

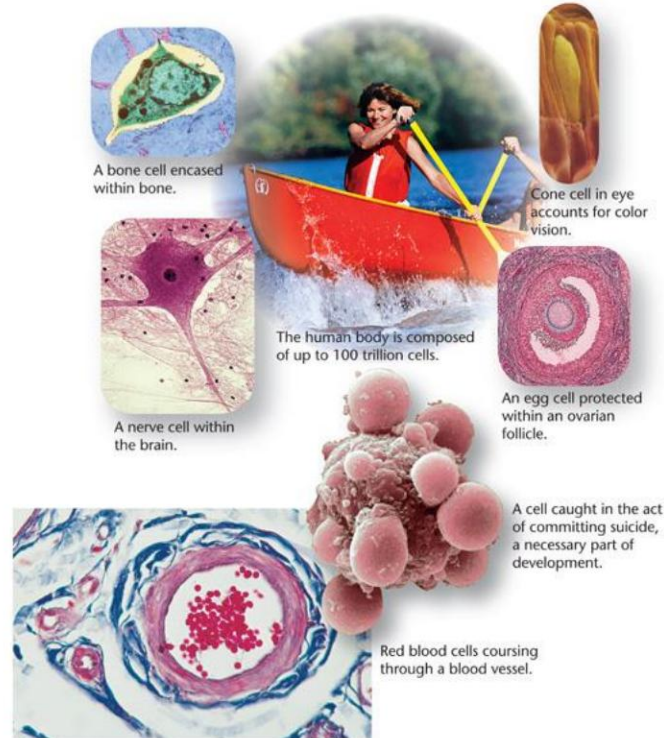
# أساسيات علم الأحياء

سيلفيا س. مادير

## الفصل الرابع مخطط المحاضرة

إعداد: الدكتور ستيفن إيبس جامعة جنوب إلينوي  
كاربونديل

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



## 4.1 نظرية الخلية • نظرية الخلية المبنية على أعمال شلايدن

وشفين. • النقاط الرئيسية لنظرية **الخلية**.

---

-جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا.

-الخلايا هي الوحدات الأساسية للبنية والوظيفة في الكائنات الحية. -تأتي الخلايا فقط من خلايا موجودة مسبقًا.

•تحتوي جميع الخلايا على غشاء خارجي يسمى

**الغشاء البلازمي**.

---

•يحيط الغشاء البلازمي بمادة شبه سائلة تسمى **السييتوبلازم**، وهي **المادة الوراثية** للخلية

والرايبوسومات .

---

---

# 4.1 الخلايا تحت المجهر

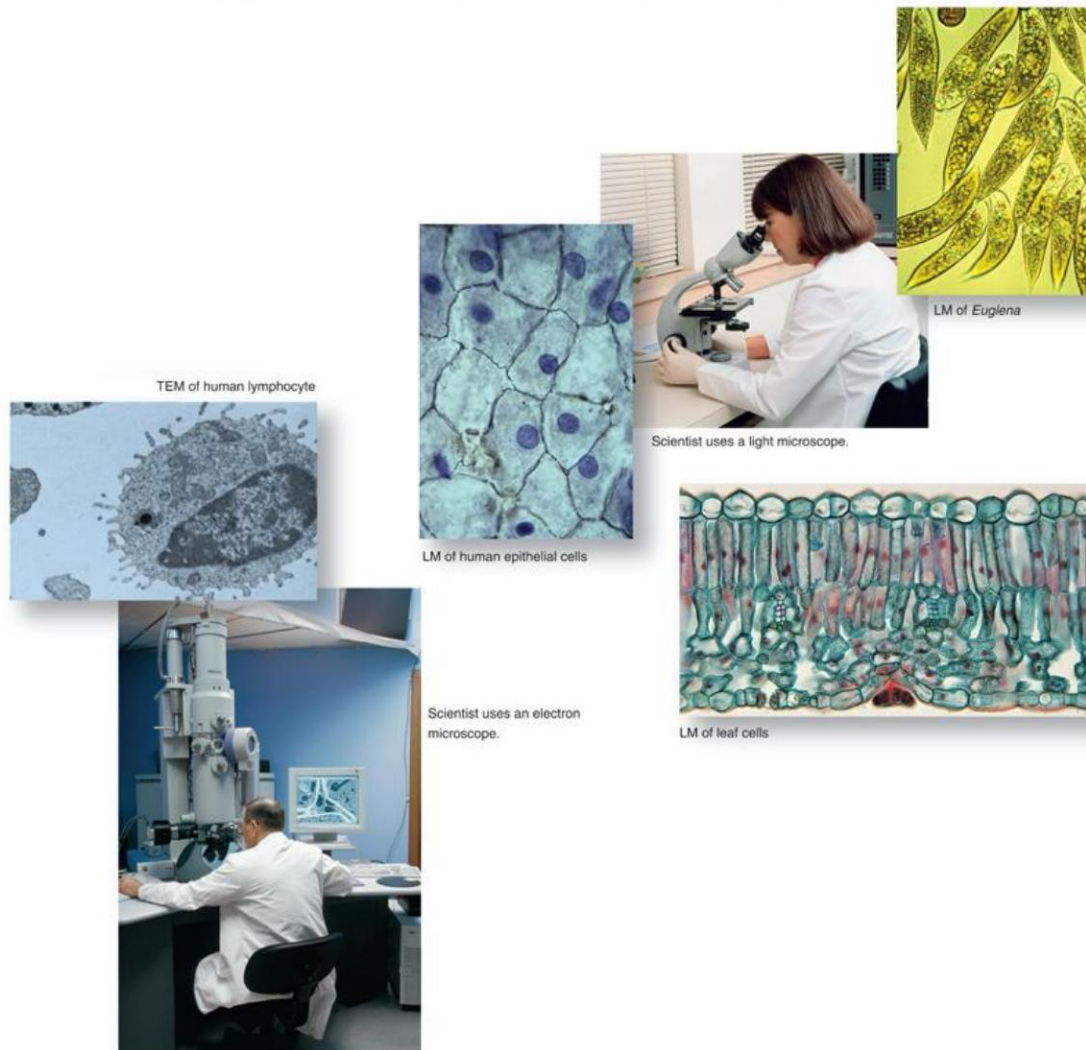
• تتكون أجسامنا من عدة مئات من أنواع **الخلايا المختلفة**، حيث يوجد مليارات من كل نوع من الخلايا.

• كل نوع من الخلايا متخصص في وظيفة معينة.

• الخلايا صغيرة جدًا بحيث يلزم استخدام المجهر لرؤيتها هم.

# 4.1 الخلايا تحت المجهر (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



## 4.1 الخلايا تحت المجهر (تابع)

• يمكن استخدام **المجاهر الضوئية** لرؤية الخلايا ولكن ليس بتفاصيل كثيرة.

• تسمح **المجاهر الإلكترونية** برؤية بنية الخلايا بشكل أكثر تفصيلاً.

# المجهر

- يتم استخدام المجاهر لتصوير الخلايا
- في المجهر الضوئي (LM)، يمر الضوء المرئي عبر العينة ثم عبر العدسات الزجاجية
- تعمل العدسات على انكسار الضوء (ثنيه)، بحيث تكون الصورة مكبر

## • ثلاثة معايير مهمة للمجهر

-التكبير، نسبة صورة الجسم  
الحجم إلى حجمه الحقيقي

-الدقة، مقياس وضوح الصورة، أو الحد الأدنى للمسافة بين نقطتين مميزتين

-التباين، الاختلافات المرئية في السطوع بين أجزاء الصورة.

عينة

• يمكن للمجاهر الضوئية التكبير بفعالية إلى حوالي 1000 مرة حجم العينة الفعلية

• تعمل التقنيات المختلفة على تعزيز التباين وتمكين صبغ مكونات الخلية أو وضع علامات عليها

• دقة المجهر الضوئي القياسي منخفضة للغاية لدراسة العضيات، وهي الهياكل المحاطة بغشاء في الخلايا حقيقية النواة



•نوعان أساسيان من المجاهر الإلكترونية  
(EMS)تستخدم لدراسة الهياكل الخلوية الفرعية

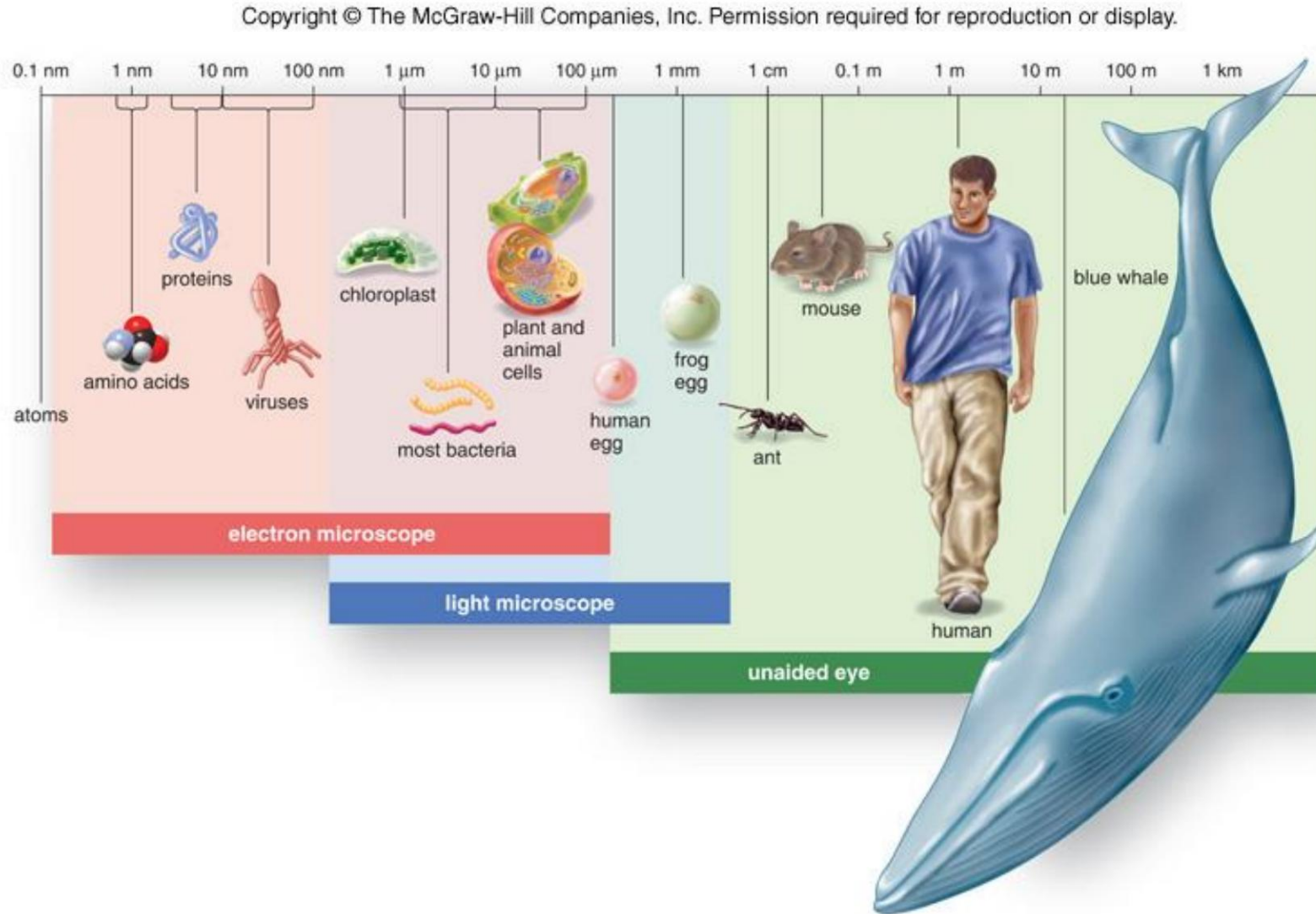
•المجاهر الإلكترونية الماسحة (SEMs)  
تركيز شعاع من الإلكترونات على سطح العينة، مما يوفر صورًا تبدو ثلاثية الأبعاد.

د

•المجاهر الإلكترونية الناقلة

(TEMs)تركز حزمة من الإلكترونات عبر عينة •تستخدم TEMs بشكل أساسي لدراسة البنية  
الداخلية للخلايا

# 4.1 الخلايا تحت المجهر (تابع)



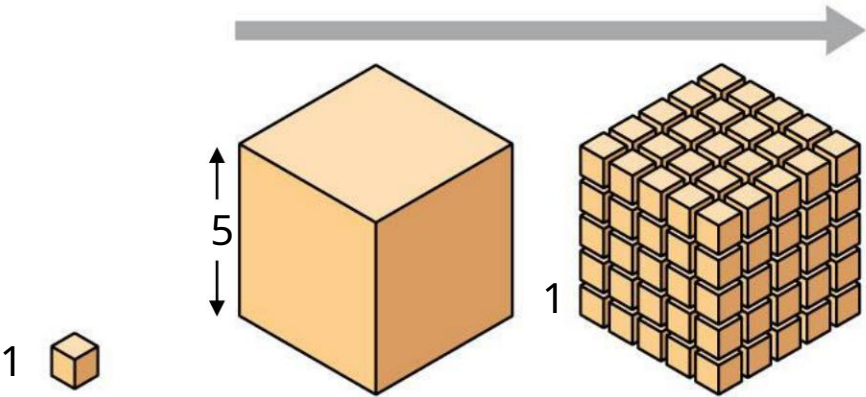
## 4.1 الخلايا تحت المجهر (تابع)

- الخلايا صغيرة لأنها محدودة بسطحها.  
نسبة المساحة إلى الحجم.

- مساحة سطح الخلية مهمة لأنها يجب أن تكون  
كبيرة بما يكفي للسماح بدخول العناصر الغذائية الكافية إلى الخلية.

- يمكن للخلايا زيادة مساحة سطحها باستخدام مواد متخصصة  
الإسقاطات مثل **الزغيبات**.

تزداد مساحة السطح بينما يظل الحجم الإجمالي ثابتًا



المساحة السطحية الكلية [مجموع مساحات السطح (الارتفاع × العرض) لجميع جوانب الصندوق × عدد الصناديق]	6	150	750
الحجم الإجمالي [الارتفاع × العرض × الطول × عدد الصناديق]	1	125	125
من السطح إلى الحجم نسبة (S) إلى (V) [مساحة السطح ÷ الحجم]	6	1.2	6

## 4.2 النوعان الرئيسيان للخلايا

• تتكون نظرية الخلية من عنصرين:

- جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا.

- الخلايا تأتي فقط من خلايا موجودة مسبقًا.

• تحتوي جميع الخلايا على غشاء خارجي يسمى الغشاء البلازمي.

• يحيط الغشاء البلازمي بمادة شبه سائلة تسمى السيتوبلازم والمادة الوراثية للخلية.

## 4.2 النوعان الرئيسيان من الخلايا (تابع)

- تنقسم الخلايا إلى نوعين وفقًا لطريقة تنظيم مادتها الوراثية.

- الخلايا **البدائية** ، التي تفتقر إلى نواة محاطة بغشاء، يكون مادتها الوراثية موجودة في منطقة تسمى **النواة**.

- تحتوي الخلايا **حقيقية النواة** على **نواة** محاطة بغشاء تخزن الحمض النووي.

# الخلايا البدائية

• الخلايا بدائية النواة هي أبسط وأصغر بكثير من الخلايا حقيقية النواة.

• كانت الخلايا البدائية من بين الكائنات الحية الأولى على الأرض.  
أرض.

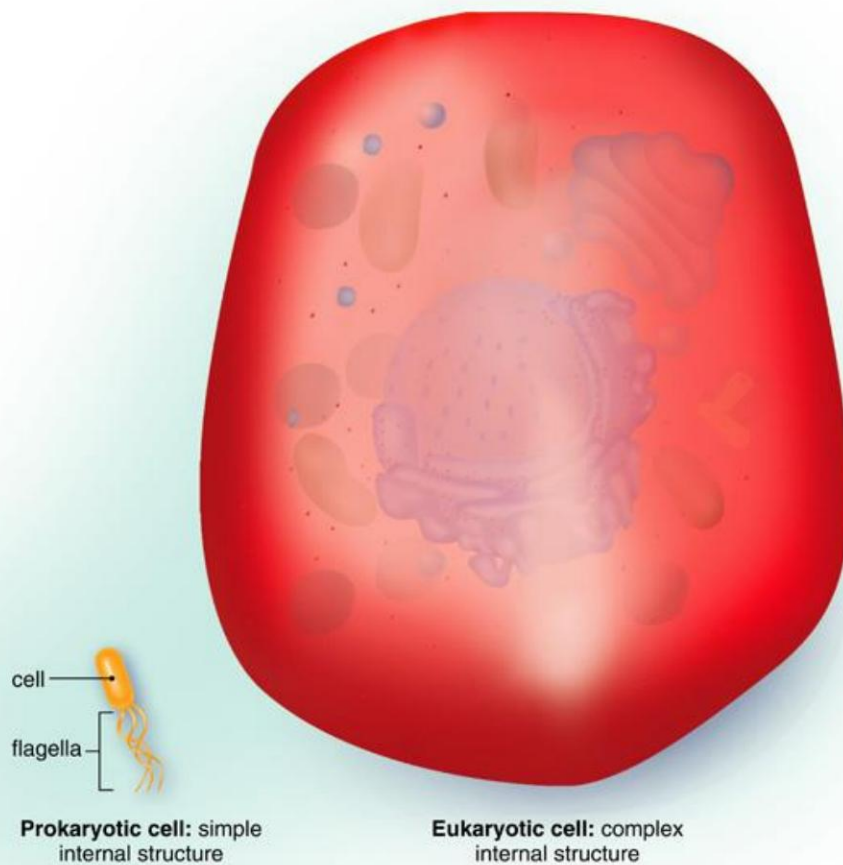
• تعيش الخلايا البدائية في مجموعة واسعة من البيئات ويمكن العثور عليها في الماء والترربة والهواء.

• تنقسم بدائيات النوى إلى مجموعتين:

• البكتيريا والعتائق.

# الخلايا البدائية (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





# الخلايا البدائية (تابع)

• **البكتيريا** هي نوع من الخلايا بدائية النواة.

• بعض البكتيريا تسبب أمراضًا ضارة.

• بعض البكتيريا مفيدة.

-تعمل البكتيريا على تحليل بقايا الجثث.

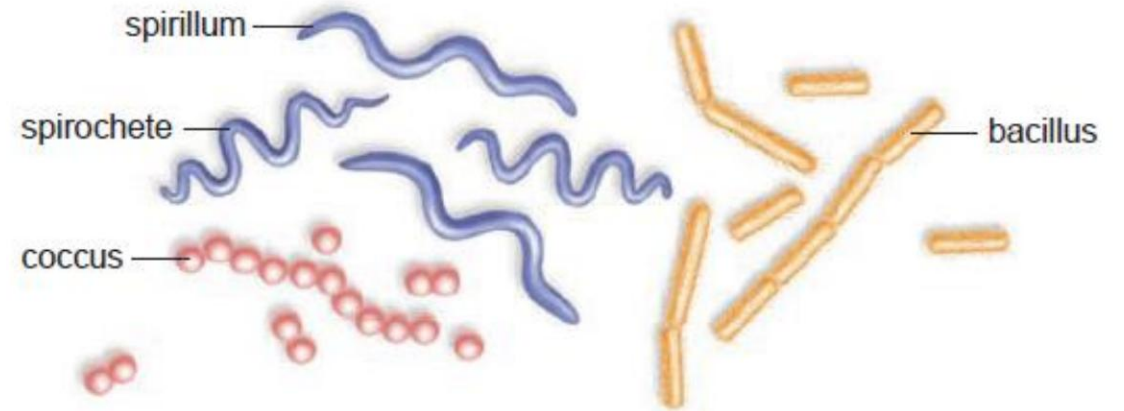
-يمكن استخدام البكتيريا في تصنيع المواد الكيميائية للاستخدام البشري (على سبيل المثال، المواد الكيميائية الصناعية والأدوية).

-البكتيريا هي عنصر مهم في بعض الكائنات الحية البشرية

الأطعمة (على سبيل المثال، الزبادي).

# البنية البكتيرية

• تم العثور على ثلاثة أشكال أساسية من بدائيات النوى



• -العصية: بكتيريا على شكل قضيب.

• -المكورات : بكتيريا ذات شكل كروي .

• -الحلزونية: بكتيريا صلبة حلزونية الشكل .

# البنية البكتيرية

• يحيط بسايتوبلازم البكتيريا غلاف خلوي يتكون من **غشاء خلوي** وجدار **خلوي** وكبسولة .

-غشاء الخلية يشبه غشاء الخلايا حقيقية النواة.

-جدار الخلية يحافظ على شكل الخلية.

-الكبسولة عبارة عن طبقة واقية من السكريات المتعددة حول جدار الخلية والتي تساعد البكتيريا على مقاومة جهاز المناعة المضيف وحمايته من الجفاف.

# البنية البكتيرية (تابع)

• الحمض النووي للبكتيريا هو عبارة عن كروموسوم ملتف واحد يتواجد في **النواة**.

• تحتوي العديد من البكتيريا على جزء من الحمض النووي على شكل حلقة تسمى البلازميد.

• يحتوي سيتوبلازم البكتيريا على آلاف من الخلايا الصغيرة

جزيئات تسمى **الريبوسومات** التي تقوم بتصنيع جميع البروتينات التي تحتاجها الخلية.

• تستقلب معظم البكتيريا بنفس طريقة الحيوانات، ولكن

تتمتع البكتيريا الزرقاء (البكتيريا الخضراء المزرقة) بالقدرة على التمثيل الضوئي بطريقة مشابهة للنباتات لأنها تحتوي على خيوط رفيعة تسمى الثايلاكويدات.

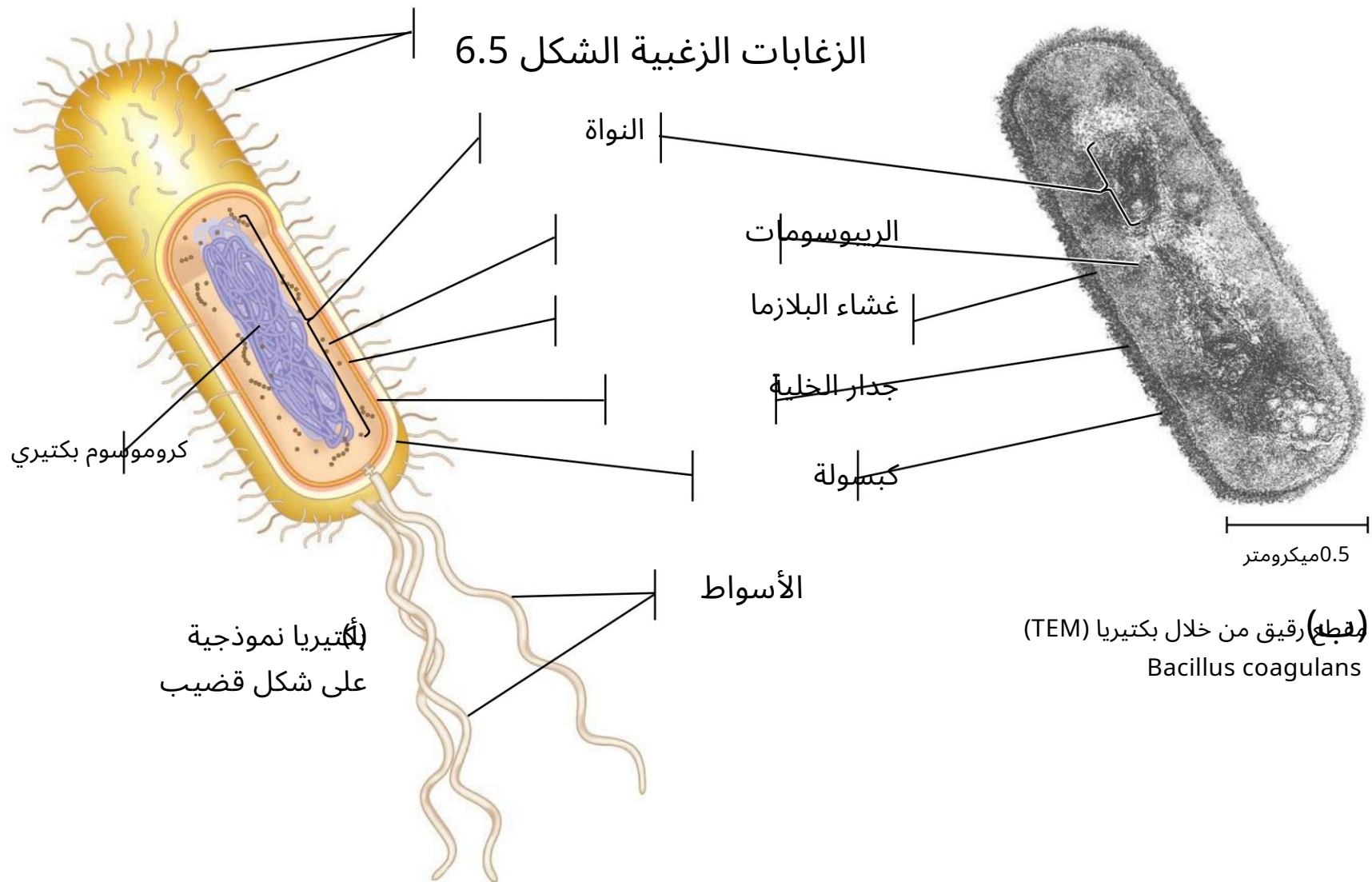
# البنية البكتيرية (تابع)

• يمكن أن تمتلك البكتيريا ملحقات ذات وظائف محددة.

- يمكن استخدام **الأسواط** لمساعدة البكتيريا على التحرك في الماء.

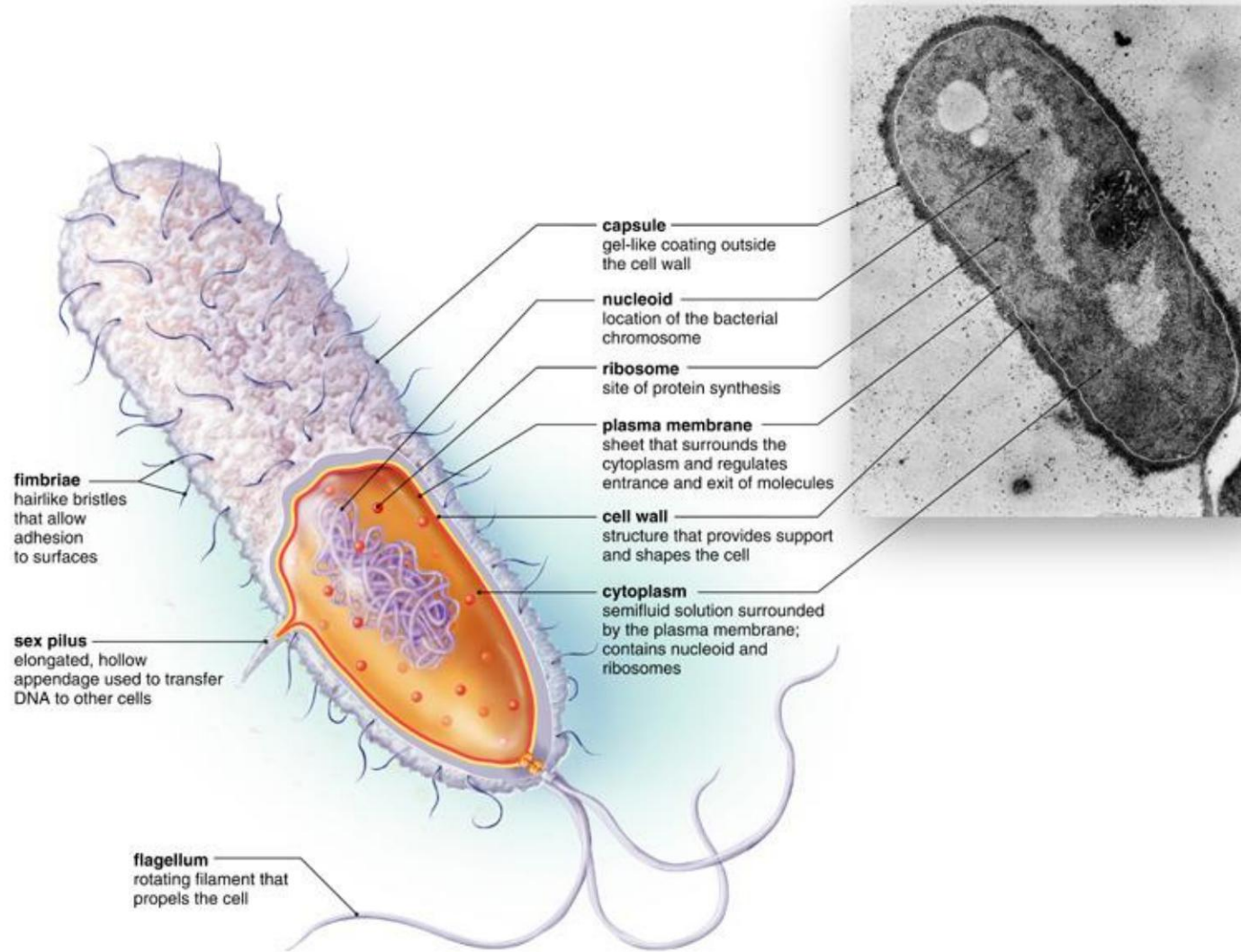
- **الزغابات** هي ألياف صغيرة تشبه الشعيرات تسمح للبكتيريا بالالتصاق أنفسهم إلى الأسطح.

- تُستخدم **أهداب الاقتران** لنقل الحمض النووي من بكتيريا إلى أخرى.  
آخر.



# البنية البكتيرية (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



## 4.4 الخلايا حقيقية النواة

• تحتوي الخلايا حقيقية النواة على نواة محاطة بغشاء يحتوي على الحمض النووي الخاص بها.

• الخلايا حقيقية النواة أكبر من الخلايا بدائية النواة ونسبة مساحة السطح إلى الحجم أقل.

• تحتوي الخلايا حقيقية النواة على عدد من الحجرات الداخلية المحاطة بغشاء تسمى **العضيات**.



## 4.4 الخلايا حقيقية النواة (تابع)

• يمكن تقسيم العضيات إلى أربع فئات.

- **النواة** والرايبوسومات .

- **عضيات النظام الغشائي الداخلي.**

- **العضيات المرتبطة بالطاقة.**

- **الهيكل الخلوي.**

## 4.4 الخلايا حقيقية النواة (تابع)

- تتواصل النواة مع الريبوسومات للسيطرة على تخليق البروتين.

- كل عضية من عضيات **نظام الغشاء الداخلي** لديه إنزيماته الخاصة وينتج منتجات محددة.

- يتم نقل منتجات نظام الغشاء الداخلي في الخلايا على شكل **حوصلات نقل**.

## 4.4 الخلايا حقيقية النواة (تابع)

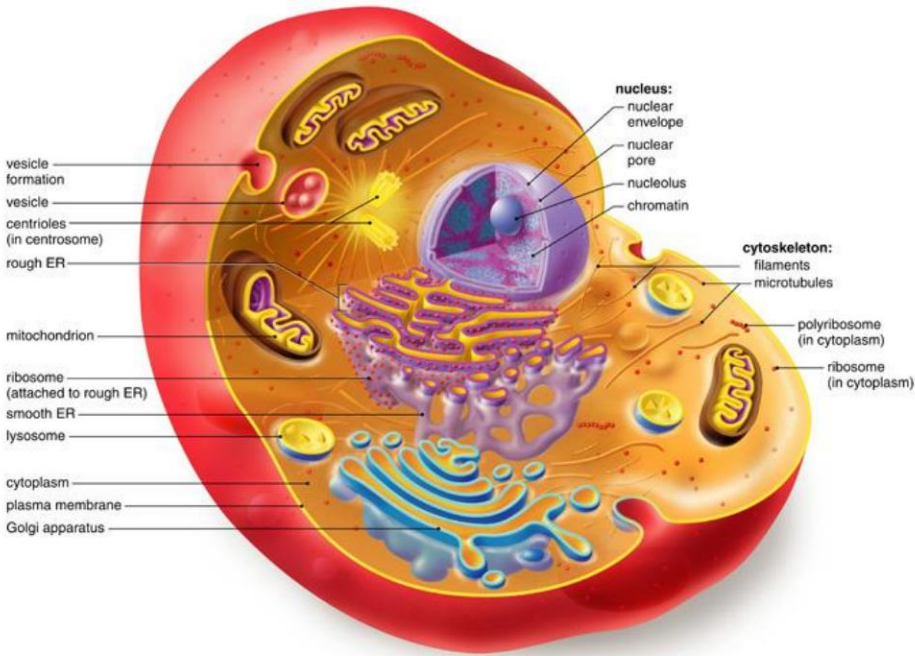
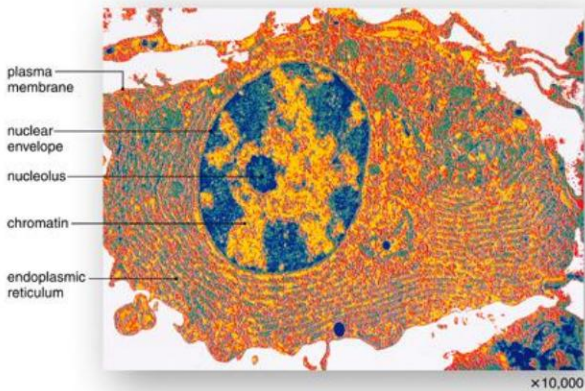
• كلا النوعين من العضيات المرتبطة بالطاقة لهما مادتهما الوراثة وريبوسوماتهما الخاصة.

-توجد **الميتوكوندريا** في جميع الخلايا حقيقية النواة.  
-توجد **البلاستيدات الخضراء** في خلايا حقيقيات النوى القادرة على التمثيل الضوئي.

• **الهيكل الخلوي** عبارة عن شبكة بروتينية تحافظ على شكل الخلية وتساعد في حركة العضيات.

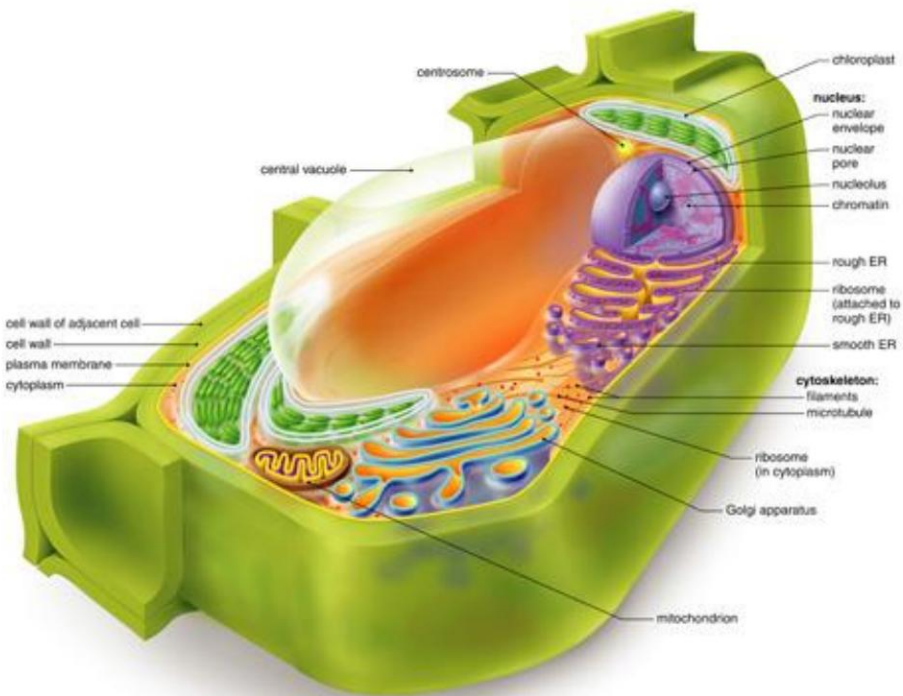
# 4.4 الخلايا حقيقية النواة (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# 4.4 الخلايا حقيقية النواة (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# النواة والرايبوسومات

• النواة عبارة عن بنية بيضاوية تقع بالقرب من مركز

معظم الخلايا حقيقية النواة.

• تحتوي نواة الخلية حقيقية النواة على **الكروماتين**

داخل **نواة شبه سائلة**.

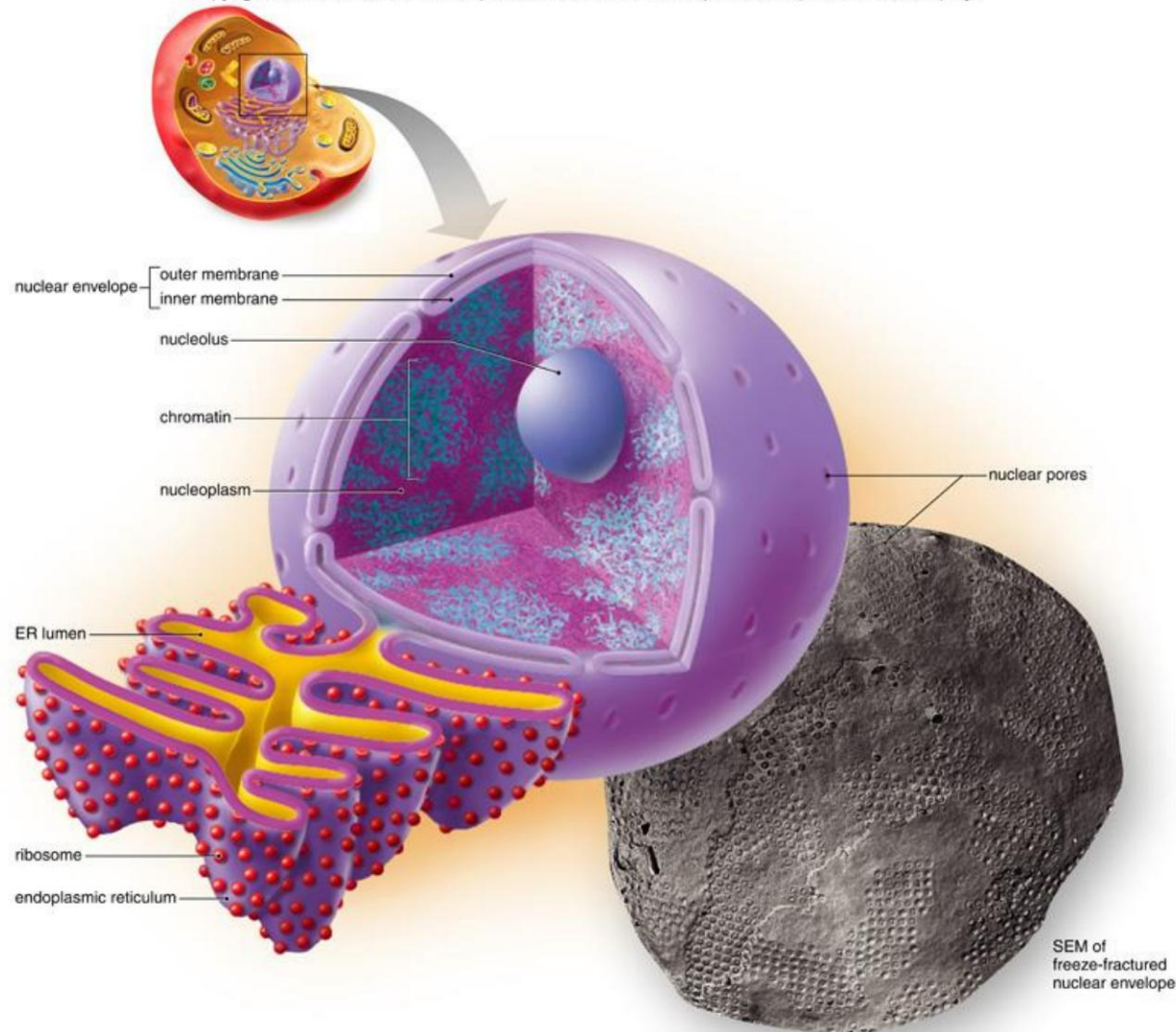
• الكروماتين، الذي يتكون من الحمض النووي والبروتين وبعض RNA، هو عادة عبارة عن شبكة من الخيوط الدقيقة.

• تتكثف الخيوط أثناء انقسام الخلايا لتكوين خيوط مرئية

**الكروموسومات**.

# النواة والرايبوسومات (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# النواة والرايبوسومات (تابع)

• يتم إنتاج الحمض النووي RNA في النواة.

□ يعمل الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) كوسيط للحمض النووي (DNA) ويحمل المعلومات الخاصة بتسلسل الأحماض الأمينية في البروتين.

يتحد الحمض النووي الريبوزي الريبوسومي (rRNA) مع بروتينات محددة لتشكيل الوحدات الفرعية للريبوسومات.

□ يشارك الحمض النووي الريبوزي الناقل (tRNA) في جميع الأحماض الأمينية أثناء تخليق البروتين.



# النواة والرايبوسومات (تابع)

• يتم فصل محتويات النواة عن السيتوبلازم بواسطة الغشاء النووي.

• يحتوي الغشاء النووي على مسام نووية تسمح بمرور الوحدات الريبوسومية mRNA و خارج النواة والبروتينات إلى النواة.

• تتجمع وحدات الريبوسوم، واحدة كبيرة وأخرى صغيرة، في السيتوبلازم وتستخدم في صنع البروتينات.

# الريبوسومات

• توجد الريبوسومات في كل من بدائيات النوى وحقيقيات النوى، ولكن بأحجام مختلفة.

• تتكون الريبوسومات من وحدتين فرعيتين: الوحدة الفرعية الصغيرة والوحدة الفرعية الكبيرة.

• في الخلايا حقيقية النواة، يمكن العثور على الريبوسومات في مواقع وأشكال مختلفة.

-الريبوسومات الفردية الحرة في السيتوبلازم

-مجموعات في السيتوبلازم تسمى بالريبوسومات المتعددة

-متصل بالشبكة الإندوبلازمية (ER)

# الريبوسومات (تابع)

• البروتينات التي تصنعها هذه الخلايا المختلفة

يتم استخدام الريبوسومات في أجزاء مختلفة من الخلية.

• يتم استخدام البروتينات من الريبوسومات الحرة في

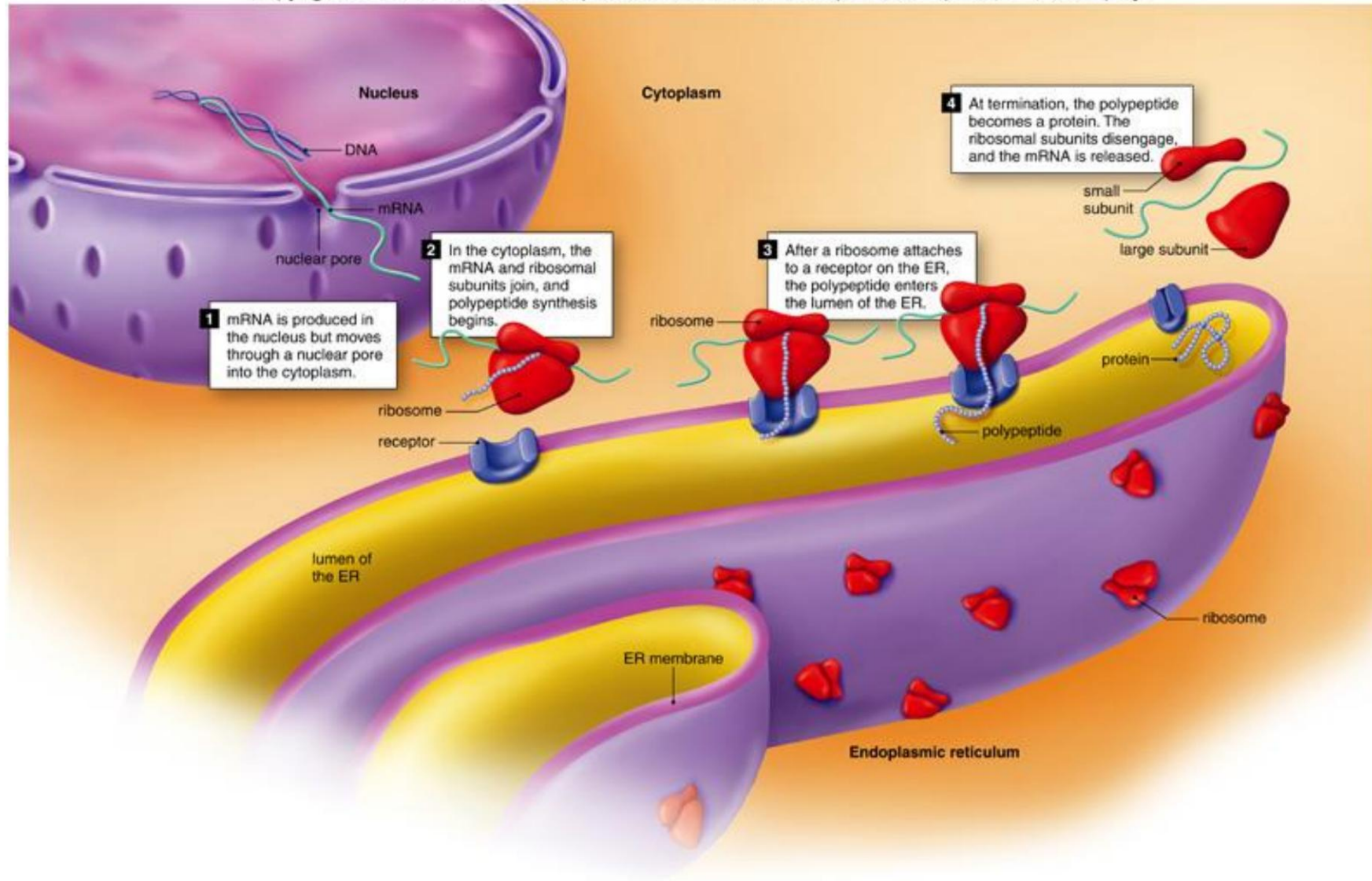
السيتوبلازم.

• البروتينات من الريبوسومات المرتبطة بـ

يتم إيداع ER في ER.

# الريبوسومات (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# نظام الغشاء الداخلي

• يتكون نظام الغشاء الداخلي من أربعة مكونات.

- الغشاء النووي

- الشبكة الإندوبلازمية (ER)

- جهاز جولجي

- أكياس غشائية تسمى الحويصلات

• يقوم هذا النظام بتقسيم الخلية إلى أقسام ويحمل الجزيئات بين مكونات النظام.

# الشبكة الإندوبلازمية

• الشبكة الإندوبلازمية عبارة عن نظام معقد من القنوات الغشائية والحوصلات المسطحة (الأكياس).

• الشبكة الإندوبلازمية الخشنة مليئة بالريبوسومات.

-تقوم الشبكة الإندوبلازمية الخشنة بتصنيع البروتينات.

-يتم تعبئة هذه البروتينات في **حوصلات النقل**.

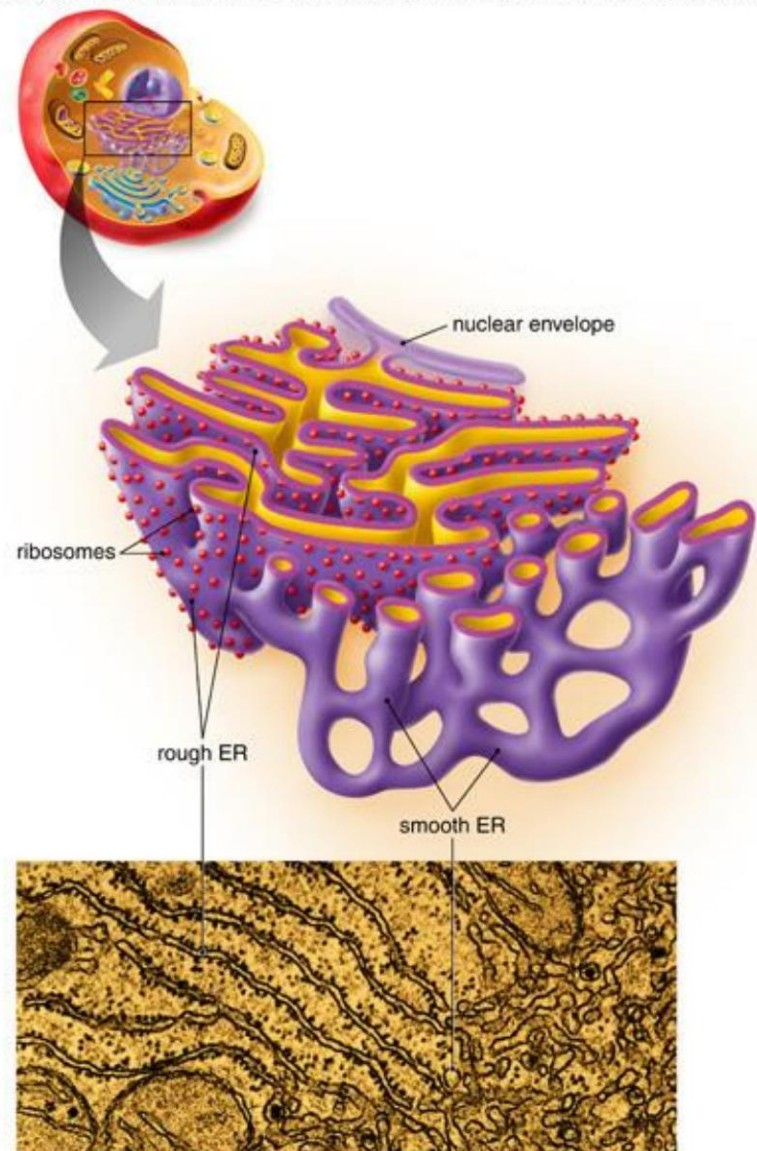
• تقوم الشبكة الإندوبلازمية الملساء بتخليق الدهون التي يتم تعبئتها أيضًا في

حوصلات النقل، الشبكة الإندوبلازمية الملساء لا تحتوي على ريبوسومات متصلة بها.

كما أنها تعمل على إزالة السموم من الأدوية وخاصة في الكبد.

# الشبكة الإندوبلازمية (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

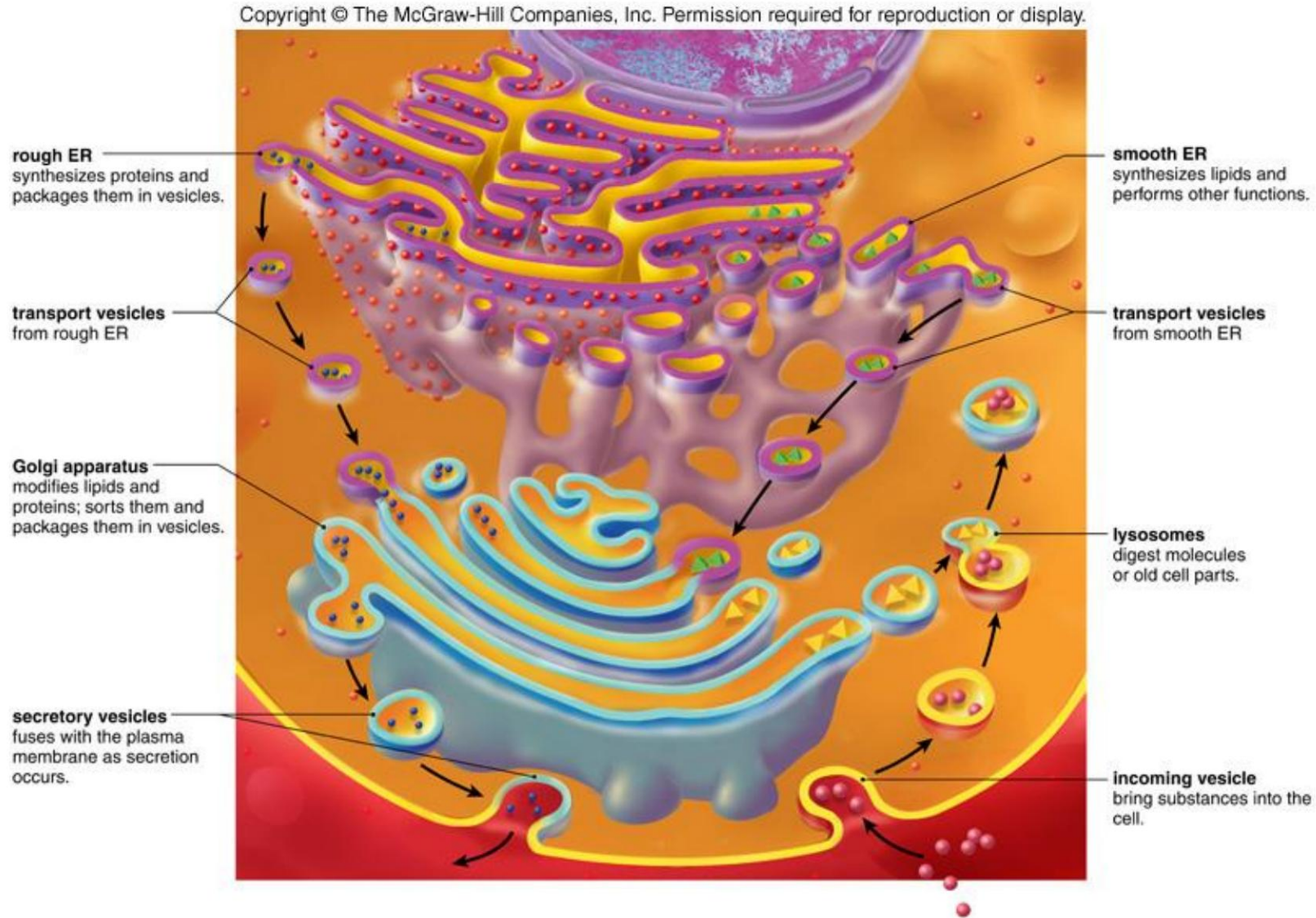


# جهاز جولجي

- يتكون جهاز جولجي من عدد كبير من الأكياس المسطحة. • له جانبان: الوجه السييس (الداخلي) الموجه نحو الشبكة الإندوبلازمية، والوجه الترانس (الخارجي) الموجه نحو الغشاء البلازمي.
- يستقبل جهاز جولجي حويصلات نقل البروتين من الشبكة الإندوبلازمية ويعبئها في حويصلات جديدة.
- يقوم جهاز جولجي بتوجيه الحويصلات الجديدة إلى الموقع المخصص للبروتين.



# جهاز جولجي (تابع)



# الليسوسومات

• **الليسوسومات** هي حويصلات جولجي تحتوي على بروتينات تعمل كإنزيمات تحليلية. وهي تعمل على هضم الجزيئات (المواد) أو العضيات غير الوظيفية داخل الخلية.

• تشارك الليسوسومات أيضًا في **موت الخلايا المبرمج**، أو عملية التمثيل الغذائي. موت الخلية.

# البيروكسيسومات

• هي حويصلات محاطة بغشاء تشبه الليزوزومات، إلا أن إنزيماتها تؤدي إلى إنتاج بيروكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ ).

• بيروكسيد الهيدروجين هو جزيء سام يجب أن يتم تقسيمه على الفور إلى ماء وأكسجين بواسطة إنزيم آخر داخل البيروكسيسومات.

# الفجوات

• **الفجوات** عبارة عن أكياس غشائية أكبر من حويصلات.

• في بعض الكائنات الحية، مثل النباتات، قد يكون للفجوات وظائف متخصصة.

• في معظم الكائنات الحية، يمكن للفجوات تخزين العناصر الغذائية، أو الأيونات، أو الجزيئات الأخرى.

# الفجوات

• أنواع الفجوات في الخلايا النباتية:

- -الفجوة المركزية: وهي فجوة كبيرة تشكل ما يصل إلى 90% من حجم الخلية. وهي مليئة بسائل يسمى النسغ، وهو يدعم الخلية ويتحكم في حجمها. كما أنها تخزن العناصر الغذائية والمنتجات السامة.
- -فجوات أخرى تقوم بتخزين الصبغات والماء والمواد المغذية.

# الفجوات (تابع)

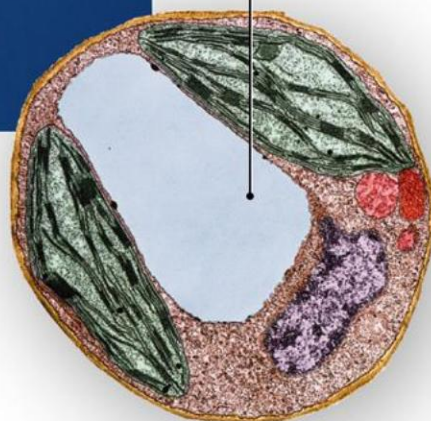
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



a.

×800

vacuoles



b.

×7,700

# العضيات المرتبطة بالطاقة

• هناك نوعان من العضيات الغشائية المتخصصة في تحويل الطاقة وهما **البلاستيدات الخضراء** والميتوكوندرية .

• تستخدم البلاستيدات الخضراء الطاقة الشمسية لتصنيع الكربوهيدرات عن طريق عملية التمثيل الضوئي.

• تقوم الميتوكوندرية بتحليل الكربوهيدرات لإنتاج ثلاثي فوسفات **الأدينوزين (ATP)**.

## البلاستيديات الخضراء

• توجد **البلاستيديات الخضراء** في النباتات وغيرها من الكائنات الحية القادرة على التمثيل الضوئي. الكائنات الحية.

• البلاستيديات الخضراء محاطة بغشاءين (داخلي وخارجي).

• تحتوي المساحة الداخلية الكبيرة على شبه سائل يسمى **سدى**.



# البلاستيديات الخضراء (تابع)

• تحتوي السدى على عنصرين من آلية التمثيل الضوئي.

-إنزيمات التمثيل الضوئي

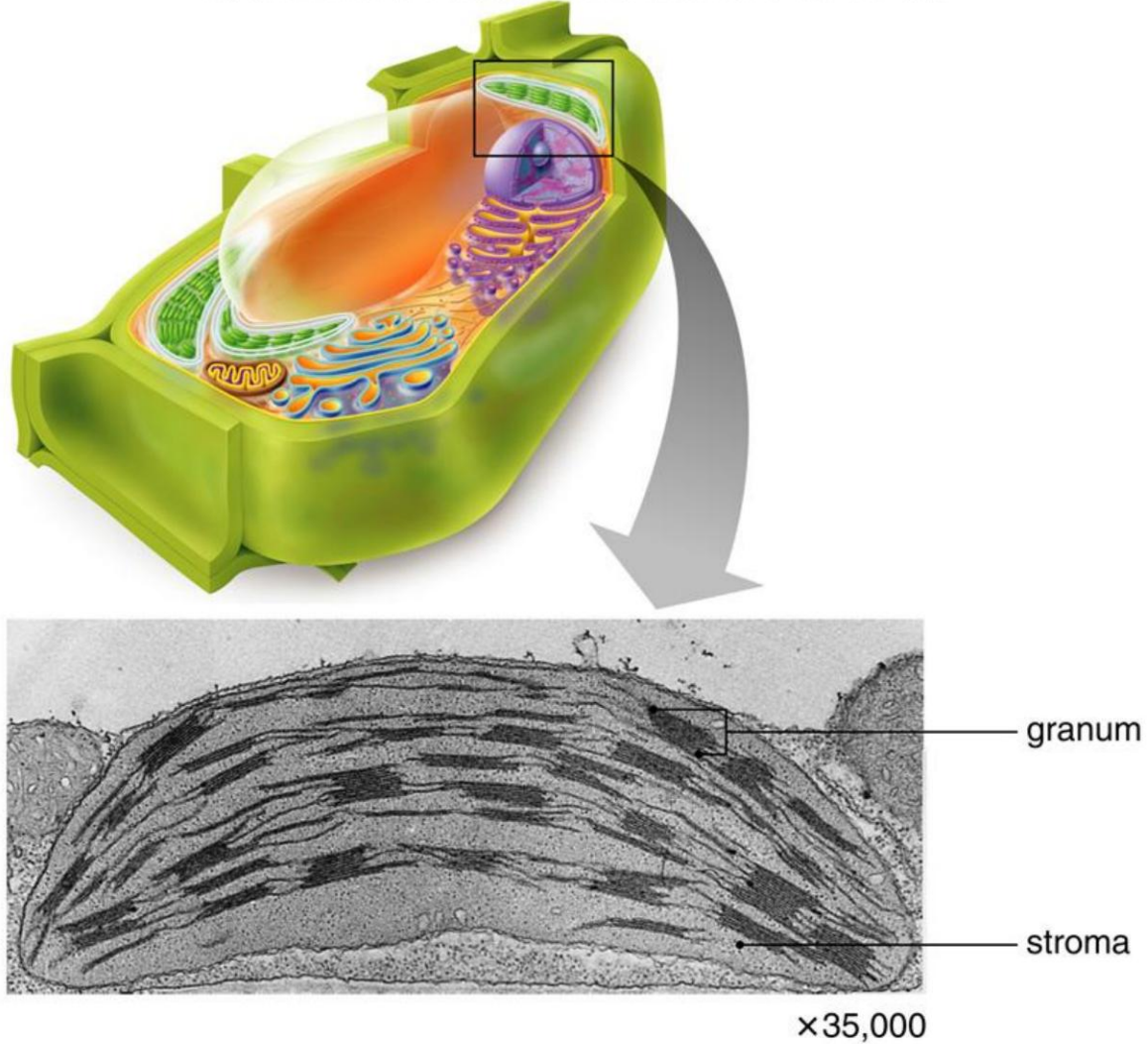
-مجموعة ثالثة من الأغشية، منظمة على شكل سلسلة من الأكياس على شكل أقراص تسمى **الثايلاكويدات**.

• يتم تنظيم **الثايلاكويدات** في أكوام أو **جرانا**.

• يتم تضمين الصبغات التي تلتقط الضوء لعملية التمثيل الضوئي في غشاء **الثايلاكويدات**.

# البلاستيدات الخضراء (تابع)

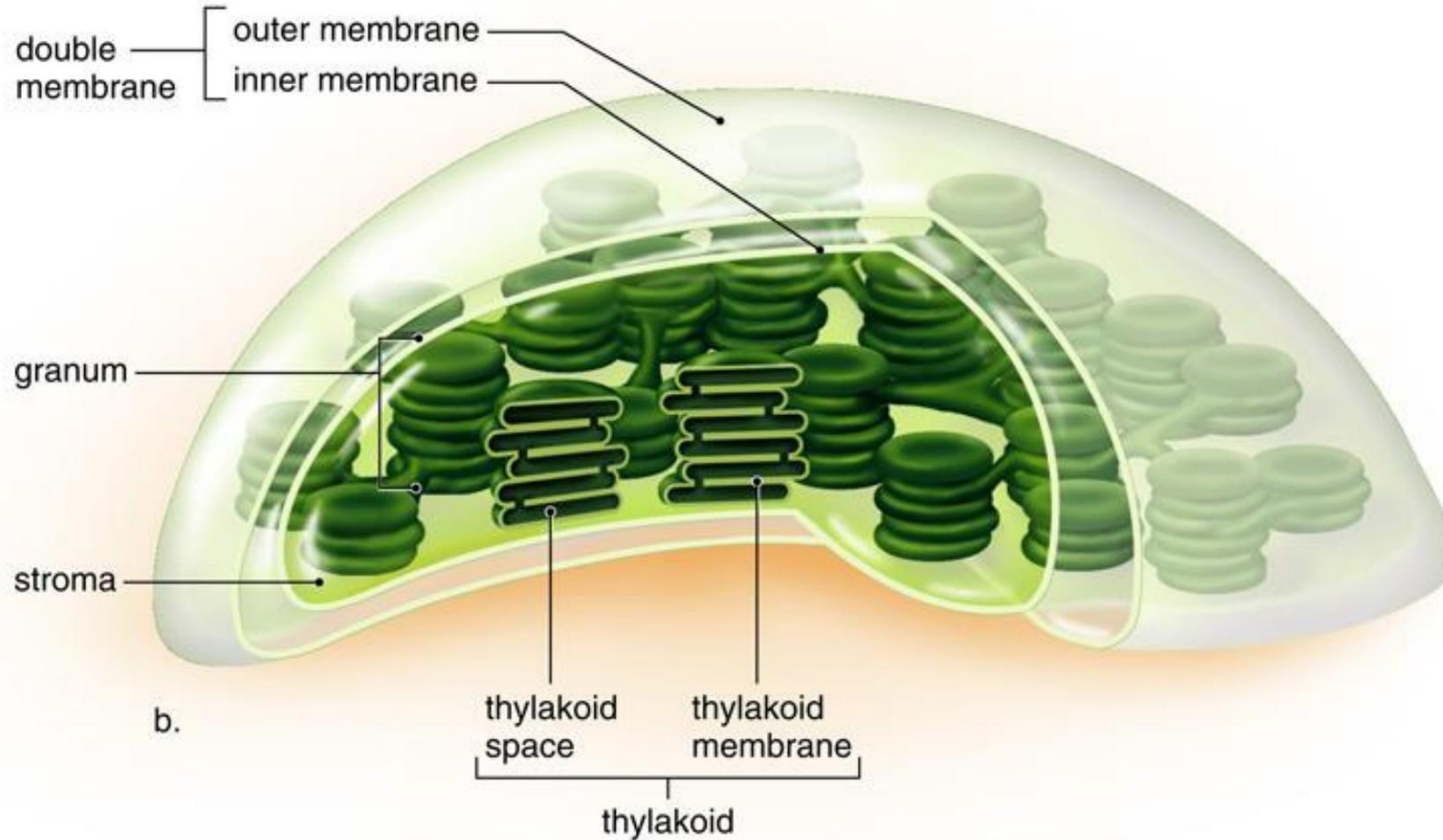
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



a.

# البلاستيدات الخضراء (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# أنواع أخرى من البلاستيكيات

• تحتوي النباتات على عدة أنواع من البلاستيكيات: •البلاستيكيات الخضراء: تحتوي على صبغات ملونة. •البلاستيكيات الخضراء: تحتوي على الكلوروفيل. •البلاستيكيات البيضاء: تقوم بتصنيع وتخزين النشا والزيت.

# الميتوكوندرية

- الميتوكوندرية محاطة بغشاء مزدوج.

- تشكل تلافيف الغشاء الداخلي **أعرافاً**،  
التي تزيد من مساحة السطح.

- يحيط الغشاء الداخلي **بالمصفوفة**.

# الميتوكوندريا (تابع)

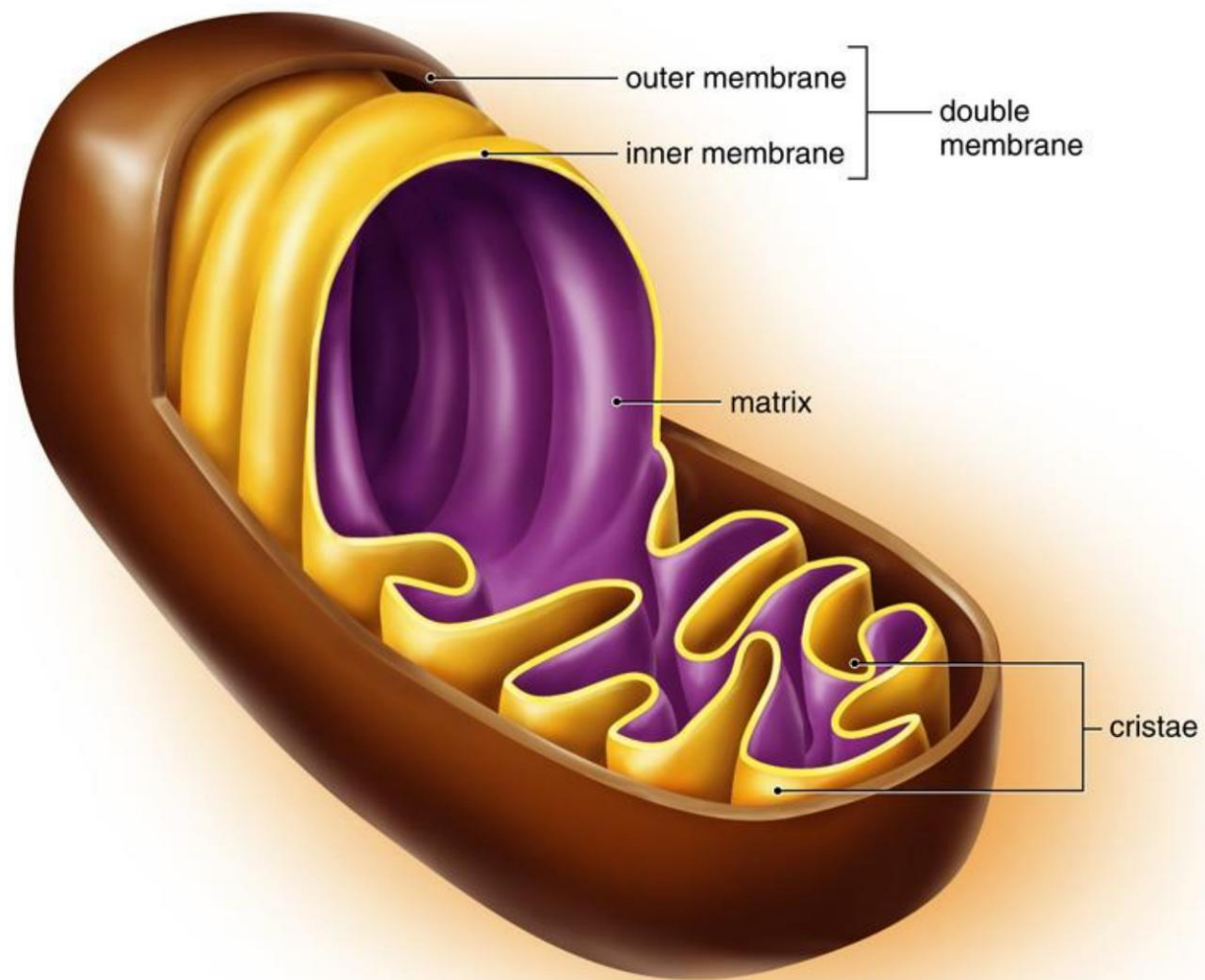
• تحتوي المصفوفة على إنزيمات تعمل على تفتيت الكربوهيدرات والعناصر الغذائية الأخرى للحصول على الطاقة.

• غالبًا ما يطلق على الميتوكوندريا اسم "محطة الطاقة" للخلية لأنها تنتج معظم الـ ATP.

• تسمى عملية تحليل هذه الجزيئات في وجود الأكسجين لإنتاج ATP بالتنفس الخلوي.

# الميتوكوندريا (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

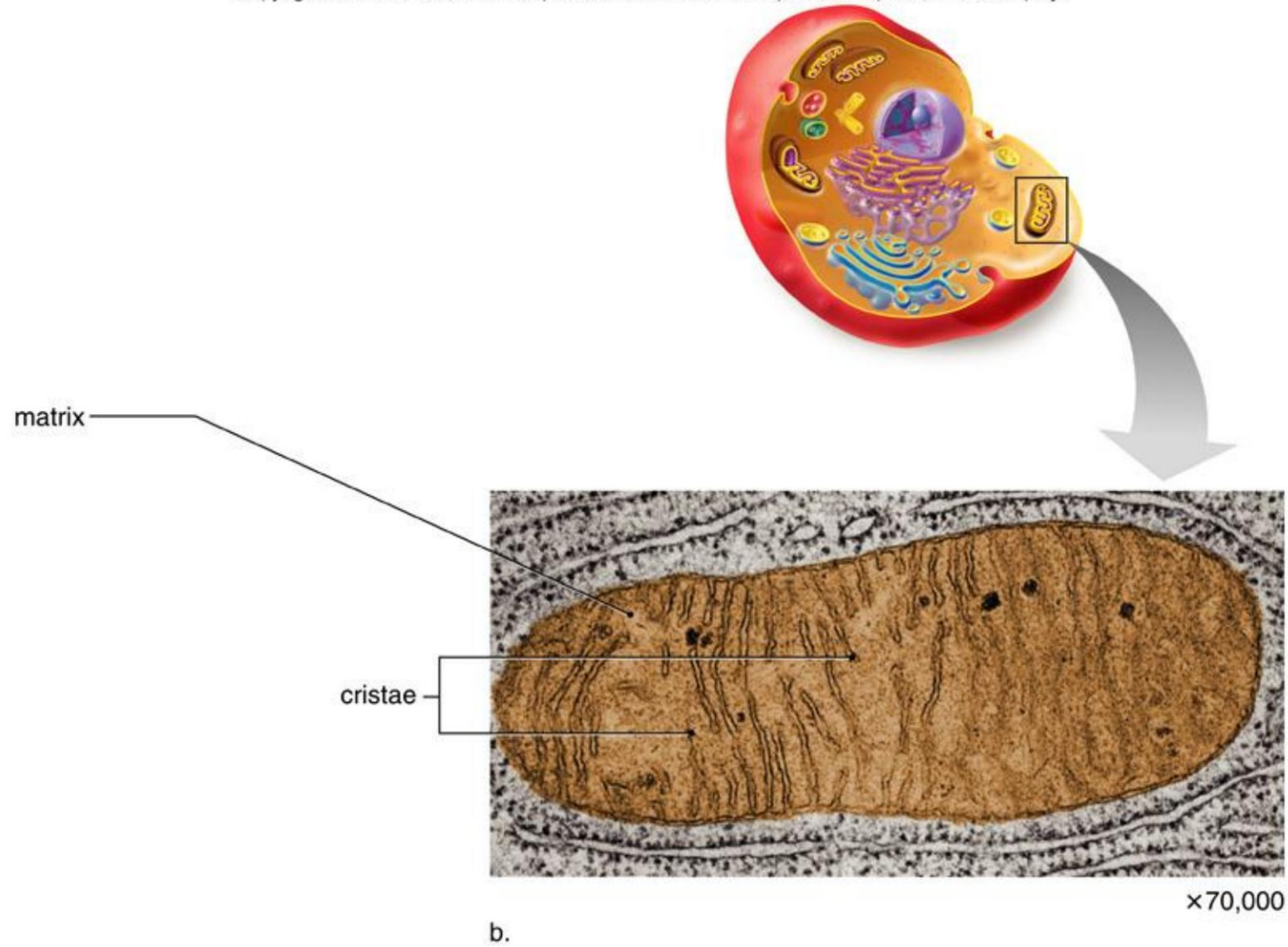


a.



# الميتوكوندريا (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





# الهيكل الخلوي

• **الهيكل الخلوي** عبارة عن شبكة من البروتينات الخيوط والأنابيب التي تمتد من النواة إلى الغشاء البلازمي.

• يحافظ الهيكل الخلوي على شكل الخلية.

• يتكون الهيكل الخلوي من ثلاثة مكونات.

-خيوط الأكتين

-الأنابيب الدقيقة

-خيوط وسيطة

# خيوط الأكتين

•تسمى أيضًا بالخيوط الدقيقة. وهي طويلة و

ألياف رقيقة للغاية.

•تتكون خيوط الأكتين من سلسلتين من الأكتين الكروي

مونومرات متشابكة في شكل حلزوني.

•خيوط الأكتين تدعم الخلية وأي نتوء، مثل الزغيبات.

•الأكتين، وجزء آخر يسمى الميوسين، هما أيضًا

تشارك في انقباض العضلات وانقسام الخلايا في العملية تحتاج إلى ATP.

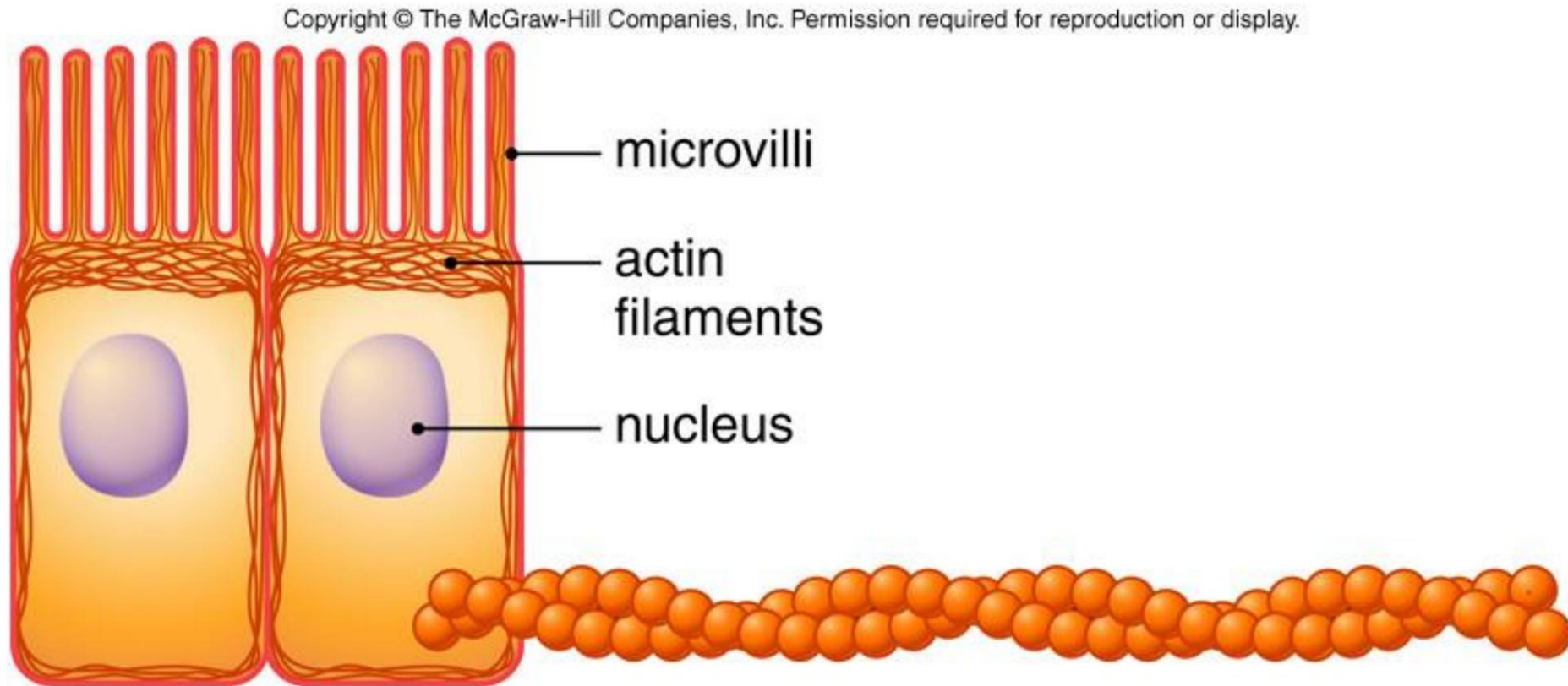
# خيوط الأكتين

• • في النباتات، تشكل خيوط الأكتين مسارًا تدور فيه البلاستيدات الخضراء في "التدفق السيتوبلازمي"

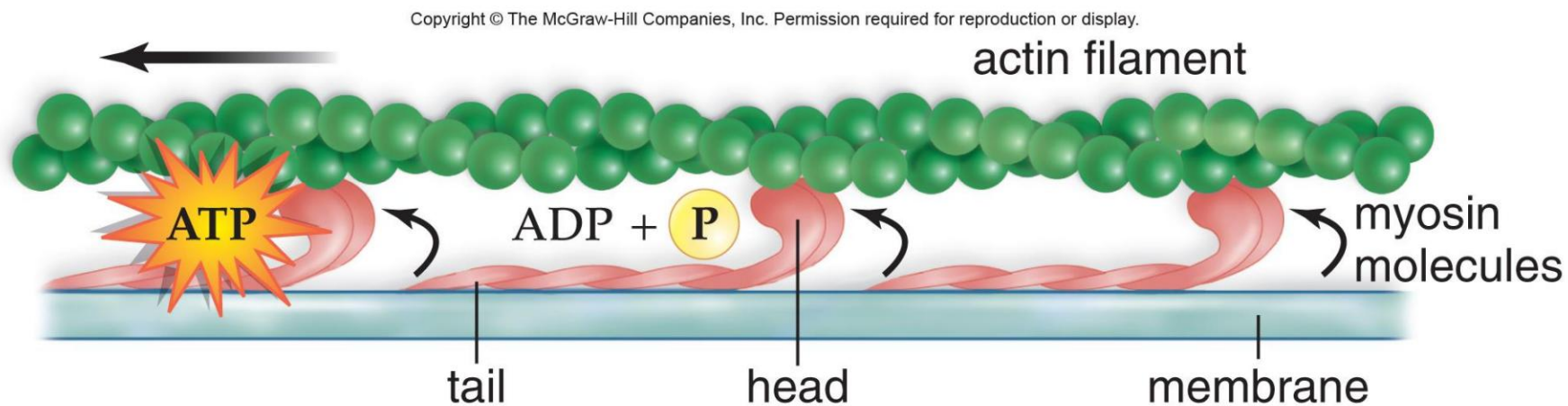
• خيوط الأكتين مسؤولة عن تكوين أرجل كاذبة تساعد في الحركة الأميبية.

• تلعب خيوط الأكتين دورًا مهمًا في انقسام الخلايا، وذلك من خلال فصل الخليتين الجديدتين.

# خيوط الأكتين (تابع)



# الصفحة 78



# خيوط وسيطة

• **الخيوط المتوسطة** هي خيوط متوسطة الحجم بين خيوط الأكتين والأنابيب الدقيقة.

• هذه البوليبيبتيدات الليفية الشبيهة بالحبال تدعم النواة والغشاء البلازمي، وتلعب دورًا في تكوين الوصلات بين الخلايا.

# الأنابيب الدقيقة

• الأنابيب الدقيقة هي بروتينات مرتبة لتكوين أجوف اسطوانات.

• وهي الأكبر حجمًا بين مكونات الهيكل الخلوي.

• يتم تجميع الأنابيب الدقيقة بواسطة الجسم المركزي.

• يمكن ربط الأنابيب الدقيقة بالجزيئات الحركية

مثل الكينيسين والداينين.

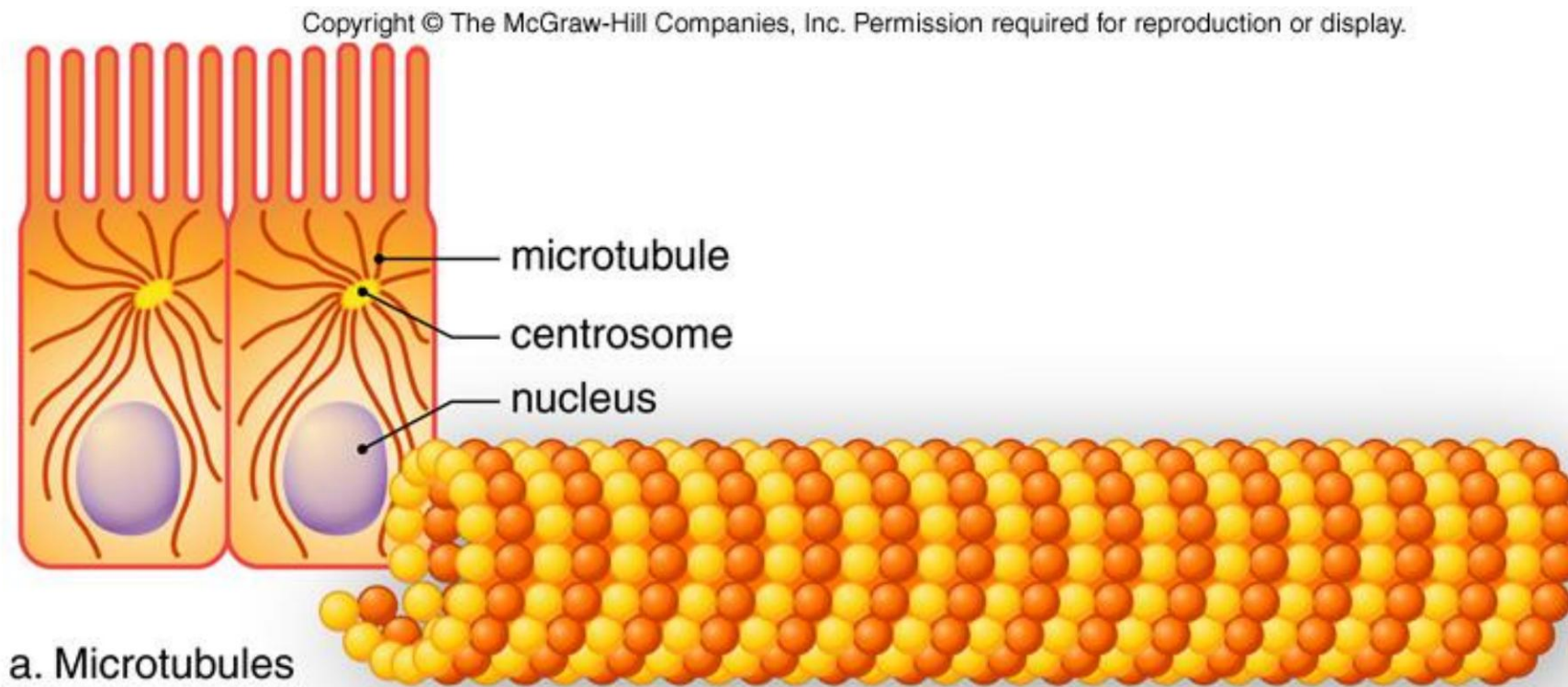
## الأنابيب الدقيقة

• تساعد الأنابيب الدقيقة في الحفاظ على شكل الخلية وتعمل كمسارات يمكن للعضيات التحرك على طولها.

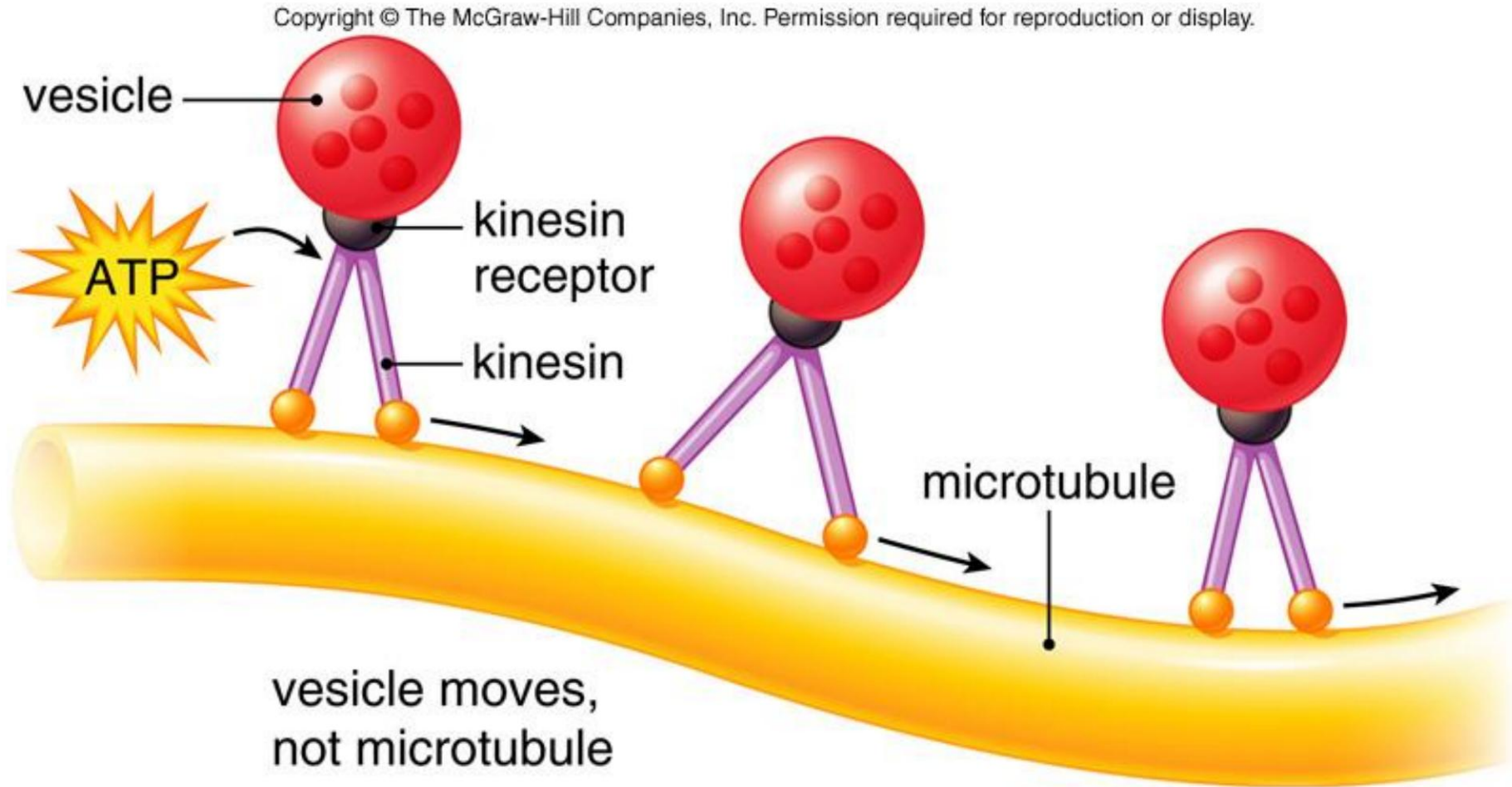
• تلعب دورًا مهمًا في انقسام الخلايا لأنها تشكل المغزل الانقسامي الذي يوزع الكروموسومات بين الخلايا الناتجة.



# الأنابيب الدقيقة (تابع)



## الأنابيب الدقيقة (تابع)



b. Microtubular tracks

# الجسمات المركزية

• **الجسمات المركزية** هي عبارة عن أسطوانات قصيرة ذات نمط  $9+0$  من الثلاثيات الدقيقة.

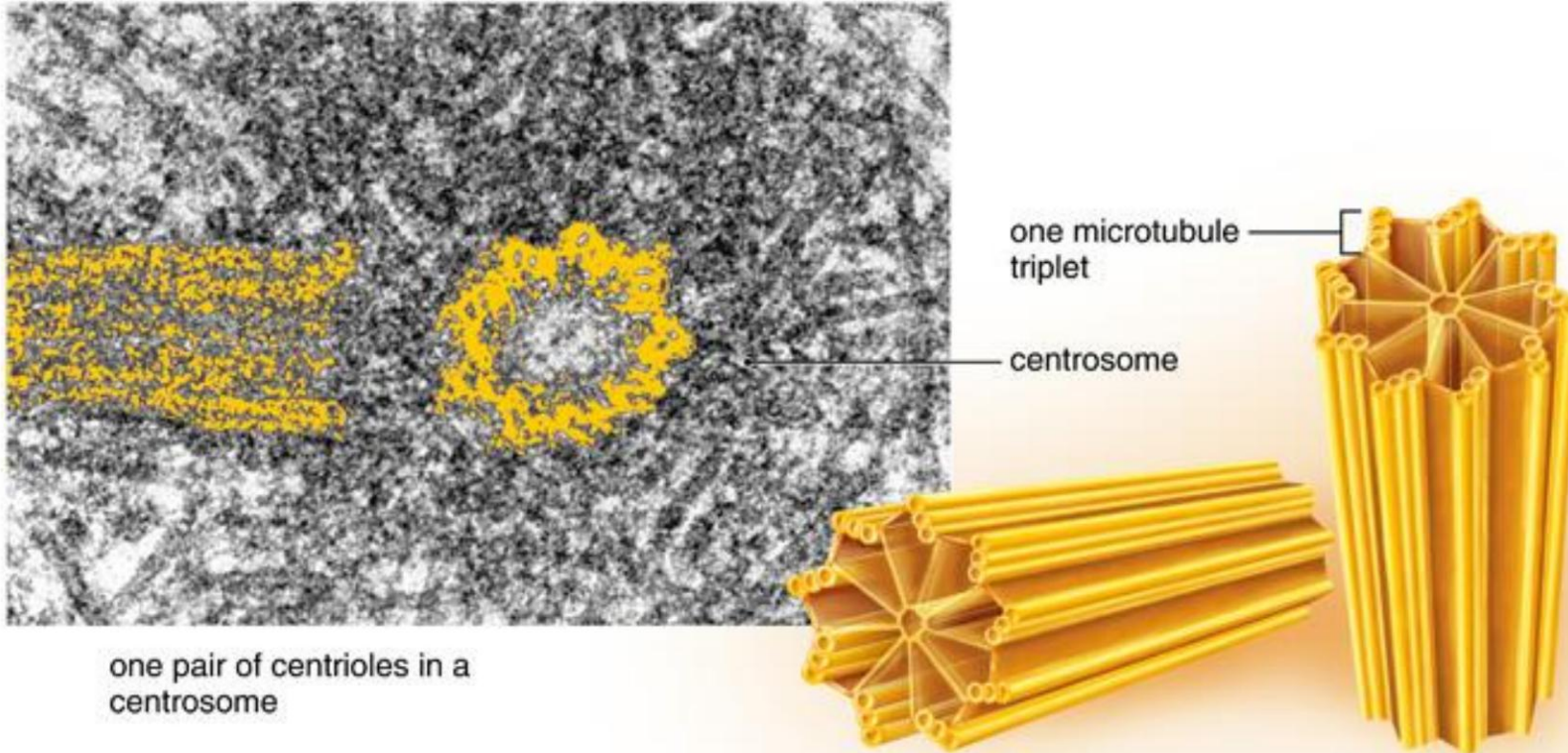
• يوجد جسمان مركزيان في الخلية.

• في النباتات وبعض الأوليات، يقع الجسم المركزي في الجسم المركزي.

• تشارك الجسيمات المركزية في انقسام الخلايا.

# الجسمات المركزية (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



# الأهداب والسوط

• الأهداب والأسواط هي نتوءات تشبه **الشعر** تسمح للكائنات الحية بالحركة.

• لديهم 9+2 نمط من ثنائيات الأنايب الدقيقة.

• تختلف الأهداب والأسواط في الحجم ولكنها متشابهة في التركيب.

- كلاهما عبارة عن أسطوانات محاطة بغشاء.

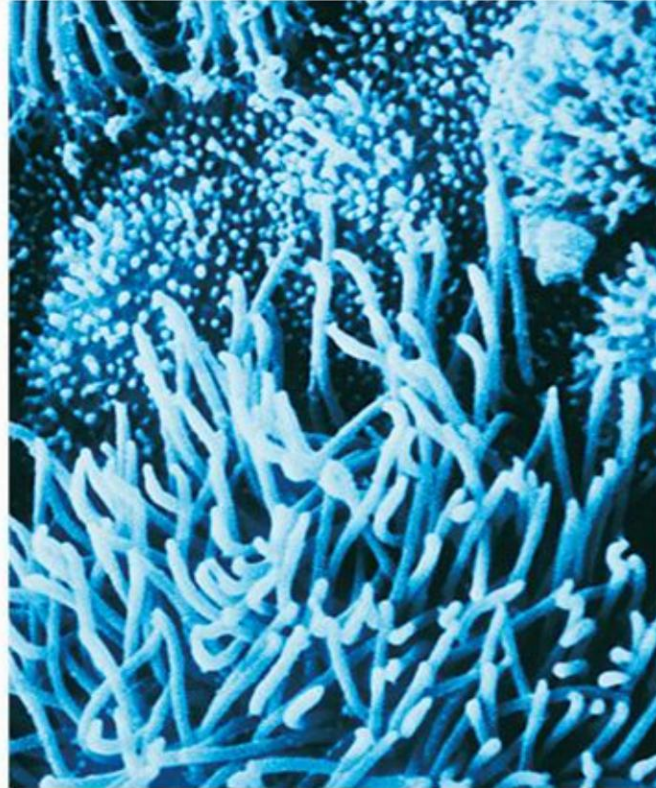
- كلاهما له جسم قاعدي في السيتوبلازم له بنية

مشابهة للأجسام المركزية.



# الأهداب والسوط (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



cilia in bronchial wall

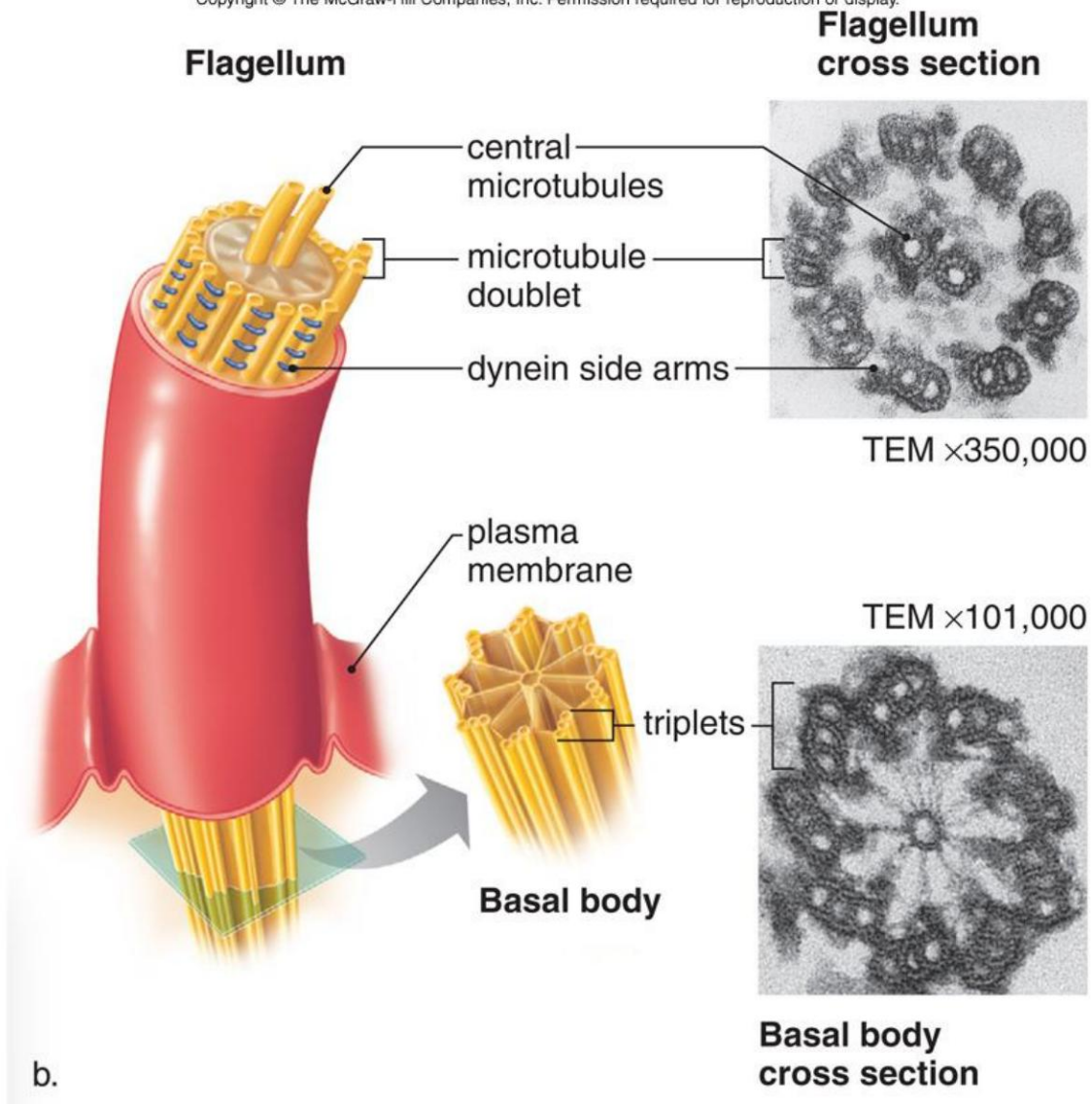
a.



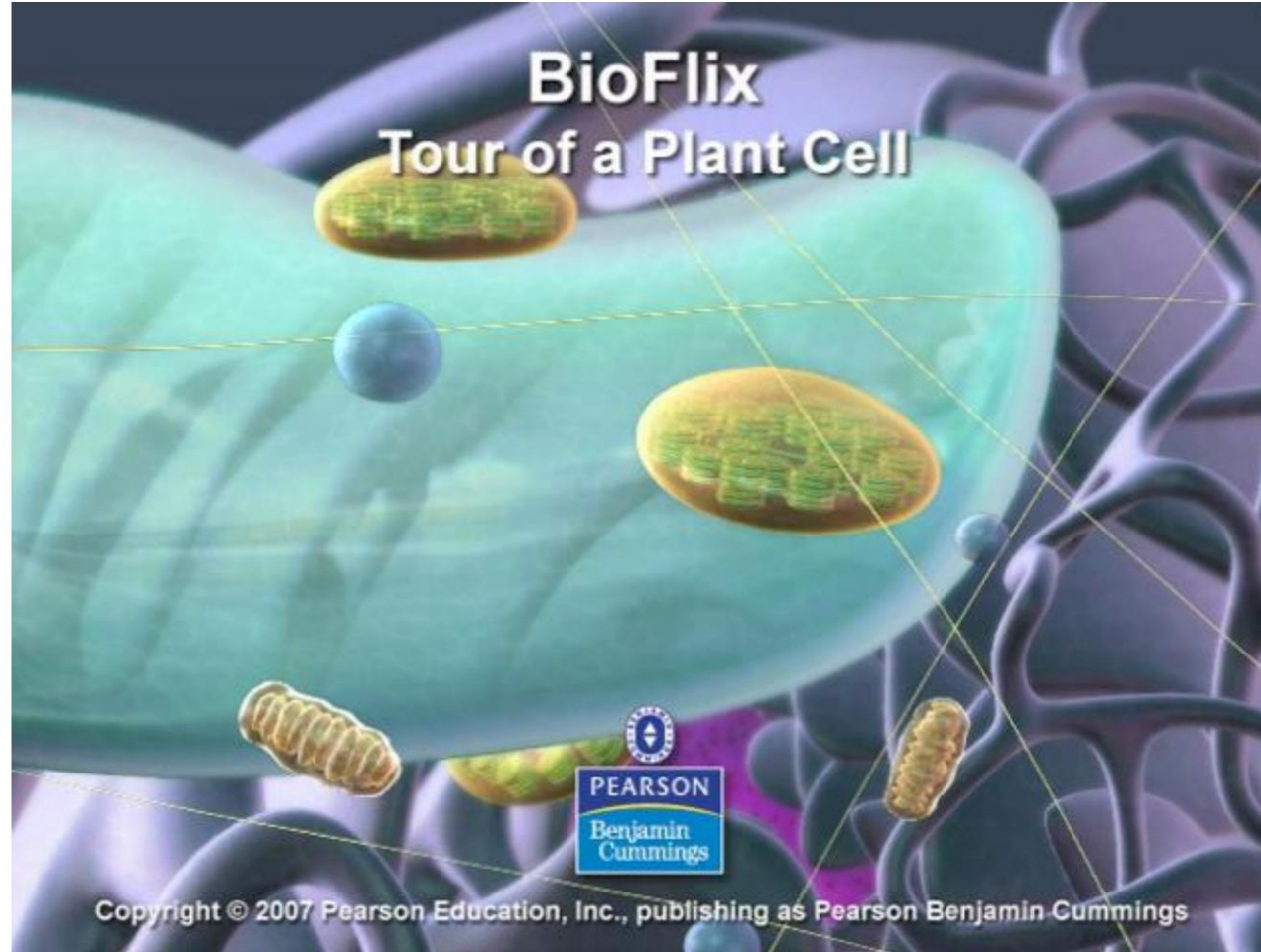
flagella of sperm

# الأهداب والسوط (تابع)

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



## BioFlix: جولة في خلية نباتية





# BioFlix: جولة في خلية حيوانية

