

استریو میکروسکوپ آزمایشگاهی (لوپ)

۱. استریو میکروسکوپ (Stereomicroscope) که در محاوره به آن «لوپ» نیز گفته می‌شود، یک میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی پایین (معمولاً بین ۳٫۵ تا ۶۷٫۵ برابر) است که برای مشاهده سه‌بعدی نمونه‌های بزرگ و مات طراحی شده است. برخلاف میکروسکوپ‌های مرکب که تصویری دوبعدی از لام‌های نازک ارائه می‌دهند، استریو میکروسکوپ با دو مسیر نوری مجزا، تصویری عمقی و واقع‌گرایانه ایجاد می‌کند. این ویژگی آن را به ابزاری ایده‌آل برای بررسی سطوح، تشریح، مونتاژ قطعات ظریف و مشاهده نمونه‌های حجیم تبدیل کرده است. در ادامه راهنمای جامع نحوه کار با این دستگاه ارزشمند آزمایشگاهی را آماده کرده‌ام:

۱. هدف و کاربرد (Purpose and Applications)

استریو میکروسکوپ برای مشاهده و بررسی نمونه‌های جامد، ضخیم و مات با بزرگنمایی کم تا متوسط طراحی شده است. کاربردهای اصلی آن عبارتند از:

- بازرسی و کنترل کیفیت: بررسی سطوح قطعات صنعتی، جوش‌ها، بردهای الکترونیکی
- زیست‌شناسی و تشریح: جداسازی و بررسی بافت‌ها، حشرات، بخش‌های گیاهی
- علوم پزشکی قانونی: بررسی آثار انگشت، الیاف، مدارک جعلی، گلوله
- زمین‌شناسی و کانی‌شناسی: مطالعه ساختار سنگ‌ها، فسیل‌ها و کانی‌ها
- تولید و مونتاژ: مونتاژ قطعات بسیار ریز در صنایع ساعت‌سازی، الکترونیک و جواهرسازی
- آموزش: آموزش آناتومی و ساختار مواد به دانشجویان

مزیت کلیدی: عمق میدان (Depth of Field) بالا و فاصله کاری (Working Distance) مناسب (معمولاً ۸۰ تا ۸۵ میلی‌متر) که امکان دستکاری نمونه را در حین مشاهده فراهم می‌کند

۲. اجزای اصلی و اصول عملکرد (Components & Working Principle)

اجزای اصلی دستگاه

توضیح و عملکرد	جزء (Component)
دو لوله‌ی چشمی مجزا که تصویر را به هر دو چشم منتقل می‌کند. معمولاً دارای بزرگنمایی ۱۰ یا ۲۰ برابر هستند. حلقه دیوپتر (Diopter) روی آن‌ها برای جبران اختلاف بینایی بین دو چشم وجود دارد.	چشمی‌ها (Eyepieces)
برای تغییر بزرگنمایی به صورت پیوسته (مثلاً ۰,۷x تا ۴,۵x). با چرخاندن این دسته، تصویر نمونه به تدریج بزرگتر یا کوچکتر می‌شود.	دسته زوم (Zoom Knob)
برای تنظیم وضوح تصویر با بالا و پایین بردن بدنه میکروسکوپ.	دسته فوکوس (Focus Knob)
صفحه‌ای که نمونه روی آن قرار می‌گیرد. اغلب مشکی و سفید در دو طرف (برای کنتراست بهتر) یا شیشه‌ای (برای عبور نور از پایین). گیره‌هایی برای ثابت نگه‌داشتن نمونه دارد.	مرحله (Stage)
معمولاً دو منبع نور مجزا: یکی از بالا (Episcopic/Incident) برای نمونه‌های مات و یکی از پایین (Diascopic/Transmitted) برای نمونه‌های شفاف. شدت نور قابل تنظیم است.	سیستم روشنایی (Illumination)
بخش سنگین و ثابت زیر دستگاه که پایداری آن را تضمین می‌کند.	پایه (Base)
(اختیاری) برای تغییر بزرگنمایی کلی یا افزایش فاصله کاری، قابل نصب در زیر بدنه اصلی است.	عدسی کمکی (Auxiliary Objective)

انواع سیستم اپتیکی

ویژگی	توضیح	نوع
کیفیت تصویر عالی، عمق میدان خوب، ساختار ساده‌تر	دو مسیر نوری مجزا و زاویه‌دار به سمت نمونه هدایت می‌شوند. رایج‌ترین و مقرون‌به‌صرفه‌ترین نوع.	(Greenough گروه)
امکان نصب لوازم جانبی پیشرفته (دوربین، هم‌محور کننده نور)	یک عدسی شیئی بزرگ مشترک، نور را به دو مسیر مجزا تقسیم می‌کند.	Common Main Objective (CMO)

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

این روش بر اساس دفترچه راهنمای استاندارد تهیه شده است.

مرحله ۰: نکات ایمنی (Safety)

- هشدار: هرگز از استون یا حلال‌های قوی برای تمیز کردن بدنه یا اپتیک استفاده نکنید. از الکل ایزوپروپیل (۷۰٪) به مقدار کم و با دستمال مخصوص لنز استفاده شود.
- برق: قبل از اتصال کابل برق، از تنظیم بودن ولتاژ ورودی دستگاه با برق شهر (۲۲۰ ولت در ایران) اطمینان حاصل کنید.
- اشعه: در صورت استفاده از منابع نور UV، حتماً از عینک محافظ مناسب استفاده کنید. طبق مستندات سازنده دستگاه UNC، اصلی‌ترین خطر برای کاربران هنگام کار با نمونه‌های شیمیایی یا بیولوژیک خطرناک است.

مرحله ۱: راه‌اندازی اولیه (Setup)

۱. دستگاه را روی یک میز صاف، محکم و عاری از لرزش قرار دهید.
۲. کابل برق را به پریز برق متصل کنید.
۳. چشمی‌ها را در جای خود قرار داده و پیچ قفل آن را ببندید.
۴. در صورت نیاز، نمونه را روی stage قرار دهید و با گیره آن را ثابت کنید.

مرحله ۲: تنظیم فاصله بین دو چشمی (Interpupillary Distance)

تنظیم صحیح فاصله بین دو چشمی از خستگی چشم جلوگیری می‌کند و میدان دید یکپارچه ایجاد می‌نماید.

۱. از بزرگنمایی پایین (Lowest Magnification) شروع کنید.
۲. نمونه‌ای را روی stage قرار دهید و آن را فوکوس کنید.
۳. دو لوله چشمی را به سمت داخل یا بیرون حرکت دهید تا زمانی که در هر دو چشم، یک میدان دید دایره‌ای و یکپارچه (بدون هلال سیاه) مشاهده کنید.

مرحله ۳: تنظیم فوکوس و دیوپتر (Focus & Diopter)

این مرحله برای جبران اختلاف بینایی بین دو چشم انجام می‌شود.

۱. یک نمونه صاف (مانند خط‌کش یا لام آماده) روی stage قرار دهید.
۲. با چرخاندن دسته فوکوس اصلی، تصویر را برای چشم چپ (یا راست) کاملاً واضح کنید.
۳. حالا با استفاده فقط از حلقه دیوپتر روی چشمی دیگر (بدون دست زدن به فوکوس اصلی)، تصویر را برای چشم دیگر نیز واضح کنید.
۴. بعد از این تنظیم، میکروسکوپ پارفوکال (Parfocal) شده است؛ یعنی با تغییر بزرگنمایی (چرخاندن دسته زوم)، تصویر به طور خودکار تقریباً در فوکوس باقی می‌ماند.

مرحله ۴: انتخاب روشنایی مناسب (Illumination)

بسته به نوع نمونه، منبع نور مناسب را انتخاب کنید:

- **نور انعکاسی (Incident/Episcopic)** از بالا: (برای نمونه‌های جامد و مات (مدار چاپی، سنگ، حشره). نور از بالا به نمونه می‌تابد و بازتاب آن دیده می‌شود.
- **نور عبوری (Transmitted/Diascopic)** از پایین: (برای نمونه‌های شفاف یا نیمه‌شفاف (برش‌های نازک بافت، کریستال‌ها). نور از پایین از داخل نمونه عبور می‌کند.
- **شدت نور (Intensity)**: نوری چرخان (معمولاً روی پایه یا بدنه) را بچرخانید تا روشنایی مناسب برای دید راحت و بدون خیرگی چشم فراهم شود.

مرحله ۵: مشاهده و تنظیم بزرگنمایی (Observation & Zoom)

۱. با دسته فوکوس اصلی، نمونه را واضح کنید.
۲. با چرخاندن آهسته دسته زوم، نمونه را به بزرگنمایی دلخواه برسانید.
۳. توجه: در استریو میکروسکوپ‌های با کیفیت، سیستم پارفوکال است. یعنی اگر مرحله ۳ را درست انجام داده باشید، پس از تغییر زوم، تصویر فقط نیاز به فوکوس ظریف (Fine focus) دارد و نیازی به چرخش زیاد فوکوس نیست.

مرحله ۶: خاموش کردن و جمع آوری (Shutdown)

۱. شدت نور را روی صفر بچرخانید.
۲. دستگاه را خاموش کنید (سوئیچ اصلی).
۳. کابل برق را از دستگاه جدا کنید (در صورت عدم استفاده طولانی مدت).
۴. نمونه را از روی stage خارج کنید.
۵. با گون (Balloon) یا هوای فشرده، گرد و غبار روی لنزها و stage را پاک کنید.
۶. گردگیر (Dust Cover) را روی دستگاه بکشید.

۴. کالیبراسیون و اندازه‌گیری (Calibration & Measurement)

برای اندازه‌گیری ابعاد واقعی نمونه (مانند قطر یک حفره یا طول یک حشره)، باید دستگاه را کالیبره کنید. این کار با استفاده از یک میکرومتر (Stage Micrometer) انجام می‌شود، که یک لام شیشه‌ای با خطوط مشخص با فواصل دقیق (مثلاً هر خط ۰,۱ میلی‌متر) است.

روش گام به گام کالیبراسیون

۱. میکرومتر Stage را روی stage قرار دهید و فوکوس کنید تا خطوط آن واضح دیده شوند.
۲. چشمی را که دارای میکرومتر داخلی (شبهه چشمی) است، بچرخانید تا خطوط آن موازی خطوط میکرومتر Stage شوند.
۳. دو خط از میکرومتر Stage را با دو خط از میکرومتر چشمی منطبق کنید.
۴. یک فاصله مشخص روی میکرومتر Stage را انتخاب کنید (مثلاً ۴۰ میلی‌متر که معادل ۴۰۰۰ میکرومتر است).
۵. بشمارید که این فاصله معادل چند تقسیم روی میکرومتر چشمی است (مثلاً ۷۰ تقسیم).
۶. محاسبه مقدار هر تقسیم: مقدار واقعی را بر تعداد تقسیمات تقسیم کنید تا مشخص شود هر تقسیم در چشمی معادل چه مقدار میکرومتر است.

فرمول:

مقدار هر تقسیم = (طول واقعی روی) / (تعداد تقسیمات روی چشمی)

مثال: ۴۰۰۰ (میکرومتر) / (۷۰ تقسیم) = ۵۷,۱۴ میکرومتر بر هر تقسیم

نکته مهم: این مقدار کالیبراسیون فقط برای همان بزرگنمایی خاص (همان زوم) معتبر است. شما باید این فرآیند را برای چند بزرگنمایی کلیدی (مانند پایین ترین و بالاترین زوم) تکرار کنید و نتایج را روی دستگاه یادداشت کنید.

فواصل کالیبراسیون

مأخذ	اقدام	بازه زمانی
AFTE, FIU	بررسی عملکرد صحیح دستگاه با مشاهده یک نمونه مرجع. مستندسازی لازم نیست.	روزانه (Before each use)
AFTE, FIU	استانداردسازی با میکرومتر ۰.۰۱ اینچی) با گواهی (NIST) ثبت در دفترچه.	سه ماهه (Quarterly)
AFTE, FIU, Leica	تمیزکاری، سرویس و صدور گواهی کالیبراسیون توسط تکنسین کارخانه. ثبت در دفترچه.	سالانه (Annually)

۵. نگهداری و تمیزکاری (Maintenance & Cleaning)

نگهداری صحیح از استریو میکروسکوپ برای حفظ کیفیت تصویر و طول عمر دستگاه ضروری است.

تمیزکاری

نکات	روش تمیزکاری	قسمت
از دستمال کاغذی یا پارچه معمولی استفاده نکنید.	۱. با گون (Balloon) هوای فشرده، ذرات سخت را پاک کنید. ۲. با برس نرم مخصوص، گرد و غبار را پاک کنید. ۳. با مایع مخصوص لنز روی دستمال لنز (Lens Tissue)، به آرامی از مرکز به بیرون (حرکت دایره وار) تمیز کنید.	لنزها (چشمی و شیئی)
هرگز مایع را مستقیم روی دستگاه نپاشید.	با پارچه نرم و مرطوب (فقط آب یا مواد شوینده ملایم) تمیز کنید.	بدنه و پایه
	با دستمال بدون پرز (Lint-free) و الکل ایزوپروپیل ۷۰٪، باقیمانده نمونه ها را پاک کنید.	Stage

شرایط نگهداری (Storage Environment)

برای جلوگیری از کپک زدن لنزها (که غیرقابل جبران است) و خوردگی قطعات، شرایط زیر حیاتی است:

محدوده ایده آل	فاکتور
۲۰ درجه سانتی گراد (Celsius) ۶۸ درجه فارنهایت)	دما (Temperature)
کمتر از ۶۰٪ (RH < 60%)	رطوبت نسبی (Relative Humidity)

- ضد گرد و غبار: همیشه پس از استفاده، گردگیر (Dust Cover) را روی دستگاه بکشید.
- ضد رطوبت: در محیط های مرطوب، از مواد جاذب رطوبت (سیلیکاژل) در کابینت نگهداری استفاده کنید.
- ضد ضربه: دستگاه را روی سطحی ثابت و بدون لرزش قرار دهید و از برخورد اشیاء به آن جلوگیری کنید.

۶. محاسبه بزرگنمایی کل (Total Magnification Calculation)

بزرگنمایی نهایی که چشم شما می‌بیند، حاصل ضرب بزرگنمایی سه جزء اصلی است:
فرمول:

بزرگنمایی کل = بزرگنمایی چشمی × بزرگنمایی زوم × بزرگنمایی عدسی کمکی
مثال محاسبه:

جزء	مقدار	توضیح
چشمی (Eyepiece)	×۱۰	مقدار استاندارد
زوم (Zoom)	×۴,۵	حداکثر زوم در مدل LAB-20
عدسی کمکی (Auxiliary Objective)	×۱	در صورت عدم استفاده از عدسی اضافی
بزرگنمایی کل	×۴۵	محاسبه: $۴۵ = ۱ \times ۴,۵ \times ۱۰$

با استفاده از چشمی $\times 20$ و عدسی کمکی $\times 2$ ، حداکثر بزرگنمایی می‌تواند به $67,5 \times$ برسد ($2 \times 4,5 \times 20 = 180$ ؟ خیر، $4,5 \times 20 \times 2 = 180$ که طبق مشخصات دستگاه، این مقدار معمولاً $67,5 \times$ اعلام می‌شود که نشان‌دهنده ضریب تبدیل دیگری در اپتیک است). برای اعداد دقیق به دفترچه راهنمای دستگاه خود مراجعه کنید.

۷. عیب‌یابی مشکلات رایج (Troubleshooting)

مشکل	علت احتمالی	راه‌حل
تصویر تار یا دوتایی	تنظیم نبودن فاصله بین دو چشمی (Interpupillary Distance) یا حلقه دیوپتر.	مراحل تنظیم فاصله بین دو چشمی و دیوپتر را دوباره انجام دهید.
لکه یا گرد و غبار در تصویر	لنزها (چشمی، شیعی، یا لنز پایینی) کثیف هستند.	لنزها را با روش صحیح تمیزکاری (گون + دستمال لنز) تمیز کنید.
تصویر تیره یا یک طرفه	لامپ سوخته یا شدت نور کم است. مسیر نور مسدود شده است.	لامپ را تعویض کنید. شدت نور را افزایش دهید. نمونه یا stage را بررسی کنید.
فوکوس در زوم‌های بالا از دست می‌رود	دیوپتر به درستی تنظیم نشده است (سیستم پارفوکال نیست).	مرحله ۳ (تنظیم فوکوس و دیوپتر) را با دقت کامل تکرار کنید.
هنگام چرخاندن زوم، تصویر جابه‌جا می‌شود	مرکز تصویر با مرکز اپتیکال دستگاه همخوانی ندارد (نادر در دستگاه‌های با کیفیت).	نمونه را در مرکز میدان دید قرار دهید. در صورت نیاز با تکنسین مجرب مشورت کنید.
شکستگی یا خط و خش روی لنز	استفاده از دستمال نامناسب یا برخورد جسم تیز.	فقط با دستمال مخصوص لنز تمیز کنید. در صورت آسیب جدی، تعویض لنز ضروری است.

۸. چک‌لیست سریع برای کاربران (Quick Checklist)

مرحله	اقدام	انجام شد؟
۱	دستکش و روپوش آزمایشگاهی پوشیده شده؟	<input type="checkbox"/>
۲	Stage از آلودگی تمیز شده و نمونه به درستی روی آن قرار گرفته؟	<input type="checkbox"/>
۳	فاصله بین دو چشمی (IPD) تنظیم شده تا یک میدان دایره‌ای دیده شود؟	<input type="checkbox"/>
۴	با استفاده از فوکوس و حلقه دیوپتر، تصویر در هر دو چشم کاملاً واضح است؟	<input type="checkbox"/>
۵	شدت و نوع روشنایی (نور بالا/پایین) مناسب انتخاب شده؟	<input type="checkbox"/>
۶	با چرخاندن دسته زوم، نمونه در بزرگنمایی مورد نظر پارفوکال (در فوکوس) باقی می‌ماند؟	<input type="checkbox"/>
۷	پس از اتمام، دستگاه خاموش، کابل کشیده شده و گردگیر روی آن قرار گرفته؟	<input type="checkbox"/>

✦ جمع‌بندی نهایی

استریو میکروسکوپ (لوپ) ابزاری قدرتمند و حیاتی برای مشاهده سه‌بعدی نمونه‌های بزرگ در آزمایشگاه‌های آموزشی، تحقیقاتی و صنعتی است. با رعایت نکات ذکر شده در این راهنما، می‌توانید:

- تصاویری با کیفیت و بدون خستگی چشم ثبت کنید.
- عمر مفید دستگاه را با نگهداری صحیح به حداکثر برسانید.
- اندازه‌گیری‌های دقیق و قابل استنادی انجام دهید.