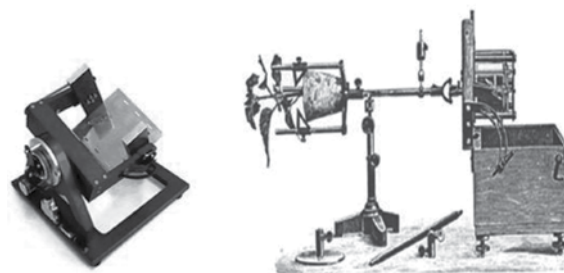


آزمایشگاه در فضا

دستگاه کلینواست و کاربرد آن در تجهیزات آزمایشگاه‌های فضایی

کلینواست

کلینواست (clinostat) دستگاهی است که با استفاده از چرخش، اثرات کششی جاذبه را بر روی رشد (gravitropism) و توسعه جانداران (gravimorphism) ساکن زمین خنثی می‌کند. همچنین از این وسیله برای مطالعه‌ی اثرات بی‌وزنی بر بافت سلول‌ها و جنین حیوانات استفاده می‌شود. دستگاه کلینواست توسط جولوس وان ساچ (Julius von Sachs) در سال ۱۸۷۹ اختراع شد (شکل ۱). این دستگاه به صورت مکانیکی کار می‌کرد. اولین دستگاه کلینواست الکتریکی نیز در سال ۱۸۹۷ توسط نیوکمب (Newcombe) ساخته شد.



شکل ۱. اولین دستگاه کلینواست تک محوره

ساختار محور افقی کلینواست شامل دیسکی است که به یک موتور متصل است. در گذشته این دیسک به صورت مکانیکی کار می‌کرد ولی امروزه برای چرخش آن از موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود. در حالی که دیسک در وضعیت قائم قرار دارد، موتور به آرامی با سرعت یک دور بر دقیقه می‌گردد. یک موجود زنده به صورت افقی به این دیسک دوار متصل است. چرخش آرام دیسک منجر می‌شود

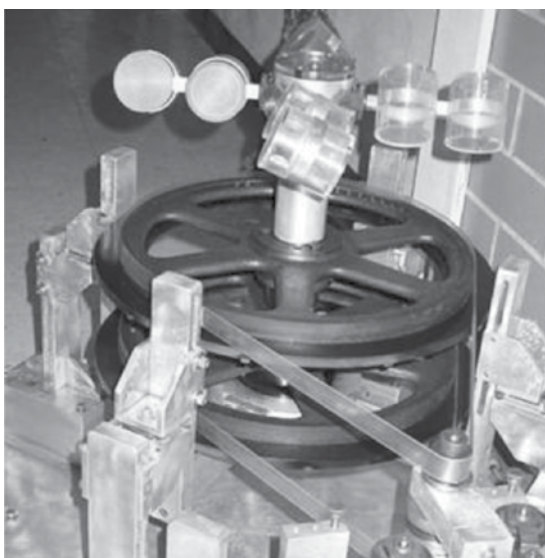
که موجود زنده کشش جاذبه را درک نکند؛ به این ترتیب، محیطی بی‌وزن شبیه‌سازی می‌شود. همچنین، این دستگاه قادر است علاوه بر جاذبه، اثرات نور خورشید و دیگر محیط‌ها را نیز خنثی کند. برای شبیه‌سازی این نوع شرایط بی‌وزنی، دستگاه کلینواست باید کاملاً افقی باشد. در صورتی که این دستگاه با افق زاویه‌ای بسازد، بردار جاذبه خالصی که مقدار آن متناسب با این زاویه است تولید می‌شود. به کمک همین ویژگی است که این دستگاه می‌تواند جاذبه سطح ماه را (که تقریباً یک ششم سطح زمین است) با ده درجه زاویه نسبت به افق ایجاد کند. موجودات زنده نسبت به جاذبه واکنش نشان می‌دهند مشروط به این که در یک بازه زمانی معین که به اصطلاح (حداقل زمان حضور) گفته می‌شود و برای موجودات مختلف متفاوت است، تحت نیروی جاذبه قرار گیرند. برای بسیاری از موجودات زنده این زمان حدود ۱۰ تا ۲۰۰ ثانیه است؛ بنابراین، دستگاه لازم است در مقیاس زمانی متناسب با وضعیت جاندار بچرخد تا از پاسخ رشد جاندار ممانعت به عمل آید. شایان ذکر است که زمان حضور انباشتگی دارد، یعنی اگر چرخش دستگاه کلینواست به دفعات در یک مکان منفرد حتی به ازای کسری از ثانیه (مثلاً ۵/۰ ثانیه) متوقف شود، منجر به پاسخ رشد جاندار می‌شود. زمان حضور برای حیوانات دو تا سه برابر کوتاه‌تر است که بنابراین منجر به استفاده از چرخش آهسته این دستگاه بر روی بیشتر حیوانات می‌شود. از چرخش سریع‌تر دستگاه کلینواست می‌توان برای مطالعه بافت‌های سلولی و جنین حیوانات استفاده کرد.

سریع) تنها برای نمونه‌های کوچک (مانند بافت‌های سلولی که معمولاً در داخل محیط مایع هستند) مناسب است. سرعت چرخش نمونه‌ها که در داخل آمپول‌هایی با قطر چند میلی‌متر قرار گرفته‌اند حدود ۳۰ تا ۱۵۰ دور بر دقیقه است.



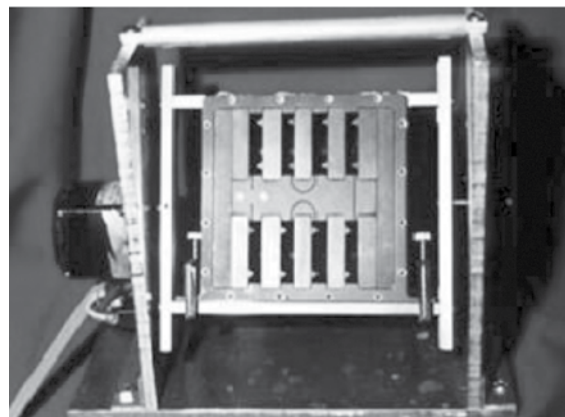
کلینواستت یک بعدی با امکان چرخش هم زمان چند نمونه

کلینواستت تک محوری تنها برای تولید اثرات بی‌وزنی بر روی محور چرخش مناسب است. یک کلینواستت سه‌بعدی یا دو محوری که اصطلاحاً دستگاه موقعیت‌یابی تصادفی (RPM) نامیده می‌شود، می‌تواند کشش جاذبه را روی تمام محورها اعمال کند (شکل). این دستگاه معمولاً متشکل از دو صفحه است که یکی در داخل دیگری جاسازی شده است و می‌توانند مستقل از یکدیگر بچرخند.



دستگاه موقعیت‌یابی تصادفی (RPM)

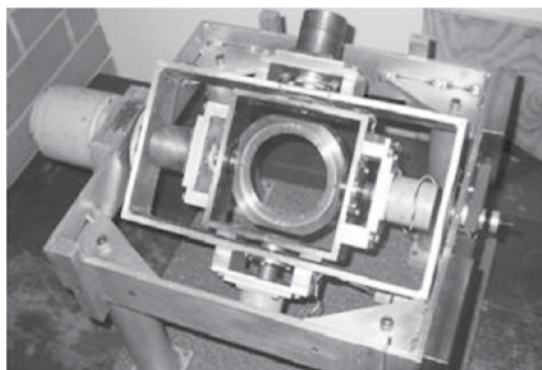
سرعت چرخش در نوع متداول دستگاه کلینواستت آهسته بوده و به آن (کلینواستت چرخش آهسته) می‌گویند؛ این عملکرد برای جلوگیری از اثرات نیروی جانب مرکز است. سرعت مناسب چرخش بحث‌برانگیز است چراکه اگر دستگاه بیش از حد آهسته بگردد، جاندار برای پاسخ فیزیولوژیک به جاذبه فرصت خواهد داشت؛ و در صورتی که دستگاه خیلی سریع بچرخد، نیروهای جانب مرکز و کشش مکانیکی مصنوعی وارد عمل می‌شوند. سرعت چرخش بهینه از طریق مقایسه پاسخ‌های واقعی موجودات زنده به بی‌وزنی در فضا به دست می‌آید که این زمان چیزی در حدود ۳/۰ تا ۳ دور بر دقیقه برای اکثر موجودات زنده است. نمونه ساده و یک‌بعدی دستگاه کلینواستت مجهز به اتاقک میدان مغناطیسی (در شکل ۲) نمایش داده شده است؛ این دستگاه اولین بار برای آزمایش‌های شاتل STS-۱۰۷ به کار گرفته شد.



شکل ۲. کلینواستت یک‌بعدی با اتاقک میدان مغناطیسی

در نمونه دیگری از دستگاه کلینواستت یک‌بعدی (شکل ۳) چرخش به کمک تسمه صورت می‌گیرد و در این مدل امکان چرخش هم‌زمان چندین نمونه وجود دارد. این دستگاه قادر است نمونه‌های مختلفی را با سرعت چرخشی یک دور بر دقیقه حول محوری افقی یا عمودی (در صورتی که دستگاه مایل باشد) بگرداند. اگر شتاب گرانش اجسام بیشتر از مقدار شتاب آن بر روی زمین باشد، به شبیه‌سازی نیروی جانب مرکز نیاز است و در این شرایط دستگاه کلینواستت تبدیل به یک دستگاه سانتریفوژ می‌شود. مقدار این نیرو به سرعت زاویه‌ای و شعاع دستگاه بستگی دارد. دستگاه کلینواستت (چرخش

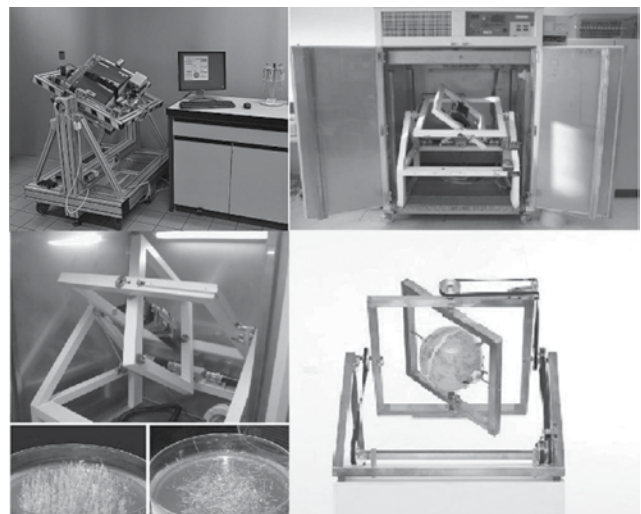
این زمان سقوط آزاد در شتاب صفر به وقوع می‌پیوندد. فرض می‌شود مدت زمانی که طی آن انتقال تحت نیروی بزرگ‌تر از شتاب جاذبه رخ می‌دهد، آنقدر کوچک است که توسط مکانیسم‌های فیزیولوژیک درک نمی‌شود و از این‌رو، کل این زمان را می‌توان سقوط آزاد فرض کرد. (شکل ۴) کلینواستی سه‌بعدی را نشان می‌دهد که در حقیقت نمونه کامل حذف اثر جاذبه است. در این نمونه (که حول یک سیستم تعلیق کارتزینی ساخته می‌شود) هر سه محور چرخش به طور مستقل و کامل بردار جاذبه تصادفی را ایجاد می‌کنند و قادرند بهترین شبیه‌سازی از



بی‌وزنی را برای آزمایش‌های زمینی فراهم کنند.
شکل ۴. کلینواستت سه بعدی

دستگاه بایوراکتور کلینواست

یکی از روش‌های ایجاد مسیر تصادفی حرکت جسم برای شبیه‌سازی شرایط کم‌وزنی، دوران آن حول دو محور عمود بر هم است که مقدار سرعت زاویه‌ای دوران حول هر محور به صورت تصادفی تغییر می‌کند. تغییر تصادفی مقدار سرعت زاویه‌ای هر محور، از ایجاد مسیر حرکت متناوب جلوگیری می‌کند. از طرف دیگر، شتاب شعاعی در هر ذره از جسم بر اثر حرکت بر روی سطح کره ایجاد می‌شود که مقدار آن متناسب با فاصله از مرکز دوران و مجذور سرعت زاویه‌ای دوران است. پس در ذراتی که از مرکز دوران فاصله دارند نیرویی مجازی ناشی از این شتاب ایجاد می‌شود که از دیدگاه هر ذره، جهت آن ثابت و در امتداد شعاع کره است. بنابراین با تغییر پیوسته راستای حرکت ذرات جسم در سطح کره می‌توان رفتار آن را تحت اثر شتاب‌های جاذبه مختلف بررسی کرد. دستگاه بایوراکتور کلینواست، مسیر حرکت تصادفی را برای شبیه‌سازی شرایط کم‌وزنی در هر ذره از نمونه



تصویر بالا دستگاه موقعیت یاب تصادفی (RPM) جدید را نشان می‌دهد که در حال شبیه‌سازی شرایط گرانش کم (بی‌وزنی) است. این دستگاه توسط سازمان فضایی هلند تولید شده است و در ژاپن توسعه داده شد. اصل اساسی این دستگاه متشکل از قاب داخلی و بیرونی چرخان است که به طور مستقل از یکدیگر در جهت تصادفی حرکت می‌کنند.

ویژگی‌های RPM جدید

- ۱- انکوباتور CO₂ با دما و سطح کنترلی CO₂
- ۲- حالات مختلف عملیات: گردش تصادفی، چرخش، گرانش جزئی، سیکل عملیات متوالی برنامه ریزی شده همراه با شروع و توقف برنامه
- ۳- چک کننده شتاب سنج دو بعدی
- ۴- کسب داده‌ها و گزارش به صورت خودکار
- ۵- دو کاناله برای مایعات و یا گازهای فشار
- ۶- دسترسی به بی‌سیم و خدمات وب برای نظارت بر اهداف
- ۷- سیگنال‌های تصویری و صوتی (وضعیت دستگاه)

نمونه کامل‌تر دستگاه کلینواستت که برای شبیه‌سازی بی‌وزنی استفاده می‌شود دستگاه سقوط آزاد (FFM) نام دارد. در این دستگاه، نمونه‌های کوچک مانند مخلوط‌های معلق سلولی، تحت جاذبه از ارتفاع حدود یک متری سقوط آزاد می‌کنند و این سقوط در کسری از ثانیه اتفاق می‌افتد. سپس با استفاده از نیرویی در حدود ۲۰ برابر شتاب جاذبه طی مدت ۲۰ میلی‌ثانیه به بخش بالایی دستگاه منتقل می‌شود و دوباره برای سقوط آزاد رها می‌شود و این عمل به دفعات تکرار می‌شود. قانون فیزیکی حاکم بر این دستگاه این است که بیشتر

افزایش تکثیر سلول های بنیادی و تسهیل تمایز آن ها به بافت های مورد استفاده در پیوندهای بافتی به طور کلی باید در نظر داشت که امروزه زیست فناوری اساس و پایه رویکرد ها و تحقیقات صورت گرفته در زمینه تولید و ذخیره سازی غذا و انرژی در سفرهای فضایی است و دستگاه کلینواست، شرایط لازم برای انجام این تحقیقات را فراهم می کند.

ساخت دستگاه کلینواست در ایران

دستگاه کلینواست توسط سازمان فضایی ایران و با همکاری پژوهشگاه هوا فضا طراحی و ساخته شد. دستگاه کلینواست یا شبیه ساز کم وزنی بر اساس تغییر پیوسته راستای نمونه نسبت به بردار وزن عمل می کند. امروزه زیست فناوری اساس و پایه رویکردها و تحقیقات تولید و ذخیره سازی غذا و انرژی در سفرهای فضایی است و دستگاه کلینواست، شرایط لازم برای انجام این تحقیقات را فراهم می کند.

یکی از مهمترین تجهیزات آزمایشگاه زیست-پزشکی فضایی کلینواست سه بعدی است. از کلینواست یا ماشین چرخش اتفاقی برای مطالعه واکنش ارگانیسم ها در برابر تغییر بردار جاذبه استفاده شده است. این وسیله یکی از بهترین ابزارهای شبیه سازی بی وزنی به شمار می رود. نتایج به دست آمده از مطالعات مختلف حاکی از کیفیت بالای سطح شبیه سازی توسط کلینواست سه بعدی است، به طوری که تقریباً نتایج آن با محیط واقعی بی وزنی برابری می کند. در سال ۲۰۱۲ دفتر فضایی سازمان ملل متحد به منظور

ایجاد ظرفیت های فضایی در سراسر جهان برای توسعه فناوری های فضایی در خدمت بشر؛ طی فراخوانی اقدام به توزیع ۲۰ دستگاه شبیه ساز بی وزنی به نام کلینواست نمود. هدف اصلی این پروژه ایجاد فرصت منحصر به فرد برای دانشجویان و محققان به منظور مشاهده رفتارهای طبیعی نمونه های گیاهی تحت شرایط بی وزنی بر روی زمین و الهام گرفتن از این مشاهدات برای انجام مطالعات بیشتر در زمینه علوم و فن آوری های فضایی در آینده است. این پروژه همچنین با هدف ایجاد بانکی از اطلاعات پاسخ گیاهان مختلف به شرایط بی وزنی برنامه ریزی شده که می تواند به طراحی آزمایشات فضایی در آینده و گسترش علوم فضایی با همکاری محققان علوم زیست فضایی از سراسر جهان کمک کند.

گروه زیست فضایی پژوهشگاه هوافضا با ارائه طرحی بین المللی در این رقابت شرکت کرد و موفق به دریافت یک دستگاه کلینواست در بین ۲۰ موسسه منتخب در سراسر جهان شد. این دستگاه هم اکنون در آزمایشگاه زیست-پزشکی فضایی پژوهشگاه هوافضا مستقر است و در طی یک دوره دوساله می بایست گزارشاتی از نتایج رشد گیاهان در آزمایشات و طرح تعریف شده به سازمان ملل ارائه شود.

منابع

- 1- <http://www.bultannews.com>
- 2- <http://www.farsnews.com>
- 3- <http://www.ari.ac.ir>

۴- کتاب مهندسی پزشکی در فضا جلد اول.

فرم اشتراک ماهنامه دانشجو-پایان ۱۳۹۷

نام و نام خانوادگی: رشته/تخصص: کد ملی:
 نام محل کار: مسئولیت:
 نشانی:
 کد پستی: تلفن: فاکس:
 موبایل: ایمیل:

♦ تکمیل تمام موارد فوق الزامی است ♦

اشتراک ۶ ماهه (با پست عادی) ۶۶۰,۰۰۰ ریال
 اشتراک ۶ ماهه (با پست سفارشی) ۷۲۰,۰۰۰ ریال

اشتراک یکساله (با پست عادی) ۱,۳۲۰,۰۰۰ ریال
 اشتراک یکساله (با پست سفارشی) ۱,۴۵۰,۰۰۰ ریال

مبلغ اشتراک یکساله خارج از کشور با پست سفارشی ۳۶۰ دلار است.

لطفاً برای شروع یا تمدید اشتراک، رسید فیش واریزی را همراه با فرم تکمیل شده فوق به شماره زیر فاکس نمایید.

کارت بانک پاسارگاد به شماره کارت ۹۱۵۲-۴۰۷۲-۲۹۱۰-۵۰۲۲ و شماره حساب ۱-۱۲۰۸۴۲۳۴-۸۰۰۰-۲۰۶ به نام آقای محمود اصلانی

نمبر: ۸۹۷۷۶۷۶۹

تلفن: ۸۸۹۸۷۵۰۱-۹۱۲۷۳۳۴۰۷-۸۸۹۵۲۸۰۳

ایمیل: matashkhis@gmail.com