

آزمایشگاه در فضا

آزمایشگاه فضایی در ایستگاه فضایی بین المللی (قسمت اول)

ایستگاه فضایی بین المللی

ایستگاه فضایی بین المللی که به اختصار «آی اس اس» نامیده می شود، نهمین ایستگاه قابل سکونت در مدار است. آی اس اس یک ماهواره ی مسکونی عظیم و بزرگترین آزمایشگاه میکروگروایته 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 و نزدیک به دو سال بعد، دو فضانورد روسی و یک فضانورد امریکایی به عنوان خدمه ی اولیه ایستگاه شروع به کار کردند. 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 می کند. بیش تر بخش های اصلی این ایستگاه فضایی ساخته شده اما تا سال های آتی چند بخش جدید به آن افزوده خواهد شد. پس از تکمیل، ایستگاه فضایی بین المللی 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 می یابد. آی اس اس پرهزینه ترین دستگاه ساخته شده در طول تاریخ بشر است.

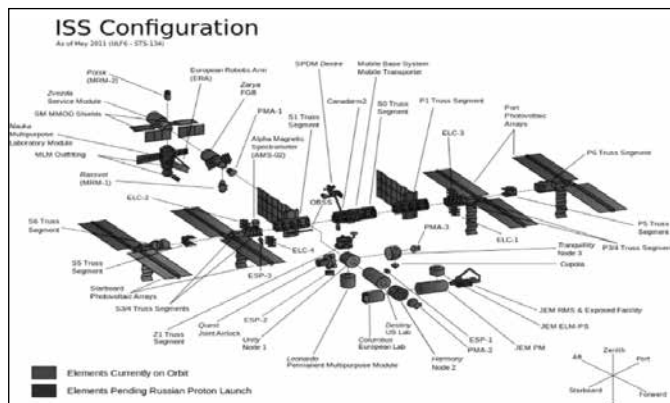
آزمایش های طولانی مدت در شرایط گرانش ناچیز در ایستگاه فضایی بین المللی انجام می شود. در این ایستگاه ها، امکان دخالت مستقیم انسان در آزمایش نیز وجود دارد. تأثیر بلندمدت حضور در فضا و شرایط

گرانش ناچیز را تنها بر روی فضانوردان خدمه ایستگاه می توان تحقیق کرد.

به گروهی از فضانوردان که به ایستگاه فضایی سفر و برای مدت و اهداف مشخصی در آن اقامت می کنند، «اردو» گفته می شود. هر اردو شامل سه فضانورد است و معمولاً حدود ۶ ماه به طول می انجامد. نام گذاری اردوها با شماره و به صورت «اردوی [شماره ی اردو]» انجام می شود.

ایستگاه از ۱۴ بخش بزرگ استوانه ای 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 بخش ها را در فضا به هم متصل کرده و می کنند. این ماژول ها دارای فشار هوا مناسب برای زندگی و کار انسان هستند.

کشورهای سازنده بخش های اصلی ایستگاه (تا پایان پروژه) عبارتند از: روسیه (۶ بخش)، آمریکا (۴ بخش)، اروپا (۳ بخش)، ژاپن (۲ بخش)، کانادا (۲ بخش)، ایتالیا



تصویر ۱. بخش های مختلف ایستگاه فضایی بین المللی

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 ۲. ایستگاه فضایی بین‌المللی

دیگر را تأمین می‌کنند. این برق پس از دریافت از سامانه انرژی خورشیدی، در سراسر ایستگاه با ولتاژ ۱۶۰ ولت (مستقیم) پخش می‌شود و در صورت نیاز به صورت ۱۲۴ ولت (مستقیم) در اختیار فضاوردان قرار می‌گیرد. تبادل نیروی الکتریکی با توان و ولتاژ متفاوت بین بخش‌های مختلف ایستگاه به وسیله ترانسفورماتور انجام می‌شود.

در تاریخ ۲۰۰۹ میلادی، قسمت چهارم و نهایی صفحات خورشیدی ایستگاه (حاوی دو بال) با هدایت کنترل‌کننده‌های زمینی باز و آماده کار شدند. به این ترتیب ایستگاه بین‌المللی فضایی، ده سال پس از شروع عملیات مونتاژ، با نصب آخرین صفحات خورشیدی به حداکثر ظرفیت الکتریکی خود دست یافت.

سیستم تسهیلات تحقیقات انسانی «اچ‌آراف» در ایستگاه فضایی بین‌المللی

انگیزه و مقصد اصلی در اجرای یک سامانه مراقبت سلامت خدمه «سی‌اچ‌ای‌سی‌اس» ایجاد شرایط مطلوب بدنی و تحت نظارت قرار دادن این شرایط در فضاوردانی که در مدار قرار دارند، است. با این وجود اجزای این سامانه ممکن است به طور اتفاقی برای پشتیبانی و کاربرد در پژوهش‌های علوم زیستی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار بگیرد. به طور مشابه، به اجرا درآوردن سامانه‌ی «سی‌اچ‌ای‌سی‌اس» ممکن است به استفاده موردی متناسب با موقعیت تجهیزات پژوهشی و مطالعاتی برای برآورد دوره‌ای خدمه درمانی پزشکی نیاز پیدا کند. بنابراین سامانه‌ی «سی‌اچ‌ای‌سی‌اس» دارای سیستم تسهیلات تحقیقات انسانی است که به اختصار آن را «اچ‌آراف» می‌نامند.

سیستم «اچ‌آراف» در ماژول آزمایشگاهی کلمبوس قرار داده شده است (تصویر ۳). آزمایشگاه فضایی کلمبوس یک آزمایشگاه علمی و بخشی از ایستگاه فضایی بین‌المللی است که توسط سازمان فضایی اروپا ساخته شده است. 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. آزمایشگاه فضایی کلمبوس فضای کافی برای نصب ده قفسه تجهیزات با استاندارد بین‌المللی است. هشت قفسه در دیواره‌ها و دو تای آن‌ها در سقف آزمایشگاه قرار دارد. از این مجموعه، پنج قفسه متعلق به

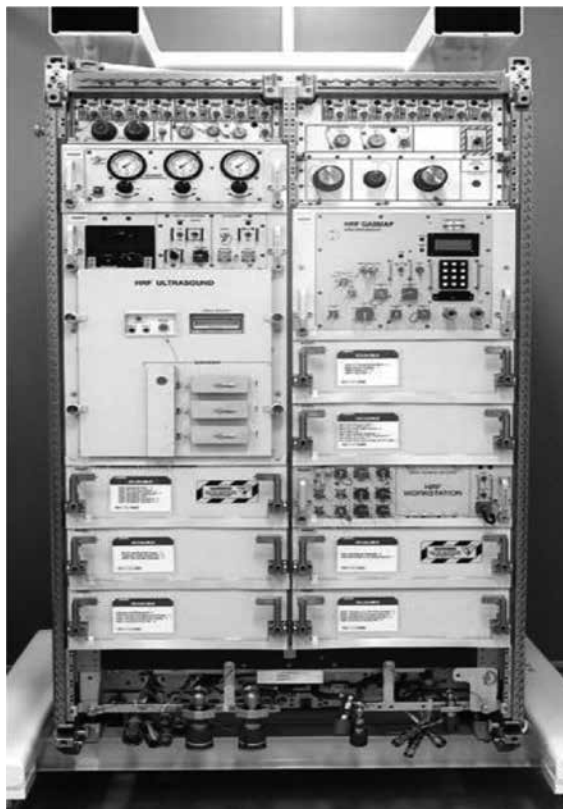
منبع نیرو در ایستگاه فضایی بین‌المللی

می‌دانیم که بسیاری از تجهیزات آزمایشگاهی و ابزارآلات مرتبط با نیروی برق کار می‌کنند. اما در ایستگاه فضایی منبع نیروی الکتریکی چگونه تأمین می‌گردد؟ منبع نیروی الکتریکی ایستگاه فضایی بین‌المللی انرژی خورشیدی است. انرژی ابتدا فقط توسط صفحات خورشیدی متصل به بخش‌های روسی ایستگاه یعنی زاریا و زیوزدا تأمین می‌شد. بخش‌های روسی ایستگاه از جریان برق مستقیم ۲۸ ولتی بهره می‌برند. (سامانه برق فضاپیما شاتل نیز همین گونه است).

آرایه صفحات خورشیدی دارای طولی معادل ۵۸ متر و سطحی برابر ۳۷۵ متر مربع است. این صفحات با حرکت‌های دورانی و چرخشی، خود را برای گرفتن بیش‌ترین مقدار نور از خورشید تنظیم می‌کنند.

پس از توسعه ایستگاه و نصب بخش‌ها و سازه‌های جدید، صفحات خورشیدی متصل به ستون فقرات ایستگاه، با تولید برق مستقیم ۱۳۰ تا ۱۸۰ ولتی، برق مورد نیاز بخش‌های

فشرده شده و مکش می‌شود. برای نمونه، رایانه‌ها برای انتقال داده‌ها از آزمایش‌های محیطی مانند آزمایش‌های نقشه‌نگاری دوزیمتریک، آشکارگر نوترون بانر که پرتو افشانی را اندازه‌گیری می‌نماید، مورد استفاده قرار می‌گیرند. رایانه‌ها همچنین داده‌های بدست آمده از آزمایش‌های علوم زیستی و بررسی‌های روان‌شناختی خدمه را انتقال می‌دهند.



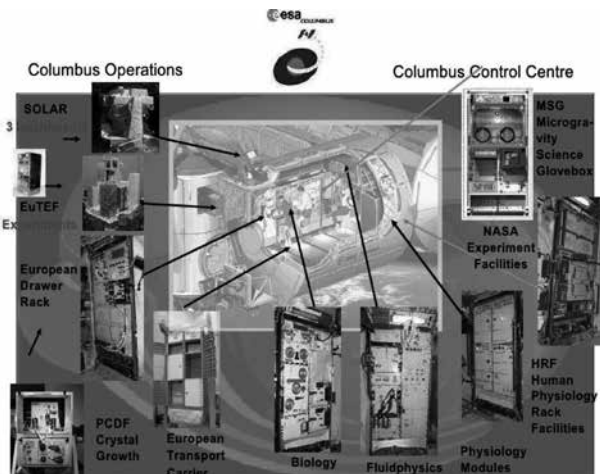
تصویر ۴ قفسه «اچ‌آراف_۱»

قفسه «اچ‌آراف_۱»

قفسه «اچ‌آراف_۱» دارای پانزده کشو قابل حمل است که هشت کشو در سمت چپ و هفت کشو در سمت راست تعبیه شده است. بعضی از این قسمت‌ها فعال هستند و باقی غیر فعالند که ممکن است در طی مأموریت‌ها و اردوهای آتی ایستگاه فضایی بین‌المللی به کشوهای «اچ‌آراف» اضافه گردند. قفسه‌های سیستم «اچ‌آراف» کاربردهای متعددی دارند. قسمت‌های اصلی و عمده «اچ‌آراف_۱» عبارتند از:

سازمان فضایی اروپا و پنج قفسه دیگر در اختیار ناسا است. هرکدام از این قفسه‌ها تقریباً به بزرگی یک اتاقک تلفن هستند، و قابلیت پشتیبانی یک آزمایشگاه مستقل به همراه تمام تجهیزات آن را دارا می‌باشند. 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. سیستم «اچ‌آراف» تجهیزات مناسب تحقیق درباره‌ی اثرات میکروگراویته بر فیزیولوژی انسانی را درون خود جای داده است. «اچ‌آراف» در ایستگاه بین‌المللی فضایی دارای دو هدف پژوهشی گسترده است:

- ۱- تحقیقات اولیه بر روی انسان در بی‌وزنی که می‌تواند به نفع حل مشکلات زیست پزشکی تجربه شده توسط مردم روی زمین باشد.
- ۲- تحقیق در مورد چگونگی انطباق انسان با بی‌وزنی، که می‌تواند برای توسعه اقدامات متقابل به منظور بهبود اثرات منفی طولانی مدت پرواز به فضا مورد استفاده قرار گیرد.



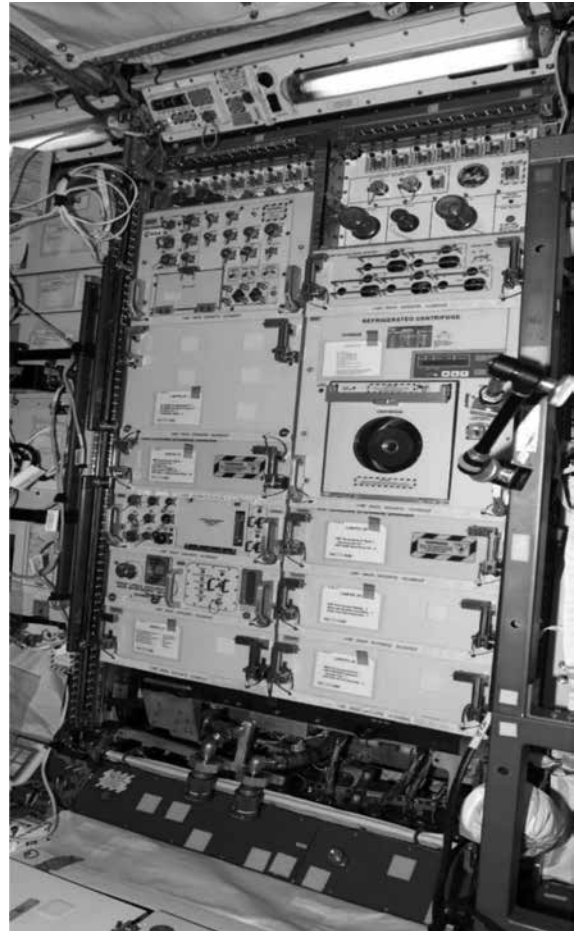
تصویر ۳. محل قرارگیری سیستم «اچ‌آراف» در ماژول کلمبوس ایستگاه فضایی بین‌المللی

قفسه‌های سیستم «اچ‌آراف»

این سیستم از دو قفسه بنام‌های «اچ‌آراف_۱» و «اچ‌آراف_۲» تشکیل شده است. ابعاد هر یک از این قفسه‌ها به اندازه‌ی یک اتاقک آهنی تلفن است و هر کدام از این قفسه‌ها و ابزارهای نصب شده درون آنان خدمات و کاربردهای ویژه‌ای را برای آزمایش‌های زیستی-پزشکی فراهم می‌کنند. این موارد شامل توان الکتریکی مورد نیاز، کاربرد اطلاعات و فرمان‌ها، خنک‌ساز هوا و آب، گازهای

داریم. یکی از این سیستم‌های حمایت‌کننده روان‌شناسی فضایی است. روان و جسم انسان همواره در تعامل و ارتباط متقابل با یکدیگر قرار دارند و هر یک از آنها می‌تواند بنا به شرایط حاکم، علاوه بر ایجاد تغییر در خود، در دیگری هم تأثیر متقابل داشته باشد.

ایستگاه کاری «اچ‌آراف» برای حمایت از روان انسان، شناخت فیزیولوژیکی و مطالعات عوامل انسانی طراحی شده است. کیت لوازم ایستگاه کاری «اچ‌آراف» شامل: یک صفحه کلید، کابل برق، قطعات و لوازم جانبی است. توجه داشته باشید که صفحه کلید دارای یک گوی است. تصویر زیر سمت چپ نحوه اتصال ایستگاه کاری «اچ‌آراف» به صفحه مانیتور و صفحه کلید را نشان می‌دهد و سمت راست کیت لوازم ایستگاه کاری «اچ‌آراف» را نشان می‌دهد.



تصویر ۵. قفسه «اچ‌آراف_۲»



تصویر ۶. نحوه اتصال ایستگاه کاری «اچ‌آراف» به صفحه مانیتور و صفحه کلید

سیستم تحلیل‌گر گازی با کاربرد در فیزیولوژی تحلیلی متابولیک

همچنین یکی دیگر از دستگاه‌های قرار داده شده در قفسه «اچ‌آراف_۱»، سیستم تحلیل‌گر گازی با کاربرد در فیزیولوژی تحلیلی متابولیک است که آن را به اختصار «گاس‌مپ» می‌نامند. «گاس‌مپ» طیف سنج جرمی است که یک نمونه گاز را تجزیه و تحلیل و ترکیب آن را تعیین می‌نماید. این دستگاه برای ارزیابی‌های دوره‌ای ظرفیت هوازی خدمه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دستگاه جهت تحلیل متابولیسم انسان، بازده قلبی، ظرفیت انتشار ریوی، حجم ریه، عملکرد ریوی و دفع نیتروژن در مواقع استراحت و در طی فعالیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- سامانه تصویربرداری پزشکی التراسوند
- ایستگاه کاری «اچ‌آراف_۱»
- سیستم تحلیل‌گر گازی با کاربرد در فیزیولوژی تحلیلی متابولیک
- دستگاه سنجش جرم شتاب خطی فضایی
- اجزای جانبی قفسه‌ی «اچ‌آراف_۱»
- دستگاه پایین آوردن فشار منفی بدن
- در این بخش بعضی کسوه‌های «اچ‌آراف_۱» را به صورت مختصر توضیح می‌دهیم.

ایستگاه کاری «اچ‌آراف_۱»

هر چند طی دهه‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ سفرهای فضایی زیادی انجام گرفته است، ولی این سفرها محدود بودند و دانشمندان نیاز دارند تا مطالعات آزمایشگاهی بنیادی را در شرایط شبیه‌سازی و دستگاه آنالوگ بر روی زمین انجام دهند تا بتوانند اثرات رفتاری فضا را روی انسان بررسی کنند. برای انجام هر چه بهتر این استراژی به مجموعه‌ای از سیستم‌های درمان‌کننده و حمایت‌کننده بر روی زمین احتیاج

Toxicology and Environmental Mutagenesis. 2015 November; 793: 101-106.

4- Beven, Holland, Sipes. Psychological Support for U.S. Astronauts on the International Space Station. Aviation, Space, and Environmental Medicine. 2008; 79(12): 1124.

5- Bogomolov VV, Castrucci F, Comtois, Damann, Davis JR, Duncan JM, Johnston SL, Gray GW, Grigoriev AI, Koike, Kuklinski, Matveyev, Morgun VV, Pochuev, Sargsyan AE, Shimada, Straube, Tachibana S, Voronkov YI, Williams RS. International Space Station Medical Standards and Certification for Space Flight Participants. Aviation, Space, and Environmental Medicine. 2007 December 1; 78(12): 1162-1169.

6- Bogomolov VV, Grigoriev AI, Kozlovskaya IB. The Russian experience in medical care and health maintenance of the International Space Station crews. Acta Astronautica. 2007 February; 60(4-7): 237-246.

7- Casaburri A, Gardner C. Space food and nutrition (an educator's guide with activities in science and mathematics). Houston, Texas: National Aeronautics and Space Administration (NASA); 1999. ISBN 13: 9781515055525. Available at: <http://spacelink.nasa.gov/products>.

8- Clement G, Ngo-Anh JT. Space Physiology II: Adaptation of the Central Nervous System to Space Flight - Past, Current and Future Studies. European Journal of Applied Physiology. 2013 Jul; 113(7): 1655-1672.

9- Clement G. Fundamentals of space medicine. Dordrecht B. London: Kluwer Academic; 2003.

10- Cohen L, Vernon, Bergeron. New molecular technologies against infectious diseases during space flight. Acta Astronautica. 2008; 63: 769-775.

11- D'Annunzio DS, Dougherty AH, DeBlock HF, Meck JV. Effect of Short- and Long-Duration Spaceflight on QTc Intervals in Healthy Astronauts. American Journal of Cardiology. 2003 February 15; 91(4): 494-497.

12- English KL, Lee SM, Loehr JA, Ploutz-Snyder RJ, Ploutz-Snyder LL. Isokinetic strength changes following long-duration spaceflight on the ISS. Aerospace Medicine and Human Performance. 2015 December 1; 86(12): 68-77.

13- Fomina G, Kotovskaya A, Arbeille F, Pochuev V, Zhernavkov A, Ivanovskaya T. Changes in hemodynamic and post-flights orthostatic tolerance of cosmonauts under application of the preventive device-high cuffs bracelets in short-term flights. J Gravit Physiol. 2004 Jul;11(2):P229-30.

14- Fomina GA, Kotovskaia AR, Vil'-Vil'iams IF, Pochuev VI, Zhernavkov AF. Effects of occlusive cuffs "Braslet" on crew hemodynamics in short space flights and orthostatic stability post flight. Aviakosm Ekolog Med. 2004 Nov-Dec;38(6):36-40.

15- Fomina GA, Kotovskaia AR, Zhernavkov AF, Pochuev VI. Relationship between the hemodynamic disorders in cosmonauts on short-term space flights and orthostatic stability. Aviakosm Ekolog Med. 2005 May-Jun;39(3):14-20.

16- Gabrielsen A, Norsk P. Effects of Spaceflight on Subcutaneous Venous Arteriole Reflex in the Human Lower Leg. Journal of Applied Physiology. September 2007; 103:959-962.

17- Gibson CR, Mader TH, Schallhorn, Pesudovs K, Lipsky W, Raid, Jennings R, Fogarty J, Garriott, Garriott, Johnston SL. Visual Stability of laser Vision Correction in an Astronaut on a Soyuz Mission to the International Space Station. Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2012; 38(3): 1486-1491.

18- Hamilton DR, Alferova IV, Sargsyan AE, Finke EM, Magnus SH, Lonchakov YV, Dulchavsky SA, Ebert DJ, Garcia K, Martin D, Matveev VP, Voronkov YI, Melton SL, Duncan JM. Right ventricular tissue Doppler assessment in space during circulating volume modification using the Braslet device. Acta Astronautica. 2011 (68); 1501-1508.

19- Hamilton DR, Murray JD, Ball. Cardiac Health for Astronauts: Coronary Calcification Scores and CRP as Criteria for Selection and Retention. Aviation, Space, and Environmental Medicine. 2006; 77(4): 377-387.

این دستگاه متناسب با کشوی قفسه‌ی «اچ‌آراف_۱» طراحی شد و سپس در آن نصب شد.



تصویر ۷. سیستم تحلیل گر گازی با کاربرد در فیزیولوژی تحلیلی متابولیک



تصویر ۸. ماژول کالیبراسیون "گاس‌مپ" در سمت چپ تصویر دیده می‌شود.

در داخل این ماژول سه مخزن گاز وجود دارد، که هر کدام دارای یک پیچ تنظیم در پنل جلو می‌باشند و می‌توان اندازه فشار داخل هر مخزن را در پنل جلو دید. این ماژول در طی کالیبراسیون گاز، با کاتتر به دستگاه "گاس‌مپ" متصل می‌شود. این دستگاه قادر است تا نمونه گاز از هر یک از سه مخزن را آنالیز کند.

ادامه دارد...

منابع

Afonin BV. Analysis of possible causes of activation of gastric and the pancreatic excretory and incretory function after completion of space flight at the international space station. Human Physiology. 2013 October 11; 39(5): 504-510.

1- Bacal K, Frey BM. Selection of Medications for the International Space Station: The Space Medicine Patient Condition Database. Journal of Pharmacy Practice. 2003 Apr; 16(2): 91-95.

2- Basner M, Dinges DF, Mollicone DJ, Savelev I, Ecker AJ, Di Antonio A, Jones CW, Hyder E, Kan K, Morukov BV, and Sutton JP. Psychological and behavioral changes during confinement in a 520-day simulated interplanetary mission to Mars. PLoS One. 2014. March 27; 9(3):e93298.

3- Beaton-Green L, Lachapelle S, Straube, Wilkins RC. Evolution of the Health Canada astronaut biosimetry program with a view towards international harmonization. Mutation Research - Genetic