

راهنمای جامع نحوه کار با سانتریفیوژ آزمایشگاهی

۱. هدف و کاربرد (Purpose)

سانتریفیوژ دستگاهی است که با چرخاندن نمونه‌ها با سرعت بسیار بالا، از نیروی گریز از مرکز برای جداسازی مواد بر اساس چگالی استفاده می‌کند. این دستگاه در آزمایشگاه‌های شیمی، زیست‌شناسی، پزشکی و محیط زیست کاربرد گسترده‌ای دارد.

کاربردهای اصلی:

- جداسازی سلول‌ها از مایع رویی (سرم، پلاسما)
- رسوب‌دهی DNA، RNA و پروتئین‌ها
- خالص سازی نمونه‌های زیستی
- جداسازی فازهای جامد از مایع در نمونه‌های محیطی

۲. انواع سانتریفیوژ (Types of Centrifuges)

بر اساس نوع و کاربرد، سانتریفیوژها به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

نوع سانتریفیوژ	حجم نمونه	سرعت (RPM)	کاربرد اصلی
میکروسانتریفیوژ	≤ 2.0 mL	$\leq 26,000$	زیست‌شناسی مولکولی، PCR، DNA
سرعت پایین	1.5 - 200 mL	2,000 - 8,000	جداسازی سلول، نمونه‌های بالینی
سرعت بالا	1.5 - 2000 mL	14,000 - 24,000	سابسلولار، پروتئین‌ها
اولتراسانتریفیوژ	≤ 250 mL	35,000 - 150,000	نانوذرات، ویروس‌ها، مولکول‌ها

انواع روتور: (Rotor)

- Fixed-Angle Rotor** (زاویه ثابت): لوله‌ها با زاویه ثابت قرار می‌گیرند. مناسب برای رسوب‌دهی سریع ذرات سلول‌ها، (DNA).
- Swing-Bucket Rotor** (سطل آویز): لوله‌ها در حین چرخش به حالت افقی درمی‌آیند. ایده‌آل برای جداسازی سرم و پلاسما (لایه‌های صاف و تمیز).

۳. مخاطرات و نکات ایمنی (Hazards & Safety)

طبق مستندات دانشگاه کوئینز و مرکز کنترل بیماری‌ها (CDC)، استفاده نادرست از سانتریفیوژ می‌تواند خطرات جدی ایجاد کند:

نوع خطر	توضیح	پیامد
مکانیکی	خرابی روتور، عدم بالانس، خستگی فلز	انفجار روتور، پرتاب قطعات، آسیب شدید
بیولوژیکی	شکستن لوله و تولید آئروسول	انتشار عوامل بیماری‌زا در محیط آزمایشگاه
شیمیایی	نشت حلال‌ها یا مواد سمی	مسمومیت، خوردگی دستگاه
فیزیکی	صدای زیاد، برق گرفتگی	کاهش شنوایی، شوک الکتریکی

آئروسول چیست؟ ذرات ریز مایع یا جامدی که در هوا معلق می‌مانند و در صورت استنشاق می‌توانند خطرناک باشند.

۴. تجهیزات و مواد مورد نیاز (Required Equipment & Materials)

توضیحات	قلم
متناسب با نوع نمونه و حجم	دستگاه سانتریفیوژ
مخصوص همان دستگاه (جابه‌جایی روتور ممنوع!)	روتور مناسب
پلاستیکی (پلی پروپیلن)، متناسب با سرعت دستگاه	لوله‌های سانتریفیوژ
لوله خالی یا حاوی آب با وزن دقیق برابر	لوله بالانس (تعادل)
ترازوی حساس (۰.۰۱ گرم)	دستگاه توزین دقیق
برای ضد عفونی پس از نشت	اتانول ۷۰%
روپوش آزمایشگاه، عینک ایمنی، دستکش نیتریل	PPE (تجهیزات حفاظت فردی)

نکته ایمنی: هرگز از لوله‌های شیشه‌ای در سانتریفیوژ استفاده نکنید، مگر اینکه دستگاه مخصوص آن طراحی شده باشد. لوله‌های پلاستیکی ترجیح داده می‌شوند.

۵. روش کار گام به گام (Step-by-Step Procedure)

مرحله ۱: بازرسی قبل از کار (Pre-Use Inspection)

طبق دستورالعمل استاندارد استنفورد، قبل از هر بار استفاده، موارد زیر را بررسی کنید:

۱. روتور: از نظر ترک، خوردگی، فرسودگی. هرگز از روتور ترک خورده استفاده نکنید.
۲. لوله‌ها: بدون ترک، مناسب برای سرعت دستگاه.
۳. واشرها: (O-rings) سالم و سر جای خود باشند (برای جلوگیری از نشت آئروسول).
۴. محفظه دستگاه: تمیز و بدون نشستی از دفعات قبل.

مرحله ۲: بالانس کردن (Balancing) حیاتی‌ترین مرحله

بالانس نکردن سانتریفیوژ شایع‌ترین علت خرابی و انفجار روتور است.

قوانین بالانس:

قانون	توضیح
تعداد زوج	تعداد لوله‌ها باید زوج باشد. لوله‌ها باید دقیقاً روبروی هم قرار گیرند (زاویه ۱۸۰ درجه)
وزن، نه حجم	لوله‌های روبرو باید هم وزن باشند، نه هم حجم! از ترازو استفاده کنید
لوله بالانس	اگر تعداد نمونه فرد است (مثلاً ۳ نمونه)، از یک لوله بالانس (حاوی آب با همان وزن) استفاده کنید
درپوش لوله	اگر لوله‌ها درب دارند، حین توزین درب‌ها بسته باشد

مثال برای ۳ نمونه:

- وزن نمونه ۱: ۱۲,۰۵ گرم
- وزن نمونه ۲: ۱۲,۰۳ گرم
- وزن نمونه ۳: ۱۲,۰۴ گرم
- ساخت لوله بالانس با آب: ۱۲,۰۴ گرم
- چیدمان: نمونه ۱ روبروی نمونه ۲، نمونه ۳ روبروی لوله بالانس

□ مرحله ۳: بارگذاری و راه‌اندازی

۱. محدودیت پر کردن: لوله‌ها را حداکثر تا ۷۵٪ (سه‌چهارم) پر کنید تا در حین چرخش به بیرون نپاشد.
۲. بستن درب روتور: در صورت وجود، درب روتور را محکم ببندید.
۳. بستن درب دستگاه: درب اصلی سانتریفیوژ را ببندید. تا زمانی که دستگاه کاملاً متوقف نشده، هرگز درب را باز نکنید.
۴. تنظیمات: سرعت (RPM) یا نیروی گریز از مرکز (RCF/g-force) و زمان را تنظیم کنید.
۵. شروع به کار: دکمه Start را بزنید.

نکته طلایی: تا زمانی که دستگاه به سرعت کامل نرسیده و لرزش غیرعادی ندارد، محل را ترک نکنید.

⚠ مرحله ۴: در صورت مشاهده لرزش یا صدای غیرعادی

۱. فوراً دستگاه را خاموش کنید.
۲. بالانس را دوباره چک کنید.
۳. اگر مشکل ادامه داشت، دستگاه را از برق بکشید و برچسب "خراب" بزنید.

● مرحله ۵: پس از اتمام کار

۱. صبر کنید: حتی پس از توقف روتور، حداقل ۱۰ دقیقه صبر کنید تا آئروسول‌های احتمالی بنشینند.

۲. باز کردن درب :درب را باز کنید.
۳. خروج نمونه :لوله‌ها را خارج کنید.
۴. بازرسی برای نشت :محفظه و روتور را از نظر نشتی بررسی کنید.

۶. اگر نمونه نشتی داشت (Spill Management)

۱. درب دستگاه را بسته نگه دارید (حداقل ۳۰ دقیقه برای مواد خطرناک بیولوژیکی).
۲. دستکش و ماسک مناسب بزنید.
۳. روتور و محفظه را با اتانول ۷۰% تمیز کنید.
۴. هرگز از وایتکس (بلیچ) روی روتورهای آلومینیومی استفاده نکنید - باعث خوردگی می‌شود.
۵. روتور را وارونه بگذارید تا خشک شود.

۶. نگهداری و تعمیرات (Maintenance)

تعداد دفعات	توضیح	کار
هر بار استفاده (برای پرسرعت‌ها)	ثبت تاریخ، زمان، سرعت و وضعیت روتور	دفترچه ثبت (Logbook)
قبل از هر بار استفاده	بررسی روتور و واشرها برای ترک و خوردگی	بازرسی چشمی
روزانه یا پس از هر نشت	با اتانول ۷۰%	تمیزکاری
ماهانه	با گریس مخصوص (طبق دستورالعمل دستگاه)	چرب کاری واشرها
سالانه	پس از پایان عمر مفید یا سالانه (در صورت تست استرس)	تعویض روتور

هشدار: روتورها عمر محدودی دارند. خستگی فلز می‌تواند بدون هیچ نشانه ظاهری باعث انفجار ناگهانی شود. حتماً دفترچه ثبت نگهداری کنید.

۸. عیب‌یابی مشکلات رایج (Troubleshooting)

مشکل	علت احتمالی	راه حل
لرزش شدید هنگام استارت	بالانس نبودن لوله‌ها	دستگاه را خاموش کنید، دوباره وزن کنید
صدای غیرعادی	روتور شل، واشر خراب	بررسی کنید روتور روی اسپیندل محکم نشسته است
دستگاه استارت نمی‌خورد	درب باز است یا قفل درب خراب	درب را محکم ببندید
نمونه گرم می‌شود	دستگاه بدون کولر برای نمونه حساس	از سانتریفیوژ یخچال دار (Refrigerated) استفاده کنید
روتور زنگ زده	نشستی قبلی تمیز نشده	با مواد غیرخورنده تمیز کنید، اگر شدید است تعویض شود

۹. ثبت اطلاعات (Documentation)

پیشنهاد می‌کنم فرم زیر را در سایت خود به صورت آنلاین یا PDF برای دانلود قرار دهید:

فیلد	مقدار نمونه
تاریخ	
نام اپراتور	
نوع دستگاه	High-Speed Centrifuge
مدل روتور	FA-12x2
RPM / RCF	۱۲,۰۰۰ rpm / 15,000 g
زمان	۱۰ دقیقه
نوع نمونه	Blood serum
وضعیت روتور (قبل / بعد)	سالم / سالم
امضا	

۱۰. چک لیست سریع برای کاربران

مرحله	اقدام	انجام شد؟
۱	روپوش، عینک و دستکش پوشیده شده؟	<input type="checkbox"/>
۲	روتور از نظر ترک بررسی شده؟	<input type="checkbox"/>
۳	لوله‌ها ترک ندارند و مناسب هستند؟	<input type="checkbox"/>
۴	لوله‌ها با ترازو بالانس شده‌اند (وزن برابر، حجم برابر نیست)؟	<input type="checkbox"/>
۵	لوله‌ها بیش از ۷۵٪ پر نشده‌اند؟	<input type="checkbox"/>
۶	درب روتور و درب دستگاه بسته شده؟	<input type="checkbox"/>
۷	تا رسیدن به سرعت کامل پای دستگاه مانده‌اید؟	<input type="checkbox"/>
۸	پس از اتمام، ۱۰ دقیقه صبر کرده‌اید؟	<input type="checkbox"/>
۹	محفظه و روتور تمیز شده‌اند؟	<input type="checkbox"/>

