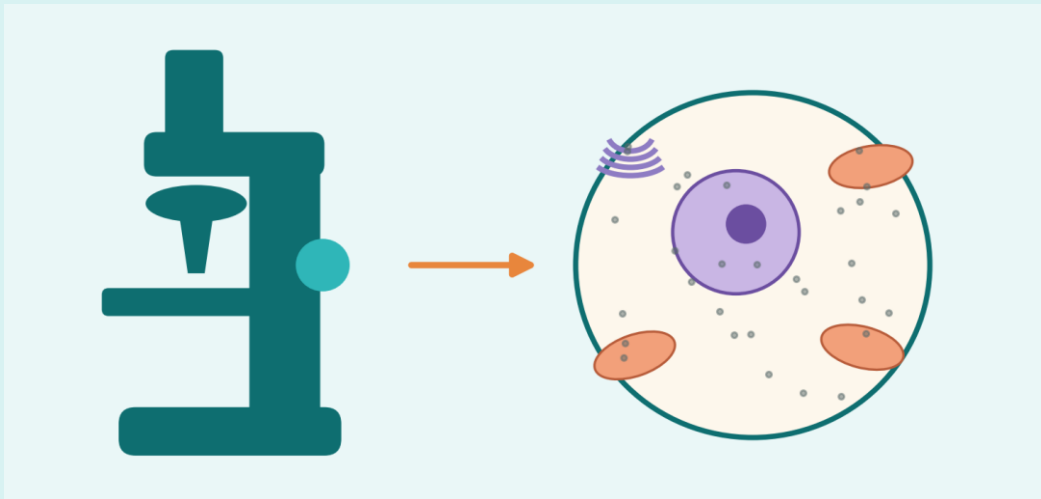


سلسلة العلوم الحيائية – الكتاب الرقمي التفاعلي

من المجاهر إلى الخلايا

رحلة علمية في عالم الأجسام الدقيقة: أدوات الرؤية وتركيب الخلية

From Microscopes to Cells



كتاب رقمي مُعاد هيكلته وإثراؤه وفق معايير التصميم التعليمي الحديثة

الفصل الأول: المجاهر وأنواعها | الفصل الثاني: الخلايا: التركيب ووظائف الأجزاء

الإصدار الأول – ٢٠٢٦

من المجاهر إلى الخلايا — رحلة علمية في عالم الأجسام الدقيقة: أدوات الرؤية وتركيب الخلية.

الإصدار الأول، ٢٠٢٦.

أعدّ هذا الكتاب الرقمي استناداً إلى المحتوى العلمي الوارد في المادة الدراسية المرفقة (الفصل الأول: المجاهر وأنواعها، والفصل الثاني: الخلايا: التركيب ووظائف الأجزاء)، مع إعادة هيكلة المحتوى وصياغته وإثرائه بمعلومات علمية حديثة من مصادر موثوقة، بما يحافظ على تسلسل المنهج وأهدافه التعليمية.

جميع الأشكال والرسوم العلمية في هذا الكتاب أنتجت خصيصاً له بأسلوب بصري موحد، وتسمياتها الداخلية باللغة الإنجليزية وفق المصطلحات العلمية المعتمدة دولياً، بينما وردت عناوينها وشروحاتها باللغة العربية أسفل كل شكل.

حقوق المحتوى الأصلي محفوظة لأصحابها. ويُسمح باستخدام هذا الإصدار لأغراض تعليمية غير ربحية داخل غرفة الصفّ، مع الإشارة إلى المصدر. ولا يجوز إعادة نشره تجارياً أو تعديله وبيعه من دون إذن خطّي.

إشعار: المعلومات الصحفية الواردة في صناديق «نصيحة صحفية» ذات طابع تثقيفي عام، ولا تُعني عن استشارة المختصين.

لم يتغيّر مسار علم الأحياء تغيّراً جذرياً بفضل أداة واحدة كما تغيّر بفضل المجهر. فقبل أربعة قرون لم يكن أحد يعلم أنّ جسمه مبني من وحدات صغيرة تتنفس وتأكّل وتتقسم، ولم يكن أحد يتصوّر أنّ قطرة ماء قد تحمل مرضاً، أو أنّ ورقة نبات خضراء تخفي في داخلها مصانع دقيقة تحوّل ضوء الشمس إلى غذاء.

يقوم هذا الكتاب على فكرة بسيطة: أنّ فهم الخليّة يبدأ من فهم الأداة التي كشفتها. ولذلك رُتّب في فصلين متتابعين منطقياً؛ يبدأ الفصل الأول بالمجاهر: مبدأ عملها، وأنواعها، وحدود قدرتها، وكيفية حساب تكبيرها، وتطبيقاتها في الطبّ والصناعة والبحث. ثم ينتقل الفصل الثاني إلى ما كشفتته هذه الأدوات: الخليّة وتركيبها الدقيق، من الغشاء الخلوي إلى النواة، مروراً بكلّ عضيّ ووظيفته وتطبيقاته الحيائيّة.

وقد روعي في إعداد الكتاب أن يكون مرجعاً تعليمياً متكاملأ لا ملخصاً مختصراً؛ فأعيدت صياغة المحتوى بلغة عربيّة واضحة، وأضيفت الأمثلة والتشبيهات الحيائيّة، والجداول المقارنة، وصناديق المصطلحات ثنائيّة اللغة، والأنشطة العمليّة، والملاحظات التعليميّة، وصناديق «هل تعلم؟» و«نصيحة صحيّة»، وخرائط المفاهيم، والملخصات، وأسئلة تقويم متدرّجة وفق مستويات بلوم المعرفيّة، وأختم بامتحان شامل من ثلاثين سؤالاً مع مفتاح إجاباته.

نأمل أن يجد فيه الطالب متعة الاكتشاف، والمعلّم أداة منظّمة تعينه على بناء درسه، وأن يكون بابه الأوّل إلى حبّ العلم لا إلى حفظه فحسب.

١. يُتوقّع من الطالب بعد دراسة هذا الكتاب أن يكون قادراً على أن:
 ١. يتتبع التطوّر التاريخي لصناعة المجاهر وأثره في نشأة علم الخلية.
 ٢. يقارن بين أنواع المجاهر من حيث مبدأ العمل والتكبير ومقدار التمييز ومجالات الاستخدام.
 ٣. يحسب مقدار التكبير في المجهر المركّب ويحلّ مشكلات عمليّة مرتبطة بالفحص المجهرى.
 ٤. يحضّر شرائح مجهرية بسيطة ويفحصها ويرسم ما يشاهده رسماً علمياً.
 ٥. يذكر بنود نظرية الخلية ويوضّح دور العلماء في بنائها.
 ٦. يميّز بين الخلايا بدائيّة النوى وحقيقيّة النوى، وبين الخلية النباتيّة والحيوانيّة.
 ٧. يصف تركيب كلّ عضويّ من عضيات الخلية ويستنتج العلاقة بين التركيب والوظيفة.
 ٨. يفسّر ظواهر حيائيّة وطبيّة في ضوء ما تعلّمه عن تركيب الخلية.
 ٩. يستنتج التطبيقات الصناعيّة والطبيّة والزراعيّة والبيئيّة لعلم الخلية والمجاهر.
 ١٠. يوظّف مهارات التفكير الناقد وحلّ المشكلات في مواقف علميّة جديدة.

كيف تستخدم هذا الكتاب؟

صُمم الكتاب ليُقرأ بطريقة نشطة لا بطريقة سلبية؛ وفيما يأتي دليل موجز لعناصره المتكررة:

العنصر	ماذا يعني؟	كيف تتعامل معه؟
مقدمة الفصل	ربط الموضوع بالحياة اليومية	اقرأها قبل الشرح لتكوين صورة عامة
صندوق المصطلحات ♦	المصطلح بالعربية والإنجليزية وتعريفه	دونه في دفترك وراجع قبل الاختبار
الاشكال العلمية	رسوم بتسميات إنجليزية وشرح عربي أسفلها	حلّل الشكل قبل قراءة الشرح
ملاحظة تعليمية 📌	تنبيه على خطأ شائع أو فكرة دقيقة	توقّف عندها وتأكد من فهمك
نشاط عملي 🛠	تجربة أو مهمة تُنفذ	نفّذه بإشراف المعلم ودون ملاحظاتك
هل تعلم؟ ★	معلومة علمية حديثة مثيرة	اربطها بما تعلّمته
نصيحة صحيّة ♥	توجيه صحي مرتبط بالفصل	طبّقها في حياتك اليومية
خريطة المفاهيم	مخطّط للعلاقات بين المفاهيم	أعد رسمها من الذاكرة بعد الدراسة
الملخص والتقويم	أهم الأفكار وأسئلة متدرّجة	أجب دون النظر إلى الشرح ثم راجع

جدول: دليل استخدام عناصر الكتاب

ملاحظة: رُتبت أسئلة التقويم وفق مستويات بلوم المعرفيّة، من التذكّر والفهم (صح/خطأ، أكمل، اختيار من متعدّد)، إلى التطبيق والتحليل (علّل، قارن، رتّب، حلّل الرسوم)، ثم التقويم والإبداع (التفكير الناقد، حلّ المشكلات، الأسئلة المفتوحة).

جدول المحتويات

يبين الجدول الآتي محتويات الكتاب وأرقام صفحاتها.

٢	صفحة حقوق النشر
٣	مقدمة الكتاب
٤	أهداف التعلم العامة
٥	كيف تستخدم هذا الكتاب؟
٦	جدول المحتويات
٧	الفصل الأول: المجاهر وأنواعها
٧	١-١ ما أهمية المجاهر؟
٨	٢-١ مبدأ عمل المجاهر: التكبير ومقدار التمييز
١٠	٣-١ أنواع المجاهر (أ): المجاهر الضوئية
١٣	٤-١ أنواع المجاهر (ب): المجاهر الإلكترونية
١٤	٥-١ جداول الفروقات
١٥	٦-١ التطبيقات الحياتية والصناعية للمجاهر
١٦	٧-١ خريطة المفاهيم (Mind Map)
١٦	٨-١ ملخص الفصل
١٧	٩-١ تقويم الفصل الأول
١٩	الفصل الثاني: الخلايا: التركيب ووظائف الأجزاء
١٩	١-٢ نظرية الخلية
٢٠	٢-٢ الخلايا بدائية النوى والخلايا حقيقية النوى
٢١	٣-٢ الخلايا حقيقية النوى: المكونات الأساسية
٢٨	٤-٢ الفروقات بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية
٢٩	٥-٢ التطبيقات الحياتية والصناعية
٣٠	٦-٢ خريطة المفاهيم (Mind Map)
٣١	٧-٢ ملخص الفصل
٣١	٨-٢ تقويم الفصل الثاني
٣٤	الاختبار النهائي الشامل
٣٦	مفتاح الإجابات
٣٧	ملحق: فهرس المصطلحات ثنائي اللغة
٣٩	المراجع والمصادر

المجاهر وأنواعها

Microscopes and Their Types

مقدمة الفصل: عالم لا تراه العين

انظر إلى قطرة ماء على طرف إصبعك. تبدو لك صافية خالية من أي شيء، لكنها في الحقيقة قد تكون مدينة مزدحمة بالكائنات الحية الدقيقة. وانظر إلى جرح صغير في يدك يلتئم خلال أيام؛ وراء هذا الالتئام آلاف الخلايا التي تنقسم وتبني نسيجاً جديداً دون أن ترى منها شيئاً. إن العين البشرية، على دقتها، لا تستطيع أن تميز الأجسام التي يقل قطرها عن نحو ٠,١ ملليمتر، ولذلك ظلَّ عالم الخلايا والبكتيريا والفيروسات مجهولاً تماماً حتى صنع الإنسان أداةً تفتح له هذا الباب: المجهر.

يُعَدُّ العالم المسلم الحسن بن الهيثم (٣٥٤-٤٣٠ هـ / ٩٦٥-١٠٤٠ م) أول من درس انكسار الضوء في العدسات المحدبة دراسة منهجية في كتابه «المناظر»، وأرسى بذلك الأساس البصري الذي قامت عليه صناعة المجاهر لاحقاً. وفي القرن السابع عشر طوّر العالم الهولندي أنطوني فان ليفنهوك (Antonie van Leeuwenhoek) مجاهر بسيطة ذات عدسة واحدة عالية الجودة، فشاهد بها لأول مرة كائنات حية دقيقة في قطرة ماء وسماها «الخبيئات». وفي الفترة نفسها استخدم روبرت هوك (Robert Hooke) مجهراً مركباً لفحص شريحة رقيقة من الفلين، فرأى حجيرات صغيرة متجاورة أطلق عليها اسم «Cells» أي الخلايا، وهو الاسم الذي بقي مستعملاً إلى اليوم.

ومع تطوّر المجهر المركب ذي العدستين، ثم ظهور المجاهر الإلكترونية في ثلاثينيات القرن العشرين، تسارعت المعرفة بالتركيب الدقيق للخلية، وأحدثت هذه الأدوات ثورة تقنية في العلوم الحياتية والطب والصيدلة وعلوم المواد. فما أنواع المجاهر؟ وما مبدأ عمل كلّ منها؟ وما استخداماتها في حياتنا العملية؟

يُتَوَقَّعُ منك بعد دراسة هذا الفصل أن:

١. تفسّر أهمية المجاهر في الكشف عن عالم الأجسام الدقيقة.
٢. تقارن بين أنواع المجاهر المختلفة من حيث مبدأ العمل ومقدار التكبير ومقدار التمييز.
٣. تحسب مقدار التكبير في المجهر المركب.
٤. توضّح المقصود بمقدار التمييز (الفصل) وعلاقته بوضوح الصورة.
٥. تحضّر شرائح حيوانية ونباتية وتفحصها بالمجهر.
٦. تستنتج استخدامات المجاهر الضوئية والإلكترونية في الطب والصناعة والبحث العلمي.

١-١ ما أهمية المجاهر؟

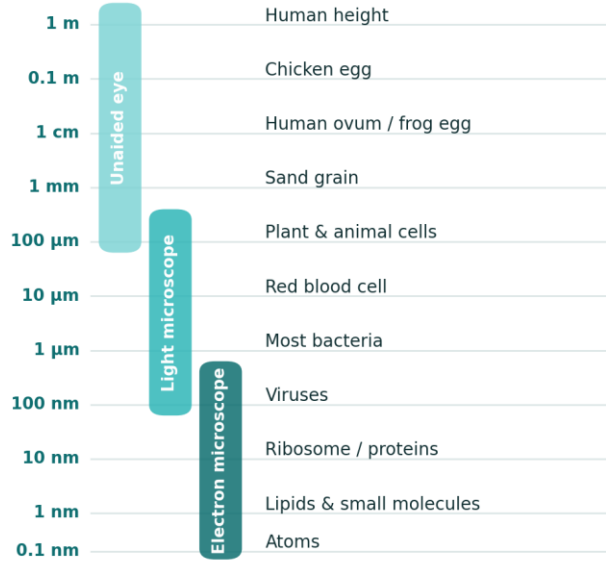
لكي ندرك أهمية المجهر، يجب أولاً أن نتصوّر مدى صِغَر الأجسام التي ندرسها. يستخدم علماء الأحياء وحدات قياس دقيقة جداً، أهمها:

الوحدة	الرمز	العلاقة بالمتر	مثال على ما يُقاس بها
الملليمتر	mm	10^{-3} m	حبة رمل، بيضة ضفدع
الميكرومتر	μm	10^{-6} m	الخلايا والبكتيريا
النانومتر	nm	10^{-9} m	الفيروسات، الرايوسومات، الأغشية
الأنغستروم	$\text{\AA}$	10^{-10} m	أقطار الذرات والروابط

جدول (١-١): وحدات القياس المستخدمة في الدراسات المجهرية

يتراوح قطر معظم الخلايا بين ١ ميكرومتر كما في الخلية البكتيرية، و ١٠٠ ميكرومتر كما في بعض الخلايا الحيوانية والنباتية. ولعلّ هذه الأحجام الصغيرة، التي لا تقع ضمن مدى رؤية العين البشرية، هي التي حثّت العلماء على صناعة المجاهر وتطويرها.

Scale of Biological Sizes



الشكل (١-١): مقياس تدرج أحجام الأجسام والخلايا، ومدى ما يمكن رؤيته بالعين المجردة والمجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني

حلل الشكل

- بالاعتماد على الشكل (١-١)، أجب عن الأسئلة الآتية:
- ما المدى الذي يمكن من خلاله أن ترى العين البشرية الصور واضحة؟
- لماذا استخدم المجهر الضوئي لرؤية الخلايا وبعض أجزائها؟
- ما المدى الذي يمكن من خلاله رؤية الرايبوسومات والفيروسات؟
- أعط أمثلة أخرى على أشياء غير واردة في الشكل، وحدد موقعها على المقياس.

المصطلحات العلمية

المجهر (Microscope)

أداة لتكبير الأجسام التي يصعب رؤيتها بالعين المجردة، وقد أحدثت صناعته ثورة تقنية في مجالات متعددة منها: العلوم الحياتية، والطب، والفيزياء، وعلوم المواد.

الميكرومتر ((Micrometer (μm))

وحدة طول تساوي واحداً من مليون من المتر، وهي الوحدة الشائعة في قياس أحجام الخلايا.

٢-١ مبدأ عمل المجاهر: التكبير ومقدار التمييز

يقوم كل مجهر على فكرتين أساسيتين: الأولى هي التكبير (Magnification)، أي زيادة الحجم الظاهري للجسم، والثانية هي مقدار التمييز أو قوة الفصل (Resolution Power)، أي القدرة على إظهار التفاصيل الدقيقة منفصلة عن بعضها. ولا قيمة للتكبير وحده إذا لم يرافقه تمييز جيد؛ فتكبير صورة غير واضحة يعطي صورة أكبر ولكنها أكثر ضبابية، وهو ما يُعرف بالتكبير الفارغ (Empty Magnification).

أولاً: مقدار التمييز (الفصل)

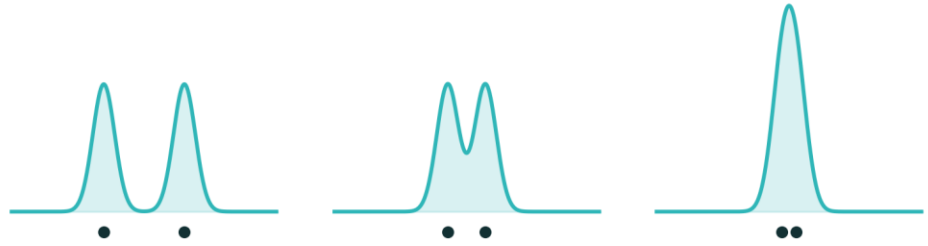
يُعرف مقدار التمييز بأنه أقصر مسافة يمكن من خلالها التمييز بين نقطتين على أنهما نقطتان منفصلتان لا نقطة واحدة، وهو مقياس لوضوح الصورة. وكلما صغرت هذه المسافة زادت دقة المجهر.

Resolving Power: the smallest distance at which two points are seen as separate

Two points resolved

Barely resolved

Not resolved (one blur)



الشكل (٢-١): مفهوم مقدار التمييز (الفصل): نقطتان منفصلتان، ثم على حد الفصل، ثم غير قابلتين للفصل فتظهران كبقعة واحدة

الأداة	مقدار التمييز التقريبي	ملاحظة
العين البشرية المجردة	mm ٠,٢ – ٠,١	نحو ١٠٠ ميكرومتر
المجهر الضوئي المركب	μm ٠,٢	يحدّه الطول الموجي للضوء المرئي
المجهر الإلكتروني	μm ٣-١٠ × ١-٤ × ١٠ ⁻⁵	أي نحو ٠,٣ نانومتر إلى ٠,٠١ نانومتر

جدول (٢-١): مقارنة مقدار التمييز بين العين والمجاهر

والسبب في تفوق المجهر الإلكتروني أنّ الطول الموجي للإلكترونات أقصر بكثير من الطول الموجي للضوء المرئي (٤٠٠-٧٠٠ نانومتر)، وكلّما قصر الطول الموجي للإشعاع المستخدم تحسّن مقدار التمييز.

ملاحظة تعليمية: التكبير ليس هو التمييز

التكبير يجب عن سؤال: «كم مرّة يبدو الجسم أكبر؟»، أمّا التمييز فيجب عن سؤال: «كم تفصيلاً دقيقاً أستطيع أن أراه منفصلاً؟». وقياساً على ذلك، فإن تكبير صورة رقمية منخفضة الدقة (Low Resolution) على شاشة الهاتف يزيد حجمها ولكن لا يزيد تفاصيلها، بل تظهر مربعات البكسل واضحة.

اربط بحياتك اليومية

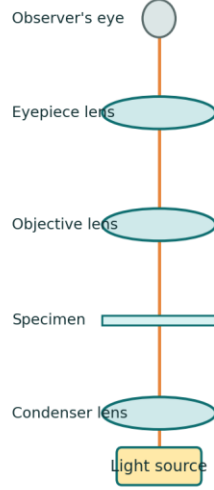
من خلال خبرتك اليومية باستخدام الهواتف الخلوية:

- ما السبب في اختلاف وضوح الصور من هاتف خلويّ إلى آخر؟
- ماذا تعني لك وحدة الميغا بكسل (Mega pixel) الموجودة على كاميرا الهاتف؟
- ما علاقة وحدة الميغا بكسل بمقدار التمييز في المجهر؟

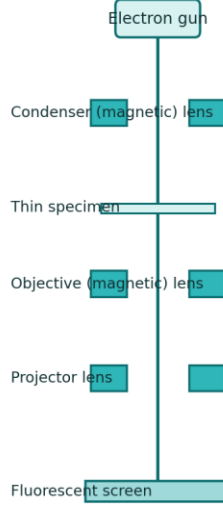
ثانياً: مسار الإشعاع في المجاهر

يوضّح الشكل (٣-١) مبدأ عمل كلّ من: المجهر الضوئي، والمجهر الإلكتروني النافذ، والمجهر الإلكتروني الماسح. ففي المجهر الضوئي يمرّ شعاع ضوئي خلال العيّنة ثم خلال عدسات زجاجية تكسر الضوء وتكبر الصورة. أمّا في المجاهر الإلكترونية فتستبدل حزمة من الإلكترونات بالضوء، وتستبدل العدسات الزجاجية بعدسات كهرومغناطيسية تحرف مسار الإلكترونات، وتتكوّن الصورة على شاشة مُفلوّرة أو كاشف إلكتروني.

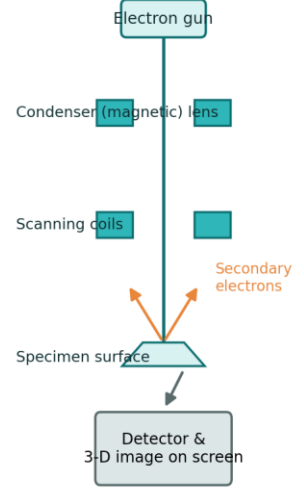
Light Microscope (LM)



Transmission EM (TEM)



Scanning EM (SEM)



الشكل (٣-١): مبدأ عمل كلٍّ من المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني النافذ والمجهر الإلكتروني الماسح

فكر وقارن

بالاعتماد على الشكل (٣-١)، وضّح أوجه الشبه وأوجه الاختلاف بين المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني من حيث: مصدر الإشعاع، ونوع العدسات، ومكان تكوّن الصورة.

المصطلحات العلمية

التكبير (Magnification)

عدد المرات التي يظهر بها الجسم أكبر من حجمه الحقيقي عند رؤيته بالمجهر.

مقدار التمييز (الفصل) (Resolution Power)

أقصر مسافة يمكن من خلالها التمييز بين نقطتين متجاورتين على أنهما منفصلتان؛ وهي مقياس لوضوح الصورة.

التكبير الفارغ (Empty Magnification)

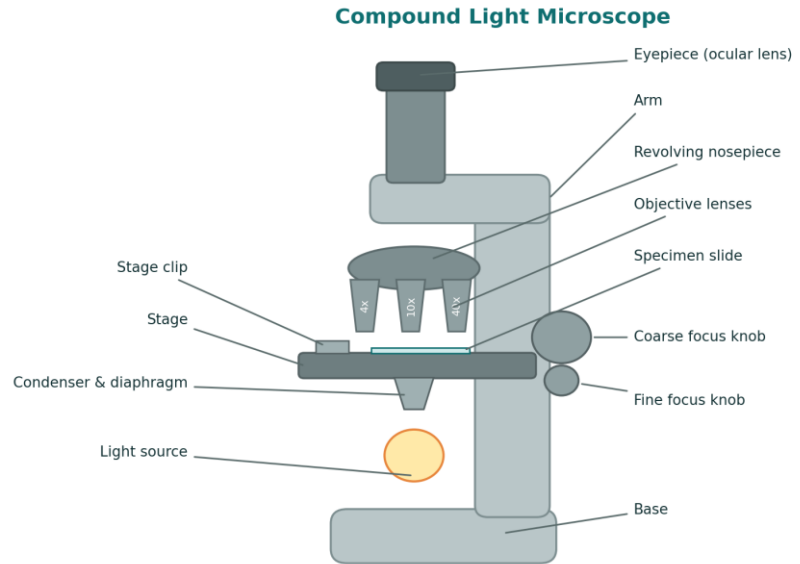
تكبير زائد لا يضيف تفاصيل جديدة؛ لأنّ مقدار التمييز لا يسمح بذلك، فتزداد الصورة ضبابية.

٣-١ أنواع المجاهر (أ): المجاهر الضوئية

المجاهر الضوئية (Light Microscopes) هي التي تستخدم الضوء المرئي مصدراً للإشعاع، وعدسات زجاجية للتكبير. ومن أشهر أنواعها المجهر المركّب والمجهر التشرّحي.

أ - المجهر المركّب (Compound Microscope)

سمّي مركّباً لأنه يحتوي على مجموعتين من العدسات: العدسة العينية والعدسات الشيئية، فيتضاعف أثر التكبير. ويُستخدم لفحص العينات الرقيقة الشفافة التي ينفذ الضوء من خلالها، مثل شريحة من بشرة البصل أو مسحة دم.



الشكل (٤-١): أجزاء المجهر الضوئي المركب

الجزء	وظيفته
العدسة العينية	العدسة التي ينظر من خلالها الفاحص، وتكبيرها غالباً ١٠X
العدسات الشيئية	عدسات قريبة من العين بتكبيرات مختلفة (٤X, 10X, 40X, 100X)
قرص تحريك العدسات	قرص دوار يُستبدل به عدسة شبيثة بأخرى
الذراع	يصل الأنبوب بالقاعدة ويُحمل المجهر منه
المنضدة (المسرح)	سطح توضع عليه الشريحة، وفي وسطه فتحة لمرور الضوء
مثبت الشريحة	يحافظ على ثبات الشريحة أثناء الفحص
الضابط الكبير (الخشن)	يقرب العدسة من العين تقريباً سريعاً للحصول على صورة أولية
الضابط الصغير (الدقيق)	يضبط الوضوح النهائي بدقة
المصدر الضوئي والمكثف	يوفر الضوء ويجمعه على العين، والحجاب ينظم شدته
القاعدة	تحمل المجهر وتمنحه الثبات

جدول (٣-١): أجزاء المجهر المركب ووظائفها

مقدار التكبير في المجهر المركب

لإيجاد مقدار التكبير الكلي في المجهر المركب نستخدم القانون الآتي:

$$\text{Total Magnification} = \text{Ocular} \times \text{Objective}$$

Ocular lens 10x	×	Objective lens 40x	=	Total magnification 400x
--------------------	---	-----------------------	---	-----------------------------

Example: 10x ocular with 4x, 10x, 40x, 100x objectives → 40x, 100x, 400x, 1000x

الشكل (٥-١): حساب مقدار التكبير الكلي في المجهر المركب

مثال محلول

استخدم طالب مقدار تكبير $400\times$ في فحص عيّنة ما، فإذا علمت أنّ مقدار تكبير العدسة العينية $10\times$ ، فما مقدار تكبير العدسة الشيئية؟
الحل: التكبير الكلي = العينية $\times$ الشيئية $\leftarrow 400 = 10 \times \text{س} \leftarrow \text{س} = 40\times$.
أي أنّ الطالب استخدم العدسة الشيئية $40\times$.

العدسة الزيتية (Oil Immersion Lens)

تُستخدم في المجهر المركّب عدسة شبيهة قوتها $100\times$ تُسمى العدسة الزيتية، توضع بينها وبين الشريحة قطرة من زيت خاص معامل انكساره قريب من معامل انكسار الزجاج. وفائدة الزيت أنّه يمنع تشتت الأشعة الضوئية عند خروجها من الشريحة إلى الهواء، فيزيد كمية الضوء الداخلة إلى العدسة، ويحسن بذلك وضوح الصورة ومقدار التمييز.

ب - المجهر التشريحي (Dissecting Microscope)

يُعرف أيضاً بالمجهر المجسم (Stereo Microscope)؛ يعطي صورة مجسّمة ثلاثية الأبعاد بتكبير منخفض (عادة $10\times-50\times$)، ويُضاء من الأعلى بالضوء المنعكس. وميزته الكبرى أنّه لا يحتاج إلى تحضير مقاطع رقيقة؛ فيمكن فحص الجسم كما هو: بُصيلة شعر، حشرة، زهرة، أو قطعة إلكترونية. ولذلك يُستخدم في التشريح الدقيق، وفي فحص المجوهرات والدوائر الإلكترونية.

جهاز الميكروتوم (Microtome)

جهاز يُستخدم لتحضير الشرائح؛ إذ يقوم بتقطيع العينات السميكة إلى مقاطع رقيقة جداً (بسمك $1-10$ ميكرومتر للمجهر الضوئي) ينفذ الضوء من خلالها. وغالباً تُنبت العينة بمادة متينة ثم تُطمر في شمع البارافين قبل التقطيع، وتُصبغ المقاطع بأصباغ خاصة لإبراز التراكيب المختلفة.

لماذا نصبغ الشرائح؟

معظم مكونات الخلية شفافة عديمة اللون، فلا تظهر تفاصيلها بوضوح. ولذلك تُستخدم أصباغ مثل: اليود (لحبيبات النشا)، والميثيلين الأزرق (للنواة)، وصبغة الهيماتوكسيلين والإيوسين (H&E) في المختبرات الطبية. الصبغة تزيد التباين (Contrast) ولا تزيد التكبير.

نشاط (١): فحص قطرة حليب

المواد والأدوات: حليب مبستر، شرائح زجاجية، غطاء شرائح، قطارة، مجهر مركّب مع كاميرا إن توفّر.
خطوات العمل:

١. ضع قطرة حليب على الشريحة، ثم غطّها بغطاء الشريحة بزواوية مائلة لتجنّب فقاعات الهواء.
 ٢. افحص العينة تحت المجهر باستخدام العدسة الشيئية الصغرى أولاً.
 ٣. اضبط الرؤية باستخدام الضابطين الكبير ثم الصغير.
 ٤. ارسّم ما تراه في الشريحة، وقدر أقطار الدقائق بالنسبة إلى مجال الرؤية.
- أسئلة النشاط: لماذا لم تتم رؤية بعض مكونات الحليب بالعين المجردة؟ وماذا تتوقع أن تكون الدقائق التي رأيته في الشريحة؟ وهل يمكن الحصول على صور مكبرة أكثر لمكونات الحليب؟ كيف؟

نشاط (٢): مشاهدة بُصيلة شعر

المواد والأدوات: مجهر تشريحي، بُصيلات شعر من الحاجب أو الرأس.
خطوات العمل: أحضر عينة بُصيلة الشعر وافحصها بالمجهر التشريحي، واضبط الرؤية بالضابطين الكبير والصغير، ثم ارسّم ما تشاهده.
سؤال: اذكر استخدامات أخرى للمجهر التشريحي في المختبر وفي الصناعة.

المصطلحات العلمية

المجهر المركب (Compound Microscope)

مجهر ضوئي يحتوي على عدسة عينية وعدسات شبيئية، ويُستخدم لفحص المقاطع الرقيقة التي ينفذ الضوء خلالها.

المجهر التشريحي (Dissecting (Stereo) Microscope)

مجهر ضوئي منخفض التكبير يعطي صورة مجسمة لسطح الجسم دون الحاجة إلى تحضير مقاطع رقيقة.

الميكروتوم (Microtome)

جهاز يقطع العينات إلى مقاطع رقيقة جداً لتحضير الشرائح المجهرية.

العدسة الزيتية (Oil Immersion Lens)

عدسة شبيئية (100X) يُستخدم معها زيت خاص لتقليل تشتت الضوء وزيادة وضوح الصورة.

١- أنواع المجاهر (ب): المجاهر الإلكترونية

تُستخدم في المجاهر الإلكترونية (Electron Microscopes) حزمة من الإلكترونات بدل المصدر الضوئي، وعدسات كهرومغناطيسية بدل العدسات الزجاجية، وتقع صورة الجسم المُلاحظ على شاشة مُفلوَّرة أو كاشف رقمي. وتعمل هذه المجاهر في فراغ عالٍ (Vacuum) حتى لا تصطدم الإلكترونات بجزيئات الهواء، ولذلك تُفحص من خلالها الخلايا الميتة المعالجة، ولا يمكن مشاهدة الكائنات الحية وهي تتحرك.

١. المجهر الإلكتروني الماسح (SEM – Scanning Electron Microscope)

تُمسح سطح العينة بحزمة إلكترونية دقيقة، فتنبعث منه إلكترونات ثانوية يلتقطها كاشف ويحولها إلى صورة. تظهر الصورة في هذا المجهر بأبعادها الثلاثية، وهي صورة لسطح الجسم لا لداخله، وتُطلى العينة عادة بطبقة رقيقة من الذهب أو البلاتين لتحسين التوصيل. ويُستخدم في دراسة سطوح الخلايا، وتصنيف حبوب اللقاح، وفحص أسطح المواد والسبائك واللدائن.

٢. المجهر الإلكتروني النافذ (TEM – Transmission Electron Microscope)

تنفذ الإلكترونات خلال مقطع رقيق جداً من العينة (٥٠-١٠٠ نانومتر)، فتتكوّن صورة ثنائية الأبعاد للتركيب الداخلي. ويُعدّ المجهر النافذ الأداة الرئيسية لدراسة التركيب الدقيق للخلية: الأعشية، والميتوكوندريا، والرايبوسومات، وجزيئات مثل الـ DNA، والفيروسات.

SEM – Scanning Electron Microscope	TEM – Transmission Electron Microscope
Electrons scattered from the surface	Electrons pass through the specimen
Produces a 3-D surface image	Produces a 2-D internal image
Specimen coated with a thin metal layer	Ultra-thin sections (~50-100 nm)
Magnification up to ~100,000x	Magnification up to ~1,000,000x
Used for pollen grains, insects, surfaces	Used for organelles, viruses, DNA

الشكل (١-٦): مقارنة مصوّرة بين المجهر الإلكتروني الماسح والمجهر الإلكتروني النافذ

٣. نشاط (٣): مقارنة بين صور المجهرين الإلكترونيين النافذ والماسح

أمامك صورتان لحبوب لقاح: الأولى تُظهر التفاصيل الخارجيّة للسطح بارزةً ومجسّمة، والثانية تُظهر الأغشية والمحتويات الداخليّة بلونين فاتح وغامق في مستوى واحد.

- أيّ الصورتين تُنقّط بالمجهر الإلكتروني النافذ؟ وأيها بالماسح؟ فسّر إجابتك.
- لماذا تكون صور المجاهر الإلكترونيّة عديمة اللون أصلاً، ثم تُلوّن حاسوبياً؟

تقنيات مجهرية حديثة

لم يتوقّف تطوّر المجاهر عند هذا الحد؛ فقد ظهرت تقنيات حديثة وسّعت حدود الرؤية:

- المجهر الفلوري (Fluorescence Microscope): يستخدم أصبغاً أو بروتينات مضيئة مثل البروتين الأخضر المتألّق (GFP) لإظهار تراكيب محدّدة داخل الخليّة الحيّة بألوان متوهّجة.
- المجهر الكونفوكالي (Confocal Microscope): يعتمد على الليزر وفتحة ضيقة لالتقاط مقاطع بصريّة متتابعة تُجمع حاسوبياً في صورة ثلاثيّة الأبعاد عالية الوضوح.
- المجهر الإلكتروني البارد (Cryo-EM): تُجمّد فيه العيّنة تجميداً فائق السرعة فتُحفظ الجزيئات في حالتها الطبيعيّة تقريباً؛ وقد مُنحت جائزة نوبل في الكيمياء عام ٢٠١٧ لمطوّريه، ويُستخدم اليوم في تحديد تراكيب البروتينات والفيروسات، ومنها فيروسات كورونا.
- مجهر القوّة الذريّة (Atomic Force Microscope – AFM): يتحسّس السطح بإبرة دقيقة جداً فيرسم خريطة تضاريس بدقّة تصل إلى مستوى الذرّات، ويعمل على عيّّنات حيّة في وسط سائل.
- المجهر فائق التمييز (Super-resolution Microscopy): تقنيات ضوئيّة تجاوزت حدّ الطول الموجي للضوء، ونالت جائزة نوبل في الكيمياء عام ٢٠١٤.

★ هل تعلم؟

حصل تطوير المجهر الإلكتروني على اعتراف عالمي حين نال إرنست روسكا (Ernst Ruska) جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٨٦، بعد أكثر من خمسين عاماً من بنائه أوّل مجهر إلكتروني عام ١٩٣١. أمّا أقوى المجاهر الإلكترونيّة الحديثة فتستطيع تمييز تفاصيل أصغر من قطر ذرّة الهيدروجين، أي أقل من ٠,٠٥ نانومتر!

٥-١ جداول الفروقات

أوجه المقارنة	المجهر الضوئي المركب	المجهر الإلكتروني
مصدر الإشعاع	ضوء مرئي	حزمة إلكترونات
نوع العدسات	عدسات زجاجيّة	عدسات كهرومغناطيسيّة
أقصى تكبير تقريبي	نحو $1500\times$	من $100,000\times$ إلى أكثر من $1,000,000\times$
مقدار التمييز	$0.2\ \mu\text{m}$	$10^{-4}\times 10^{-5}\ \mu\text{m}$
حالة العيّنة	حيّة أو ميتة	ميتة ومعالّجة (فراغ عالٍ)
لون الصورة	ملوّنة طبيعيّاً أو بالصيغات	أبيض وأسود تُلوّن حاسوبياً
مكان تكوّن الصورة	العين أو الكاميرا	شاشة مُفلوّرة أو كاشف رقمي
الكلفة والحجم	قليلة، ومحمول	مرتفعة جداً، ويحتاج غرفة خاصة

جدول (٤-١): الفروقات بين المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني

أوجه المقارنة	المجهر المركب	المجهر التشريحي
مصدر الضوء	نافذ من أسفل العيّنة	منعكس من أعلى العيّنة
نوع العيّنة	مقاطع رقيقة شفافة	أجسام كاملة سميكة

أوجه المقارنة	المجهر المركب	المجهر التشريحي
نوع الصورة	ثنائية الأبعاد، مقلوبة	مجسمة ثلاثية الأبعاد، معتدلة
مدى التكبير	40X – 1000X	10X – 50X تقريباً
أمثلة استخدام	مسحة دم، بشرة بصل	بُصيلة شعر، حشرة، دائرة إلكترونية

جدول (٥-١): الفروقات بين المجهر المركب والمجهر التشريحي

أوجه المقارنة	المجهر الماسح SEM	المجهر النافذ TEM
مسار الإلكترونات	ترتد عن السطح	تنفذ خلال العينة
نوع الصورة	ثلاثية الأبعاد للسطح	ثنائية الأبعاد للداخل
تحضير العينة	طلاء بطبقة معدنية رقيقة	مقاطع فائقة الرقة ١٠٠-٥٠ nm
أمثلة الاستخدام	سطح حبوب اللقاح، أعين الحشرات	العضيات، الفيروسات، الأغشية

جدول (٦-١): الفروقات بين المجهرين الإلكترونيين الماسح والنافذ

٦-١ التطبيقات الحياتية والصناعية للمجاهر

أولاً: تطبيقات في الحياة اليومية

- فحص مياه الشرب والآبار للكشف عن الطفيليات والبكتيريا قبل الاستهلاك.
- الكشف عن القمل وبيوضه في الشعر، وعن العث المنزلي المسبب للحساسية.
- فحص عينات التربة والنبات في الحدائق المنزلية لتشخيص الأمراض الفطرية.
- فحص جودة الأقمشة والألياف والمجوهرات وقطع الغيار الدقيقة.

ثانياً: تطبيقات في الطب والتشخيص

- تشخيص أمراض الدم: فقر الدم المنجلي، واللويميا، وعدّ كريات الدم.
- الكشف عن طفيلي الملاريا في مسحة الدم؛ وما زال الفحص المجهري المعيار المرجعي عالمياً بحسب منظمة الصحة العالمية (WHO).
- فحص المقاطع النسيجية (Histopathology) للكشف عن الأورام وتحديد نوعها.
- فحص السائل المنوي وتحليل البول، وفحوص المسحة العنقية للكشف المبكر عن سرطان عنق الرحم.
- الجراحة المجهرية (Microsurgery) في جراحات العيون والأعصاب وإعادة توصيل الأوعية الدموية.

ثالثاً: تطبيقات في التكنولوجيا الحيوية والصناعة

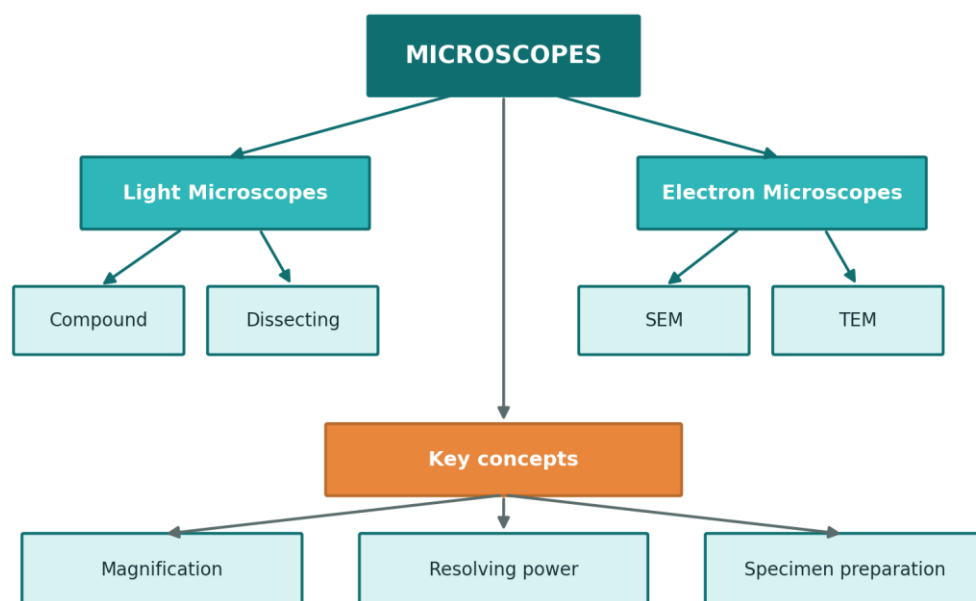
المجال	أمثلة على استخدام المجاهر
التكنولوجيا الحيوية	متابعة مزارع الخلايا، وفحص الأجنة في الإخصاب المخبري، وحقن الخلايا مجهرياً (Microinjection)
الصناعات الغذائية	مراقبة بكتيريا الألبان النافعة، والكشف عن التلوث الميكروبي في المصانع
الصناعات الدوائية	اختبار عقامة الأدوية، ودراسة تأثير الدواء في تركيب الخلايا والبكتيريا
الزراعة	تصنيف حبوب اللقاح، وتشخيص أمراض النبات الفطرية والفيروسية، وفحص البذور
البيئة	تقدير نوعية المياه بالكائنات الدالة، ورصد اللدائن الدقيقة (Microplastics)
الهندسة الوراثية	فحص الكروموسومات، وتقنيات التهجين الموضعي المتألق (FISH)
علوم المواد والتقنيات الحديثة	فحص الشرائح الإلكترونية، وأنابيب الكربون النانوية، وسبائك المعادن
الطب الشرعي	فحص الألياف والشعر وآثار البارود وحبوب اللقاح لتحديد مكان الجريمة

جدول (٧-١): التطبيقات الصناعية والبحثية للمجاهر

♥ نصيحة صحية

إذا كنت تستخدم المجهر مدّة طويلة، اتّبع قاعدة ٢٠-٢٠-٢٠: كل ٢٠ دقيقة انظر إلى شيء يبعد نحو ٢٠ قدماً (٦ أمتار) لمدّة ٢٠ ثانية، لإراحة عضلات العين وتقليل إجهاد النظر. واحرص على أن يكون ارتفاع الكرسي مناسباً حتى لا تتحني رقبتك، ولا تنظر إلى مصدر الضوء القوي مباشرة.

٧-١ خريطة المفاهيم (Mind Map)



الشكل (٧-١): خريطة مفاهيم الفصل الأول توضّح العلاقة بين أنواع المجاهر ومفاهيمها الأساسية

٨-١ ملخص الفصل

أهم الأفكار

- المجهر أداة لتكبير الأجسام التي لا تراها العين المجردة؛ إذ لا تميّز العين أجساماً أصغر من نحو ٠,١ مم.
- التكبير يزيد الحجم الظاهري، ومقدار التمييز يحدّد وضوح التفاصيل، والاثنتان معاً يحدّدان جودة الصورة.
- المجاهر الضوئية تستخدم الضوء وعدسات زجاجية، وأشهرها المركّب والتشريح.
- المجاهر الإلكترونية تستخدم الإلكترونات وعدسات كهرومغناطيسية: الماسح للسطوح المجسّمة، والنافذ للتركيب الداخلي الدقيق.
- التكبير الكلي في المجهر المركّب = تكبير العينية × تكبير الشيئية.

أهم المصطلحات

المجهر (Microscope) – التكبير (Magnification) – مقدار التمييز (Resolution Power) – المجهر المركّب (Compound Microscope) – المجهر التشريحي (Dissecting Microscope) – المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) – المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) – الميكروتوم (Microtome) – العدسة الزيتية (Oil Immersion Lens).

نقاط يجب حفظها

- مقدار تمييز المجهر المركّب $\approx 0,2 \mu\text{m}$ ، والمجاهر الإلكترونية $3 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5} \mu\text{m}$.
- قطر الخلايا: $1 \mu\text{m}$ في البكتيريا إلى $100 \mu\text{m}$ في بعض الخلايا الحيوانية والنباتية.
- المجهر الماسح ← صورة ثلاثية الأبعاد للسطح، والنافذ ← صورة داخلية دقيقة.

أولاً: ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة غير الصحيحة

١. يستطيع المجهر التشريحي فحص أجسام كاملة دون تحضير مقاطع رقيقة لها. (.....)
٢. كلما زاد مقدار التمييز عددياً (أي كبرت المسافة) كانت الصورة أوضح. (.....)
٣. يمكن مشاهدة البكتيريا الحية وهي تتحرك بالمجهر الإلكتروني النافذ. (.....)
٤. الحسن بن الهيثم من أوائل من درسوا انكسار الضوء في العدسات دراسة منهجية. (.....)
٥. التكبير الكلي في المجهر المركب هو حاصل جمع تكبير العدستين العينية والشبكية. (.....)
٦. تعمل المجاهر الإلكترونية في فراغ عالٍ. (.....)

ثانياً: أكمل الفراغ بما يناسبه

١. وحدة القياس التي تساوي 10^{-6} من المتر هي
٢. الجهاز المستخدم لتقطيع العينات إلى مقاطع رقيقة جداً هو
٣. العدسة الشبكية التي تُستخدم معها قطرة زيت تسمى
٤. المجهر الذي يعطي صورة ثلاثية الأبعاد لسطح العينة هو
٥. أقصر مسافة يمكن من خلالها التمييز بين نقطتين تسمى

ثالثاً: اختر رمز الإجابة الصحيحة

١. بماذا يتميز المجهر الضوئي المركب عن المجهر الإلكتروني الماسح؟
(أ) مقدار التكبير فيه أكبر. (ب) يمكن من خلاله رؤية الخلايا حية. (ج) يمكن من خلاله فحص جميع أجزاء الخلية. (د) مقدار الفصل أو التمييز فيه أعلى.
٢. ما الذي يميز المجهر التشريحي عن غيره من المجاهر الضوئية؟
(أ) مقدار تكبيره أعلى. (ب) مقدار الفصل فيه أعلى. (ج) يمكن بواسطته رؤية العينات دون تحضير مقاطع رقيقة لها. (د) عدساته مفلورة.
٣. أي المجاهر الآتية يمكن بواسطته تمييز سطح حبيبات اللقاح؟
(أ) الضوئي المركب. (ب) التشريحي. (ج) الإلكتروني الماسح. (د) الإلكتروني النافذ.
٤. استخدم طالب عدسة عينية $10\times$ وعدسة شبكية $100\times$ ، فيكون التكبير الكلي:
(أ) $110\times$ (ب) $1000\times$ (ج) $10\times$ (د) $10000\times$
٥. أي مما يأتي يفسر تفوق المجهر الإلكتروني في مقدار التمييز؟
(أ) كبر حجمه. (ب) قصر الطول الموجي للإلكترونات. (ج) استخدامه عدسات زجاجية سميكة. (د) عمله تحت ضغط جوي عالٍ.

رابعاً: علّل ما يأتي تعليلاً علمياً

١. تُستخدم قطرة زيت مع العدسة الشبكية $100\times$.
٢. لا يمكن فحص الخلايا الحية بالمجهر الإلكتروني.
٣. تُصبغ الشرائح المجهرية قبل فحصها بالمجهر الضوئي.
٤. لا فائدة من زيادة التكبير دون تحسين مقدار التمييز.

خامساً: قارن

- قارن بين المجاهر الضوئية والمجاهر الإلكترونية من حيث: نوع العدسات المستخدمة، ومقدار التكبير، ومقدار الفصل (التمييز).

- قارن بين المجهر الإلكتروني الماسح والمجهر الإلكتروني النافذ من حيث نوع الصورة وتحضير العينة.

سادساً: رتّب

رتّب الأجسام الآتية تصاعدياً حسب الحجم: ذرة – خلية نباتية – فيروس – بكتيريا – رايبوسوم – بيضة دجاجة.
رتّب خطوات فحص شريحة بالمجهر المركّب: ضبط الضابط الصغير – وضع الشريحة على المنضدة – اختيار العدسة الشيئية الصغرى – تشغيل المصدر الضوئي – ضبط الضابط الكبير.

سابعاً: صلّ بين العمودين

العمود (أ)	العمود (ب)
١. الميكروتوم	أ. صورة مجسّمة لسطح العينة
٢. المجهر الإلكتروني الماسح	ب. تقطيع العينات إلى مقاطع رقيقة
٣. العدسة الزيتية	ج. دراسة التركيب الداخلي الدقيق للخلية
٤. المجهر الإلكتروني النافذ	د. تقليل تشتت الضوء وزيادة الوضوح

ثامناً: فسّر وحلّ الرسوم

- بالعودة إلى الشكل (١-١): لماذا يقع الفيروس خارج مدى المجهر الضوئي؟ وما الأداة المناسبة لرؤيته؟
- بالعودة إلى الشكل (٢-١): ماذا يحدث لصورة نقطتين متجاورتين إذا كانت المسافة بينهما أقلّ من مقدار تمييز المجهر؟
- بالعودة إلى الشكل (٣-١): لماذا وُضعت العدسات الكهرومغناطيسية على شكل ملفّات حول مسار الإلكترونات؟

تاسعاً: أسئلة تطبيقية وحسابية

- فحص طالب خلية بصل بتكبير كلّي $100\times$ ، ثم انتقل إلى العدسة $40\times$ مع بقاء العينة $10\times$. ما التكبير الجديد؟ وكيف يتغيّر مجال الرؤية؟
- إذا كان قطر مجال الرؤية $1,5$ مم عند تكبير $40\times$ ، فكم يصبح تقريباً عند تكبير $400\times$ ؟
- خلية يبلغ طولها الحقيقي $50\text{ }\mu\text{m}$ ، ظهرت في صورة مجهرية بطول 5 سم. احسب مقدار التكبير.

عاشرأ: أسئلة التفكير الناقد وحلّ المشكلات

- حاول طالب رؤية عينة سمكية من ثمرة البندورة بالمجهر المركّب فظهرت الصورة معتمة غير واضحة. ما التفسير؟ وما الحلّ المقترح؟
- لو تمكّن العلماء من تطوير مجهر إلكتروني يعمل من دون فراغ، فما الأثر المتوقّع في دراسة الخلايا الحية؟
- طبيب في منطقة نائية يملك مجهراً ضوئياً بسيطاً فقط. أيّ الأمراض يمكنه تشخيصها؟ وأيهما يحتاج إلى إرسال العينة إلى مختبر مركزي؟ برّر.

حادي عشر: أسئلة مقالية قصيرة ومفتوحة

- اكتب تقريراً قصيراً (نصف صفحة) حول مجالات تُستخدَم فيها المجاهر في بيئتك المحلية.
- برأيك، كيف كانت ستتأخّر معرفتنا بالأمراض المعدية لو لم يُخترع المجهر؟
- سؤال مفتوح: إذا أُتيح لك تصميم مجهر المستقبل، فما الخصائص الثلاث التي ستضيفها إليه؟ ولماذا؟

الخلايا: التركيب ووظائف الأجزاء

Cells: Structure and Function

مقدمة الفصل: مصنع دقيق في كل جسم

تخيل مدينة صناعية كاملة: لها سور يحيط بها وبوابات تنظم الدخول والخروج، وفيها مركز إدارة يحفظ الخطط والمخططات، ومصانع تنتج، ومحطة طاقة تزود الجميع بالوقود، وشبكة طرق تنقل البضائع، ومحطة لمعالجة النفايات. هذه المدينة موجودة فعلاً داخل جسمك، وتتركز فيه نحو ٣٠ تريليون مرة؛ إنها الخلية.

تتكون أجسام الكائنات الحية من خلايا تختلف في الشكل والحجم والوظيفة: فالخلية العصبية قد يمتد محورها أكثر من متر، وخلية الدم الحمراء قرصية مقعرة الوجهين بقطر ٧ ميكرومترات تقريباً، وخلية البويضة البشرية من أكبر الخلايا وقطرها نحو ١٠٠ ميكرومتر. فما الخلية؟ ومم تتكون؟ وهل جميع الخلايا متشابهة في التركيب؟

بعد دراستك هذا الفصل، ستكون قادراً على أن:

١. تذكر نصّ نظرية الخلية وبنودها وتطورها التاريخي.
٢. تميز بين خلايا بدائية النوى وخلايا حقيقية النوى.
٣. تصف تركيب الخلايا حقيقية النوى ومكوناتها الأساسية الثلاثة.
٤. تحدد وظيفة كل عضي من عضيات الخلية حقيقية النوى.
٥. تقارن بين الخلية الحيوانية والخلية النباتية.
٦. تستنتج العلاقة بين تركيب العضي ووظيفته وتطبيقاته الطبية والصناعية.

١-٢ نظرية الخلية (Cell Theory)

ساعد تطور المجاهر في التعمق في دراسة الخلية حتى أصبحت دراستها علماً قائماً بذاته، أطلق عليه علم الخلية (Cytology). وقد ساعد استمرار تطور المجاهر العالمين ماتيئاس شلايدن (Schleiden) وتيودور شفان (Schwann) في القرن التاسع عشر على وضع بنود نظرية الخلية، التي تنص على أن:

١. جميع الكائنات الحية تتكون من خلية واحدة أو أكثر.
 ٢. الخلية هي وحدة البناء والتركيب والوظيفة في أجسام الكائنات الحية.
 ٣. تنتج الخلايا الجديدة من خلايا سابقة لها.
- أضاف العالم رودولف فيرشو (Virchow) عام ١٨٥٥ البند الثالث بعبارة المشهورة «كل خلية من خلية»، وبذلك أغلق الباب أمام فكرة التولد الذاتي. وقد أضاف العلم الحديث بنوداً مكّلة، منها أن الخلايا تحمل المعلومات الوراثية في الـ DNA وتورثها لخلاياها البنوية، وأن التفاعلات الحيوية (الأيض) تحدث داخل الخلايا، وأن خلايا جميع الكائنات متشابهة في تركيبها الكيميائي الأساسي.

العالم	السنة تقريباً	إسهامه
روبرت هوك	١٦٦٥	شاهد حجيرات الفلين وسماها Cells
فان ليفنهوك	١٦٧٤	شاهد كائنات حية دقيقة حية لأول مرة
روبرت براون	١٨٣١	وصف النواة في خلايا النبات
شلايدن	١٨٣٨	جميع النباتات تتكون من خلايا
شفان	١٨٣٩	جميع الحيوانات تتكون من خلايا

العالم	السنة تقريباً	إسهامه
فيرشو	١٨٥٥	كل خلية تنشأ من خلية سابقة

جدول (١-٢): محطات تاريخية في بناء نظرية الخلية

تتكوّن أجسام بعض الكائنات الحيّة من خلية واحدة، كالبكتيريا والأميبا، أو من خلايا عدّة كالإنسان، وهذه الخلايا تقوم بالوظائف الحيويّة للكائن الحيّ. وتختلف الخلايا من كائن حيّ إلى آخر، أو في الكائن الحيّ الواحد في شكلها ووظائفها، ويتلاءم شكل الخلية وتركيبها مع وظيفتها؛ فالخلية العضلية ممثلة بالخيوط الانقباضية، وخلية البنكرياس الإفرازية غنيّة بالشبكة الإندوبلازمية وجهاز غولجي. ويمكن تقسيم الخلايا إلى نوعين: خلايا بدائية النوى وخلايا حقيقية النوى.

المصطلحات العلمية

الخلية (Cell)

أصغر وحدة بنائية ووظيفية في جسم الكائن الحيّ، وقادرة على أداء الوظائف الحيويّة.

علم الخلية (Cytology)

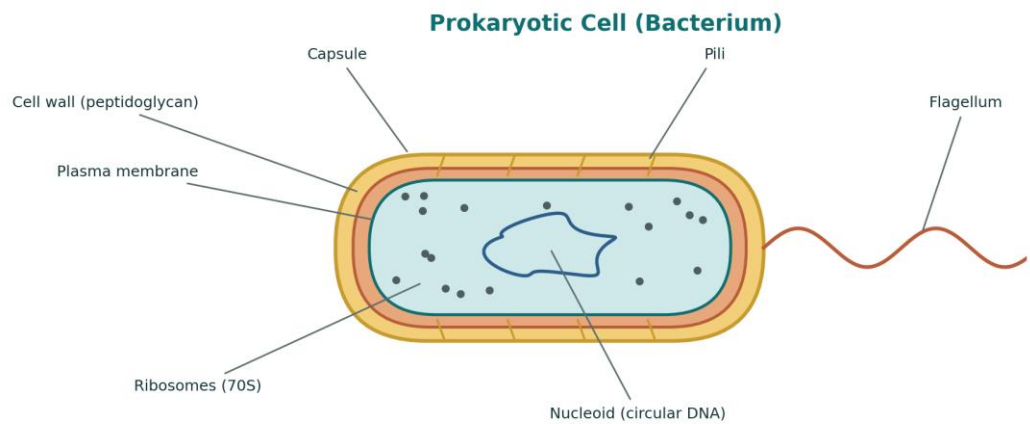
العلم الذي يدرس تركيب الخلايا ووظائفها وانقسامها.

نظرية الخلية (Cell Theory)

نظرية تنصّ على أنّ الكائنات الحيّة تتكوّن من خلايا، وأنّ الخلية وحدة البناء والوظيفة، وأنّ كلّ خلية تنشأ من خلية سابقة.

٢-٢ الخلايا بدائية النوى والخلايا حقيقية النوى

تتميّز الخلايا بدائية النوى (Prokaryotic Cells) بصغر حجمها وبساطة تركيبها مقارنة بالخلايا حقيقية النوى (Eukaryotic Cells)، فهي لا تحتوي على نواة حقيقية محاطة بغلاف، ولا على عضيات غشائية. وتوجد هذه الخلايا في البكتيريا والبكتيريا القديمة (Archaea)، بينما تكون الخلايا حقيقية النوى في جميع الكائنات الحيّة الأخرى: الطلائعيات والفطريات والنباتات والحيوانات.



الشكل (١-٢): تركيب الخلية بدائية النوى (خلية بكتيرية)

تتألف الخلية البكتيرية من جدار خلوي يحميها ويحدّد شكلها، وغشاء بلازمي ينظّم العبور، وسيتوبلازم يحتوي على رايبوسومات من نوع ٧٠S، ومنطقة نووية (Nucleoid) يوجد فيها جزيء DNA وحيد حلقي غير محاط بغلاف. وقد تحمل الخلية زوائد مثل السوط للحركة، والأهداب الجنسية (Pili) للتصاق ونقل المادة الوراثية، ومحفظة مخاطية تزيد قدرتها على مقاومة الظروف الصعبة. كما قد تحتوي على بلازميدات (Plasmids) وهي حلقات DNA صغيرة إضافية تُستخدم اليوم أدوات أساسية في الهندسة الوراثية.

أوجه المقارنة	الخلايا بدائية النوى	الخلايا حقيقية النوى
قطر الخلية	~ ١-٥ µm	~ ١٠-١٠٠ µm

أوجه المقارنة	الخلايا بدائية النوى	الخلايا حقيقية النوى
نمط النواة	لا تحتوي على نواة حقيقية؛ المادة الوراثية في السيتوبلازم غير محاطة بغلاف نووي	تحتوي على نواة محاطة بغلاف نووي يحيط بالمادة الوراثية
المادة الوراثية (DNA) / الكروموسوم	وحيد دائري الشكل، ولا يحتوي على بروتين الهستون	متعدد خطي الشكل، ويحتوي على بروتين الهستون
العضيات الخلوية	لا تحتوي على عضيات خلوية غشائية	تحتوي على عضيات خلوية غشائية، مثل المايوتوكندريا
الريبوسومات	من نوع ٧٠S	من نوع ٨٠S (و ٧٠S داخل المايوتوكندريا والبلاستيدات)
الانقسام الخلوي	انشطار ثنائي (انقسام متساوي)	انقسام متساوي (Mitosis) وانقسام منصف (Meiosis)
أمثلة	البكتيريا، البكتيريا القديمة	الطلائعيات، الفطريات، النباتات، الحيوانات

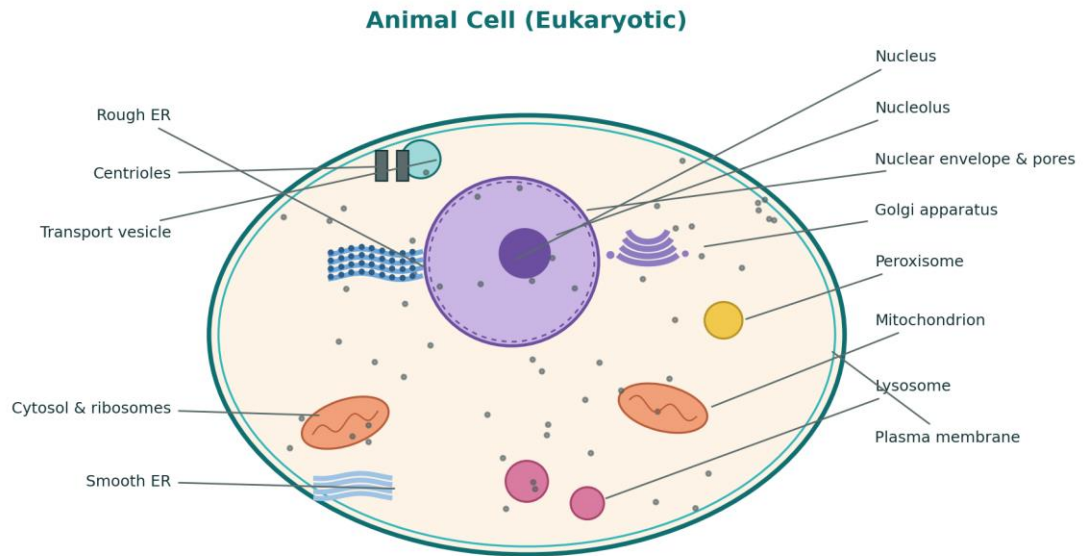
جدول (٢-٢): مقارنة بين الخلايا بدائية النوى والخلايا حقيقية النوى

★ هل تعلم؟

يُقدَّر عدد الخلايا البكتيرية التي تعيش في جسم الإنسان (معظمها في الأمعاء) بنحو ٣٨ تريليون خلية، أي أكثر قليلاً من عدد خلايا الجسم نفسه المقدَّر بنحو ٣٠ تريليون خلية. وتُعرف هذه المجموعة باسم الميكروبيوم (Microbiome)، ولها دور مهم في الهضم وتصنيع بعض الفيتامينات ودعم المناعة.

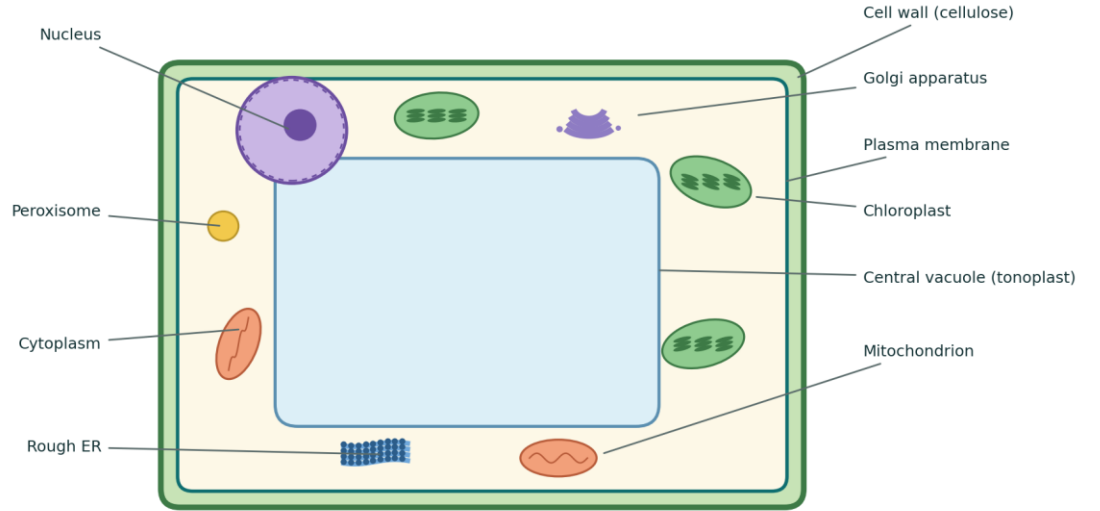
٣-٢ الخلايا حقيقية النوى: المكونات الأساسية

تتكوّن الخلية حقيقية النواة من ثلاثة مكونات أساسية: أولاً الغشاء الخلوي، وثانياً السيتوبلازم بما فيه من عضيات، وثالثاً النواة.



الشكل (٢-٢): تركيب الخلية الحيوانية حقيقية النوى

Plant Cell (Eukaryotic)



الشكل (٣-٢): تركيب الخلية النباتية حقيقية النوى

نشاط (١): تحضير شرائح خلايا وأنسجة نباتية

قم بتحضير شرائح خلايا وأنسجة نباتية من ثمار البندورة أو من بشرة البصل، ثم:

١. ضع قطرة ماء على الشريحة، وانزع غشاءً رقيقاً من بشرة البصل وافرده فوقها.

٢. أضف قطرة من صبغة اليود، ثم ضع غطاء الشريحة بحذر.

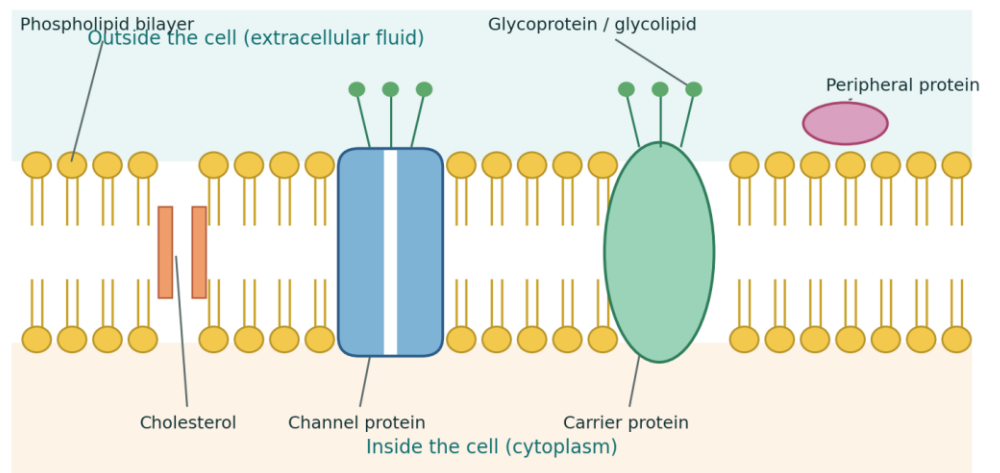
٣. افحص الشريحة بالعدسة الصغرى ثم الكبرى، وارسم ما تشاهده من خلايا وتعرّف إلى أجزائها.

سؤال: أيّ الأجزاء استطعت رؤيتها؟ وأيها لم تستطع؟ ولماذا؟

أولاً: الغشاء الخلوي (الغشاء البلازمي) – Cell (Plasma) Membrane

غشاء حيوي رقيق جداً، يتكوّن من طبقتين من الفوسفوليبيدات، يبلغ سمكه (٥-١٠) نانومتر، ويفصل محتويات الخلية عن الوسط المحيط، ويمتاز بنفاذيته الاختيارية (Selective Permeability)، ويوجد في خلايا جميع الكائنات الحية. ووظيفته الأساسية تنظيم دخول وخروج الجزيئات من وإلى الخلية.

Fluid Mosaic Model of the Plasma Membrane



يُوصف تركيب الغشاء بالنموذج الفسيفسائي السائل (Fluid Mosaic Model) الذي وضعه سنجر ونيكلسون عام ١٩٧٢؛ فطبقتا الفوسفوليبيد تشكّلان بحراً سائلاً تسبح فيه البروتينات كقطع الفسيفساء. ولكلّ مكون دوره:

- الفوسفوليبيدات: رؤوسها محبة للماء إلى الخارج والداخل، وذيلها كارهة للماء إلى الداخل؛ وهذا الترتيب يمنع مرور الجزيئات الذائبة في الماء عشوائياً.
- البروتينات الناقلة والقنوية: تسمح بمرور الأيونات والجزيئات الكبيرة انتقائاً.
- الكوليسترول: ينظّم مرونة الغشاء وسيولته عند تغيير درجة الحرارة (في الخلايا الحيوانية).
- البروتينات السكرية والدهون السكرية: تعمل مستقبلات ومواقع تعرّف بين الخلايا، ومنها ما يحدّد فصائل الدم ABO.

ملاحظة تعليمية: النفاذية الاختيارية

تعبّر الجزيئات الصغيرة غير القطبية (O_2 و CO_2) بحرية بالانتشار البسيط، ويعبر الماء عبر قنوات الأكوابورين، أما الأيونات والسكريات فتحتاج إلى ناقلات، وقد يتطلب النقل طاقة (ATP) إذا كان عكس تدرّج التركيز (النقل النشط).

ثانياً: السيتوبلازم (The Cytoplasm)

هو المنطقة الواقعة بين النواة والغشاء الخلوي، ويتكوّن من محلول غروي يُدعى السيتوسول (ماء، وأملاح، ومواد كيميائية، ومواد عضوية وغير عضوية)، إضافة إلى عضيات غشائية ولا غشائية. وفيه تحدث تفاعلات أيضية كثيرة، منها تحلّل السكر (Glycolysis).

أ - العضيات السيتوبلازمية الغشائية

محاطة بأغشية ذات تركيب كيميائيّ مشابه لتركيب الغشاء الخلوي، وتختلف هذه العضيات في تركيبها ووظائفها، ومنها:

١) الشبكة الإندوبلازمية (Endoplasmic Reticulum)

شبكة واسعة من الأنابيب والأكياس الغشائية المتصلة بالغلاف النووي، ولها نوعان:

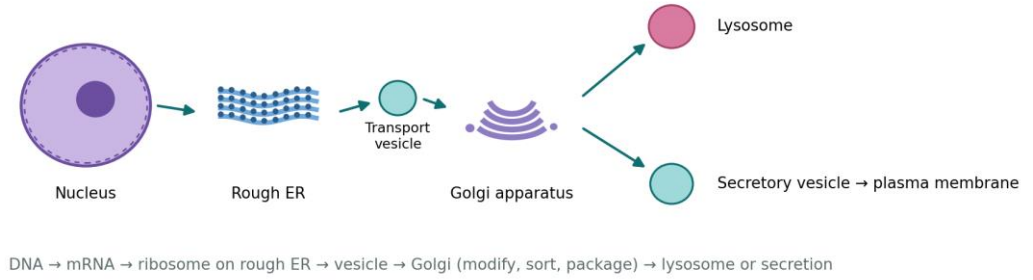
- الشبكة الخشنة (Rough ER): تنتشر على سطحها رايبوسومات كروية الشكل، ووظيفتها تصنيع البروتينات ثم تعديلها وتغليفها بحويصلات تنقلها إلى جهاز غولجي أو إلى خارج الخلية، كما تمرّر الإنزيمات إلى الأجسام الحالة.
- الشبكة الملساء (Smooth ER): خالية من الرايبوسومات، وتصنّع الليبيدات والستيرويدات، وتخزن أيونات الكالسيوم في الخلايا العضلية، وتزيل سمّة بعض الأدوية والكحول في خلايا الكبد.
- كما تقوم الشبكة بوجه عام بتصنيع الأغشية الخلوية.

٢) جهاز غولجي (Golgi Apparatus)

يظهر على شكل عدّة أكياس غشائية منبسطة ومرتبّة بشكل مواز لبعضها، يبلغ طوله (٥,٠-٢ ميكرومتر)، ويوجد في الخلايا النباتية والحيوانية، ويكثر في الخلايا الإفرازية كخلايا البنكرياس والغدد اللعابية. ومن وظائفه:

- إنتاج كربوهيدرات عديدة التسكر تدخل في تركيب الجدار الخلوي في الخلايا النباتية.
- تعديل تركيب البروتينات المصنّعة من قبل الرايبوسومات والقادمة من الشبكة الإندوبلازمية؛ وذلك بإضافة بعض الكربوهيدرات إليها لإعدادها بالشكل النهائي.
- فرز البروتينات وتوجيهها إلى وجهتها الصحيحة داخل الخلية أو خارجها؛ ولذلك يُشبّه بمركز الفرز والتغليف والشحن.
- يشترك مع الشبكة الإندوبلازمية في تكوين الأجسام الحالة.

The Endomembrane System: Protein Route



الشكل (٥-٢): النظام الغشائي الداخلي ومسار البروتين من الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز غولجي ثم إلى وجهته النهائية

٣) الأجسام الحالة (Lysosomes)

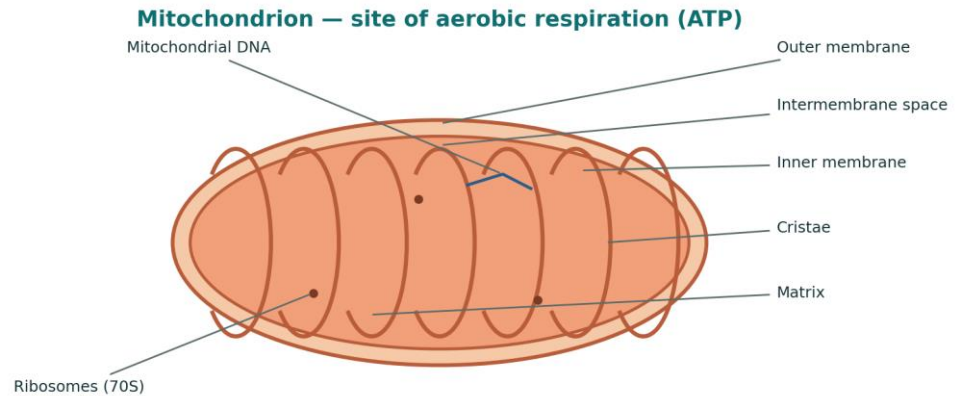
أكياس غشائية كروية تحتوي على نحو ٤٠ إنزيماً هاضماً تعمل في وسط حمضي ($\text{pH} \approx 5$). ووظيفتها الأساسية القيام بعمليات الهضم داخل الخلية، كما تلعب دوراً مهماً في التخلص من بعض محتويات الخلية التالفة والأنسجة أثناء تطوّر الأجنة بواسطة الهضم الذاتي (Autolysis)، حيث تفرز الأجسام الحالة أنزيمات تقوم بعملية التحلل. ومن ذلك تلاشي ذيل أبي ذئبية (الشرغوف) خلال تحوّلها إلى ضفدع كامل؛ إذ تهضم الأجسام الحالة خلايا الذيل وتُعاد مكوناتها لبناء أعضاء جديدة.

★ هل تعلم؟

خلل عمل إنزيم واحد في الأجسام الحالة يسبب ما يُعرف بأمراض التخزين الليزوزومي (Lysosomal Storage Diseases) مثل مرض تاي-ساكس ومرض غوشيه؛ إذ تتراكم المواد غير المهضومة داخل الخلايا فتتضخم وتتلّف، وخاصة في الجهاز العصبي. ويُعالج بعضها اليوم بالعلاج بالإنزيم البديل (Enzyme Replacement Therapy).

٤) المايوتوكندريا (Mitochondria)

تُعدّ المايوتوكندريا مراكز إنتاج الطاقة في الخلية؛ حيث تحدث فيها أغلب مراحل التنفّس الهوائي، وإنتاج جزيئات حاملات الطاقة (ATP) التي تستخدمها الخلية في عملياتها الحيوية المختلفة. ولها غشاءان: خارجي أملس، وداخلي مطوي على شكل أعراف (Cristae) تزيد مساحة السطح لتفاعلات نقل الإلكترونات، ويحيط بهما حيز بين غشائي. وتحتوي الحشوة (Matrix) على إنزيمات وكمية من DNA و RNA ورايبوسومات خاصة بها، ما يمكنها من التضاعف ذاتياً داخل الخلية.



الشكل (٦-٢): التركيب الداخلي للمايوتوكندريون

سؤال تفكير

هل المايوتوكندريا أكثر عدداً في خلايا البنكرياس أم في الخلايا العضلية؟ ولماذا؟ (تلميح: اربط بين عدد المايوتوكندريا وحاجة الخلية إلى الطاقة؛ تحتوي خلية عضلة القلب على آلاف المايوتوكندريا قد تشغل نحو ٣٥-٤٠٪ من حجمها).

ووفقاً لنظرية الالتهام الداخلي (Endosymbiotic Theory) التي طوّرتها العالمة لين مارغوليس، نشأت المايوتوكندريا والبلاستيدات من بكتيريا ابتلتها خلية قديمة ولم تهضمها، فتعايشت معها؛ ويدعم ذلك امتلاكها DNA حلقياً ورايبوسومات ٧٠S وغشاءين اثنين وقدرتها على الانقسام الذاتي.

(Vacuoles) الفجوات

أكياس غشائية توجد في الخلايا النباتية والحيوانية والطلائعيات. وتُصنّف حسب وظيفتها إلى: فجوات منقبضة (تطرد الماء الزائد في الطلائعيات كالباراميسسيوم)، وفجوات عصارية مركزية (في الخلايا النباتية، وقد تشغل ٨٠-٩٠٪ من حجم الخلية، وتخزن الماء والأملاح والأصباغ وتمنح الخلية امتلاءها)، وفجوات غذائية (تحتوي الغذاء المبتلع لهضمه). ويُسمى غشاء الفجوة المركزية التونوبلاست (Tonoplast).

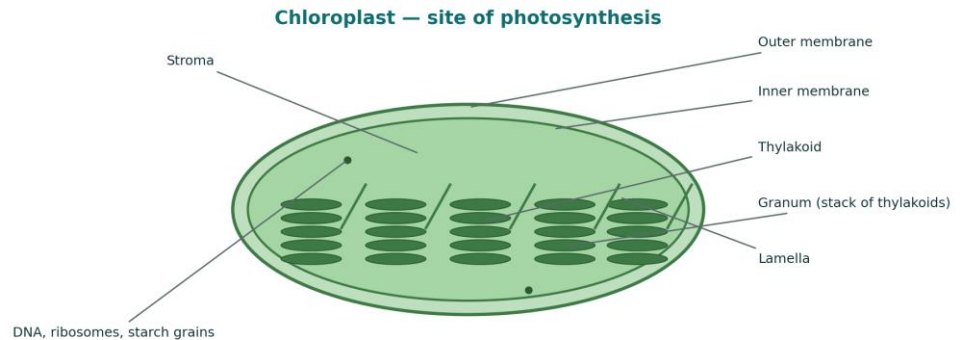
(Plastids) البلاستيدات

توجد في الخلايا النباتية والطحالب، وأشهرها البلاستيدات الخضراء (Chloroplasts)، يتراوح عددها في خلية ورقة نباتية بين (٢٠-١٠٠)، وشكلها قرصي، وتقوم بوظيفة إنتاج الغذاء بعملية البناء الضوئي. وتتركّب البلاستيدة الخضراء من:

٤. غشاءين خارجي وداخلي، ووظيفتهما تنظيم نقل المواد بين داخل البلاستيدة وخارجها.

٥. ثايلاكويدات (Thylakoids): صفائح قرصية غشائية، مرتبة فوق بعضها مشكّلةً غرانم (Grana)، تحتوي أغشيتها على صبغة ضوئية (كلوروفيل)، وصبغات صفراء أو برتقالية (الكاروتين)، وأصباغ أخرى، إضافة إلى بعض الإنزيمات والبروتينات، وفيها تحدث التفاعلات الضوئية.

٦. الستروما (Stroma): سائل كثيف يملأ الحيز الداخلي للبلاستيدة، يحتوي على بروتينات وإنزيمات ورايبوسومات وحبيبات نشا، إضافة إلى DNA وRNA؛ ما يمكنها من النمو والتضاعف ذاتياً وبناء الإنزيمات والبروتينات الخاصة بها، وفيها تحدث تفاعلات تثبيت ثاني أكسيد الكربون (دورة كالفن).



الشكل (٧-٢): التركيب الداخلي للبلاستيدة الخضراء

أنواع أخرى من البلاستيدات

البلاستيدات الملونة (Chromoplasts): تحتوي أصباغاً صفراء وبرتقالية وحمراء تكسب الثمار والأزهار ألوانها، كما في الجزر والبنندرة.

البلاستيدات عديمة اللون (Leucoplasts): تخزن النشا والبروتين والدهون، وتكثر في الجذور والبنود والدرنات كالبطاطا.

(Peroxisomes) البيروكسيسومات

عضيات تنشأ من نمو وانقسام بيروكسيسومات سابقة في الخلية، تحتوي على إنزيمات مؤكسدة تقوم بنزع ذرة هيدروجين من مركب عضوي كالكحول، وإضافتها إلى الأكسجين لتكوين مركب سام هو فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، ثم تحويله بواسطة إنزيم الكاتاليز (Catalase) إلى ماء وأكسجين، مزيلاً بذلك سمّيته، وفق المعادلة:



وتحتوي أيضاً إنزيمات مؤكسدة لها علاقة بأبيض الدهون؛ حيث تحوّلها إلى موادّ كربوهيدراتية، كما هو الحال عند إنبات بذور النباتات. وتكثر البيروكسيسومات في خلايا الكبد والكليتين لأنهما مركزا إزالة السمية والتخلص من الفضلات في الجسم.

ب - العضيات السيتوبلازمية اللاغشائية

١) الرايبوسومات (Ribosomes)

تتكوّن من وحدتين بنائيتين: كبيرة وصغيرة، تتكوّن كلّ منهما من rRNA وبروتينات. وتتواجد الرايبوسومات إمّا حرّة في سيتوسول الخلية (فتنتج بروتينات تُستعمل داخل الخلية)، أو مرتبطة بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة (فتنتج بروتينات تُصدّر أو تدخل الأغشية)، ولها دور مهمّ في بناء البروتينات بترجمة شيفرة الـ mRNA. وتوجد في جميع الخلايا الحية بلا استثناء، ولذلك تُعدّ العضية العالمي.

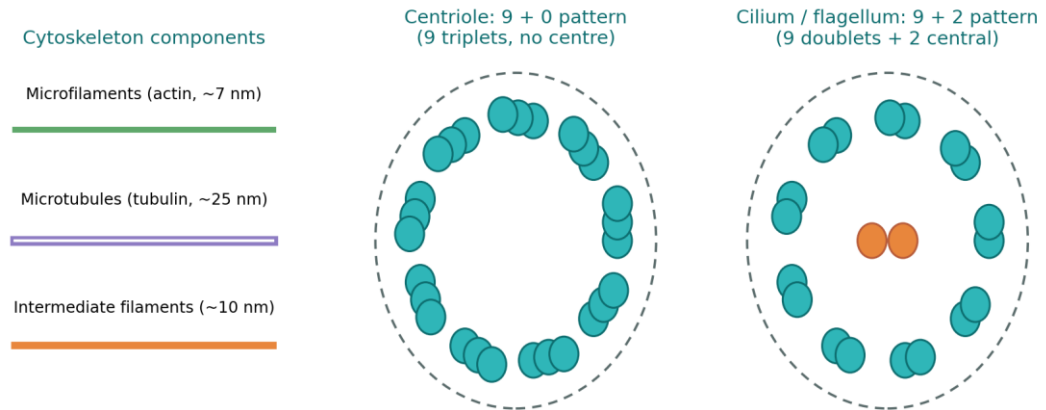
٢) الجسم المركزي (Centrosome)

يوجد في الخلايا الحيوانية ذات القدرة على الانقسام، ويحتوي على مريكزين (Centrioles) يتألّف كلّ منهما من تسع مجموعات ثلاثية متوازية من الأنابيبات الدقيقة، ويعرف هذا النمط بـ (٩+٠). ومن وظائفه:

- يلعب دوراً مهماً في عملية الانقسام الخلوي؛ لاحتوائه على المريكزين اللذين تتشكّل منهما الخيوط المغزلية.
- تكوين الأجسام القاعدية (Basal Bodies): العضيات التي تخرج منها الأهداب والأسواط ذات نمط (٩+٢) عبر الغشاء الخلوي.

٣) الهيكل الخلوي (Cytoskeleton)

شبكة من ألياف وأنابيبات بروتينية تنتشر داخل السيتوسول. من وظائفه دعم الخلية والإسهام في حركتها وحركة عضياتها، والحركة السيتوبلازمية داخل الخلية. ويتكوّن من ثلاثة مكونات هي: الخيوط الدقيقة (Microfilaments) من بروتين الأكتين، والأنابيبات الدقيقة (Microtubules) من بروتين التيوبولين، والخيوط المتوسطة (Intermediate Filaments).



الشكل (٨-٢): مكونات الهيكل الخلوي، والفرق بين نمط (٩+٠) في المريكز ونمط (٩+٢) في الهدب والسطح

أسئلة تفكير

- وضّح الاختلاف بين النمطين (٩+٠) و (٩+٢) بالاعتماد على الشكل (٨-٢).
- اذكر خلايا في جسم الإنسان تحتوي على أهداب وأسواط، محدّداً مكان وجود كلّ منهما. (تلميح: الخلايا المبطنّة للقنطرة الهوائية وقناة البيض، والحيوان المنوي).

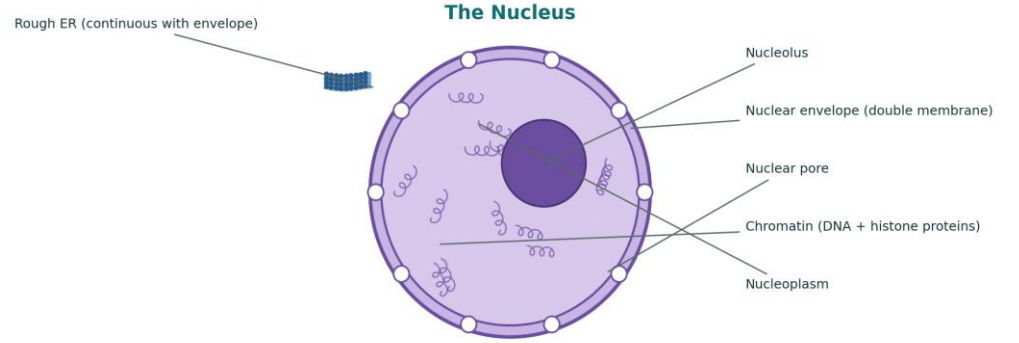
ج - الجدار الخلوي (Cell Wall)

جدار صلب غير حيّ، لكنه مرّن إلى حدّ ما، ويوجد في الخلايا النباتية وبعض أنواع الطلائعيات، ويتكوّن من السليولوز. كما يوجد في الفطريات ويتكوّن من الكايتين (عديدة التسكّر)، وفي البكتيريا ويتكوّن من الببتيدوغليكان. ويقوم الجدار الخلوي بحماية الخلية، ويحافظ على شكلها، ويحميها من الانفجار الناتج من امتصاص الماء، كما أنّه يعطي الخلية الدعامة والصلابة. وتتّصل الخلايا النباتية المتجاورة عبر قنوات دقيقة تخترق الجدار تُسمّى الروابط البلازمية (Plasmodesmata).

ثالثاً: النواة (Nucleus)

النواة هي التركيب الذي ينظم عمليات الخلية، وتحوي معظم المادة الوراثية (DNA) التي تخزن المعلومات اللازمة لبناء البروتينات. وتتكون من:

- الغلاف النووي: غشاءان يحيطان بالنواة، تتخللهما ثقبون نووية (Nuclear Pores) تنظم دخول وخروج المواد، فيدخل منها النيوكليوتيدات والبروتينات، ويخرج منها mRNA ووحدات الرايبوسومات.
- الكروماتين: خيوط من DNA ملتفة حول بروتينات الهستون، تتكثف عند الانقسام مكونة الكروموسومات.
- النوية (Nucleolus): جسم كثيف داخل النواة وظيفته صنع وحدات الرايبوسومات.
- النيوكليوبلازم: سائل النواة الذي تسبح فيه هذه المكونات.

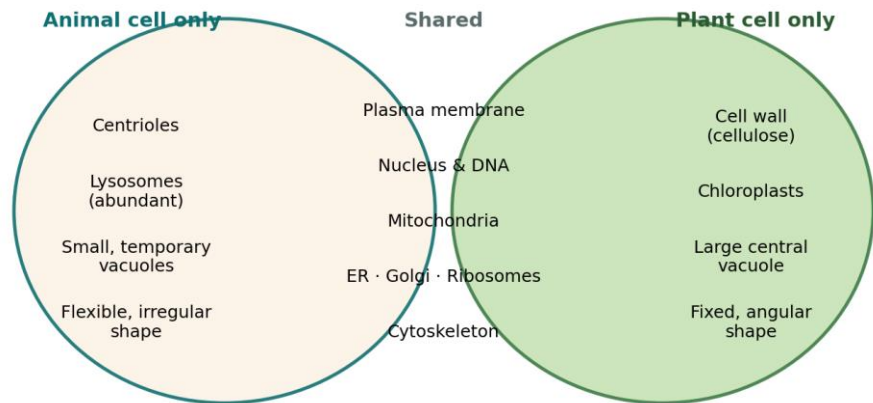


الشكل (٩-٢): تركيب النواة وأجزاؤها

أسئلة تفكير

- ماذا تتوقع أن يحدث لجسم الكائن الحي إذا توقفت الخلية عن صنع الرايبوسومات؟
- أين توجد المادة الوراثية خارج النواة في الخلايا حقيقية النوى؟ وما أهميتها ذلك؟ (تلميح: المايوتوكندريا والبلاستيدات؛ ويورث DNA المايوتوكندريا من الأم وحدها، ويُستخدم في دراسات النسب والطب الشرعي).

٢-٤ الفروقات بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية



الشكل (١٠-٢): مخطط يوضح ما تنفرد به كل من الخلية الحيوانية والنباتية وما تشتركان فيه

أوجه المقارنة	الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
الجدار الخلوي	موجود، من السليولوز	غير موجود
البلاستيدات	موجودة (خضراء وملونة وعديمة اللون)	غير موجودة
الفجوات	فجوة مركزية كبيرة دائمة	فجوات صغيرة مؤقتة أو معدومة
الجسم المركزي (المريكزات)	نادر الوجود في معظم النباتات الراقية	موجود
الأجسام الحالة	قليلة	كثيرة وواضحة
الشكل العام	منتظم مضلع ثابت	غير منتظم ومرن
طريقة التغذية	ذاتية التغذية بالبناء الضوئي	غير ذاتية التغذية
تخزين الكربوهيدرات	على شكل نشا	على شكل غلايكوجين

جدول (٣-٢): الفروقات بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية

العضي	غشائي/لاغشائي	الوظيفة الرئيسية	تشبيه تعليمي
الغشاء الخلوي	غشائي	تنظيم دخول وخروج المواد	بوابة المصنع
النواة	غشائي	حفظ المادة الوراثية وتنظيم العمل	غرفة الإدارة
الشبكة الخشنة	غشائي	تصنيع البروتينات ونقلها	خط الإنتاج
الشبكة الملساء	غشائي	تصنيع الليبيدات وإزالة السمية	معمل كيميائي
جهاز غولجي	غشائي	تعديل وتغليف وفرز المنتجات	قسم التغليف والشحن
الأجسام الحالة	غشائي	الهضم الخلوي والتخلص من النفايات	وحدة إعادة التدوير
الميتوكوندريا	غشائي	إنتاج ATP بالتنفس الهوائي	محطة الطاقة
البلاستيدة الخضراء	غشائي	إنتاج الغذاء بالبناء الضوئي	المطبخ الشمسي
الفجوة المركزية	غشائي	تخزين الماء والمواد ودعم الخلية	المستودع
البيروكسيسوم	غشائي	أكسدة المواد وتفكيك H_2O_2	وحدة معالجة السموم
الريبوسوم	لاغشائي	بناء البروتين	العامل الماهر
الجسم المركزي	لاغشائي	تكوين الخيوط المغزلية	منظم الانقسام
الهيكل الخلوي	لاغشائي	الدعامة والحركة الداخلية	الهيكل الإنشائي
الجدار الخلوي	لاغشائي	الحماية والدعامة (نبات/فطر/بكتيريا)	سور المصنع

جدول (٤-٢): جدول تلخيصي لوظائف عضيات الخلية

٥-٢ التطبيقات الحياتية والصناعية

تطبيقات في الحياة اليومية

- رغوة فوق أكسيد الهيدروجين على الجرح ناتجة من إنزيم الكاتالاز في خلايانا وفي البكتيريا؛ وهو المبدأ نفسه الذي يعمل في البيروكسيسومات.
- لون الطماطم الأحمر وألوان الجزر والفلفل ناتجة من البلاستيدات الملونة، ولذلك تتغير ألوان الثمار عند نضجها.
- ذبول النبات عند قلة الماء سببه فقدان الفجوة المركزية لضغط الامتلاء (Turgor Pressure)، ويعود انتصابه بعد الري.
- حفظ الخضروات في ماء بارد يجعلها مقرمشة لأن الماء يدخل الفجوات بالخاصية الأسموزية.

تطبيقات في الطب والتكنولوجيا الحيوية والصناعة

المجال	التطبيق المرتبط بتركيب الخلية
الطب	أدوية السرطان تستهدف انقسام الخلية والأنبيبات الدقيقة (كالناكسول)؛ والمضادات الحيوية كالبينسلين تستهدف جدار البكتيريا، وبعضها يستهدف رايبوسوم ٧٠S دون الإضرار بريبوسوم ٨٠S في خلايانا
التكنولوجيا الحيوية	استخدام البلازميدات البكتيرية ناقلات لنقل الجينات، وإنتاج الإنسولين البشري من بكتيريا معدلة وراثياً
الصناعات الغذائية	استخدام الخميرة والبكتيريا في الخبز والألبان والمخللات، واستخراج البكتين والسليلوز من الجدر الخلوية
الصناعات الدوائية	إنتاج اللقاحات والأجسام المضادة وحيدة النسيلة في مزارع خلايا حيوانية، وتغليف الأدوية في حويصلات دهنية (Liposomes)
الزراعة	زراعة الأنسجة النباتية والإكثار الدقيق، وتحسين كفاءة البناء الضوئي، وإنتاج نباتات مقاومة
البيئة	المعالجة الحيوية (Bioremediation) باستخدام بكتيريا تحلل النفط والملوثات، ومزارع الطحالب لإنتاج وقود حيوي
الهندسة الوراثية	تقنية كريسبر (CRISPR-Cas9) لتعديل الـ DNA داخل النواة، والعلاج الجيني للأمراض الوراثية
التقنيات الحديثة	أبحاث الخلايا الجذعية، وطباعة الأنسجة الحيوية ثلاثية الأبعاد، ولقاحات mRNA التي تستفيد من آلية الريبوسومات في ترجمة الشيفرة

جدول (٢-٥): التطبيقات الصناعية والطبية المرتبطة بعلم الخلية

♥ نصيحة صحية

صحة خلاياك تبدأ من طبقك ونومك: البروتين الجيد يمدّ الخلية بالأحماض الأمينية لبناء بروتيناتها، والحديد ضروري لسلسلة نقل الإلكترونات في المايوتوكندريا، ومضادات الأكسدة في الخضار والفواكه الملونة تحمي الأغشية الخلوية من الجذور الحرة. أما التدخين فيتلف غشاء الخلية والـ DNA ويشلّ حركة الأهداب المبطنّة للقنوات الهوائية، فتتراكم الإفرازات وتزيد العدوى. واحرص على نوم كافٍ (٨-٩ ساعات لطلبة المدارس)؛ فأثناء النوم تنشط عمليات الترميم الخلوي.

🧪 نشاط (٢): تصميم نموذج

صمّم نموذجاً لخلية نباتية وأخرى حيوانية من خامات البيئة (صلصال، علب، خيوط، بذور)، موضحاً الفروق بينهما، واكتب بطاقة تعريف لكلٍ عضّي تذكر فيها اسمه بالعربية والإنجليزية ووظيفته.

◆ المصطلحات العلمية

الغشاء الخلوي (Cell (Plasma) Membrane)

غشاء رقيق مزدوج الطبقة ينظم دخول المواد وخروجها ويتميز بالنفاذية الاختيارية.

السايتوبلازم (Cytoplasm)

المنطقة الواقعة بين النواة والغشاء الخلوي، وتشمل السيتوسول والعضيات.

الشبكة الإندوبلازمية (Endoplasmic Reticulum)

شبكة أغشية داخلية؛ الخشنة لتصنيع البروتين ونقله، والملساء لتصنيع الليبيدات وإزالة السمية.

جهاز غولجي (Golgi Apparatus)

أكياس غشائية تعدّل البروتينات وتغلّفها وتفرزها إلى وجهاتها.

الأجسام الحالة (Lysosomes)

حويصلات تحتوي إنزيمات هاضمة تقوم بالهضم الخلوي والتخلص من التراكيب التالفة.

المايتوكوندريا (Mitochondria)

عضي ذو غشاءين تُنتج فيه معظم جزيئات ATP بالتنفس الهوائي.

البلاستيدة الخضراء (Chloroplast)

عضي نباتي يحتوي الكلوروفيل وتتم فيه عملية البناء الضوئي.

البيروكسيسوم (Peroxisome)

عضي يحتوي إنزيمات مؤكسدة تنتج H_2O_2 ثم تفككه بإنزيم الكاتاليز.

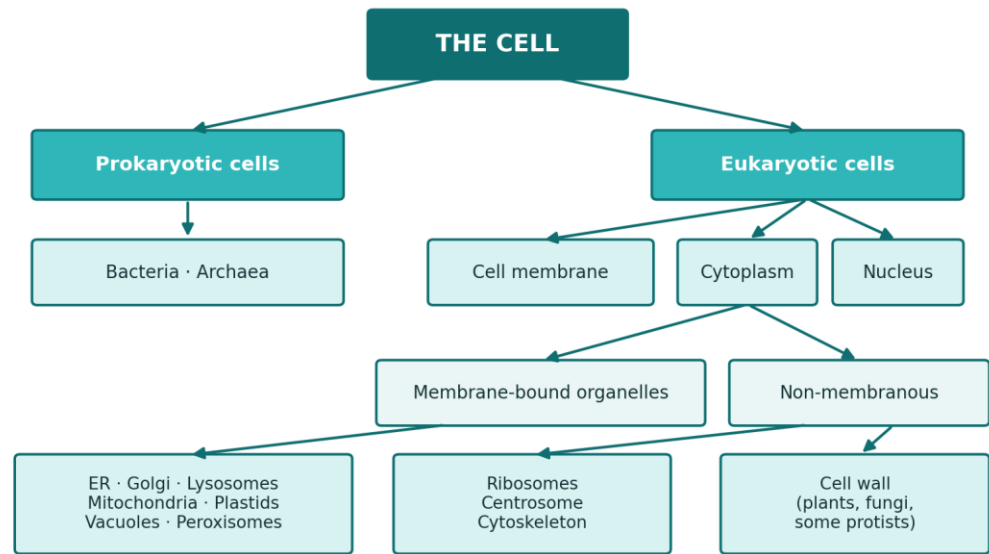
الهيكـل الخلوي (Cytoskeleton)

شبكة بروتينية تدعم الخلية وتسهم في حركتها وحركة عضياتها.

النواة (Nucleus)

مركز التحكم في الخلية، تحوي المادة الوراثية والنوية.

٦-٢ خريطة المفاهيم (Mind Map)



الشكل (١١-٢): خريطة مفاهيم الفصل الثاني توضّح العلاقات بين أنواع الخلايا ومكوناتها

٧-٢ ملخص الفصل

أهم الأفكار

- الخلية وحدة البناء والوظيفة، وكلّ خلية تنشأ من خلية سابقة (نظرية الخلية).
- تنقسم الخلايا إلى بدائية النوى (بلا نواة حقيقية ولا عضيات غشائية) وحقيقية النوى.
- مكونات الخلية حقيقية النوى ثلاثة: الغشاء الخلوي، والسيتوبلازم بعضياته، والنواة.
- النظام الغشائي الداخلي (الشبكة - غولجي - الحويصلات - الأجسام الحالة) يعمل وحدة متكاملة.
- الميتوكوندريا والبلاستيدات تمتلكان DNA ورايبوسومات خاصة وتنقسمان ذاتياً.
- تنفرد الخلية النباتية بالجدار الخلوي والبلاستيدات والفجوة المركزية، وتنفرد الحيوانات بالمريزات ووفرة الأجسام الحالة.

أهم المصطلحات

الخلية (Cell) - نظرية الخلية (Cell Theory) - بدائية النوى (Prokaryotic) - حقيقية النوى (Eukaryotic) - الغشاء الخلوي (Cell Membrane) - السيتوبلازم (Cytoplasm) - الشبكة الإندوبلازمية (ER) - جهاز غولجي (Golgi) - الأجسام الحالة

(Lysosomes) – المايوتوكندريا (Mitochondria) – البلاستيدات (Plastids) – الفجوات (Vacuoles) – البيروكسيسومات (Peroxisomes) – الرايبوسومات (Ribosomes) – الجسم المركزي (Centrosome) – الهيكل الخلوي (Cytoskeleton) – الجدار الخلوي (Cell Wall) – النواة (Nucleus).

نقاط يجب حفظها

- سُمك الغشاء الخلوي ١٠-٥ nm، وقطر الخلية البكتيرية ١-٥ μm، وحقيقية النوى ١٠-١٠٠ μm.
- رايبوسوم بدائيات النوى ٧٠S، وحقيقيات النوى ٨٠S.
- الكتاليز يَفكِّك H_2O_2 إلى ماء وأكسجين.
- نمط المريكز (٩+٠)، ونمط الهدب والوسط (٩+٢).

٨-٢ تقويم الفصل الثاني

أولاً: صح أو خطأ

١. تحتوي الخلايا بدائية النوى على مايوتوكندريا لإنتاج الطاقة. (.....)
٢. يوجد الجدار الخلوي في الخلايا النباتية والفطرية والبكتيرية ولكن بمواد مختلفة. (.....)
٣. النوية مسؤولة عن صنع وحدات الرايبوسومات. (.....)
٤. الشبكة الإندوبلازمية الملساء تحمل رايبوسومات على سطحها. (.....)
٥. تمتلك المايوتوكندريا والبلاستيدات DNA خاصاً بها. (.....)
٦. الفجوة المركزية أكبر في الخلية الحيوانية منها في النباتية. (.....)

ثانياً: أكمل

١. الإنزيم الذي يَفكِّك فوق أكسيد الهيدروجين هو
٢. الغشاء الذي يحيط بالفجوة المركزية في الخلية النباتية يسمى
٣. الطيات الداخلية في المايوتوكندريون تسمى
٤. أكياس الثايلاكويد المرتبة فوق بعضها تسمى
٥. القنوات التي تصل الخلايا النباتية المتجاورة تسمى

ثالثاً: اختر رمز الإجابة الصحيحة

١. ما التركيب الخلوي الذي لا يوجد في الخلية الحيوانية؟
(أ) النواة. (ب) الرايبوسومات. (ج) الجدار الخلوي. (د) جزيء الـ DNA.
٢. ما العضية التي تحتويها البكتيريا؟
(أ) الرايبوسومات. (ب) النواة. (ج) الغلاف النووي. (د) جهاز غولجي.
٣. اكتشف الباحثون سماً يعيق عمل الميوتوكندريا في الخلايا. ماذا يحدث إذا أدخلوا هذا السم إلى خلايا نبتة ما؟
(أ) يعيق عملية إنتاج الغذاء في النبتة. (ب) يعيق عملية إنتاج الطاقة في الخلايا. (ج) يعيق الخلايا لكنه لا يؤثر في الكائن الكامل. (د) يعيق القدرة على استيعاب الماء.
٤. وجد أحد الباحثين خلية حية حقيقية النواة لا تستطيع الانقسام والتكاثر وإنتاج البروتينات. ما الذي لم يجده الباحث في الخلية؟
(أ) السيتوبلازم. (ب) الغشاء الخلوي. (ج) النواة. (د) المايوتوكندريا.
٥. أي العضيات الآتية يُتوقع أن يكثر في خلية تفرز إنزيمات هاضمة؟
(أ) البلاستيدات. (ب) الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وجهاز غولجي. (ج) الفجوة المركزية. (د) الجدار الخلوي.

٦. يعمل المضاد الحيوي الذي يستهدف الرايبوسوم ٧٠S على:

(أ) قتل الخلايا البشريّة أولاً. (ب) تثبيط بناء البروتين في البكتيريا. (ج) تدمير النواة البكتيريّة. (د) تفكيك الغشاء البلازمي للإنسان.

رابعاً: عرّف ما يأتي

الشبكة الإندوبلازمية الخشنة – السستروما – النفاذية الاختيارية – الهضم الذاتي – الكروماتين.

خامساً: علّل

١. البلاستيدات الخضراء لها القدرة على النمو والتضاعف.
٢. تُعدّ الأجسام الحالة بمثابة الجهاز الهضمي في الخلية.
٣. تكثر البيروكسيسومات في خلايا الكبد والكليتين.
٤. تحتوي خلايا عضلة القلب على أعداد كبيرة من المايوتوكندريا.
٥. لا تنفجر الخلية النباتية عند وضعها في ماء مقطر، بينما تنفجر خلية الدم الحمراء.

سادساً: قارن

- قارن بين العضيات الغشائية والعضيات اللاغشائية مع ذكر أمثلة.
- قارن بين الشبكة الإندوبلازمية الخشنة والملساء من حيث التركيب والوظيفة.
- قارن بين الخلية النباتية والحيوانية من حيث ثلاثة فروق أساسية.

سابعاً: رتب

رتب مسار بروتين يُفرز خارج الخلية: جهاز غولجي – الرايبوسوم على الشبكة الخشنة – الغشاء الخلوي – حويصلة إفرازية – حويصلة ناقلة.

ثامناً: صل بين العمودين

العمود (أ)	العمود (ب)
١. النوية	أ. إنتاج ATP
٢. المايوتوكندريا	ب. صنع وحدات الرايبوسومات
٣. جهاز غولجي	ج. الدعامة والحركة
٤. الهيكل الخلوي	د. تعديل البروتينات وتغليفها

تاسعاً: فسّر وحلّ الرسوم

- بالعودة إلى الشكل (٦-٢): كيف يخدم وجود الأعراف وظيفة المايوتوكندريون؟
- بالعودة إلى الشكل (٤-٢): لماذا تتجه الذبول الكارهة للماء إلى داخل الغشاء؟
- بالعودة إلى الشكل (٥-٢): ما المشكلة المتوقعة إذا تعطلّ جهاز غولجي في خلية إفرازية؟

عاشرأ: أسئلة تطبيقية وتفكير ناقد وحلّ مشكلات

- خلية نباتية وُضعت في محلول ملحي مركز فانكمش السيتوبلازم وابتعد عن الجدار. فسّر ما حدث، وسمّ الظاهرة.
- يتلاشى ذيل أبي ذئبية خلال تحوّلها إلى ضفدع كامل تماماً، كيف يحدث ذلك؟
- لماذا لا تقتل المضادات الحيوية الفيروسات؟ وما العلاقة بين ذلك وتركيب الخلية؟
- مريض يعاني ضعفاً عضلياً شديداً وإرهاقاً دائماً، وأظهر التحليل خللاً في عضّي خلوي معيّن. ما العضّي الأقرب؟ وكيف تفسّر الأعراض؟
- تخيل خلية صُممت من دون هيكل خلوي. اقترح ثلاث مشكلات ستواجهها.

حادي عشر: أسئلة مقالية قصيرة ومفتوحة

- اكتب فقرة تشبّه فيها الخليّة بمدينة، مبيّناً ما يقابل كلّ عضيّ فيها.
- اشرح كيف يتكامل عمل الشبكة الإندوبلازمية وجهاز غولجي والأجسام الحالة.
- سؤال مفتوح: برأيك، ما أكبر التحديات الأخلاقية المرتبطة بتعديل الخلايا وراثياً؟ ناقش.

الاختبار النهائي الشامل

يتكوّن هذا الاختبار من (٣٠) سؤال اختيار من متعدّد، لكلّ سؤال أربعة بدائل، واحد منها فقط صحيح. الأسئلة موزّعة توزيعاً متوازناً على فصلي الكتاب: الأسئلة (١-١٥) من الفصل الأول، والأسئلة (١٦-٣٠) من الفصل الثاني. اختر رمز الإجابة الصحيحة، ثم راجع إجاباتك بمفتاح الإجابات في نهاية الكتاب.

١. أوّل من درس انكسار الضوء في العدسات المحدّبة دراسة منهجيّة هو:
(أ) ليفنهوك (ب) الحسن بن الهيثم (ج) روبرت هوك (د) شفان
٢. الوحدة المستخدمة لقياس أقطار معظم الخلايا هي:
(أ) المليمتر (ب) النانومتر (ج) الميكروميتر (د) الأنغستروم
٣. مقدار التمييز في المجهر الضوئي المركّب يساوي تقريباً:
(أ) $0.2 \mu m$ (ب) $2 \mu m$ (ج) $0.2 mm$ (د) $0.2 nm$
٤. يعني «التكبير الفارغ»:
(أ) تكبير بلا عدسة عينيّة (ب) تكبير يزيد الحجم دون إضافة تفاصيل (ج) تكبير أقلّ من $10\times$ (د) تكبير باستخدام الزيت
٥. العدسة الشيئيّة التي تُستعمل معها قطرة زيت قوتها غالباً:
(أ) $4\times$ (ب) $10\times$ (ج) $40\times$ (د) $100\times$
٦. إذا كانت العينيّة $10\times$ والشيئيّة $40\times$ فإنّ التكبير الكلي:
(أ) $50\times$ (ب) $40\times$ (ج) $400\times$ (د) $500\times$
٧. المجهر الذي يعطي صورة مجسّمة لسطح العيّنة من دون تحضير مقاطع رقيقة هو:
(أ) المركّب (ب) التشريحي (ج) النافذ (د) الفلوري
٨. يُستخدم جهاز الميكروتوم في:
(أ) تكبير الصورة (ب) تقطيع العيّنات إلى مقاطع رقيقة (ج) قياس التمييز (د) تلوين الشرائح آلياً
٩. تعمل المجاهر الإلكترونيّة في فراغ عالٍ لأنّ:
(أ) الإلكترونات تصطدم بجزيئات الهواء (ب) الهواء يكبّر الصورة (ج) الفراغ يبرّد الجهاز (د) الفراغ يلوّن الصورة
١٠. المجهر الأنسب لدراسة التركيب الداخلي الدقيق للمايتوكندريون هو:
(أ) المركّب (ب) التشريحي (ج) الإلكتروني الماسح (د) الإلكتروني النافذ
١١. تُطلّى العيّنة بطبقة رقيقة من الذهب قبل فحصها بالمجهر:
(أ) الضوئي المركّب (ب) الإلكتروني الماسح (ج) الإلكتروني النافذ (د) الفلوري
١٢. سبب تفوّق المجهر الإلكتروني في مقدار التمييز هو:
(أ) كبر حجم عدساته (ب) قصر الطول الموجي للإلكترونات (ج) ارتفاع حرارته (د) استخدامه ضوءاً أبيض
١٣. التقنية التي تُجمّد فيها العيّنة تجميداً فائق السرعة لدراسة البروتينات هي:
(أ) Cryo-EM (ب) AFM (ج) SEM (د) الميكروتوم
١٤. فائدة صبغ الشرائح المجهرية هي:
(أ) زيادة التكبير (ب) زيادة التباين بين التراكيب (ج) زيادة سمك العيّنة (د) تقليل الضوء الداخل
١٥. الضابط الصغير (الدقيق) في المجهر المركّب يُستخدم لـ:
(أ) تغيير العدسات (ب) الضبط النهائي الدقيق للوضوح (ج) تحريك الشريحة (د) تنظيم شدة الضوء
١٦. أحد البنود الآتية ليس من بنود نظريّة الخليّة:
(أ) جميع الكائنات الحيّة تتكوّن من خلايا (ب) الخليّة وحدة البناء والوظيفة (ج) تنشأ الخلايا من موادّ غير حيّة (د) كلّ خليّة تنشأ من خليّة سابقة
١٧. العالم الذي قال «كلّ خليّة من خليّة» هو:

- أ) شلايدن ب) شغان ج) فيرشو د) براون
١٨. تتميز الخلايا بدائية النوى بأنها:
- أ) تحتوي ماييتوكندريا ب) لا تحتوي نواة محاطة بغلاف ج) تحتوي بروتين الهستون د) تنقسم انقساماً منصفياً
١٩. نوع الرايبوسومات في الخلايا بدائية النوى هو:
- أ) ٨٠S ب) ٧٠S ج) ٦٠S د) ٤٠S
٢٠. الغشاء الخلوي يمتاز بخاصية:
- أ) النفاذية التامة ب) عدم النفاذية ج) النفاذية الاختيارية د) النفاذية للأملاح فقط
٢١. يبلغ سمك الغشاء الخلوي تقريباً:
- أ) ١٠-٥ nm ب) ١٠-٥ µm ج) ١٠٠-٥٠ nm د) ٢-١ mm
٢٢. العضى المسؤول عن تصنيع الليبيدات وإزالة سمية الأدوية هو:
- أ) الشبكة الخشنة ب) الشبكة الملساء ج) جهاز غولجي د) الرايبوسوم
٢٣. يقوم جهاز غولجي بـ:
- أ) إنتاج ATP ب) تعديل البروتينات وتغليفها وفرزها ج) بناء الـ DNA د) البناء الضوئي
٢٤. العضى الذي يُشبهه بالجهاز الهضمي للخلية هو:
- أ) البيروكسيسوم ب) الجسم المركزي ج) الأجسام الحالة د) الفجوة
٢٥. الطيات الداخلية في الماييتوكندريون تُسمى:
- أ) الغرانا ب) الأعراف ج) الستروما د) الثايلاكويد
٢٦. يُفكك إنزيم الكاتاليز مركب:
- أ) الجلوكوز ب) فوق أكسيد الهيدروجين ج) الكحول مباشرة د) الهستون
٢٧. تحدث تفاعلات البناء الضوئي الضوئية في:
- أ) الستروما ب) أغشية الثايلاكويد ج) الغشاء الخارجي د) الفجوة
٢٨. يتألف المريكز من تسع مجموعات ثلاثية من الأنبيبات وفق النمط:
- أ) (٢+٩) ب) (٠+٩) ج) (٩+٢) د) (٩+٣)
٢٩. يتكوّن الجدار الخلوي في الفطريات من:
- أ) السليولوز ب) الكايتين ج) الببتيدوغليكان د) الهستون
٣٠. يوجد الجسم المركزي (المريكزات) بوضوح في:
- أ) الخلايا النباتية الراقية ب) الخلايا الحيوانية ج) البكتيريا د) البلاستيدات

مفتاح إجابات الاختبار النهائي الشامل (٣٠ سؤالاً):

السؤال : الإجابة	السؤال : الإجابة	السؤال : الإجابة	السؤال : الإجابة	السؤال : الإجابة
١ : ب	٢ : ج	٣ : أ	٤ : ب	٥ : د
٦ : ب	٧ : ب	٨ : ب	٩ : أ	١٠ : د
١١ : ب	١٢ : ب	١٣ : أ	١٤ : ب	١٥ : ب
١٦ : ج	١٧ : ج	١٨ : ب	١٩ : ب	٢٠ : ج
٢١ : أ	٢٢ : ب	٢٣ : ب	٢٤ : ج	٢٥ : ب
٢٦ : ب	٢٧ : ب	٢٨ : ب	٢٩ : ب	٣٠ : ب

جدول مفتاح إجابات الاختبار النهائي

إجابات أسئلة الاختيار من متعدد في تقويم الفصول

تقويم الفصل الأول: (١) ب، (٢) ج، (٣) ج، (٤) ب، (٥) ب.

تقويم الفصل الثاني: (١) ج، (٢) أ، (٣) ب، (٤) ج، (٥) ب، (٦) ب.

إرشاد للمعلم والطالب

الأسئلة المقالية والمفتوحة وأسئلة التفكير الناقد في نهاية كل فصل تُركت من دون إجابات نموذجية عن قصد؛ لأنها تحتل أكثر من إجابة صحيحة، وتُقوّم بحسب قوة التبرير العلمي ووضوح العرض، لا بحسب مطابقة إجابة واحدة.

ملحق: فهرس المصطلحات ثنائي اللغة

يجمع هذا الملحق أهم المصطلحات العلمية الواردة في الكتاب مرتبة أبجدياً، مع مقابلها الإنجليزي المعتمد دولياً، ورقم الفصل الذي وردت فيه؛ ليكون مرجعاً سريعاً عند المراجعة أو عند البحث في المصادر الأجنبية.

المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنجليزية	الفصل
الأجسام الحالة	Lysosomes	٢
الأجسام القاعدية	Basal Bodies	٢
الأنابيب الدقيقة	Microtubules	٢
البلاستيدات الخضراء	Chloroplasts	٢
البلاستيدات الملونة	Chromoplasts	٢
البيروكسيسومات	Peroxisomes	٢
التكبير	Magnification	١
التكبير الفارغ	Empty Magnification	١
الثايلكويد	Thylakoid	٢
الجدار الخلوي	Cell Wall	٢
الجسم المركزي	Centrosome	٢، ١
الحشوة (المائتوكندرية)	Matrix	٢
الخلية	Cell	٢
الرايبوسومات	Ribosomes	٢
الروابط البلازمية	Plasmodesmata	٢
الستروما	Stroma	٢
السيتوبلازم	Cytoplasm	٢
السيتوسول	Cytosol	٢
الشبكة الإندوبلازمية	Endoplasmic Reticulum	٢
الغرانم	Grana	٢
الغشاء الخلوي (البلازمي)	Cell (Plasma) Membrane	٢
الفجوات	Vacuoles	٢
الكيتين	Chitin	٢
الكتاليز	Catalase	٢
الكروماتين	Chromatin	٢
المائتوكندريا	Mitochondria	٢
المجهر	Microscope	١
المجهر الإلكتروني الماسح	Scanning Electron Microscope (SEM)	١

جدول: فهرس المصطلحات (الجزء الأول)

تابع: فهرس المصطلحات

المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنجليزية	الفصل
المجهر الإلكتروني النافذ	Transmission Electron Microscope (TEM)	١
المجهر الإلكتروني البارد	Cryo-Electron Microscopy (Cryo-EM)	١
المجهر التشريحي (المجسم)	Dissecting (Stereo) Microscope	١
المجهر الضوئي المركب	Compound Light Microscope	١
المجهر الفلوري	Fluorescence Microscope	١
المريكزات	Centrioles	٢
الميكروتوم	Microtome	١
الميكروبيوم	Microbiome	٢
النفاذية الاختيارية	Selective Permeability	٢
النموذج الفسيفسائي السائل	Fluid Mosaic Model	٢
النواة	Nucleus	٢
النوية	Nucleolus	٢
الهضم الذاتي	Autolysis	٢
الهيكل الخلوي	Cytoskeleton	٢
بدائية النوى	Prokaryotic Cells	٢
جهاز غولجي	Golgi Apparatus	٢
حقيقية النوى	Eukaryotic Cells	٢
خيوط دقيقة (أكتين)	Microfilaments	٢
خيوط متوسطة	Intermediate Filaments	٢
علم الخلية	Cytology	٢
عدسة زيتية	Oil Immersion Lens	١
مقدار التمييز (الفصل)	Resolution Power	١
منطقة نووية	Nucleoid	٢
نظرية الالتهام الداخلي	Endosymbiotic Theory	٢
نظرية الخلية	Cell Theory	٢
ميكرومتر	Micrometer (μm)	١
نانومتر	Nanometer (nm)	١

جدول: فهرس المصطلحات (الجزء الثاني)

إرشاد للمذاكرة

غطِّ العمود الإنجليزي وحاول استرجاعه من المصطلح العربي، ثم اعكس التمرين. وتذكَّر أنَّ إتقان المصطلح الإنجليزي يفتح لك باب القراءة في مصادر مثل NCBI و Nature و PubMed.

اعتمد في إعداد هذا الكتاب على المحتوى العلمي للمادة الدراسية المرفقة بوصفه المصدر الأساسي، مع الإثراء من المصادر العلمية الموثوقة الآتية:

- Alberts, B. et al. Molecular Biology of the Cell, 7th ed. W. W. Norton, 2022.
- Cooper, G. M. The Cell: A Molecular Approach, 9th ed. Oxford University Press, 2022.
- Reece, J. B. et al. Campbell Biology, 12th ed. Pearson, 2021.
- Lodish, H. et al. Molecular Cell Biology, 9th ed. W. H. Freeman, 2021.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI) — Bookshelf & PubMed: www.ncbi.nlm.nih.gov
- National Institutes of Health (NIH) — National Institute of General Medical Sciences: Inside the Cell.
- World Health Organization (WHO) — Malaria Microscopy Quality Assurance Manual, 2nd ed.
- Nature Reviews Molecular Cell Biology — review articles on organelle structure and function.
- Science / Nature — Cryo-electron microscopy resolution revolution reports.
- The Nobel Prize Organisation — Physics 1986 (E. Ruska); Chemistry 2014 (super-resolution); Chemistry 2017 (cryo-EM).
- Sender, R., Fuchs, S., Milo, R. "Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body." PLOS Biology, 2016.
- Royal Microscopical Society (RMS) — educational resources on microscopy techniques.