



University of Isfahan  
Biology Science and Technology  
Department of Cell and Molecular Biology  
and Microbiology  
Farzaneh Forouharfar

**عنوان:**

**انواع سانتریفیوژها و کاربرد آن‌ها در تحقیقات علوم  
مختلف**

# تاریخچه سانتریفیوژ

اوایل قرن بیستم پوستره‌های تبلیغاتی برای جداسازی مواد لبنی از شیر دیده می شد. مهندس نظامی انگلیسی بنیامین رابینر (۱۷۰۷ - ۱۷۵۱) یک دستگاه بازوی چرخان برای تعیین کشش اختراع کرد. در سال ۱۸۶۴، آنتونین پرانتل ایده یک سانتریفیوژ لبنی برای جداسازی خامه از شیر را مطرح کرد. این ایده بعداً توسط برادرش، الکساندر پرانتل، در جهت بهبود طراحی قبلی توسعه داده شد و یک نمونه دستگاه استخراج چربی کره در سال ۱۸۷۵ به نمایش گذاشته شد. شرکت آذین تجهیز واردات و فروش انواع سانتریفیوژ آزمایشگاهی را بر عهده دارد. همچنین این شرکت نماینده فروش کمپانی HETTICH آلمان سازنده انواع سانتریفیوژ می باشد. شایان به ذکر است تمامی سانتریفیوژها با یک سال گارانتی و ده سال خدمات پس از فروش ارائه میگردد.

# سانتریفیوژ

سانتریفیوژ ها برای جدا کردن ذرات از محیط مایع به وسیله رسوب دادن آنها به کار می‌روند. اساس فیزیکی جداسازی اعمال نیروی گریز از مرکز (centrifugal force) بر روی ذرات در حال دوران است که با شعاع میدان دوران و سرعت دوران نسبت مستقیم دارد. ذرات سنگین‌تر زودتر رسوب می‌کنند و بقیه ذرات بر حسب وزن مخصوص خود رسوب می‌کنند. سانتریفیوژی که دارای شعاع کمتر است، باید نسبت به سانتریفیوژی که شعاع بیشتری دارد، با سرعت بیشتری بچرخد تا همان نیروی سانتریفیوژ نسبی (RCF) را ایجاد کند.

هرچه شعاع چرخش یک سانتریفیوژ بیشتر باشد، سرعت ته‌نشین شدن ذرات بیشتر است. سانتریفیوژ کردن بر اساس نیروی گریز از مرکز، دوران حول یک نقطه ثابت و وارد نمودن فشار بر روی فازهای مختلف یک مخلوط انجام می‌گردد. مخلوط می‌تواند به صورت گاز، مایع و یا ترکیب هر دو باشد.

## اجزای دستگاه سانتریفیوژ

- موتور الکتریکی
- روتور یا هِد سانتریفیوژ
- تایمر
- شافت
- سر روتور
- کلید خاموش و روشن کردن دستگاه
- ترمز ( Brake ) که دور عکس می زند.
- کنترل کننده سرعت ( Potentiometer )
- Tachometer (سرعت سنج) که دور سانتریفیوژ را نشان می دهد.
- روتور که لوله های حاوی نمونه را در آن جای می دهند با سرعت تنظیم شده توسط موتور چرخیده و ممکن است از جنس استیل، برنز و یا حتی پلاستیک باشد.

# چگونگی مقایسه سانتریفیوژها:

مقایسه سانتریفیوژها براساس RCF است که توانایی تفکیک یک سانتریفیوژ را به خوبی مشخص می کند. اثر RCF بر روی یک نمونه به فاصله ثابت نمونه از مرکز چرخش بستگی دارد. به علت اینکه فاصله عمق نمونه با قسمت های سطحی آن از مرکز متفاوت است. اثر RCF بر روی نواحی عمقی یک نمونه بیشتر از نواحی سطحی آن خواهد بود.

عمل سانتریفیوژ از سه طریق اصلی اجرا می شود که عبارتند از:

- (1) رسوب دهی تمایزی Differential Pelleting
- (2) سرعت منطقه ای Rate - Zonal
- (3) ایزوپیکریک Isopycric



# نحوه محاسبه RCF

$r =$  (شعاع از مرکز شافت موتور تا وسط لوله)

شعاع سانتریفیوژ

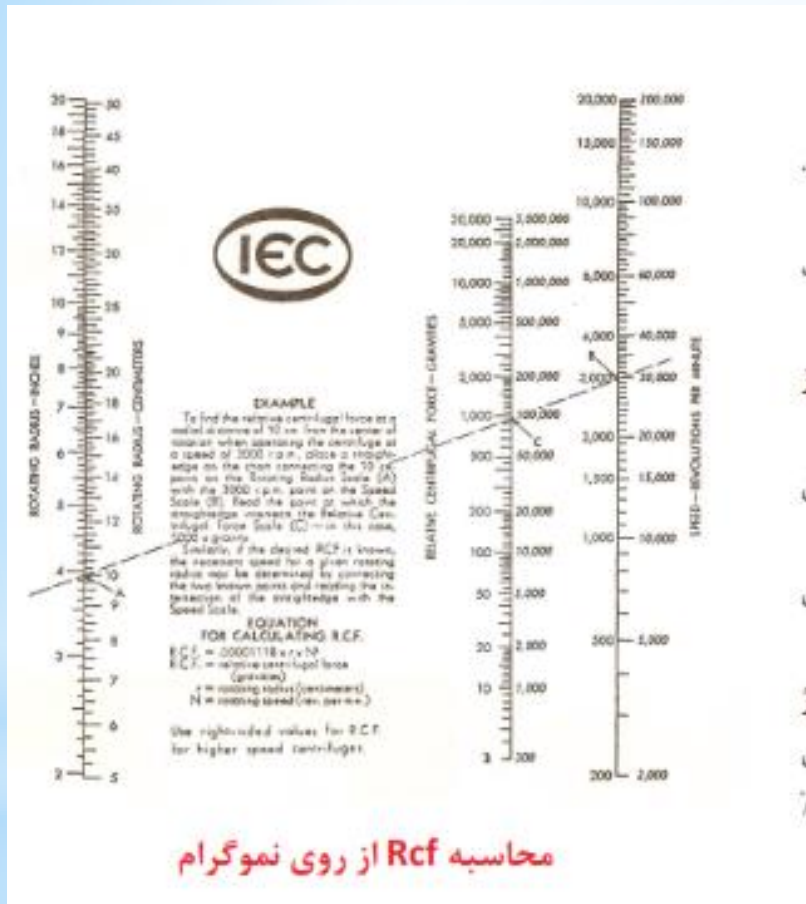
بر حسب cm

RPM = دور در دقیقه

واحد RCF بر حسب  $g \times$  بیان می شود.

راه دیگر برای تعیین RCF استفاده از نمودار

میباشد.



سانتریفیوژهای آزمایشگاه تشخیص طبی، دستگاهی هستند که بوسیله نیروی چرخش دورانی الکتروموتور باعث ته نشین شدن مواد مختلف یک مخلوط یا محلول بر اساس اختلاف وزن مولکولی آنها می شود. اگر این دستگاه مجهز به شاخک-های نگه دارنده لوله باشد، آن را سانتریفیوژ معمولی و اگر مجهز به دیسک یا صفحه دایره‌ای شکل مخصوص جاگذاری لوله های موئین باشد آن را سانتریفیوژ میکرو یا هماتوکریت گویند.





# سانتریفیوژ سایتولوژی

از این نوع سانتریفیوژ برای قرار دادن سلول‌های موجود در یک مایع روی اسلاید میکروسکوپ استفاده می‌شود. در موقع استفاده کاربر ظرف مخصوص نمونه، صفحه فیلتر و یک اسلاید را کنار هم قرار می‌دهد. سپس همگی را در داخل روتور گذاشته مایع مورد نظر را در ظرف مخصوص نمونه قرار داده و دستگاه را روشن می‌کند. بعد از فعال شدن دستگاه، مایع با فشار در تماس با مجموعه فیلتر / اسلاید قرار می‌گیرد.

معمولاً سانتریفیوژها با دور ۲۰۰ - ۴۰۰۰ rpm کار کرده و زمان سانتریفیوژ ۱-۹۹ دقیقه متغیر است.

# سانتریفیوژ سائیتولوژی

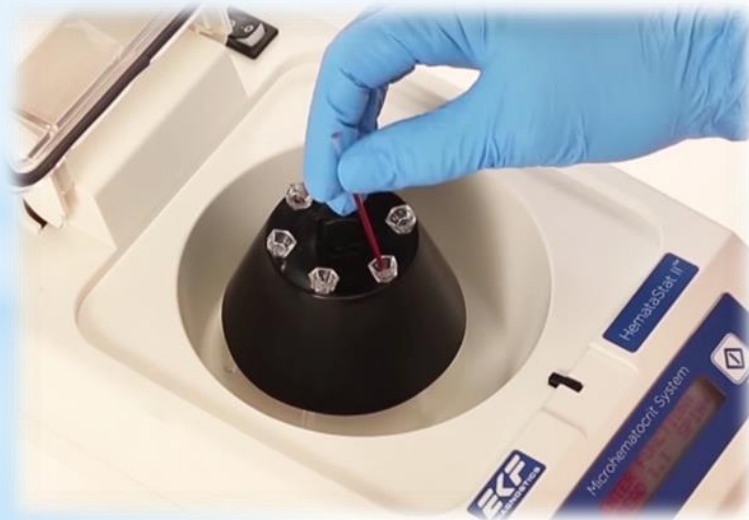


# سانتریفیوژ میکروهماتوکریت

سانتریفیوژ میکروهماتوکریت با استفاده از نیروی گریز از مرکز ، هماتوکریت خون (نسبت حجم یاخته‌های سرخ به کل حجم خون ) را مشخص می‌کند. این نوع سانتریفیوژها دارای روتوری می‌باشند که لوله‌های موئین حاوی نمونه به صورت افقی روی آن قرار می‌گیرند. بعد از انجام سانتریفیوژ با استفاده از یک صفحه درجه‌بندی شده، مقدار هماتوکریت بدست می‌آید.



# سانتریفیوژ میکروهماتوکریت





# میکروسانتریفیوژها

از این نوع سانتریفیوژها برای نمونه‌های با حجم کم غالباً کمتر از ml ۱.۵ (مانند نمونه‌های گرفته شده از اطفال) استفاده می‌شود. میکروسانتریفیوژها در مدل‌های با دور پایین و دور بالا ساخته می‌شوند.

در دور پایین حداکثر سرعت ۱۳۰۰۰ rpm بوده و برای خون و سایر محصولات خونی کاربرد دارد. در مدل‌های با دور بالا حداکثر سرعت به ۲۸۰۰۰ rpm نیز رسیده و برای جمع‌آوری سلول‌ها و میکروآرگانسیم‌ها و بررسی ارگانل‌های سلولی کاربرد دارند.

غالباً لوله‌هایی که در میکروسانتریفیوژها استفاده می‌شوند از جنس پلاستیک و یکبار مصرف بوده، دارای یک سطح مقطع مخروطی و دارای سرپوش می‌باشند.

# میکروسانتریفیوژها



Quick spin



minispin

# سانتریفیوژهای شستشودهنده سلول

از این نوع سانتریفیوژ جهت شستشو، دکانته کردن، مخلوط کردن و شستشوی مجدد یاخته‌های قرمز خون قبل از آزمایشات متعددی چون Antiglobulin استفاده می‌شود.



# تقسیم بندی دیگری سانتریفیوژها

- الف - تقسیم بندی بر اساس سرعت:
- ✓ سانتریفیوژهای با دور بالا
  - ✓ سانتریفیوژهای با دور پایین
  - ✓ اولترا سانتریفیوژها

در گروه اول یعنی سانتریفیوژهای با دور بالا، سرعت دور تند بین ۲۱۰۰۰-۲۴۰۰۰ rpm دور در دقیقه تا حداکثر rpm ۳۰۰۰۰ می باشد. از این سانتریفیوژها بیشتر جهت تهیه فرآورده های خونی استفاده گشته و همگی یخچال دار هستند.

دو نوع سانتریفیوژ با دور بالا وجود دارد:

- ✓ سانتریفیوژ کم ظرفیت
- ✓ سانتریفیوژ پر ظرفیت

سانتریفیوژهای کم ظرفیت مدل Discrete Sampling می‌توانند میکروارگانیزم‌ها، سلول‌ها، ویروس‌ها و اورگانل‌های سلولی را جدا نمایند. سانتریفیوژهای پر ظرفیت مدل Continuous Flow برای جداسازی مخمرها، باکتری‌ها و ویروس‌ها از محیط کشت، پروتئین‌ها و باکتریوفاژها از نمونه‌های رقیق شده کاربرد دارند.

در گروه دوم یعنی سانتریفیوژهای با دور پایین، دور دوران بین ۲۰۰۰ rpm – ۶۰۰۰ تا حداکثر ۸۰۰۰ rpm بوده و در هر دو نوع یخچال‌دار و بدون یخچال موجود می‌باشند. بیشتر جهت سانتریفیوژ کردن سلول‌های خونی یا ذرات حجیم استفاده شده و برای جداسازی ذرات ریز سرعت آنها کافی نیست.



در اولتراسانتریفیوژها معادل  $75000 - 100,000$  rpm تا حداکثر  $120000$  می باشد. اولترا سانتریفیوژها برای تفکیک مواد تشکیل دهنده سلولی کاربرد داشته و همگی دارای یخچال می باشند. زیرا در دوره های بالا اصطحکاک هوا باعث گرم شدن دستگاه شده و در نتیجه منجر به تخریب پروتئین ها خواهد شد. اولتراسانتریفیوژها به طور معمول در مراکز تحقیقاتی استفاده می شوند.

# ب - تقسیم بندی براساس شناور، زاویه ثابت و محوری بودن:

سانتریفیوژهای شناور Horizontal /Swing bucket /Swing out head (a)

سانتریفیوژهای زاویه ثابت Fixed angle / Angle head (b)

سانتریفیوژهای محوری Axial (c)

# سانتریفیوژهای شناور

## Horizontal /Swing bucket /Swing out head

در این نوع سانتریفیوژها (سانتریفیوژهای شناور)، جایگاه قرار گرفتن نمونه‌ها طبق نیروی ثقل عمود بر زمین بوده، اما با شروع حرکت، ابتدا از حالت عمودی خارج شده و زاویه پیدا می‌کند. سپس کاملاً شناور گشته و طبق نیروی گریز از مرکز به سمت خارج و به حالت افقی با سطح زمین درمی‌آیند. لذا به آن نوع شناور یا swing گفته می‌شود. به طور خلاصه در این نوع سانتریفیوژ در حالت توقف وضعیت عمودی و در حالت دوران نمونه‌ها وضعیت افقی با سطح زمین دارند

در این نوع سانتریفیوژ ذرات معلق بر اثر نیروی گریز از مرکز به بخش خارجی یعنی انتهای لوله‌ها رانده شده و رسوب به صورت یک لایه تقریباً یکنواخت در ته لوله تشکیل می‌گردد. در پایان عمل لوله‌های حاوی نمونه مجدداً به حالت عمودی درآمده، رسوب در ته لوله و محلول شفاف در بالای آن قرار م‌گیرد. می‌توان با پیپت پاستور یا سمپلر، مایع فوقانی را از رسوب جدا کرد. در صورتی که دور سانتریفیوژ بالا باشد و یا زمان دوران افزایش یابد، می‌توان حتی رسوب را از محلول فوقانی جدا کرد.

# سانتریفیوژ شناور



# سانتریفیوژهای زاویه ثابت Fixed angle / Angle head

لوله حاوی نمونه نسبت به محور دوران یک زاویه ثابت دارد. این زاویه از ۲۵ تا ۴۵ درجه می تواند متغیر باشد. در این نوع سانتریفیوژ نیز ذرات معلق بر اثر نیروی گریز از مرکز به سمت خارج از محور دوران رانده می شوند. اما برخلاف سانتریفیوژهای شناور، رسوب در جدار و بخشی از کف لوله که در قسمت خارجی محور دوران قرار دارد، رانده می شود. البته هر قدر این زاویه نسبت به محور دوران کمتر باشد، رسوب بیشتر در جداره تشکیل می گردد و اگر زاویه بیشتر باشد، رسوب بیشتر در کف تشکیل می گردد. از آنجایی که شکل آئرو دینامیک چرخاننده اجازه دوران در دور بالاتر و رسوب ذرات ریزتر را می دهد، لذا میزان رسوب دهی این نوع سانتریفیوژها از نوع شناور بالاتر است.



# سانتریفیوژ های زاویه ثابت / Fixed angle / Angle head



# اولترا سانتریفیوژ ( Ultra Centrifuge )

نوعی از سانتریفیوژ می باشد که جزء دسته Fixed Angles می باشد. سرعت آنها بسیار زیاد است، برای جدا کردن لیپوپروتئین ها و ضمام سلولی و رفع کدورت سرم های کدر، برای اندازه گیری الکتروولیت ها و سایر تست ها از این نوع سانتریفیوژ استفاده می شود. اولترا سانتریفیوژها برای تفکیک مواد تشکیل دهنده سلولی کاربرد داشته و همگی دارای یخچال می باشند. زیرا در دوره های بالا اصطکاک هوا باعث گرم شدن دستگاه شده و در نتیجه منجر به تخریب پروتئین ها خواهد شد. اولتراسانتریفیوژها به طور معمول در مراکز تحقیقاتی استفاده می شوند.

# Ultra Centrifuge



# سانتریفیوژهای محوری Axial

در واقع، لوله حاوی نمونه در طول محور عمودی خود دوران می کند ( بر خلاف سانتریفیوژهای معمولی که در طول محور افقی دوران می کنند). این دستگاه‌ها به طور تجاری برای مقاصد بالینی در دسترس می باشند. معمولاً خون بیمار در لوله‌های سیتوم‌دار و کیوم شده، نمونه گیری گشته، سپس در جایگاه مخصوص خود به نام Axial Separation Module قرار داده شده و به طور خود کار در طول محور عمودی خود شروع به دوران می کند. ممکن است یک سوزن از طریق درب پلاستیکی ( سیتوم ) داخل لوله شده و از قسمت مرکزی، نمونه شفاف شده را برداشت کند. در این روش ذرات معلق که می توانند سلول های خونی باشند، به قسمت محیطی لوله ها رانده می شوند. در انواع تجاری این دستگاه‌ها کل فرآیند جداساز در طی ۷۰ ثانیه کامل می گردد که زمان مناسبی می باشد.



# سانتریفیوژهای انسانی

سانتریفیوژهای بزرگی هستند که عکس العمل و مقاومت خلبانان و فضانوردان را در برابر شتابهای بالای شتاب‌هایی که در جاذبه زمین تجربه می‌کنند تست می‌کنند.



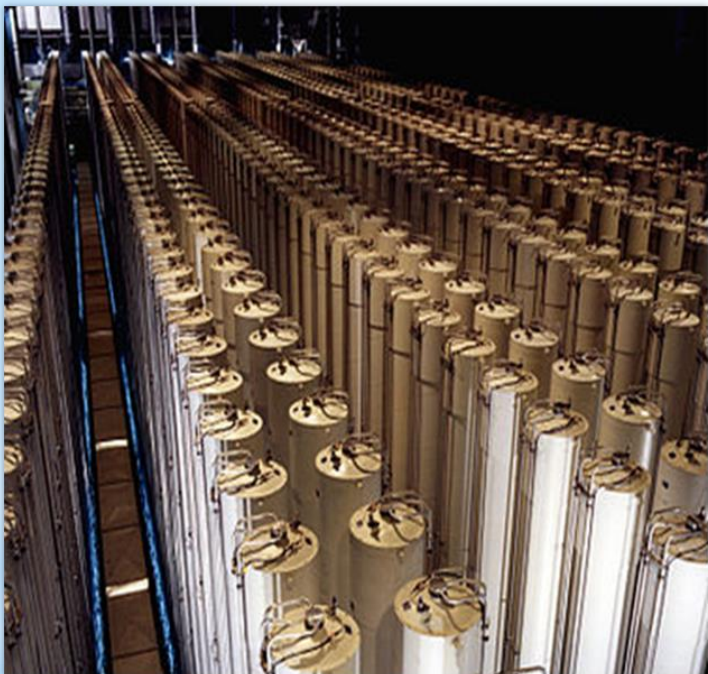
# سانتریفیوژ هسته ای

سانتریفیوژهایی که برای غنی سازی اورانیوم استفاده می شود حالت خاصی دارند که برای گاز تهیه شده اند که به آن ها Hyper-Centrifuge گفته می شود. پیش از آنکه دانشمندان از این روش برای غنی سازی اورانیوم استفاده کنند از

تکنولوژی خاصی بنام Gaseous Diffusion به معنی پخش و توزیع گازی استفاده می کردند. سانتریفیوژ گردش سریع سیلندر، نیروی گریز از مرکز بسیار قوی تولید می کند و طی آن مولکولهای سنگینتر (آنهايي که شامل ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۸ هستند) از مرکز محور گردش دورتر می گردند و برعکس آن ها که مولکولهای سبکتری دارند (حاوی ایزوتوپ (اورانیوم ۲۳۵) بیشتر حول محور سانتریفیوژ قرار می گیرند. در غنی سازی اورانیوم با روش سانتریفیوژ گازی، از تعداد زیادی سیلندر دوار که به صورت موازی و سری کنارهم قرار داده شده اند استفاده می شود.

سانتریفیوژ دستگاه استوانه ای شکلی است که درست مثل توربین هواپیما پره هایی در وسط آن وجود دارد این پرها در هر دقیقه بیش از یک صد هزار گردش دارند در نتیجه این چرخش اورانیوم سنگین روی دیواره آخری سانتریفیوژ قرار می گیرد و اورانیوم سبک در کنار آن می نشیند باید هزاران سانتریفیوژ در کنار هم قرار بگیرند تا ما بتوانیم اورانیوم را غنی کنیم یعنی با یک یا چند سانتریفیوژ نمی توان اورانیوم را غنی کرد.

# سانتریفیوژ هسته ای





# سانتریفیوژ صنعتی



# نکات لازم در موقع کار با سانتریفیوژ

❖ سانتریفیوژ باید کاملاً صاف و افقی قرار گیرد تا دستگاه در صورت عدم تعادل در حین کار حرکت نکند. سانتریفیوژ باید روی سطح محکم و صاف قرار گیرد.

❖ به مسئله بالانس (توازن) توجه کنید. اندازه، وزن، شکل و حجم محلول در لوله های مقابل یکدیگر مشابه باشد. اگر تعداد لوله فرد است، از لوله حاوی آب استفاده کنید. بالانس، عمر دستگاه را زیاد می کند و زغال دیرتر خراب می شود.

❖ سانتریفیوژهای میکرو و هماتوکریت نیازی به رعایت موازنه ندارند، چون وزن موتور خیلی بیشتر از وزن و محتویات لوله های موئینه است و اثر وزن یک لوله موئینه بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است.

❖ پیچ تنظیم سرعت سانتریفیوژ باید به آرامی چرخانده و زیاد شود.

❖ در صورت شنیدن صدای ناهنجار یا لرزش غیرعادی فوراً سانتریفیوژ را خاموش کنید.

# نحوه نگه داری از دستگاه سانتریفیوژ

- پیچ تنظیم سرعت باید به آرامی چرخانده شود.
- در صورت استفاده مکرر در طول روز سانتریفیوژ باید در فواصل زمانی کوتاه (ترجیحاً روزانه) با محلول هیپوکلریت سدیم با رقت ۱/۰ تمیز شود.
- بازدید ذغال و commutators (سویگرها) هر سه ماه یک بار باید انجام شود.
- زمان آنباید هر سه ماهی کبارتوسط کرومومتر ( زمان سنج ) کالیبره و مورد کنترل قرار گیرد.
- همچنین دور آن را باید توسط دورسنج ( تاکومتر ) هر سه ماه یک بار کنترل کرد.