رحلة إلى العالم النانوي:
دليل تفصيلي للمجهر الإلكتروني الماسح

نظرة معمقة على جهاز FEI Serion ذي الانبعاث المجالي

إعداد: أ.محمد الميلبي

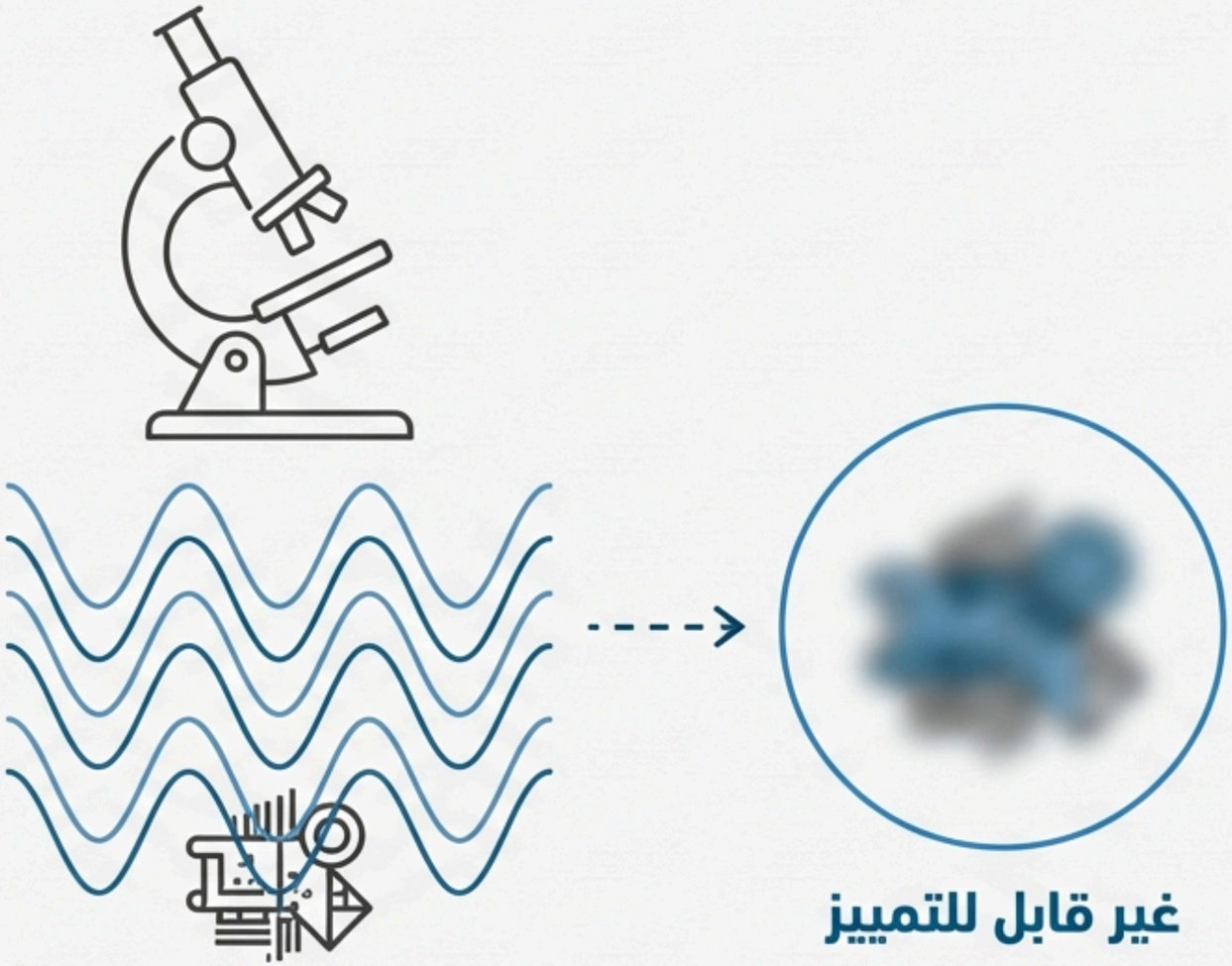
معامل الفيزياء

NotebookLM

حدود الرؤية: لماذا لا تكفي المجاهر الضوئية؟

كل جسم أصغر من نصف الطول الموجي للضوء يظل خفياً عن أعيننا. هذا هو "حد الانعراج" للضوء، وهو حاجز أساسي في علم البصريات.

لأكثر من 50 عامًا، سعى العلماء لتجاوز هذا الحد. فالعالم على المقياس الحد. فالعالم على المقياس النانوي، عالم الذرات والجزيئات، يتطلب أداة تستخدم **"إضاءة"** مختلفة تمامًا.



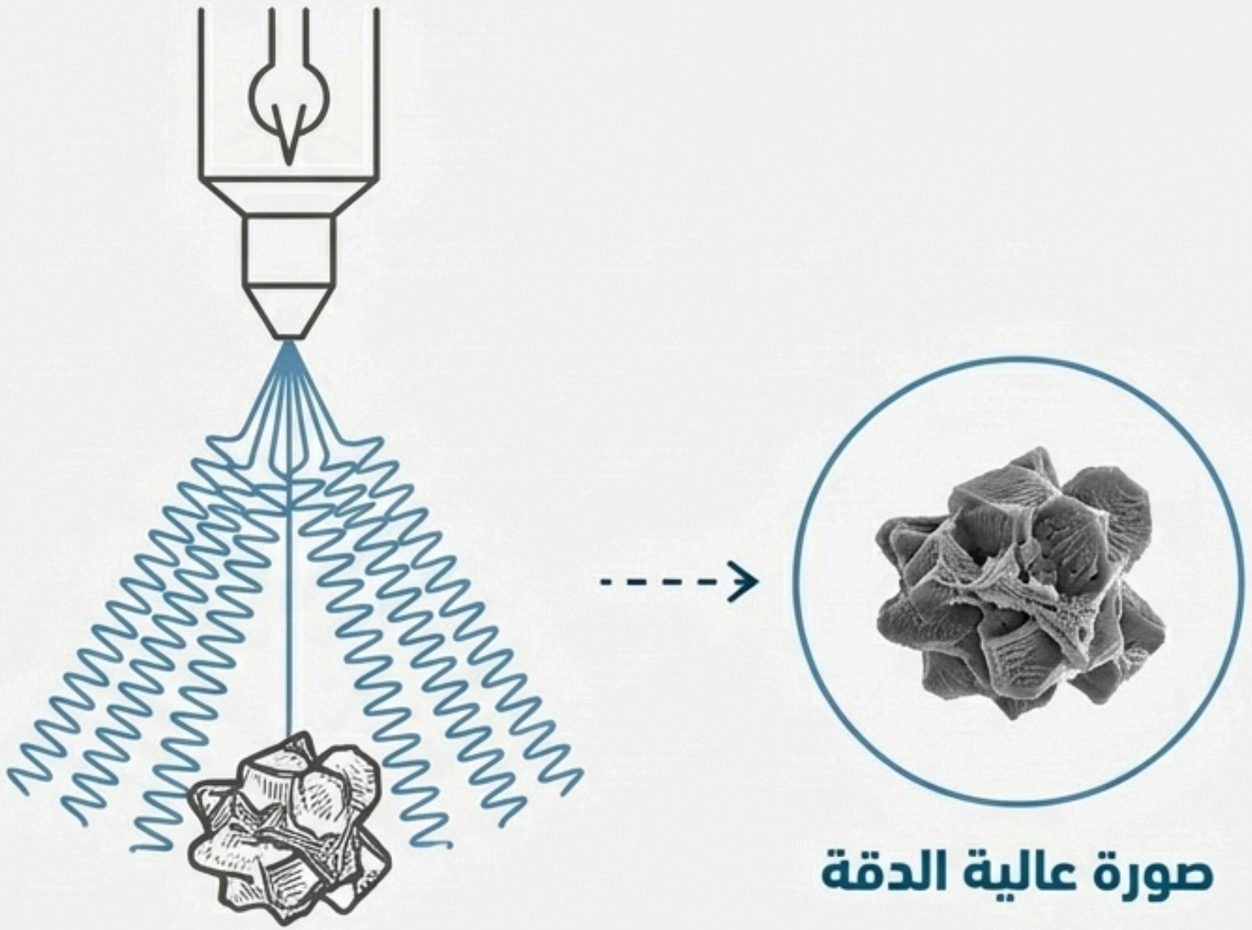
غير قابل للتمييز

معامل الفيزياء

NotebookLM

الحل يكمن في الإلكترون.

للإلكترونات طول موجي أقصر بكثير من الضوء، مما يسمح لنا بتصوير هياكل أصغر بكثير من حد الانعراج.



صورة عالية الدقة

المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لا يستخدم الضوء، بل يسخّر شعاعًا دقيقًا من الإلكترونات لرسم خريطة تفصيلية لسطح العينة، كاشفاً عن تضاريس وعوالم كانت في طي المجهول.

معامل الفيزياء

NotebookLM

جولة إرشادية في مجهر FEI Serion: تشريح الأداة.

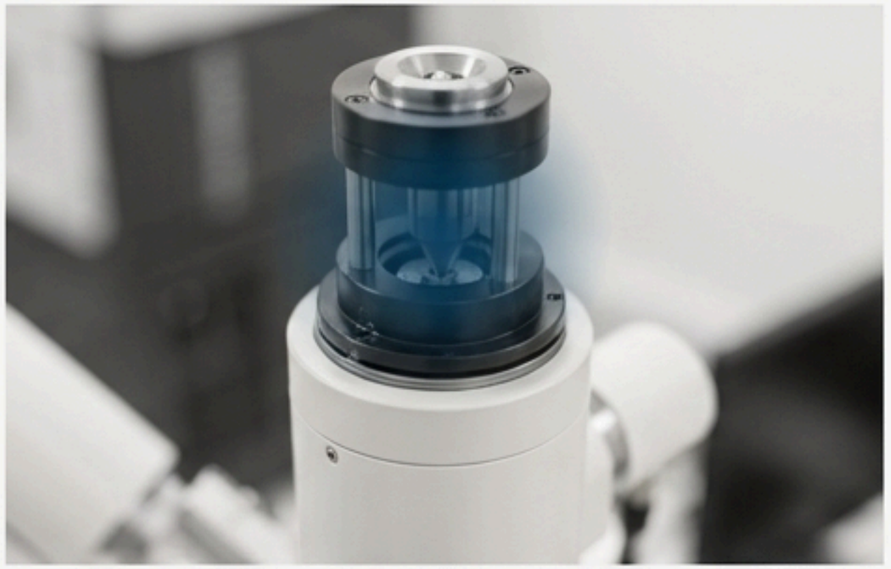
مرحباً بكم في جناح المجهرية الإلكترونية. لنتعرف على المكونات الرئيسية التي تعمل معًا لكشف العالم النانوي. سنستكشف أربعة أنظمة أساسية.

1. العمود (The Column)
2. الحجرة (The Chamber)
3. الطاولة (The Table)
4. وحدة التحكم (The Console)

معامل الفيزياء

NotebookLM

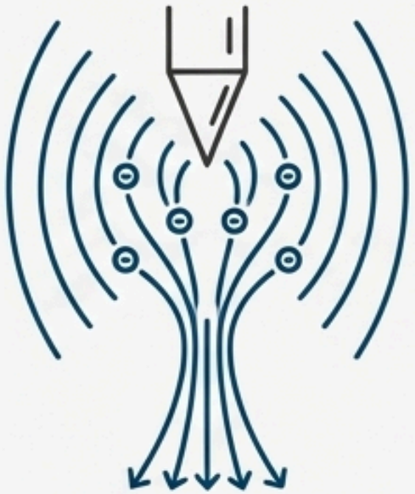
1. العمود: منبع شعاع الإلكترونات.



الجزء الأول: المدفع الإلكتروني (The Electron Gun)

في قمة العمود يقع مصدر كل شيء. هذا المجهر من من نوع **الانبعاث المجالي**، مما يعني:

- **فتيلة تنجستن حادة جداً:** تعمل كمصدر للإلكترونات.
- **مجال إلكتروني قوي:** يُستخدم "لسحب" تيار من الإلكترونات من رأس الفتيلة.
- **تكوين الشعاع الأولي:** هذا التيار هو الشعاع الذي سيفحص العينة لاحقاً.



شعاع الإلكترونات

معامل الفيزياء

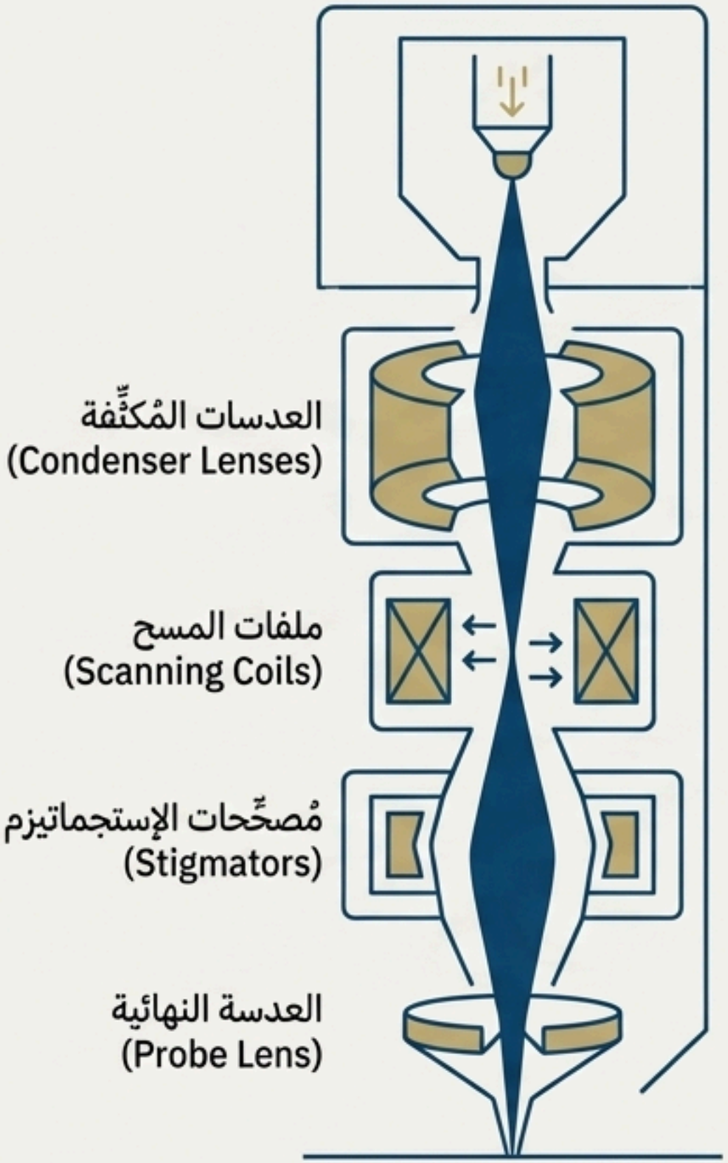
NotebookLM

1. العمود: تركيز وتوجيه الشعاع.

الجزء الثاني: مسار الشعاع (The Beam Path)

بعد توليد الشعاع، يجب التحكم فيه بدقة فائقة عبر سلسلة من المكونات الكهرومغناطيسية:

- **العدسات المُكثِّفة (Condenser Lenses):** لتركيز الشعاع.
- **ملفات المسح (Scanning Coils):** لتحريك الشعاع عبر سطح العينة.
- **مُصحِّحات الإستجماتيزم (Stigmators):** لضمان دائرية الشعاع بشكل مثالي.
- **العدسة النهائية (Probe Lens):** آخر مرحلة تركيز قبل أن يضرب الشعاع العينة.



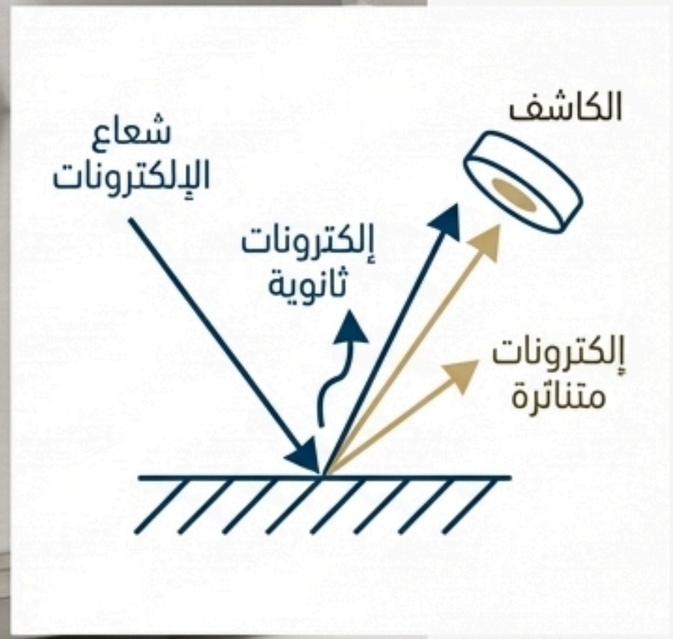
معامل الفيزياء

NotebookLM

2. الحجرة: مسرح التفاعل النانوي.

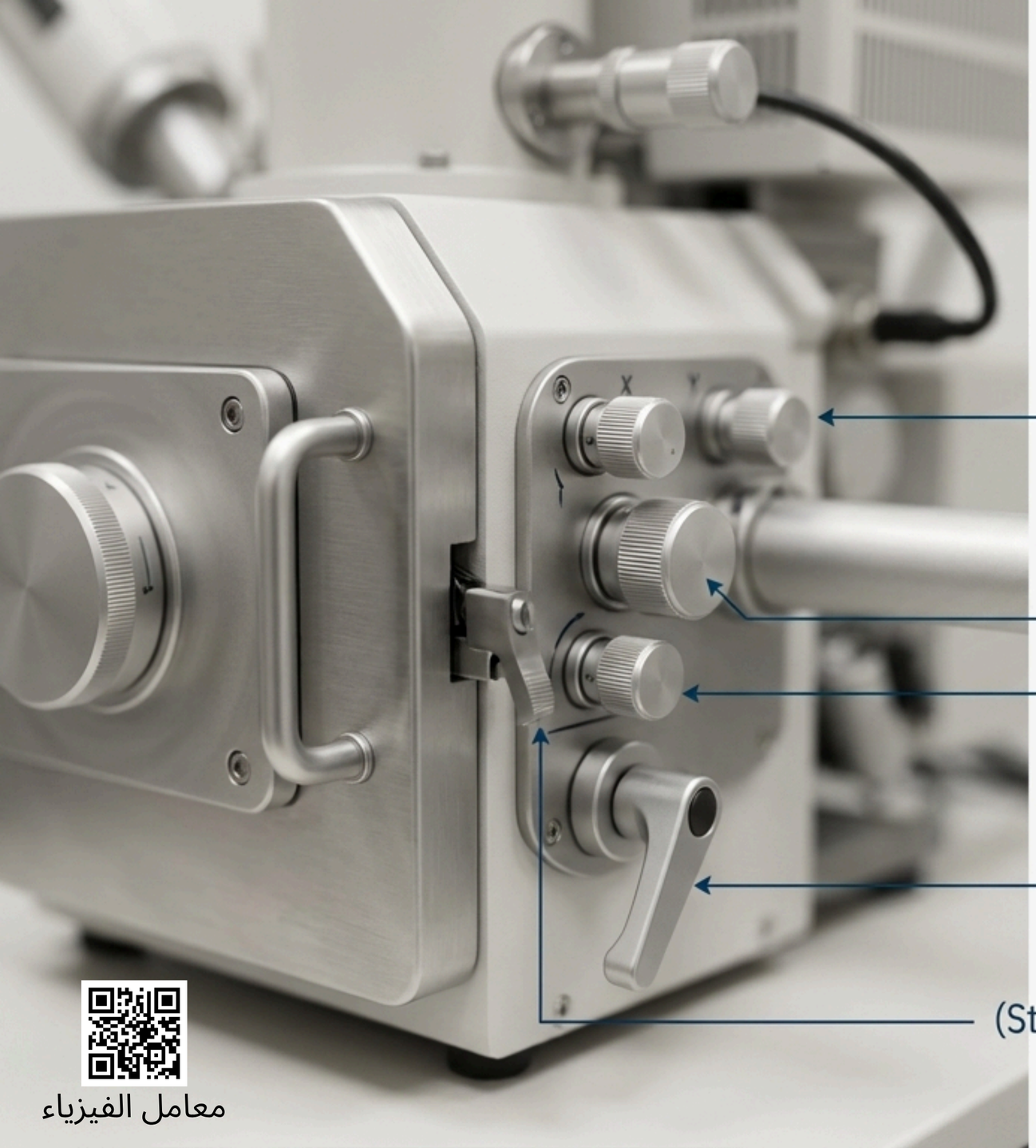
عندما يخرج الشعاع من العمود، يدخل إلى الحجرة. هنا هنا يحدث السحر:

* **اصطدام الشعاع بالعينة:** تمتص العينة طاقة الإلكترونات.
* **انبعاث إشارات جديدة:** نتيجة للتصادم، تُطلق العينة إشارات (إلكترونات ثانوية، إلكترونات متناثرة) نستخدمها لتكوين الصورة.
* **فراغ فائق (High Vacuum):** يجب تفريغ الحجرة من الهواء بالكامل. الضغط الداخلي يصل إلى 10^{-5} ملي بار لحماية الشعاع والعينة.
* **ميزة تصميمية:** باب الحجرة لا يحتوي على قفل بل يُغلق بإحكام بفضل قوة الفراغ الداخلي.



معامل الفيزياء

NotebookLM



التحكم في العينة: الدقة في كل محور.

تُثبّت العينة على "منصة" (Stage) قابلة للحركة الدقيقة. يتم التحكم بها بطريقتين:

التحكم الآلي (عبر البرنامج):

- 'X و Y': الحركة الأفقية.
- 'Z': الارتفاع (المسافة من العدسة).
- 'R': الدوران (Rotation).

التحكم اليدوي:

- **الإمالة (Tilt):** يمكن إمالة العينة يدوياً حتى 45 درجة باستخدام المقبض المخصص.
- **قفل المنصة** (Stage Lock)

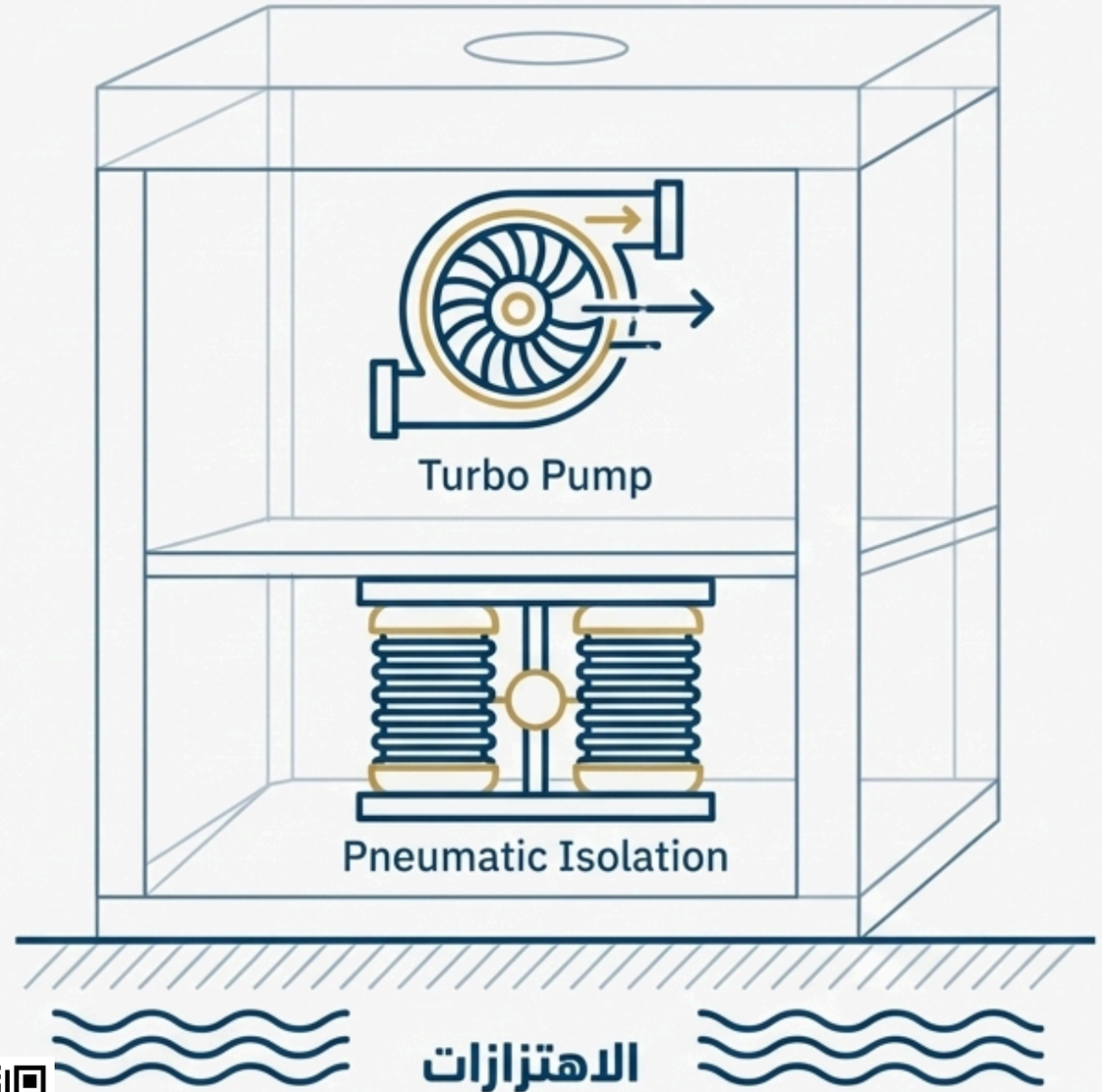
معامل الفيزياء

NotebookLM

3. الطاولة: الأساس الصامت.

الطاولة ليست مجرد حامل، بل هي نظام دعم متكامل يؤدي وظيفتين حيويتين:

- **ضخ الفراغ"**: تحتوي الطاولة على **"مضخة توربينية (Turbo Pump)**، وهي واحدة من مضختين تعملان معًا للوصول إلى ضغط الفراغ الفائق (10^{-5} مللي بار). المضخة الرئيسية توجد في غرفة مجاورة.
- **عزل الاهتزازات":** يوجد **نظام عزل هوائي** (Pneumatic Isolation) لامتصاص الاهتزازات الصوتية والميكانيكية (مثل خطوات الأقدام أو الحديث بصوت عالٍ). العمود بأكمله "يطفو" فعليًا على هذا هذا النظام لضمان صورة ثابتة تمامًا.



معامل الفيزياء

NotebookLM

4. وحدة التحكم: مركز القيادة الرقمي.

يتم تشغيل المجهر بالكامل من خلال نظام حاسوبي واحد وبرنامجين متخصصين على شاشتين:

- **الشاشة اليمنى: Microscope Control:** هذا هو البرنامج الرئيسي لجميع تعديلات المجهر: ضبط الشعاع، التركيز، السطوع، والتحكم في المنصة.
- **الشاشة اليسرى: Scandium:** هذه قاعدة بيانات لتخزين الصور الملتقطة. من هنا يتم تنظيم الصور وتصديرها للاستخدام الشخصي أو التحليل.

معامل الفيزياء

NotebookLM

من النظرية إلى التطبيق: تجهيز العينة للفحص.

فهم مكونات المجهر هو نصف المعركة. النصف الآخر هو إعداد عينة نظيفة ومستقرة.
البيئة عالية الفراغ حساسة للغاية، وأي ملوثات يمكن أن تدمر النتائج.
لنبدأ الخطوات العملية.

معامل الفيزياء

NotebookLM

الخطوة 1: مبدأ النظافة المطلقة.

1. ارتداء القفازات": يجب ارتداء قفازات الفينيل (Vinyl Gloves) دائمًا. زيوت الأصابع هي أحد أكبر الملوثات في بيئة الفراغ.

2. صندوق التجفيف (Desiccator): تُحفظ العينات في صندوق مجفف لمنع تكثف رطوبة الهواء على سطحها. الماء يمكن أن يتبخر بعنف في الفراغ.

3. الملقط (Tweezers): تُمسك العينات دائمًا بالملقط. لا تلمس السطح الفعال للعينة أبدًا، فقد يتسبب ذلك في تلف الطبقة الرقيقة المراد فحصها.
امسكها من الأخدود الجانبي المخصص.

معامل الفيزياء

NotebookLM

الخطوة 2: تحميل العينات على الحامل.

- **حامل العينات الرباعي (Four-Stub Adapter):** لزيادة الكفاءة، نستخدم حاملاً يسمح بفحص ما يصل إلى أربع أربع عينات في جلسة واحدة دون الحاجة لتفريغ الحجرة الحجرة وإعادة ضخها.
- **تثبيت العينة:** يتم فك مسمار التثبيت الجانبي بمفتاح ألين (Allen Key)، توضع العينة، ثم يتم ربط المسمار لتأمينها.
- **العينات المستخدمة اليوم:**
  - جسيمات الذهب النانوية على الكربون (Gold Nanoparticles on Carbon): تباينها العالي يجعلها مثالية لاختبار دقة المجهر.
  - كرات القصدير (Tin Spheres).
- **أهمية الترتيب:** من الجيد وضع العينات دائمًا في نفس الاتجاه (مثلاً، عينة الذهب في الأعلى، والقصدير إلى اليمين). هذا يمنع الضياع عند التصفح داخل الحجرة.

معامل الفيزياء

NotebookLM

الخطوة 3: اللمسة الأخيرة قبل الإدخال.

قبل إدخال الحامل في الحجرة، نقوم بتنظيف نهائي لإزالة أي غبار أو جزيئات عالقة استقرت على السطح.

- **غاز النيتروجين فائق النقاء (Ultra-High Purity Nitrogen):** يتم توجيه تيار لطيف من غاز النيتروجين من مسدس هواء مخصص على سطح العينات.
- **الهدف:** إزالة أي بقايا سائبة يمكن أن تتداخل تتداخل مع الصورة أو تلوث نظام الفراغ.

معامل الفيزياء

NotebookLM

الآن، أنتم على استعداد لاستكشاف العالم النانوي.
لقد تجاوزنا حدود الضوء، وتجولّنا في تشريح المجهر الإلكتروني، وأتقننا خطوات لإعداد الدقيقة. من المِدفع الإلكتروني في قمة العمود إلى تيار النيتروجين المنُظّف، كل جزء وكل خطوة هي جزء من رحلة نحو الكشف عن التفاصيل الخفية التي تشكل عالمنا.
معامل الفيزياء
NotebookLM

دليل تشغيل المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

من العينة إلى الشعاع: الإعداد الدقيق للتصوير عالي الدقة

معامل الفيزياء

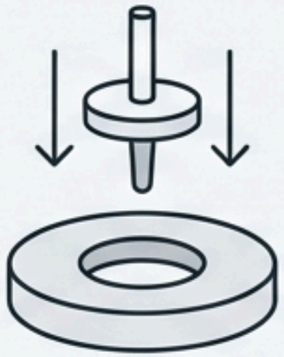
NotebookLM

المهمة: أربع مراحل لإعداد العينة بنجاح

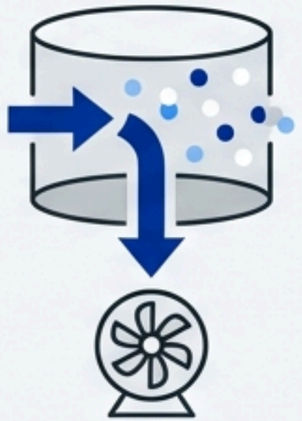
يتطلب تشغيل المجهر الإلكتروني الماسح دقة ومنهجية. سنقوم بتقسيم العملية إلى أربع مراحل رئيسية، تضمن كل منها انتقال العينة بأمان من البيئة العادية إلى بيئة التفريغ العالي، وتهيئتها للتصوير الأمثل.

1 الوصول إلى الحجرة

2 تثبيت العينة



3 تأمين البيئة



4 تهيئة النظام

معامل الفيزياء

NotebookLM

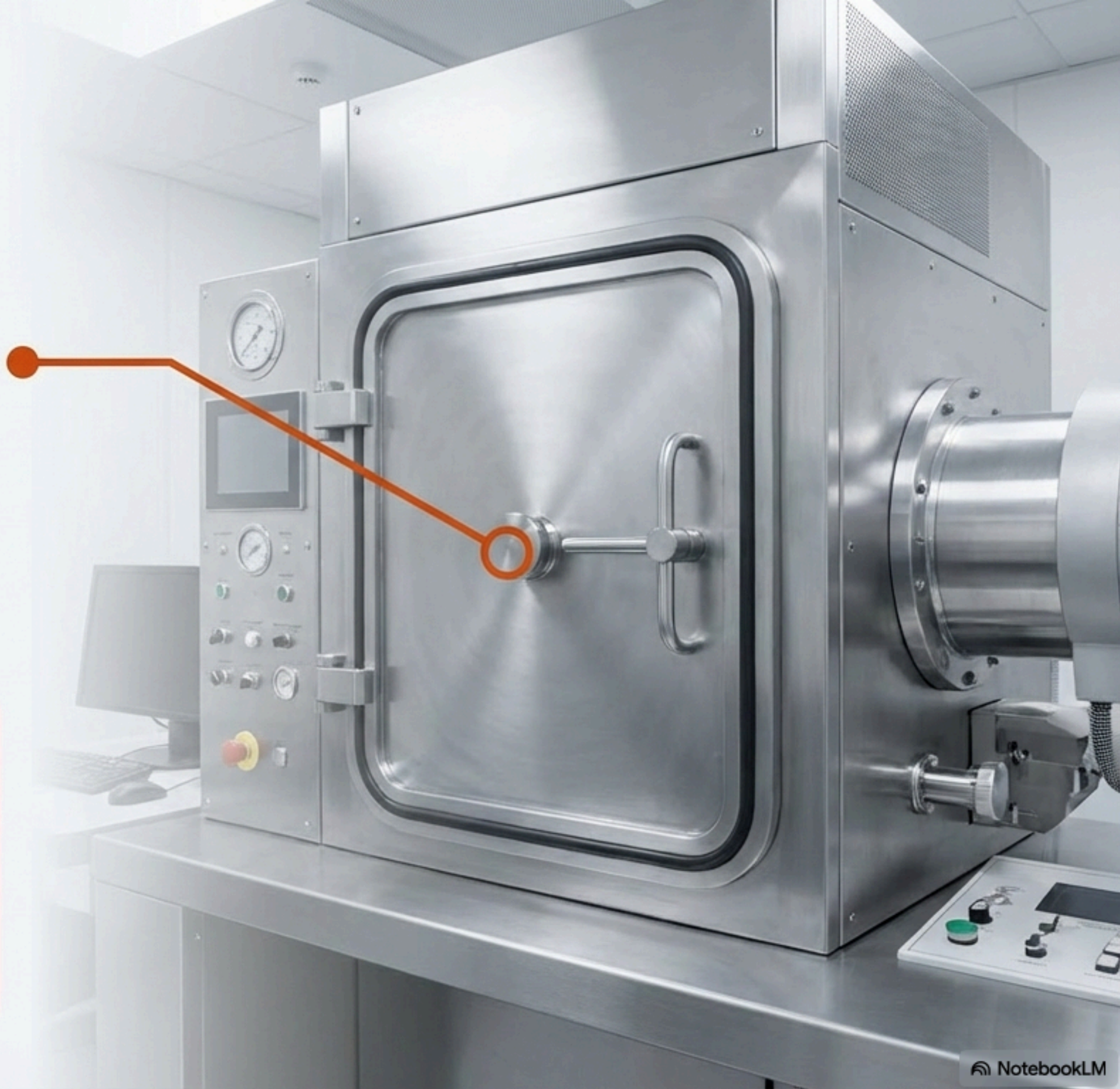
المرحلة الأولى: الوصول إلى الحجرة

اختراق بيئة التفريغ العالي المتحكم بها

تكون حجرة العينات في حالة تفريغ عالٍ لمنع تشتت شعاع الإلكترونات. خطوتنا الأولى هي معادلة الضغط للسماح بفتح الباب بأمان.

تحذير: منطقة خالية من الاهتزازات

تجنب استخدام طاولة المجهر كسطح عمل. الاهتزازات الناتجة عن وضع أي أجسام يمكن أن تنتقل مباشرة إلى العينة وتؤثر على جودة الصورة.



معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الأولى: الوصول إلى الحجرة

الخطوة 1: فك ضغط الحجرة لبدء العملية

1. **تأكيد حالة التفريغ:** تحقق من أن الباب مغلق بإحكام بفعل التفريغ. السحب الخفيف سيؤكد أنه لا يفتح.
2. **إيقاف المضخة:** من خلال البرنامج، قم بإيقاف عمل المضخة. ستبدأ الحجرة بالامتلاء بغاز النيتروجين الخامل.
3. **انتظر دقيقتين:** تستغرق عملية معادلة الضغط حوالي دقيقتين. لا يوجد مؤشر مرئي، لذا يجب مراقبة الوقت.
4. **افتح الباب برفق:** بعد انقضاء الوقت، افتح الباب بسلاسة حتى يصل إلى نقطة التوقف.

تحذير: لا تستخدم القوة مطلقاً

سحب الباب بقوة ضد التفريغ يمكن أن يؤدي إلى إزاحة عمود المجهر بأكمله وإلحاق الضرر به.

معامل الفيزياء
NotebookLM

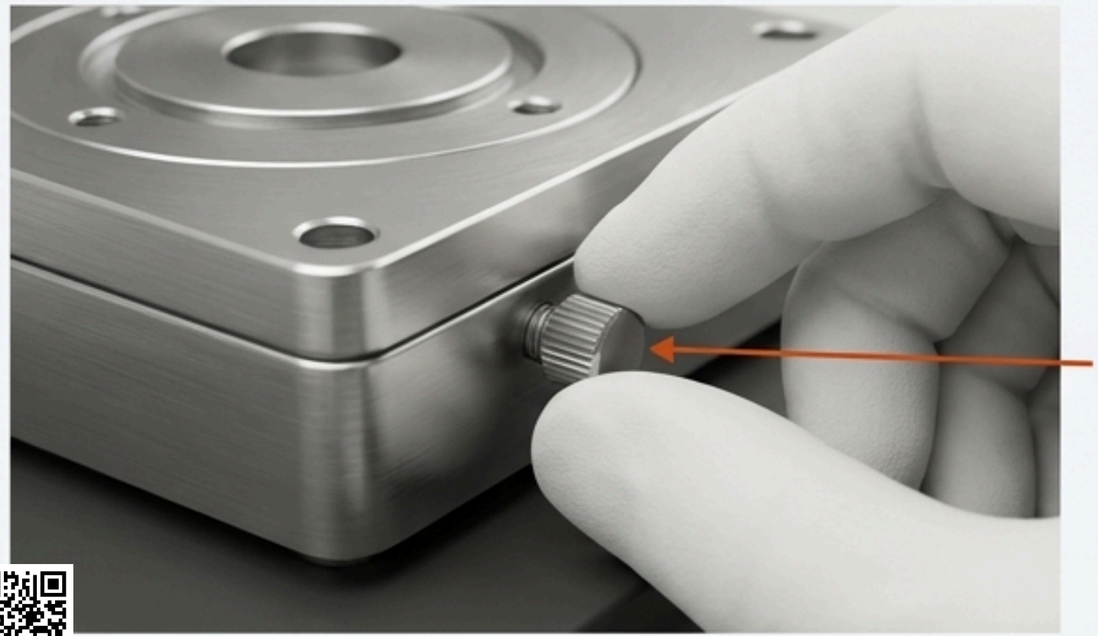
المرحلة الثانية: تثبيت العينة وتأريضها

وضع الأساس للتصوير المستقر والخالي من الشحنات

التثبيت الصحيح للعينة يخدم غرضين أساسيين: منع أي **اهتزاز** أثناء المسح، وتوفير مسار لتفريغ الشحنة **الكهربائية** الناتجة عن شعاع الإلكترونات.

معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الثانية: تثبيت العينة وتأريضها



الخطوة 2: تركيب العينة بإحكام وتأمين الدائرة الأرضية

1. **ضع حامل العينة:** أدخل دبوس حامل العينة في الفتحة المخصصة على المنصة.
2. **أحكم ربط برغي التثبيت:** استخدم أصابعك لشد برغي التثبيت الجانبي. يجب أن يكون الربط محكماً ولكن ليس مفرطاً.

المبدأ: وظيفة مزدوجة

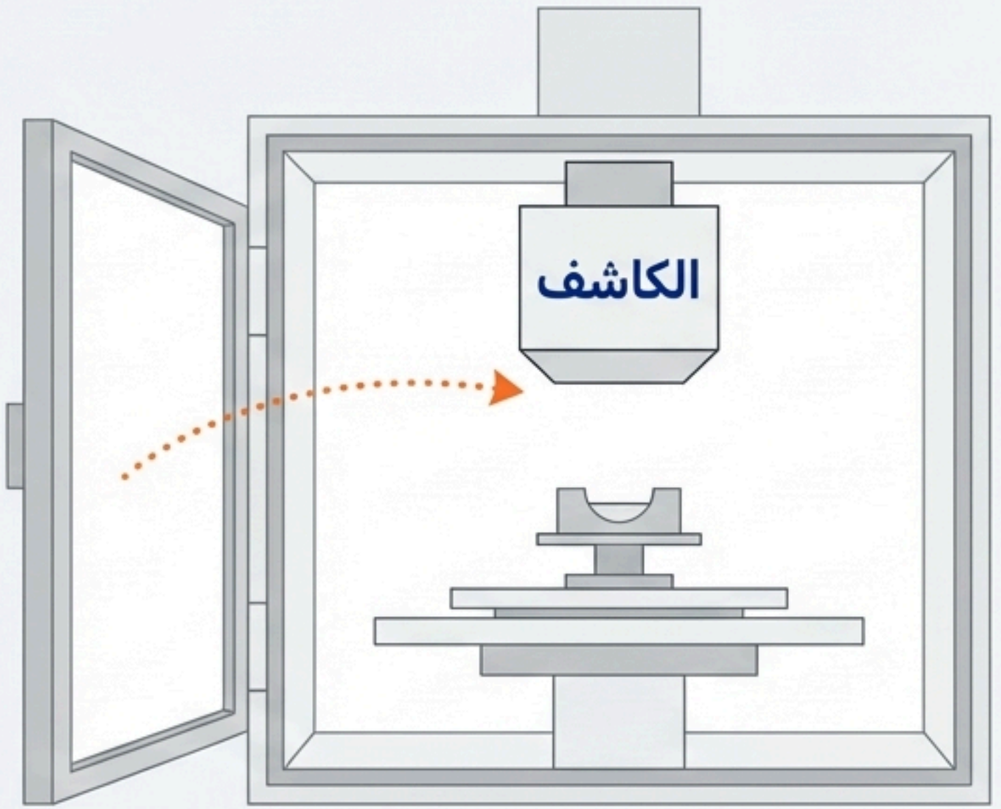
برغي التثبيت لا يمنع اهتزاز العينة فحسب، بل يكمل أيضاً الدائرة الكهربائية الأرضية، وهو أمر حيوي لتبديد الشحنات.

معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الثالثة: تأمين البيئة وإعادة التفريغ

الاستعداد للعودة إلى حالة التفريغ العالي

قبل إعادة التفريغ، يجب التأكد من أن ارتفاع العينة لن يتسبب في اصطدامها الستجائب في اصطدامها بالكاشف الحساس الموجود فوقمها. هذه خطوة فحص حاسمة لا يمكن إغفالها.



معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الثالثة: تأمين البيئة وإعادة التفريغ

الخطوة 3: التحقق من الارتفاع باستخدام مقياس الخلوص

1. **ضع المقياس:** ضع مقياس الخلوص (المعروف بـ 'أذن الفيل') على المنصة بجوار العينة.
2. **تحقق من الخلوص:** تأكد من أن أعلى نقطة في عينتك تقع أسفل علامة الـ 5 ملم على المقياس.
المقياس.
3. **التصرف إذا لزم الأمر:** أي عينة تتجاوز هذا الارتفاع تعتبر طويلة جداً ويجب إعادة تركيبها قبل المتابعة.
4. **إزالة المقياس:** لا تنس إزالة المقياس من الحجرة قبل إغلاق الباب.

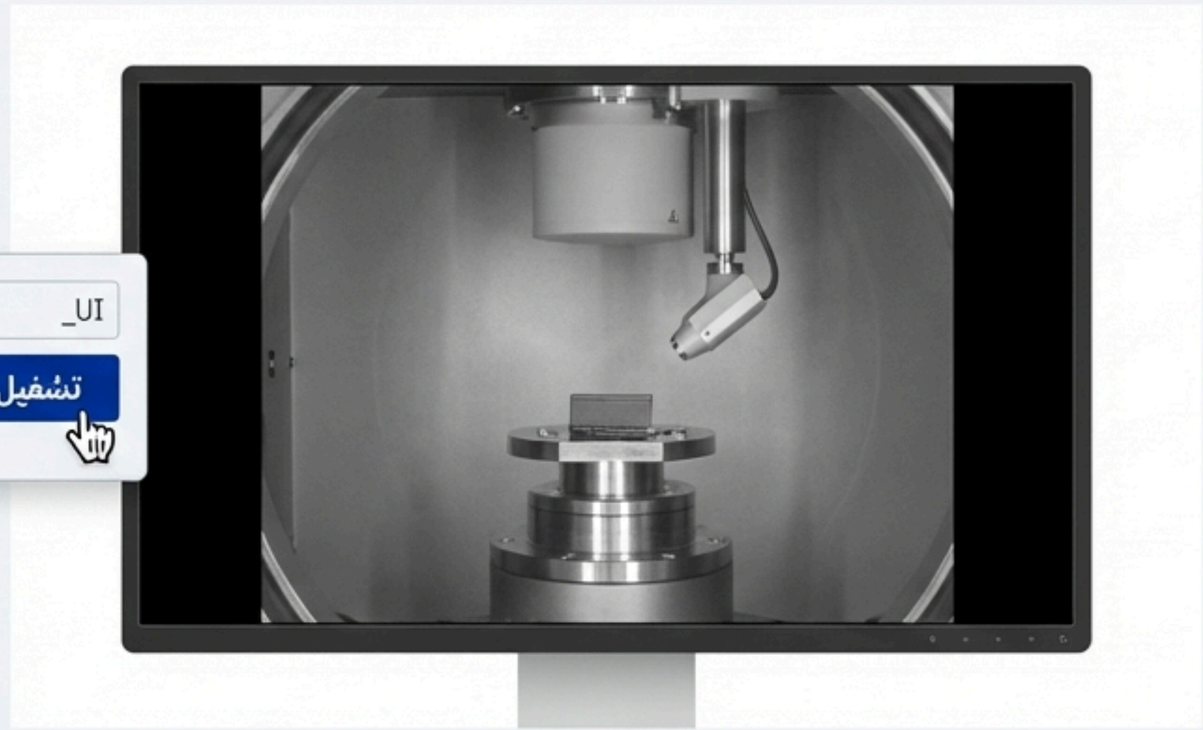
معامل الفيزياء

NotebookLM

المرحلة الثالثة: تأمين البيئة وإعادة التفريغ

الخطوة 4: إغلاق الحجرة وبدء عملية التفريغ

1. **المراقبة والإغلاق:** ادفع باب الحجرة لإغلاقه ببطء، مع مراقبة شاشة كاميرا CCD للتأكد من أن العينة تنزلق بأمان تحت الكاشف.
2. **ثبّت وأعد التشغيل:** بمجرد إغلاق الباب، استمر في الضغط عليه بيد واحدة وقم بإعادة تشغيل المضخة من خلال البرنامج.
3. **انتظر دقيقتين:** يستغرق الوصول إلى التفريغ المطلوب حوالي دقيقتين.



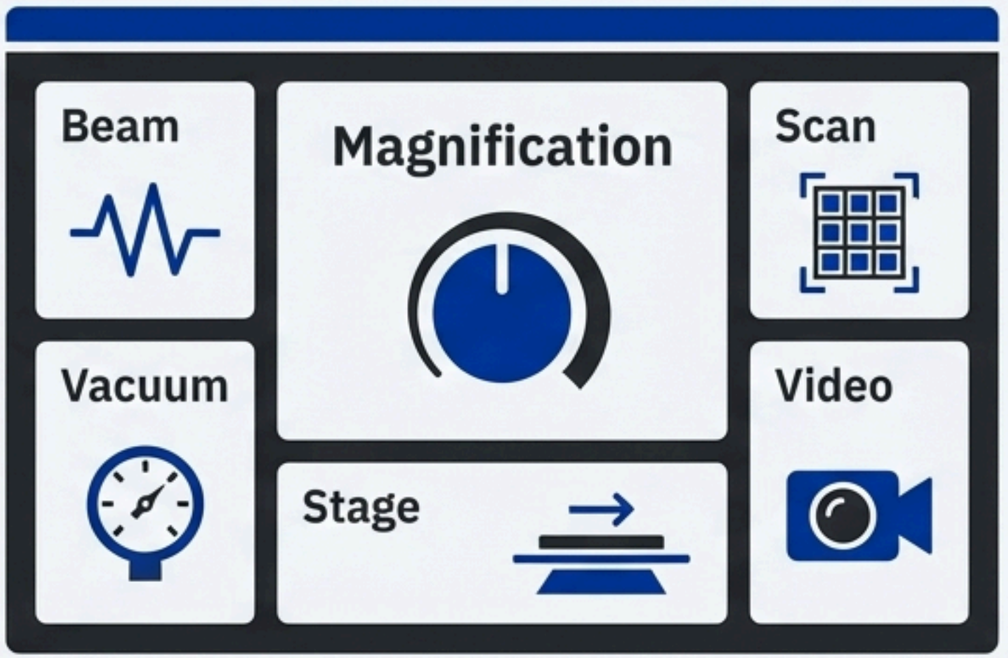
معامل الفيزياء

NotebookLM

المرحلة الرابعة: تهيئة النظام وإطلاق الشعاع

ضبط متغيرات التصوير أثناء استعادة التفريغ

يمكن استغلال فترة انتظار وصول الحجرة إلى التفريغ المطلوب بفعالية من خلال ضبط إعدادات المجهر الأولية. سنقوم بتوسيط العينة وتحديد شروط الشعاع الإلكتروني.



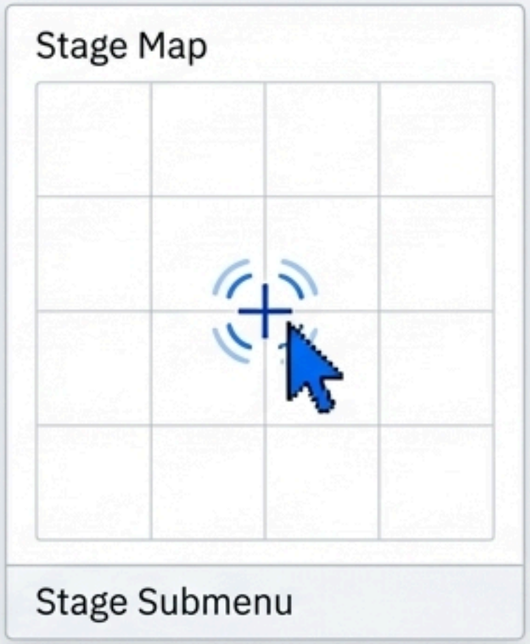
معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الرابعة: تهيئة النظام وإطلاق الشعاع

الخطوة 5: توسيط العينة وضبط جهد التسريع

جهد التسريع

- النطاق: 0.5 كيلو فولت إلى 30 كيلو فولت.
- المفاضلة: الجهد المنخفض أفضل للعينات الحساسة (مثل العينات البيولوجية). الجهد العالي يوفر دقة تحليل أفضل.
- مثال: سنضبطه على 30 كيلو فولت للعينة القياسية الموصلة جيداً.



توسيط العينة

- افتح قائمة المنصة (Stage Submenu).
- انقر نقراً مزدوجاً على مركز التقاطع في الخريطة. الخريطة
- شاهد العينة تتحرك إلى المركز على شاشة كاميرا CCD.

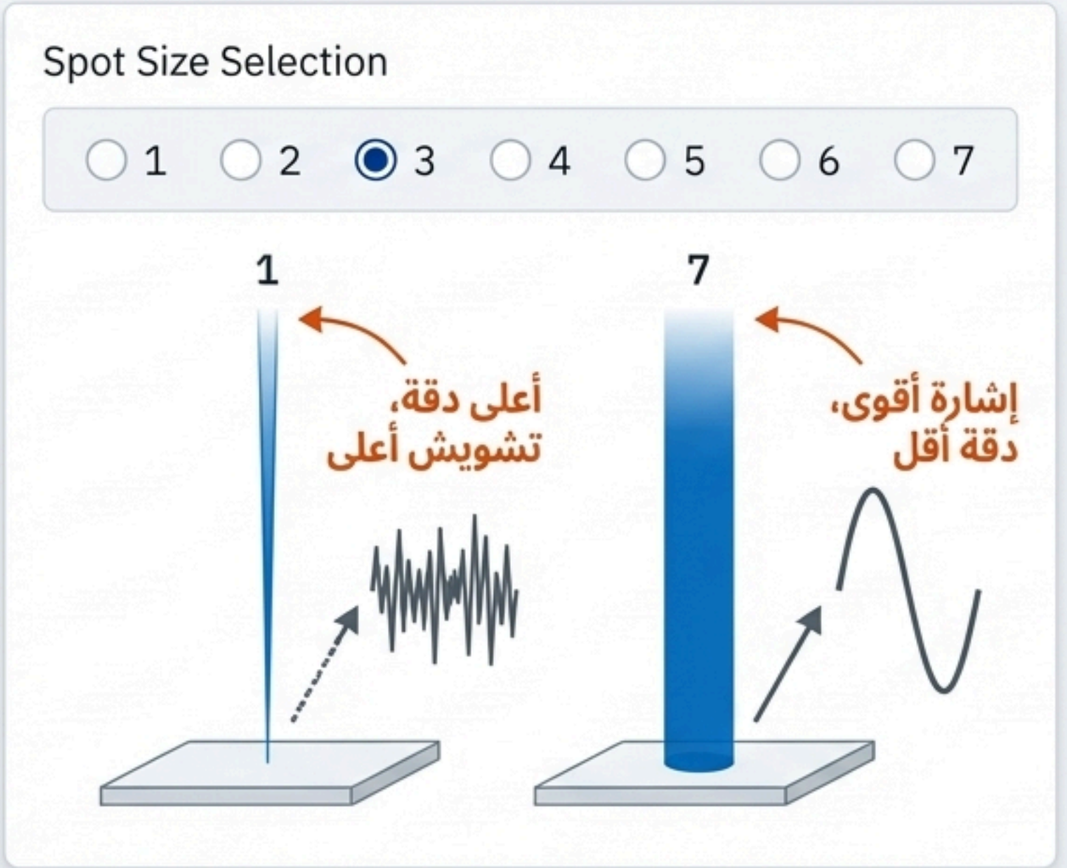
معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الرابعة: تهيئة النظام وإطلاق الشعاع

الخطوة 6: تحديد حجم البقعة وتحقيق التوازن بين الدقة والإشارة

حجم البقعة (Spot Size)

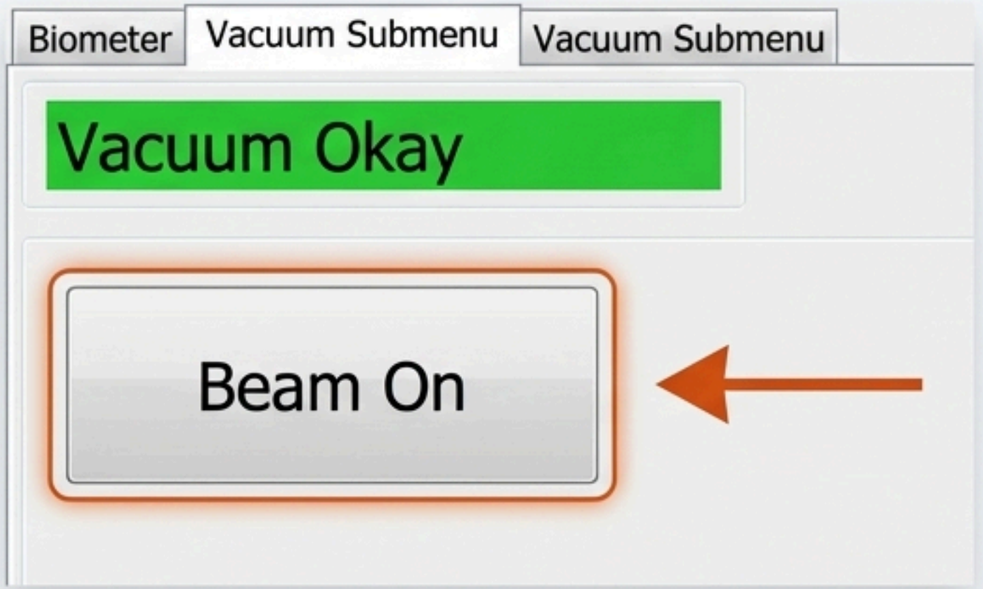
- **النطاق:** من 1 (الأصغر) إلى 7 (الأكبر).
- **المفاضلة:**
  - **حجم 1:** أصغر قطر للشعاع، يوفر أعلى دقة تحليل ولكنه يحتوي على تيار أقل، مما ينتج عنه تشويش أعلى (نسبة إشارة إلى ضوضاء منخفضة).
  - **حجم 7:** أكبر قطر للشعاع، يوفر تياراً أعلى (إشارة أقوى) ولكن بدقة تحليل أقل.



معامل الفيزياء
NotebookLM

المرحلة الرابعة: تهيئة النظام وإطلاق الشعاع

الخطوة الأخيرة: إطلاق الشعاع الإلكتروني



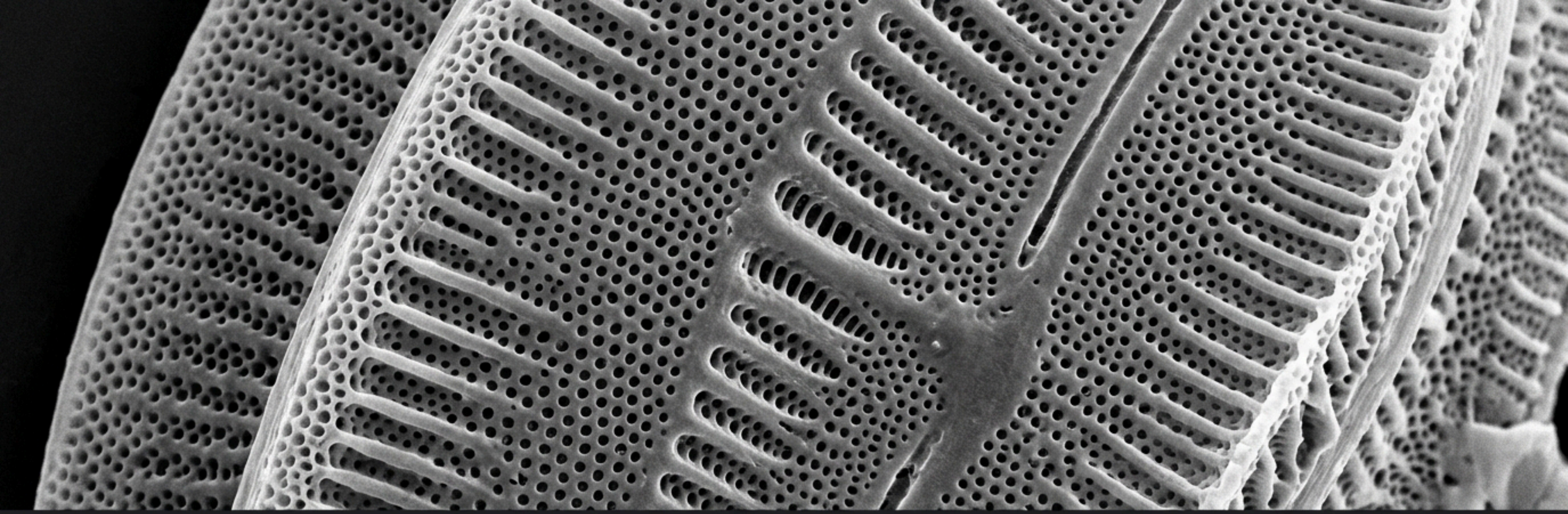
1. **التحقق النهائي من التفريغ:** في قائمة التفريغ (Submenu)، تأكد من أن رسالة الحالة تعرض 'Vacuum Okay'.
2. **إطلاق الشعاع:** انقر على زر تشغيل الشعاع (Beam On).
3. **التأكيد السمعي:** ستسمع صوت فتح صمام العمود، مما يشير إلى أن الشعاع الإلكتروني يتجه الآن نحو العينة.

المبدأ: حماية نظام التفريغ الفائق

يوجد فرق هائل في الضغط بين حجرة العينات (حوالي 4×10^{-10} ملي بار) والعمود العلوي الذي يحوي مدفع الإلكترونات (يصل إلى 10^{-10} ملي بار). رسالة 'Vacuum Okay' تضمن أن الضغط في الحجرة منخفض بما يكفي لفتح الصمام دون التسبب في انهيار تفريغ العمود العلوي.

معامل الفيزياء
NotebookLM

معامل الفيزياء
NotebookLM



إتقان المجهر الإلكتروني الماسح: فن معايرة المحور Z

إتقان المجهر الإلكتروني الماسح: فن معايرة المحور Z ومسافة العمل

دليل مرجعي لتحقيق أقصى درجات الدقة والوضوح في الصور المجهرية

معامل الفيزياء

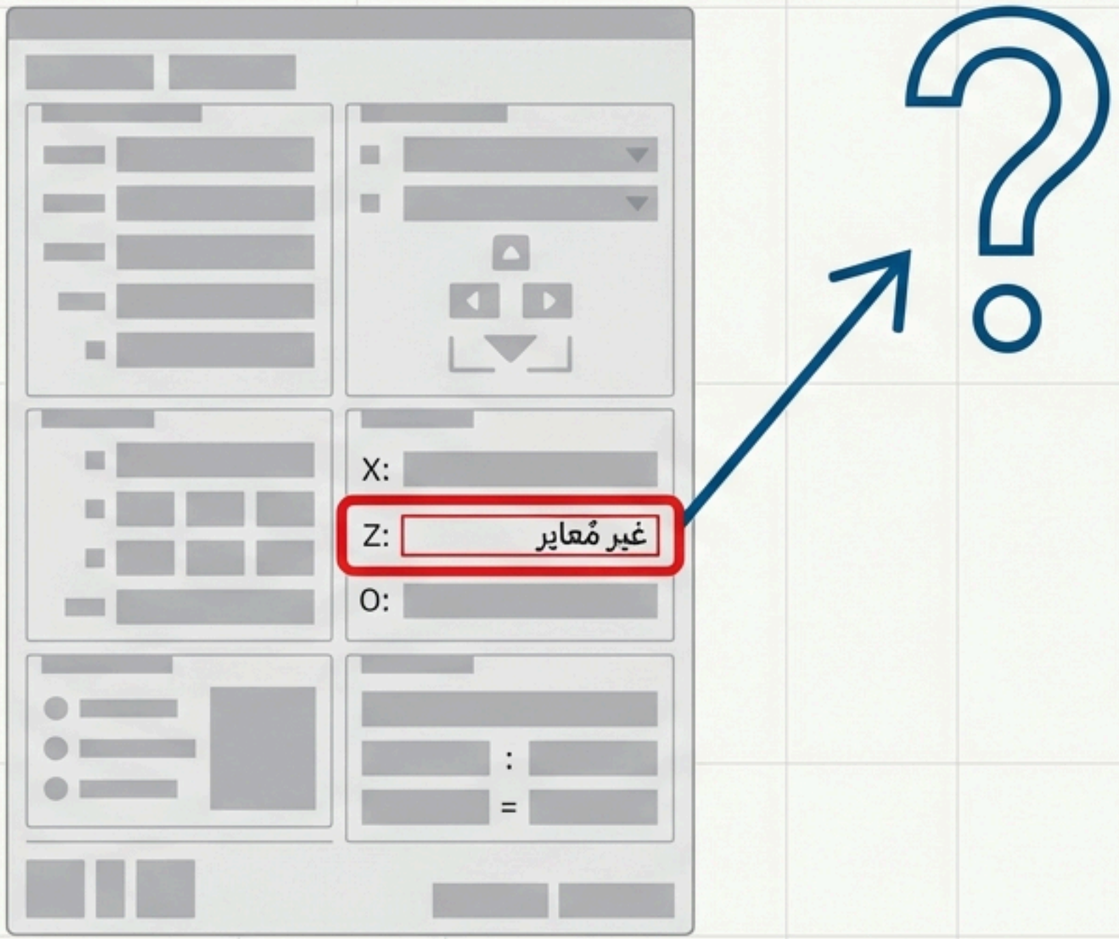
NotebookLM

نقطة البداية: المجهر لا يعرف ارتفاع عينتك

عند بدء تشغيل الشعاع الإلكتروني، لا يملك الحاسوب أي بيانات عن ارتفاع العينة.
هذا يخلق حالتين:

- **خطر التصادم المحتمل:** لا يمكن تحريك العينة بأمان نحو كاشف القطب.

- **صور غير مثالية:** من المستحيل الحصول على صورة عالية الدقة بدون مسافة عمل صحيحة.



معامل الفيزياء

NotebookLM

الهدف: تحقيق 'مسافة العمل' المثالية

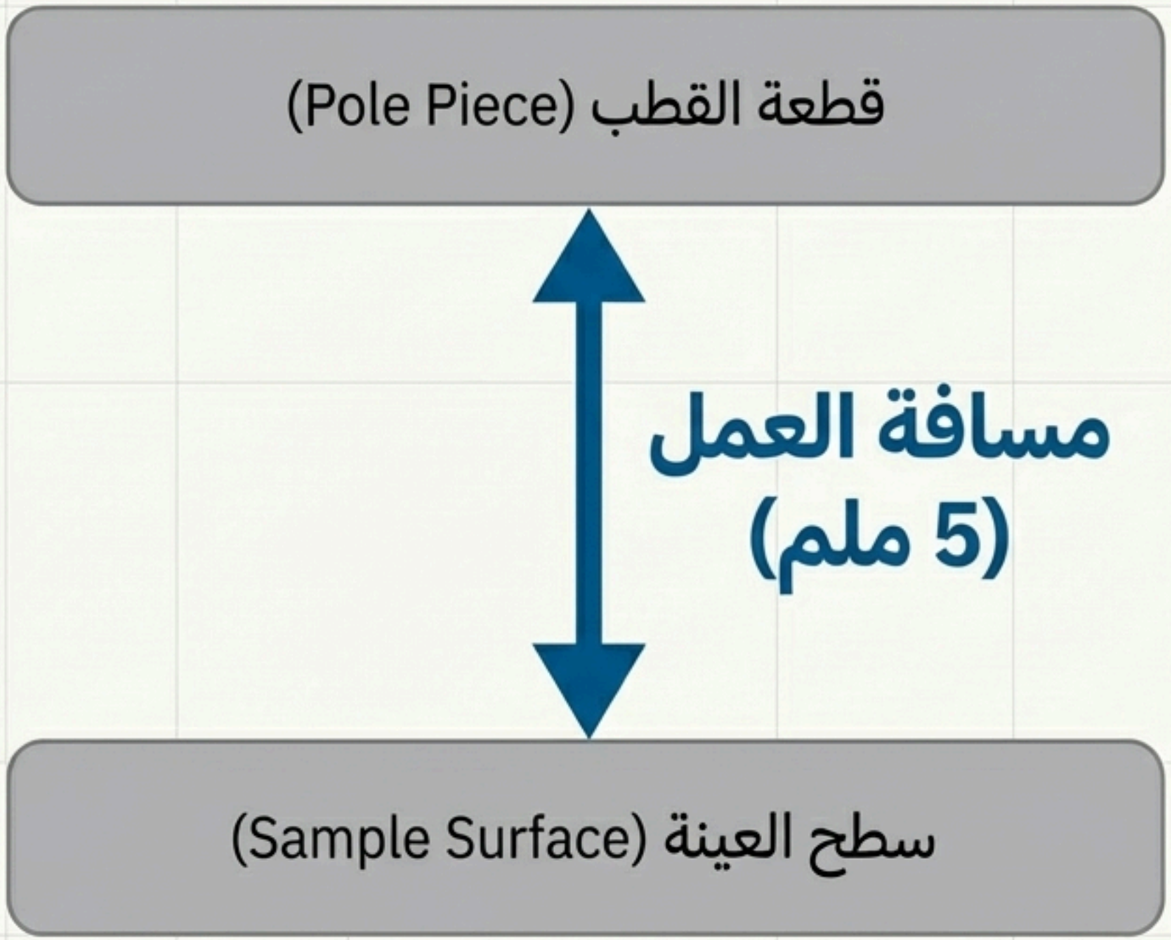
مفهوم أساسي

ما هي مسافة العمل (Working Distance)؟

هي المسافة الدقيقة بين قطعة القطب (piece pole) وسطح العينة عندما يكون الشعاع الإلكتروني في بؤرة التركيز.

لماذا هذا مهم؟

كلما كانت مسافة العمل أقصر، قل تشتت الشعاع، مما ينتج عنه صورة أكثر حدة وتفصيلاً.
هدفنا هو الوصول إلى 5 ملم.



معامل الفيزياء

NotebookLM

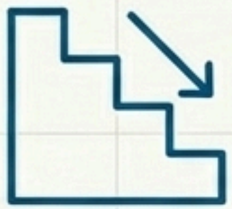
رحلتنا إلى 5 ملم: استراتيجية" من ثلاث مراحل

1

المرحلة الأولى: المعايرة المبدئية

الحصول على أول قياس حقيقي للمسافة وتأكيد ارتفاع العينة.

2



المرحلة الثانية: التحسين التدريجي

تقليل المسافة بشكل آمن على خطوات مدروسة لتجنب أي ضرر.

3

المرحلة الثالثة: الضبط النهائي

الوصول إلى مسافة العمل النهائية وإجراء آخر معايرة دقيقة.

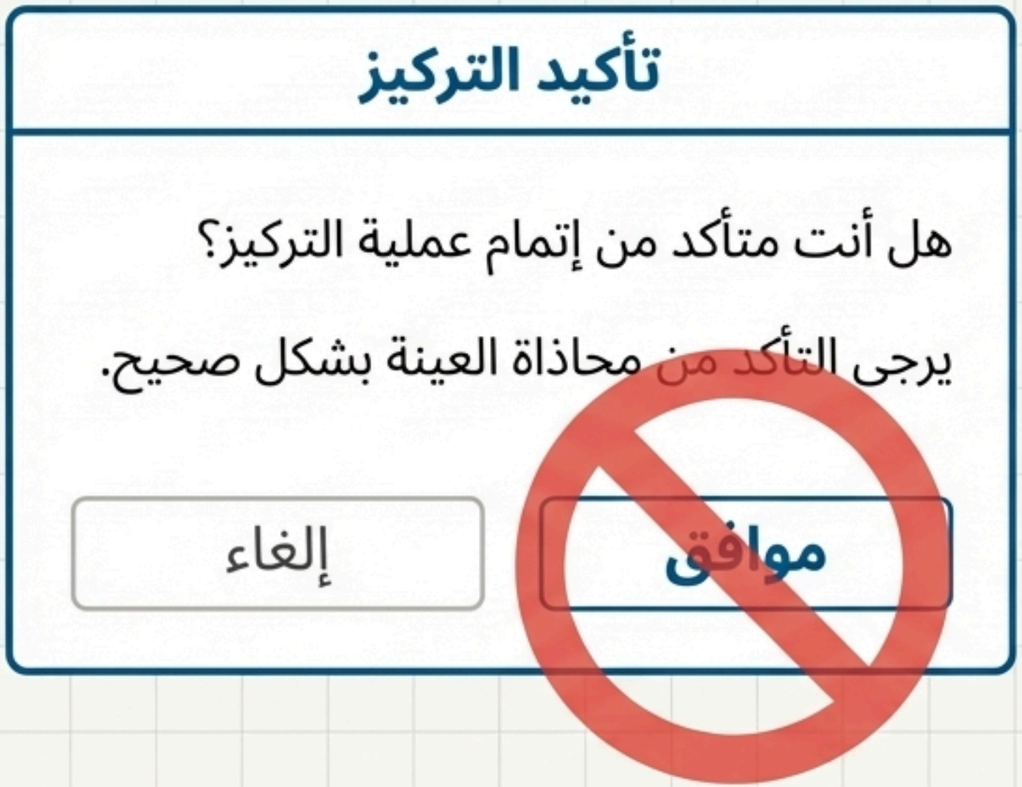
معامل الفيزياء

NotebookLM

المرحلة الأولى: القياس الأول يبدأ هنا

عند تشغيل الشعاع، ستظهر نافذة "تأكيد التركيز" (Confirm Focus).

لا تضغط "موافق" (OK) بعد.
هذه الخطوة تأتي فقط بعد أن تكون العينة في تركيز بؤري تام عند تكبير يزيد عن 2000x.



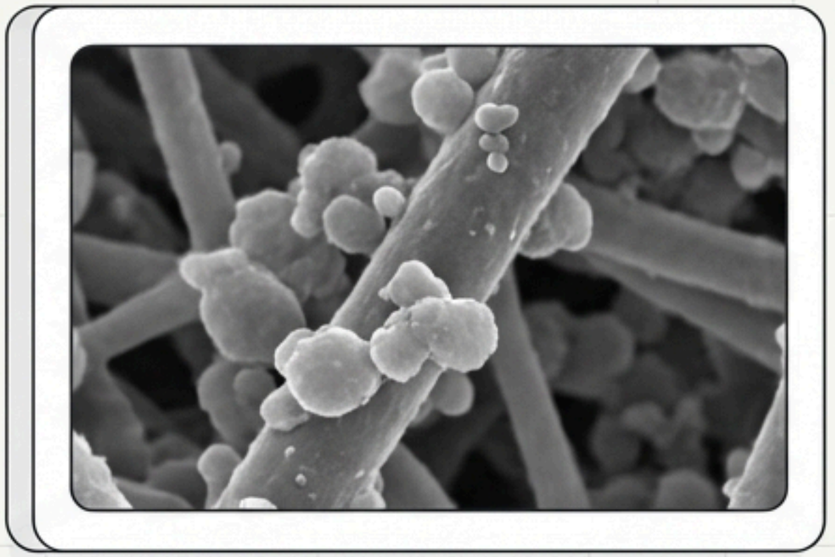
معامل الفيزياء

NotebookLM

مفهوم أساسي: اختيار معدل المسح المناسب

يوفر المجهر معدلات مسح مختلفة، لكل منها استخدام مثالي.

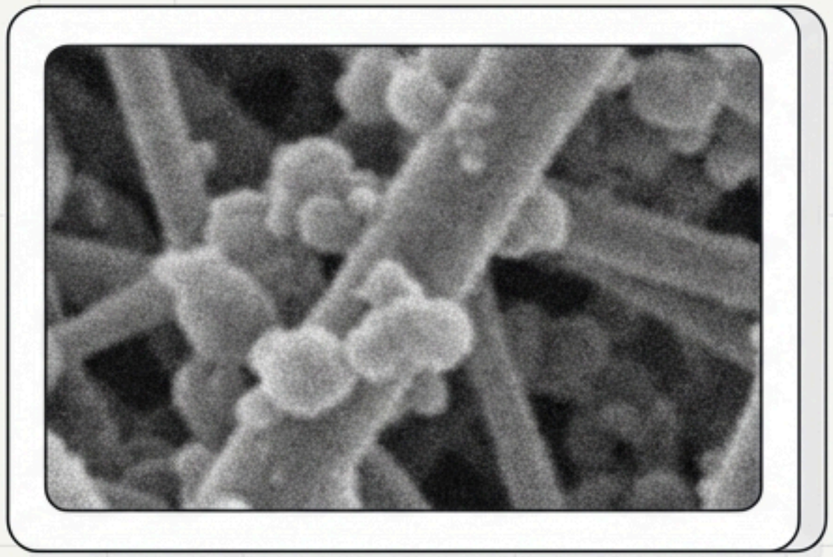
المسح البطيء - Slow Scan



ضروري للتركيز الدقيق لأنه يزيل الضوضاء ويكشف التفاصيل.

تحديث بطيء للشاشة.

معدل TV (سريع) - TV Rate (Fast)



مثالي للتنقل وتحريك العينة بسبب التحديث السريع للشاشة.

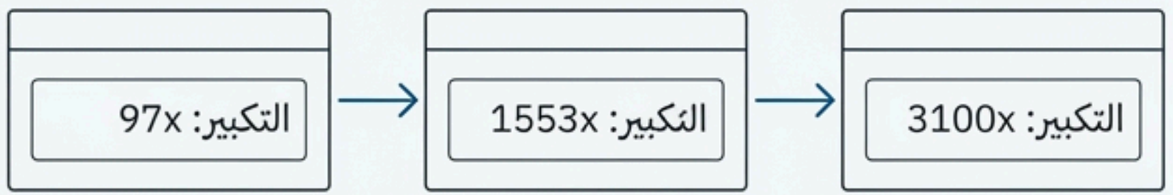
ضوضاء عالية في الإشارة، دقة منخفضة.

معامل الفيزياء

NotebookLM

الوصول إلى التكبير المطلوب المطلوب: خطوة نحو الدقة

1. ابدأ بمعدل مسح سريع (TV) لتحديد منطقة واضحة على العينة (مثل عينة الكربون الذهبية). الذهبية).
2. زد التكبير تدريجياً. كل ضغطة على زر '+' في لوحة الأرقام تضاعف التكبير.
3. قم بإعادة التركيز بعد كل زيادة في التكبير.
4. الهدف: تجاوز 2000x. في مثالنا، وصلنا إلى **3100x** للحصول على أفضل تركيز.



NotebookLM

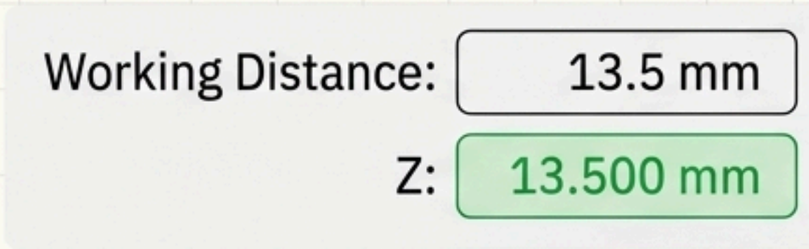
لحظة المعايرة: تحويل مسافة في العمل إلى ارتفاع Z

✓ أنت الآن عند تكبير > 2000x.

✓ الصورة في تركيز بؤري حاد.

قبل

بعد



الإجراء:

هذا هو الوقت المناسب للضغط على "موافق" (OK) في نافذة "تأكيد التركيز".

النتيجة:

الآن، يعرض حقل "مسافة العمل" (Working Distance) القراءة الدقيقة للمسافة.

في هذا المثال: **13.5 ملم.**

معامل الفيزياء

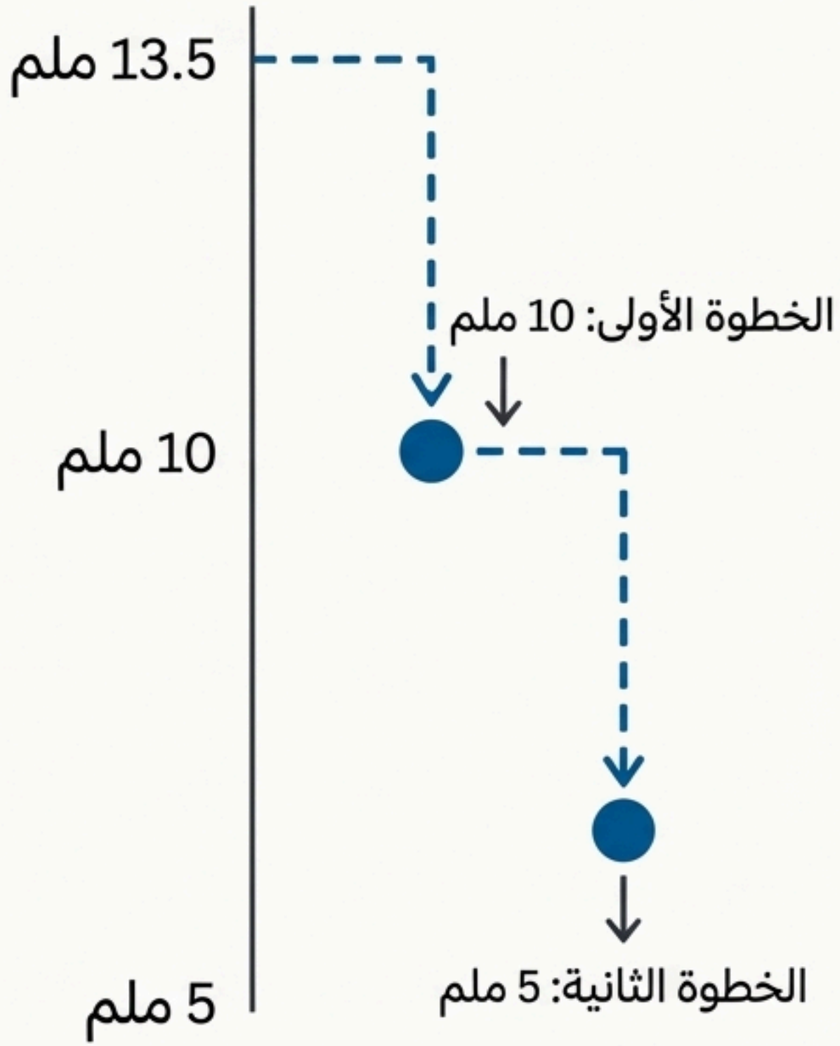
NotebookLM

المرحلة الثانية: الاقتراب الآمن نحو ه الهدف

هدفنا النهائي هو 5 ملم، ولكن الانتقال المباشر من 13.5 ملم قد يكون محفوفًا بالمخاطر.

كإجراء وقائي، سنقوم بتقليل المسافة على مرحلتين:

1. **الخطوة الأولى:** التحرك إلى مسافة وسيطة تبلغ **10 ملم**.
2. **الخطوة الثانية:** التحرك إلى المسافة النهائية **5 ملم**.



لماذا هذا مهم؟

هذا النهج يضمن عدم وجود أي فرصة لاصطدام العينة بالكاشف، مما يحمي الجهاز من أي ضرر.

معامل الفيزياء

NotebookLM

تنفيذ الحركة الأولى: من 13.5 إلى 10 ملم

1. في حقل الإحداثي Z، انقر على القائمة المنسدلة.
2. أدخل القيمة الجديدة المطلوبة: **10**.
3. لبدء حركة المنصة، انقر على زر 'اذهب إلى' (Go To).

معامل الفيزياء
NotebookLM

تنبيه للسلامة: كن مستعدًا للإلغاء دائمًا

أثناء تحرك المنصة عموديًّا، راقب العينة عن كثب عبر كاميرا CCD.

إذا اقتربت العينة بشكل خطير من الكاشف، سيظهر مربع **'إلغاء'** (Cancel) في الزاوية العلوية اليسرى. يجب أن تكون يدك على الفأرة و**مستعدًا للضغط عليه فورًا** لإيقاف الحركة.

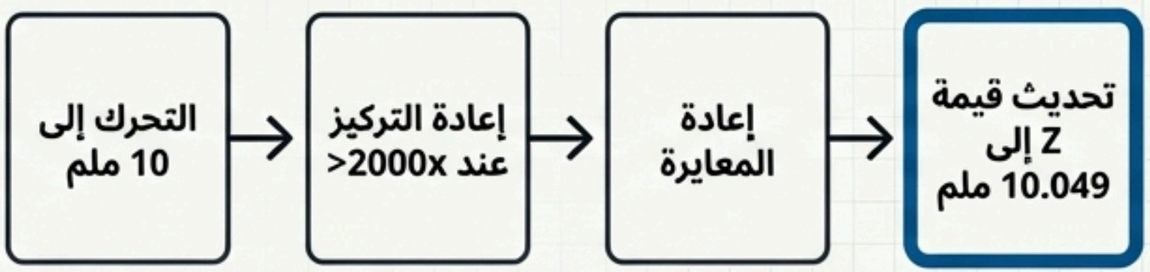
معامل الفيزياء
NotebookLM

بعد الحركة: IBM Plex Sans
دقة الميكرون تتطلب إعادة معايرة

The Reality:
محركات المنصة دقيقة، لكنها ليست مثالية. بعد الانتقال إلى 10 ملم، قد تكون القيمة الفعلية مختلفة قليلاً مختلفة قليلاً (**مثلاً، 10.049 ملم**).

The Protocol:
1. **إعادة التركيز:** قم بضبط التركيز مرة أخرى بدقة عند تكبير > 2000x.
2. **إعادة المعايرة:** أعد فتح نافذة 'تأكيد التركيز' (عبر قائمة Z) واضغط 'موافق'.

The Outcome:
سيتم تحديث قيمة Z بالقياس الفعلي والأكثر دقة (10.049 ملم)، مما يضمن دقة حركتك التالية.



معامل الفيزياء

NotebookLM

المرحلة الثالثة: الوصول الصول إلى مسافة العمل النهائية

**The Final Move:
الآن بعد أن تمت المعايرة بدقة عند 10 ملم، نحن مستعدون للخطوة الأخيرة.

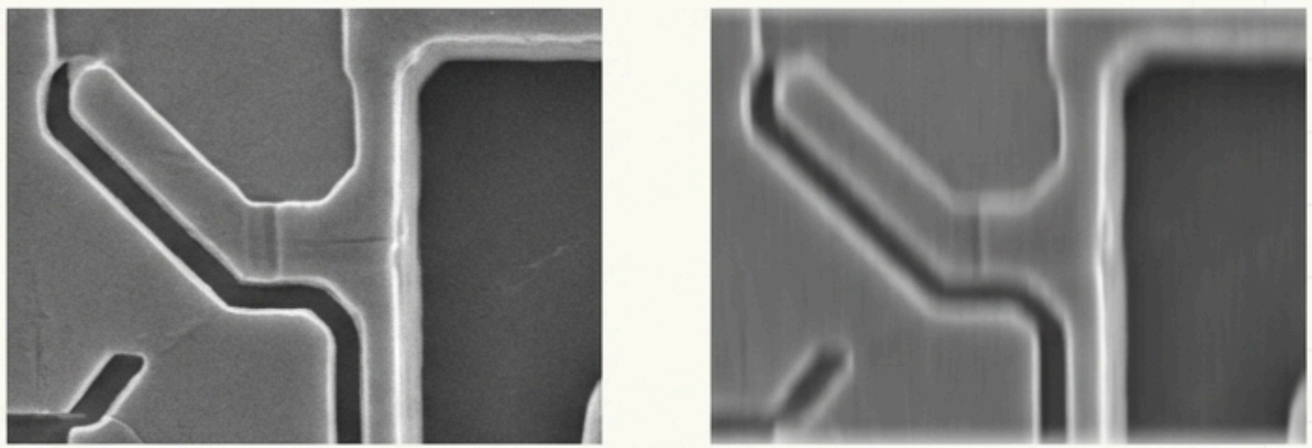
1. كرر نفس العملية: في حقل Z، أدخل القيمة النهائية **5**.
2. انقر على 'اذهب إلى' (Go To).
3. **لا تنسَ السلامة:** كن مستعدًا للضغط على 'إلغاء' (Cancel) كما في السابق.

معامل الفيزياء

NotebookLM

عند 5 ملم: التركيز الميكانيكي مكتمل، لكن الصورة ليست مثالية بعد

شعاع مثالي | شعاع غير محسن



What to Expect: أنت الآن في مسافة العمل النهائية. بعد إعادة التركيز، قد تلاحظ قد تلاحظ أن الصورة لا تزال مشوهة أو غير واضحة تمامًا.

The Reason: هذا أمر طبيعي. لم يتم تحسين شكل الشعاع الإلكتروني نفسه بعد. إذا لم يكن الشعاع دائريًا تمامًا، فسيؤثر ذلك على دقة الصورة النهائية.

نصيحة احترافية

للحصول على أفضل تركيز في هذه المرحلة، ابحث عن منطقة على العينة بها تباين عالٍ (حدود بين منطقة ساطعة وأخرى داكنة).

معامل الفيزياء
NotebookLM

الإنجاز: مسافة العمل المثالية جاهزة. ما التالي؟

- ✓ تم معايرة ارتفاع Z بدقة.
- ✓ أنت الآن عند مسافة عمل تبلغ **5 ملم**، وهي الوضع المثالي للتصوير عالي الدقة.
- ✓ المنصة جاهزة للمرحلة التالية من التحليل.

المهمة التالية: تحسين الشعاع (Beam Optimization)

سيتم تنفيذ هذه العملية عند تكبير عالٍ (أكثر من 10,000x) لضمان أن يكون الشعاع دائريًا تمامًا، مما يتيح لك تحقيق أقصى دقة ممكنة للمجهر.

معامل الفيزياء

NotebookLM

فن الصورة المثالية: إتقان التركيز في المجهر الإلكتروني الماسح

دليل مرئي لتحويل الفوضى إلى وضوح فائق الدقة.

رحلتنا تبدأ هنا: من الفوضى إلى الوضوح

قبل الحصول على صورة ذات قيمة علمية، يواجه كل باحث صورة أولية غير مستقرة ومشوهة. هذه ليست مشكلة في العينة، بل تحدٍّ في المعايرة. في هذا الدليل، سنتعلم كيفية ترويض الشعاع الإلكتروني خطوة بخطوة للوصول إلى الدقة المطلقة.

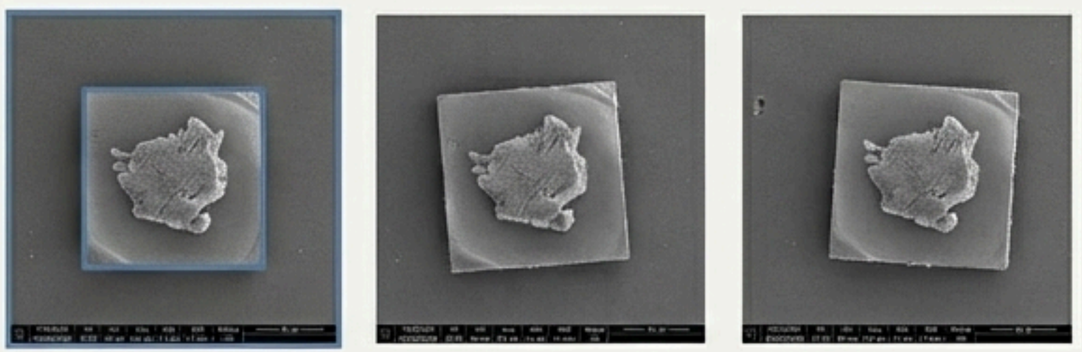
معامل الفيزياء

NotebookLM

العقبة الأولى: الصورة غير المستقرة

السرض: The Symptom

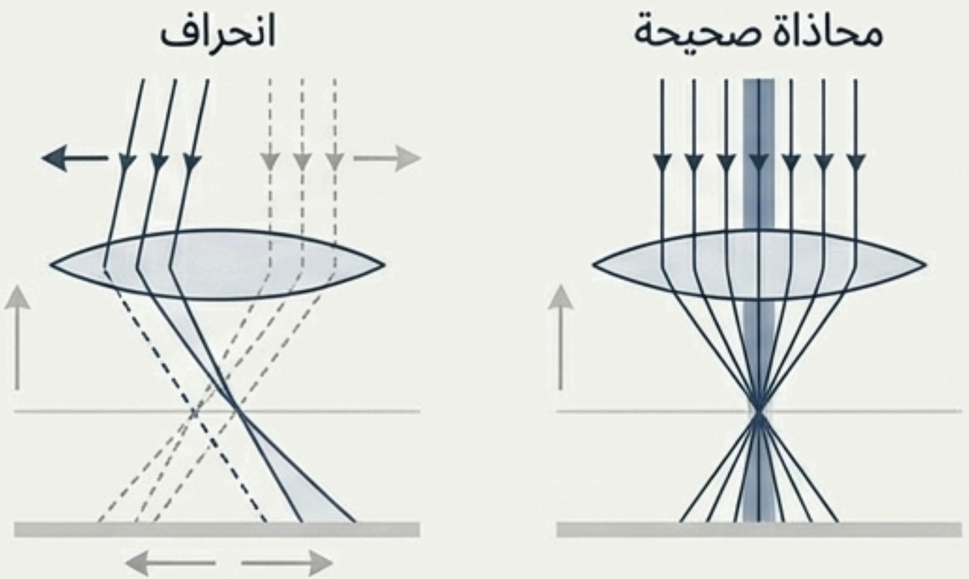
عند محاولة ضبط التركيز، تتحرك الصورة بأكملها أفقيًا أو رأسيًا بدلاً من أن تصبح أكثر وضوحًا أو ضبابية في مكانها.



تأثير تغيير التركيز

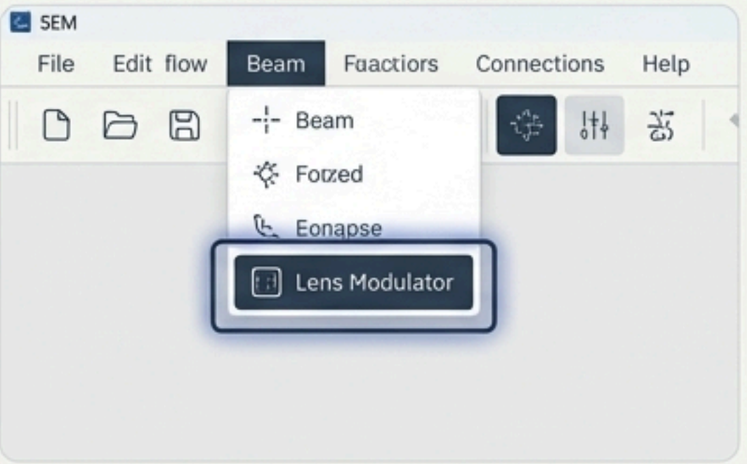
التشخيص: The Diagnosis

الشعاع الإلكتروني لا يمر عبر مركز العدسة الشيئية. هذا الانحراف الطفيف يتسبب في إزاحة الصورة عند تغيير شدة العدسة (التركيز).



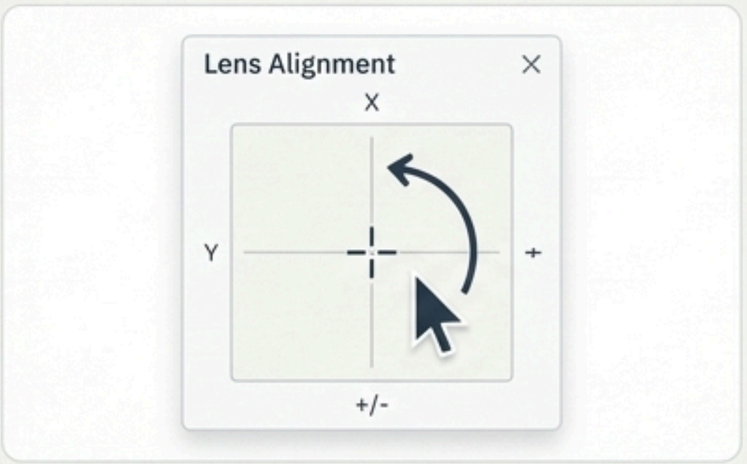
معامل الفيزياء
NotebookLM

العلاج: محاذاة العدسة
خطوة بخطوة



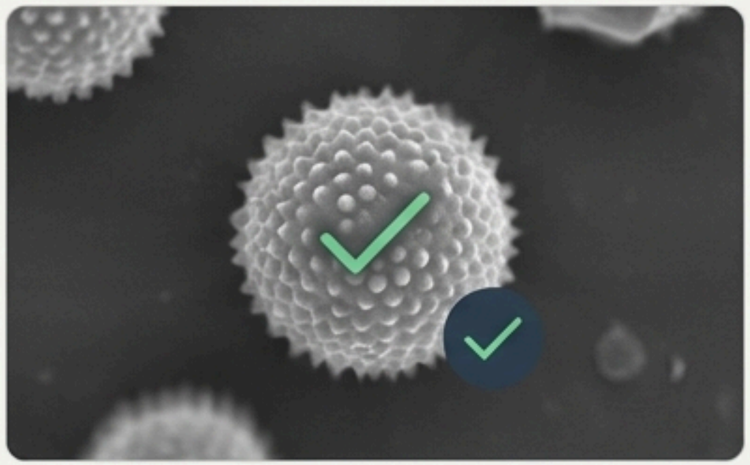
1. تفعيل مُعدّل العدسة

من قائمة 'الشعاع' (Beam)، انقر على زر 'مُعدّل العدسة' (Lens Modulator). ستلاحظ أن الصورة بدأت تهتز داخل وخارج التركيز، مع حركة جانبية واضحة.



٢. تصحيح الانحراف

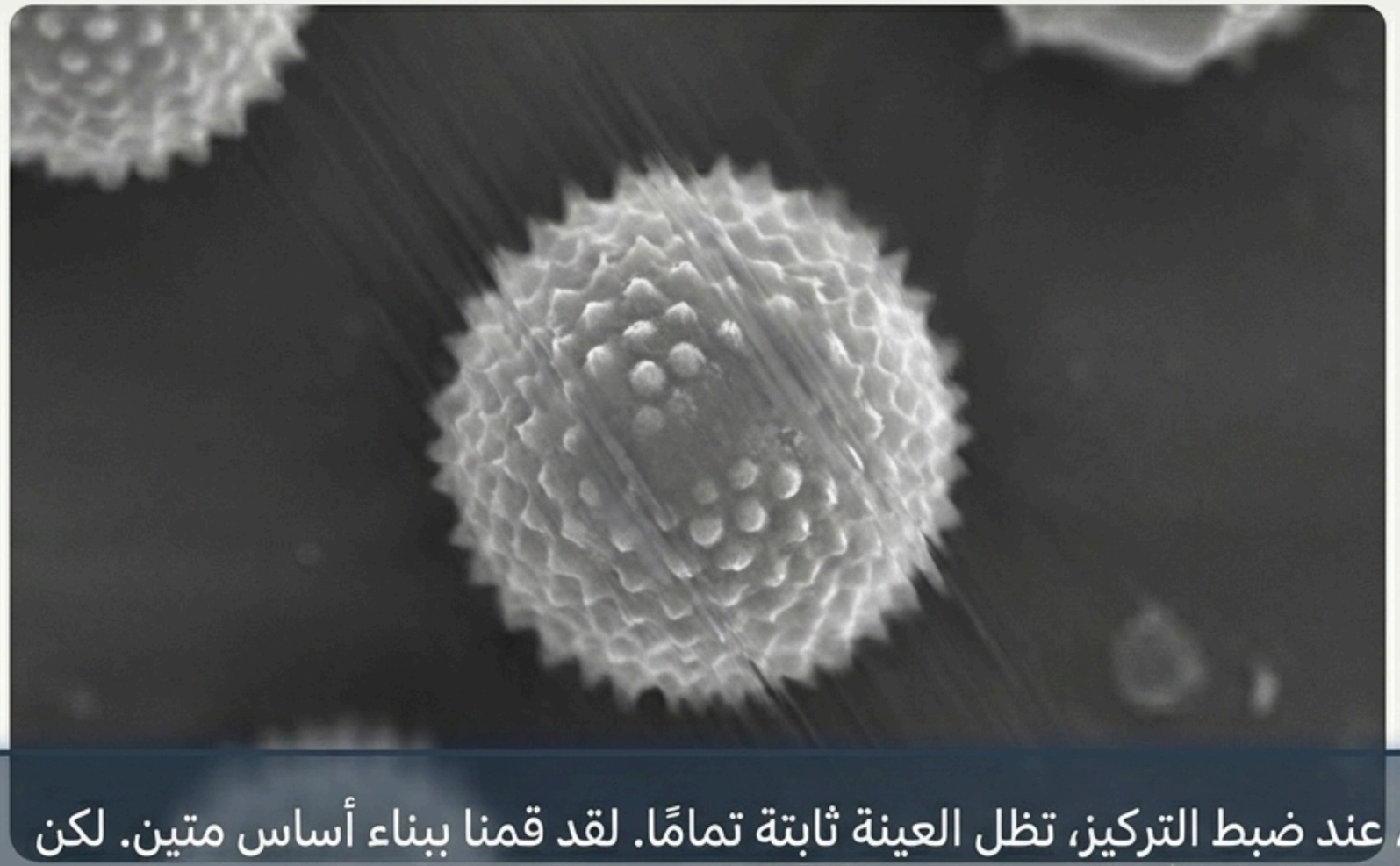
انقر بزر الفأرة الأيسر مع الاستمرار داخل مربع 'محاذاة العدسة' (Lens Alignment). اسحب الشعاع ببطء في اتجاهي X و Y لتقليل الحركة الجانبية.



٣. الهدف: حركة عمودية فقط

استمر في التعديل حتى تتوقف الصورة عن الحركة الأفقية والرأسية، وتبقى تهتز داخل وخارج التركيز في مكانها. عندئذ، حرر الفأرة وأوقف تشغيل مُعدّل العدسة.

تم تحقيق الاستقرار.



الآن، عند ضبط التركيز، تظل العينة ثابتة تمامًا. لقد قمنا ببناء أساس متين. لكن لاحظ التشوهات في الصورة - مهمتنا التالية هي نحت شكل الشعاع.

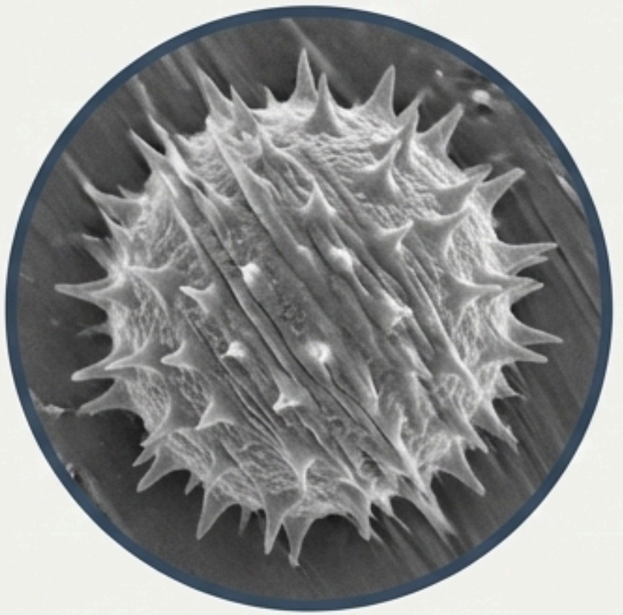
معامل الفيزياء

NotebookLM

العقبة الثانية: الصورة المشوهة

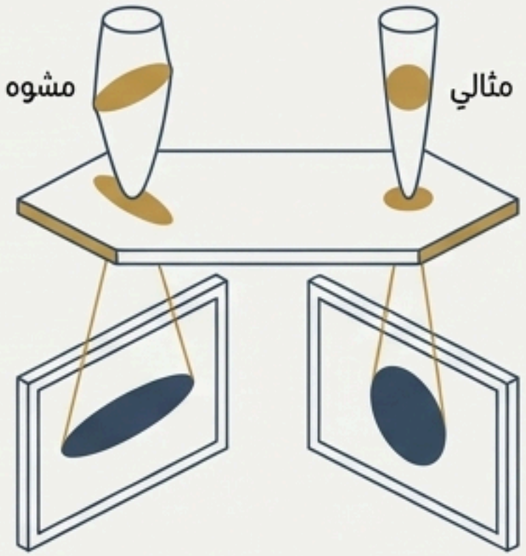
السَرض: The Symptom

تظهر في الصورة خطوط أو تموجات متجانسة، كلها تشير إلى نفس الاتجاه (على سبيل المثال، من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين). التفاصيل الدقيقة تبدو ممدودة وليست دائرية.



التشخيص: The Diagnosis

الشعاع الإلكتروني ليس دائريًا تمامًا. هذا الشكل البيضاوي، المعروف باسم 'الأستيغماتية' (Astigmatism)، يتسبب في تركيز الصورة بشكل مختلف في اتجاهين متعامدين، مما ينتج عنه هذا التمدد.



معامل الفيزياء

NotebookLM

سر الخبراء: إيجاد نقطة التركيز الصحيحة أولاً

قبل تصحيح شكل الشعاع، يجب أن نجد نقطة التركيز التي تكون فيها التفاصيل "دائرية قدر الإمكان"، حتى لو كانت ضبابية. هذه النقطة تقع بين بؤرتي التشويه.

نصيحة للمحترفين

استخدم وظيفة "تحديد منطقة" (Select Area) لتحديث جزء صغير من الشاشة بسرعة. هذا يمنحك استجابة أسرع أثناء إجراء التعديلات الدقيقة.

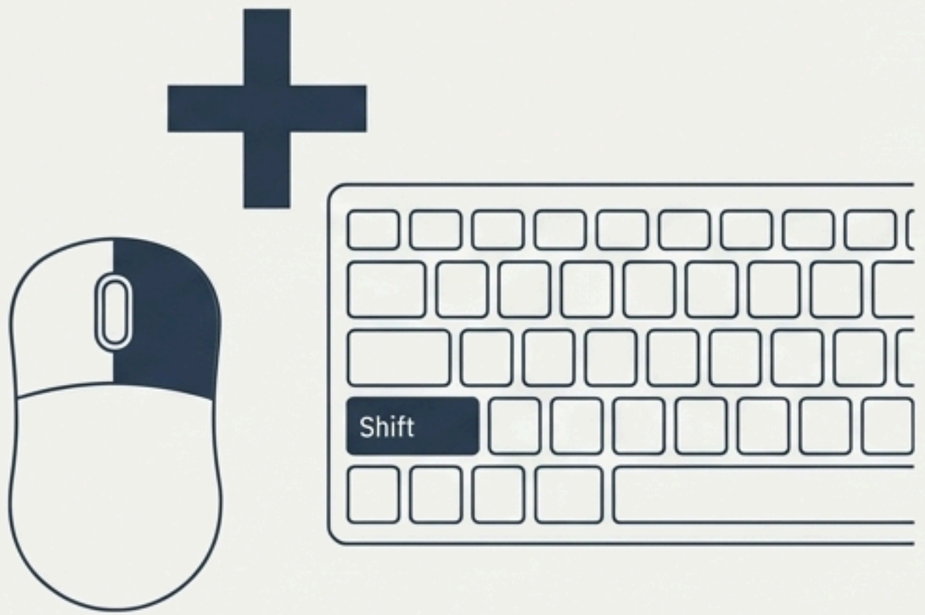
معامل الفيزياء

NotebookLM

العلاج: نحت الشعاع عبر تصحيح الأستيغماتية

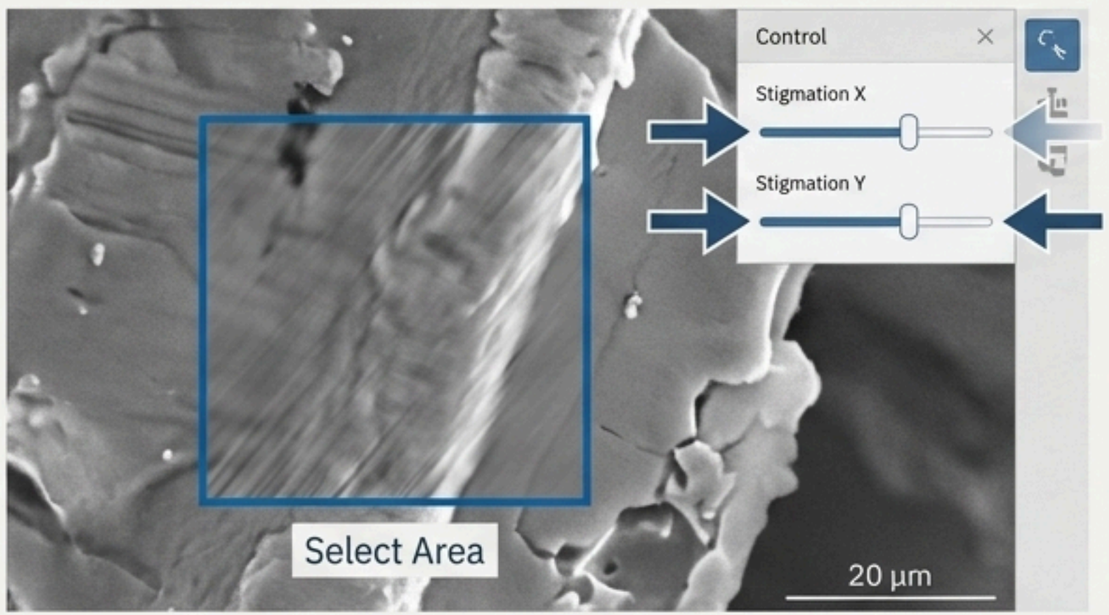
١. تفعيل المُصحِّح (Stigmator)

اضغط باستمرار على مفتاح `Shift` وفي نفس الوقت انقر بزر الفأرة الأيمن مع الاستمرار. هذا يفعل وضع تصحيح الأستيغماتية.



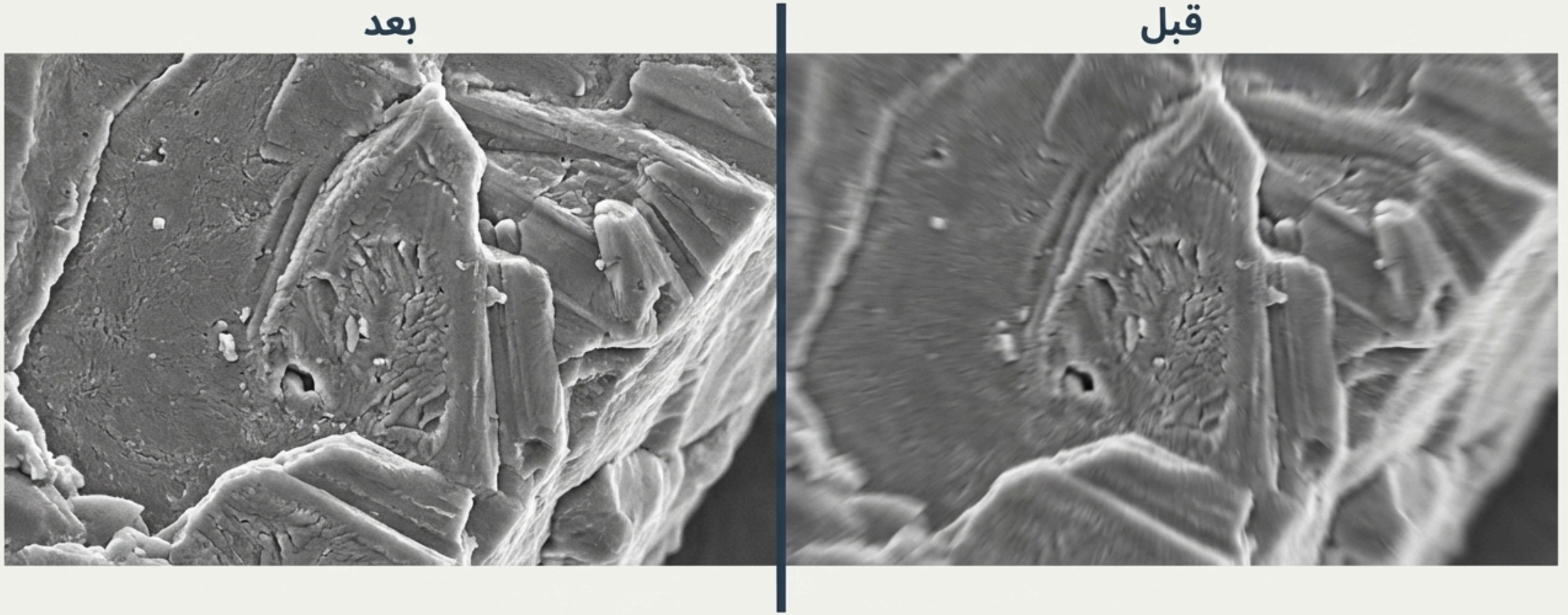
٢. الضبط الدقيق لمحوري X و Y

ابدأ بضبط محور X حتى تحصل على أوضح صورة ممكنة. ثم، مع الحفاظ على موضع X، اضبط محور Y للوصول إلى أقصى درجات الوضوح. الهدف هو التخلص من كل الخطوط والتشوهات.



معامل الفيزياء
NotebookLM

تم الكشف عن الوضوح.



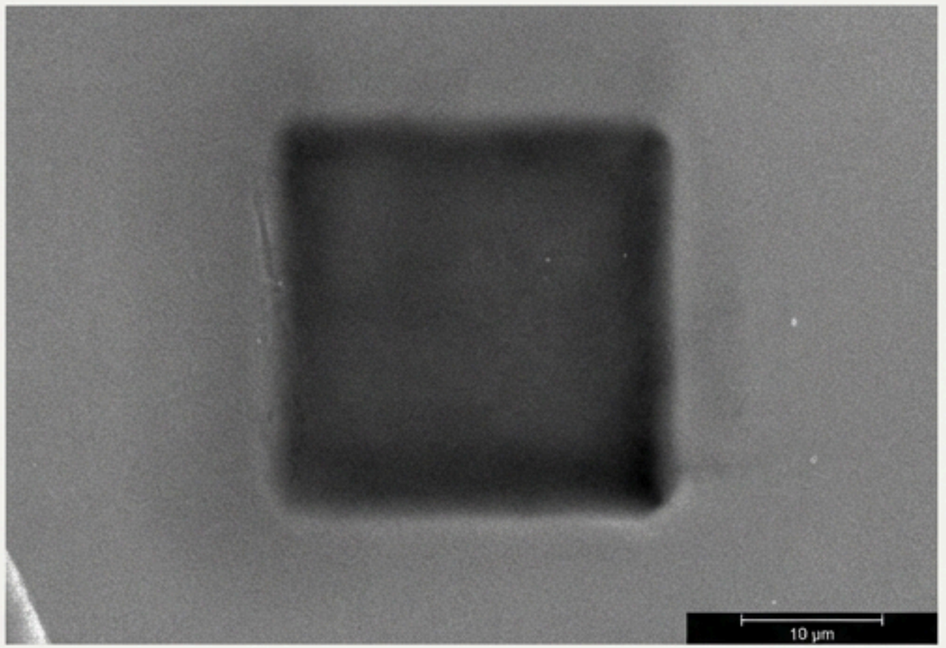
لقد تم الآن تشكيل الشعاع الإلكتروني ليصبح دائريًا تمامًا. اختفت التشوهات، وبدأت التفاصيل الحقيقية للعينة في الظهور.

NotebookLM

التحدي المتقدم: بصمة الشعاع

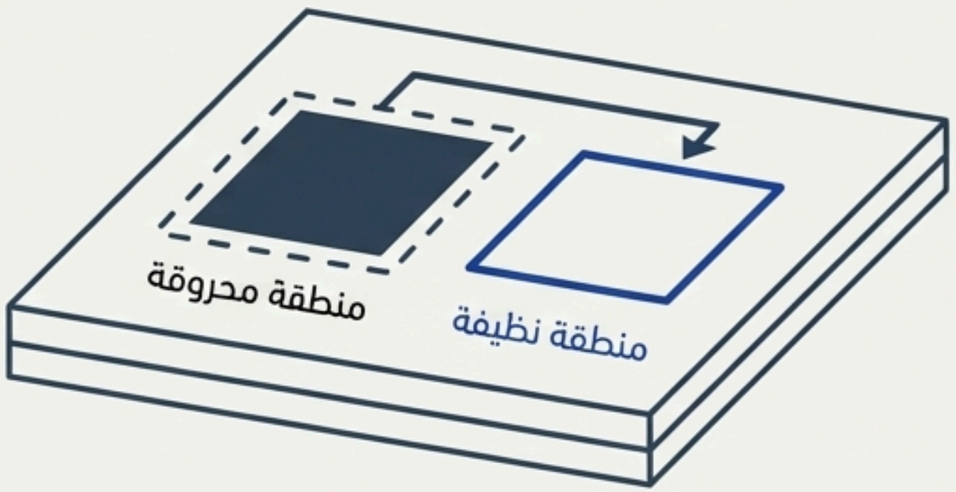
السَرض: The Symptom

بعد التصوير المكثف لمنطقة صغيرة، يظهر مربع داكن أو "إطار" على سطح العينة.



التشخيص والعلاج: Diagnosis & Cure

هذا هو تلوث مترسب من حجرة العينة، سببه تفاعل الشعاع المركز مع السطح. لتجنب هذا الأثر، يجب الانتقال إلى "بقعة نظيفة" وجديدة على العينة قبل التقاط الصور النهائية عالية الدقة.



معامل الفيزياء
NotebookLM

الطريق إلى الإتقان:
الدقة تأتي مع التكرار

المعايرة المثالية ليست عملية تتم لمرة واحدة. للحصول على أقصى تفاصيل، يجب تكرار عملية التركيز وتصحيح الأستيغماتية بدقة أكبر عند كل كل مستوى تكبير أعلى.

معامل الفيزياء

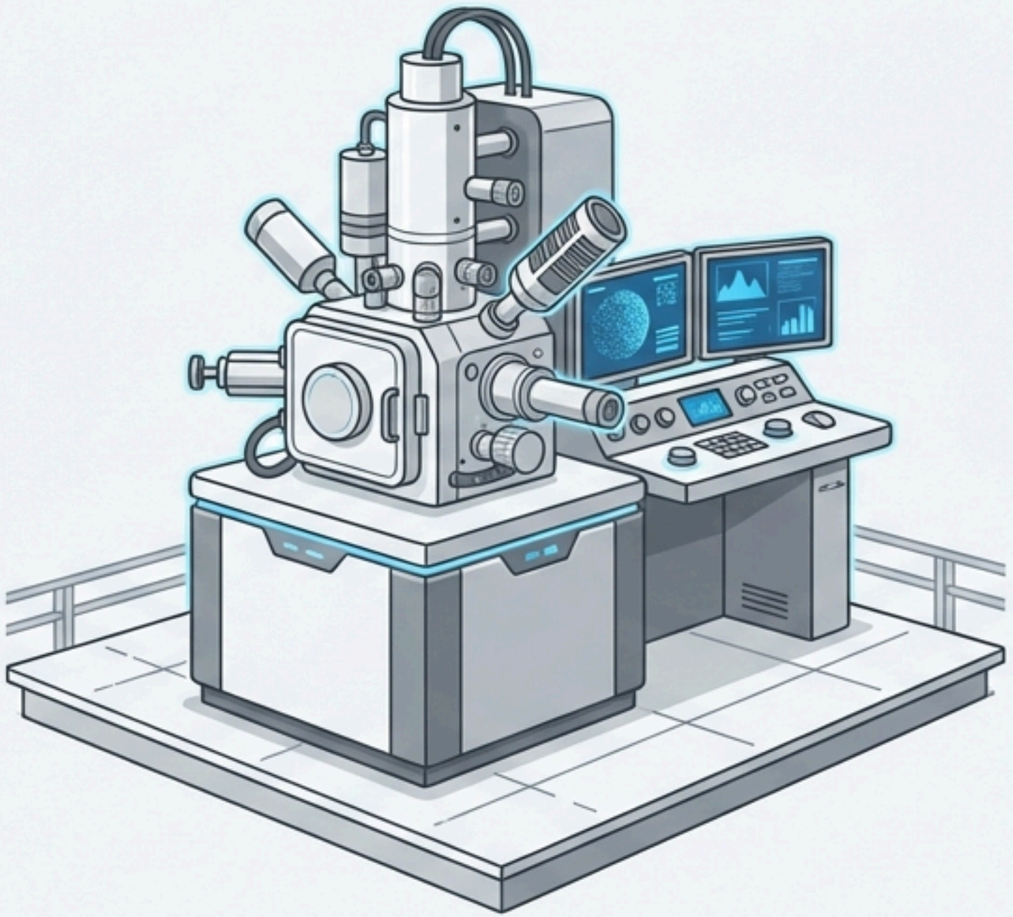
NotebookLM

الوضوح المُكتَسَب.
الصورة المثالية ليست مجرد نتيجة، بل هي شهادة على مهارتك.

NotebookLM

الإتقان التشغيلي للمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

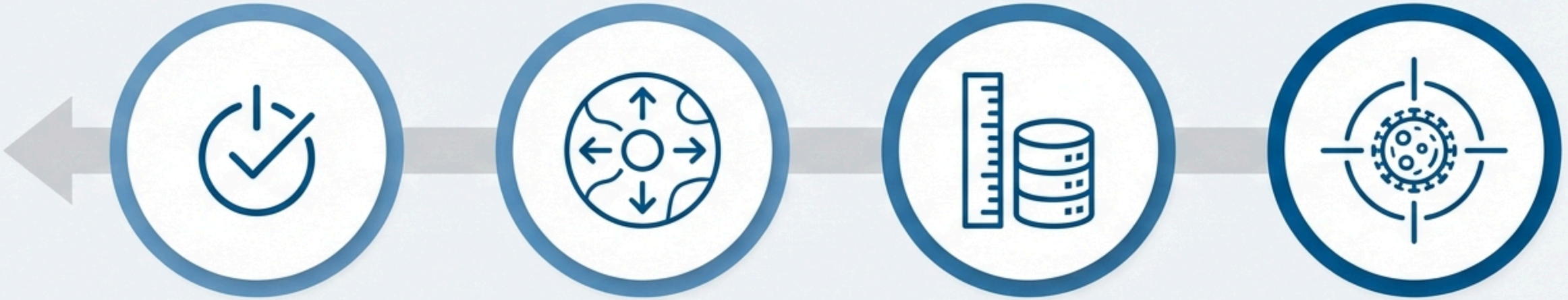
دليل مرئي خطوة بخطوة لإجراءات التشغيل القياسية



معامل الفيزياء

NotebookLM

مسار عملك: من تحديد الهدف إلى إيقاف التشغيل



1. تحديد الهدف والتقاط الصورة
2. القياس وحفظ البيانات
3. استكشاف العينة
4. إيقاف التشغيل الآمن

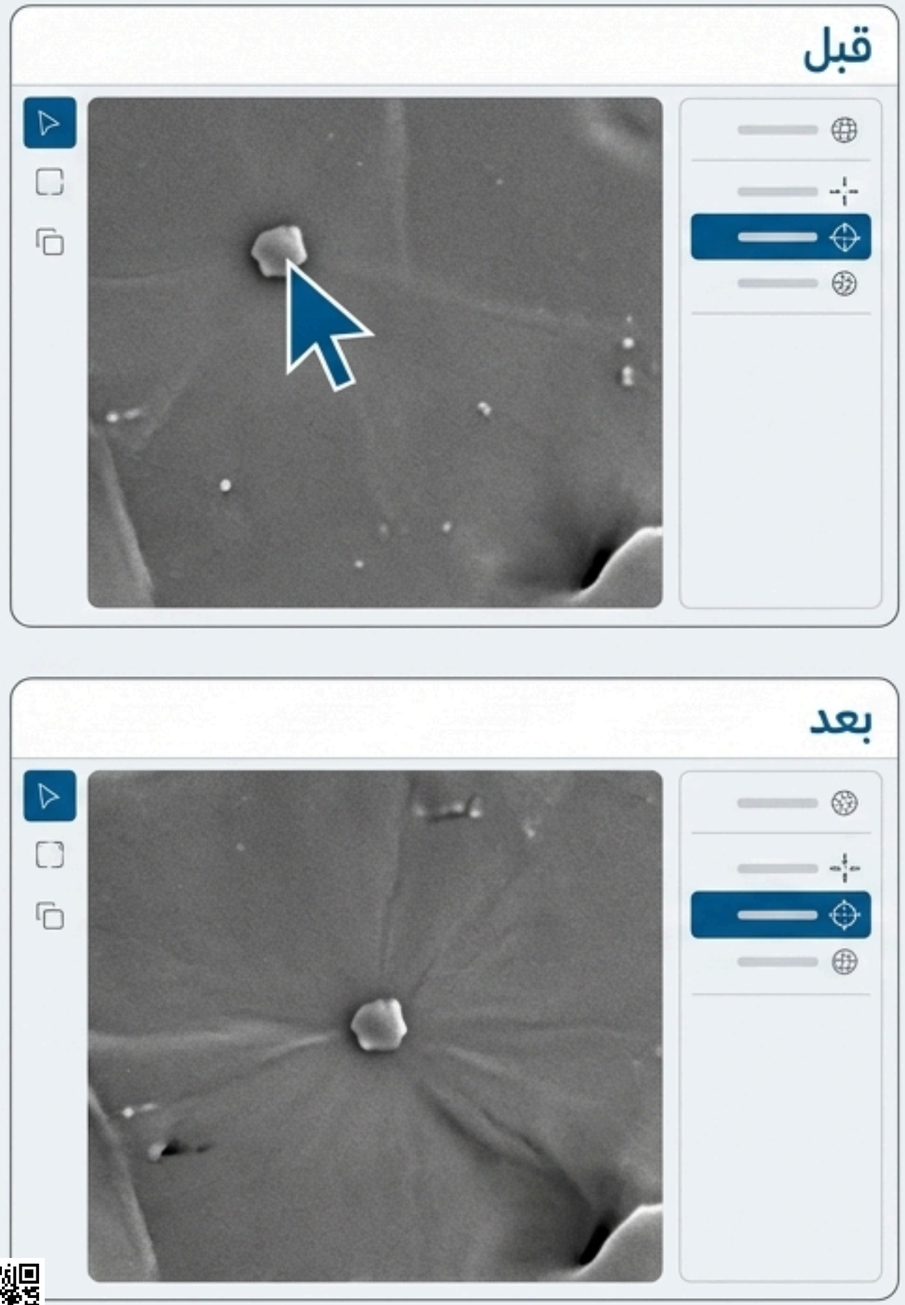
معامل الفيزياء

NotebookLM

تحديد مركز الهدف بدقة: استخدام وضع «Get Mode»

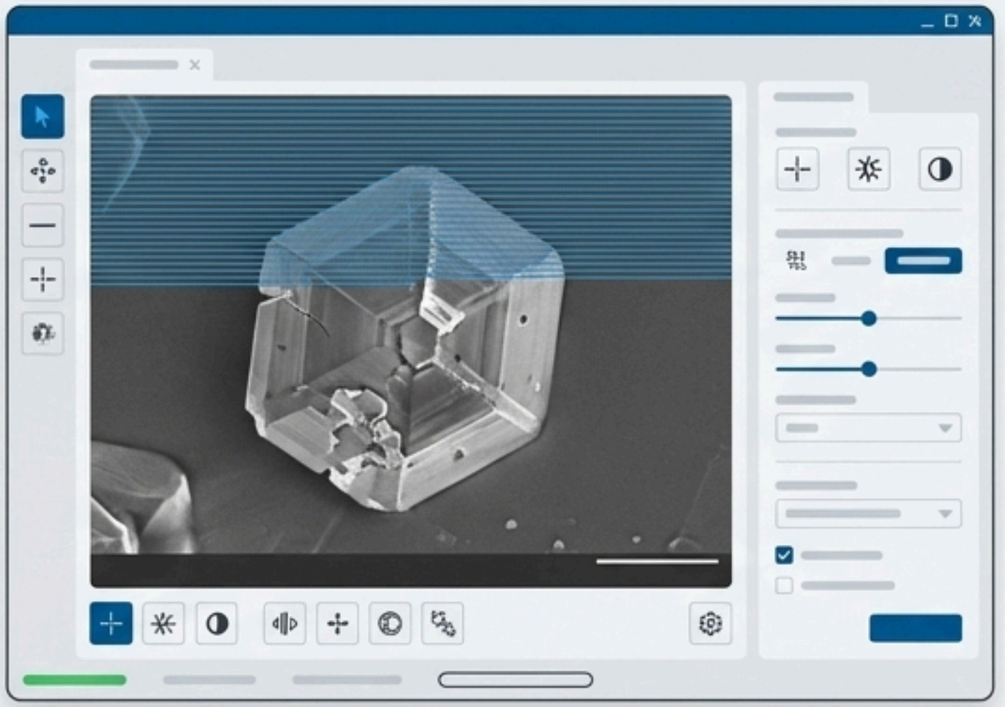
للتحليل الدقيق تحت التكبير العالي، يجب أن تكون السمة التي تهمك في مركز مجال الرؤية تمامًا. وضع «Get Mode» هو الأداة المثالية لتحقيق ذلك بسرعة.

1. قم بتفعيل وضع «Stage Get Mode» (أيقونة التقاطع).
2. حرك المؤشر فوق السمة التي تريد توسيطها.
3. انقر نقرًا مزدوجًا بالزر الأيسر للفأرة.
4. سيقوم المجهر بتحريك العينة لوضع السمة مباشرة في المركز.



معامل الفيزياء
NotebookLM

التقاط الصورة المثالية: التجميد والحفظ الأولي



1. اضبط التباين والسطوع تلقائيًا (Auto Contrast/Brightness) للحصول على أفضل جودة للصورة.
2. اضغط على مفتاح **F2** لبدء المسح البطيء والتقاط الصورة (Slow Scan 4).
3. عند الانتهاء، سيقوم المجهر 'بتجميد' الصورة وإيقاف الشعاع الإلكتروني لحماية العينة من العلف.

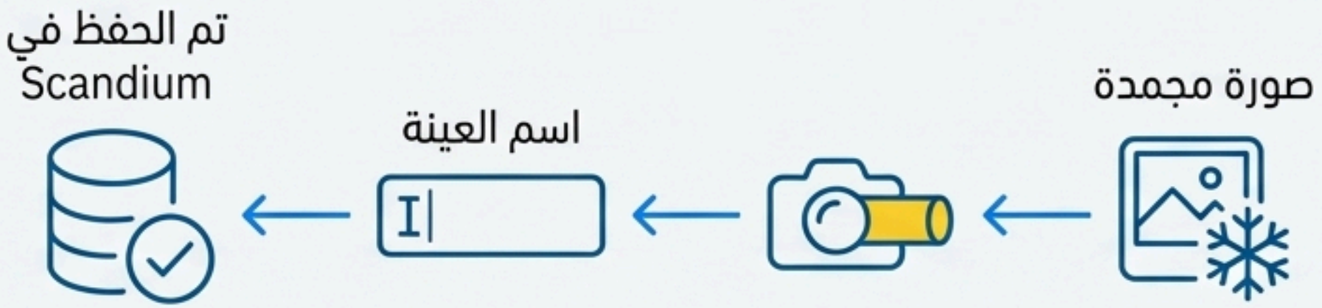
ملاحظة هامة

الصورة المجمدة ليست محفوظة بعد. إنها موجودة فقط في ذاكرة برنامج التحكم المؤقتة وتتطلب خطوة إضافية لحفظها بشكل دائم.

معامل الفيزياء
NotebookLM

من الذاكرة المؤقتة إلى السجل الدائم: الحفظ في قاعدة بيانات Scandium

1. من القائمة اليسرى، اختر المجلد المستهدف.
2. انقر على أيقونة **«Snapshot to database»** (الكاميرا مع الأنبوب الأصفر).
3. سيتم نقل الصورة إلى قاعدة بيانات Scandium.
4. سيطالبك النظام بإدخال اسم للعينة. أدخل الاسم ثم انقر «Insert».
5. بعد الحفظ، قم **بإلغاء تجميد الصورة** للعودة إلى العرض المباشر ومواصلة العمل.

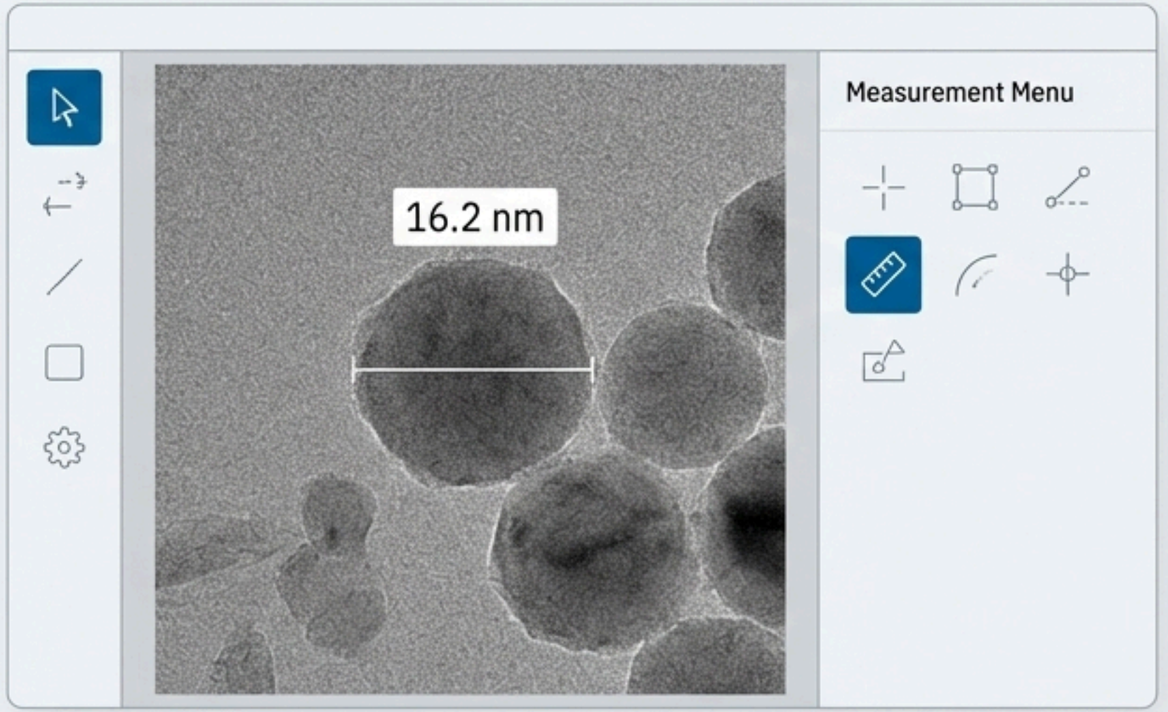


معامل الفيزياء

NotebookLM

القياسات السريعة: استخدام أداة المسطرة

Precision Scientific Editorial



1. تأكد من أن الصورة 'مجمدة' لضمان عدم وجود حركة أثناء القياس.
2. انقر على أيقونة **المسطرة (Ruler tool)** لفتح قائمة القياس.
3. اختر نوع القياس المطلوب (أفقي X، عمودي Y، أو عشوائي).
4. انقر واسحب من حافة إلى أخرى للقياس (مثال: 16.2 نانومتر).
5. انقر **«Accept»** لإظهار القياس على الصورة.

نصيحة الخبراء

للحصول على رؤية أفضل لحواف الجسيمات، قم بتغيير شكل المؤشر من التقاطع (crosshair) إلى السهم (pointer) من قائمة الأداة.

معامل الفيزياء

NotebookLM

الحفاظ على سلامة البيانات: أفضل الممارسات لحفظ الصور

الصورة الخام (Raw Image) (Raw Image)

الوصف: نسخة نقية وغير معدلة من الصورة الملتقطة.

الأهمية: تحتوي على جميع البيانات الأصلية، وهي ضرورية للتحليل الدقيق والتحقق المستقبلي.

القاعدة الذهبية: احفظ دائمًا نسخة خام من صورتك قبل إنشاء وحفظ نسخة معلمة.

الصورة المعلمة (لصورة (Labeled Image)

الوصف: نسخة تحتوي على قياسات أو تعليقات 'محروقة' عليها.

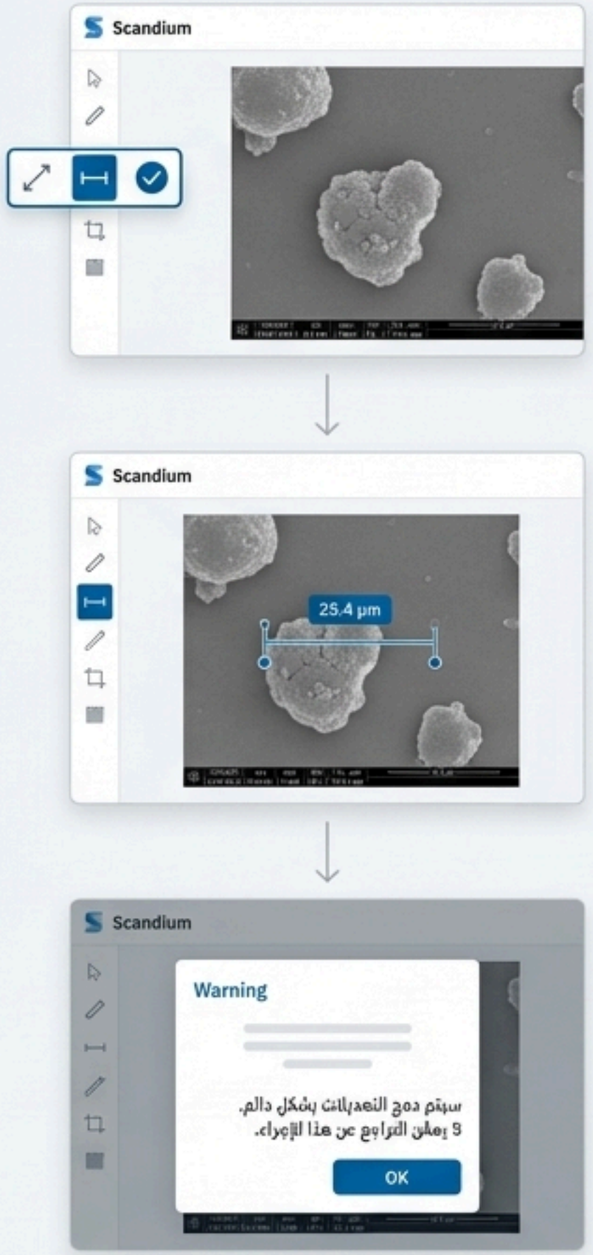
الأهمية: مفيدة للعروض التقديمية والتقارير السريعة.

تحذير: عملية 'حرق' التسميات على الصورة تتلف البيانات الموجودة تحتها بشكل دائم.

معامل الفيزياء

NotebookLM

إنشاء نسخة معلّمة: استخدام أدوات القياس في Scandium



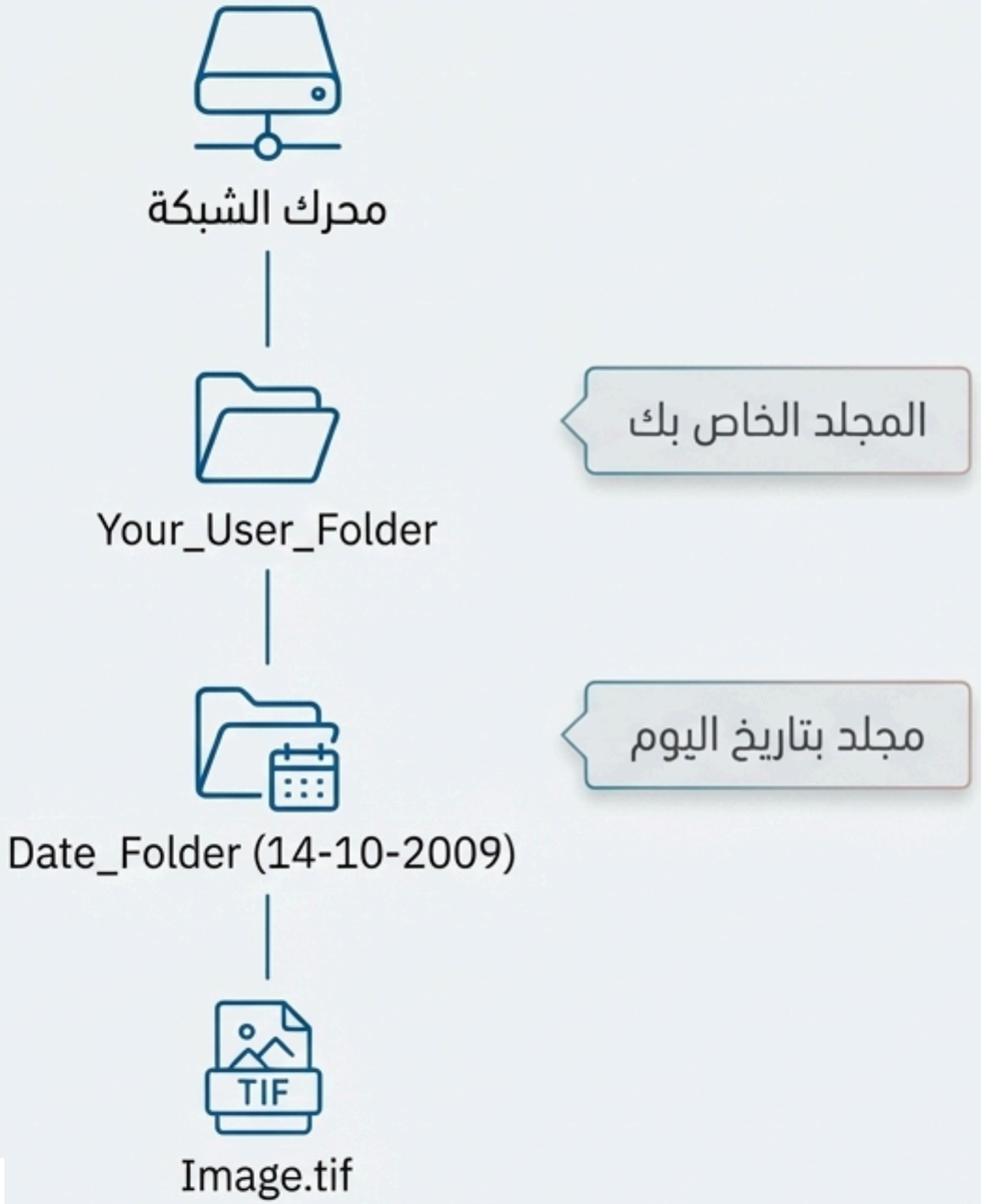
1. في Scandium، افتح الصورة الخام التي حفظتها.
2. من القائمة اليسرى، اختر أداة القياس المناسبة (أفقي، عمودي، إلخ).
3. انقر بالزر الأيسر عند بداية السمة ثم انقر مرة أخرى عند نهايتها لوضع القياس.
4. اضغط على مفتاح «Esc» للخروج من أداة القياس.
5. لدمج القياس مع الصورة بشكل دائم، اختر «Burn into overlay».
6. ستظهر رسالة تحذير. انقر «OK» للمتابعة (لأنك قمت بحفظ نسخة خام بالفعل).

معامل الفيزياء

NotebookLM

المنهجية في الحفظ: تنظيم بيانتك على محرك الشبكة

1. من قائمة Scandium، اختر **`File -> Save As`**.
2. انتقل إلى محرك الشبكة عبر رابط سطح المكتب (مثال: `ncf users on bleach`).
3. ابحث عن المجلد الخاص بك وافتحه.
4. ****أنشئ مجلدًا جديدًا باسم تاريخ اليوم**** (مثال: 14-10-2009). هذه الخطوة ضرورية للحفاظ على تنظيم صورك حسب جلسة العمل.
5. انقر «Save» لحفظ الصورة المعلّمة في هذا المجلد.



معامل الفيزياء
NotebookLM

استكشاف العينة: التنقل السريع باستخدام وضع «Tracking Mode»

يُستخدم وضع «Tracking Mode»، المعروف أيضًا بأداة 'الدونات'، للتحرك عبر مساحات واسعة من العينة والبحث عن مناطق جديدة للدراسة.

1. غيّر معدل المسح إلى **TV (Scan Rate: TV)** للحصول على تحديث أسرع للصورة أثناء الحركة.
2. فعّل **«Tracking Mode»** (أيقونة الدونات).
3. للتحرك، انقر باستمرار بالزر الأيسر في أي مكان **خارج** 'فتحة الدونات'.

نصيحة الخبراء

للتنقل لمسافات طويلة، قم بتقليل التكبير (zoom out) أولاً. هذا يزيد من سرعة وفعالية الحركة بشكل كبير.

معامل الفيزياء

NotebookLM

مقارنة بين أدوات الحركة: الدقة مقابل الاستكشاف

Stage Get Mode

الاستخدام الأمثل
توسيط دقيق لهدف محدد.

آلية العمل
نقرة مزدوجة واحدة تنقل الهدف المحدد إلى المركز.

متى تستخدمه
عندما تجد ما تبحث عنه وتريد تكبيره وتحليله.

Tracking Mode

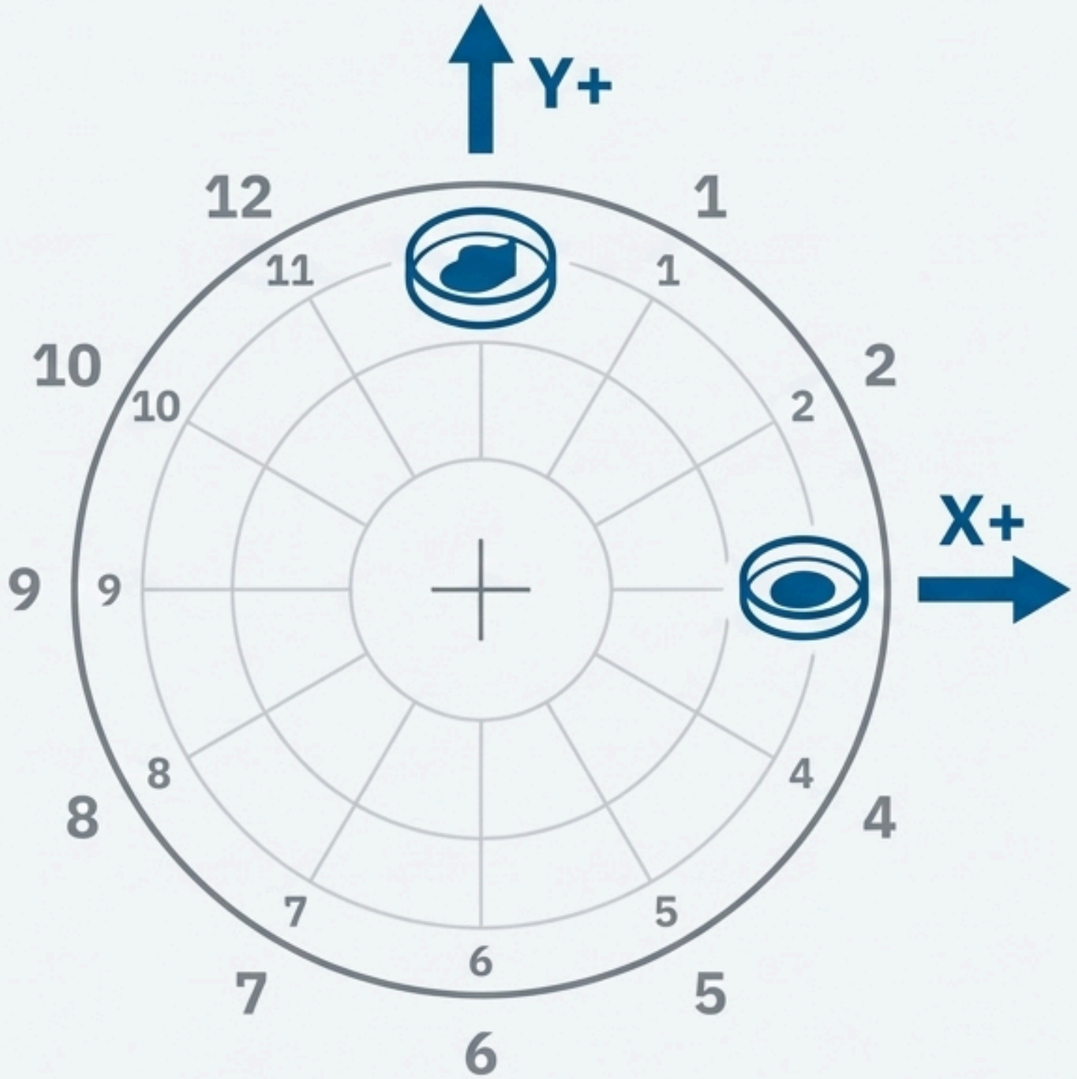
الاستخدام الأمثل
استكشاف عام للعينة وحركة حرة.

آلية العمل
النقر خارج الدونات للتحرك، وداخلها للتكبير/التصغير الدقيق.

متى تستخدمه
عند البحث عن منطقة اهتمام جديدة على العينة.

معامل الفيزياء
NotebookLM

التنقل بين العينات: فهم خريطة حامل العينات (Stage Table)



"خريطة المرحلة" في البرنامج هي تمثيل مباشر للمنظر العلوي لحامل العينات داخل الحجرة. فهم اتجاهاتها يسمح لك بالانتقال بين العينات بسهولة.

- موضع **الساعة 12:00** يقابل المحور **Y الموجب** (العينات البعيدة عنك).
- موضع **الساعة 3:00** يقابل المحور **X الموجب**.
- للتنقل إلى عينة أخرى، يمكنك النقر المزدوج على موقعها التقريبي في هذه الخريطة.

نصيحة الخبراء

قبل إغلاق حجرة العينات، ارسم خريطة ورقية سريعة أو التقط صورة بهاتفك لمواقع عيناتك لتجنب إضاعة الوقت في البحث عنها لاحقًا.

معامل الفيزياء

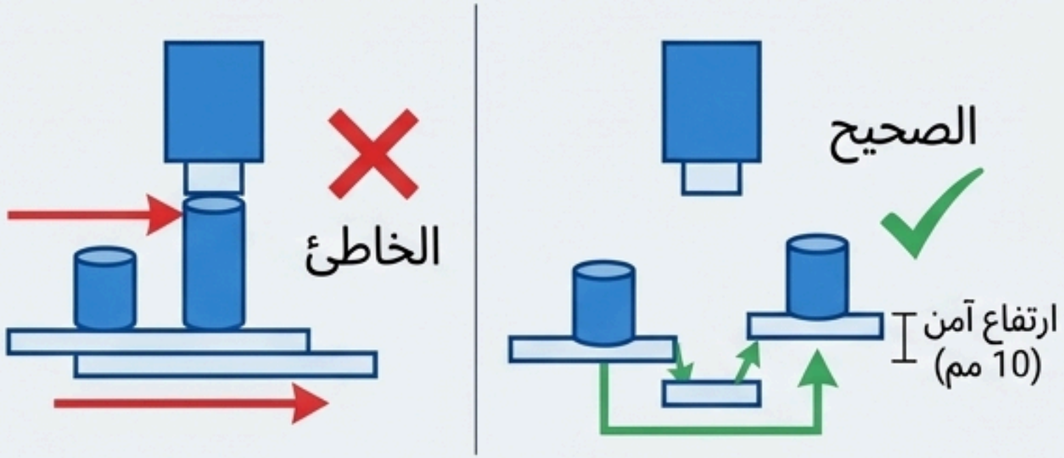
NotebookLM

⚠ السلامة أولًا: المناورات المتقدمة للمرحلة

Moving Between Samples

الخطر: قد تكون العينات بارتفاعات مختلفة، مما يخلق خطر الاصطدام بالكاشف عند التحرك أفقيًا.

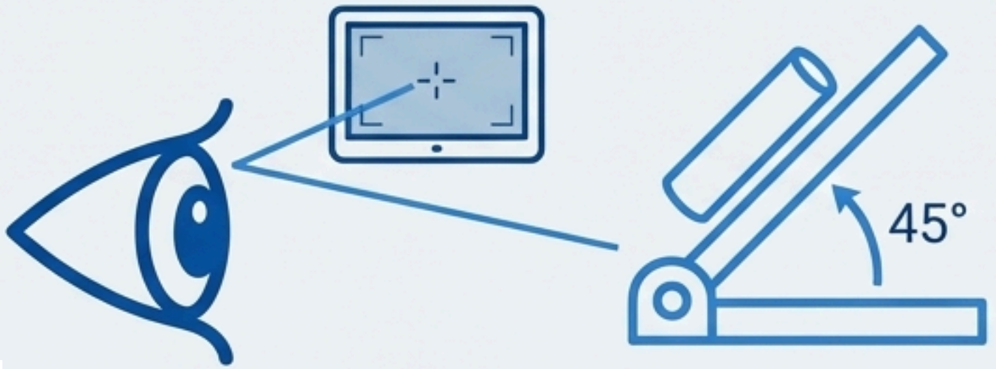
الإجراء الآمن: قبل الانتقال الجانبي إلى عينة جديدة، قم **دائمًا بخفض المرحلة** إلى ارتفاع آمن (مثل 10 مم) أولًا.



Tilting the Stage

الخطر: إمالة عينة طويلة جدًا يمكن أن تؤدي إلى اصطدامها بالكاشف.

الإجراء الآمن: أثناء الإمالة (تصل إلى إلى 45 درجة)، **راقب دائمًا كاميرا CCD** داخل الحجرة للتأكد من وجود مسافة كافية.



معامل الفيزياء

NotebookLM

تسليم احترافي: خطوات إيقاف تشغيل المجهر

1 **إعادة الضبط للقيم الافتراضية:** جهد التسريع (Accelerating Voltage) إلى **5 KV** وحجم البقعة (Spot Size) إلى **3**.

2 **إيقاف الشعاع:** انقر على زر **5 KV** في قائمة الشعاع. ستسمع صوت إغلاق صمام العمود.

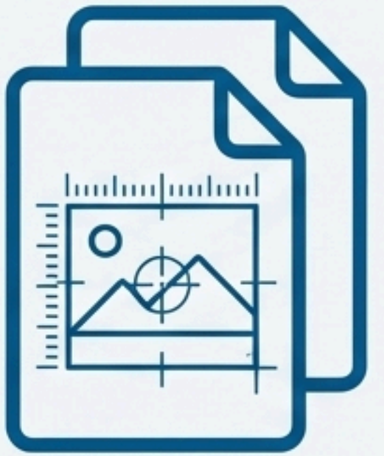
3 **تهوية الحجرة:** انقر على «Vent» ثم أكد الاختيار. ستنزل المرحلة تلقائيًا إلى الأسفل.

4 **إخراج العينة:** افتح الباب، حرر المسمار، وأخرج حامل العينات.

5 **إعادة التفريغ:** أغلق الباب بإحكام وابدأ عملية تفريغ الحجرة من الهواء (Pump).

معامل الفيزياء
NotebookLM

قواعد العمل الذهبية على المجهر الإلكتروني الماسح



سلامة البيانات (Data Integrity)

احفظ دائمًا نسخة خام (raw) قبل إنشاء نسخة معلمة (labeled). البيانات الأصلية لا تقدر بثمن.

التنظيم (Organization)

استخدم مجلدات تحمل تاريخ اليوم لتنظيم صورك. سهولة الوصول إلى بياناتك تسرع من وتيرة بحثك.

السلامة التشغيلية (Operational Safety)

اخفض المرحلة قبل التحرك بين العينات، وراقب الكاميرا أثناء الإمالة. حماية الجهاز هي مسؤولية الجميع.

معامل الفيزياء

NotebookLM