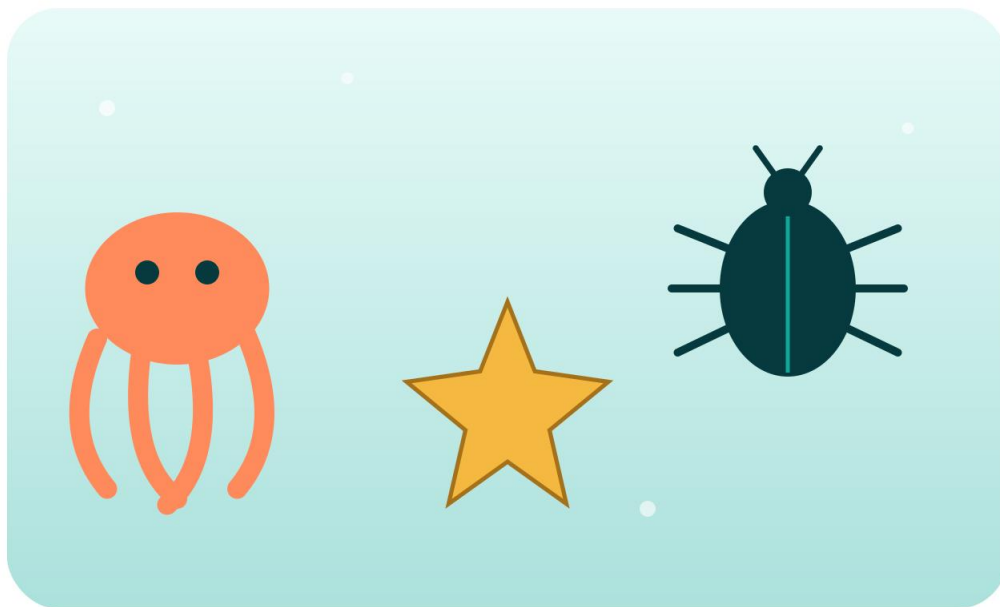


سلسلة الكتب العلمية الرقمية • علم الأحياء

عالم اللافقاريات

الرخويات، الجلدشوكيات، والمفصليات — رحلة علمية في تنوع الحياة



إعداد: منظومة | إشراف علمي ولغوي متخصص

عنوان الكتاب: عالم اللافقاريات — الرخويات، الجلدشوكيات، والمفصليات

الإصدار: الطبعة الأولى، نسخة رقمية تفاعلية

الفئة المستهدفة: طلبة المرحلة الثانوية ومعلمو مادة الأحياء

الإعداد والتصميم التعليمي: مُعدّ بمساعدة منظومة بإشراف علمي ولغوي من الجهة الناشرة، اعتمداً على المحتوى المرجعي المرفق وإثرانه بمعلومات علمية موثوقة.

إخلاء مسؤولية: أُعدّ هذا الكتاب لأغراض تعليمية عامة، وروعي فيه الدقة العلمية قدر الإمكان استناداً إلى مصادر موثوقة حتى تاريخ الإعداد. يُنصح الرجوع إلى المصادر العلمية المحكّمة الحديثة والمناهج الرسمية المعتمدة عند الحاجة إلى معلومات دقيقة لأغراض أكاديمية رسمية.

حقوق الاستخدام: جميع الرسوم التوضيحية والمخططات الواردة في هذا الكتاب أصلية، صُمّمت خصيصاً لهذا الإصدار.

© جميع الحقوق محفوظة للجهة المُعدّة — يُسمح باستخدام هذه النسخة لأغراض التعلّم والتعليم غير الربحي.

مقدمة الكتاب

حين تتأمل قوقعة على شاطئ البحر، أو تلاحظ نملة تحمل جملاً يفوق وزنها بأضعاف، أو تشاهد فراشة تخرج من شرنقتها بعد أن كانت يرقة زاحفة، فأنت في الحقيقة تقف أمام واحدة من أكثر حكايات الحياة إثارة: حكاية اللافقاريات — تلك الكائنات التي لا تملك عموداً فقرياً، ومع ذلك استطاعت أن تسود كل بيئة تقريباً على وجه الأرض، من أعماق المحيطات إلى قمم الجبال، ومن الصحاري القاحلة إلى غرف بيوتنا.

يأخذك هذا الكتاب في رحلة علمية مركزة عبر ثلاث مجموعات رئيسية من اللافقاريات: الرخويات (**Mollusca**) بأجسامها اللينة وتنوع أصدافها، والجلدشوكيات (**Echinodermata**) بتمثلها الشعاعي المميز وجهازها المائي الوعائي الفريد، والمفصليات (**Arthropoda**) أكبر قبائل الكائنات الحية تنوعاً وعدداً، والتي تضم القشريات والعنكبويات والحشرات.

لم يكتفِ هذا الكتاب بشرح الحقائق العلمية فحسب، بل حرص على ربط كل موضوع بتطبيقاته في حياتنا اليومية، وفي مجالات الطب والصناعة والزراعة والتقنيات الحيوية الحديثة؛ ليدرك القارئ أن دراسة اللافقاريات ليست ترفاً معرفياً، بل نافذة على فهم أعمق للحياة نفسها، وأداة عملية لتطوير حلول تخدم الإنسان والبيئة معاً.

ملاحظة تعليمية: يعتمد هذا الكتاب في محتواه الأساسي على منهج علمي مرجعي معتمد، مع إثرائه بمعلومات حديثة وموثوقة من مصادر علمية عالمية معترف بها، مع الحفاظ الكامل على تسلسل الأفكار وأهداف المنهج الأصلية.

أهداف التعلّم

- بعد إتمام دراسة هذا الكتاب، يُتَوَقَّع أن يكون القارئ قادرًا على أن:
- يصف الخصائص العامة المشتركة بين الرخويات والجلدشوكيات والمفصليات، ويميّز كل قبيلة عن غيرها.
- يصنّف كل قبيلة إلى مجموعاتها الفرعية الرئيسة، مع ذكر أمثلة حقيقية على كل مجموعة.
- يشرح تراكيب الأجهزة الحيوية الأساسية (الهضمي، الدوراني، التنفسي، العصبي، الإخراجي، التكاثري) عند كل قبيلة، ويقارن بينها.
- يحلّل الرسوم والمخططات العلمية المرتبطة بتركيب هذه الكائنات ووظائفها الحيوية.
- يربط المفاهيم العلمية النظرية بتطبيقاتها في الحياة اليومية وفي الصناعات الطبية والغذائية والدوائية والزراعية والبيئية والتقنية الحديثة.
- يوظّف مهارات التفكير العلمي: الملاحظة، المقارنة، والاستنتاج، وحل المشكلات، في تحليل مواقف وأسئلة مرتبطة باللافقاريات.
- يُقدّر أهمية اللافقاريات في الموازنة البيئية، ويعي أثر الأنشطة البشرية على تنوعها الحيوي.

مستويات بلوم المعرفية: صُمِّمت أسئلة كل فصل وُزِّعت لتغطي مستويات التذكر والفهم والتطبيق والتحليل والتقويم والإبداع، بتدرّج من السهل إلى الصعب، بما يتيح قياساً شاملاً لفهم الطالب.

كيفية استخدام هذا الكتاب

صُمِّمَ هذا الكتاب بعناصر متكرّرة في كل فصل لتسهيل التعلّم الذاتي والتدريس الصفّي على حدٍّ سواء. تعرّف إلى دلالة كل عنصر قبل أن تبدأ القراءة:

الرمز/الصندوق	الدلالة
مصطلح	صندوق مصطلح ثنائي اللغة (عربي/إنجليزي) مع تعريف مبسّط — احفظه جيّدًا فهو أساس الفهم.
صندوق أصفر متقطّع الحدود	هل تعلم؟ معلومة علمية إضافية شائعة لإثراء الفضول العلمي.
صندوق أخضر جانبي صغير	نصيحة صحيحة مرتبطة بموضوع الفصل.
صندوق أخضر فاتح عريض	التطبيقات الحياتية — كيف يظهر الموضوع في حياتنا اليومية.
صندوق أزرق فاتح	التطبيقات الصناعية — استخدامات في الطب والصناعة والزراعة والتقنية.
خريطة ملوّنة دائرية	خريطة المفاهيم في نهاية كل فصل — تلخيص بصري للعلاقات بين الأفكار.

في نهاية كل فصل ستجد ملخصًا يجمع أهم الأفكار والمصطلحات والنقاط الواجب حفظها، يليه **تقويم متنوع** يشمل أنماطًا مختلفة من الأسئلة تتدرّج في الصعوبة. وفي نهاية الكتاب اختبار نهائي شامل من (٣٠) سؤالًا مع مفتاح إجابات لمراجعة أدائك العام.

نصيحة للدراسة: اقرأ أهداف الفصل أولًا، ثم راجع المصطلحات قبل قراءة الشرح التفصيلي، وأخيرًا حاول حلّ أسئلة التقويم دون العودة إلى النص — فهذا يقيس فهمك الحقيقي لا مجرد تذكرك للنص.

الفهرس

٣	مقدمة الكتاب
٤	أهداف التعلم
٥	كيفية استخدام هذا الكتاب
٦	الفهرس
٨	الرخويات
٨	مقدمة
٨	الشرح العلمي
٨	أين تعيش الرخويات؟
٨	الخصائص العامة للرخويات
٨	الأجهزة الحيوية عند الرخويات
٩	تصنيف الرخويات إلى صفوف رئيسة
٩	المصطلحات
٩	الأشكال التوضيحية
١٠	الجدول
١١	الفروقات
١١	التطبيقات الحياتية
١١	التطبيقات الصناعية
١٢	خريطة المفاهيم
١٢	الملخص
١٢	الملخص
١٢	التقويم
١٤	الجلدشوكيات
١٤	مقدمة
١٤	الشرح العلمي
١٤	البيئة والخصائص العامة
١٤	الجهاز المائي الوعائي والأقدام الأنبوبية
١٤	الجهاز العصبي والتكاثر
١٥	تصنيف الجلدشوكيات
١٥	المصطلحات
١٥	الأشكال التوضيحية
١٦	الجدول
١٦	الفروقات
١٦	التطبيقات الحياتية
١٧	التطبيقات الصناعية
١٧	خريطة المفاهيم
١٧	الملخص
١٧	الملخص

١٧	التقويم
١٩	المفصليات
١٩	مقدمة
١٩	الشرح العلمي
١٩	أكبر قبائل الكائنات الحية
١٩	تقسيم الجسم والهيكل الخارجي
١٩	الأجهزة الحيوية عند المفصليات
١٩	تصنيف المفصليات: القشريات
٢٠	تصنيف المفصليات: العنكبيات
٢٠	تصنيف المفصليات: الحشرات
٢٠	مجتمع نحل العسل: نموذج للتنظيم الاجتماعي
٢٠	المصطلحات
٢١	الأشكال التوضيحية
٢٢	الجدول
٢٢	الفروقات
٢٢	التطبيقات الحياتية
٢٣	التطبيقات الصناعية
٢٣	خريطة المفاهيم
٢٣	الملخص
٢٣	الملخص
٢٤	التقويم
٢٦	الاختبار النهائي الشامل
٢٦	القسم الأول: الرخويات (الأسئلة ١ - ١٠)
٢٦	القسم الثاني: الجلدشوكيات (الأسئلة ١١ - ٢٠)
٢٧	القسم الثالث: المفصليات (الأسئلة ٢١ - ٣٠)
٢٩	مفتاح إجابات الاختبار النهائي
٣٠	المراجع والمصادر

الفصل الأول

الرخويات

Phylum Mollusca

من صدفة هادئة على الشاطئ إلى أخطبوط يغير لونه في أجزاء من الثانية: تعرّف إلى ثاني أكبر قبيلة في مملكة الحيوان من حيث عدد الأنواع.

مقدمة

عندما نتناول طبق "الكالاماري" في مطعم، أو تُهدي شخصًا عزيزًا قلادة من اللؤلؤ، أو تشاهد وثائقيًا عن أخطبوط يتخفى بين الصخور حتى يكاد يختفي تمامًا، فأنت تتعامل في كل مرة مع كائن من قبيلة **الرخويات**. تضم هذه القبيلة أكثر من مئة ألف نوع موصوف، تتوزع بين قواقع صغيرة لا تتجاوز بضعة مليمترات، وحبّار عملاق قد يصل طول أذرعها إلى أكثر من ثلاثة عشر مترًا. في هذا الفصل، ستكتشف كيف استطاع جسم "اللين" بلا هيكل عظمي أن يتنوع إلى هذا الحد المذهل من الأشكال والوظائف.

الشرح العلمي

أين تعيش الرخويات؟

نصيحة صحية

احرص دائمًا على طهي المحار والبلح البحري وسائر الرخويات جيدًا قبل تناولها؛ فبعضها قد يحمل بكتيريا (مثل *Vibrio*) أو يُراكم سمومًا من مياه ملوثة، والطهي الجيد يقلّل هذا الخطر بشكل كبير.

تعيش أغلب الرخويات في **المياه المالحة**، ويعيش بعضها في المياه العذبة أو في البيئات الرطبة على اليابسة كالحدائق والغابات. ويعود هذا الانتشار الواسع إلى مرونة تركيبها الأساسي الذي تكيف عبر ملايين السنين مع بيئات مختلفة تمامًا؛ فمنها الثابت الذي يلتصق بالصخور طوال حياته كبلح البحر، ومنها سريع الحركة والافتراس كالأخطبوط والحبّار.

الخصائص العامة للرخويات

- تجويف جسمي حقيقي: جسمها حقيقي التجويف (Coelomate)، وهذا يسمح بتعقيد الأنسجة وتكوّن أعضاء متخصصة لكل جهاز حيوي.
- تماثل جانبي وجسم لين: جسمها متماثل جانبيًا، وتركيبها الداخلي طري (لين) لا يحوي هيكلًا عظميًا داخليًا.
- العباءة (Mantle): طبقة من الأنسجة تحيط بالأعضاء الداخلية، وهي المسؤولة عن إفراز كربونات الكالسيوم التي تكوّن الصدفة عند كثير من الأنواع.
- القدم العضلية: تركيب عضلي يُستخدم للحركة أو الحفر أو الالتصاق، وقد تحوّر في رأسيات القدم إلى أذرع محيطة بالرأس.
- جهاز هضمي كامل: يبدأ بفتحة فم تحوي طاحنة (Radula) تشبه لسانًا مغطى بصفوف دقيقة من "الأسنان" الكيتينية، وينتهي بفتحة شرج.

الأجهزة الحيوية عند الرخويات

تتنفّس الرخويات المائية بواسطة **الخياشيم** الموجودة داخل تجويف العباءة، بينما تتنفّس الرخويات البرية (كالحلزون البري) من خلال تجويف العباءة نفسه الذي يعمل كرئة بدائية. أما الجهاز الدوراني، فمعظم الرخويات يمتلك جهازًا دوريًا مفتوحًا يتكوّن من قلب بخجرات يضخّ الدم (يسمى غالبًا "الهيموليمف") إلى جيوب مفتوحة بين الأنسجة، باستثناء لافق: الحبّار والأخطبوط وباقي رأسيات القدم، إذ تمتلك جهازًا دوريًا مغلقًا يبقى فيه الدم داخل أوعية طوال الوقت، وهذا يمنحها معدل أيض أعلى وحركة أسرع بكثير من بقية الرخويات.

يتفاوت الجهاز العصبي تفاوتًا كبيرًا بين الرخويات؛ فبينما تكفي معظم الأنواع بعقد عصبية بسيطة وعيون بدائية تميّز الضوء من الظلام فقط، يمتلك الأخطبوط دماغًا معقدًا نسبيًا وعيونًا تشبه في تركيبها العام عين الإنسان (تكوّن صورة واضحة رغم اختلاف مسار تطوّرها تمامًا)، إضافة إلى قدرات تعلّم وحل مشكلات لافتة وثقتها دراسات علمية حديثة عديدة في مجال السلوك الحيواني.

تتكاثر الرخويات جنسيًا؛ ففي معظم الأنواع البحرية يكون الجنس منفصلًا (ذكر وأنثى) والإخصاب خارجيًا في الماء، بينما تكون الرخويات البرية (كالحلزون) عادةً **خنثى** (تمتلك الفرد الواحد أعضاء تكاثر ذكرية وأنثوية معًا) مع إخصاب داخلي متبادل بين فردين.

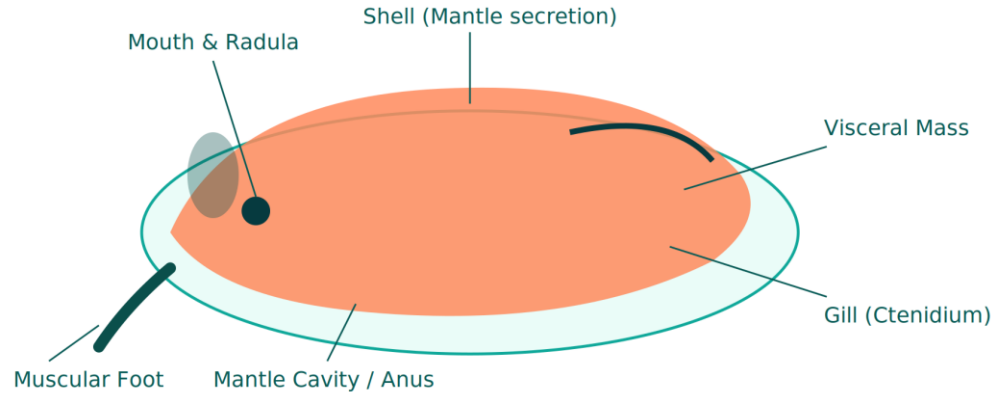
تصنيف الرخويات إلى صفوف رئيسية

- تُصنّف الرخويات تقليدياً إلى أربعة صفوف رئيسية بحسب شكل الصدفة، ونوع القدم، ودرجة تعقيد الجهاز العصبي:
١. متعددة الأصداف (Polyplacophora): تعيش في البحار وتلتصق بالصخور، وتتكوّن صدفتها من ثماني صفائح ظهرية مترابطة تحميها من الافتراس والأمواج. لا تمتلك عيوناً متطورة ولا لوامس. المثال الأشهر: الكابتون (Chiton).
 ٢. بطنيات القدم (Gastropoda): أكبر صفوف الرخويات عدداً للأنواع، سُميت بذلك لامتلاكها قدماً عضلية عريضة من الجهة البطنية للجسم، تفرز أثناء الحركة مادة مخاطية تسهل الانزلاق. لمعظمها صدفة واحدة ملتفة كالحلزون، وبعضها بلا صدفة ظاهرة كاليزاق. تكون منطقة الرأس مميزة والأعين غالباً في أعلى اللوامس الخلفية.
 ٣. ذوات المصراعين (Bivalvia): تتميز بصدفتين (مصراعين) تغطيان جانبي الجسم وتتطبقان بواسطة عضلات مصراعية قوية، وهي بطيئة الحركة أو ثابتة، ويعيش معظمها في المياه المالحة. أمثلتها: المحار، بلح البحر، وأم الخلول.
 ٤. رأسيات القدم (Cephalopoda): الأكثر تطوراً بين الرخويات؛ تخرج أقدامها من منطقة الرأس على هيئة أذرع محاطة بممصّات، وتمتلك جهازاً عصبياً متطوراً وعيوناً معقدة، وجهازاً دورانياً مغلقاً. أمثلتها: الأخطبوط، الحبار، والناوتيلوس.

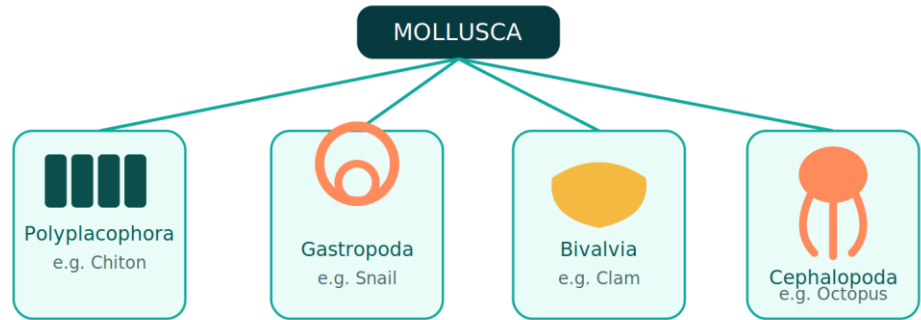
المصطلحات

الطاجنة Radula تركيب شبيه باللسان مغطى بصفوف دقيقة من الأسنان الكيتينية، يُستخدم في بشط الغذاء.	العباءة Mantle نسيج يحيط بالأعضاء الداخلية للرخوي، ويفرز مادة الصدفة عند كثير من الأنواع.
ذوات المصراعين Bivalvia صف الرخويات ذو الصدفتين المتقابلتين، مثل المحار وبلح البحر.	بطنيات القدم Gastropoda صف الرخويات ذو القدم البطنية العضلية، مثل الحلزون واليزاق.
متعددة الأصداف Polyplacophora صف الرخويات ذو الصدفة المكوّنة من ثماني صفائح، مثل الكابتون.	رأسيات القدم Cephalopoda صف الرخويات ذو الأذرع الرأسية والجهاز العصبي المتطور، مثل الأخطبوط والحبار.
الخنثى Hermaphrodite كائن يمتلك أعضاء تكاثر ذكورية وأنثوية في الجسم نفسه، كالحلزون البري.	الجهاز الدوراني المغلق Closed circulatory system جهاز يبقى فيه الدم داخل أوعية طوال الوقت، كما في الحبار والأخطبوط.
الهيموسيانين Hemocyanin صبغة تنفسية تحتوي على النحاس تنقل الأكسجين في دم بعض الرخويات، وتعطيه لوناً مزرّقاً.	اللؤلؤ الأمي (الصدفي) Nacre / Mother-of-pearl طبقة داخلية لامعة وشديدة الصلابة تفرزها عباءة بعض الرخويات، وأساس تكوّن اللؤلؤ.

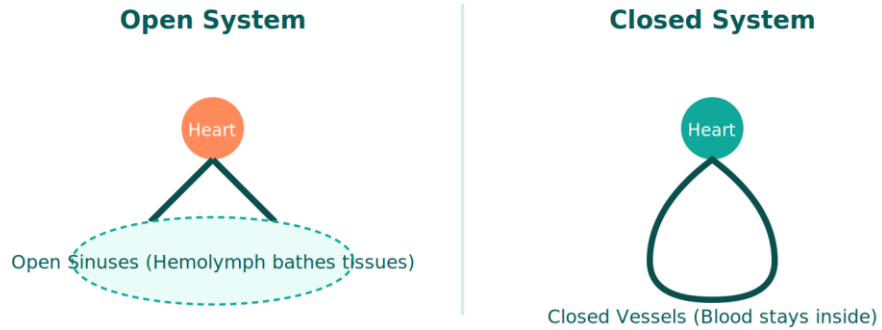
الأشكال التوضيحية



شكل ١ - ١: مخطط تركيب عام يوضح الأجزاء الأساسية المشتركة في جسم الرخويات.



شكل ١ - ٢: مخطط تصنيفي يوضح الصفوف الأربعة الرئيسية للرخويات مع مثال على كل صف.



شكل ١ - ٣: مقارنة تخطيطية بين الجهاز الدوراني المفتوح (معظم الرخويات) والمغلق (رأسيات القدم).

الجدول

جدول ١ - ١: صفوف الرخويات الرئيسية وأهم خصائصها

الصفة	شكل الصدفة	نوع الحركة	مثال
متعددة الأصداف	ثمانى صفائح ظهرية	بطيئة/التصاق بالصخور	الكائتون
بطنيات القدم	صدفة واحدة ملتفة أو معدومة	زحف بقدم عضلية	الحلزون، البزاق
ذوات المصراعين	صدفتان (مصراعان)	بطيئة أو ثابتة	المحار، بلح البحر
رأسيات القدم	داخلية أو معدومة غالبًا	سريعة (سباحة نفّاثة)	الأخطبوط، الحبار

الفروقات

جدول ١ - ٢: الفرق بين الجهاز الدوراني المفتوح والمغلق عند الرخويات

وجه المقارنة	الجهاز الدوراني المفتوح	الجهاز الدوراني المغلق
مسار الدم	يخرج إلى جيوب/تجاويف بين الأنسجة	يبقى داخل أوعية دموية طوال الوقت
سرعة توزيع الأكسجين	أبطأ نسبيًا	أسرع وأكثر كفاءة
معدل الأيض والنشاط	أقل (حركة أبطأ)	أعلى (حركة سريعة ونشطة)
أمثلة من الرخويات	الحلزون، المحار، البزاق	الحبار، الأخطبوط

التطبيقات الحياتية

في حياتنا اليومية

الغذاء: المحار، بلح البحر، الحبار، والأخطبوط من أهم مصادر البروتين البحري حول العالم. الخلي والزينة: اللؤلؤ الطبيعي والمستزرع يُستخرج من بعض ذوات المصراعين، وتُستخدم الأصداف في صناعة الخلي والأزرار منذ آلاف السنين. حيوانات الأليفة وهواية: يُربى بعض الحلزوين البحرية والأخطبوطات الصغيرة في أحواض الزينة المنزلية والعمامة. مؤشرات بيئية: تُستخدم ذوات المصراعين (كبلح البحر) على نطاق واسع في برامج رصد جودة المياه؛ لأنها تُرشح كميات كبيرة من الماء وتُراكم الملوثات في أنسجتها، فيسهل قياسها.

التطبيقات الصناعية

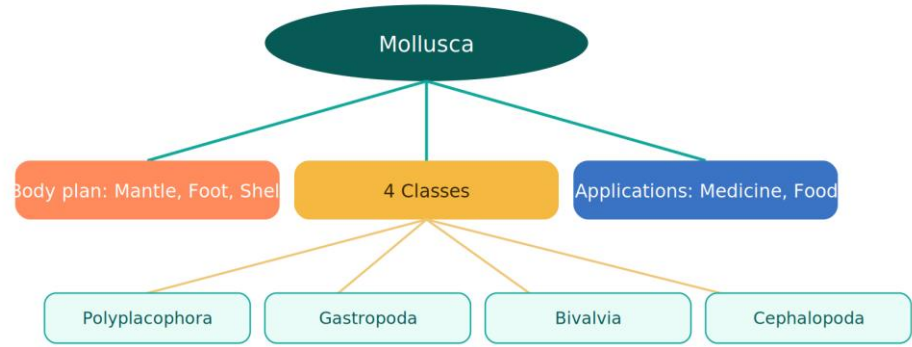
في الطب والصناعة والتقنية

الطب والصناعات الدوائية: استُخلص من سم بعض قواقع المخروط البحري (Cone snails) مركّب "زيكونوتيد"، وهو دواء معتمد لتسكين الآلام المزمنة الشديدة، ويُعدّ من أبرز الأمثلة على استثمار سموم الكائنات البحرية في صناعة الدواء. التكنولوجيا الحيوية: تُدرّس البروتينات اللاصقة التي يفرزها بلح البحر (Byssus) لتطوير مواد لاصقة طبية حيوية تعمل حتى في البيئات الرطبة، وهو تحدّي صعب في الطب الجراحي التقليدي. الصناعات الغذائية: تُعدّ استزراع المحار وبلح البحر (الاستزراع المائي) قطاعًا اقتصاديًا متناميًا لتأمين غذاء بحري مستدام بأثر بيئي أقل من الصيد الجائر. الزراعة: تربية الحلزون البرّي (Heliciculture) نشاط زراعي قائم بذاته في عدد من الدول لإنتاج لحوم الحلزون (Escargot) ومستحضرات تجميلية من مخاطه. البيئة: برامج "مراقبة بلح البحر" (Mussel Watch) العالمية تستخدم ذوات المصراعين كمؤشر حيوي دقيق لتلوث المياه الساحلية بالمعادن الثقيلة والملوثات العضوية. التقنيات الحديثة (البيوميكانيك): يُحاكي مهندسو المواد التركيب الدقيق لطبقة اللؤلؤ الأمّي (Nacre) شديدة الصلابة والمرونة معًا؛ لتصميم مواد مركبة فائقة المتانة تُستخدم في الدروع الواقية وبعض التطبيقات الهندسية.

هل تعلم؟

يمتلك الأخطبوط ثلاثة قلوب ودما أزرق اللون! فقلبان يضخّان الدم إلى الخياشيم، وقلب رئيس يضخّه إلى باقي الجسم، بينما يُكسب الدم لونه الأزرق صبغة الهيموسيانين الحاوية على النحاس بدلًا من الحديد الموجود في هيموغلوبين الإنسان.

خريطة المفاهيم



خريطة المفاهيم

الملخص

الملخص

أهم الأفكار	أهم المصطلحات	نقاط للحفظ
جسم لائن حقيقي التجويف تحيط به عباءة. تصنّف إلى ٤ صفوف رئيسة. معظمها دوران مفتوح إلا رأسيات القدم.	العباءة – Mantle الطاحنة – Radula اللؤلؤ الأمي – Nacre	الاستثناء: دوران الحبار/الأخطبوط مغلق. الحلزون البري خنثى وإخصابه داخلي. دم الأخطبوط أزرق (هيموسيانين).

التقويم

صح أو خطأ تذكر

١. العباءة عند الرخويات مسؤولة عن إفراز المادة التي تكوّن الصدفة. ()
٢. جميع الرخويات تمتلك جهازًا دورانًا مغلقًا. ()

أكمل تذكر

٣. يُطلق على التركيب الشبيه باللسان الذي يحوي صفوفًا من الأسنان اسم
٤. صف الرخويات ذو الصدفتين المتقابلتين يسمى

اختيار من متعدد فهم

٥. أي صفوف الرخويات يمتلك جهازًا عصبيًا هو الأكثر تطورًا؟
 (أ) بطنيات القدم (ب) متعددة الأصداف
 (ج) رأسيات القدم (د) ذوات المصراعين

علّل تحليل

٦. علّل: يمتلك الأخطبوط جهازًا دورانًا مغلقًا بخلاف معظم الرخويات الأخرى.
٧. علّل: يُعدّ الحلزون البري خنثى بينما تكون معظم الرخويات البحرية منفصلة الجنس.

قارن تحليل

٨. قارن بين بطنيات القدم وذوات المصراعين من حيث شكل الصدفة ونوع الحركة.

٩. **صل** **تطبيق**
 صل كل صفت من الرخويات بمثاله المناسب: (الكابتون – الحلزون – المحار – الأخطبوط) مع (متعددة الأصداف – بطنيات القدم – ذوات المصراعين – رأسيات القدم).
١٠. **حلل الرسوم** **تحليل**
 باستخدام الشكل (١ - ٣)، فسّر لماذا يسمح الجهاز الدوراني المغلق للأخطبوط بالحركة بسرعة أكبر من الحلزون.
١١. **استنتج** **تقويم**
 لوحظ أن نوعاً جديداً من الرخويات يمتلك صدفة واحدة ملتفة وقدمًا عضلية بطنية واضحة. إلى أي صفت يُرجّح أن ينتمي؟ ولماذا؟
١٢. **تفكير ناقد وحل مشكلات** **تقويم**
 تراجعت أعداد بلح البحر بشكل ملحوظ في أحد السواحل خلال خمس سنوات. باعتبارك تعرف دور بلح البحر كمؤشر بيئي، اقترح خطوتين عمليتين للتحقق من سبب هذا التراجع.
١٣. **سؤال مقالي قصير**
 اشرح في فقرة لا تتجاوز خمسة أسطر كيف تنعكس الخصائص التركيبية لرأسيات القدم على نمط حياتها المفترس النشط.
١٤. **سؤال مفتوح (دون إجابة محددة)**
 في رأيك، لماذا توقفت أغلب الرخويات عن تطوير جهاز دوري مغلق رغم كفاءته الأعلى، بينما طوّرت رأسيات القدم فقط؟ ناقش الإجابة مع معلّمك وزملائك.

الفصل الثاني

الجلدشوكيات

Phylum Echinodermata

لا تمتلك دماغًا، ولا جهازًا دوريًا كما نعرفه، ومع ذلك تُعدّ من أنجح الكائنات البحرية وأكثرها تأثيرًا في توازن الشعاب المرجانية.

مقدمة

إذا زرت يومًا شاطئًا صخريًا عند الجزر، فربما صادفت نجمة بحر بخمسة أذرع ملونة، أو قنفذًا بحريًا مغطى بأشواك دقيقة. هذه الكائنات الساكنة الهادئة التي تبدو بسيطة من الخارج، تُخفي في داخلها واحدًا من أغرب الأجهزة الحيوية في مملكة الحيوان بأكملها: جهازًا "مائيًا" يقوم مقام الجهاز الدوري، ويُستخدم في الوقت نفسه للحركة والتنفس والتغذية! في هذا الفصل، ستكتشف كيف تعيش الجلدشوكيات بلا دماغ حقيقي، وكيف تستطيع بعضها أن "تعيد بناء" جسمها بالكامل من جزء صغير منه فحسب.

الشرح العلمي

البيئة والخصائص العامة

تعيش جميع الجلدشوكيات في البيئة البحرية دون استثناء، من الشواطئ الضحلة إلى أعماق المحيطات السحيقة. وتتميز بأنها بطيئة الحركة إلى حدٍ كبير مقارنة بمعظم الكائنات البحرية الأخرى. من أبرز خصائصها التركيبية وجود هيكل داخلي يتركب من صفائح كلسية (كربونات الكالسيوم)، بينما طبقتها الخارجية عبارة عن طبقة جلدية مغطاة بأشواك بارزة تختلف في طولها وكثافتها من نوع إلى آخر — ومن هذه الأشواك جاء اسم القبيلة (Echino = شوكي، Derm = جلد).

كما تتميز الجلدشوكيات في طورها البالغ بنوع فريد من التماثل يُسمى التماثل الشعاعي (غالبًا خماسي: خمسة محاور متساوية حول مركز الجسم)، بخلاف التماثل الجانبي السائد في معظم الحيوانات، بما فيها الرخويات والمفصليات.

الجهاز المائي الوعائي والأقدام الأنبوبية

نصيحة صحية

عند التعرّض لوخز شوكة قنفذ بحري، لا تحاول انتزاعها بقوة؛ انقع المنطقة في ماء ساخن (لا يُحرق الجلد) لتخفيف أثر السموم البروتينية، واطلب رعاية طبية فورًا إن انكسر جزء من الشوكة داخل الجلد أو ظهرت علامات التهاب.

من أكثر ما يميّز الجلدشوكيات عن باقي اللافقاريات أنها لا تمتلك جهازًا دوريًا بالمعنى المعروف في الرخويات أو المفصليات، بل طوّرت بديلًا فريدًا يُسمى الجهاز المائي الوعائي (Water Vascular System): شبكة مغلقة من الأنابيب المملوءة بسائل، تبدأ بفتحة تُسمى "المصفاة" يدخل الماء من خلالها إلى الجسم، لينتقل إلى قناة حلقيّة مركزية، ثم إلى قنوات شعاعية تتفرّع لتصل إلى جميع الأذرع، وتنتهي أخيرًا بمئات الأقدام الأنبوبية الصغيرة.

كل قدم أنبوبية عبارة عن أنبوب عضلي صغير ينتهي بممصّ قرصي الشكل، وتقوم هذه الأقدام بعدة وظائف حيوية في آن واحد: الحركة البطيئة الزاحفة، والمساعدة في الإمساك بالغذاء (فبعض نجميات البحر تستخدمها لفتح أصداف المحار قسرًا!!)، وتبادل الغازات التنفسية، والمساهمة في التخلص من الفضلات النيتروجينية البسيطة كالأمونيا.

الجهاز العصبي والتكاثر

الجهاز العصبي عند الجلدشوكيات بسيط جدًا مقارنة بحجمها: فهي لا تمتلك دماغًا حقيقيًا، وإنما حلقة عصبية تحيط بمنطقة الفم، تتفرّع منها حبال عصبية تمتد إلى طول كل ذراع لتنسيق حركته. وتتملك بعض الأنواع بقعًا عينية بسيطة حساسة للضوء عند نهاية كل ذراع، تساعد على تمييز الإضاءة من الظلام.

تتكاثر الجلدشوكيات جنسيًا في الغالب؛ الجنس فيها منفصل (ذكر وأنثى)، وتضع الإناث بيوضها في الماء حيث يحدث إخصاب خارجي، لتنمو البويضة إلى يرقة سباحة حرة الحركة تمتلك تماثلًا جانبيًا (لاحظ الفرق عن الفرد البالغ الشعاعي التماثل!) قبل أن تتحول لاحقًا إلى الشكل البالغ. وتتملك كثير من الجلدشوكيات، وأبرزها نجميات البحر، قدرة مذهلة على التجدد (Regeneration): فقد يستطيع الفرد الواحد تعويض ذراع مفقودة بالكامل، بل إن بعض الأنواع يمكنها تكوين فرد جديد كامل من ذراع واحدة منفصلة، بشرط أن تحتفظ بجزء من القرص المركزي للجسم.

تصنيف الجلدشوكيات

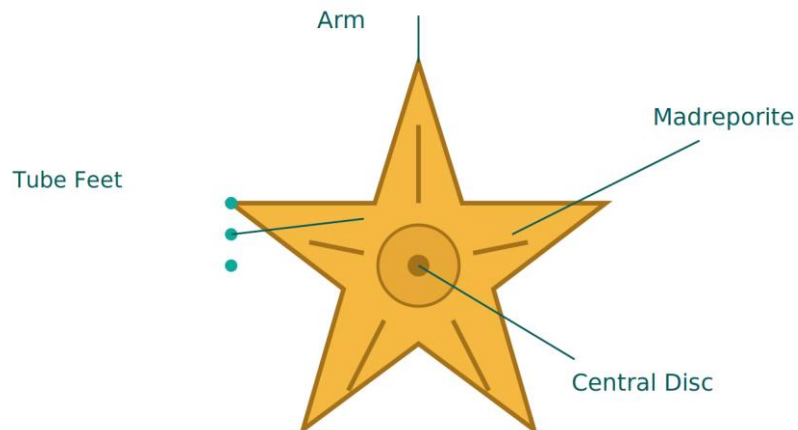
تُصنّف الجلدشوكيات إلى عدة صفوف رئيسية، أبرزها:

- النجميات (Asteroidea): نجم البحر، ذو أذرع بارزة واضحة تخرج من قرص مركزي.
- الشعبانيات (Ophiuroidea): نجم البحر الهش، بأذرع طويلة رفيعة مرنة الحركة.
- القنفذيات (Echinoidea): قنفاذ البحر، بلا أذرع بارزة، جسمها كروي أو مفلطح مغطى بأشواك كثيفة.
- الخيارات (Holothuroidea): خيار البحر، جسمها ممدود أسطواني وأشواكها ضعيفة أو غائبة.
- الزنبقيات (Crinoidea): زنايق البحر، من أقدم الجلدشوكيات تطوراً، بعضها ثابت بساق يلتصق بالقاع.

المصطلحات

الأقدام الأنبوبية <i>Tube feet</i> امتدادات أنبوبية تنتهي بممصّ، تُستخدم في الحركة وجمع الغذاء وتبادل الغازات.	الجهاز المائي الوعائي <i>Water vascular system</i> شبكة أنابيب مملوءة بسائل تميّز الجلدشوكيات، بديل الجهاز الدوراني.
التمائل الشعاعي <i>Radial symmetry</i> تماثل يظهر حول محور مركزي، يميّز الجلدشوكيات البالغة (غالباً خماسي).	المصفاة <i>Madreporite</i> الفتحة التي يدخل من خلالها الماء إلى الجهاز المائي الوعائي.
القرص المركزي <i>Central disc</i> الجزء الأوسط من جسم نجم البحر الذي تتفرّع منه الأذرع.	التجدّد <i>Regeneration</i> قدرة الكائن على تعويض جزء مفقود من جسمه، أو تكوين فرد كامل من جزء منه.
القنفذيات <i>Echinoidea</i> صنف قنفاذ البحر، جسمها كروي مغطى بأشواك كثيفة.	النجميات <i>Asteroidea</i> صنف نجميات البحر، أشهر صفوف الجلدشوكيات.

الأشكال التوضيحية



شكل ٢ - ١: مخطط تراكبي لنجم البحر يوضح القرص المركزي والأذرع والأقدام الأنبوبية.



شكل ٢ - ٢: مسار الماء داخل الجهاز المائي الوعائي من فتحة المصفاة حتى الأقدام الأنبوبية.

الجدول

جدول ٢ - ١: أبرز صفوف الجلدشوكيات

الصفة	الشكل العام	مثال
النجميات	أذرع بارزة حول قرص مركزي	نجم البحر
الثعبانيات	أذرع طويلة رفيعة مرنة	نجم البحر الهش
القنفذيات	كروي مغطى بأشواك كثيفة	قنفذ البحر
الخيارات	ممدود أسطواني	خيار البحر
الزنبقيات	ريشي، بعضها بساق ثابت	زنبقة البحر

الفروقات

جدول ٢ - ٢: الفرق بين الرخويات والجلدشوكيات في وسيلة الحركة والدوران

وجه المقارنة	الرخويات	الجلدشوكيات
وسيلة الدوران	جهاز دوراني (مفتوح/مغلق) بقلب حقيقي	لا يوجد جهاز دوراني؛ بديله الجهاز المائي الوعائي
وسيلة الحركة الرئيسة	قدم عضلية واحدة (أو أذرع)	مئات الأقدام الأنبوبية الصغيرة
نوع التماثل (بالغ)	جانبي	شعاعي (غالبًا خماسي)
وجود دماغ	موجود بدرجات متفاوتة (متطور عند رأسيات القدم)	غير موجود؛ حلقة عصبية بسيطة فقط

التطبيقات الحياتية

في حياتنا اليومية

الغذاء: تُعدّ ميايض قنفذ البحر (المعروفة باسم "Uni") من الأطباق الفاخرة في المطبخ الياباني، كما يُستهلك خيار البحر في عدد من المطابخ الآسيوية.

السياحة البيئية: تجذب نجميات البحر الملونة الغوّاصين والسائحين، وتُعدّ من رموز الشعاب المرجانية في أحواض الأسماك العامة.

التوازن البيئي للشعاب المرجانية: تلعب قنافذ البحر دورًا في ضبط نمو الطحالب على الشعاب المرجانية، ما يحافظ على صحة النظام البيئي المحيط.

التطبيقات الصناعية

في الطب والصناعة والتقنية

الطب الحيوي وأبحاث التجدد: تُدرّس آلية تجدد أذرع نجم البحر بعناية في مختبرات الطب التجديدي (Regenerative Medicine)؛ لفهم كيفية إعادة برمجة الخلايا لتعويض الأنسجة التالفة، بما قد يفيد مستقبلًا أبحاث التئام الجروح البشرية.

البحث العلمي الأساسي: يُستخدم قنفذ البحر الأرجواني (Purple Sea Urchin) كائنًا نموذجيًا (Model Organism) كلاسيكيًا في أبحاث علم الأجنة والوراثة؛ نظرًا لوضوح بيوضه وسهولة رصد انقسامها المبكر تحت المجهر.

الصناعات الدوائية: تخضع مركّبات مستخلصة من خيار البحر (كالبابونينات) لدراسات أولية حول خصائصها المضادة للالتهاب ومضادة للأورام، ولا تزال هذه الأبحاث في أطوار مبكرة.

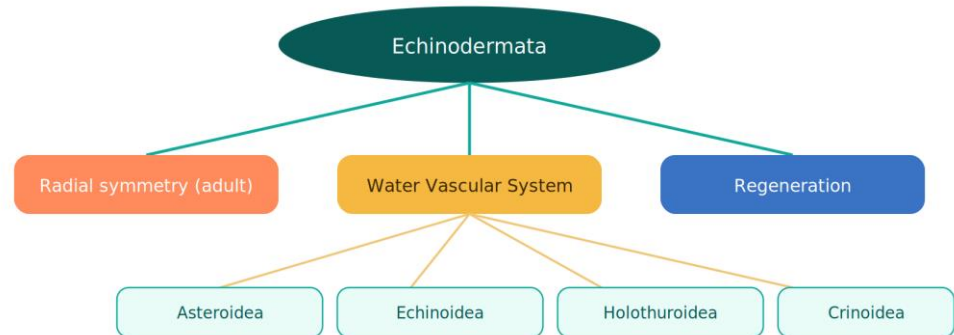
البيئة (الأنواع المحورية): يُعدّ نجم البحر مثالًا كلاسيكيًا في علم البيئة على مفهوم "النوع المحوري" (Keystone Species)؛ إذ أثبتت دراسات بيئية شهيرة أن إزالته من بيئات المدّ الصخرية يُخلّ بتوازن السلسلة الغذائية بأكملها ويقلّل التنوع الحيوي فيها بشكل كبير.

التقنيات الحديثة (الببوميميتك): تُلهم آلية التصاق الأقدام الأنبوبية الرطبة القوية والقابلة للانفصال السريع باحثي الروبوتات في تصميم "ممصّات روبوتية" قادرة على الالتصاق بأسطح رطبة أو غير مستوية.

هل تعلم؟

يمتلك نجم عبّاد الشمس البحري (Sunflower Sea Star) ما يصل إلى ٢٤ ذراعًا في الفرد الواحد، وهو من أكبر نجميات البحر حجمًا، ويُعدّ من الحيوانات المفترسة النشطة رغم افتقاره إلى دماغ حقيقي!

خريطة المفاهيم



خريطة المفاهيم

الملخص

الملخص

أهم الأفكار	أهم المصطلحات	نقاط للحفظ
بحرية بالكامل، بطيئة الحركة. الجهاز المائي الوعائي بديل الدوران. تمائل شعاعي بالغ، جانبي يرقّي.	الأقدام الأنبوبية – Tube feet المصفاة – Madreporite التجدّد – Regeneration	لا يوجد دماغ حقيقي. نوع محوري في الشعاب المرجانية. ٥ صفوف رئيسة على الأقل.

التقويم

صح أو خطأ تذكر

١٥. تمتلك الجلشوكيات هيكلًا خارجيًا من الكيتين. ()
١٦. الفرد البالغ من نجم البحر يتميز بتمائل شعاعي. ()

أكمل تذكر

١٧. يدخل الماء إلى الجهاز المائي الوعائي عبر فتحة تسمى
١٨. قدرة بعض نجميات البحر على تكوين فرد كامل من جزء منها تسمى

اختيار من متعدد فهم

١٩. أيّ التراكيب التالية ينتمي مباشرة إلى الجهاز المائي الوعائي؟
- (أ) الغدة الهضمية (ب) القناة الحلقية (ج) الحلقة العصبية (د) القرص المركزي فقط

علّل تحليل

٢٠. علّل: تُعدّ يرقة نجم البحر ذات تماثل جانبي رغم أن الفرد البالغ شعاعي التماثل.
٢١. علّل: يعتبر نجم البحر "نوعًا محوريًا" في بيئات المدّ الصخرية.

قارن تحليل

٢٢. قارن بين الرخويات والجلشوكيات من حيث وجود جهاز دوراني ونوع التماثل في الطور البالغ.

صل تطبيق

٢٣. صل كل صفت من الجلشوكيات بمثاله: (نجم البحر – قنفذ البحر – خيار البحر) مع (النجميات – القنفذيات – الخياريات).

حلّل الرسوم تحليل

٢٤. باستخدام الشكل (٢ - ٢)، اشرح ماذا يحدث لحركة نجم البحر إذا انسدت إحدى القنوات الشعاعية.

استنتج تفويم

٢٥. لوحظ اختفاء شبه كامل لنجميات البحر من منطقة شعاب مرجانية معينة، تلاه ازدياد كثيف في أعداد قنفاذ البحر وتراجع في تنوع الكائنات الأخرى. فسّر هذه الملاحظة بالاستناد إلى مفهوم النوع المحوري.

تفكير ناقد وحل مشكلات تفويم

٢٦. اقترح تجربة بسيطة (متغيرات، وخطوات عامة) للتحقق مما إذا كانت سرعة تجدد ذراع نجم البحر تتأثر بدرجة حرارة الماء.

سؤال مقالي قصير

٢٧. اشرح في فقرة قصيرة العلاقة بين غياب الجهاز الدوراني والجهاز العصبي المعقّد عند الجلشوكيات وبين نمط حياتها البطيء.

سؤال مفتوح (دون إجابة محددة)

٢٨. هل تعتقد أن قدرة التجدد الكبيرة عند الجلشوكيات قد تُلهم يومًا علاجات لتجديد الأعضاء البشرية؟ ناقش رأيك مع مبرراته.

الفصل الثالث

المفصليات

Phylum Arthropoda

من نحلة تَلَقَّح أزهار حديقتك، إلى سرطان على مائدة العشاء، إلى عنكبوت ينسج شبكته في الزاوية: أكبر قبيلة في مملكة الحيوان بأكملها تنتظر اكتشافك.

مقدمة

لو طُلب منك أن تُحصى كل الحيوانات التي قابلتها اليوم، فستكتشف أن أغلبها على الأرجح من **المفصليات**: نحلة طنانة، ذبابة مزعجة، نملة تسير في طابور منظم، أو حتى العنكبوت الذي بنى بيته في زاوية الغرفة دون أن تلاحظه. تضم هذه القبيلة وحدها أكثر من ثلاثة أرباع الأنواع الحيوانية الموصوفة على وجه الأرض. في هذا الفصل الأكبر في الكتاب، سنستكشف السر الهندسي وراء هذا النجاح الاستثنائي: هيكل خارجي صلب، وزوائد متخصصة، وقدرة غير عادية على التكيف مع كل بيئة تقريبًا.

الشرح العلمي

أكبر قبائل الكائنات الحية

تُعد المفصليات أكبر قبائل الكائنات الحية تنوعًا على الإطلاق؛ إذ تشكّل ما نسبته ٧٠ - ٨٥٪ من أنواع الحيوانات المعروفة حاليًا، وتوجد في كل بيئة يمكن تخيلها تقريبًا: من قمم الجبال المتجمدة إلى أعماق المحيطات، ومن الصحاري القاحلة إلى داخل بيوتنا. تشير تقديرات علم الحشرات إلى أن الحشرات وحدها قد تضم أكثر من مليون نوع موصوف رسميًا، وربما ملايين الأنواع الأخرى لم تُكتشف بعد.

تقسيم الجسم والهيكل الخارجي

يختلف تقسيم الجسم من مجموعة لأخرى؛ فبعضها ينقسم إلى ثلاث مناطق واضحة: رأس، وصدر، وبطن (كالحشرات)، وبعضها يندمج فيه الرأس مع الصدر في منطقة واحدة (كالفقاريات). وتتركز في منطقة البطن غالبًا معظم أعضاء الجسم الداخلية كالهضم والتكاثر.

تمتلك جميع المفصليات **هيكلًا خارجيًا (Exoskeleton)** يُعطي الجسم شكله، ويدعمه، ويحمي أنسجته اللينة الداخلية، وترتبط به عضلات الجسم من الداخل. ينفذ هذا الهيكل في صلابته: فبعضه رقيق مرن كهيكل حشرة المن، وبعضه أكثر صلابة ويحتوي على كربونات الكالسيوم كسرطان البحر، وبعضه قاسٍ صلب يتكوّن أساسًا من مادة **الكيتين** كهيكل بعض أنواع الخنافس.

ولأن الهيكل الخارجي لا يتمدد مع نمو الجسم، تحتاج المفصليات إلى عملية **الانسلاخ (Molting)** بشكل دوري: التخلص من الهيكل القديم، وبناء هيكل جديد أكبر بمساعدة غدد متخصصة، وهي عملية حرجة تمر خلالها المفصليات بمرحلة ضعف مؤقت قبل أن يتصلّب الهيكل الجديد.

الأجهزة الحيوية عند المفصليات

تتباين المفصليات كثيرًا في طرق تغذيتها (أكلة أعشاب، أكلة لحوم، متطفلة)، ولذلك تنتوّع أشكال أفاوها بشكل لافت (سنُفصّل ذلك عند الحديث عن الحشرات). يمتلك جهازها الهضمي فتحة فم وفتحة شرج، إضافة إلى غدد هاضمة مساعدة.

جهازها الدوراني **مفتوح**؛ يُضخّ الدم (الهيموليمف) من القلب عبر أوعية دموية محدودة إلى تجاويف مفتوحة بين الأنسجة، ثم يعود إلى القلب مباشرة. أما الإخراج فيتم عند كثير من المفصليات البرية بواسطة **الأتايبب المليجية**، بينما تمتلك بعض الأنواع المائية نفايات بسيطة.

يختلف نمط التنفس حسب البيئة: **خياشيم** عند معظم المفصليات المائية، و**قصبات هوائية (Tracheae)** تتفرّع داخل الجسم مباشرة عند الحشرات وبعض المفصليات البرية الأخرى، و**رنات كتبية (Book lungs)** عند بعض العنكبويات.

جهازها العصبي يتضمّن دماغًا وغُدًا عصبية موزّعة على طول الجسم، ومستقبلات حسية متنوعة: عيون **مرّكبة** (تتكوّن من وحدات إبصار متعددة، كعيون النحل واليعسوب) أو عيون **بسيطة**، وغشاء طبلة للسمع عند بعضها، وحاسة شمّ دقيقة عبر قرون الاستشعار تلتقط بها **الفرمونات** (مواد كيميائية تنظم التزاوج والتغذية والتواصل الاجتماعي).

تصنيف المفصليات: القشريات

يعيش معظم **القشريات (Crustacea)** في البيئة المائية، كالجمبري وجراد البحر (اللوبيستر) وبرغوث الماء، ويعيش بعضها كقمل الخشب على اليابسة. سُميت بذلك لأن أجسامها مغطاة بقشرة سميكة تحتوي كربونات الكالسيوم. تمتلك القشريات خمسة أزواج مفصلية

على الأقل تُستخدم للحركة، وقد يتحوّل الزوج الأول عند بعضها إلى كلابات لالتقاط الفريسة، كما تمتلك قرون استشعار وعيوناً مركبة وزوجين من الفكوك.

تصنيف المفصليات: العنكبيات

يُعدّ صنف **العنكبيات (Arachnida)** الأقل تنوعاً نسبياً بين المفصليات، لكنه يضمّ أنواعاً مألوفة: العنكبوت، العقرب، القراد، وعثّ الغبار. تمتلك العنكبيات ستة أزواج من الزوائد المفصليّة، تُستخدم أربعة منها فقط للحركة؛ إذ يتحوّل الزوج الأول عند بعضها إلى أنياب أو كلابات فمّية (**Chelicerae**) لتمزيق الفريسة، ويتحوّل الزوج الثاني إلى لوامس قديمة (**Pedipalps**) للإحساس والإمساك، وقد يكون على هيئة كمانشة كما في العقرب. وخلافاً للحشرات، تكون أعين العنكبيات بسيطة. يتطفل بعض العنكبيات كالقراد على الفقاريات، وقد ينقل مسببات أمراض خطيرة، لذا يُنصح دائماً بفحص الجسم جيداً بعد التنتزه في الأعشاب أو الغابات.

نصيحة صحية

بعد المشي في مناطق عشبية أو حرجية، افحص جسمك وملابسك جيداً بحثاً عن القراد. إذا وجدت قرادة ملتصقة، انزعها بملقط رفيع من قرب سطح الجلد مباشرة بسحب ثابت دون لّي أو سحق، وراقب مكان اللدغة لأسابيع؛ فبعض أنواع القراد قد ينقل أمراضاً بكتيرية خطيرة.

تصنيف المفصليات: الحشرات

تُعدّ **الحشرات (Insecta)** أكثر مجموعات المفصليات تنوعاً على الإطلاق، وهي اللافقاريات الوحيدة القادرة على الطيران؛ إذ يمتلك معظمها زوجين من الأجنحة. ونظراً لتنوّع غذائها، تحوّر فمها ليناسب طبيعة المادة التي تتغذى عليها؛ فمنه **الأنبوبية** (كالفرّاش والعث الذي يمتص رحيق الأزهار)، و**الإسفنجي** (كالدباب المنزلي)، و**الثاقب/الماصّ** (كالبعوض والبراغيث)، و**القارض** (كالجراد والخنفس والنحل).

تمرّ معظم الحشرات بعد الفقس من البيضة بسلسلة تغيّرات تُعرف **بالتحوّل (Metamorphosis)**، وله نمطان رئيسان: **التحوّل الكامل** (بيضة ← يرقة ← عذراء ← بالغ)، ومثاله الفراشة؛ حيث يختلف شكل اليرقة اختلافاً جذرياً عن الفرد البالغ، و**التحوّل غير الكامل** (بيضة ← حورية ← بالغ)، ومثاله الجراد؛ حيث تشبه الحورية الفرد البالغ في شكلها العام، ولا يوجد فيه طور العذراء إطلاقاً.

مجتمع نحل العسل: نموذج للتنظيم الاجتماعي

يُعدّ مجتمع النحل أحد أروع الأمثلة على الحياة الاجتماعية المنظمة عند الحشرات. تتكوّن خلية النحل من ثلاثة أنواع من الأفراد: **الملكة** (فرد واحد فقط، تعيش ٣ - ٥ سنوات، مسؤولة حصراً عن وضع البيض بمعدل يزيد أحياناً عن ألف بيضة يومياً)، و**الشغالات** (آلاف الإناث العقيمات، تنوّع أدوارهنّ حسب العمر بين الحراسة ورعاية الصغار وجمع الرحيق وتصنيع العسل)، و**الذكور** (عددها محدود موسميّاً، ومهمتها الوحيدة تلقيح الملكة). ينتج هذا المجتمع **العسل** (غذاء)، و**الشمع** (لبناء الأقراص وتخزين الغذاء)، و**البروبوليس** (لصق وتعيم الخلية).

المصطلحات

الهيكل الخارجي Exoskeleton غطاء صلب يعطي المفصليات شكلها، ويدعمها، ويحمي جسمها اللين.	الانسلاخ Molting (Ecdysis) تخلّص المفصلي من هيكله الخارجي القديم لبناء هيكل جديد أكبر ليستمر نموه.
القصبات الهوائية Tracheae أنابيب هوائية تتفرّع داخل جسم الحشرة لنقل الأكسجين مباشرة إلى الأنسجة.	الرئات الكتبية Book lungs تراكيب تنفسية طبقية تشبه صفحات الكتاب، توجد عند بعض العنكبيات.
الكليسرات (الأنياب) Chelicerae الزوج الأول من زوائد العنكبيات، يتحوّل إلى أنياب أو كلابات فمّية.	اللوامس القديمة Pedipalps الزوج الثاني من زوائد العنكبيات، للإحساس والإمساك بالفريسة.
التحوّل الكامل Complete metamorphosis بيضة ← يرقة ← عذراء ← بالغ، مع اختلاف جذري في الشكل، مثاله الفراشة.	التحوّل غير الكامل Incomplete metamorphosis بيضة ← حورية ← بالغ، دون طور عذراء، مثاله الجراد.

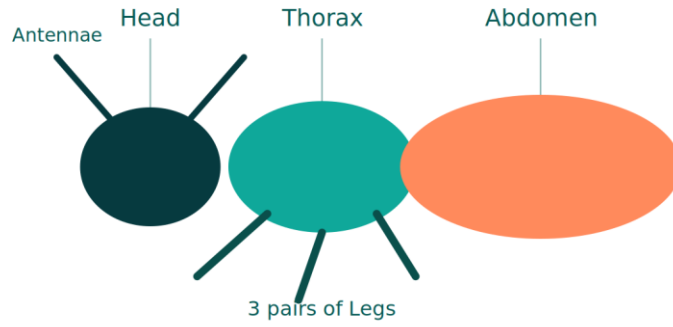
الأنابيب الملبيجية *Malpighian tubules*

تراكيب إخراجية تتخلص من الفضلات النيتروجينية عند كثير من المفصليات البرية.

الفرمونات *Pheromones*

مواد كيميائية تفرزها المفصليات للتواصل وتنظيم السلوك الاجتماعي والتزاوج.

الأشكال التوضيحية



شكل ٣ - ١: المخطط العام لتقسيم جسم الحشرة إلى ثلاث مناطق: الرأس، الصدر، البطن.

Complete Metamorphosis

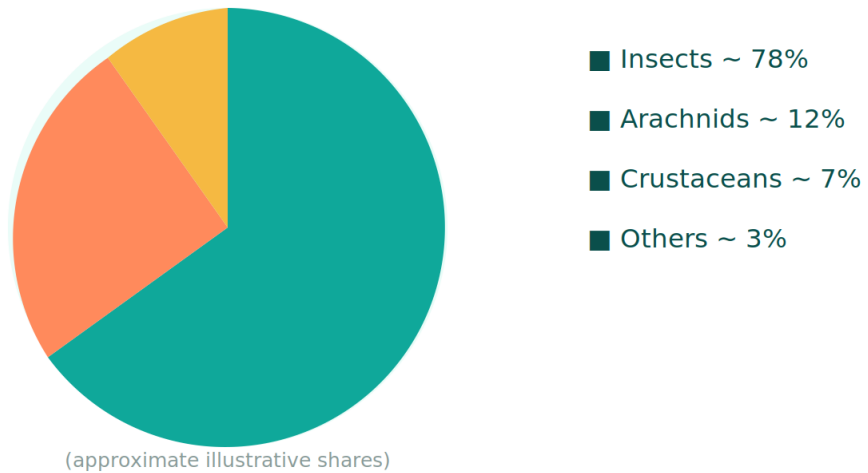


Incomplete Metamorphosis



Complete = 4 stages (with Pupa) | Incomplete = 3 stages (no Pupa)

شكل ٣ - ٢: مقارنة بين مراحل التحول الكامل (كالفراشة) والتحول غير الكامل (كالجراد).



شكل ٣ - ٣: تمثيل تقريبي لنسب تنوع المجموعات الرئيسية داخل قبيلة المفصليات.

الجدول

جدول ٣ - ١: أشكال الفم عند الحشرات وأمثلتها

شكل الفم	مثال
أنبوبي	الفراش والعث
إسفنجي	الذباب المنزلي، ذبابة الفاكهة
ثاقب / ماص	البعوض، البراغيث
قارض	الجراد، الخنافس، النحل

الفروقات

جدول ٣ - ٢: مقارنة بين القشريات والعنكبوت والحشرات

وجه المقارنة	القشريات	العنكبوت	الحشرات
تقسيم الجسم	رأس-صدر مدمج + بطن	سُعْدَة (رأس-صدر) + بطن	رأس + صدر + بطن
عدد أرجل الحركة	٥ أزواج على الأقل	٤ أزواج	٣ أزواج
قرون الاستشعار	موجودة	غير موجودة	موجودة
الأجنحة	غير موجودة	غير موجودة	موجودة غالبًا (زوجان)
مثال	الجمبري، السرطان	العنكبوت، العقرب	النحل، الفراشة

جدول ٣ - ٣: الفرق بين التحول الكامل والتحول غير الكامل

وجه المقارنة	التحول الكامل	التحول غير الكامل
عدد الأطوار	٤ (بيضة، يرقة، عذراء، بالغ)	٣ (بيضة، حورية، بالغ)
طور العذراء	موجود	غير موجود
شكل الصغير مقارنة بالبالغ	مختلف جذريًا	مشابه في الشكل العام
مثال	الفراشة	الجراد

التطبيقات الحياتية

في حياتنا اليومية

الغذاء: الجمبري والسرطان وجراد البحر من أهم المأكولات البحرية عالميًا، والعسل من أقدم المحليات الطبيعية التي عرفها الإنسان.

التلقيح: يُعد النحل وحشرات أخرى (كالفراشات) العامل الأساسي لتلقيح نسبة كبيرة من محاصيل الفاكهة والخضراوات التي نستهلكها يوميًا.

الحرير: يُنتج الحرير الطبيعي من شرنقة يرقة دودة القز (*Bombyx mori*)، وهي صناعة عريقة ما زالت قائمة حتى اليوم.

الوعي الصحي: معرفة دورة حياة البعوض والقراد تساعد الأسر على اتخاذ إجراءات وقائية بسيطة تقلل من لدغاتها ومخاطرها الصحية.

التطبيقات الصناعية

في الطب والصناعة والزراعة والتقنية

الطب وضبط الجودة الدوائية: يُستخلص من دم سرطان حنوة الفرس (Horseshoe crab) — وهو من المفصليات القريبة من العنكبويات — مركب حساس جداً لأي تلوث بكتيري، يُستخدم عالمياً في اختبار سلامة الأمصال واللقاحات والمعدات الطبية قبل استخدامها على الإنسان.

التكنولوجيا الحيوية: يدرس الباحثون خيوط حرير العنكبوت لكونها تجمع بين قوة شدّ عالية ومرونة استثنائية، سعياً لتطوير مواد اصطناعية فائقة المتانة تُحاكي خصائصها. كما تُستخدم ذبابة الفاكهة (Drosophila) كأنما نموذجياً أساسياً في أبحاث علم الوراثة الحديثة.

الصناعات الغذائية: يتنامى الاهتمام عالمياً باستزراع الحشرات الغذائية (كطحين الكريكات) كمصدر بروتين مستدام منخفض الأثر البيئي مقارنة بالثروة الحيوانية التقليدية.

الزراعة والهندسة الوراثية: تُستخدم جينات بكتيريا Bt (Bacillus thuringiensis) في هندسة بعض المحاصيل وراثياً لمقاومة الحشرات الآفة دون الحاجة لمبيدات كيميائية مكثفة، كما تُطبق "تقنية الحشرة العقيمة" لإطلاق ذكور معقمة والحد من تكاثر آفات زراعية معينة دون مبيدات.

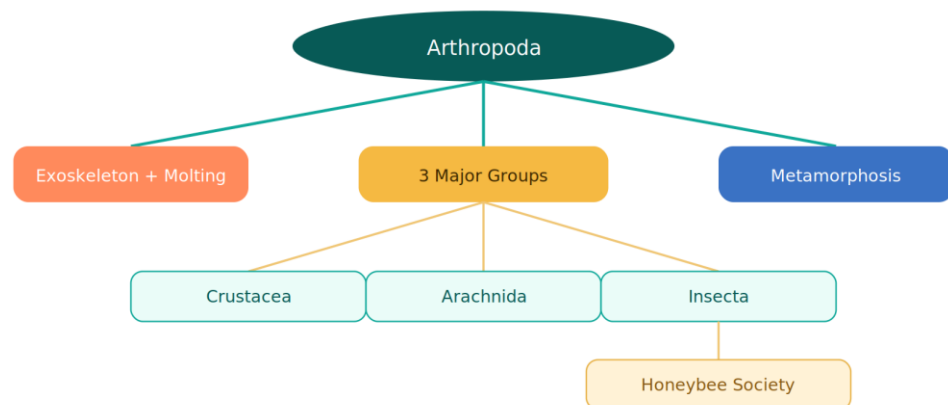
البيئة: يُثير التراجع العالمي في أعداد النحل والملقحات البرية قلقاً بيئياً متزايداً؛ لما له من انعكاسات مباشرة على الأمن الغذائي وصحة النظم البيئية.

التقنيات الحديثة: ألهم الطيران الحشري تصميم طائرات مصغرة (Micro air vehicles) تُحاكي حركة الأجنحة، بينما ألهم سلوك مستعمرات النمل في البحث عن أقصر الطرق تطوير خوارزميات "تحسين مستعمرة النمل" (Ant Colony Optimization) المستخدمة في تخطيط الشبكات والخدمات اللوجستية.

هل تعلم؟

يُقدّر بعض علماء الحشرات أن عدد الحشرات الحيّة على كوكب الأرض في أي لحظة قد يتجاوز مليون مليار فرد (١٠ كوادريليون) في بعض التقديرات — رقم يفوق عدد البشر بملايين المرات!

خريطة المفاهيم



خريطة المفاهيم

الملخص

الملخص

أهم الأفكار	أهم المصطلحات	نقاط للحفظ
أكبر قبيلة حيوانية (٧٠ - ٨٥٪).	الانسلاخ - Molting	

الفشريات ٥ أزواج أرجل، العنكبليات ٤، الحشرات ٣. الحشرات فقط تطير وتتنفس بالقصبات الهوائية. لا عذراء في التحول غير الكامل.	الكليسرات – Chelicerae التحول الكامل/غير الكامل	هيكل خارجي + انسلاخ للنمو. ٣ مجموعات رئيسة + مجتمع نحل اجتماعي.
---	--	--

التقويم

صح أو خطأ

تذكر

٢٩. تمثل المفصليات أكثر من ٧٠٪ من أنواع الحيوانات المعروفة. ()
٣٠. تمتلك جميع المفصليات أجنحة. ()
٣١. التحول غير الكامل لا يتضمن طور العذراء. ()

أكمل

تذكر

٣٢. تُسمى عملية تخلص المفصلي من هيكله الخارجي القديم
٣٣. الزوج الأول من زوائد العنكبليات يتحول إلى
٣٤. فم البعوض والبراغيث من النوع

اختيار من متعدد

فهم

٣٥. أي مما يلي مثال على التحول غير الكامل؟
(أ) الفراشة (ب) الجراد
(ج) الخنفساء (د) النحلة
٣٦. كم عدد أزواج الأرجل المستخدمة في الحركة عند العنكبليات؟
(أ) ٣ (ب) ٤
(ج) ٥ (د) ٦

علل

تحليل

٣٧. علل: تحتاج المفصليات إلى الانسلاخ الدوري بخلاف الفقاريات.
٣٨. علل: تُعد الحشرات المجموعة الوحيدة بين اللافقاريات القادرة على الطيران.

قارن

تحليل

٣٩. قارن بين الفشريات والعنكبليات من حيث عدد أرجل الحركة ووجود قرون الاستشعار.

صل

تطبيق

٤٠. صل كل شكل فم بمثاله: (أنبوبي – إسفنجي – ثاقب/ماص – قارض) مع (الفراش – الذباب المنزلي – البعوض – الجراد).

حلل الرسوم

تحليل

٤١. باستخدام الشكل (٣ - ٢)، وضّح الفرق العددي في أطوار الحياة بين التحول الكامل والتحول غير الكامل، وسمّ الطور الغائب في النمط غير الكامل.

استنتج

تقويم

٤٢. وُجد مفصلي له ستة أزواج من الزوائد، أربعة منها للحركة، وزوج أول متحول إلى أنياب. إلى أي مجموعة ينتمي على الأرجح؟ برّر إجابتك.

تفكير ناقد وحل مشكلات

تقويم

٤٣. لاحظ مزارع تراجعاً في إنتاج بستان الفاكهة لديه مع انخفاض ملحوظ في أعداد النحل المحلي. اقترح ثلاث خطوات عملية صديقة للبيئة يمكن أن يتخذها لتحسين نشاط التلقيح في بستانه.

سؤال مقالي قصير

٤٤. اكتب فقرة تشرح فيها كيف ساهم الهيكل الخارجي وتنوع الزوائد المفصلية في نجاح المفصليات كأكبر قبيلة حيوانية على الأرض.

سؤال مفتوح (دون إجابة محددة)

٤٥. في ضوء ما درسته عن استخدام دم سرطان حدوة الفرس في الطب، ناقش مع زملائك التوازن الأخلاقي بين الاستفادة من الكائنات الحية في الأبحاث الطبية وضرورة الحفاظ عليها من الانقراض.

الاختبار النهائي الشامل

تعليمات: يتكوّن هذا الاختبار من (٣٠) سؤالاً من نوع الاختيار من متعدد، لكل سؤال أربعة بدائل وإجابة صحيحة واحدة فقط، موزّعة بالتساوي على فصول الكتاب الثلاثة. اختر الإجابة الأصح لكل سؤال، وراجع مفتاح الإجابات في نهاية الكتاب بعد الانتهاء.

القسم الأول: الرخويات (الأسئلة ١ - ١٠)

١. ما التركيب الذي يفرز المادة المكوّنة لصدفة الرخويات؟
(أ) القدم (ب) العبابة
(ج) الطاحنة (د) الخيشوم
٢. أيّ صفوف الرخويات يمتلك صدفة مكوّنة من ثماني صفائح؟
(أ) بطنيات القدم (ب) متعددة الأصداف
(ج) ذوات المصراعين (د) رأسيات القدم
٣. المحار وبلح البحر ينتميان إلى صفّ:
(أ) بطنيات القدم (ب) رأسيات القدم
(ج) ذوات المصراعين (د) متعددة الأصداف
٤. أيّ الرخويات التالية يمتلك جهازاً دورانياً مغلقاً؟
(أ) الحلزون (ب) المحار
(ج) الأخطبوط (د) البزاق
٥. التركيب الشبيه باللسان المغطى بصفوف من الأسنان الكيتينية يسمى:
(أ) الطاحنة (Radula) (ب) العبابة
(ج) القدم (د) الخيشوم
٦. يتكاثر الحلزون البري عادةً بوصفه:
(أ) منفصل الجنس بإخصاب خارجي (ب) خنثى بإخصاب داخلي متبادل
(ج) بالتبرعم فقط (د) بالتجدد الذاتي
٧. صبغة الهيموسيانين النحاسية تعطي دم الأخطبوط لوناً:
(أ) أحمر (ب) أخضر
(ج) أزرق (د) أصفر
٨. أكبر صفوف الرخويات من حيث عدد الأنواع هو:
(أ) متعددة الأصداف (ب) بطنيات القدم
(ج) ذوات المصراعين (د) رأسيات القدم
٩. دواء "زيكونوتيد" المسكّن لبعض الآلام المزمنة استُخلص أساساً من:
(أ) قواقع المخروط البحري (ب) الأخطبوط
(ج) المحار (د) الكايتون
١٠. الطبقة الداخلية اللامعة شديدة الصلابة في بعض الأصداف، والتي تُلهم مهندسي المواد، تُعرف باسم:
(أ) الكيتين (ب) الرادولا
(ج) اللؤلؤ الأمي (Nacre) (د) الهيموسيانين

القسم الثاني: الجلدشوكيات (الأسئلة ١١ - ٢٠)

١١. تعيش الجلدشوكيات حصراً في:
(أ) المياه العذبة (ب) اليابسة
(ج) البيئة البحرية (د) التربة الرطبة
١٢. الجهاز الذي يحلّ محلّ الجهاز الدوراني عند الجلدشوكيات هو:
(أ) الجهاز الليمفاوي (ب) الجهاز المائي الوعائي

١٣. (ج) الجهاز التنفسي (د) الجهاز العصبي
فتحة دخول الماء إلى الجهاز المائي الوعائي تسمى:
(أ) القناة الحلقية (ب) المصفاة
(ج) القناة الشعاعية (د) القرص المركزي
١٤. تنتهي الأقدام الأنبوبية عند الجلدشوكيات بـ:
(أ) شوكة حادة (ب) ممص قرصي الشكل
(ج) مخلب (د) كلابة
١٥. نوع التماثل الذي يظهر عند الفرد البالغ من نجم البحر هو:
(أ) جانبي (ب) شعاعي
(ج) لا تماثلي (د) كروي منتظم
١٦. تمتلك يرقة الجلدشوكيات السابحة تماثلاً:
(أ) شعاعياً (ب) جانبياً
(ج) كروياً (د) غير منتظم بالكامل
١٧. قدرة نجم البحر على تعويض ذراع مفقودة، أو تكوين فرد كامل من جزء منه، تسمى:
(أ) الانسلاخ (ب) التبرعم
(ج) التجدد (د) الإخصاب الذاتي
١٨. تنتمي قنافذ البحر إلى صف:
(أ) النجميات (ب) القنفذيات
(ج) الثعبانيات (د) الزنبقيات
١٩. يُستخدم أي نوع من قنافذ البحر كائنًا نموذجيًا كلاسيكيًا في أبحاث علم الأجنة والوراثة؟
(أ) القنفذ الأرجواني (ب) القنفذ الأخضر
(ج) القنفذ الأسود الطويل الأشواك (د) القنفذ الأحمر
٢٠. يُعدّ نجم البحر مثالاً كلاسيكيًا في علم البيئة على مفهوم:
(أ) الطفيلي الإجباري (ب) النوع المحوري (Keystone species)
(ج) الكائن المحلّل (د) المفترس الانتهازي العابر

القسم الثالث: المفصليات (الأسئلة ٢١ - ٣٠)

٢١. تشكّل المفصليات من مجموع أنواع الحيوانات المعروفة حاليًا نحو:
(أ) ١٠ - ٢٠٪ (ب) ٣٠ - ٤٠٪
(ج) ٧٠ - ٨٥٪ (د) أقل من ٥٪
٢٢. عملية تخلّص المفصليات من هيكلها الخارجي القديم أثناء النمو تسمى:
(أ) التحول (ب) الانسلاخ
(ج) التجدد (د) الإخصاب
٢٣. تمتلك العنكبليات عددًا من أزواج الأرجل المستخدمة في الحركة قدره:
(أ) ٣ (ب) ٤
(ج) ٥ (د) ٦
٢٤. ينحوّل الزوج الأول من زوائد العنكبليات إلى:
(أ) أجنحة (ب) قرون استشعار
(ج) أنياب أو كلابات فموية (د) خياشيم
٢٥. فم كلّ من النحل والجراد والخنفس من النوع:
(أ) أنبوبى (ب) إسفنجي
(ج) ثاقب/ماصّ (د) قارض
٢٦. يُطلق على نمط التحول الذي يتضمّن طور العذراء اسم:
(أ) التحول الكامل (ب) التحول غير الكامل
(ج) التحول الجزئي (د) لا يوجد تحول

٢٧. مثال على حشرة تمرّ بتحوّل غير كامل:
 (أ) الفراشة (ب) النحلة
 (ج) الجراد (د) الخنفساء
٢٨. الفرد المسؤول حصراً عن وضع البيض في خلية النحل هو:
 (أ) الشغالة (ب) الذكر
 (ج) الملكة (د) اليرقة
٢٩. يُستخدم دم سرطان حدوة الفرس (Horseshoe crab) على نطاق واسع في:
 (أ) صناعة الحرير الطبيعي (ب) اختبار التلوث البكتيري للأدوية واللقاحات
 (ج) تلقيح المحاصيل الزراعية (د) إنتاج العسل الطبي
٣٠. خوارزميات "تحسين مستعمرة النمل" (Ant Colony Optimization) المستخدمة في علوم الحاسوب مستوحاة من:
 (أ) طريقة بناء النمل لأعشاشه (ب) سلوك النمل في البحث عن أقصر الطرق بين نقطتين
 (ج) نمط تكاثر النمل الموسمي (د) طريقة تمويه النمل عن الأعداء

مفتاح إجابات الاختبار النهائي

قارن اختياراتك بالإجابات الصحيحة أدناه، واحسب نسبة إجاباتك الصحيحة من أصل ٣٠ سؤالاً.

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

مقياس تقويم ذاتي مقترح: ٢٧ - ٣٠ إجابة صحيحة: ممتاز — إتقان عالٍ لمحتوى الكتاب. ٢٢ - ٢٦ إجابة صحيحة: جيد جدًا — راجع الأسئلة التي أخطأت فيها فقط. ١٦ - ٢١ إجابة صحيحة: جيد — يُنصح بمراجعة الفصول ذات الأخطاء المتكررة. أقل من ١٦: يُنصح بإعادة قراءة الفصول وحلّ أسئلة التقويم في نهاية كل فصل قبل إعادة المحاولة.

المراجع والمصادر

اعتمد هذا الكتاب في محتواه الأساسي على المحتوى المرجعي المرفق من المنهج المعتمد، وأثري ببيانات ومعلومات إضافية اعتماداً على مصادر علمية موثوقة معترف بها عالمياً، من أبرزها:

- National Center for Biotechnology Information (NCBI) — قاعدة بيانات علمية تابعة للمعاهد الوطنية للصحة الأمريكية (NIH): www.ncbi.nlm.nih.gov
- World Health Organization (WHO) — منظمة الصحة العالمية: www.who.int
- Encyclopaedia Britannica — دوائر معارف علمية عامة موثوقة: www.britannica.com
- Smithsonian National Museum of Natural History — المتحف الوطني الأمريكي للتاريخ الطبيعي: www.si.edu
- Hickman, C. P., et al. Integrated Principles of Zoology. McGraw-Hill Education (مرجع جامعي كلاسيكي في علم الحيوان)
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. Biology. Pearson Education (مرجع جامعي شامل في علم الأحياء)
- Entomological Societies (ومنشوراتها التثقيفية العامة).

ملاحظة: رُوعي عند الاستشهاد بأي معلومة إضافية خارج المحتوى المرجعي الأصلي أن تكون معلومة علمية عامة وراسخة ومتوافقة مع المصادر أعلاه، دون الخوض في تفاصيل بحثية متخصصة تستدعي استشهاداً أكاديمياً دقيقاً. يُنصح القارئ الراغب في التعمق الأكاديمي بالرجوع مباشرة إلى المصادر الأصلية أعلاه.

شكراً لقراءتك عالم اللافقاريات ☆ نتمنى أن يكون هذا الكتاب قد أضاء لك زاوية جديدة من عالم الأحياء الواسع.