

# میکروسکوپ نوری عبوری دوچشمی (Binocular Compound Light Microscope)

میکروسکوپ نوری عبوری دوچشمی یکی از پایه‌ای‌ترین و پرکاربردترین تجهیزات در آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی، پزشکی، و علوم پایه است. این دستگاه با عبور نور از نمونه و عبور آن از مجموعه‌ای از عدسی‌ها، تصویری بزرگ‌شده از ساختارهای ریز (مانند سلول‌ها و باکتری‌ها) ایجاد می‌کند که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیستند.

## ۱. هدف و کاربرد (Purpose and Applications)

میکروسکوپ نوری برای مشاهده ساختارهایی طراحی شده که اندازه آن‌ها کمتر از حد تفکیک چشم انسان (حدود ۰.۱ میلی‌متر) است. این دستگاه با استفاده از نور مرئی و عدسی‌های شیشه‌ای، تصویر نمونه را تا هزاران برابر بزرگ‌نمایی می‌کند. کاربردهای اصلی در آزمایشگاه:

کاربرد	زمینه
مشاهده سلول‌های خونی، بافت‌ها، میکروارگانیسم‌ها	زیست‌شناسی سلولی
بررسی باکتری‌ها و قارچ‌ها (با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر و عدسی غوطه‌وری)	میکروبیولوژی
تشخیص بیماری‌ها از طریق بررسی اسلایدهای بافتی	پاتولوژی
آموزش آناتومی سلول و ساختارهای میکروسکوپی به دانشجویان	آموزش

نکته: میکروسکوپ دوچشمی دارای دو چشمی است که دید سه‌بعدی و راحت‌تری نسبت به میکروسکوپ تک‌چشمی فراهم می‌کند.

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

### آناتومی میکروسکوپ

میکروسکوپ نوری عبوری از بخش‌های زیر تشکیل شده است که از پایه به سمت بالا شرح داده می‌شوند:

### جدول اجزای اصلی و عملکرد آنها

جزء (Component)	توضیح و عملکرد
Base پایه)	بخش سنگین زیر میکروسکوپ که وزن دستگاه را تحمل می‌کند. حاوی منبع نور (لامپ) و کلید خاموش/روشن و تنظیم شدت نور است.
Stage میز نمونه)	صفحه‌ای که لام روی آن قرار می‌گیرد. دارای سوراخی در مرکز برای عبور نور از پایین. مجهز به گیره‌های (Clips) برای ثابت نگه‌داشتن لام.
Mechanical Stage (میز نمونه مکانیکی)	در مدل‌های پیشرفته دارای دو دسته کنترل برای حرکت دقیق لام در جهات X و Y (چپ-راست و جلو-عقب).
Objective Lenses (عدسی‌های شیئی)	روی (Revolving Nosepiece قسمت گردان) نصب شده‌اند. چهار عدسی با بزرگ‌نمایی‌های مختلف: (۴X حلقه قرمز، ۱۰X حلقه زرد، ۴۰X حلقه آبی، ۱۰۰X حلقه سفید - روغنی). طول عدسی با افزایش بزرگ‌نمایی بیشتر می‌شود.

دو لوله در بالای دستگاه که کاربر از طریق آن نگاه می‌کند. بزرگ‌نمایی ثابت ۱۰X دارند. قابل تنظیم از نظر فاصله بین دو چشم (Interpupillary Distance) و تنظیم دیوپتر (Diopter) برای جبران اختلاف بینایی دو چشم.	<b>Eyepieces/Oculars</b> (چشمی)
محفظه عمودی که تصویر را از عدسی شیئی به چشمی منتقل می‌کند.	<b>Body Tube</b> (لوله بدنه)
دسته بزرگ‌تر برای فوکوس اولیه و سریع. فقط با عدسی‌های ۴X و ۱۰X استفاده شود.	<b>Coarse Focus Knob</b> (فوکوس درشت)
دسته کوچک‌تر برای فوکوس دقیق و نهایی. بعد از رسیدن به فوکوس نسبی با درشت، با این دسته تصویر را شارپ کنید.	<b>Fine Focus Knob</b> (فوکوس ریز)
مجموعه‌ای از عدسی‌های زیر میز که نور را روی نمونه متمرکز می‌کند. برای وضوح بیشتر، کندانسور باید در بالاترین موقعیت (نزدیک به میز) باشد.	<b>Condenser</b> (کندانسور)
اهرم کنار کندانسور که مقدار نور عبوری به نمونه را کنترل می‌کند. بستن دیافراگم باعث کاهش روشنایی و افزایش کنتراست می‌شود.	<b>Iris Diaphragm</b> (دیافراگم عنبیه‌ای)
لامپ LED یا هالوژن در پایه دستگاه. شدت آن توسط یک دکمه چرخان قابل تنظیم است.	<b>Light Source</b> (منبع نور)
قسمت خمیده پشتی میکروسکوپ که برای حمل دستگاه استفاده می‌شود. هنگام حمل، یک دست زیر پایه و دست دیگر روی بازو باشد.	<b>Arm</b> (بازو)

## محاسبه بزرگ‌نمایی کل (Total Magnification Calculation)

بزرگ‌نمایی نهایی که چشم می‌بیند، حاصل ضرب بزرگ‌نمایی چشمی در بزرگ‌نمایی عدسی شیئی است:

فرمول:

بزرگ‌نمایی کل = بزرگ‌نمایی چشمی × بزرگ‌نمایی عدسی شیئی

مثال:

توضیح	مقدار	جزء
مقدار استاندارد	۱۰X	چشمی (Eyepiece)
عدسی آبی (قدرت بالا)	۴۰X	عدسی شیئی (Objective)
محاسبه: $40 \times 10 = 400$	۴۰۰X	بزرگ‌نمایی کل

مقادیر رایج بزرگ‌نمایی کل:

کاربرد	بزرگ‌نمایی کل (با چشمی ۱۰X)	رنگ حلقه	عدسی شیئی
اسکن و مشاهده کلی نمونه	۴۰X	قرمز	۴X
بررسی اولیه، یافتن ناحیه مورد نظر	۱۰۰X	زرد	۱۰X
مشاهده جزئیات سلولی (رایج‌ترین)	۴۰۰X	آبی	۴۰X
عدسی غوطه‌وری (نیاز به روغن) - برای باکتری‌ها	۱۰۰۰X	سفید	۱۰۰X

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

این روش بر اساس SOP های استاندارد آزمایشگاهی تهیه شده است.

#### مرحله ۰: ایمنی و آماده‌سازی

قانون	توضیح
حمل صحیح	همیشه با دو دست حمل کنید: یک دست زیر پایه و دست دیگر روی بازو. هرگز دستگاه را وارونه نکنید (عدسی‌ها ممکن است بیفتند).
دست‌های تمیز	قبل و بعد از کار دست‌ها را بشویید.
وسایل اضافی	موهای بلند را ببندید، از آویزها و جواهرات بلند خودداری کنید.
خوراکی ممنوع	خوردن و آشامیدن در هنگام کار ممنوع است.
وسایل حفاظت فردی	روپوش و دستکش الزامی است.
محل قرارگیری	روی سطح صاف و محکم، دور از لبه میز.

#### مرحله ۱: راه‌اندازی اولیه (Setup)

۱. میکروسکوپ را روی میز صاف و محکم قرار دهید.
۲. عدسی (۴X کمترین بزرگ‌نمایی (را با چرخاندن revolver در موقعیت روبروی میز قرار دهید. قانون طلایی: همیشه کار را با کمترین بزرگ‌نمایی شروع کنید.
۳. کابل برق را وصل کرده و دستگاه را روشن کنید.
۴. کندانسور را تا بالاترین موقعیت (نزدیک به میز) ببرید.
۵. دیافراگم را حدود یک‌چهارم باز کنید.
۶. شدت نور را روی یک مقدار متوسط (مثلاً ۶ یا ۷ از ۱۰) تنظیم کنید.

#### مرحله ۲: قرار دادن لام روی میز (Mounting the Slide)

۱. لام را با برچسب رو به بالا و لامل (coverslip) به سمت بالا روی میز قرار دهید. نکته حیاتی: لامل باید به سمت عدسی باشد.
۲. لام را با گیره‌های میز (stage clips) محکم کنید.
۳. از دسته‌های (mechanical stage در صورت وجود) برای حرکت لام و قرار دادن نمونه دقیقاً بالای سوراخ نور استفاده کنید.

#### مرحله ۳: فوکوس (Focusing) - مهم‌ترین بخش)

## قانون طلایی فوکوس:

- فقط از فوکوس درشت (Coarse) با عدسی‌های ۴X و ۱۰X استفاده کنید
- هرگز از فوکوس درشت با عدسی ۴۰X و ۱۰۰X استفاده نکنید (خطر برخورد عدسی به لام و شکستن هر دو)

### روش استاندارد فوکوس (شروع با ۴X):

۱. با چرخاندن دسته فوکوس درشت (Coarse)، میز نمونه را تا جایی که ممکن است بالا ببرید (نزدیک به عدسی ۴X). در میکروسکوپ‌های جدید، یک توقف خودکار (automatic stop) از برخورد جلوگیری می‌کند.
۲. در حالی که از چشمی نگاه می‌کنید، به آرامی دسته فوکوس درشت را به سمت پایین بچرخانید (میز را پایین بیاورید) تا تصویر نمونه ظاهر شود.
۳. با دسته فوکوس ریز (Fine)، تصویر را کاملاً واضح و شارپ کنید.
۴. نمونه را با استفاده از mechanical stage حرکت دهید تا ناحیه مورد نظر در مرکز میدان دید قرار گیرد.

### مرحله ۴: افزایش بزرگ‌نمایی (Increasing Magnification)

سیستم میکروسکوپ پارفوکال (Parfocal) است. یعنی اگر با عدسی ۴X فوکوس کنید، با چرخاندن revolver به عدسی بعدی، نمونه تقریباً در فوکوس باقی می‌ماند.

۱. عدسی ۱۰X را با چرخاندن revolver در موقعیت قرار دهید.
۲. فقط با دسته فوکوس ریز (Fine) تصویر را واضح کنید.
۳. برای رفتن به ۴۰X تکرار کنید. باز هم فقط از فوکوس ریز استفاده کنید.
۴. اگر به عدسی ۱۰۰X (روغنی) نیاز دارید، بخش جداگانه زیر را دنبال کنید.

### مرحله ۵: عدسی غوطه‌وری ۱۰۰ (Oil Immersion - ۱۰۰X برای میکروبیولوژی)

عدسی ۱۰۰X برای مشاهده باکتری‌ها استفاده می‌شود و نیاز به روغن مخصوص دارد.

#### روش کار:

۱. ابتدا نمونه را با عدسی ۴۰X فوکوس کنید و ناحیه مورد نظر را در مرکز میدان دید قرار دهید.
۲. revolver را به حالت نیمه راه بچرخانید تا عدسی‌ها از روی لام کنار بروند.
۳. یک قطره روغن غوطه‌وری (Immersion Oil) روی لام، دقیقاً روی ناحیه نمونه بریزید.
۴. revolver را بچرخانید تا عدسی ۱۰۰X (حلقه سفید) در روغن فرو رود. صدای کلیک را احساس خواهید کرد.
۵. فقط با دسته فوکوس ریز (Fine) تصویر را واضح کنید. مقدار چرخش بسیار کم است.
۶. روغن فقط با عدسی ۱۰۰X تماس داشته باشد.

## مرحله ۶: تنظیمات چشمی (Eyepiece Adjustment)

برای دید راحت و بدون خستگی چشم، دو تنظیم باید انجام شود:

### A. تنظیم فاصله بین دو چشم: (Interpupillary Distance)

- از هر دو چشم به داخل چشمی‌ها نگاه کنید.
- دو لوله چشمی را به سمت داخل یا خارج حرکت دهید تا یک میدان دید دایره‌ای کامل و یکپارچه (بدون هلال سیاه) ببینید.
- عدد روی ترازو را یادداشت کنید تا دفعه بعد سریع تنظیم کنید.

### B. تنظیم دیوپتر (Diopter - جبران اختلاف بینایی):

- با عدسی ۴۰X یا ۱۰X روی یک ناحیه مشخص از نمونه فوکوس کنید.
- چشم راست خود را ببندید و فقط با چشم چپ از چشمی چپ نگاه کنید.
- حلقه دیوپتر روی چشمی چپ را بچرخانید تا تصویر برای چشم چپ کاملاً واضح شود.
- حالا چشم چپ را ببندید و فقط با چشم راست نگاه کنید. دسته فوکوس را لمس نکنید.
- حلقه دیوپتر روی چشمی راست را بچرخانید تا تصویر برای چشم راست واضح شود.
- حالا با هر دو چشم نگاه کنید. تصویر باید کاملاً واضح و سه‌بعدی باشد.

## مرحله ۷: خاموش کردن و جمع‌آوری (Shutdown)

- شدت نور را روی کمترین مقدار بچرخانید.
- دستگاه را خاموش کنید.
- revolver را بچرخانید تا عدسی ۴X در موقعیت قرار گیرد. این کار از آسیب به عدسی‌های بلندتر جلوگیری می‌کند.
- لام را از روی میز بردارید.
- اگر از عدسی ۱۰۰X استفاده کرده‌اید، روغن را با دقت از عدسی و لام پاک کنید.
- سیم برق را جمع کرده و دور پایه بیچید (از خم شدن شدید سیم خودداری کنید).
- گردگیر (Dust Cover) را روی دستگاه بکشید.

## ۴. نگهداری و تمیزکاری (Maintenance & Cleaning)

### تمیزکاری لنزها - بسیار حیاتی

لنزها حساس‌ترین بخش میکروسکوپ هستند. روش صحیح تمیزکاری:

نکات	روش صحیح	اقدام
هرگز از دهان برای دمیدن گرد و غبار استفاده نکنید	از گون (Balloon) یا برس نرم مخصوص استفاده کنید	گردگیری
از دستمال کاغذی، پارچه یا لباس استفاده نکنید - باعث خش می شود	از دستمال مخصوص لنز (Lens Paper) استفاده کنید	تمیز کردن
هرگز مایع را مستقیم روی لنز نپاشید	مقدار کمی محلول تمیزکننده لنز روی دستمال lens paper بپریزید	لکه های چرب
روغن خشک شده به سختی پاک می شود	بلافاصله پس از استفاده با lens paper پاک کنید	روغن غوطه وری

## تمیزکاری بدنه و میز

- سطوح خارجی را با دستمال مرطوب (آب یا مواد شوینده ملایم) تمیز کنید.
- هرگز اجازه ندهید مایعات وارد محفظه داخلی دستگاه شوند.

## شرایط نگهداری

فاکتور	محدوده ایده آل
دما	دمای اتاق
رطوبت	( <math>60\%</math> ) برای جلوگیری از کپک زدن لنزها)
نور	دور از نور مستقیم خورشید
گرد و غبار	همیشه با گردگیر پوشانده شود

## ۵. راهنمای تنظیم روشنایی و کنتراست (Köhler Illumination)

برای بهترین کیفیت تصویر، تنظیمات زیر را انجام دهید:

مرحله	اقدام
۱	کندانسور را تا بالاترین موقعیت (نزدیک به میز) ببرید
۲	دیافراگم کندانسور را کاملاً باز کنید
۳	روی نمونه با عدسی ۴۰X فوکوس کنید
۴	اهرم دیافراگم را بچرخانید تا میزان نور مناسب (نه خیلی روشن، نه خیلی تاریک) تنظیم شود
۵	برای افزایش کنتراست، دیافراگم را کمی ببندید

## ۶. عیب یابی مشکلات رایج (Troubleshooting)

مشکل	علت احتمالی	راه حل
میدان دید تاریک یا نیمه تاریک	دیافراگم بسته است یا کندانسور پایین است	دیافراگم را باز کنید، کندانسور را بالا ببرید
تصویر تار، فوکوس درست نمی شود	لام وارونه است (لامل پایین)	لام را برگردانید (لامل به سمت بالا)
لکه یا گرد و غبار در تصویر	لنزها (چشمی یا شیئی) کثیف هستند	لنزها را با روش صحیح تمیز کنید
تصویر دوتایی یا خستگی چشم	فاصله بین دو چشمی تنظیم نیست	فاصله چشمی ها را تنظیم کنید
فوکوس با عدسی ۴۰X سخت است و به لام برخورد می کند	از فوکوس درشت (Coarse) استفاده شده است	همیشه برای ۴۰X فقط از فوکوس ریز (Fine) استفاده کنید
تصویر خیلی روشن و بدون جزئیات است	شدت نور خیلی زیاد است	شدت نور را کم کنید یا دیافراگم را ببندید
لکه های تیره متحرک در میدان دید	گرد و غبار روی چشمی	چشمی را با lens paper تمیز کنید
با عدسی ۱۰۰X تصویری دیده نمی شود	روغن غوطه وری استفاده نشده است	یک قطره روغن روی لام بریزید

## ۷. چک لیست سریع برای کاربران

مرحله	اقدام	انجام شد؟
۱	روپوش و دستکش پوشیده شده؟ دست ها تمیز است؟	<input type="checkbox"/>
۲	میکروسکوپ با دو دست و به درستی جابجا شده؟	<input type="checkbox"/>
۳	عدسی ۴X در موقعیت قرار دارد و کندانسور بالا است؟	<input type="checkbox"/>
۴	لام با لامل به سمت بالا روی میز قرار گرفته و محکم شده؟	<input type="checkbox"/>
۵	فوکوس با درشت (Coarse) و سپس ریز (Fine) انجام شده است؟	<input type="checkbox"/>
۶	فاصله چشمی ها و دیوپتر تنظیم شده است؟	<input type="checkbox"/>
۷	در صورت استفاده از ۴۰X، فقط از فوکوس ریز استفاده شده؟	<input type="checkbox"/>
۸	پس از اتمام، نور خاموش، عدسی ۴X در موقعیت و لام خارج شده؟	<input type="checkbox"/>
۹	لنزها (در صورت نیاز) با lens paper تمیز شده اند؟	<input type="checkbox"/>
۱۰	گردگیر روی دستگاه کشیده شده است؟	<input type="checkbox"/>

## ✦ جمع بندی نهایی

میکروسکوپ نوری عبوری دوچشمی ابزاری اساسی برای هر آزمایشگاه زیست شناسی و پزشکی است. با رعایت اصول زیر می توانید تصاویری با کیفیت و عمر طولانی دستگاه داشته باشید:

۱. **حامل صحیح** - همیشه با دو دست حمل کنید
۲. **شروع با کمترین بزرگ نمایی** - همیشه از ۴X شروع کنید
۳. **هرگز از فوکوس درشت با ۴۰X استفاده نکنید** - خطر شکستن لام و عدسی

۴. □ تمیزکاری با – **lens paper** فقط از دستمال مخصوص لنز استفاده کنید

۵. ☺ گردگیر – همیشه پس از کار بپوشانید