الجمهورية اليمنية
وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

الأحياء

للصف الثالث الثانوي

حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم
١٤٣٥هـ/ ٢٠١٤م

وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

الأحياء

للصف الثالث الثانوي

تأليف

أ.د. داؤد عبدالملك يحيى الحدابي / رئيساً

أ. عمر فضل بافضل / منسقاً

أ.د/ عبدالكريم عبدالمحمود ناشر — أ. وهيب هزاع شعلان

د. عبدالله عثمان الحمادي — أ. ياسمين محمد عبدالواسع

د. عبدالعزيز عبدالله مقبل — أ. عبدالمؤمن عبدالله محسن

أ. مصطفى عبدالله هويدي

الإخراج الفني

التصوير الفوتوغرافي : عبدالسلام أحمد الحبسي

الرسم والمسح الضوئي : محمد الذماري ، علي السلفي

الصف والتصميم : أحمد محمد العوامي

بسام أحمد العامر

أشرف على التصميم : حامد عبدالعالم الشيباني

١٤٣٥هـ / ٢٠١٤م

المصدر: قانون رقم (٣٦) لسنة ٢٠٠٦م بشأن السلام الجمهوري ونشيد الدولة الوطني للجمهورية اليمنية

أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ. د. عبدالرزاق يحيى الأشول.

د. عبدالله عبده الحامدي.
د/ صالح ناصر الصوفي.
أ.د/ محمد عبدالله الصوفي.
أ/ عبدالكريم محمد الجنداري.
د/ عبدالله علي أبو حورية.
د/ عبدالله لملس.
أ/ منصور علي مقبل.
أ/ أحمد عبدالله أحمد.
أ.د/ محمد سرحان سعيد المخلافي.
أ.د/ محمد حاتم المخلافي.
أ/ علي حسين الحيمي.
د/ أحمد علي المعمري.
أ.د/ صالح عوض عرم.
د/ إبراهيم محمد الحوثي.
د/ شكيب محمد باجرش.
أ.د/ داوود عبدالملك الحدابي.
أ/ محمد هادي طواف.
أ.د/ أنيس أحمد عبدالله طائع.
أ/ محمد عبدالله زبارة.
أ/ عبدالله علي إسماعيل.
د/ عبدالله سلطان الصلاحي.

قررت اللجنة العليا للمناهج طباعة هذا الكتاب .

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

في إطار تنفيذ التوجهات الرامية للاهتمام بنوعية التعليم وتحسين مخرجاته تلبية للاحتياجات ووفقاً للمتطلبات الوطنية.

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم في إطار توجهاتها الإستراتيجية لتطوير التعليم الأساسي والثانوي على إعطاء أولوية استثنائية لتطوير المناهج الدراسية، كونها جوهر العملية التعليمية وعملية ديناميكية تتسم بالتجديد والتغيير المستمرين لاستيعاب التطورات المتسارعة التي تسود عالم اليوم في جميع المجالات.

ومن هذا المنطلق يأتي إصدار هذا الكتاب في طبعته المعدلة ضمن سلسلة الكتب الدراسية التي تم تعديلها وتنقيحها في عدد من صفوف المرحلتين الأساسية والثانوية لتحسين وتجويد الكتاب المدرسي شكلاً ومضموناً، لتحقيق الأهداف المرجوة منه، اعتماداً على العديد من المصادر أهمها: الملاحظات الميدانية، والمراجعات المكتبية لتلافي أوجه القصور، وتحديث المعلومات وبمايتناسب مع قدرات المتعلم ومستواه العمري، وتحقيق الترابط بين المواد الدراسية المقررة، فضلاً عن إعادة تصميم الكتاب فنياً وجعله عنصراً مشوقاً وجذاباً للمتعلم وخصوصاً تلاميذ الصفوف الأولى من مرحلة التعليم الأساسي.

ويعد هذا الإنجاز خطوة أولى ضمن مشروعنا التطويري المستمر للمناهج الدراسية ستتبعها خطوات أكثر شمولية في الأعوام القادمة، وقد تم تنفيذ ذلك بفضل الجهود الكبيرة التي بذلها مجموعة من ذوي الخبرة والاختصاص في وزارة التربية والتعليم والجامعات من الذين أنضجتهم التجربة وصقلهم الميدان برعاية كاملة من قيادة الوزارة والجهات المختصة فيها.

ونؤكد أن وزارة التربية والتعليم لن تتوانى عن السير بخطى حثيثة ومدروسة لتحقيق أهدافها الرامية إلى تنوير الجيل وتسليحه بالعلم وبناء شخصيته المتزنة والمتكاملة القادرة على الإسهام الفاعل في بناء الوطن اليمني الحديث والتعامل الإيجابي مع كافة التطورات العصرية المتسارعة والمتغيرات المحلية والإقليمية والدولية.

أ.د. عبدالرزاق يحيى الأشول

وزير التربية والتعليم

رئيس اللجنة العليا للمناهج

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد، وبعد،،،

فهذا هو كتاب الأحياء للصف الثالث الثانوي الذي يحتوي على ثمان وحدات مختلفة، وهي تعتبر امتداداً طبيعياً لما درسه الطالب في المرحلة الأساسية، وفي الصفين الأول والثاني الثانوي في هذه المرحلة.

في الوحدة الأولى سيدرس الطالب التنظيم العصبي ، وفيه يتعرف على التنظيم العصبي في بعض الفقاريات والأجزاء الرئيسة في الجهاز العصبي للإنسان ، وتركيب الخلية العصبية في الإنسان، ووظائف كل أجزائها وآلية انتقال السيالة العصبية. كما سيدرس عمليات التنظيم الإرادية واللاإرادية للجهاز العصبي والتمييز بين هذه العمليات، كما سيتعرف على الأنواع الرئيسة للمستقبلات الحسية وتحديد أماكن وجودها، والتركيب العام لها ووظائفها، وآلية عملها.

أما الوحدة الثانية والتي تختص بالتنظيم الهرموني، سيدرس الطالب فيها عن الهرمونات والتنظيم الهرموني ودور بعض الهرمونات في العمليات الحيوية للنبات، وما هي الهرمونات التي تفرز من الغدد الصماء في جسم الإنسان ودور التنظيم الهرموني في تنسيق عمل أجهزة الجسم، كما سيتبين بعد دراسة هذه الوحدة العلاقة بين التنظيم الهرموني والتنظيم العصبي والذي درسه في الوحدة الأولى السابقة لهذه الوحدة، وسيتعرف على بعض الحالات المرضية التي تنتج عن الاضطرابات الهرمونية .

الوحدة الثالثة والخاصة بالتكاثر في الكائنات الحية، سيدرس الطالب فيها أنواع التكاثر الجنسي واللاجنسي في الكائنات الحية. وفي هذه الوحدة سيتعرف على مكونات ووظيفة أجهزة التكاثر الذكرية والأنثوية، ومراحل تكوين الأمشاج في كل من الذكر والأنثى في الإنسان ، كما سيصف الطالب أهم التغيرات التي تحدث في المبيض والرحم أثناء دورة الحيض عند المرأة، ومراحل تطور الجنين في أنثى الإنسان .

الوحدة الرابعة تتحدث عن أساسيات علم الوراثة ، حيث سيدرس الطالب فيها بعض تجارب مندل وقوانينه الخاصة بالوراثة ومعنى مفهوم السيادة التامة والسيادة الناقصة والسيادة المشتركة والارتباط والعبور، وبعد ذلك سيقارن بين الشكل الجيني والشكل المظهري للكائن الحي، وما الصفات التي تنتقل من الآباء إلى الأبناء. وبعد دراسة بعض القوانين الوراثية سيقوم الطالب بالتطبيق في حل المسائل الوراثية المختلفة. كما سيتعرف على بعض الأمراض التي تنتقل وراثيا من الآباء إلى الأبناء، وكذا توضيح دور الكروموسومات الجنسية في وراثة بعض الصفات. . .ألخ.

أما الوحدة الخامسة والتي تتحدث عن الوراثة الجزيئية، سيتعرف الطالب بعد دراسة هذه الوحدة على مكونات الكروموسوم والجين ، والتركيب البنائي للحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (DNA) وتضاعف هذا الحمض النووي وكيفية نسخ الحمض النووي الرايبوزي (RNA)، وكذا خطوات بناء البروتين في الخلية، وبعد ذلك سيعطي أمثلة لبعض تطبيقات الوراثة الجزيئية.

في الوحدة السادسة (التقانة الحيوية)، وهو موضوع جديد في علم الأحياء، سيتعرف الطالب عن المقصود بالتقانة الحيوية ودور الهندسة الوراثية (الجينية) فيها، وكيف يتم استخدام هذه التقانة الحيوية في إنتاج بعض المواد الغذائية وطريقة إنتاج الأدوية والمضادات الحيوية في تحسين الإنتاج النباتي والحيواني، ودور تلك التقانة الحيوية في تنقية المياه العادمة في محطات معالجة الصرف الصحي وأهميتها في التخلص من المخلفات الضارة بالبيئة .

الوحدة السابعة تعالج مشاكل البيئة ؛ وفيها سيتعرف الطالب على مراحل تطور علاقة الإنسان بالبيئة وأهم المشكلات التي تتعرض لها البيئة ومصادر تلوثها وأنواعها. كما سيتوصل الطالب إلى تحديد المشكلات الناتجة عن تلوث مكونات البيئة وأهم المواد البيئية التي تتعرض للاستنزاف، واقتراح الحلول المناسبة لمشكلات استنزاف المياة والتربة والغطاء النباتي إلى آخر ذلك من المعالجات للمشكلات البيئية اليمنية.

أما الوحدة الثامنة والأخيرة (الجيولوجيا) وعن تاريخ الأرض تحديداً، سيتم التوضيح فيها عن المقصود بالطبقة وسطح عدم التوافق الاحفوري والاحفورة المرشّدة... إلى آخر ذلك من المفاهيم الجيولوجية، ودراسة الأحافير وأهميتها وكيفية حفظها والمقارنة بين المضاهاة الأحفورية والمضاهاة الصخرية إلى غير ذلك من المعلومات الخاصة بتاريخ الأرض.

وقد تضمنت كل وحدة في نهايتها التقويم المتنوع المشتمل على عدد من الأسئلة المختلفة كتقويم للطالب وتحديد مدى تحقق الأهداف لديه .

وكل ما نرجوه أن تلبي هذه المعلومات والمهارات رغبات طالب الصف الثالث الثانوي القسم العلمي وحاجاته، وميوله، وتساعده على اكتساب المهارات العلمية التي تجعلة قادراً على استخدامها في حياته العملية ومواكبة التطورات العلمية المتسارعة في علم الأحياء والعلوم الأخرى .

أخيراً أملنا كبير في المدرسين الأفاضل والموجهين في الميدان أن لا يبخلوا علينا بآرائهم وملاحظاتهم حول مادة الكتاب حتى نستفيد منها في تطويره مستقبلاً بعد عملية التجريب هذه ،،،

والله من وراء القصد .

فريق التأليف

المحتويات

الموضوع | الصفحة

الوحدة الأولى : الجهاز العصبي ٨

- الجهاز العصبي في الكائي الحي ٩
- أنواع الألياف العصبية ١٤
- أعضاء الحس ٢٦
- المستقبلات الضوئية ٢٦
- المستقبلات الكيميائية ٣٠
- المستقبلات الآلية ٣٢

تقويم الوحدة ٣٧

الوحدة الثانية : التنظيم الهرموني ٤٠

- التنظيم الهرموني في النبات ٤١
- التنظيم الهرموني في الحيوان ٤٥
- التنظيم الهرموني في الإنسان ٤٦
- أمراض الجهاز الهرموني وصحته ٥٨

تقويم الوحدة ٦٠

الوحدة الثالثة : التكاثر في الكائنات الحية ٦١

- التكاثر ٦٢
- التكاثر اللاجنسي ٦٢
- التكاثر الجنسي ٦٩
- التكاثر الجنسي في البدائيات ٧٠
- التكاثر الجنسي في النباتات ٧٢
- التكاثر الجنسي في الحيوانات ٧٩

تقويم الوحدة ٩٣

الوحدة الرابعة : أساسيات علم الوراثة ٩٦

- المقصود بالوراثة ٩٧
- تطور علم الوراثة الحديث ٩٨
- الشكل الجيني والشكل الظاهري ١٠٤
- دور الكروموسومات في الوراثة ١١١
- الوراثة والجنس ١٢٢

تقويم الوحدة ١٢٩

الوحدة الخامسة : الوراثة الجزيئية ١٣١

- الكروموسومات والجينات ١٣٢
- دورة حمض (DNA) في نقل الصفات الوراثية ١٣٥
- الحمض النووي الرايبوزي ١٣٦
- خطوات بناء البروتين ١٣٨
- تطبيقات في الوراثة الجزيئية ١٤٠

تقويم الوحدة ١٤٣

الوحدة السادسة : التقانة الحيوية ١٤٤

- المقصود بالتقانة الحيوية ١٤٥
- الهندسة الجينية أو الوراثية ١٤٦
- استخدام التقانة الحيوية في إنتاج الغذاء ١٤٧
- استخدام التقانة الحيوية في إنتاج الدواء ١٥٢
- استخدام التقانة الحيوية في إنتاج الوقود ١٥٥
- استخدام التقانة الحيوية في معالجة المخلفات الملوثة ١٥٦
- استخدام التقانة الحيوية في إنتاج بعض المواد الصناعية ١٥٨

تقويم الوحدة ١٦١

الوحدة السابعة : البيئة ومشكلاتها ١٦٢

- المقصود بالبيئة ١٦٣
- مشكلات التلوث لمكونات البيئة ١٦٤
- ملوثات الهواء ١٦٥
- تلوث الماء ١٧١
- التلوث الضوضائي ١٧٣
- التلوث الإشعاعي ١٧٦
- ملوثات الغذاء ١٧٨
- تلوث التربة ١٨٠
- مشكلات إستنزاف الموارد البيئية ١٨١

تقويم الوحدة ١٨٦

الوحدة الثامنة : تاريخ الأرض ١٨٧

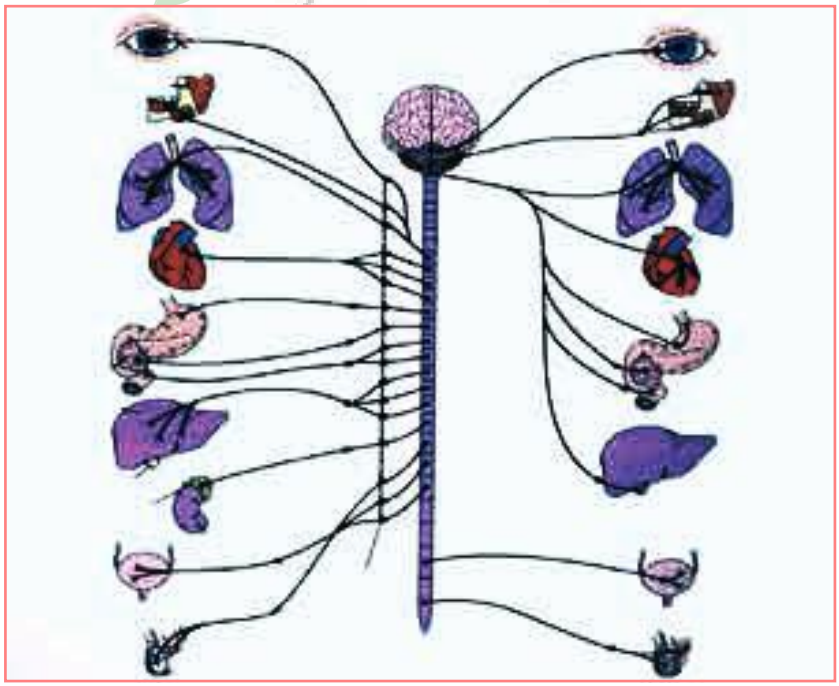
- الصخور الرسوبية ١٨٨
- الأحافير ١٩١
- التاريخ المطلق للصخور ٢٠٢
- التقسيم الحديث للسجل الجيولوجي ٢٠٧
- نبذة عن تاريخ الأرض ٢٠٩
- جيولوجيا الجمهورية اليمنية ٢١٤

تقويم الوحدة ٢٢٠

المصطلحات العلمية ٢٢٣

الوحدة الأولى

الجهاز العصبي
Nervous System



أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

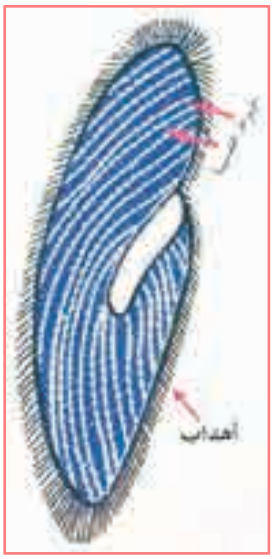
١- تتعرف على التنظيم العصبي في بعض اللافقاريات .
٢- توضح الأجزاء الرئيسة في الجهاز العصبي للإنسان .
٣- تبين تركيب الخلية العصبية في الإنسان، ووظائف أجزائها .
٤- توضح آلية انتقال السيال العصبي .
٥- تميز بين عمليات التنظيم الإرادية واللاإرادية للجهاز العصبي .
٦- تحدد الأنواع الرئيسة للمستقبلات الحسية، وأماكن وجودها .
٧- تصف التركيب العام للمستقبلات الحسية، ووظائفها .
٨- توضح آلية عمل المستقبلات الحسية، ووظائفها .

الجهاز العصبي في الكائن الحي

– لماذا يتفاعل الكائن الحي مع المؤثرات البيئية؟

يتفاعل الكائن الحي مع المؤثرات البيئية للحفاظ على ثبات وضعه الداخلي، وتعتبر هذه الخاصية من أوضح مظاهر الحياة التي تميز الكائن الحي سواء كان من الكائنات البسيطة، أو الكائنات الراقية، ففي الحيوانات الراقية والإنسان نجد أن السيطرة والتنظيم للمحافظة على ثبات وضعها الداخلي يتمان بواسطة الجهازين العصبي والهرموني، والتنظيم عن طريق الأعصاب يكون عادة أسرع من التنظيم عن طريق الهرمونات.

اولاً : الإحساس في الكائنات وحيدة الخلية :



الشكل (١) الخيوط العصبية في البراميسيوم.

إن الإحساس خاصية من خواص بروتوبلازم الكائن الحي، لهذا نجد مثلاً الطلائعيات الأولية مثل الأميبا تحس بالمؤثرات في الوسط الذي تعيش فيه عن طريق بروتوبلازم خليتها؛ وبهذا نجد أنها تتحرك نحو الغذاء، وتنفر من الضوء الشديد وتبتعد عن المواد الكيميائية عالية التركيز، وفي الطلائعيات الهدبية كالبراميسوم الشكل (١)، تتصل أهدابها بحبيبات قاعدية مغمورة في بروتوبلازم البراميسيوم، وتتصل هذه الحبيبات ببعضها بخيوط دقيقة، وخلال هذه الخيوط تنتقل المؤثرات الحسية إلى الحبيبات التي تتصل بدورها بالأهداب فتسبب حركتها، ويطلق على هذه الخيوط (الخيوط العصبية) يتضح من ذلك عدم وجود جهاز عصبي متخصص في الكائنات وحيدة الخلية.

ثانياً : الجهاز العصبي في الحيوان :

تختلف الحيوانات في مستوى التنظيم العصبي بحسب موقعها في ممالك الكائنات الحية، ومن الملاحظ أن صورة بناء التنظيم العصبي في الحيوانات المختلفة يكون أكثر رقياً وقدرة على إتقان العمل كلما اتجهنا نحو الأنواع الراقية من الحيوانات. ويتمثل هذا الاتجاه بتجميع الخلايا العصبية في جهاز عصبي مركزي، وذلك لزيادة القدرة على السيطرة، والتنظيم، والتنسيق، ورقي مستوى الاستجابة للمؤثرات البيئية، مما يساعد الكائن الحي في الحفاظ على اتزان بيئته الداخلية.

أ : الجهاز العصبي في اللافقاريات :

يمكن ملاحظة الجهاز العصبي في الجوفمعويات للتعرف على نوعية التنظيم العصبي في اللافقاريات، ففي الهيدرا مثلاً يلاحظ وجود نوع من التنظيم العصبي الأولي .

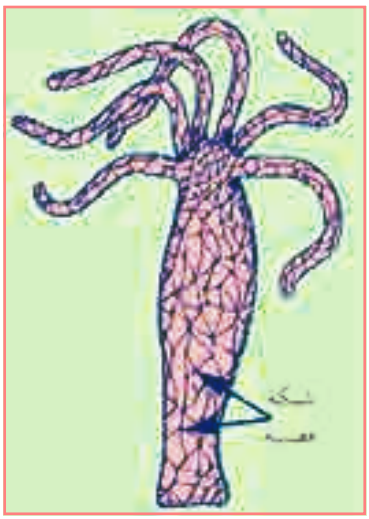
– ما سبب انكماش الهيدرا في حالة لمسها المفاجئ؟

تستجيب الهيدرا للمؤثرات الخارجية فتنكمش لوامسها باللمس المفاجئ (الشكل ٢) . وتعود هذه الانفعالية إلى امتلاكها جهاز عصبي بسيط يعرف بالجهاز العصبي الأولي .

– ما مكونات الجهاز العصبي في الهيدرا؟

– كيف يستجيب للمؤثرات الخارجية؟

ادرس الشكل : (٢) لاحظ أن الجهاز العصبي للهيدرا عبارة عن خلايا عصبية أولية تتصل زوائدها الشجيرية ببعضها مكونة شبكة عصبية، وتتصل هذه الخلايا العصبية بالخلايا الحسية من جهة، وخلايا الاستجابة (اللاّسعة) من جهة أخرى مكونة أبسط قوس عصبي، وعن طريقه يتم استقبال التنبيه عن طريق الخلايا الحسية، ومنها ينتقل إلى الخلايا العصبية المتصلة بها، ثم إلى العضلية؛ حيث تحدث الاستجابة بانكماش جسم الهيدرا أو لوامسها .



الشكل (٢) الشبكة العصبية في الهيدرا .

النشاط (١)

● نفذ النشاط الخاص بفحص شرائح مجهرية توضح الشبكة العصبية، والخلية العصبية .

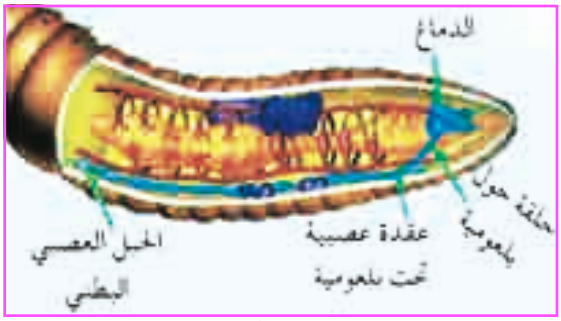
الجهاز العصبي في الحلقيات (دودة الأرض) :

ما الاستجابة التي تظهرها دودة الأرض في حالة تسليط ضوء شديد عليها؟ ما سبب ذلك؟

النشاط (٢)

● نفذ النشاط الخاص بتسليط ضوء شديد على دودة الأرض .

تبدي دودة الأرض إستجابة واضحة للمؤثرات المحيطة فتنجذب نحو الطعام، وتبتعد عن المواد الضارة، وتنسحب، وتدفن نفسها في التراب في حالة تسليط ضوء شديد عليها، وترجع هذه الانفعالات إلى الرقي، والتعقيد في الحواس، والجهاز العصبي لها.



الشكل (٣)
الجهاز العصبي في دودة الأرض.

لاحظ الشكل (٣) وتعرَّف على مكونات الجهاز العصبي في دودة الأرض. ستجد أن الجهاز العصبي عبارة عن:

١- عقدة دماغية مزدوجة فوق بلعومية تمتد منها حلقة حول بلعومية تلتقي تحت البلعوم بالعقدة العصبية.

٢- عقدة عصبية تحت بلعومية.

٣- حبل عصبي بطني مزدوج عليه عقد عصبية صغيرة (عقدة في كل حلقة).

٤- أعصاب تخرج من العقدة الدماغية، والعقدة العصبية تحت البلعومية تمتد نحو الحلقات الأربع الأولى، في حين تستمد الحلقات التالية أعصابها من عقد الحبل العصبي البطني الذي يستمر إمتداده نحو الخلف، ويخرج من كل عقدة في الحبل العصبي زوج من الأعصاب، تتفرع إلى فرعين أحدهما يتوزع على الناحية البطنية والآخر على الجانب، وعبر حواجز الحلقات تتشابك الأعصاب مكونة شبكة من الخيوط العصبية حيث تمكن الدودة من التفاعل مع المؤثرات البيئية المختلفة.

قضية للبحث	• اكتب عن الجهاز العصبي في المفصليات.

ب : الجهاز العصبي في الفقاريات :

يصل التنظيم العصبي في الحيوانات الفقارية وخاصة الثدييات (الإنسان) إلى مستوى راقٍ من التنسيق بين أجهزة الجسم المختلفة، ويرجع ذلك إلى وجود جهاز عصبي معقد التركيب يتكون من الدماغ، والحبل الشوكي، والأعصاب.

• الجهاز العصبي في الإنسان :

يتعرض الإنسان إلى مؤثرات عديدة؛ حيث تقوم في استقبالها أعضاء حس متخصصة مرتبطة بجهاز عصبي معقد التركيب يعمل بكفاءة عالية تضمن للإنسان الاتصال والتكيف الفعال مع البيئة، والقيام بالتنسيق لفعاليات الجسم المختلفة

ولتنظيم العلاقة بين أجهزة الجسم وأعضائه المختلفة.

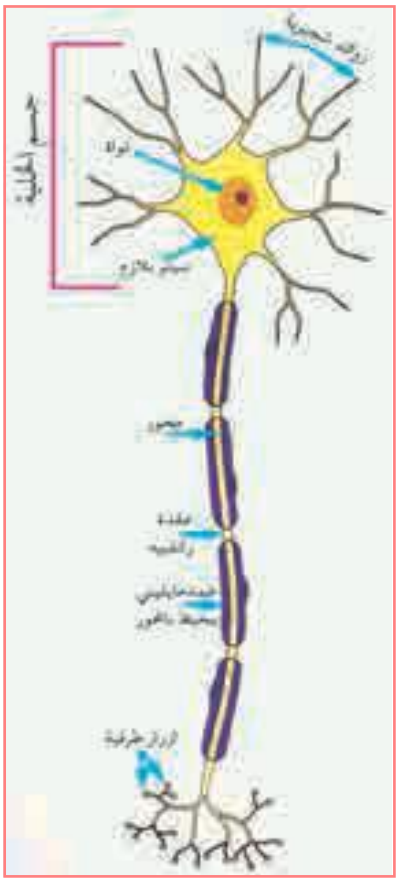
- **النسيج العصبي:**

– ما وحدات بناء النسيج العصبي؟ وما وظيفتها؟

يتكون النسيج العصبي من نوعين من الخلايا لاحظ الجدول (١)، وتعرَّف على ذلك.

جدول (١) وحدات بناء النسيج العصبي.

الخلايا	الوظيفة
الخلايا العصبية. Neurons	تكوين ونقل السيال العصبي.
خلايا الغراء العصبي. Neuroglia	دعم وحماية الخلايا العصبية.



الشكل (٤) تركيب الخلية العصبية.

– مِمَّ تتكون الخلية العصبية؟

رغم اختلاف أشكال، وأحجام الخلايا العصبية إلا أنها تتكون من الأجزاء التالية: (الشكل ٤):

١- جسم الخلية Cell Body:

يحتوي على نواة محاطة بالسيتوبلازم الذي يحوي عضيات، مثل الميتوكوندريا، وأجسام جولجي، والشبكة الإندوبلازمية التي تسمى الشبكة الخشنة، والريبوسومات الحرة وبينها أجسام نسل Nissl Bodies.

٢- الزوائد الشجيرية Dendrites :

وهي عبارة عن بروزات سيتوبلازمية قصيرة متشعبة تستقبل السيالات العصبية، وتوصلها إلى جسم الخلية.

٣- المحور Axon:

امتداد طويل لجسم الخلية العصبية، ينقل السيال العصبي بعيداً عن جسم الخلية

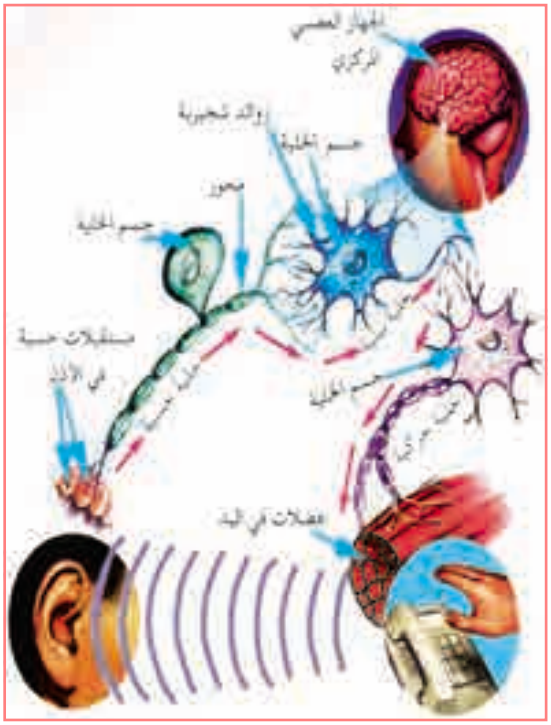
حيث يتفرع جانبياً، ويعطي أفرعاً دقيقة عدة تنتهي بنهايات منتفخة تسمى الأزرار التشابكية Synaptic Knobs.

تصنف الخلايا العصبية على أساس عدد الزوائد الخارجة من جسم الخلية إلى ثلاثة أنواع هي:

١- خلايا عصبية أحادية القطب، ومنها يخرج من جسم الخلية زائدة واحدة قد تنقسم إلى فرعين أحدهما محور، والآخر زائدة شجيرية، مثل الخلايا الحسية.

٢- خلايا عصبية ثنائية القطب، ويخرج من جسم الخلية زائدتان، مثل خلايا شبكية العين.

٣- خلايا عصبية عديدة الأقطاب، وهي أكثر الخلايا انتشاراً في الجهاز العصبي، مثل الخلايا العصبية الحركية.



الشكل (٥) أنواع الخلايا العصبية حسب الوظيفة.

- لاحظ الشكل: (٥) الذي يبين تصنيف الخلايا العصبية وظيفياً.
- سمّ الخلية العصبية التي تستقبل المؤثرات من البيئة المحيطة، وتنقلها إلى الجهاز العصبي المركزي.
- ما الخلية العصبية التي تنقل السيال العصبي من الجهاز العصبي المركزي إلى أعضاء الاستجابة؟

لاحظ أن الخلية التي توجد في الجهاز العصبي المركزي، وتصل بين الخليتين الحسية، والحركية تدعى الخلية البينية Inter Neuron.

خلايا الغراء العصبي : Neuroglia

ما أنواع خلايا الغراء العصبي؟ وما وظيفتها؟

تشكل هذه الخلايا غالبية خلايا الجهاز العصبي ولها القدرة على الانقسام.

ولكي تتعرف على أنواعها، لاحظ الجدول: (٢) .

جدول (٢) أنواع خلايا الغراء العصبي ووظائفها وأماكن وجودها .

نوع الخلية	مكان وجودها	الوظيفة
الخلايا النجمية .	الجهاز العصبي المركزي .	تصنيع النواقل العصبية . ابتلاع الأجسام الغريبة .
الخلايا الدبقية قليلة التشجر .	الجهاز العصبي المركزي .	– تكوين الغمد الميليني حول محاور الخلايا العصبية، وتفرعاتها الشجرية .
خلايا بطانة القناة الشوكية، وبطينات المخ .	الجهاز العصبي المركزي .	– تكوين السائل المخي الشوكي .
الدبقيات الصغيرة .	الجهاز العصبي المركزي .	– التهام الأجسام الغريبة . – التحول إلى أنواع من خلايا الغراء العصبي .
خلايا شفان .	خارج الجهاز العصبي المركزي .	– تكوين الغمد الميليني حول محاور الخلايا العصبية .
الخلايا القمرية .	خارج الجهاز العصبي المركزي .	– دعم أجسام الخلايا العصبية .

أنواع الألياف العصبية :

– بماذا تختلف المحاور العصبية عن بعضها؟

يطلق على المحور العصبي وما يحيط به من أغلفة (الليفة العصبية Nerve Fiber)، وتختلف المحاور عن بعضها في القطر والطول، وبعض المحاور تكون مغطاة بمادة دهنية بروتينية تسمى غلاف الميلين Myelin Sheath، وتدعى هذه المحاور الألياف الميلينية Myelinated Fibers، ويعمل غلاف الميلين على :

١– عزل المحور كهربائياً .

٢– زيادة سرعة انتقال السيال العصبي ١٢٠ م/ث .

٣– مساعدة الخلية العصبية في ترميم محورها التالف ما عدا خلايا الجهاز العصبي المركزي . بينما بعضها الآخر غير مغطى وتدعى الألياف اللاميلينية Non-myelinated Fibers مثل الخلايا البينية الموجودة في الجهاز العصبي المركزي، وتصل سرعة السيال العصبي في هذه الألياف إلى ما يقرب من ٢,٣ م/ث . وكل ليفه عصبية تمثل محور الخلية العصبية التي يوجد جسمها في الجهاز العصبي المركزي، أو إحدى العقد العصبية، وكل مجموعة ألياف عصبية تحاط

بنسيج ضام غني بالأوعية الدموية مكونة حزمة عصبية، ومجموعة الحزم العصبية المحاطة بغلاف سميك تسمى العصب. الشكل (٦).

الشكل (٦) تركيب العصب.

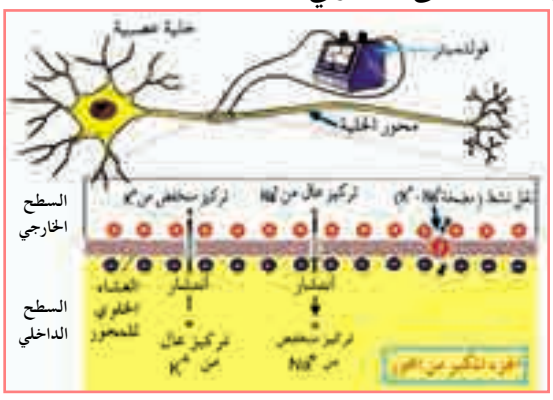
- السيال العصبي: Nerve Impulse

عرفت سابقاً أن الخلايا العضلية تقوم بالانقباض، والخلايا الغدية بالإفراز، بينما الخلايا العصبية تخصصت في توليد السيالات العصبية ونقلها. والسيال العصبي هو لغة التفاهم بين الخلايا العصبية، وهو الشكل الذي تترجم إليه أنواع المؤثرات جميعها التي يتأثر بها الجسم، وقد تم معرفة آلية تكوين السيال العصبي وانتقاله من خلال دراسات تجريبية على محاور عصبية لحيوان الحبار (Sepia).

– كيف يتكون السيال العصبي؟ وكيف ينتقل؟

يتولد السيال العصبي عند حدوث مؤثر ما في الخلية العصبية، ولكي نفهم كيفية تكونه علينا التعرف على وضع غشاء الخلية العصبية قبل حدوث أي مؤثر؛ عندما تكون في وضع يسمى جهد الراحة. بالمعنى الكهربي لكمية الجهد.

– فما المقصود بجهد الراحة؟



الشكل (٧) قياس جهد الراحة.

- جهد الراحة Resting Potential:

لاحظ الشكل (٧) حيث ستجد أن الخلية العصبية محاطة بغشاء ذو نفاذية اختيارية يفصل بين البيئة الداخلية والخارجية لهذه الخلية.

– ما نوع الشحنات داخل وخارج الخلية العصبية؟ تختلف الشحنات داخل الخلية عن الشحنات خارجها، ويرجع اختلاف توزيع الشحنات على جانبي غشاء الخلية العصبية إلى الآتي:

١– وجود بروتينات سالبة الشحنة داخل الليفة العصبية لا تستطيع أن تنفذ إلى خارجها.

٢– عمل مضخة صوديوم – بوتاسيوم ؛ حيث تخرج أيونات الصوديوم Na^+ وتدخل أيونات البوتاسيوم K^+ التي تنتقل عبر الغشاء الخلوي بطريقة النقل الايجابي «النشط».

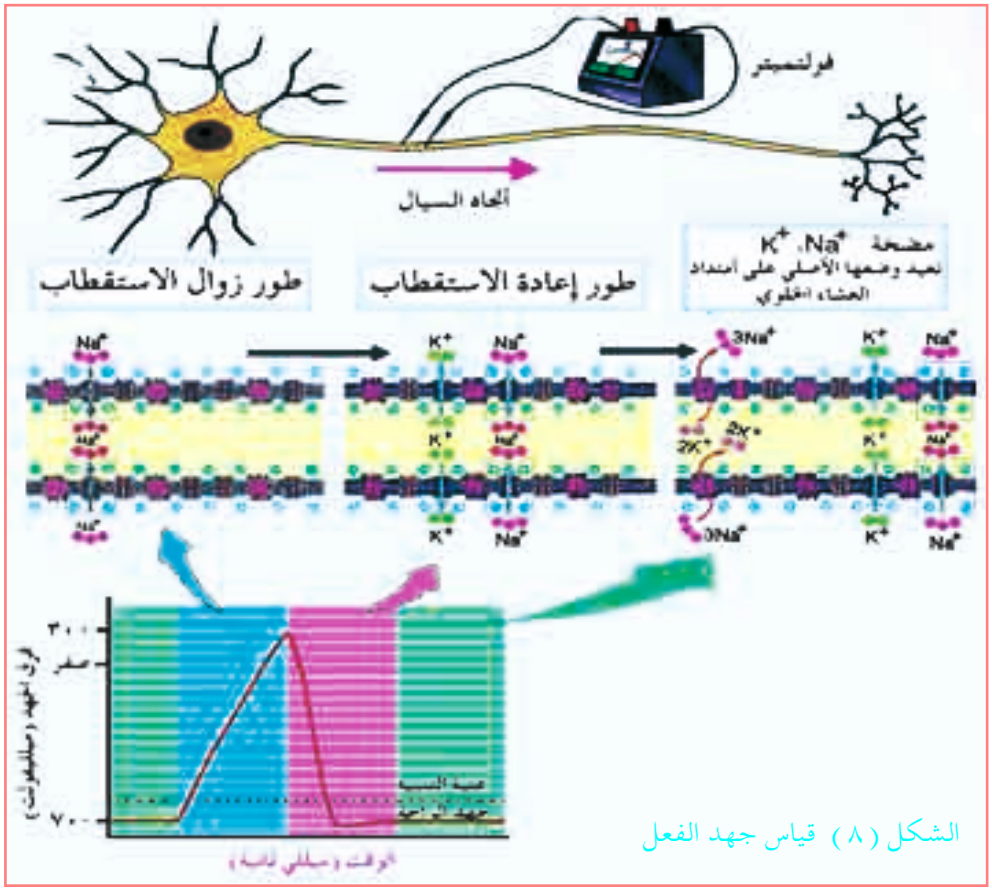
لاحظ أن سطح الليفة الخارجي مشحون بشحنة موجبة، والسطح الداخلي مشحون بشحنة سالبة، ويطلق على هذه الحالة بالاستقطاب Polarization ويسمى مقدار فرق الجهد بين داخل الليفة العصبية وخارجها في هذه الحالة بجهد الراحة ويكون مقداره (–٧٠) ميللي فولت. إلا أن هناك جهداً آخر يسمى جهد الفعل يحدث عند تأثر الخلية العصبية بمؤثر خارجي.

– **جهد الفعل** Action Potential :

– ما المقصود بجهد الفعل؟

– ماذا يحدث لليفة العصبية عند تأثرها بمؤثر؟

تتبع التغيرات التي تحدث لليفة العصبية بملاحظة الشكل (٨) ودراسة الجدول (٣).



الشكل (٨) قياس جهد الفعل

جدول (٣) التغيرات التي تحدث لليفة العصبية عند تأثرها بمؤثر

التغييرات التي تحدث في الليفة العصبية	اسم المرحلة
وصول مؤثر لمنطقة التأثير يؤدي إلى توقف مضخة صوديوم – بوتاسيوم، وفتح قنوات الصوديوم في غشاء الليفة العصبية فتنتشر أيونات الصوديوم إلى داخل الليفة فيرتفع الجهد الداخلي لها إلى (+٣٠) ميللي فولت، وعندها تغلق قنوات الصوديوم.	زوال الاستقطاب Depolarization
عند إغلاق قنوات الصوديوم تفتح قنوات البوتاسيوم الموجودة على غشاء الليفة العصبية، فتنتشر أيونات البوتاسيوم وينخفض فرق الجهد لليفة العصبية.	إعادة الاستقطاب Repolarization

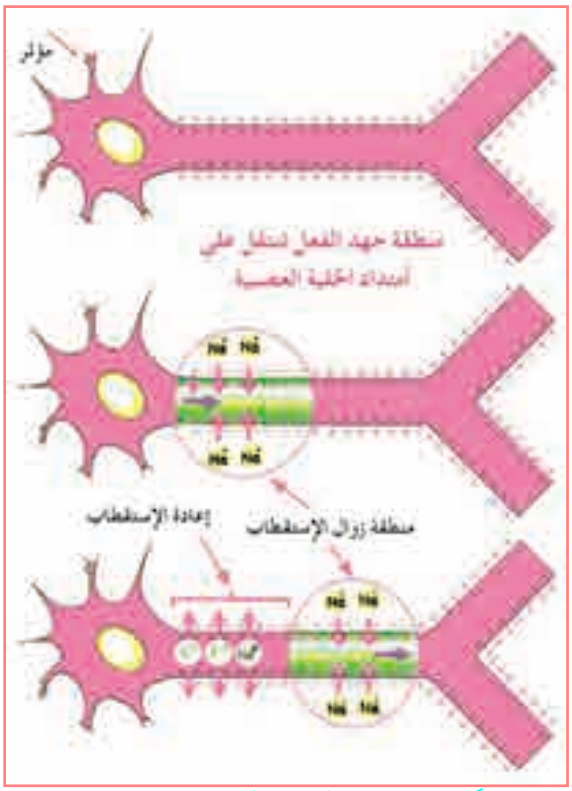
لاحظ أن التغيرات الكهربائية التي ترافق زوال الاستقطاب، وإعادته، يطلق عليها جهد الفعل، وهنا يمكن أن يعرف السيال العصبي بأنه موجة من إزالة الاستقطاب تسري في محور الخلية العصبية بعد تنبيه تلك الخلية، ويصاحبها تكون جهد فعل عند نقاط متعددة على طول المحور.

– كيف تعود الليفة العصبية إلى جهد الراحة؟

بعد اختفاء جهد الفعل تعمل مضخة الصوديوم – بوتاسيوم على إعادة الليفة العصبية إلى حالة الاستقطاب بإخراج أيونات الصوديوم وإدخال أيونات البوتاسيوم لتعود الخلية إلى وضعها في جهد الراحة.

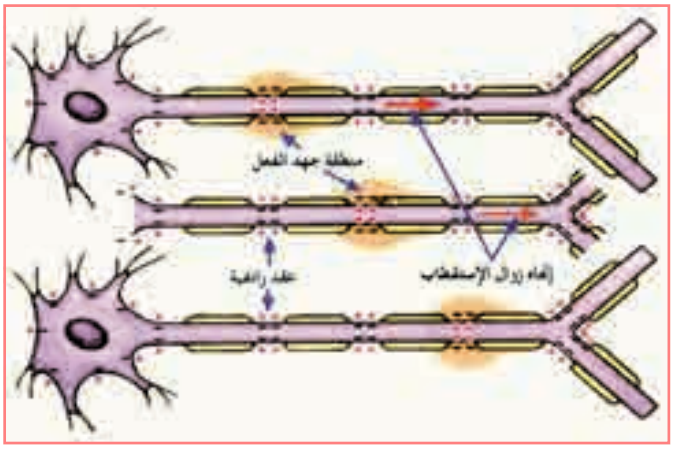
■ **آلية انتقال السيال العصبي في الألياف العصبية :**

انظر الشكل (٩)، ولاحظ كيف ينتقل السيال العصبي في الألياف العصبية غير الميلينية ينتقل بطريقة التأثير الدائري الموضعي.



الشكل (٩) انتقال السيال العصبي في الألياف غير الميلينية بطريقة التأثير الدائري الموضعي.

فـــحـــــدوث زوال استـقطاب في نـقطة مـا لليفة عصبية يعتبر مثيراً للنقطة المجاورة فيؤدي إلى فتح قنوات الصوديوم في تلك النقطة، فـيـحـدث زوال الاستقطاب، وتعود النقطة السابقة إلى حالة الاستقطاب.



الشكل (١٠) انتقال السيال العصبي في الليفة الميلينية بطريقة القفز.

وهكذا تسري موجة من زوال الاستقطاب، وإعادته خلال الليفة. ولكن في الليفة العصبية الميلينية ينتقل زوال الاستقطاب من عقدة رانفية إلى أخرى، ويسمى النقل القفزي. الشكل (١٠)، والانتقال بهذه الطريقة أسرع وأقل استهلاكية للطاقة من النقل بطريقة التأثير الموضعي.

■ آلية انتقال السيال العصبي خلال التشابك العصبي :

– كيف ينتقل السيال العصبي من خلية عصبية إلى أخرى؟

ينتقل السيال العصبي المتكون في خلية عصبية إلى أخرى حتى يصل إلى عضو استجابة بواسطة نواقل كيميائية عبر شق يسمى الشق التشابكي Synaptic Cleft.

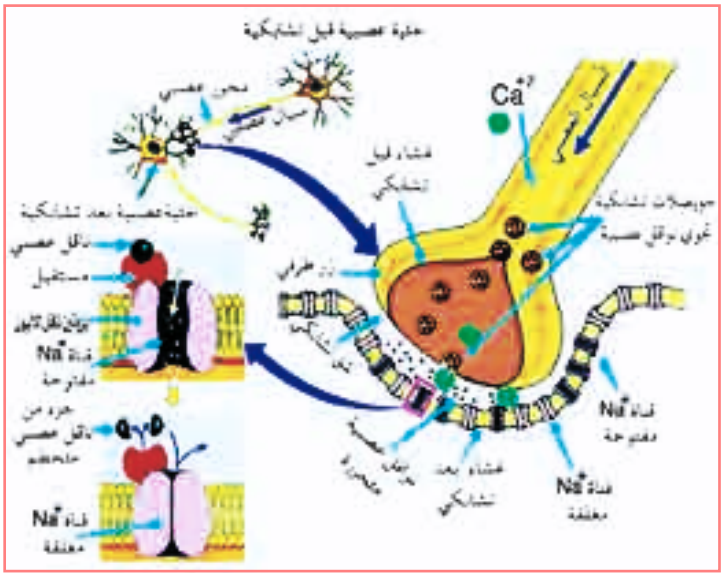
ولتتعرف على كيفية هذا الانتقال، ادرس الشكل (١١) الذي يبين تكون التشابك العصبي. من الغشاء قبل التشابكي والغشاء بعد التشابكي وبينهما فراغ يدعى الشق التشابكي. يحتوي الغشاء قبل التشابكي على العديد من الحويصلات التشابكية تحوي موادا كيميائية تدعى النواقل العصبية، ويحتوي غشاء قبل التشابكي على قنوات لأيونات الكالسيوم التي توجد بتركيز عالٍ خارج الغشاء قبل التشابكي مقارنة بداخله. أما الغشاء بعد التشابكي فإنه يحتوي على مستقبلات للنواقل العصبية ترتبط معها قنوات بروتينية للأيونات المختلفة.

– ما التغيرات التي تحدث عند دخول السيال العصبي إلى الغشاء قبل التشابكي؟

إن هذه التغيرات يمكن إجمالها بالآتي :

١– فتح قنوات الكالسيوم لتنتشر أيونات الكالسيوم إلى داخل الغشاء قبل التشابكي.

٢- التحام الحويصلات التشابكية بالغشاء قبل التشابكي بمساعدة أيونات الكالسيوم، وانفجارها، وتحرر محتوياتها من النواقل العصبية في الشق التشابكي.



الشكل (١١) انتقال السيال العصبي خلال التشابك العصبي.

٣- ارتباط جزئيات النواقل العصبية المتحررة مع المستقبلات على الغشاء بعد التشابكي يشكل مؤثراً كيميائياً يؤدي إلى فتح قنوات أيونات الصوديوم الموجودة في الغشاء بعد التشابكي، فتنتقل أيونات الصوديوم Na^+ إلى داخل الخلية بعد التشابكية مما يسبب زوال الاستقطاب فيمر سيال عصبي خلال الغشاء الخلوي للخلية العصبية. إن عمل هذا الناقل يعتبر ناقلاً عصبياً منشطاً أما إذا كان الناقل العصبي مثبطاً فإن ارتباطه مع المستقبلات يمنع إنتقال السيال العصبي إلى الغشاء بعد التشابكي فيتوقف انتقاله وإحداث جهد فعل في الخلية بعد التشابكية.

٤- لا يستمر إرتباط جزئيات النواقل العصبية بمستقبلاتها لفترة طويلة؛ حيث تعمل آليات مختلفة في منطقة التشابك على إبطال تأثيرها بعد فترة وجيزة، فالناقل العصبي (أستيل كولين) يحطمه أنزيم (أستيل كولين استريز) الموجود في الشق التشابكي، ويحوله إلى حمض الخليك، والكولين الذي يعاد امتصاصه، واستخدامه لبناء (أستيل كولين) جديد.

قضية للبحث

- تتدخل العقاقير في مسار السيالات العصبية، ابحث في طرق تأثير العقاقير على الجهاز العصبي.

أجزاء الجهاز العصبي في الإنسان :

انظر الشكل (١٢)، ولاحظ تركيب الجهاز العصبي في الإنسان .

– ما الأجزاء الرئيسة للجهاز ؟

– ما أهمية الجهاز العصبي لجسم الإنسان؟

يتركب الجهاز العصبي في جسمك من ثلاثة أجهزة رئيسة مرتبطة ببعضها وهي كالآتي :

أولاً : الجهاز العصبي المركزي : (CNS)

ويتكون من الأعضاء الآتية :

– الدماغ (Brain) : ويوجد داخل جمجمة الرأس، ويعتبر أهم الأعضاء في الجهاز العصبي ككل، وأكبرها حجماً، ووزناً . ويبلغ وزن الدماغ في رأس الإنسان البالغ حوالى ١٥٠٠غرام، بينما يصل عدد خلاياه حوالى ١٠٠مليار خلية عصبية .

– ما أهمية وجود الدماغ داخل الجمجمة؟

نتيجة لأهمية عضو الدماغ للإنسان، ومن أجل المحافظة عليه من الصدمات والمؤثرات الخارجية

الشكل (١٢) الجهاز العصبي، وتفرعاته في الإنسان .

الأخرى، فقد حمى الخالق عز وجل الدماغ بصندوق الجمجمة التي تتميز عظامها بأنها أشد العظام صلابة في الجسم، إضافة إلى ذلك فقد وجد أن الدماغ محاط بثلاثة أغشية، تسمى الأغشية السحائية (Meninges) زيادة في المحافظة عليه من المؤثرات الخارجية، وهذه الأغشية مرتبة من الخارج إلى الداخل كالآتي :

أ – غشاء الأم الجافية (Duramater) ويتميز بأنه نسيج سميك يتكون من ألياف تبطن عظام الجمجمة من الداخل .

ب– غشاء الأم العنكبوتية (Arachnoid) ويتميز بأنه نسيج شبكي يشبه بيت العنكبوت، ويقوم بعملية الربط بين غشاء الأم الجافية، وغشاء الأم الحنون المحيط بأجزاء الدماغ .

جـ – غشاء الأم الحنون (Pia Mater) ويتميز بأنه نسيج رقيق يغلف الدماغ بشكل مباشر، ويوجد سائل بين الأم العنكبوتية والأم الحنون يعمل على الزيادة في امتصاص الصدمات، وقد وجد أن الأغشية السحائية قد تتعرض لبعض الالتهابات الخطيرة، والتي قد تسبب الوفاة للإنسان إذا لم يتم معالجتها بسرعة.

النشاط (٣)

- قم ومجموعة من زملائك بزيارة إلى أقرب مستشفى أو مركز صحي لجمع المعلومات عن الالتهاب السحائي في منطقتك.

ويتكون الدماغ من الأجزاء الآتية:

أ – **المخ** (Cerebrum) ويشكل الجزء الأكبر من الدماغ؛ حيث يتركب من نسيج مخي مكون من طبقتين هما:

الشكل (١٣) مقطع طولي يبين أجزاء الدماغ.

١– الطبقة الخارجية (القشرة)، وهي طبقة رقيقة تحتوي على أجسام الخلايا العصبية وألياف عصبية غير محاطة بأغماد نخاعية بحيث يبدو لونها رمادي، ولهذا تسمى المادة الرمادية Grey Matter.

٢– الطبقة الداخلية (النخاع)، وتتكون من مجموعة من الألياف العصبية المحاطة بأغماد نخاعية بحيث يبدو لونها أبيض؛ ولهذا فإنها تسمى المادة البيضاء White Matter. الشكل (١٣).

وينقسم الدماغ إلى نصفين متشابهين هما النصف الأيمن، والنصف الأيسر، وتظهر في كل نصف عدد من الأخاديد، أو الشقوق يمكن بواسطتها تمييز فصوص الدماغ في كل نصف، وهذه الفصوص هي الفص الجبهي (الأمامي)، والفص الجداري، والفص الصدغي، والفص الخلفي، وقد وجد أن كل فص يتخصص بوظائف محددة سواء حسية أو حركية، كما اتضح أن المراكز الفصية للنصف الأيمن تتحكم بالجانب الأيسر من الجسم، بينما المراكز الفصية للنصف الأيسر تتحكم بالجانب الأيمن من الجسم.

– ما الجانب من الجسم الذي يصاب بالشلل عند حصول مشكلة للنصف الأيمن من الدماغ؟

ب – المخيخ (Cerebellum) : ويشكل الجزء الخلفي للدماغ؛ حيث يقع أسفل الفص الخلفي للمخ – الشكل (١٣)، ووظيفته تنظيم الحركات الإرادية للجسم والمحافظة على اتزانها؛ مثل: المشي، وحركات اليدين، وغير ذلك.

– ما الذي يحدث لحركات الإنسان عند حدوث مشكلة للمخيخ؟

جـ – النخاع المستطيل، أو ساق الدماغ (Brain Stem)، ويربط بين المخيخ والحبل الشوكي في العمود الفقاري الشكل(١٣)، ويقوم بتنظيم الحركات اللاإرادية لبعض أعضاء النصف العلوي من الجسم؛ حيث يوجد به مراكز التنفس، والقلب، والبلع، والسعال، والعطس.

الحبل الشوكي (Spinal Cord): يمتد من النخاع المستطيل داخل العمود الفقاري مشكلاً امتداداً للدماغ؛حيث تحيط به نفس الأغشية السحائية التي تحيط بالدماغ.

– ما الأغشية السحائية التي تحيط بالنخاع الشوكي؟

يتركب نسيج الحبل الشوكي من طبقتين هما الطبقة الخارجية متكونة من المادة البيضاء، والطبقة الداخلية متكونة من المادة الرمادية. الشكل (١٤).

– ما الفرق بين المادة الرمادية، والمادة البيضاء؟

– قارن بين نوع النسيج في الطبقة الخارجية، والطبقة الداخلية في كل من الدماغ، والحبل الشوكي.

ويخرج من جانبي الحبل الشوكي (٣١) زوجاً من الأعصاب الشوكية يتصل كل عصب بالحبل الشوكي بجذرين أحدهما ظهري يحتوي على الألياف والخلايا العصبية الحسية، والجذر الآخر

الشكل (١٤) مقطع في الحبل الشوكي يوضح اتصال الأعصاب الشوكية.

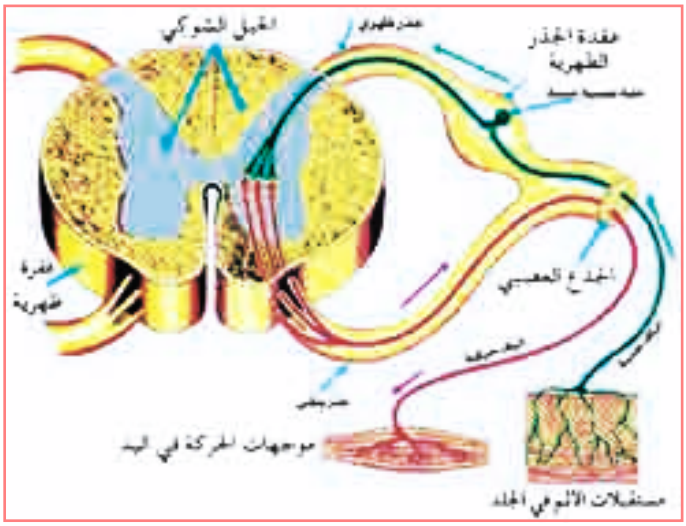
بطني يحتوي على ألياف الخلايا العصبية الحركية، يندمجا الجذران ليكونا العصب الشوكي الذي يتكون من نوعين من الألياف العصبية الحسية والحركية لهذا تسمى الأعصاب المختلطة حيث تقوم بنقل السيالات العصبية الحسية والحركية بين أجزاء الجسم والحبل الشوكي في حركة دائمة تسمى رد الفعل العصبي المنعكس .

رد الفعل العصبي المنعكس Reflex Action

يتم الإحساس بالمؤثرات الخارجية وحدوث الإستجابة المناسبة لها في عملية مستمرة تسمى رد الفعل العصبي المنعكس يمثل رد الفعل العصبي إستجابة غير إرادية تلقائية للتغيرات الحادثة داخل الجسم أو خارجه، ويتدخل الدماغ في عمل بعض الأفعال المنعكسة كرمش العين عند إقتراب جسم منها، بينما لا يتدخل في بعضها الأخر كسحب اليد بسرعة عند ملامستها فجأة جسماً ساخناً حيث يقوم بذلك الحبل الشوكي وفقاً لما يلي :

١ – يؤدي تنبيه النهايات العصبية (مستقبلات الألم في الجلد) بواسطة الحرارة إلى إعطاء الخلية العصبية الحسية الموجودة في عقدة الجذر الظهري سيالات عصبية .

٢ – تدخل السيالات العصبية إلى الحبل الشوكي وتنبه الخلية العصبية البينية والتي تنبه بدورها الخلية العصبية الحركية لتعطي سيالات تسبب إنقباض العضلة الهيكلية والعضو المتأثر مسببة سحب اليد بعيداً عن الجسم الساخن .



الشكل (١٥) القوس العصبي المنعكس .

من خلال ملاحظاتك للشكل (١٥) ما الأجزاء التي يتألف منها القوس العصبي المنعكس ؟.

ثانيا : الجهاز العصبي الطرفي : (Peripheral Nervous System)

ويتكون من الأعصاب التي تخرج من الدماغ، والحبل الشوكي وتنتشر في أجزاء الجسم المختلفة لتنظيم عملها، وحركتها، وتتميز هذه الأعصاب بنوعين هما :

١- أعصاب تخرج من الدماغ: وتتكون من (١٢) زوجاً من الأعصاب وتسمى الأعصاب الجمجمية (Cranial Nerves) لأنها تخرج من الجمجمة لتنظيم عمليات الإبصار،والسمع، والتذوق، ومضغ الطعام، وحركات اللسان،وحركات عضلات الوجه.

– اذكر أمثلة لبعض الأعصاب الجمجمية.

من أهم الأعصاب التي تخرج من الدماغ العصب البصري، والعصب السمعي، وأعصاب الشم، وأعصاب التذوق. كما يخرج من الدماغ العصب الحائر الذي يقوم بتنظيم النشاط اللاإرادي للأحشاء الداخلية في الجسم كالقلب، والرئتين، وقناة الهضم.

٢- أعصاب تخرج من الحبل الشوكي: وتتكون من (٣١) زوجاً من الأعصاب، وتسمى الأعصاب الشوكية، وتقوم بعملية إستقبال الإحساس من مناطق الجسم المختلفة كالجلد، وتنظيم حركات الذراعين، والساقين، والعضلات الإرادية في أطراف الجسم، وعادة ماتنتج الحركة في العضو عن طريق التنسيق بين المركز المنظم لها في الدماغ والأعصاب الشوكية المتصلة بالعضلات التي تنقبض، وتنبسط لإحداث الحركة المطلوبة للعضو.

ثالثا : الجهاز العصبي الذاتي : (Autonomic Nervous System)

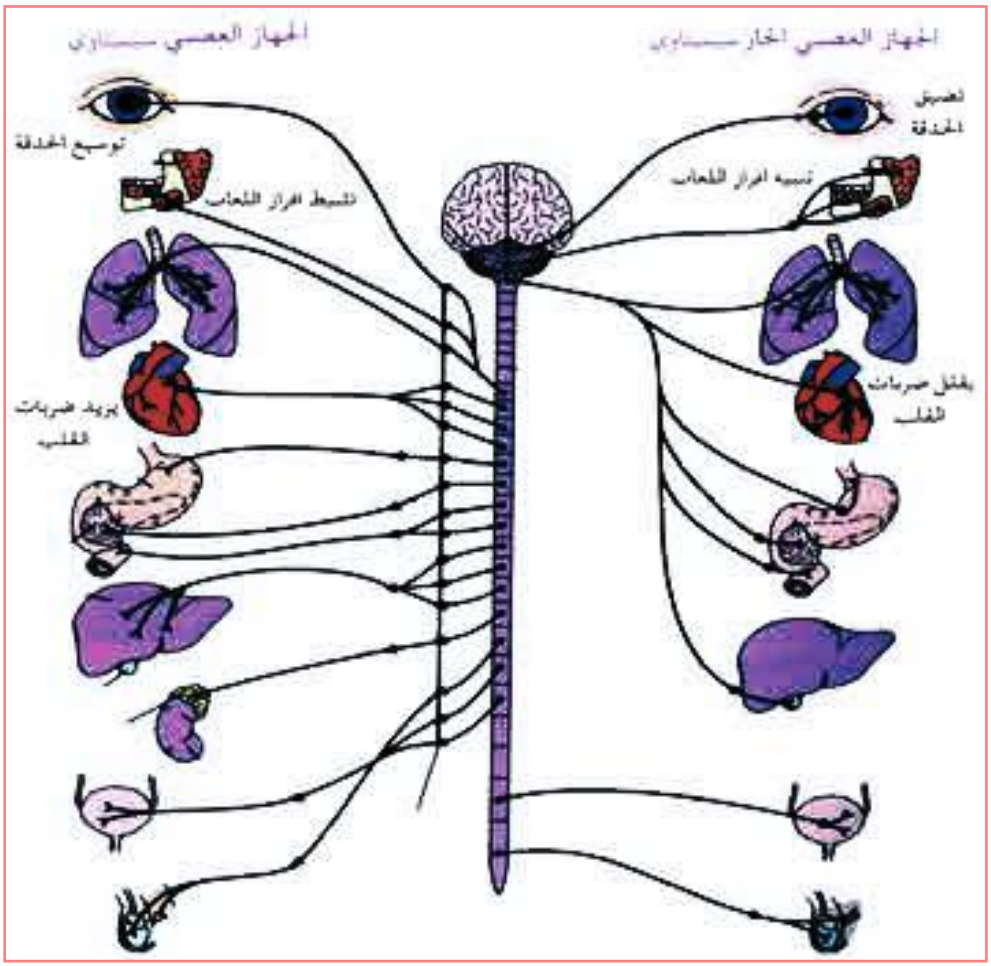
ويقوم بعملية التحكم، والتنظيم للحركات اللاإرادية التي تتم في أجزاء الجسم الداخلية، مثل عملية تنظيم ضربات القلب وضغط الدم، وينقسم هذا الجهاز إلى جزءين رئيسيين.

لاحظ الشكل (١٦) ولاحظ كيف أن كل جزء من أجزاء الجهاز العصبي الذاتي يعمل عكس الآخر، وهذان الجزءان هما :

١- الجهاز العصبي السمبثاوي: ويقوم بعملية تنشيط وزيادة عمل أعضاء الجسم الداخلية كزيادة ضربات القلب عند حاجة الجسم إلى ذلك أو رفع ضغط الدم، أوتوسيع حدقة العين، أو تثبيط إفراز اللعاب، أو ارتخاء الحويصلات الهوائية لزيادة الأكسجين فيها.

٢- الجهاز العصبي الجارسمبثاوي: ويعمل عكس الجهازالسمبثاوي، أي إنه يقوم مثلاً بتقليل ضربات القلب، أو ضغط الدم، أو تضييق حدقة العين، أو تنبيه إفراز اللعاب، أو تضييق الشُعيبات الهوائية في الرئتين وغير ذلك من الأنشطة اللاإرادية في الجسم.

- اذكر بعض الأمثلة الأخرى لوظائف الجهاز العصبي السمبثاوي؟
- اذكر بعض الأمثلة الأخرى لوظائف الجهاز العصبي الجارسمبثاوي؟



الشكل (١٦) الجهاز العصبي الذاتي.

النشاط (٤)

- نفذ النشاط الخاص بتشريح ضفدع، والتعرف على أجزاء الجهاز العصبي.

أعضاء الحس Sense Organs

يتفاعل الإنسان مع البيئة المحيطة به، ويتأثر بمؤثراتها المختلفة كالصوت، والضوء، والحرارة، والرائحة، ويستقبل هذه المؤثرات عن طريق تراكيب تسمى المستقبلات الحسية Sensory Receptors التي توجد في أعضاء الحس Sense Organs والمستقبلات الحسية متنوعة، منها: المستقبلات الضوئية، والكيميائية، والآلية، وتتميز بقدرتها على الاستشعار بالمؤثرات الخارجية والداخلية وقياسها، والتعرف عليها ونقل معلومات عنها إلى الدماغ عن طريق امتصاص طاقة المؤثر، وتحويلها إلى طاقة كهروكيميائية تنقل على هيئة جهد فعل بواسطة الأعصاب الحسية إلى المركز العصبي المختص في الدماغ، الذي بدوره يقوم بترجمتها ليعطي الاستجابة المناسبة للمؤثر.

أولا: المستقبلات الضوئية Photoreceptors

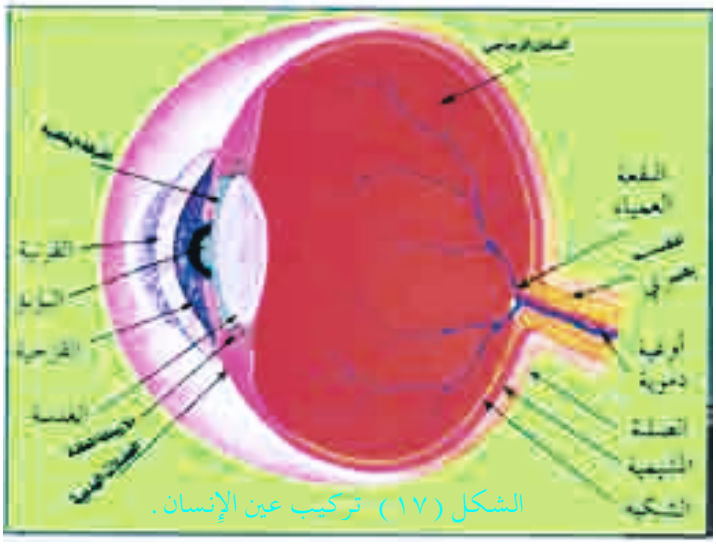
تحتوي العين على مستقبلات ضوئية تعمل على امتصاص الطاقة الضوئية للجسم المرئي وتكَوِّن له صورة على شبكية العين، وتنتقل منها على هيئة سيالات عصبية بواسطة العصب البصري إلى مركز الإبصار حيث يتم ترجمتها وإدراكها.

- **تركيب العين:**

العين هي عضو الإبصار في الحيوانات الفقارية، ومنها الإنسان وتتكون العين في الإنسان من المقلة، والعضلات المحركة لها.

ادرس الشكل (١٧) الذي يمثل تركيب العين.

– ما الطبقات المكونة للعين؟



الشكل (١٧) تركيب عين الإنسان.

– ما وظيفة كل طبقة؟ لاحظ أن مقلة العين تتكون من ثلاثة طبقات نسيجية هي:

١– الصلبة Sclera طبقة بيضاء مكونة من نسيج ضام ليفي وهي غير شفافة عدا الجزء الأمامي منها المكون للقرنية (Cornea) التي تتميز بأنها عديمة اللون، وشفافة ورطبة باستمرار نتيجة الدمع الذي يفرز من الغدة الدمعية، وتسمح بمرور الأشعة إلى الشبكية.

٢- المشيمية Choroid

طبقة معتمة سوداء لاحتوائها على صبغات الميلانين، وهي غنية بالأوعية الدموية التي تغذي الشبكية. وتمتد المشيمية أمام القرنية مكونة القزحية Iris ويوجد بمنتصفها ثقب مركزي يعرف بحدقة العين، وتتكون القزحية من خيوط عضلية، وخلايا ملونة، ويعتمد لونها على كمية المادة الملونة الموجودة بها. أما الخيوط العضلية فتتحكم بحجم حدقة العين، وهي تضيق وتتسع لتتحكم في كمية الضوء التي تصل إلى العدسة وتوجد العدسة خلف القزحية، وهي مرنة شفافة مثبتة بمكانها بواسطة أربطة، ومجموعة من العضلات المهدبة التي تحدد درجة تحدب العدسة حسب بعد الجسم المرئي؛ إذ يزيد تحدبها لرؤية الأجسام القريبة، ويقل عند رؤية الأجسام البعيدة، ويوجد في مقدمة العين بين القزحية والقرنية الغرفة الأمامية وبين القزحية والعدسة الغرفة الخلفية تمتلأن بسائل مائي يغذي القرنية والعدسة ويعمل على كسر الأشعة الضوئية والجزء خلف العدسة مملوء بمادة هلامية زجاجية وضغطه يحفظ للعين شكلها الكروي.

٣- الشبكية Retina

تتكون من ثلاث طبقات من الخلايا هي:

- الخارجية: وتحتوي على خلايا الرؤية الحساسة للضوء وهي نوعان: العصي (Rods)، والمخاريط (Cones).
- الوسطى: وتضم عصبونات ثنائية القطب، وهي التي تستقبل السيالات العصبية من خلايا الطبقة السابقة، وتنقلها إلى الخلايا العُقدية.
- الداخلية: وتضم عصبونات عُقدية، ووظيفتها إستقبال السيالات العصبية من الخلايا ثنائية الأقطاب، وتتجمع المحاور العصبية لخلايا هذه الطبقة لتكون العصب البصري Optic Nerve ، وتسمى المنطقة التي يخرج منها العصب البصري البقعة العمياء.

الخلايا العصوية والخلايا المخروطية:

وهي مستقبلات الضوء؛ إذ تتأثر بالضوء الساقط عليها عبر فتحة الحدقة وذلك بعد مروره بالعدسة التي تجمعه وتسقطه على الشبكية، وتتكون صورة مقلوبة مصغرة عليها. وتتوزع الخلايا العصوية والمخروطية في الشبكية كالآتي:

١- الخلايا العصوية: تتركز على الحواف الخارجية للشبكية، وهي حساسة للضوء الخافت، لذا فهي المسئولة عن الرؤية الليلية Night Vision، ولكنها لا تستطيع تمييز الألوان بسهولة، ويبلغ عددهاحوالى مائة مليون خلية في كل عين.

٢- الخلايا المخروطية: تتركز في المنطقة المركزية من الشبكية وتعمل في الضوء الساطع، مثل ضوء الشمس لذا فهي مسئولة عن الرؤية الحادة، والرؤية النهارية Day Vision وهي حساسة للألوان؛ حيث تستطيع التمييز بين الألوان المختلفة. ويبلغ عدد الخلايا المخروطية حوالى خمسة ملايين خلية في كل عين.

- كيف تفسر وضوح الرؤية في الضوء الساطع؟

ادرس الشكل (١٨) لاحظ كيف تتصل الخلية العصبية الواحدة ثنائية القطب بعدد من الخلايا العصوية. أما الخلايا المخروطية فكل خلية منها تتصل بخلية واحدة من ثنائية القطب، وهذا ما يفسر وضوح الرؤية في الضوء الساطع.

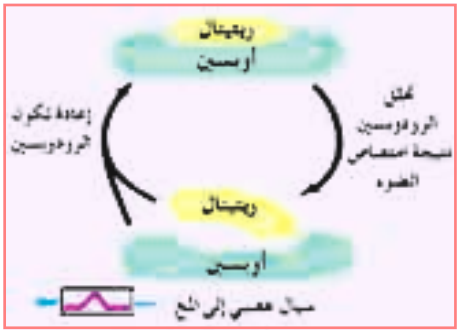
الشكل (١٨) الخلايا المخروطية والعصوية في العين.

آلية الإحساس بالرؤية: Vision Sensation

إن صورة المرئيات تقع على المستقبلات الضوئية الموجودة في الشبكية، والمتمثلة في الخلايا العصوية، والمخروطية، والتي تتأثر بالمؤثر الضوئي، وتحوله إلى سيالات عصبية ترسله إلى مراكز الإبصار في الدماغ ليتم إدراكها.

- كيف تتأثر الخلايا العصوية، والمخروطية بالضوء؟
- كيف يتحول ذلك التأثر إلى سيالات عصبية؟

تحتوي الخلايا العصوية على صبغة الرودوبسين Rhodopsin الحساسة للضوء مما يمكنها من الاستجابة للضوء بسهولة، وإن كان خافتاً، فعندما تسقط الموجات الضوئية على هذه الصبغة فإنه يتحول إلى صورة أقل تماسكاً مما يسبب تفككه إلى نواتج كيميائية مختلفة، وتسبب هذه التحللات الكيميائية المتعاقبة تغيرات في فرق الجهد الكهربي لغشاء الخلايا العصوية مما يسبب نشوء جهد فعل يسري على هيئة سيالات عصبية تنقل عبر العصب البصري إلى الدماغ. وعادة يتم إعادة صبغ الرودوبسين بسرعة من نواتج التحلل السابقة حيث يكون قادراً على استقبال موجات ضوئية جديدة. شكل (١٩). وتستمر عملية تحلل الصبغ، وإعادته مرة أخرى ما دامت عملية الإبصار مستمرة. ويعتبر الصبغ الشبكي Retinal أحد مكونات الرودوبسين الأساسية، ويمكن الحصول عليه في الجسم من فيتامين (A).



الشكل (١٩) آلية الرؤية في العين

– كيف يمكن التمييز بين الألوان المختلفة؟

تحتوي الخلايا المخروطية على صبغات بصرية خاصة (اليودوبسين Iodopsin) تعمل بصورة مشابهة لطريقة عمل الرودوبسين في الخلايا العصوية، وتستطيع التمييز بين الأطوال المختلفة للأمواج الضوئية مما يسهل عملية تمييز الألوان، ورؤية تفاصيل الأشياء، وهي تكثر في البقعة الصفراء من الشبكية، كما أن شدة تأثر اليودوبسين بالأطوال الموجية المختلفة يتبعه اختلافات في السيالات العصبية الصادرة من كل منها، ويستطيع الدماغ تحليل السيالات العصبية المختلفة، ومنها يتعرف على ألوان الطيف الضوئي (المرئي) التي من خلالها يتم إدراك ألوان صورة الجسم المرئي وأي خلل وراثي في الخلايا المخروطية قد ينتج عنه عدم القدرة على تمييز الألوان فيكون الشخص مصاباً بمرض عمى الألوان.

قضية للبحث	• اكتب تقريراً عن مرض عمى الألوان.

ثانيا : المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors

توجد هذه المستقبلات في الأنف، ووظيفتها التعرف على الروائح المختلفة، وكذلك توجد على سطح اللسان لمعرفة المذاقات المختلفة للأطعمة التي نأكلها، وتتأثر هذه المستقبلات بالمواد الكيميائية. والمستقبلات الكيميائية في جسم الإنسان نوعان هما:

١ـ مستقبلات الشم Olfactory Receptors

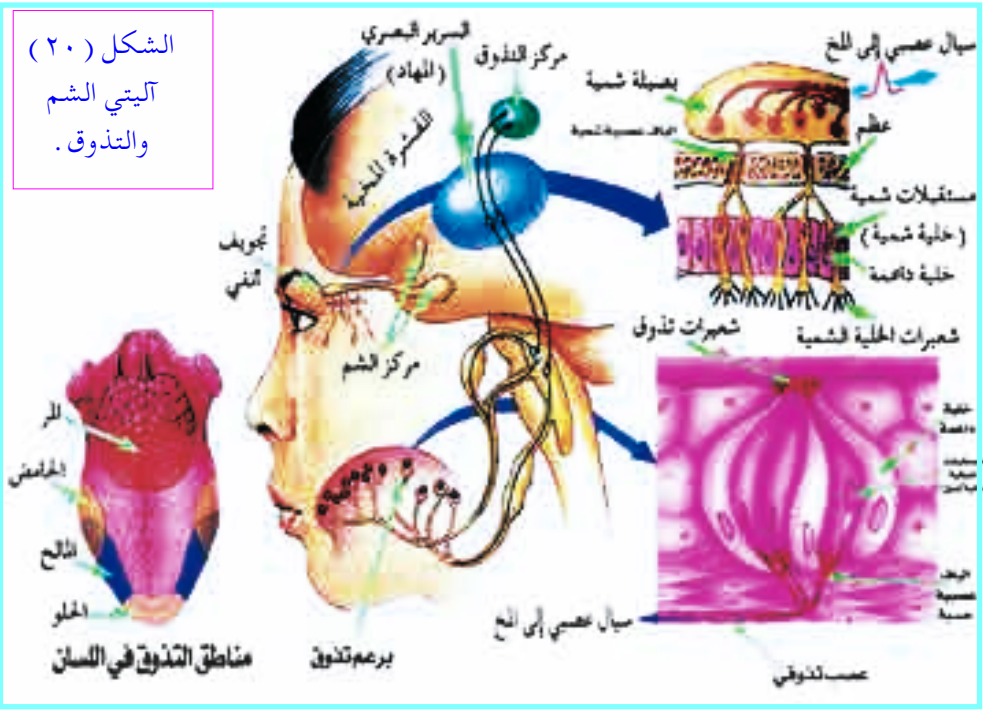
– أين توجد مستقبلات الشم؟

ادرس الشكل (٢٠) ولاحظ كيف تتكون خلايا الشم من عصبونات حسية متحورة، تسمى الخلايا الشمية التي تتشابك مع ألياف عصبية لتكون العصب الشمي، وتحيط بالخلايا الشمية خلايا داعمة وخلايا مفرزة للمخاط، ويوجد في نهاية كل خلية شمية أهداب تقع عليها مستقبلات المواد الكيميائية المختلفة .

– آلية الشم Smell Sensation

– هل تساءلت كيف يمكنك شم الروائح المختلفة والتمييز بينها.

تتم عملية الشم للروائح وفق الخطوات الآتية:



الشكل (٢٠)
آليتي الشم
والتذوق .

١– تصل الروائح بموادها الكيميائية على شكل غاز، أودقائق صغيرة عالقة في الهواء إلى بطانة الأنف أثناء التنفس.

٢– تذوب هذه المواد في السائل المخاطي المبطن للتجويف الأنفي .

٣– تتأثر الخلايا الشمية بالرائحة وترتبط المادة الكيميائية بالمستقبلات الشمية .

٤– تتولد السيالات العصبية الحسية وينقلها العصب الشمي إلى مركز الشم في الدماغ المسئول عن إدراك وتمييز الروائح المختلفة.

٢– مستقبلات التذوق Taste Receptors

– أين يوجد اللسان ؟ ما وظيفته؟

– هل تسألت كيف يمكن للسان تذوق الأطعمة المختلفة؟

ادرس الشكل (٢٠)، ولاحظ مستقبلات التذوق في اللسان، وهي نوع من المستقبلات الكيميائية، وكيف تبدو على شكل براعم تذوقية تنتشر بكثرة على اللسان، كما توجد في مناطق أخرى تلامس الطعام كالبلعوم، وسقف الحلق، ولسان المزمار. ويتكون كل برعم من براعم التذوق من مجموعة خلايا تسمى خلايا التذوق، وخلية التذوق مغزلية الشكل يمتد من طرفها الخارجي شعرة تذوقية تبرز على سطح اللسان في الطبقة المخاطية ويتصل طرفها الداخلي بليفة عصبية حسية، وهناك أربع مناطق متخصصة في الإحساس بمذاقات الطعام (الحلو والمر والحامض والمالح) "حدد مواقعها في اللسان من الشكل (٢٠) " .

آلية التذوق :

تتم عملية التذوق وفق الخطوات الآتية:

١– يذوب الطعام الواصل إلي الفم في اللعاب، وترتبط جزيئاته مع المستقبلات الكيميائية الموجودة على شعيرات الخلية التذوقية.

٢– تتأثر الشعيرة التذوقية بالمادة الذائبة في اللعاب نتيجة ارتباطها بمستقبلات التذوق وينتج عنها سيالات عصبية حسية تنتقل عبر الشعيرة إلى الليفة العصبية الحسية.

٣– ترسل السيالات العصبية عبر الخلايا العصبية الحسية إلى مراكز التذوق في الدماغ المسئولة عن تمييز مذاقات ونكهات الأطعمة المختلفة.

العلاقة بين حاسة الشم، وحاسة التذوق :

– لماذا يقل إحساسك بالشم، وتفقد جزءاً كبيراً من القدرة على التذوق عندما تصاب بالزكام؟

– عندما تقرب برتقالة من أنفك تميز رائحة البرتقالة وطعمها. كيف يحدث ذلك؟

تنتقل الغازات الطيارة من على ثمرة البرتقال مع هواء الشهيق إلى داخل الأنف، وتذوب في المخاط مما يساعدك على تمييز الرائحة، وفي نفس الوقت تصل هذه الغازات إلى الفم عن طريق البلعوم حيث تذوب في اللعاب وبالتالي تؤثر على براعم التذوق فتشعر بطعم البرتقال، وعليه فهناك علاقة وطيدة بين الإحساس بالشم والتذوق، فكل منهما يقوي الآخر.

– لماذا تشعر بمذاق الطعام الساخن أكثر من الطعام البارد عند شمه؟

ثالثاً المستقبلات الآلية Mechanoreceptors

أ : مستقبلات الصوت والتوازن Hearing and Balance Receptors

– كيف ينتقل الصوت في الهواء؟

توجد مستقبلات الصوت، والتوازن في الأذنين. ومستقبلات الصوت تتأثر بالموجات الصوتية الناتجة من المنبه الصوتي (منبه آلي)؛ إذ يقوم المستقبل الصوتي بتحويل طاقة الصوت الآلية إلى طاقة كهروكيميائية على هيئة جهد فعل يسري بشكل سيال عصبي في ألياف العصب السمعي التوازني إلى مركز السمع في الدماغ؛ حيث يتم ترجمته وإدراكه.

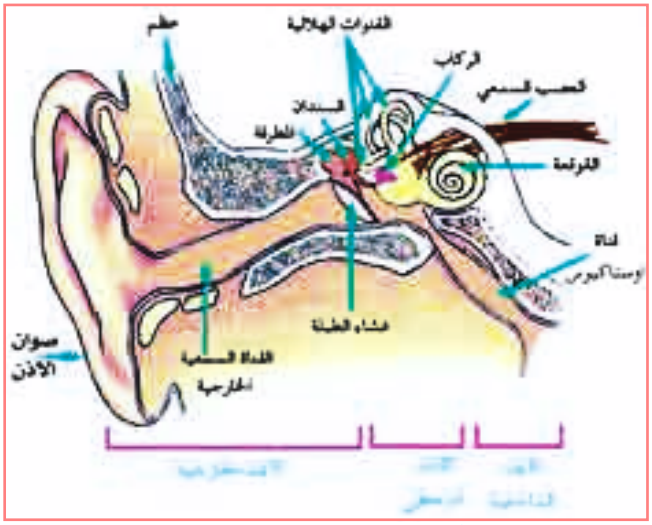
تركيب الأذن في الإنسان :

ادرس الشكل (٢١)، وتعرف على أجزاء الأذن ومحتوياتها.

– ما أسماء الأجزاء الرئيسة الثلاثة التي تتركب منها الأذن؟

– ما وظيفة كل جزء منها؟

– ما مكونات كل من الأذن الوسطى والأذن الداخلية؟



الشكل (٢١) تركيب أذن الإنسان

لاحظ أن الأذن تتكون من:

١– الأذن الخارجية التي تتكون من صوان الأذن، والقناة السمعية والطبلة، كما تحتوي الأذن الخارجية على غدد تفرز مادة شمعية لحماية الأذن الوسطى.

٢– الأذن الوسطى:

عبارة عن تجويف يقع خلف الطبلة، ويتصل بتجويف البلعوم بواسطة قناة استاكيوس المسؤولة عن تعادل الضغط الجوي على جانبي غشاء الطبلة، وتوجد في الأذن الوسطى ثلاث عظيمات سمعية. ما هي؟

٣– الأذن الداخلية : عبارة عن تجويف مملوء بسائل شفاف تؤدي حركته إلى تنبيه مستقبلات الصوت، أو التوازن. تتكون من :

– القوقعة Cochlea التي تحتوي على مستقبلات الصوت، وتتكون هذه المستقبلات من خلايا شعرية .

– القنوات الهلالية (Semicircular Canals) التي تحتوي على مستقبلات التوازن.

آلية السمع :

– كيف يسمع الإنسان الأصوات ويميزها؟

تقوم الأذن الخارجية بتجميع الأمواج الصوتية بواسطة صوان الأذن، ومن ثم نقلها عبر القناة السمعية إلى الطبلة، فتهتز الطبلة. شكل (٢٢).

الشكل (٢٢) قطاع في القوقعة.

– لماذا تقل قدرة الإنسان على السمع عندما تتمزق الطبلة؟

يؤدي اهتزاز الطبلة إلى تحريك العظيمات الثلاث الموجودة في الأذن الوسطى (المطرقة – السندان – الركاب) .

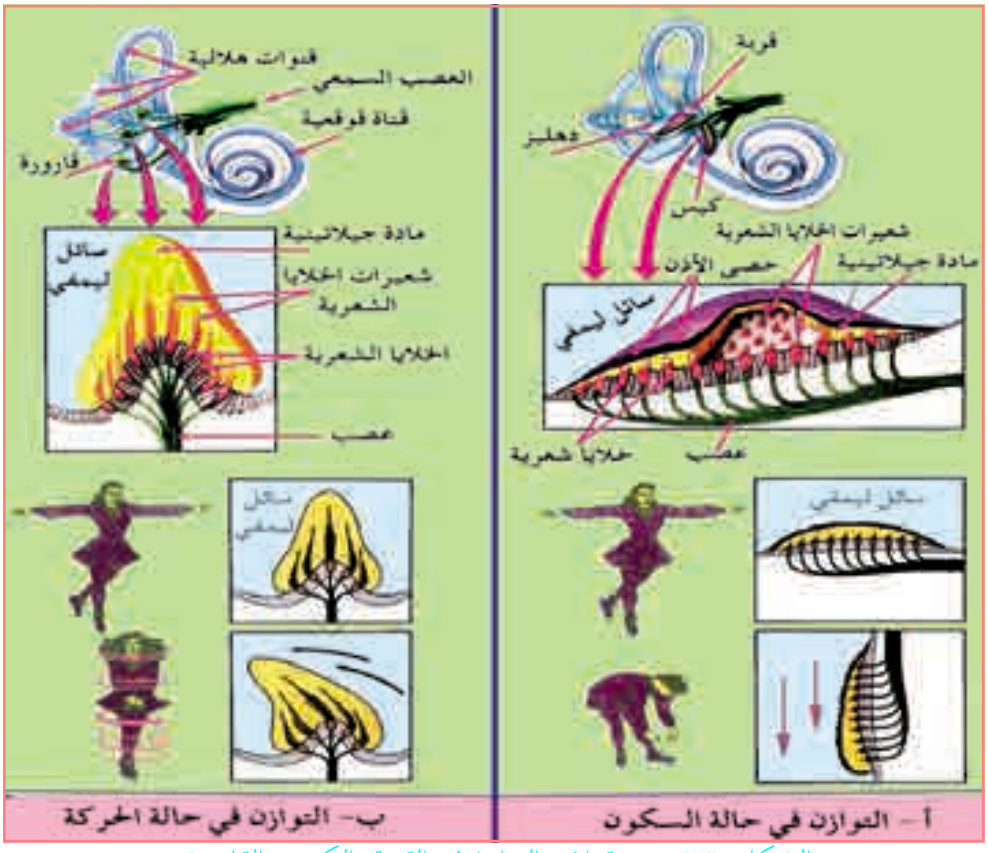
تنتقل الأهتزازات من عظمة الركاب إلى السائل الموجود في القوقعة بالأذن الداخلية عبر الكوة البيضية .

توثر اهتزازات السائل في القوقعة على مستقبلات الصوت الموجودة في خلايا السمع، وتقوم بتحويله إلى سيالات عصبية .

تنتقل السيالات العصبية من خلايا السمع إلى الأعصاب القوقعية التي تكون العصب السمعي وتتجه مع عصب السمع التوازني إلى مركز السمع بالدماغ .

يقوم مركز السمع بتحويل الإشارات العصبية إلى أصوات يسهل على الإنسان إدراكها وتمييزها . شكل (٢٣) .

مستقبلات التوازن :



الشكل (٢٣) مستقبلات التوازن في القربة والكيس والقارورة

ادرس الشكل (٢٣) لتعرف مستقبلات التوازن، لاحظ أن جهاز التوازن يتكون من :

١- **القنوات الهلالية**: وهي عبارة عن ثلاث قنوات لها القدرة على تحديد اتجاه حركة الرأس الدائرية، وتحديد سرعة هذه الحركة عن طريق مستقبلات التوازن التي تقع داخل إنتفاخات عند قواعد هذه القنوات، وتتكون مستقبلات التوازن من خلايا شعرية تُغّطي شعيراتها بمادة جيلاتينية، وعند حركة الرأس يتحرك السائل الذي يملأ القنوات محركاً معه مستقبلات التوازن التي تؤثر على الخلايا الشعرية الموجودة بها محدثة سيالات عصبية تنتقل عبر عصب التوازن الحسي إلى عصب السمع التوازني، ومنه إلى الدماغ الذي يقوم بتحليل الإشارات العصبية الواردة وتحديد إتجاه حركة الرأس تحديداً صحيحاً.

٢- **الدهليز**: يحتوي على كيسين صغيرين مملؤين بالسائل، هما القربة، والكيس. ويحتوي كل منهما على مستقبلات التوازن التي تحتوي على خلايا شعرية تُغطي شعيراتها بمادة جلاتينية بها حبيبات من كربونات الكالسيوم، تسمى حصى الأذن، وعندما ينحني الرأس عمودياً، أو جانبياً فإن هذه الحركة تسبب حركة عكسية في السائل اللمفي في بداية الأمر، ثم يتحرك السائل باتجاه حركة الرأس مسبباً حركة المادة الجيلاتينية المنغمس فيها حصى الأذن التي تضغط على الشعيرات فتنتج سيالات عصبية تنقل عبر عصب التوازن الحسي إلى عصب السمع التوازني، ومنها إلى الدماغ حيث تحدد وضع رأس الإنسان بالنسبة للجاذبية (حركة الرأس الأفقية والعمودية) كما تدله على أي تغير في السرعة عندالسير في خط مستقيم.

قضية للبحث	● اكتب تقريراً عن مدى ما يسمعه الإنسان من أصوات، قارن ذلك بما تسمعه بعض الحيوانات الأليفة.

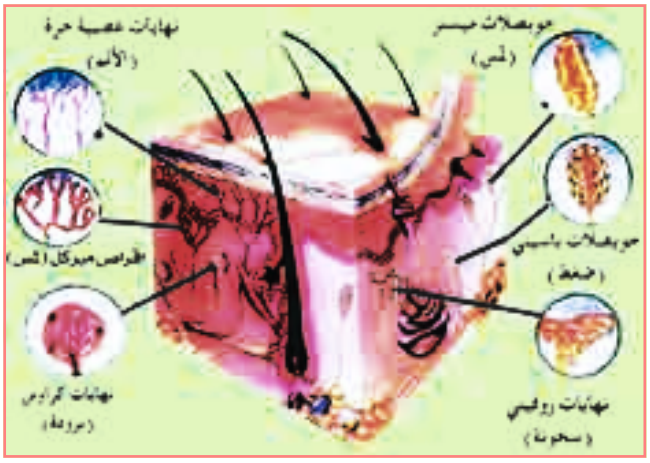
ب - المستقبلات الحسية في الجلد.

تنتشر المستقبلات الآلية في جميع أنحاء الجلد، وتتركز بصورة كبيرة في الأنامل، وهذه المستقبلات تساعدك على الإحساس باللمس، والضغط، والحرارة، والألم .

انظر الشكل (٢٤) الذي يمثل قطاع في الجلد لتعرف انواع المستقبلات الآلية الموجودة في الجلد.

- ما الطبقات التي يتركب منها جلد الإنسان؟
- صف طبقة الأدمة من حيث التركيب والوظيفة؟
- لماذا يعتبر الجلد عضو الأحساس؟

تتكون طبقة الأدمة في الجلد من نسيج ضام وتحتوي على أوعية دموية، وبصيلات شعرية وغدد عرقية، ودهنية، وأعصاب حسية تحوي مستقبلات الأحاسيس العامة، وهي متعددة الأشكال والأحجام، والوظائف. ومن المستقبلات الآلية الآتي :



الشكل (٢٤) المستقبلات الحسية في الجلد.

١- **مستقبلات اللمس** : Touch Receptors

وتسمى حويصلات ميسنر Meissner's Corpuscles، وهي بيضاوية الشكل، وتحتوي كل حويصلة على ليفه عصبية حسية تنتهي أفرعها بأزرار حسية صغيرة تقوم بوظيفة الإحساس باللمس.

٢- **مستقبلات الحرارة** : Heat Receptors وهي منتشرة في الجلد، وتتأثر بالتغيرات الحرارية لسطح الجلد، ومن مستقبلات الحرارة نهايات روفيني للسخونة Ruffinis Endings ونهايات كراوس للبرودة Krause End Bulbs.

٣- **مستقبلات الضغط** : Pressure Receptors تسمى حويصلات باسيني، وتتكون من عدة طبقات من نسيج ضام، وتحتوي في مراكزها على نهايات عصبية لخلية عصبية حسية تستجيب للضغط عند التنبيه.

٤- **مستقبلات الألم**: Pain Receptors وينتج الألم عن تنبيه مستقبلات الألم الموجودة في الجلد، أو العضلات، أو المفاصل، أو الأعضاء بسبب تهيج الأنسجة الناتج عن الجروح، أو الشد العضلي، أو التواء المفاصل التي تحمي العضلات والأوتار والأربطة والنسيج الضام من التمزق، كما ينتج الألم عن تنبيه المستقبلات الموجودة في الأحشاء الداخلية بسبب تهيج الأعضاء الناتج عن المغص، أو حصوات الكلى مثلاً.

قضية للبحث

- اكتب بحثاً عن أحد أمراض أعضاء الحس في منطقتك وطرق الوقاية من هذا المرض، مستعيناً بالمراجع الموجودة في مكتبة مدرستك.

تقويم الوحدة

١– علل لما يلي :

– في حالة تعرض يدك لوخزة دبوس فإنك تبعد يدك أولاً، ثم تدرك سبب الألم .

– الأذن عضو للسمع وعضو الاتزان .

– مفعول الأستيل كولين مؤقت، ومحدد المكان .

– المواد الصلبة غير المتطايرة ليس لها رائحة .

– يصاب بعض الأشخاص الذين يعانون من نقص فيتامين (A) بمرض العشى الليلي .

– أهمية أخاديد القشرة المخية .

٢– اكتب عن :

– مضخة الصوديوم .

– المشيمية والسائل الزجاجي في العين .

– الزر التشابكي .

– القنوات الهلالية في الأذن .

– المخيخ .

– مستقبلات الألم .

٣– اشرح الآليات في كل مما يأتي :

– الشم .

– انتقال السيال العصبي بطريقة التأثير الدائري الموضعي .

– الإحساس والاستجابة في القوس العصبي المنعكس .

– التذوق .

٤– ما وظيفة التراكيب الآتية :

– خلايا الغراء العصبي النجمية .

– قناة استاكيوس .

– الطبقة الصلبة .

– الغمد الميليني .

– الأعصاب الجمجمية .

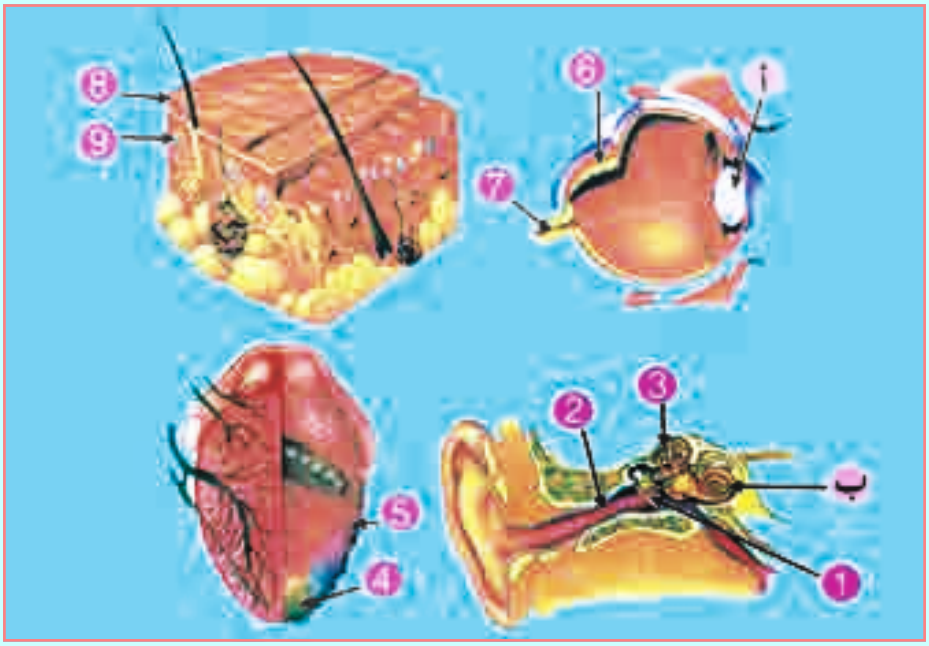
– النخاع المستطيل .

٥– قارن بين كل مما يأتي :

– المادة الرمادية والمادة البيضاء في الحبل الشوكي من حيث مكوناتهما العصبية .

– خلايا شفان والخلايا الدبقية قليلة التشجير من حيث مكان الوجود والوظيفة .

٦– ادرس الأشكال الآتية التي تمثل أعضاء الحس، ثم أجب عن الأسئلة التي تليها :



– اكتب أسماء الأجزاء المشار إليها بالأرقام (9.8.7.6.5.4.3.2.1)

– ما وظيفة الجزء المشار إليه بالرمز (أ) .

– ما العملية التي تحدث في الجزء المشار إليه بالرمز (ب) .

٧– صف كلاً مما يأتي :

– الجلد (موضحاً كيف يعمل كعضو اللمس) .

– الأعصاب الشوكية .

– العصب .

٨- الشكل المجاور يوضح ثلاث خلايا عصبية في الإنسان حسب وظيفتها والمطلوب الآتي:

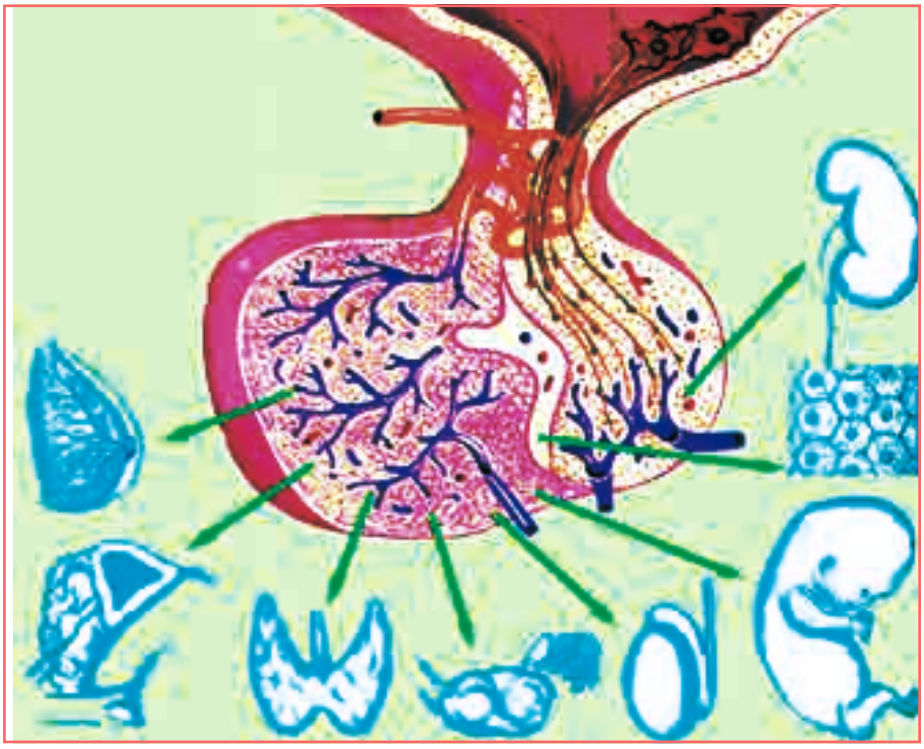
- اذكر اسم كل من الخلايا (أ، ب، جـ) .
- حدد اتجاه السيال العصبي مستخدماً رموز الخلايا العصبية.
- سمّ الأجزاء المرقمة من (١) إلى (٥).

٩- ارسم مع كتابة البيانات كلاً من:

- الأجزاء المختلفة للعين.
- مقطع طولي يبين أجزاء الدماغ.
- الخلية العصبية في الإنسان.

الوحدة الثانية

التنظيم الهرموني
Hormonal Regulation



أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- تُعرِّف مفهوم الهرمون، والتنظيم الهرموني في الكائنات الحية .

٢- توضح دور بعض الهرمونات في العمليات الحيوية للنبات .

٣- تصف بعض الهرمونات التي تفرز من الغدد الصماء في جسم الإنسان .

٤- توضح دور التنظيم الهرموني في تنسيق عمل أجهزة الجسم .

٥- تبين العلاقة بين التنظيم الهرموني، والتنظيم العصبي .

٦- تصف بعض الحالات المرضية الناتجة عن الاضطرابات الهرمونية .

التنظيم الهرموني Hormonal Regulation

عرفت أن أجهزة الجسم المختلفة تعمل في تناسق، وتآزر تام للقيام بالعمليات الحيوية المختلفة.

– من المسئول عن عملية التنسيق بينها؟

إن هذا التنسيق يحدث بفعل التآزر بين التنظيم العصبي والتنظيم الهرموني في أجسام الكائنات الحية ذات الأجهزة العصبية والهرمونية، ويساعدها هذا التآزر في تنسيق جميع أنشطة الجسم المختلفة كالحركة، والانتقال، والهضم والنقل، والإخراج والحفاظ على توازن سوائل الجسم.

وقد عرفت التنظيم العصبي، وكيفية عمله، وعرفت أن التنسيق العصبي يتميز بسرعة الاستجابة، واستمراريتها لفترة زمنية قصيرة، ولكن كثيراً من العمليات الحيوية كالهضم والنمو تحتاج إلى تنسيق بطيء التأثير، ويستمر لفترة طويلة تسمح بتحقيق الاستجابة المطلوبة لتلك العمليات، ويتولى هذا التنسيق البطيء التنظيم الهرموني في الجسم.

ويحتوي جسم الكائن الحي على جهاز هرموني يعمل بالتآزر مع الجهاز العصبي لتنسيق عمل بعض العمليات الحيوية التي تحتاج إلى تأثير بطيء، ويتميز بمفعول طويل المدى، ويطلق عليه جهاز الغدد الصماء Endocrine System، ويقوم هذا الجهاز بإفراز الهرمونات اللازمة لعملية التنظيم.

– فما المقصود بالهرمونات؟

– الهرمونات : Hormones :

هي مواد كيميائية معقدة التركيب تُفرز بكميات ضئيلة من غدد متخصصة في الجسم، وتعمل على تنظيم وتنسيق عمل أجهزة الجسم المختلفة مع بعضها ومع البيئة المحيطة، مثل هرمون الثيروكسين الذي يُفرز من الغدة الدرقية، وهرمون الأنسولين الذي يفرز من جزر لانجر هانز في البنكرياس. وتوجد الهرمونات في أجسام الحيوانات وفي النبات أيضاً.

التنظيم الهرموني في النبات :

– اذكر بعض العمليات الحيوية والنشاطات الفسيولوجية في النبات؟

– من المسؤول عن تنظيم مثل هذه النشاطات الفسيولوجية في النبات؟

تحدث داخل النباتات عمليات حيوية بشكل مستمر كعملية البناء الضوئي وعملية التنفس، وتكوين الأزهار والثمار، وتتأثر بعض العمليات الحيوية بعوامل البيئة

المختلفة، وهذه العمليات ونشاطاتها الفسيولوجية تتم بواسطة الهرمونات النباتية وهي مواد كيميائية تفرزها خلايا النباتات الحية مثل خلايا القمم النامية والبراعم، والأوراق حديثة السن، والبذور بتركيزات ضئيلة، وتُنقل بواسطة الحزم الوعائية إلى أماكن تأثيرها في أجزاء النبات المختلفة.

– ما أنواع الهرمونات النباتية؟ وما وظيفة كل منها؟

لتتعرف على أنواع الهرمونات النباتية، ووظائفها، وأماكن إفرازها ادرس الجدول(١) وأجب عن الأسئلة التي تليه:

جدول (١) الهرمونات النباتية ووظائفها

اسم الهرمون	مكان الإفراز	الوظيفة
الأوكسينات Auxins	١– القمم النامية. ٢– البذور. ٣– الأوراق حديثة السن.	١– تنشط استطالة الخلايا. ٢– تسيطر على الانتحاء الضوئي والأرضي. ٣– تنشط نمو الجذور الثانوية، وتمايزها. ٤– تسيطر على تفرع الساق.
السيتوكينينات Cytokinins	– الجذور.	١– تنشط انقسام الخلايا. ٢– تنشط عملية نمو البذور. ٣– تؤثر في نمو الجذور، وتمايزها. ٤– تؤخر شيخوخة النبات (مضاد للشيخوخة).
الجبريلينات Gibberellins	١– القمم النامية في البراعم والجذور والأوراق حديثة السن. ٢– الجنين (في البذرة).	١– تشجع استطالة الساق. ٢– تشجع نمو البراعم والأوراق. ٣– تحفّز على نمو الثمار، ويستعمل لرش العنب فيزداد حجم ثماره، وتزداد مقاومته للفطريات. ٤– تؤثر في نمو الجذور، وتمايزها بقلة. ٥– تنشط عملية إنبات البذور.
حامض الأبسيسك Abscisic Acid	١– الأوراق. ٢– السيقان.	١– تثبط النمو. ٢– تشجع كمون البراعم والبذور. ٣– إغلاق الثغور أثناء فترات الجفاف.
الإيثيلين Ethylene	١– الثمار الناضجة. ٢– العقد في السيقان. ٣– الأوراق المسنة.	١– تسريع نضج الثمار، وإسقاطها. ٢– تثبط استطالة الساق. ٣– إسقاط الأوراق المسنة.

- من أين يُفرز كلٌ من الإيثيلين، وحمض الأبسيسك؟
- ما وظيفة كل من الجبريلينات والأوكسينات؟
- بيّن دور السيتوكينينات في عملية الانقسام.

النشاط (١)

- نفّذ النشاط الخاص بتوضيح أثر هرمون الإيثيلين الموجود في كتاب الأنشطة.

دور الهرمونات النباتية في النمو :

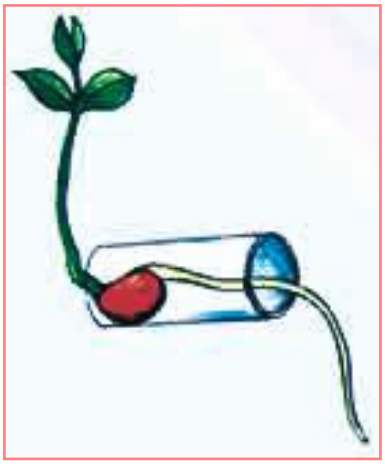
تتأثر النباتات بالمتغيرات التي تحدث داخلها وخارجها، فعوامل البيئة المحيطة مثل أشعة الشمس تؤثر على سير بعض العمليات الحيوية التي تحدث داخل النباتات، وتظهر النباتات استجابةً لهذه العوامل وتعد حركة النبات من أهم مظاهر الاستجابة، وتقتصر الحركة في النباتات الراقية على بعض الأجهزة والأعضاء، ويعد النمو نوعاً من الحركة، ويُعرف المؤثر الخارجي بالمثير Stimulus بينما يُعرف التغيّر الحادث من قبل النبات بالاستجابة Response ، وقد تكون الحركة نحو المثير أو بعيداً عنه في عملية تسمى الانتحاء، مثل اتجاه النبات نحو الضوء، وقد لا تعتمد الحركة على اتجاه المثير وتسمى إنتحاء حر، مثل تفتح بعض الأزهار، وتعد الحركة موجبة حينما ينتحي العضو تجاه المثير، وسالبة إذا ما انتحى في الإتجاه المعاكس، ويعد الانتحاء رد فعل حركي لعضو النبات، وتنظم هذه الحركة بواسطة الأوكسينات. وأهم أنواع الانتحاءات في النبات ما يأتي :

١ - الإنتحاء الأرضي : Geotropism

- هل تساءلت يوماً عن السبب الذي يجعل الساق في النبات ينمو إلى أعلى والجذور تنمو إلى أسفل؟
- كيف تؤثر الهرمونات على هذه العمليات؟

تؤثر الجاذبية الأرضية على توجيه نمو النبات؛ وتعمل مع العوامل البيئية الأخرى على توزيع الأوكسينات أثناء الإنبات والنمو. فعند الزراعة توضع البذور في أي وضع داخل التربة، أما عند الإنبات والنمو فإن الساق تنمو إلى أعلى، والجذر إلى الأسفل في إتجاه الجاذبية الأرضية، فلو نبت الجذر ونما بشكل أفقي فإن الأوكسينات تتركز في الجانب السفلي من الجذر بسبب تأثير الجاذبية الأرضية، وزيادتها في

الجانب السفلي يثبط استطالة الخلايا في هذا الجانب، وينشط استطالتها في الجانب العلوي فينحني الجذر إلى أسفل داخل التربة؛ فالجذر موجب الانتحاء الأرضي- شكل (١). وتنمو الساق إلى أعلى نتيجة لتركيز الأوكسينات في الجانب السفلي، الذي يؤدي إلى استطالة الخلايا في هذا الجانب، مقارنة مع الجانب العلوي، فينحني الساق أثناء نموه إلى أعلى عكس الجاذبية الأرضية مما يجعل الساق سالب الانتحاء الأرضي.



الشكل (١) الإنتحاء الأرضي.

- كيف تفسر الانتحاء الأرضي في النبات؟

٢- الإنتحاء الضوئي : Phototropism

- ما دور الأوكسينات في عملية الانتحاء الضوئي؟

ادرس الشكل (٢)، ماذا تلاحظ؟

عند وضع أي نبات زينة على نافذة المنزل، تلاحظ أن أجزاء النبات تنحني نحو الضوء نتيجة استجابة النبات للضوء بسبب تأثير الأوكسينات.

الشكل (٢) الإنتحاء الضوئي.

- كيف تتحرك أجزاء النبات نحو الضوء؟

تتميز الأوكسينات بقدرة حساسيتها للضوء، فعندما تتعرض ساق النبات للضوء من جانب واحد، تتركز الأوكسينات في الجانب البعيد عن الضوء، وتعمل على إستطالة الخلايا في ذلك الجانب بمعدل أعلى من الجانب الآخر فينحني النبات نحو الضوء.

النشاط (٢)

- نفذ النشاط الخاص بالإنتحاء الضوئي الموجود في كتاب الأنشطة والتجارب.

وقد توصل العلماء إلى أن بالإمكان إستخدام الهرمونات النباتية في عملية تطوير الإنتاج الزراعي والنباتي لما فيه مصلحة الإنسان والبيئة.

تطبيقات عملية للهرمونات النباتية

– كيف يستفاد من الهرمونات النباتية في تحديث المجالات الزراعية؟

● أدت الهرمونات النباتية دوراً كبيراً في التطبيقات العملية الزراعية فقد أدخلت في :

– تكوين الجذور العرضية : تستخدم الأوكسينات في عملية التكاثر الخضري، بواسطة العُقَل لتكوين الجذور العرضية، ويعمل بهذه الطريقة حالياً في المشاتل، والحدائق.

– تكوين ثمار بدون بذور : تستخدم الأوكسينات في رش الأزهار غير الملقحة لإنتاج ثمار عديمة البذور كما في البطيخ، والتفاح، وغيرها.

– تكوين الأزهار : تستخدم الجبريلينات في تنشيط تكوين الأزهار في بعض النباتات.

– منع تساقط الثمار والأوراق : استخدمت الأوكسينات في تأخير عملية تساقط الأوراق، والثمار قبل نضوجها، وقدتم تطبيق هذه العملية والاستفادة منها في تأخير سقوط أوراق وثمار التفاح، والطماطم، والكمثرى، والمانجو، وبعض الحمضيات.

– إبادة الأعشاب الضارة : تستخدم بعض أنواع الأوكسينات في رش الحشائش الضارة فتقضي عليها، وتمنع نموها من جديد.

النشاط (٣)

● نفذ النشاط الخاص بتأثير الأوكسينات على تكوين الجذور العرضية في النبات.

التنظيم الهرموني في الحيوان

تعمل الهرمونات مع الجهاز العصبي في معظم الحيوانات على تنظيم العمليات الحيوية داخل أجسامها. فالهرمونات مثلاً تنشط النمو والتكاثر اللاجنسي في الهيدرا، وتمتلك مفصليات الأرجل جهازاً هرمونياً يؤدي دوراً هاماً في عملية النمو، والتكاثر والانسلاخ.

أما في الحيوانات الفقارية فإن الهرمونات تفرز من أعضاء تسمى الغدد Glands ، والغدة عبارة عن مجموعة من الخلايا الطلائية المتحورة للقيام بوظيفة إفرازية.

وتقسم الغدد من حيث وجود القنوات إلى :

١– غدد قنوية. Exocrine Glands

انظر الشكل (٣) ولاحظ أن الغدة تصب إفرازاتها إلى الخارج عن طريق قنوات، ومن أمثلة هذا النوع من الغدد : الغدد اللعابية، والغدد اللبنية، والغدد العرقية، والمرارة.

الشكل (٣) غدة قنوية.

٢- غدد لا قنوية (صماء) : Endocrine Glands

وهي عبارة عن غدد صماء تفرز هرمونات، وتصب إفرازاتها في الدم مباشرة مثل: الغدة الدرقية، والغدة النخامية. الشكل (٤).

الشكل (٤) غدة صماء.

وتتميز الغدة الصماء بخلايا طلائية غزيرة الإفراز، وغنية بالأوعية الدموية، وتتميز هرموناتها بالقدرة على الانتشار بسرعة في الأنسجة محدثة فعلاً سريعاً ، كما أنها تفرز في ظروف معينة لتأدية وظيفة خاصة، لذا يتخلص منها جسم الحيوان بسرعة، إما بتحليلها إلى مركبات بسيطة، أو بإخراجها إلى خارج الجسم. ولجميع الفقاريات غدد صماء مثل: النخامية، والدرقية، والكظرية، والمناسل. ولذا فإن الفقاريات تمتاز بجهاز هرموني متكامل يعمل على تنظيم وظائف الجسم وعملياته المختلفة.

التنظيم الهرموني في الإنسان Hormonal Regulation

عرفت دور الرسائل العصبية في تنسيق الوظائف، والعمليات المختلفة في جسمك، ولكن هناك عمليات لا يتم حدوثها بدون وجود الهرمونات المنظمة لذلك.

– ما الفرق بين التنظيم العصبي والتنظيم الهرموني؟

تنقل الرسائل العصبية بواسطة السيالات العصبية، داخل الجهاز العصبي لتقوم بعملية التنظيم، بينما تنقل الرسائل الكيميائية الهرمونية بواسطة الدم إلى أماكن تأثيرها. وتتميزالرسائل الكيميائية الهرمونية بتأثير واسع النطاق، ومفعول طويل المدى في تنظيم العمليات داخل جسم الإنسان.

– ما أهمية التنظيم الهرموني للإنسان؟

تسهم الهرمونات في المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للجسم، وفي تنظيم عمليات النمو، والتكاثر، وإنتاج الطاقة، وتخزينها، واستخدامها عند الحاجة، كما تؤثر الهرمونات في سلوك الفرد وتفاعلاته مع الآخرين من حوله.

– هل يوجد تنسيق بين عمل التنظيم الهرموني والتنظيم العصبي في جسم الإنسان؟

إن التنظيمين الهرموني والعصبي يعملان بصورة متكاملة لوجود علاقة تركيبية

كيميائية ووظيفية، وتوضح العلاقة بين التنظيمين إستخدام الجهاز العصبي هرمونات مثل (الأسيتايل كولين) الذي يفرز في التشابك العصبي كنواقل عصبية تعمل على توصيل السيالات العصبية بين الخلايا العصبية.

كما تتأثر الغدد الصماء بطريقة غير مباشرة بالتغير العصبي الذي يحدث على الألياف العضلية الموجودة في جدران الأوعية الدموية التي تُغذي هذه الغدد بالدم.

عمل الهرمونات:

تقسم الهرمونات من الناحية الكيميائية إلى :

١- الهرمونات الببتيدية Peptide Hormones مثل هرمونات الغدة النخامية، وجزر لانجر هانز.

٢- الهرمونات الستيرويدية Steroids Hormones تنتمي إلي المواد الدهنية المشتقة من الكولستيرول مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية والمشيمة.

- كيف تصل هذه الهرمونات إلى خلايا الهدف في الجسم؟

تمتلك خلايا الهدف في جسم الإنسان مُستَقْبِلات ترتبط بها مع الهرمونات المتخصصة التي تفرز من الغدد الصماء، وتصل إلى تلك الخلايا مع الدم، فتؤثر فيها، ويعتمد تأثيرها على طبيعة الهرمون نفسه. الشكل (٥).

وتوجد مُستَقْبِلات الهرمونات الببتيدية على سطح أغشية الخلايا، بينما توجد مستقبلات الهرمونات الستيرويديه داخل الخلايا، كونها تستطيع النفاذ عبر الغشاء الخلوي للخلية. ولكل قسم من الهرمونات السابقة آلية عمل تختلف عن الأخرى.

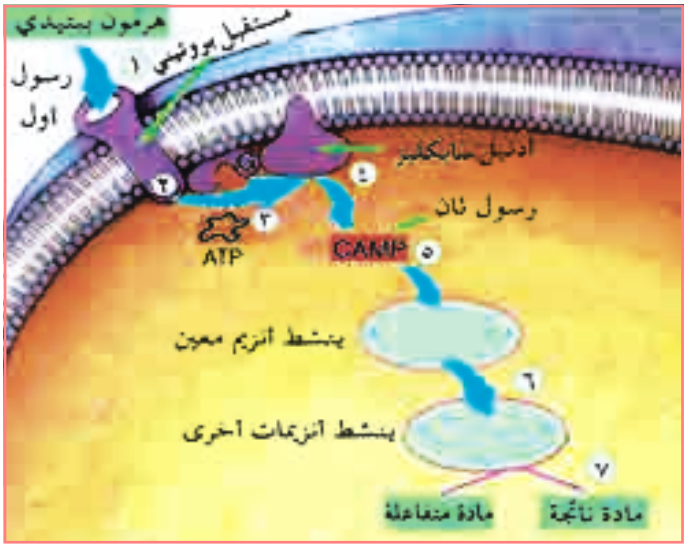
- كيف تحدث الهرمونات تأثيرها في خلايا الهدف؟

أ - آلية عمل الهرمونات الببتيدية:

عند وصول الهرمون (الرسول الأول) إلى الخلية الهدف يرتبط مع المُستَقْبِل البروتيني الموجود على الغشاء، فيحفز هذا الارتباط أنزيماً مرتبطاً مع المُستَقْبِل البروتيني منتجاً مادة تسمى (الرسول الثاني)، الذي يؤدي إلى استجابة الخليةالمستهدفة للهرمون. انظر الشكل (٥- أ).

مثال: يؤدي الهرمون الببتيدي (الرسول الأول) إلى تنبيه المستقبلات الخاصة به، ويؤدي هذا إلى تنشيط أنزيم أدنيل سايكليز الذي يحول الأدينوسين ثلاثي

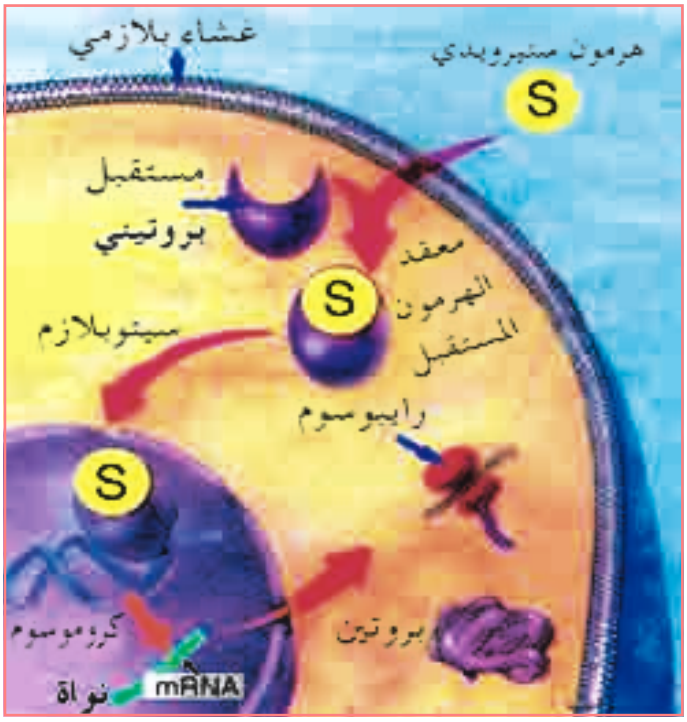
الفوسفات ATP إلى الأدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي Cyclic AMP (الرسول الثاني)، والذي يؤدي إلى إستجابة الخلية المستهدفة للهرمون.



الشكل ٥ أ – آلية عمل الهرمونات الببتيدية

ب– آلية عمل الهرمونات الستيرويدية:

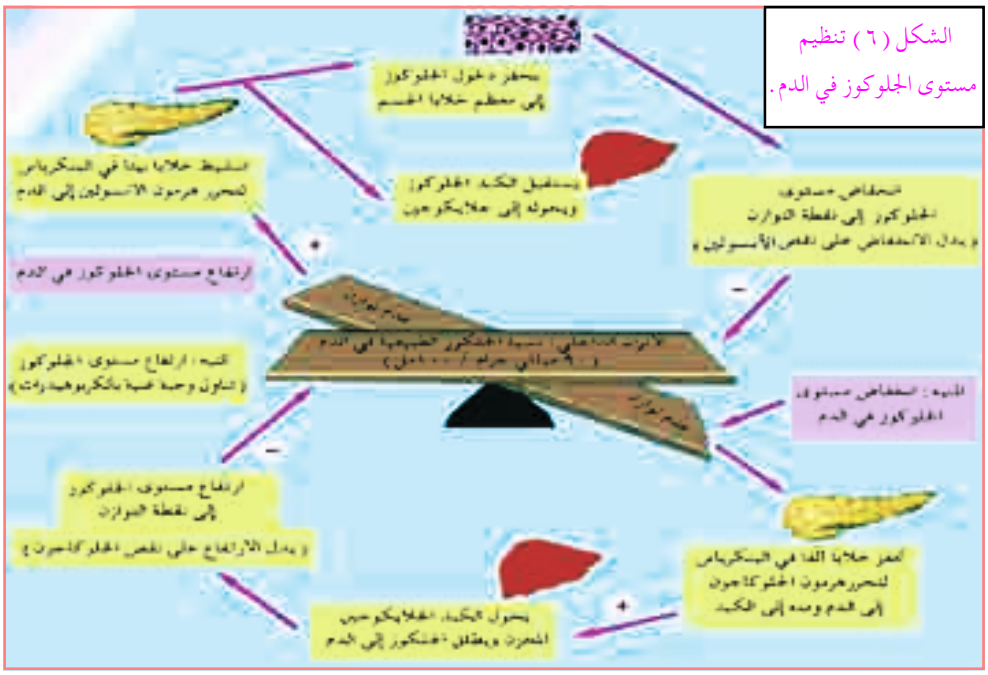
عند وصول الهرمون الستيرويدي إلى الخلية الهدف ينفذ إلى داخلها، ويرتبط مع جزيئات المستقبل في السيتوبلازم مكوناً مركباً معقداً من الهرمون ومستقبله، فيدخل هذا المركب إلى نواة الخلية، فيحفز جيناً معيناً مؤدياً إلى بناء بروتينات، كما في الشكل (٥–ب).



الشكل (٥–ب) آلية عمل الهرمونات الستيرويدية.

مثال: يؤدي هرمون التستوستيرون الذي يفرز من الخصية إلى تحفيز الجين الخاص ببناء بروتين العضلات التي تعتبر من الصفات الجنسية الثانوية في مرحلة سن البلوغ.

تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم : من أكثر الأمثلة وضوحاً على تنظيم الهرمونات لأنشطة الجسم وعملياته هرمونات تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم. وحتى تدرك هذا الدور ادرس الشكل (٦) ثم أجب عن الأسئلة التي تليه.



الشكل (٦) تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم.

- متى يفرز هرمون الأنسولين؟
- متى يفرز هرمون الجلوكاجون؟
- كيف يعمل الأنسولين على خفض تركيز جلوكوز الدم؟
- ما الخلايا الهدف لهرمون الجلوكاجون؟

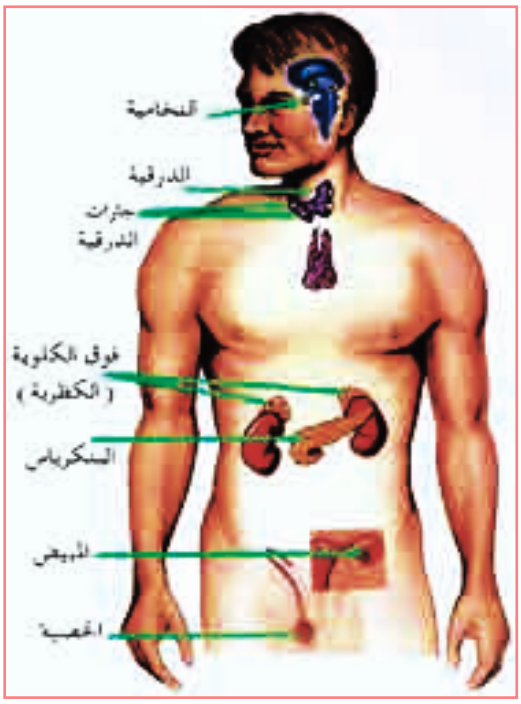
يصاب الإنسان بمرض السكر إذا ما تلفت خلايا β التي تفرز هرمون الأنسولين في البنكرياس، ويعالج بحقن المريض بالأنسولين. وقد يحدث المرض نتيجة نقص مستقبلات الأنسولين على الخلايا رغم توافر هرمون الأنسولين في الدم.

كما أن البيئة الداخلية للجسم هي المسئولة عن المحافظة على مكونات الجسم من سوائل ومواد وأيونات في حدود النسب المحددة لها بثبات.

قضية للبحث

- ابحث في أسباب انتشار مرض السكر في منطقتك.
- اقترح وسائل ومعالجات للمحافظة على صحة الإنسان من الإصابة بمرض السكر.

هرمونات الغدد الصماء في الإنسان :



الشكل (٧) الغدد الصماء في جسم الإنسان .

– أين تقع الغدد الصماء في جسم الإنسان؟

ادرس الشكل(٧)، والجدول (٢) لتتعرف على مواقع الغدد الصماء في جسم الإنسان . ستجد أنها منتشره في الجسم، وهي إما تكون غدداً كاملة مثل : الغدة الدرقية، والنخامية، أو نسيج متخصص في عضو من الأعضاء، كما في المعدة والأمعاء، أو نسيج متخصص في غدة ذات إفراز خارجي (قنوية) كما هو الحال في البنكرياس . التي تُعد غدة ذات إفراز خارجي، وغدة صماء في نفس الوقت .

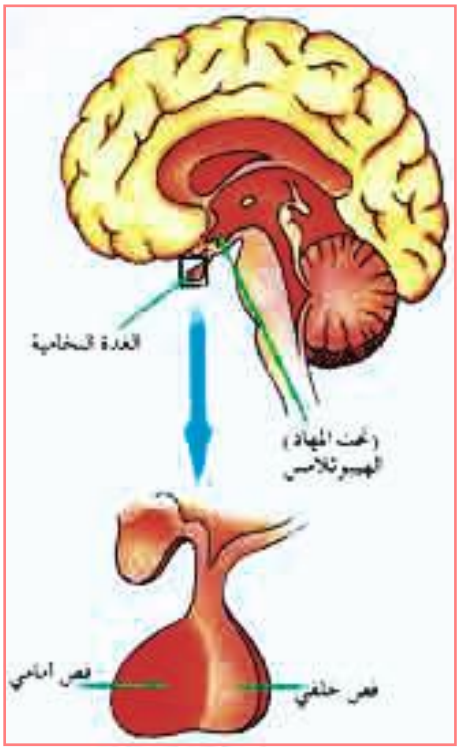
جدول (٢) موقع الغدد الصماء في جسم الإنسان

اسم الغدة الصماء	موقعها في الجسم
– الغدة النخامية .	أسفل الدماغ في قاع الجمجمة .
– الغدة الدرقية .	على السطح الأمامي للقصبة الهوائية أسفل الحنجرة .
– غدد الجاردرقية .	على السطح الخلفي للغدة الدرقية .
– الغدتان الكظريتان .	غدة فوق كل كلية .
– جزر لانجر هانز .	في البنكرياس .
– غدد القناة الهضمية الصماء .	أنسجة متخصصة في كل من المعدة والأمعاء .
– الغدد التناسلية .	في خصية الذكر، وفي مبيض الأنثى .
– المشيمة .	داخل الرحم في أثناء الحمل .

ولكل نوع من هذه الغدد إفراز هرموني متخصص كما يأتي :

١-الغدة النخامية : Pituitary Gland

ادرس الشكل (٨)، والجدول (٣)، وأجب عما يأتي :



الشكل (٨) الغدة النخامية .

- أين تقع الغدة النخامية ؟
- مما تتكون الغدة النخامية ؟
- ما الهرمونات التي تفرزها ؟
- اذكر وظيفة كل هرمون ؟
- لماذا تسيطر الغدة النخامية على عمل معظم غدد الجسم الصماء ؟

ومن المهم معرفة أن الغدة النخامية تعتبر من أهم الغدد الصماء في جسم الإنسان؛ لأنها تسيطر على معظم النشاطات الحيوية إضافة إلى نشاطات الغدد الصماء الأخرى عن طريق إفراز مجموعة من الهرمونات التي تنظم هذه النشاطات .

- لماذا تسمى الغدة النخامية ملكة غدد جسم الإنسان؟

العلاقة بين تحت المهاد والغدة النخامية :

درست سابقاً التنظيم العصبي، وعرفت أن تحت المهاد طبقة الهيبوثالامس (الحُصين) جزء من الدماغ يعمل على تنظيم البيئة الداخلية، مثل تنظيم نبض القلب، بالإضافة إلى السيطرة على إفرازات الغدة النخامية . انظر الشكل (٩) .

- كيف تنظم الهيبوثالامس « تحت المهاد » إفراز هرمونات الغدة النخامية؟

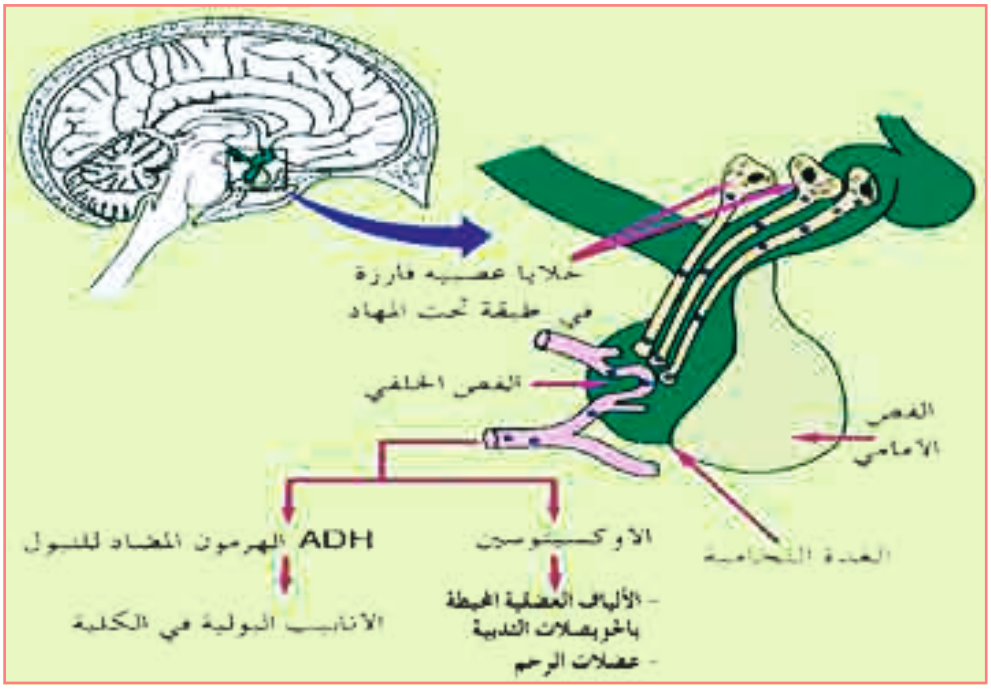
تقع الغدة النخامية بقاع الجمجمة أسفل (تحت المهاد)، وتتكون في الإنسان من فصين أمامي وخلفي . شكل (٩) .

وفي (تحت المهاد) توجد مجموعتان من الخلايا العصبية الفارزة، تصل محاور المجموعة الأولى

منها إلى الفص الخلفي للغدة النخامية، لتفرز هرمونين هما هرمون الفازوبرسين (Vasopressin) أو ADH الذي ينظم التوازن المائي للجسم عن طريق إعادة امتصاص الماء بواسطة الأنابيب الكلوية، كما يعمل على زيادة ضغط الدم الشرياني. وهرمون الأوكسيتوسين الذي يعمل على تقليص عضلات الرحم أثناء الولادة، ويستخدم علاجياً لإحداث الطلْق أثناء الولادة المتعسرة، كما يعمل على إطلاق الحليب من الثدي عند الرضاعة،

وهذا يدل على العلاقة الوظيفية بين التنظيم العصبي، والتنظيم الهرموني فعند مص الطفل لثدي أمه تتولد إشارات عصبية ترسل إلى (تحت المهاد)، ليفرز هرمون الأوكسيتوسين الذي يعمل على إطلاق الحليب.

أما محاور المجموعة الثانية فإنها تفرز هرمونات الإطلاق التي تصل إلى الفص الأمامي للغدة النخامية بواسطة الدم، وتحفزه على إطلاق هرموناته.



الشكل (٩) العلاقة بين تحت المهاد والفص الخلفي للغدة النخامية.

لتتعرف على الهرمونات المفرزة من الفص الأمامي وأماكن تأثيرها ادرس الجدول (٣) الآتي:

جدول (٣) هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية

الهرمون	العضو المتأثر بالهرمون	الوظيفة
١- هرمون النمو (STH).	عظام الجسم والعضلات في الأجهزة.	- تنظيم نمو الجسم خلال مراحل العمر المختلفة ببناء العظام، ونموها. - بناء البروتينات، وتنظيم عملية الأيض.
٢- الهرمون المنشط للحويصلات في المناسل (FSH).	- مبيض الأنثى.	- نمو الحويصلات في المبيض، وتحويلها إلى حويصلات جراف.
	- خصية الذكر	- يساعد على تكوين الأنيبيبات المنوية في الخصية، وتكوين الحيوانات المنوية.
٣- الهرمون المنشط للجسم الأصفر (LH) والخصية (ICSH)	- مبيض الأنثى.	- يعمل على نضج البويضة وخروجها من حويصلة جراف. - يحفز الخلايا البينية على تكوين الجسم الأصفر.
	- خصية الذكر.	- يحفز الخلايا البينية علي إنتاج الهرمونات الجنسية. « التستوسيترون ».
٤- الهرمون المفرز للحليب (البرولاكتين).	- الغدد اللبنية في الثديين.	- يعمل على نمو الغدد اللبنية، وإفراز الحليب منها.
٥- الهرمون الحافز للغدة الدرقية (TSH).	- الغدة الدرقية.	- يحفز الغدة على إنتاج هرمون (الثيروكسين). - يعمل على تجميع اليود في نسيج الدرقية.
٦- الهرمون الحافز لقشرة الغدةالكظرية (ACTH).	- قشرة الكظرية.	- يحفز الغدة على إفراز هرموناتها.
٧- الهرمون المنشط لخلايا الميلانين (MSH).	- الجلد.	- يعمل على تحفيز إفراز صباغ الميلانين التي تصبغ الجلد باللون الأسمر.

٢ـ الغدة الدرقية : Thyroid Gland

الشكل (١٠) الغدة الدرقية .

– أين توجد الغدة الدرقية؟

انظر الشكل (١٠) ولاحظ أن الغدة الدرقية تتكون من فصين أيمن وأيسر يتصلان ببعضهما في الوسط .

وتعد الغدة الدرقية أكبر الغدد الصماء حجماً؛ إذ يصل وزنها حوالي « ٢٥– ٣٠جم » وهي مخزن اليود في الجسم الذي يدخل في عملية إفراز هرمون الثيروكسين Thyroxin من الغدة الدرقية .

– من أين يحصل الإنسان على عنصر اليود؟

– ما الذي يحدث للغدة الدرقية في حالة نقص عنصر اليود في الجسم؟

- يدخل اليود في تركيب الثيروكسين بنسبة ٦٥٪ من وزن الهرمون .

- **وظيفة هرمون الثيروكسين :**

١– تنشيط العمليات الأيضية في خلايا الجسم، وتنظيمها وخاصة عملية الأكسدة .

٢– تنظيم عملية النمو، والتمايز لمعظم خلايا الجسم، وأنسجته المختلفة وخاصة عمليات نمو العظام .

٣ـ الغدد الجار درقية : Parathyroid Glands

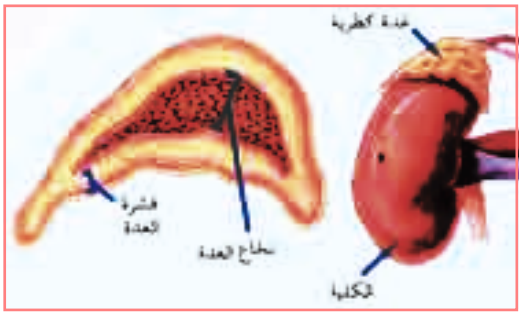
الشكل (١١) غدد الجاردرقية .

– أين توجد الغدد الجار درقية، وما وظيفتها؟

الغدد الجاردرقية عبارة عن أربعة فصوص صغيرة جداً، الشكل (١١) . وتوجد ملتصقة على السطح الخلفي للغدة الدرقية، وتفرز هرمون الباراثورمون (Parathormone) ؛ الذي يقوم بتنظيم نسبة الكالسيوم في الدم، وبقائها في المستوى الطبيعي .

٤ـ الغدة الكظرية Adrenal Gland (الغدة فوق كلوية) : Suprarenal Gland

ادرس الشكل (١٢)، ولاحظ أن الغدة الكظرية عبارة عن غدة صغيرة تقع فوق الكلية، وتتركب كل غدة من طبقتين، طبقة خارجية (القشرة) Cortex، وطبقة داخلية (النخاع) Medulla، وتعدكل طبقة غدة مستقلة عن الأخرى وتقوم كل طبقة بإفراز هرموناتها الخاصة.



الشكل (١٢) الغدة الكظرية.

أ – هرمونات قشرة الغدة الكظرية :

تفرز قشرة الغدة الكظرية ثلاث مجموعات من الهرمونات هي :

١ – الهرمونات السكرية : Glucocorticoids Hormones

مثل هرمون الكورتيزول Cortisol الذي يتحكم في عمليات أيض الكربوهيدرات. كما تعمل هذه الهرمونات على تحفيز وتحويل البروتينات، والدهون إلى جلوكوز، فيرتفع مستوى الجلوكوز في الدم، كما أن لها تأثير مضاد للالتهابات وخاصة الناتجة عن تلف الأنسجة.

٢ – الهرمونات المعدنية Mineralo Corticoids Hormones

من أهمها هرمون الألدوستيرون Aldosterone الذي يعمل على حفظ معدل الصوديوم في الدم، إذ يقوم الهرمون بتحفيز عملية إعادة امتصاص أيونات الصوديوم، والكلوريد، في نفرونات الكلية في عملية تسمى تنظيم التوازن الملحي.

٣ – الهرمونات الجنسية : Sex Hormones

مثل هرمون الأستروجين Oestrogen الذي له تأثير كبير في إظهار صفات البلوغ الثانوية عند الفتاة، وكذا هرمونات الأندروجين Androgen التي يكون لها نفس الدور بالنسبة للفتى.

- ما شعورك عند دخولك الامتحان؟
- ما التغيرات التي تحدث لجسمك عند تعرضك لأي إحراج أو خوف؟ ما سبب هذه التغيرات؟

ب- هرمونات نخاع الغدة الكظرية :

يقوم نخاع الغدة الكظرية بإفراز هرمون الأدرينالين Adrenaline ووظيفته تهيئة، وإعداد الجسم لاستقبال، وإجتياز المواقف الانفعالية، والحرجة في الحالات الطارئة، مثل الخوف، والغضب، ويجعله يتهيأ لها للقتال، أو الهروب، وتوفير ما يلزم لذلك من طاقة، وينتج عن إفراز هرمون الأدرينالين وارتفاع تركيزه في الدم كثير من التغيرات الفسيولوجية التي تؤدي إلى زيادة إنتاج الطاقة. ومن هذه التغيرات التي يحدثها هرمون الأدرينالين ما يأتي :

- زيادة سرعة وشدة نبضات القلب، حتى تزيد مقدار كمية مايضخه القلب من دم.
- توسيع الأوعية الدموية المتصلة بالعضلات الإرادية، والجلد، وإنقباضها في العضلات اللاإرادية.
- يقلل من زمن تجلط الدم عند النزف نتيجة إنقباض الأوعية الدموية، ويستخدم موضعياً في وقف النزيف الجلدي والرعاف.
- إتساع الشعب الهوائية لدخول كمية كبيرة من الأوكسجين إليها، وتوليد أكبر كمية من الطاقة اللازمة.
- زيادة نسبة السكر في الدم.
- يعمل على إتساع حدقة العين فيتسع مجال الرؤية.

الشكل (١٣) جزر لنجرهانز البنكرياسية.

٥- جزر لانجرهانز البنكرياسية : Islands of Langerhans

- أين يوجد البنكرياس؟
- إلى أين تصب عصارتها الهاضمة؟
- كيف يعمل البنكرياس كغدة صماء؟
- ما الهرمونات التي يفرزها؟

يحتوي البنكرياس على مجموعة من الخلايا الغنية جداً بالأوعية الدموية، التي تشكل جزراً صغيرةً مبعثرة فيها تسمى جزر لانجرهانز نسبة للعالم الذي اكتشفها، شكل (١٣). وهذه الجزر تفرز هرموناتها إلى الدم مباشرة.

ادرس الجدول (٤) وأجب عما يأتي :

– ما الهرمونات التي تفرز من جزر لانجرهانز؟

– ما نوع الخلايا المفرزة؟ – ما وظيفة كل هرمون؟

جدول (٤) هرمونات جزر لانجرهانز

الهرمون	الخلايا المفرزة	الوظيفة
الجلوكاجون Glucagon	– خلايا ألفا α	– رفع نسبة السكر في الدم عن طريق تحويل الجلايكوجين في الكبد إلى سكر.
الأنسولين Insulin	– خلايا بيتا β	– خفض نسبة السكر في الدم بتحويل الجلوكوز الفائض إلى جلايكوجين يخزن في الكبد، والعضلات . – يزيد من قدرة الخلايا على إستخدام، وأكسدة الجلوكوز . – تنشيط عمليات بناء البروتين، والدهون والحد من إستعمالها كمصدر للطاقة .

٦– هرمونات القناة الهضمية :

تحتوي بعض أجزاء القناة الهضمية على خلايا متخصصة في إفراز بعض الهرمونات، حيث تقوم بإفراز هرموناتها مباشرة إلى الدم، ويوضح الجدول(٥) هذه الهرمونات، ووظائفها، والخلايا التي تفرزها .

جدول (٥) هرمونات القناة الهضمية

الهرمون	مكان الإفراز	الوظيفة
الجاسترين Gastrin	بعض خلايا جدار المعدة	– يعمل على تحفيز المعدة لإفراز عصارتها الهاضمة .
السكريتين Secretin	بعض خلايا الاثنى عشر.	– يحفز البنكرياس على إفراز عصارتها الهاضمة .
كولسستوكينين Cholecystokinin	بعض خلايا الاثنى عشر.	– يحفز الحوصلة الصفراوية على الإنقباض، وإفراغ العصارة الصفراوية في الاثنى عشر.
الإنتيروكرينين Enterocrinin	بعض خلايا اللفائفي	– ينبه خلايا جدار اللفائفي لإفراز أنزيماتها الهاضمة .

٧- هرمونات المناسل :

– لماذا يعتبر كل من الخصية والمبيض غدداً صماء؟

المناسل عبارة عن الخصية في الذكر، والمبيض في الأنثى وتقوم هذه الأعضاء بوظائف عدة أهمها :

١– تكوين الأمشاج الذكرية، والأنثوية .

٢– إفراز الهرمونات الجنسية .

الشكل (١٤) قطاع عرضي في الخصية يبين الخلايا البينية .

– ما الهرمون الذي يفرز من الخصية؟ وما وظيفته؟

– ما الهرمون الذي يفرز من المبيض؟ وما وظيفته؟

– يوضح الجدول (٦) بعض هرمونات الغدد التناسلية وأماكن إفرازها وتأثيرها .

جدول (٦) هرمونات الغدد التناسلية

الهرمون	مكان الإفراز	الوظيفة
التستوستيرون Testosterone	الخصية (الخلايا البينية) شكل (١٤)	– تساهم في بناء الجسم وتبرز في الفتى مظاهر الرجولة . – تعمل على استكمال نمو الجهاز التناسلي الذكري .
الاستروجين Estrogen	المبيض، (الخلايا البينية)	– يعمل على استكمال نمو الجهاز التناسلي الأنثوي ويظهر الصفات الجنسية الأنثوية .
البروجسترون Progesterone	– الجسم الأصفر في المبيض – المشيمة	– تهيئة الرحم للحمل، واستقبال البويضة المخصبة .

أمراض الجهاز الهرموني وصحته :

أ – أمراض الغدد الصماء :

١– تضخم الغدة الدرقية .

– الأعراض : تضخم الغدة الدرقية وزيادة حجمها .

– أسبابه : نقص اليود في الغذاء .

– الوقاية منه : إضافة اليود إلى ملح الطعام ومياه الشرب .

٢- كزاز الجاردرقية.

- أسبابه: نقص أملاح الكالسيوم في الدم.
- الأعراض: ظهور تشنجات عصبية وعضلية.
- علاجه: حقن المريض بهرمون الباراثورمون مع تعاطي أملاح الكالسيوم.

الشكل (١٥) التضخم الدرقي.

٣- السكري . ينتج هذا المرض بسبب نقص إفراز هرمون الأنسولين، وينتج عن هذا النقص عجز الجسم عن الاستفادة من السكر في إنتاج الطاقة، ويؤدي ذلك إلى ارتفاع نسبة السكر في الدم وخروجه مع البول.

- أسبابه: كثيرة، فقد يكون إما بسبب العوامل الوراثية، أو زيادة الوزن الناتج عن السمنة، أو الحمل، وأمراض الكبد والبنكرياس، أو ممارسة عادات غير صحية كتناول الخمور .. إلخ.
- أعراضه: كثرة التبول، والشعور الدائم بالعطش، ونقصان الوزن، ودوخه شديدة، والشعور بالجوع، والتعب، والإجهاد السريع لأقل مجهود، والتأخر في التئام الجروح، وفي المراحل المتقدمة يؤثر على القلب والعين ويؤدي إلى الإغماء (صدمة السكر).
- علاجه: يتم إما عن طريق حقن الأنسولين في الجسم أو استخدام بعض الحبوب المنشطة للبنكرياس، إلى جانب الالتزام بالحمية الغذائية، وتنقيص الوزن، وممارسة الرياضة.

صحة الجهاز الهرموني:

للمحافظة على سلامة الغدد الصماء يجب اتباع الآتي:

١- تناول وجبات غذائية متزنة تحتوي على مقادير ملائمة من البروتينات والدهون اللازمة لتكوين مختلف الهرمونات.

٢- ممارسة التمارين الرياضية التي تعمل على تنشيط الدورة الدموية.

٣- الامتناع عن تعاطي الكحول والمخدرات التي تؤدي إلى تلف الغدد الصماء، والأعضاء الهامة كالكبد والبنكرياس.

٤- عدم استخدام الأدوية إلا بعد استشارة الطبيب.

ويهمنا أن نعرف أنه نتيجة للتقدم العلمي وخاصة الهندسة الوراثية أصبح من الممكن إنتاج معظم الهرمونات عن طريق التقانة الحيوية، مثل الأنسولين، والاستفادة منها في علاج المرض.

تقويم الوحدة

١– علل لما يلي :تلقى البذور عشوائياً عند زراعتها في التربة .

– إنحناء ساق النبات نحو الضوء.

– يستعمل هرمون الفازوبرسين علاجياً لرفع ضغط الدم.

– يعتبر هرمون الأدرينالين هرمون النجدة في جسم الإنسان.

– تعد البنكرياس غدة قنوية وصماء.

– وجود ثمار الكمثرى خالية من البذور.

– زيادة سرعة نبضات القلب أثناء الغضب.

– تستجيب الغدة الدرقية لهرمون (TSH) دون غيره من الهرمونات.

٢– الغدد في جسم الحيوان نوعان ماهما؟ اعط أمثلة لكل نوع.

٣– عرف الهرمون.

٤– ارسم مخططاً لجسم الإنسان وبين عليه مواقع الغدد الصماء.

٥– اذكر أسماء أربعة من الهرمونات النباتية.

٦– ما الدور الذي يلعبه كل من هرمون البرولاكتين والأوكسيتوسين في الغدد الثديية؟

٧– اثبت بتجربة عملية الانتحاء الضوئي.

٨– ما الهرمونات التي تفرزها القشرة الكظرية؟

٩– من أين يفرز هرمون الأنسولين؟ وما وظيفته؟

١٠– وضح بجدول هرمونات القناة الهضمية وأجزائها الفارزة، ووظيفة كل هرمون.

١١– ما وظيفة الهرمونات الآتية:

– الأستروجين. – الأوكسينات.

١٢– ماذا تعرف عن:

– التضخم الدرقي. – هرمون البروجسترون. – السكري.

١٣– ارسم مخططاً يبين علاقات السيطرة والتحكم بين (تحت المهاد)، والفص الخلفي للغدة النخامية فيما يتعلق بإفراز الهرمونات.

١٤– ما أسماء الغدد التي تفرز:

١– هرمون الثيروكسين. ٢– الباراثورمون. ٣– المانع لإدرار البول.

١٥– ارسم مخططاً يبين تنظيم مستوى الجلوكوز في الدم.

الوحدة الثالثة

التكاثر في الكائنات الحية
Reproduction

قال تعالى: ﴿ وَمِن كُلِّ شَيْءٍ خَلَقْنَا زَوْجَيْنِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٤٩﴾ ﴾ [الذاريات]

أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- توضح أنواع التكاثر اللاجنسي في الكائنات الحية .

٢- توضح التكاثر الجنسي في النبات .

٣- تشرح التكاثر الجنسي في الحيوان .

٤- تحدد مكونات ووظيفة أجهزة التكاثر الذكرية والأنثوية في الإنسان .

٥- تتبع مراحل تكوين الأمشاج الذكرية والأنثوية في الإنسان .

٦- تصف أهم التغيرات التي تحدث في المبيض والرحم أثناء دورة الحيض .

٧- تصف مراحل تطور الجنين في أنثى الإنسان .

التكاثر Reproduction

ما سبب استمرار بقاء الكائنات الحية على الأرض منذ ملايين السنين؟

خلق الله تعالى الكائنات الحية وأودع فيها آلية إنتاج أفراد جديدة منها.

لتضمن إستمرار حياة نوعها، وهذه الآلية تعرف بالتكاثر. فتخيل ماذا يحدث إذا لم تستطع هذه الكائنات الحية التكاثر ؟ إن إستمرارية بقاء الكائنات المختلفة على سطح الأرض تعتمد على التكاثر الذي يحدث بطريقتين رئيستين هما: التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي الذي يحدث في معظم الكائنات الحية، وهناك كائنات حية أخرى تعتمد على الطريقتين في تكاثرها.

التكاثر اللاجنسي: Asexual Reproduction

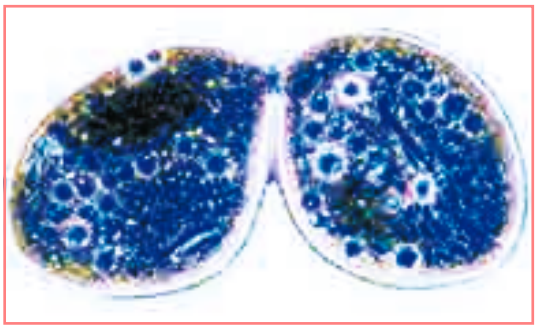
– ما المقصود بالتكاثر اللاجنسي؟

تكون الأفراد الناتجة عن هذا التكاثر مماثلة في جميع صفاتها للأصل. ويتم التكاثر اللاجنسي عادة بالانقسام المتساوى لخلايا الأصل ويمكن أن يحدث هذا الانقسام على مستوى عضيات الخلايا. ولهذا التكاثر أشكال عديدة منها:

١– الإنشطار الثنائي: Binary Fission

– ماذا يقصد بالإنشطار؟

انظر الشكل (١) ولاحظ كيفية إنقسام البراميسيوم حيث تنقسم الخلية إلى خليتين، كما يحدث ذلك أيضاً في البكتيريا والأوليات مثل اليوجلينا وبعض الفطريات.

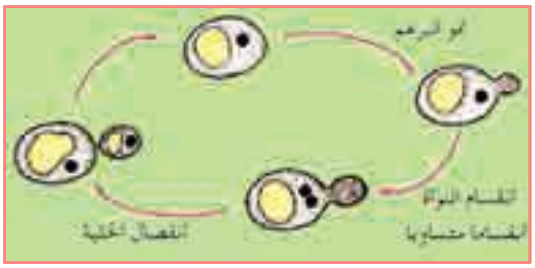


الشكل (١) الانشطار في البراميسيوم

٢– التبرعم: Budding

لاحظ الشكل (٢). ماذا يظهر على الجدار الخلوي في فطر الخميرة؟ وماذا يحدث للنواة؟

بعد ظهور بروز في الجدار الخلوي تنقسم النواة إنقساماً متساوياً لتعطي نواتين تتجه إحداهما إلى البروز، وتبقى الأخرى في الخلية الأم.



الشكل (٢) التبرعم في الخميرة

– ماذا يطلق على البروز الناتج؟

ينفصل البروز الناتج بعد تخصر في الجدار الخلوي وينمو ليعطي فطر جديد .

لاحظ الشكل (٣) . كيف يحدث التبرعم في الهيدرا؟

يتكون البرعم قرب القاعدة بسبب انقسام الخلايا هناك وينفصل البرعم بعد أن تنمو اللوامس مكوناً هيدرا جديدة .

الشكل (٣) التبرعم في الهيدرا

النشاط (١)

- نفذ النشاط : التكاثر بالتبرعم في فطر الخميرة في كراس الأنشطة والتجارب العملية .

٣– القطع والتجديد : Cutting and Regeneration

– ماذا يحدث في حالة قطع الإسفنج إلى قطع صغيرة وتركها في البيئة نفسها؟

الإسفنج من الكائنات عديدة الخلايا وبسيطة التركيب، فعندما يحدث لها قَطْع أو تمزق فإن القطع تنمو إلى أفراد جديدة وذلك لقدرة خلاياها على الانقسام، وتقل هذه القدرة برقي الكائن الحي، ففي الإنسان يتمثل ذلك بالتئام الجروح وجبر العظام بعد كسرها، وتجديد الدم وتجديد ما يستأصل من الكبد جراحياً .

٤– التبوغ (التجرثم) : Sporulation

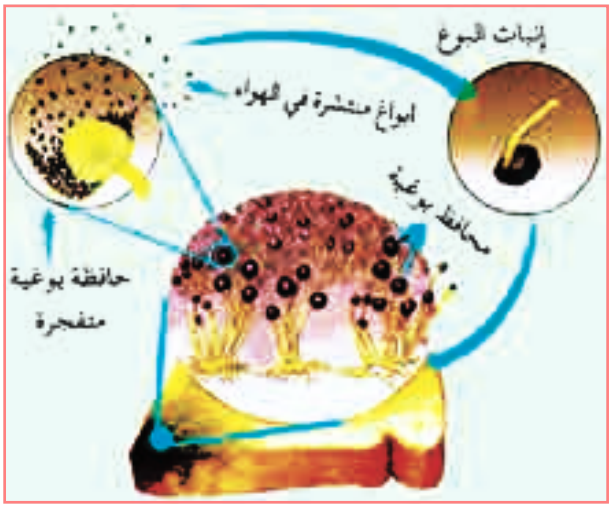
– ما البوغ ؟ وكيف يتكون ؟

– اذكر بعض الكائنات الحية التي يتم فيها التكاثر بتكوين الأبواغ ؟

تتم طريقة التكاثر بالتبوغ في بعض الكائنات الدنيا مثل الطلائعيات، والفطريات .

لاحظ تكاثر فطر عفن الخبز في الشكل (٤).

يحدث في الخلايا البوغية إنقسامات متساوية، ينتج عنها خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية تسمى أبواغاً، والتي تضغط على جدار الحافظة البوغية فتنفجر وتخرج منها الأبواغ التي يساعد حجمها الصغير على الإنتشار في الهواء. وتتميز هذه الأبواغ بالقدرة على النمو في بيئات تتصف بدرجة الحرارة والرطوبة وتوفر المواد العضوية لتعطي أفراداً جديدة، فمثلاً يستطيع الفرد الواحد من عش الغراب أن ينتج 500.000 بوغ ينمو كل منها إلى فطر جديد ليعيد دورة الحياة مرة أخرى.



الشكل (٤) التكاثر بالتبوغ في فطر عفن الخبز

النشاط (٢)

- نفذ النشاط : التكاثر بالتبوغ في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

٥- التكاثر الخضري : Vegetative Reproduction

– ما المقصود بالتكاثر الخضري؟

يحدث هذا النوع من التكاثر بشكل طبيعي في النباتات الزهرية، وذلك بنمو الأجزاء الخضرية (الورقة، أوالساق، أو الجذر) لتكون أنسجة تتمايز إلى أفراد جديدة تنفصل عن النبات الأم، ويستخدمه المزارعون لإكثار المنتجات الزراعية وضمان الصفات الجيدة التي توجد في النبات الأصلي، وكسب الوقت في الإنتاج. ويتم التكاثر الخضري إما بطريقة طبيعية أو صناعية، وذلك كما يأتي :

أ – طرق التكاثر الخضري الطبيعي :

ادرس الجدول رقم (١) مستعيناً بالشكل (٥) ثم أجب عن الأسئلة التي تلي ذلك.

جدول (١) طرق التكاثر الخضري الطبيعي

العضو	المثال	وصف العضو	آلية التكاثر
الساق الجارية Runner Stem	الفراولة	ساق تنمو أفقياً فوق سطح التربة.	تنمو من البراعم التي توجدعند العُقد سيقان وجذور وتتكون نباتات جديدة.
الريزوم Rhizome	النجيل والنعناع	ساق أرضية تنمو أفقية تحت سطح الأرض.	تنشط البراعم في آباط الأوراق الحرشفية التي تحتويها عُقدة الريزوم وتنمو إلى نبات جديد وتتكون له أفرع هوائية.
الساق الدرنية Tuber Stem	البطاطس	جزء منتفخ من ساق أرضية وتنتج من تخزين المواد النشوية فيها.	تنمو البراعم الجانبية في كل عين لتكون نبات جديد.
الكورمه Corm	القلقاس	قاعدة أرضية منتفخة لساق هوائية.	ينمو البرعم الطرفي مكوناً أفرعاً هوائية، وتنمو البراعم الجانبية لتكون نباتات بكورومات جديدة.
البصلة Bulb	البصل والثوم	انتفاخ تحت سطح الأرض مكون من أوراق منتفخة بمواد غذائية ترتكز على ساق قرصية قصيرة ويحيط بهذه الأوراق برعم طرفي وبراعم جانبية.	الأوراق الخضراء التي توجد فوق سطح التربة تصنع الغذاء الذي ينتقل إلى قواعدها للتخزين وتنمو البراعم الجانبية لتكون نباتاً وأبصالاً جديدة.
الفسيلة Offset	النخيل والموز	فرع قصير ينمومن براعم عرضية عند قاعدة الساق الأصلية (غالباً تحت سطح التربة).	ينمو الفرع القصير جانباً ليكون نباتاً جديداً ملتصقاً بالأم يمكن أن يفصل بعد سنتين من النمو ويزرع ليكون نباتا جديداً.
الورقة Leaf	نبات كالنشو	ورقة لحمية مخزنة للغذاء تحمل حافتها نتوءات تنشأ منها براعم صغيرة.	عندما تصل البراعم حجماً معيناً تسقط على التربة لتعطي نباتاً جديداً.

السلق الجارية

الريزوم

الدرنة

الكورمة

البصلة

فسيلة النخيل

ورقة كالنشو

شكل (٥) التكاثر الخضري الطبيعي

– ما طرق التكاثر الخضري الطبيعي؟
– حدد عضو التكاثر في كل طريقة ؟ وماذا يقصد به؟
– اذكر مثالاً لكل طريقة من طرق التكاثر الخضري الطبيعي؟ وبين آلية التكاثر فيه؟

النشاط (٣)

● نفذ النشاط الخاص بالتكاثر الخضري الطبيعي في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

ب- التكاثر الخضري الصناعي:

العامل المشترك في هذا النوع من التكاثر هو أن يقطع الإنسان جزءاً من النبات كالساق أو الجذر أو الأوراق، وجعله ينمو إلى نبات كامل. ورغم أن الإنسان يستعمل وسائل التكاثر الخضري الطبيعي إلا أنه استحدث طرقاً أخرى لإكثار النباتات اقتصادياً منها:

– التعقيل: Slipsor

ما العُقلة ؟ وكيف يمكن الحصول على أفضلها؟

الزراعة بالعُقل كما في نبات الجيرانيوم وتتم بقطع جزء من الساق يحتوي على برعمين أو ثلاثة على الأقل، وأفضلها وسط الفرع بحيث يقص الربع العلوي والربع السفلي ويؤخذ النصف المتوسط. وتُزرع العُقل في بيئة مناسبة بأن يترك برعم في الهواء والبرعم الثاني في مستوى سطح التربة، حيث تنمو جذور عرضية من مكان قطع الساق. ويستخدم التعقيل في العديد من نباتات الزينة مثل الورد والياسمين، وبعض النباتات الاقتصادية كالعنب والتين.

الشكل (٦) الإكثار بالعُقل

النشاط (٤)

● نفذ النشاط الخاص بتكثير النباتات بالتعقيل في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

– كيف يتم تحفيز عملية نمو الجذور في كثير من عُقل النباتات.

- **الترقيد :** Layering

لاحظ الشكل (٧) الذي يبين كيفية إستخدام طريقة دفن سيقان وأفرع بعض النباتات كالعنب والياسمين في التربة على عمق ٢٥سم، وهو لا يزال متصلاً بالنبات الأصل ثم ثني طرف الفرع إلى أعلى فوق سطح التربة ويثبت في وضع قائم فتنمو له جذور عرضية وتنمو البراعم كذلك، ويترك الفرع النامي متصلاً بالنبات الأصل فترة قصيرة من الزمن ثم يفصل عنه ليستقل بنفسه .

الشكل (٧) الإكثار بالترقيد

- **التطعيم :** Grafting

تستعمل هذه الطريقةلتحسين أشجار الفواكه، وفيها يتم نقل قطعة من ساق نبات معين عليه براعم، وتعرف بالطُعم، وتلصق بساق نبات آخر من نفس النوع أو الجنس، ويعرف بالأصل؛ ليستفيد الطعم من المجموع الجذري للأصل بينما يستفيد الأصل من المجموع الخضري للطعم . وهناك طرق مختلفة للتطعيم ويوضح (الشكل ٨) بعضها، ومنها :

الشكل (٨) الإكثار بالتطعيم

- التطعيم بالبرعم :

ويتم بأخذ برعم كامن تام النمو من نبات ذي صفات مرغوبة يراد إكثاره ويوضع في شق على شكل حرف T في النبات المطُعم الشكل (٨)، بحيث تنطبق أنسجة كامبيوم البرعم على كامبيوم الأصل ثم يربط عليهما برباط محكم، وبعد مدة ينمو البرعم ليكون النبات الجديد .

- التطعيم بالقلم:

يؤخذ الطعم وعليه برعمان أو ثلاثة ويبرى كالقلم، الشكل (٨). لماذا ؟

يُقطع ساق النبات المراد تطعيمه أفقياً بالقرب من سطح التربة ويعمل به شق يوضع فيه الطُعم بحيث تنطبق أنسجة الكامبيوم في الطُعم ونبات الأصل على بعضها، ثم يربط بعد ذلك مكان الطُعم ويطلى بالشمع. لماذا؟

ويمكن إستعمال أكثر من طُعم واحد إذا كان ساق الأصل كبيراً.

– ما شروط نجاح التطعيم؟

لنجاح عملية التطعيم يجب أن يكون بين الطُعم والأصل صفات متشابهة، أي يُطعم نباتان من الصنف نفسه، أو يُطعم صنف على صنف آخر من النوع نفسه، أويُطعم نوع على نوع آخر من الجنس نفسه. فمثلاً يمكن تطعيم البرتقال على الليمون، والتفاح على الكمثرى.

ويلجأ المزارعون إلى طريقة التطعيم لعدة أسباب منها:

– المحافظة على بعض أنواع من النباتات التي لا تنمو في بيئة معينة مثل إرتفاع نسبة الأملاح أو حموضة التربة.

– المحافظة على الصفات المرغوبة مثل حجم الثمار وطعمها ومقاومة النبات للأمراض.

٦– التكاثر العذري: Parthenogenesis

ويقصد به إنتاج أفراد من بويضات غير مخصبة، ويحدث ذلك في بعض الحشرات والزواحف والبرمائيات والأسماك. فملكة النحل تضع نوعين من البيض، مخصب ينمو ويتطور إلى إناث (الملكات أوالشغالات) وغير مخصب يتطور إلى ذكور. ولهذا تحتوي خلايا إناث النحل على مجموعة ثنائية من الكروموسومات (2n)، بينما الذكور فيها تحتوي خلاياها على المجموعة الأحادية من الكروموسومات (n). كما يحدث هذا النوع من التكاثر في النمل، وقد أمكن إحداثه صناعياً في بيوض الضفادع وقنافذ البحر.

التكاثر الجنسي: Sexual Reproduction

تحدث عملية التكاثر الجنسي بصفة عامة عند وجود نوع من الكائنات الحية يمكن لأفراده إنتاج أمشاج مذكرة وأمشاج مؤنثة؛ حيث تندمج محتويات المشيجين لتكوين اللاقحة (البويضة المخصبة) التي تنمو لتعطي في النهاية فرداً جديداً. مانوع الإنقسام الذي يؤدي إلى تكوين الأمشاج ؟ غير أن التكاثر الجنسي في الكائنات الراقية يختلف عنه في الكائنات البدائية.

التكاثر الجنسي في الطلائعيات:

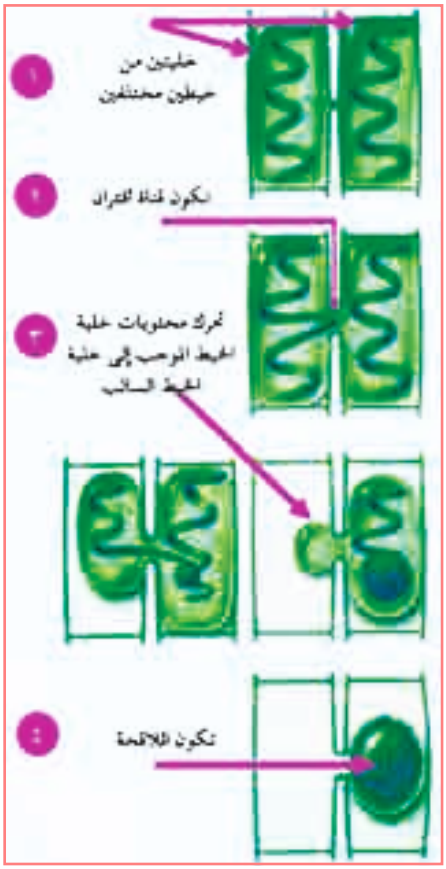
ويمكن توضيح بعض أنواع التكاثر الجنسي في الكائنات الطلائعية كما يأتي :

١ – الاقتران في طحلب الأسبيروجيرا : Conjugation In Spirogyra

– ماذا يُسمى الاقتران بين خليتين متقابلتين في خيطين من خيوط الأسبيروجيرا ؟

لاحظ الشكل (٩) وتتبع ما يحدث في هذا الاقتران في الخطوات المرقمة في الشكل والتي يمكن توضيحها كما يأتي :

أ – تنمو قناة اقتران بين خليتين متقابلتين في خيطين من خيوط طحلب الأسبيروجيرا .



الشكل (٩) الإقتران في طحلب الأسبيروجيرا

ب– تنتقل محتويات خلية أحد الخيطين، ويسمى الخيط الموجب إلى الخلية المقابلة في الخيط الآخر، ويسمى الخيط السالب .

جـ – تندمج نواة خلية الخيط الموجب مع نواة خلية الخيط السالب لتكوين اللاقحة (Zygot) 2n.

د – يستدير السيتوبلازم حول اللاقحة وتحاط الخلية بجدار سميك مكوناً الجرثومة الملقحة Zygospore تستقر في الوحل بعد موت النبات الأصلي .

هـ – بعد فترة كمون وعندما تصبح الظروف مناسبة تنقسم نواة الجرثومة الملقحة انقساماً منصفاً لينتج أربع أنوية (n) تبقى منها واحدة تنقسم عدة مرات إنقساماً متساوياً لتكون خيطاً طحلبياً جديداً .

يسمى الاقتران بين خليتين متقابلتين في خيطين مختلفين اقتراناً سلمياً، وإذا حدث بين خليتين متجاورتين في الخيط نفسه يسمى اقتراناً جانبياً .

النشاط (٥)

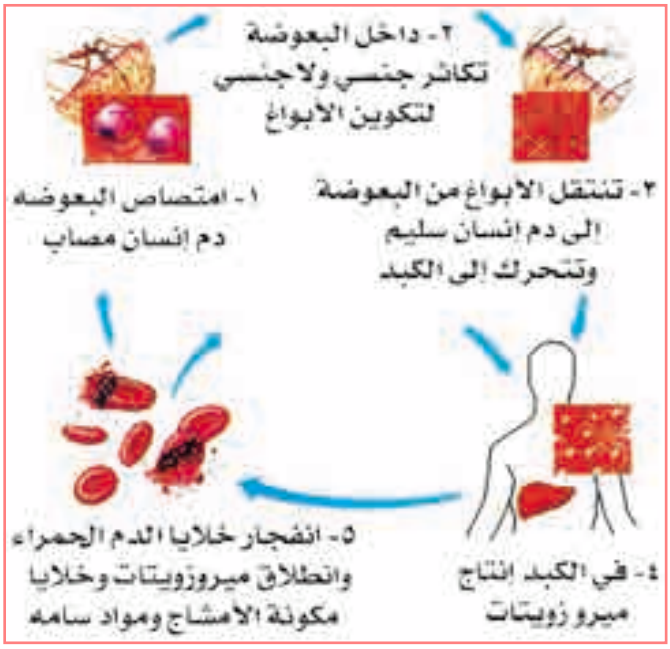
- نفذ النشاط الخاص بتكاثر طحلب الأسبيروجيرا بطريقة الإقتران في كتاب الأنشطة والتجارب العملية .

٢- التكاثر في البلازموديوم : Reproduction In Plasmodium

يشكل طفيل الملاريا Plasmodium خطراً كبيراً على صحة الإنسان وحياته، إذ يسبب حمى الملاريا التي تقتل عدة ملايين من البشر سنوياً في دول مختلفة ومنها بلادنا. ويقوم بنقل هذا المرض أنثى بعوض الأنوفليس.

– فأين يعيش بلازموديوم الملاريا؟ وكيف يتكاثر؟

ادرس الشكل (١٠)، ولاحظ أن دورة حياة بلازموديوم الملاريا من البعوضة إلى الإنسان تسير وفقاً للخطوات الآتية:



الشكل (١٠) دورة حياة بلازموديوم الملاريا

١- تلدغ البعوضة إنساناً مصاباً بالمرض وتمتص دمه الذي تحتوي خلاياه الحمراء على الخلايا المكونة لأمشاج Gametocytes طفيل البلازموديوم.

٢- تنضج الخلايا المكونة للأمشاج داخل البعوضة وتتحول إلى أمشاج مذكرة وأمشاج مؤنثة حيث تتحد الأمشاج مكونة اللاقحة، وتخترق اللاقحة جدار معدة البعوضة إلى الناحية المقابلة، وتتطور بالتكاثر اللاجنسي إلى الأبواغ sporozoite التي تنتقل إلى الغدد اللعابية للبعوضة.

٣- تلدغ البعوضة إنساناً آخر سليماً وتنتقل إلى دمه الأبواغ التي تتحرك إلى الكبد.

٤- تتكاثر الأبواغ لاجنسياً في الكبد وتنتج الميروزويتات.

٥- تدخل الميروزويتات مجرى الدم وتخترق خلايا الدم الحمراء وتتكاثر بها لاجنسياً، وينتج عن ذلك إنفجارها وانطلاق ميروزويتات وخلايا مكونة الأمشاج، ومواداً سامة، وتؤدي عملية إنفجار خلايا الدم الحمراء وانطلاق محتوياتها في الدم إلى ظهور أعراض حمى الملاريا بشكل دوري في جسم المريض.

– ما أعراض مرض الملاريا ؟

لاحظ في دورة حياة البلازموديوم تعاقب التكاثر الجنسي في البعوضة واللاجنسي في البعوضة والإنسان، ويعرف ذلك بتبادل الأجيال.

النشاط (٦)

- نفذ النشاط الخاص بفحص مجهري لتحضيرات من أطوار دورة حياة البلازموديوم المتضمن في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

التكاثر الجنسي في النباتات : Sexual Reproduction In Plants

يمكن للنباتات أن تتكاثر لاجنسياً –كما درست سابقاً– كما يمكنها أن تتكاثر جنسياً. وبعض الكائنات النباتية بسيطة التركيب، كالسرخسيات والحزازيات تتكاثر بالطريقتين (ظاهرة تبادل الأجيال)، ويمكن توضيح بعض أنواع التكاثر الجنسي في النبات كما يأتي:

١ – التكاثر في نبات الفيوناريا : Reproduction in Funaria

– صف نبات الفيوناريا ؟ وأين يوجد؟

يوجد هذا النبات على شكل نمو كثيف في الأماكن الرطبة والظليلة وينمو رأسياً ويصل طوله إلى ٢سم. ولكن كيف يتكاثر نبات الفيوناريا ؟

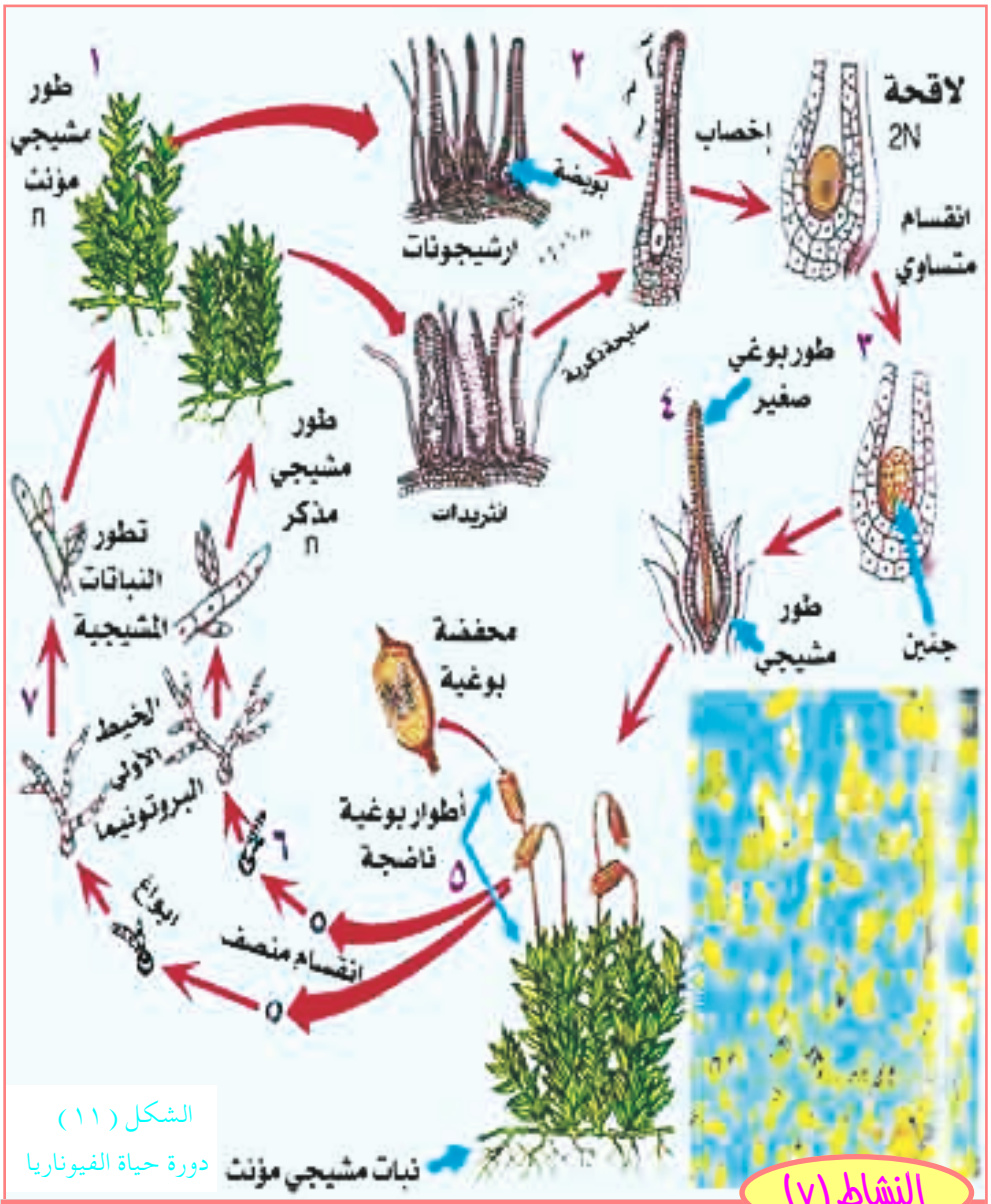
تتكون الأعضاء الجنسية المذكرة والمؤنثة في نهاية الساق كما في الشكل (١١). وهذه الأعضاء هي: الأنثريدة وتنتج الأمشاج المذكرة (سابحات ذكرية)، والأرشيجونة وتنتج الأمشاج المؤنثة (البويضة) وعندما تنضج خلية البويضة تتحرك السابحات الذكرية في الماء أو الرطوبة لتصل إلى البويضة فتخصبها.

ما نوع الانقسام الذي يحدث في البويضة المخصبة (اللاقحة) بعد ذلك؟

يؤدي انقسامات اللاقحة إلى تكوين نبات بوغي مختلف عن النبات المشيجي، فهذا الأخير يتكون من شبه ساق وأشباه أوراق وجذور، بينما النبات البوغي يتكون من القدم المتصل بخلايا شبه الساق والعنق والعلبة وبها خلايا مولدة للأبواغ. وعندما تنقسم هذه الخلايا تعطي أبواغاً تتحرر عند النضج، ويبدأ كل بوغ بالإنبات ليكون خيطاً أولياً أخضر متفرعاً يسمى بروتونيما Protonema تنمو منه براعم مكونة الطور المشيجي الجديد.

– ماذا يسمى تتابع الطورين المشيجي والبوغي في دورة حياة الفيوناريا ؟

تَتبَّع دورة حياة نبات الفيوناريا في الشكل (١١)، ولاحظ أن النبات يمر بطورين أثناء دورة الحياة، وهما الطور المشيجي، والطور البوغي .



الشكل (١١)
دورة حياة الفيوناريا

النشاط (٧)

- نفذ النشاط الخاص بفحص عينة محفوظة وشرائح مجهرية لنبات الفيوناريا والمتضمن في كتاب الأنشطة والتجارب العملية .

٢- التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية :

- أين يتم التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية؟ وكيف يتم ذلك؟

يتم التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية بتكوين الأمشاج المذكرة (حبوب اللقاح) في المتك والأمشاج المؤنثة (البويضات) في المبيض، ثم إندماج محتويات حبة اللقاح مع البويضة لتكوين اللاقحة « Zygote » .

- ما الأجزاء الزهرية التي تنتج الأمشاج ؟

تتكون حبوب اللقاح في المتك والبويضات في المبيض. وهناك نوعان من الأزهار هما :

أ - **أزهار ثنائية الجنس** : Bisexual تحتوي الزهرة على أعضاء التذكير والتأنيث معاً، كما في نباتات الفول والمشمش والصنوبر.

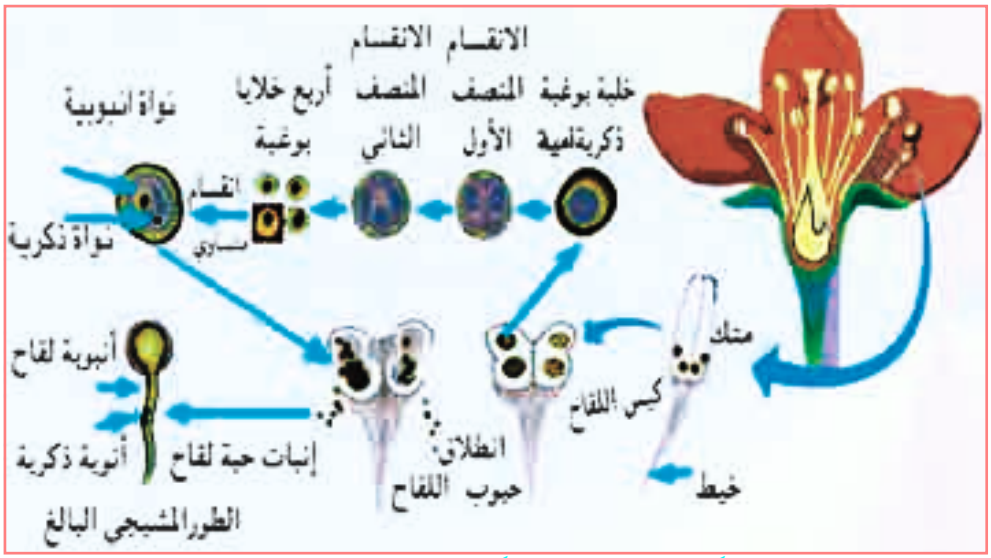
ب- **أزهار أحادية الجنس** : Monosexual

تحتوي الزهرة على أعضاء التذكير أو أعضاء التأنيث كما في نبات النخيل.

تكوين حبوب اللقاح والبويضات في الزهرة يمكن توضيح خطوات تكوين حبوب اللقاح والبويضات في النبات كما يأتي :

أولاً : خطوات تكوين حبوب اللقاح

انظر الشكل (١٢) ولاحظ أن المُتك يتكون عادة من أربعة أكياس تنمو فيها الخلايا البوغية الذكرية الأم التي تحتوي على (2n) .



الشكل (١٢) خطوات تكوين حبوب اللقاح

- تنقسم كل خلية بوغية ذكرية أم انقساماً منصفاً لينتج عنه أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (n) وعند ما تنفصل عن بعضها تسمى كل منها بالبوغ الصغير Micro-Spore (n)
- تنقسم نواة البوغ الصغير انقساماً متساوياً لينتج عنه نواتان إحداهما أنبوبية Tube Nucleus والأخرى تناسلية (مولدة) Generative Nucleus .
- تمر خلية البوغ الصغير بعملية نمو وتمايز وتحاط بجدار داخلي رقيق وخارجي سميك يتخذ أشكالاً مختلفة يميز نوع النبات ويطلق عليها حبة اللقاح الناضجة.
- تنفتح أكياس المتك، وتتناثر حبوب اللقاح لتنتقل إلى البويضة فكيف يتم ذلك؟

موضوع للمناقشة	• ما آلية انفتاح أكياس حبوب اللقاح.

النشاط (٨)

– نفذ النشاط الخاص بفحص: مقطع عرضي من متك زهرة نبات، وتحضيرات جاهزة لحبوب لقاح من أزهار متنوعة متوفرة في بيئتك في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

ثانياً: تكوين البويضة:

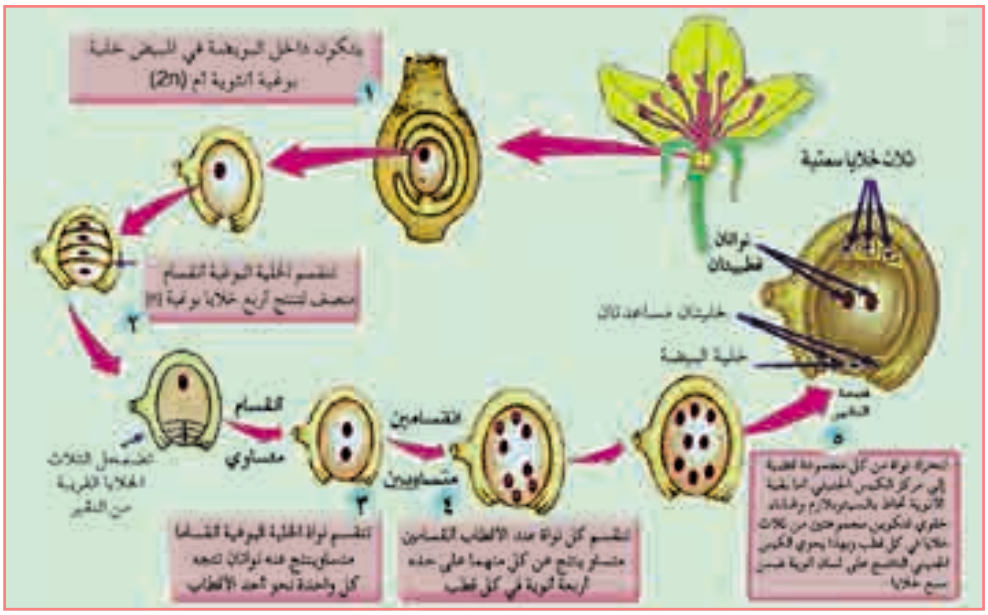
الشكل (١٣) نشؤ البويضه من جدار المبيض

انظر الشكل (١٣) ولاحظ أن البويضة تنشأ في البداية بظهور نتوء في الجدار الداخلي للمبيض يسمى النيوسيلة Nucellus والتي تحاط بغلاف أو غلافين تخرج منهما قناة في القمة تسمى النقير، وتتميز إحدى خلايا النيوسيلة لتكون الخلية البوغية الأنثوية الأم Megaspore Mother Cell(2n).

لاحظ الشكل (١٤) وتتبع خطوات تكوين البويضة الناضجة من الخلية البوغية الأنثوية الأم.

– ما عدد الخلايا الأنثوية في الكيس الجنيني الناضج؟ سمّ هذه الخلايا.

تقع خلية البيضة Egg Cell والتي تمثل المشيج المؤنث (n) مقابل فتحة النقير، ويحيط بها خليتان مساعدتان Synergids، والنواتان القطبيتان في مركز الكيس الجنيني تكونان خلية ثنائية النوى (2n) تسمى خلية الأندوسبيرم الأم.



الشكل (١٤) خطوات تكوين البويضة

النشاط (٩)

- نفذ النشاط الخاص بتركيب عضو التأنيث في نبات الفول وتركيب البويضة من خلال شريحة جاهزة لإحدى البويضات في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

التلقيح والإخصاب في النباتات الزهرية :

تنقل حبوب اللقاح الناضجة من المتك إلى الميسم بواسطة الرياح أو الحشرات أو الطيور أو الماء أو الإنسان وعندما تسقط حبة اللقاح على الميسم يحدث لها ما يأتي :

١– تنتفخ بامتصاص الماء.

٢– تظهر أنبوبة اللقاح من أحد المسامات وتنمو مخترقة أنسجة الميسم والقلم والمبيض بفعل إنزيمات مُحللة يفرزها طرف أنبوبة اللقاح.

٣- تصل أنبوبة اللقاح إلى الكيس الجنيني عبر فتحة النقير.

٤- في أثناء نمو أنبوبة اللقاح تتحرك النواة الأنبوبية في أسفلها أولاً ثم تنقسم النواة المولدة لتعطي نواتين ذكريتين كلاهما أحادية المجموعة الكروموسومية، انظر الشكل (١٥).

النشاط (١٠) • نفذ النشاط الخاص بدراسة أنواع وتركيب حبوب اللقاح في كتاب الأنشطة .

كيف تتم عملية الإخصاب؟

عندما تنتقل النواتان الذكريتان إلى داخل الكيس الجنيني تتحد إحداهما مع نواة خلية البيضة فتتكون اللاقحة ثنائية المجموعة الكروموسومية وتتحد النواة الأخرى مع النواتين القطبيتين لتكون نواة الأندوسبيرم الأولية ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3n) ويطلق على عملية الإخصاب هذه الإخصاب المضاعف Double Fertilization أو المزدوج وهي إحدى خواص النباتات مغطاة البذور.

الشكل (١٥) عملية الإخصاب في النبات الزهري

١- البذرة والثمر:

بعد عملية الإخصاب تنقسم اللاقحة عدة مرات ليتشكل الجنين وتستمر عملية النمو حتى تتكون البذرة.

- مم تتركب البذرة؟

تنقسم نواة الأندوسبيرم (3n) انقساماً متساوياً لتعطي نسيج الأندوسبيرم ثلاثي المجموعة الكروموسومية المغذي للجنين. وقد يحدث أن يتغذى الجنين على الأندوسبيرم أثناء نموه وما تبقى يُخزن في الفلقتين لذلك يختفي الأندوسبيرم (يخزن في الفلقات) وتسمى البذور عندئذ لاأندوسبيرمية كبذر نباتات ذوات الفلقتين مثل الفول والفاصوليا، أو يمتص الجنين بعض الأندوسبيرم والبعض الآخر يبقى محيطاً بالجنين لذا تكون هذه البذور أندوسبيرمية كبذور ذات الفلقة الواحدة مثل حبة الذرة والقمح.

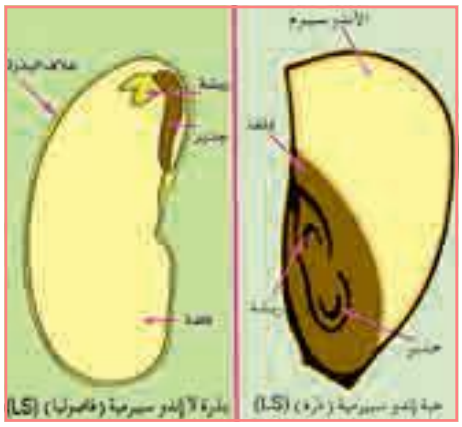
– إلى ماذا تتحول البويضة الناضجة بعد الإخصاب؟

انظر الشكل (١٦) وتعرف على تركيب البذرة، لاحظ أن الجنين يتركب من:

١– محور قصير ينتهي طرفه من ناحية النقير بالجذير ومن الطرف المقابل بالريشة.

٢– يتصل المحور بورقة جنينية واحدة في ذوات الفلقة الواحدة أو ورقتين جنينيتين في ذوات الفلقتين وهذه الأوراق هي الفلقات.

ماذا ينتج عن نمو الجذير والريشة؟



الشكل (١٦) تركيب البذرة

النشاط (١١)

- نفذ النشاط (١١) دراسة عملية لتركيب بعض البذور في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

٢– تكوين الثمرة:

تعد عملية الإخصاب حافزاً لتكوين هرمونات خاصة تعمل على تضخم ونمو جدار المبيض وتحويل المبيض إلى ثمرة. اذكر الهرمون الذي يقوم بذلك. وبعد نضج المبيض تذبل بقية أجزاء الزهرة وتتساقط وقد تشترك في تكوين الثمرة كالتخت (كما في التفاح).

– مم تتركب الثمرة ؟

عند اكتمال نضج الثمرة يتكون لها ثلاث طبقات أو أغلفة هي:

١– خارجية جلدية.

٢– وسطى متشحمة وهي التي تؤكل في أغلب الثمار (كالبلح والسدر).

٣– داخلية صلبة تحمي البذرة بداخلها ويختلف سمك وطبيعة وتركيب الطبقات الثلاث في الثمار المختلفة. (هل تعتبر حبة القمح بذرة أم ثمرة؟) .

في حبة القمح والذرة وبعض الحبوب يندمج غلاف الثمرة مع غلاف البذرة لتكوين الحبة لهذا السبب تعتبر حبة القمح ثمرة وليست بذرة.

وقد وجد أن بعض النباتات تنتج ثماراً خالية من البذور تسمى بالثمار العذرية Parthenocarpic Fruit مثل بعض أصناف العنب. فما أسباب ذلك؟

يرجع تكوين الثمار العذرية إلى عدة أسباب منها:

- تكوين الثمرة دون تلقيح كما في البرتقال والموز.
- تكوين الثمرة بعد حدوث التلقيح والإخصاب دون تكون الجنين كما في العنب.
- يمكن إنتاج ثمار عذرية صناعياً برش أزهار النباتات بهرمونات نباتية قبل حدوث الإخصاب فيها مثل نبات الشمام.

التكاثر الجنسي في الحيوان: Sexual Reproduction in Animal

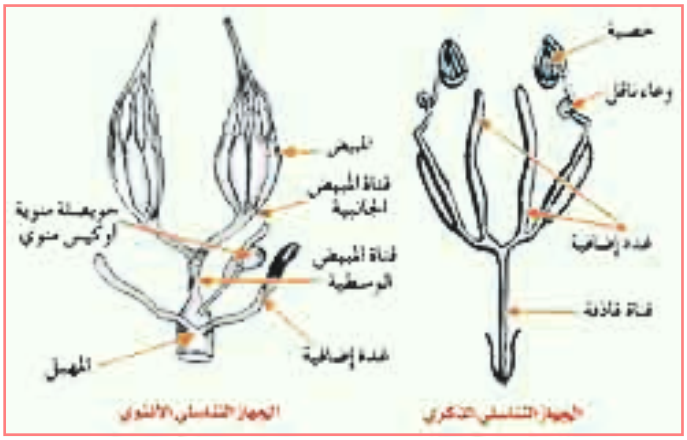
تعتمد الحيوانات اللافقارية والفقارية على التكاثر الجنسي في الحفاظ على نوعها. وسوف نناقش التكاثر الجنسي في الحشرات كمثال للحيوانات اللافقارية والتكاثر الجنسي في الإنسان كمثال للحيوانات الفقارية وذلك كما يأتي:

التكاثر الجنسي في الحشرات:

الحشرات وحيدة الجنس أي إن هناك ذكراً ينتج أمشاجاً ذكرية، وأنثى تنتج أمشاجاً أنثوية، ويتم التكاثر عن طريق اندماج الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية.

ممَّ يتكون الجهازان التناسليان الذكري والأنثوي في الحشرات؟

الجهاز التناسلي في الحشرات:



الشكل (١٧) الجهاز التناسلي في الحشرات

لاحظ الشكل (١٧) وتعرف على كل جزء من أجزاء الجهاز التناسلي في الحشرات.

- ما الوظائف المتناظرة التي تقوم بها الأعضاء في الجهازين التناسليين للذكر والأنثى؟

– ادرس الجدول (٢) الذي يبين ذلك .

جدول (٢) الوظائف المتناظرة لأعضاء الجهازين التناسليين لذكر وأنثى الجراد

الجنس	إنتاج الخلايا التناسلية	مكان تخزين الإنتاج	منطقة توصيل الإنتاج إلى الفتحة التناسلية	منطقة نقل الخلايا التناسلية إلى الخارج
الذكر	الخصيتان	الحوصلتان المنويتان	الوعـاءان الناقـلان والقناة	طرف القضيب
الأنثى	المبيضان	المبيضان لتخزين البيض والكيس المنوي لتخزين الحيوانات المنوية الواردة من الذكر .	القاذفه . قناتا المبيض الجانبيتان وقناة البيض المشتركة والمهبل وقناة الكيس المنوي .	المهبل

بعد الإخصاب تضع الأنثى البيض على شكل كتلة في حفرة طويلة في الرمل وهي ملتصقة بمادة غروية، ثم تغطى الحفرة بمادة غروية، وبعد فترة تخرج من البيض أجنة تسمى الحوريات .

التكاثر في الإنسان : Reproduction In Human

يشترك الجهازان التناسليان الذكري والأنثوي في الإنسان لإنتاج النسل، وتقوم أعضاء هذين الجهازين بتكوين الأمشاج ونقلها إلى مكان الأخصاب، وتفرز هذه الأعضاء الهرمونات الجنسية التي تنظم عملية التكاثر .

– اذكر بعض الهرمونات الجنسية ووظيفة كل منها ؟

الجهاز التناسلي الذكري Male Reproductive System

لاحظ الشكل (١٨– أ) وتعرّف على مكونات هذا الجهاز، حيث يتكون مما يأتي :

١ – الأعضاء التناسلية الأساسية وتشمل :

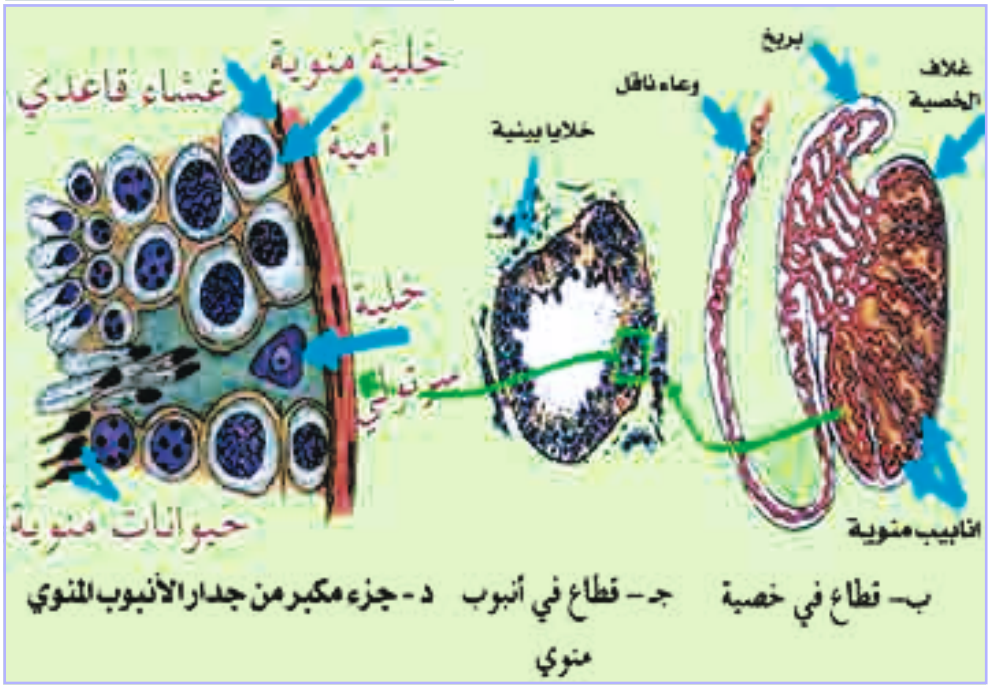
الخصيتين : توجد كل خصية داخل كيس يدعى كيس الصَّفَن، وتتكون الخصية من عدد من الفصوص، وفي كل فص عدد من الأنابيب المنوية الدقيقة، المبطنة بنسيج طلائي يحتوي على نوعين من الخلايا (الشكل ١٨–جـ) هما :

– **خلايا سرتولي** : Sertoli Cells

وتعمل على تدعيم الحيوانات المنوية وتغذيتها .

- **الخلايا المنوية الأم:** Spermatogonia

تنشأ منها الحيوانات المنوية، وترتبط الأنابيب المنوية بنسيج يحتوي على أوعية دموية، وخلايا بينية تسمى خلايا ليدج Leydig Cells والتي تفرز هرمون التستوستيرون Testosterone



الشكل (١٨) الجهاز التناسلي الذكري في الإنسان

الذي يعمل على إظهار الصفات الجنسية الثانوية في الذكر.

- ما هي هذه الصفات ؟

٢- الأعضاء التناسلية الثانوية (المساعدة) :

لاحظ الشكل (١٨) وادرس الجدول (٣)، لتتعرف على الأعضاء التناسلية الثانوية في ذكر الإنسان، ثم أجب على الأسئلة التي تليه :

جدول (٣) الاعضاء التناسلية الثانوية في الذكر

الأعضاء التناسلية المساعدة	الاسم	الوصف	الدور
القنوات التناسلية الناقلة	البربخ Epididymis	وعاء مُلتوٍ (مبطن بنسيج) تتجمع فيه قنوات صادرة من الأنابيب المنوية .	مستودع رئيس للحيوانات المنوية يفرز نسيجه موادا غذائية، وموادا أخرى تحافظ على حيوية الحيوانات المنوية وتعمل على نضجها وتكسبها القدرة على الإخصاب والحركة .
	الوعاء الناقل Vas deferens	قناة رفيعة سميكة الجدار ممتدة من البربخ وتلتف حول المثانة حتى تلتقي مع قناة الحويصلة المنوية .	نقل الحيوانات المنوية إلى الإحليل .
	الإحليل Urethra	قناة تكونت من اشتراك قنوات الأوعية الناقلة والغدد المساعدة مع قناة المثانة لتصبح مشتركة تمر خلال القضيب وتفتح بالفتحة البولية الخارجية .	نقل البول والحيوانات المنوية
الغدد التناسلية المساعدة	الحوصلتان المنويتان Seminal Vesicles	زوج من أكياس تقع إلى الجهة الخلفية من المثانة البولية .	إفرازمادة مخاطية غنية بالفركتوز لتزويد الحيوانات المنوية بالطاقة كما تحتوي على حموض دهنية معدلة تعمل على تنبيه انقباض عضلات الرحم، فتساعد في حركة السائل المنوي نحو البويضة .
	غدةالبروستات Prostate gland	غدة تحيط جذر الإحليل .	إفراز سائل قاعدي يعادل حموضة المهبل والسائل المنوي الناتج عن نشاطات الحيوانات المنوية المخزونة .
	غدتا كوبر Cowper’s gland	غدتان تفتحان في الإحليل .	تفرزان كمية قليلة من سائل يساعد في معادلة حموضة بقايا البول في الإحليل .

– ما الغدد التناسلية الثانوية؟

– عدّد القنوات والغدد التي يشملها كل نوع؟ صفها وحدد دورها؟

تكوين الحيوانات المنوية : Spermatogenesis

– تعد عملية إنتاج الحيوانات المنوية عملية مستمرة في الإنسان البالغ.أين تتم هذه العملية؟ وما مراحلها؟

لتتعرف على ذلك ادرس الجدول التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه :

المرحلة	وصف أحداثها
	تتمايز الخلايا التناسلية الأصلية لتنتج الخلايا المنوية الأم Spermatogonia
	تنمو بعض الخلايا المنوية الأم، وتنقسم كل منها انقساماً متساوياً لتعطي خلايا منوية ابتدائية Primary Spermatocytes
	تنقسم كل خلية منوية ابتدائية انقساماً منصفاً أولياً لتنتج خلايا تحتوي نصف العدد الأصلي من الكروموسومات وتسمى الخلايا المنوية الثانوية Secondary Spermatocytes وتنقسم كل خلية منوية ثانوية بالانقسام المنصف الثاني (متساوي) إلى طلائع منوية (Spermatids) وتمر بعمليات نمو وتمايز لتتحول إلى حيوانات منوية Spermatozoa.

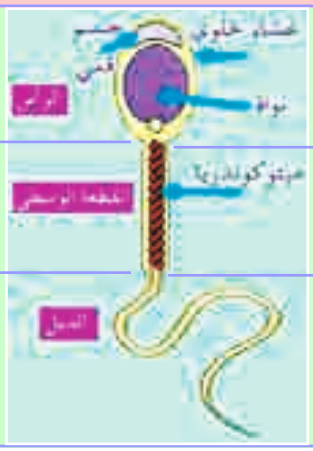
اختصرت عدد الكروموسومات في الإنسان (٤٦) إلى (٤) للتبسيط .

– ما مراحل تكوين الحيوانات المنوية؟ – صف أحداث كل مرحلة.

تركيب الحيوانات المنوية:

الحيوان المنوي خلية يبلغ طولها نحو (60) ميكرون (0.06) ملم ولتتعرف على تركيبه ادرس الجدول (٥):

جدول (٥) أجزاء الحيوان المنوي ووصفها

أجزاء الحيوان المنوي	وصف الأجزاء
	تتضمن نواة أحادية المجموعة الكروموسومية (n) ويوجد في مقدمته الجسم القمي يحتوي على إنزيمات هاضمة.
	تحتوي على عدد من الميتوكوندريا لإنتاج الطاقة على شكل ATP واللازمة لحركة الحيوان المنوي.
	زائدة تمثل امتداداً للغشاء الخلوي وله النمط التركيبي للأهداب والزوائد (2+9) وهو المحرك الذي يدفع الحيوان المنوي دفعاً نشيطاً إلى الأمام.

– ما الأجزاء الرئيسة للحيوان المنوي؟

– ما أهمية الآتي: الجسم القمي، الميتو كوندريا، الذيل.

الجهاز التناسلي الأنثوي Female Reproductive System

ما دور الجهاز التناسلي الأنثوي في الإنسان؟

يقوم الجهاز التناسلي في أنثى الإنسان بإنتاج البويضات، وفي حالة إخصاب البويضة يتطور فيه الجنين وينمو حتى الميلاد.

– مم يتكون هذا الجهاز؟

تعرف على أجزاء الجهاز التناسلي الأنثوي في الشكل (١٩) وكيف يتكون من أعضاء تناسلية أساسية وأعضاء تناسلية ثانوية(مساعدة) وذلك كما يأتي:

١– الأعضاء التناسلية الأساسية وهي: المبيضان، لاحظ موقعهما على جانبي الرحم. ويرتبط المبيض بكل من الرحم وقناة فالوب بواسطة نسيج ضام، ويوجد في المنطقة الخارجية من المبيض حويصلات مختلفة

الأحجام بعضها تحتوي على بويضة محاطة بنسيج طلائي وتعرف بحوصلة جراف Grafian Follicle ويعد تكوين الحويصلات أهم وظائف المبيض إضافة إلى إفراز الهرمونات الجنسية الأنثوية كالإستروجينات.

الشكل (١٩) الجهاز التناسلي الأنثوي

٢- الأعضاء التناسلية الثانوية وتشمل:

- **قناتي فالوب** Fallopian Tubes .

وتبلغ طول كل قناة حوالي ١٠سم، وجدارها مكون من ثلاث طبقات وتحتوي خلايا الطبقة الداخلية على أهداب تساعد حركتها، إضافة إلى انقباض العضلات الملساء في جدار قناة فالوب، على دفع البويضة نحو الرحم.

- **الرحم** Uterus

عضو عضلي تتكون بطانته من نسيج طلائي وأوعية دموية، ويعتبر الرحم ممر الحيوانات المنوية عند الإخصاب، ويحدث فيه الطمث، ومكانا لزرع الجنين ونموه حتى ميلاده.

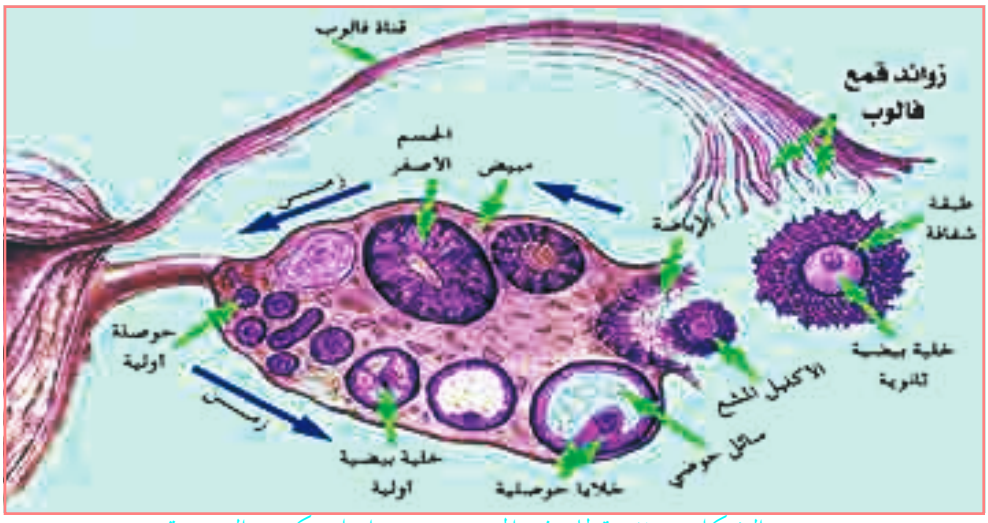
- **المهبل** Vagina

قناة عضلية تنقل إفرازات الرحم إلى خارج الجسم، وتسمى كذلك قناة الولادة لخروج الوليد عبرها، وتسبح فيها الحيوانات المنوية إلى داخل الرحم.

تكوين البويضات : Oogenesis

يتم تكوين البويضات في مبيض الأنثى البالغة عبر مراحل مختلفة. لاحظ الشكل (٢٠)، لتتعرف على مراحل تكوين البويضة في الإنسان، وادرس الجدول(٦). وأجب عن الأسئلة التالية:

- ما المراحل المختلفة لتكوين البويضات في أنثى الإنسان البالغة؟ صف كل مرحلة؟
- بماذا تختلف الخليتان الناتجتان عن الانقسام المنصف الأول؟
- كم عدد الكروموسومات في البويضة الناضجة.



الشكل (٢٠) قطاع في المبيض يبين مراحل تكوين البويضة .

جدول (٦) مراحل تكوين البويضات

المرحلة	الوصف
	تنقسم الخلايا التناسلية الأولية انقسامات متساوية لتنتج خلايا بيضية أم Oogonia
	تنمو وتتطور الخلية البيضية الأم إلى خلايا بيضية أولية . Primary Oocytes
	تمر الخلية البيضية بالمرحلة الأولى من الانقسام المنصف لتنتج خلية كبيرة الحجم تُسمى الخلية البيضية الثانوية Secondary Oocyte وخلية صغيرة الحجم تسمى الجسم القطبي الأول First polar body – تدخل الخلية البيضية الثانوية المرحلة الثانية في الانقسام المنصف عند حدوث الإخصاب باختراق الحيوان المنوي لغشاء الخلية البيضية، وتستمر المرحلة الثانوية من الانقسام لتنتج البويضة الناضجة والجسم القطبي الثاني، وقد ينقسم الجسم القطبي الأول إلى جسمين قطبيين (إضافية) .

اختصر عدد الكروموسومات في الإنسان (٤٦) إلى (٤) للتبسيط .

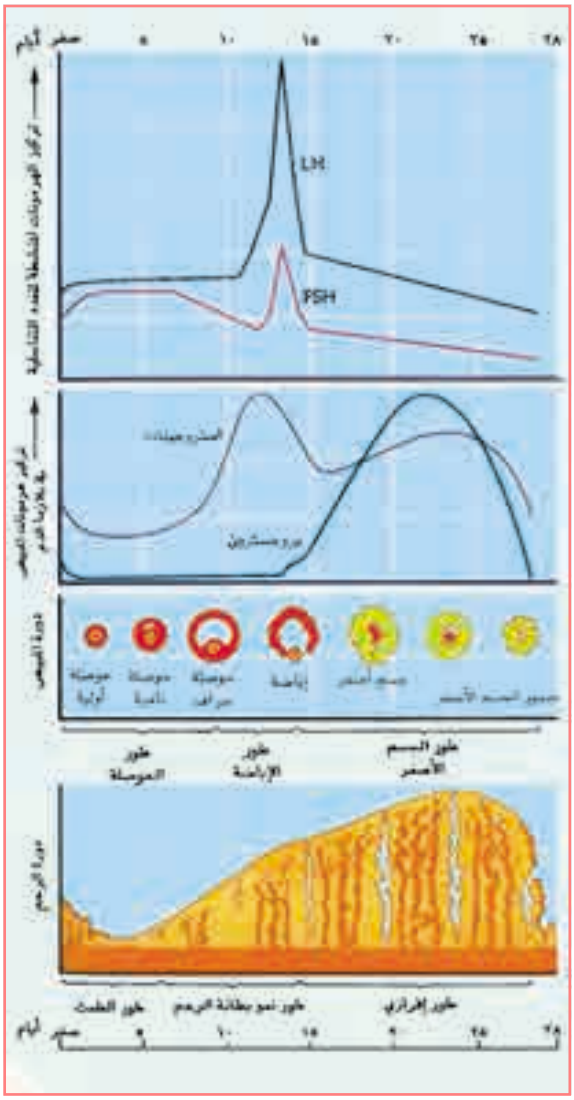
النشاط (١٢)

- نفذ النشاط الخاص بفحص شرائح مجهرية جاهزة لقطاعات عرضية في كل من خصية ومبيض حيوان ثديي في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

قضية للبحث

- ابحث في موضوع بنوك الأمشاج.

دورة الحيض Menstrual Cycle



الشكل (٢١) دورة الحيض

ماذا يقصد بدورة الحيض؟

تحدث تغيرات دورية كل (٢٨ يوماً) تقريباً في مبيض وبطانة الرحم لأنثى الإنسان البالغة، « مالم تتم عملية الإخصاب »، وتسمى هذه التغيرات دورة الحيض.

لاحظ الشكل (٢١) وتعرف على أقسام دورة الحيض الآتية:

١ – دورة المبيض وتقسم إلى :

أ – طور الحوصلة: وفيه تنضج إحدى الحوصلات مكونة بداية الدورة في أحد المبايض.

ب – طور الإباضة. ماذا يحدث لحوصلة جراف؟ ومتى؟

جـ – طور الجسم الأصفر: في هذا الطور تلتئم الحوصلة الخالية من البويضة مكونة الجسم الأصفر ويستمر الجسم الأصفر حتى نهاية الدورة، في حالة حدوث الحمل وتفرز هرمونات أهمها الاستروجين والبروجستيرون.

– ما الهرمونات الحافزة لأطوار دورة المبيض؟ ومن أين تفرز؟

لاحظ أن هرموني الجسم الأصفر يعملان على تثبيط الهرمونات الحافزة لأطوار المبيض لمنع نضج حوصلة جديدة.

٢– دورة الرحم:

ما أطوار هذه الدورة؟ ماذا يحدث فيها؟

لاحظ أنه في طور النمو والإفراز يزداد سمك بطانة الرحم وتصبح غنية بالأوعية الدموية والإفرازية لتوفير بيئة ملائمة لنمو الجنين، ويحدث ذلك بتأثير هرموني البروجسترون والإستروجين.

ماذا يحدث اذا لم تخصب البويضة؟

يضمر الجسم الأصفر في اليوم (٢٤ للدورة تقريباً) وينخفض تركيز هرموناته مما يسبب انسلاخ بطانة الرحم وخروجها مع نزيف من الشعيرات الدموية يستمر من (٣–٥) أيام ويسمى ذلك طور الحيض.

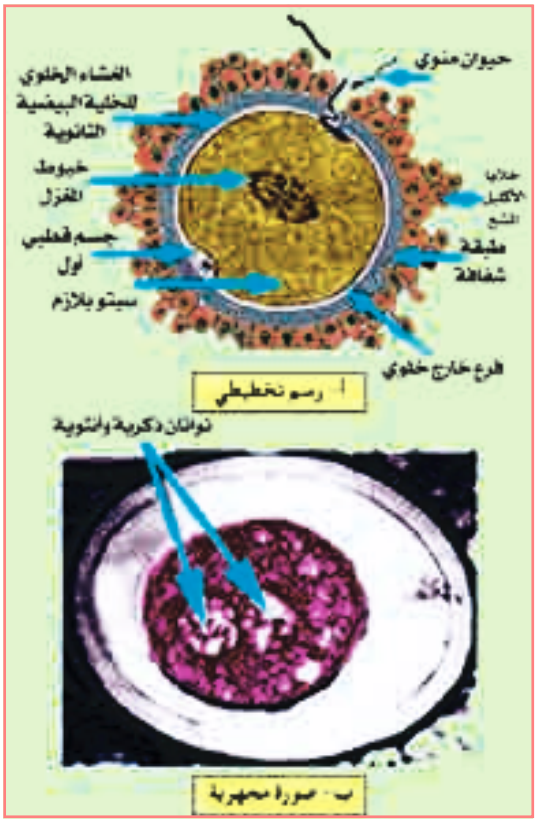
الإخصاب Fertilization

– ما المقصود بعملية الإخصاب وكيف تتم؟

لاحظ الشكل (٢٢). وكيف تتم عملية الإخصاب في الثلث الأول من قناة فالوب وفقاً للخطوات الآتية:

١– يخترق الحيوان المنوي المنطقة الشعاعية للخلية البيضية الثانوية ليصل للمنطقة الشفافة. ما الذي يساعده في تحليل هذه الطبقة؟

٢– يلتحم الغشاء البلازمي في الحيوان المنوي مع غشاء الخلية البيضية مما يساعد على إفراز أنزيمات من خلايا قشرية تقع تحت غشاء الخلية لتكون طبقة قاسية تقلل من احتمال دخول أكثر من حيوان منوي واحد.



الشكل (٢٢) عملية الإخصاب

٣- يدخل رأس الحيوان المنوي سيتوبلازم البويضة بعد أن يفقد ذيله وبذلك تكتمل الخلية البيضية لتكون بويضة « Ovum » وجسم قطبي ثاني يختفي فيما بعد .

٤- تنتقل نواة البويضة ونواة الحيوان المنوي إلى وسط البويضة وتندمج النواتان لتكون اللاقحة « Zygot » .

قضية للبحث	• ابحث في موضوع الإخصاب خارج الرحم .

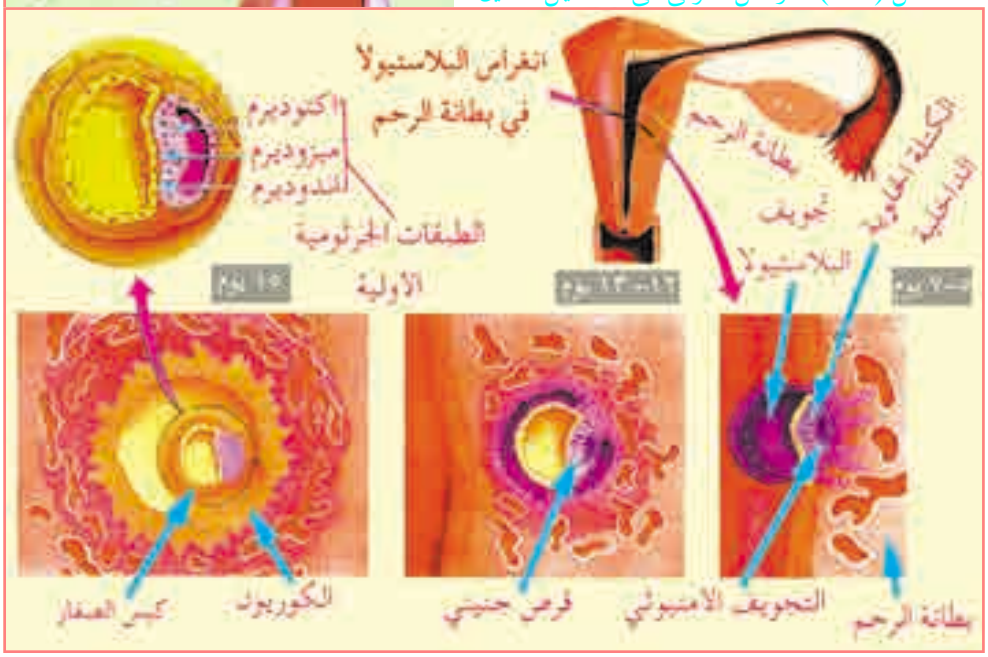
تكوين الجنين:

تعد البويضة المخصبة (اللاقحة) أول خلية جسمية من الطفل الذي تحمله أمه تسعة أشهر . فما التغيرات التي تحدث خلال هذه الفترة . لتتعرف على ذلك . ادرس الجدول (٧) مستعيناً بالشكل (٢٣-٢٤) .

جدول (٧) يبين مراحل تغيرات البويضة المخصبة

المرحلة	التغيرات
الشهور الثلاثة الأولى	- مجموعة من انقسامات متساوية تسمى عملية التفلج (اليوم الأول) . - تكوُّن كتلة من (١٦) خلية تسمى التوته Morula (اليوم الثالث) . - تكوُّن شكل بداخله تجويف مملؤ بسائل يسمى البلاستيولا Plastocyst ينغرس في بطانة الرحم (في اليوم السادس) . تكون الكتلة الداخلية في البلاستيولا القرص الجنيني الذي يتميز إلى ثلاث طبقات تسمى الطبقات الجنينية الأولية . - الحركه المختلفة لخلايا البلاستيولا تحولها إلى طور يسمى الجاسترولا gastrula . - ظهور الثنيات القلبية . - يتشكل الوجه ويتكون القلب من أربع حجرات ويتميز الجنس . - تتكون أصابع اليدين والقدمين وتتكون الأذنين ويظهر الجنين محاطاً بأربعة أغشية .
الشهور الثلاثة الثانية	- تنمو أعضاء الجنين بسرعة وشعور الأم بحركتها . - تسمع دقات القلب (وتزداد حركة الجنين) وتنمو نصفا الكره المخية وتتمايز الحواس . - تظهر أهداب وحواجب الجنين ويبدو جلده أحمر متجعداً .
الشهور الثلاثة الأخيرة	- تتكون الأظافر وتزداد عظام الجمجمة صلابة، وينقلب وضع الجنين ليصبح الرأس نحو عنق الرحم قبل الولادة بعدة أسابيع .

الشكل (٢٣) المراحل الأولى في تشكيل الجنين



الشكل (٢٤) انغراس الجنين في بطانة الرحم وتكون الطبقات الجرثومية الثلاث

ما الأعضاء والأجهزة التي تنشأ من الطبقات الجرثومية الثلاث؟

تعرف على ذلك من دراسة الجدول الآتي :

جدول (٨) الطبقات الجنينية والأعضاء والأجهزة التي تنشأ منها

الطبقة الجنينية	الأعضاء والأجهزة التي تنشأ منها
الطبقة الخارجية	الجهاز العصبي والجلد ومشتقاته كالشعر.
الوسطى	الجهاز العضلي، والنقل والإخراج والتناسلي والطبقات الخارجية لجهازي التنفس والهضم.
الداخلية	الأنسجة الطلائية المبطنة للقناة الهضمية والقناة التنفسية والغدد الملحقة بها والأنسجة الطلائية المبطنة للمثانة البولية.

- انظر الشكل (٢٥) ، ولاحظ الأغشية التي تحيط بالجنين؟ سمّ كلاً منها؟ حدد دورها؟
- استعن بالجدول (٩).

جدول (٩) الأغشية الجنينية ودورها.

الغشاء الجنيني	دوره
كيس المح	تكون خلايا الدم في المرحلة الجنينية الأولى ويشترك جزء منه في تكوين أنبوب القناة الهضمية الجنينية.
الممبار	يكون خلايا الدم.
الكوريون	له علاقة بالتغذية والتنفس والإخراج بين الأم والجنين.
الرهل / أمنيون	مملؤ سائل أمنيوني يحمي الجنين من الصدمات ويسهل حركته والمحافظة على ثبات درجة حرارته.

تغذية الجنين:

كيف يحصل الجنين على المواد الغذائية اللازمة لنموه؟

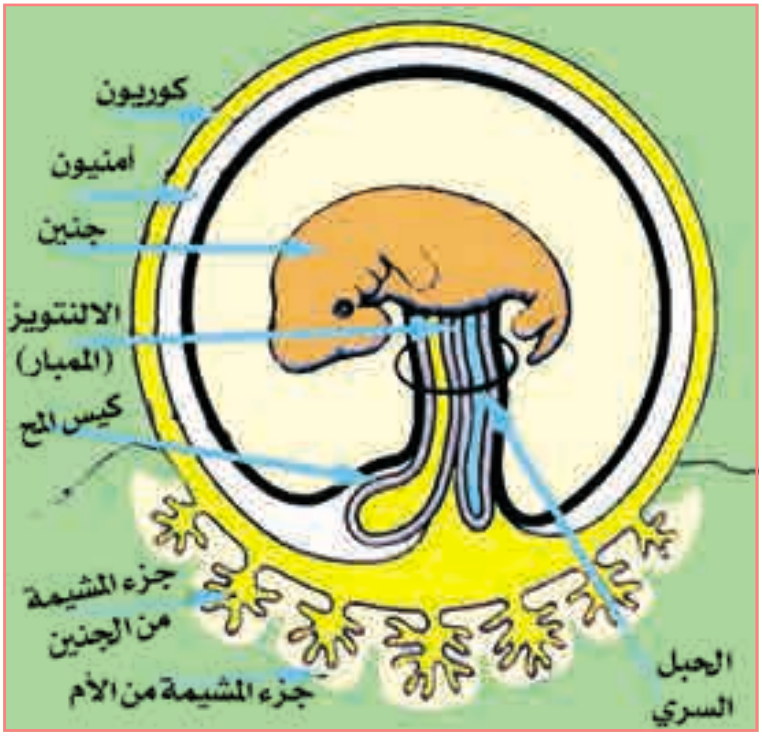
تمعن الشكل (٢٥) ولاحظ أن المشيمة نسيج متخصص يتكون من بطانة الرحم في الأم، وغشاء الكوريون في الجنين، ويتصل الجنين بالمشيمة بواسطة الحبل السُري الذي يحتوي على شريانين سُريين يحملان الدم من الجنين إلى المشيمة، ووريد سُري يحمل الدم من المشيمة إلى الجنين.

لتتعرف على أجزاء المشيمة ومميزات كل جزء ادرس الجدول (١٠).

جدول (١٠) أجزاء المشيمة ووصفها

أجزاء المشيمة	الوصف
الرحمي (الأمي)	ينتشر به جيوب كثيرة تمتلي دماً من أفرع شريانية من الأم ويعود الدم فيها إلى الأم بأفرع وريدية .
الجنيني	يتكون من خملات من الكوريون تمتد في كل خملة شعيرات دموية دقيقة ناتجة عن تفرعات الأوعية الدموية للحبل السُري .

عرفت سابقاً أن دم الأم لا يختلط بدم الجنين، فكيف يتم مرور المواد بينهما؟



الشكل (٢٥) الأغشية الجنينية

يحدث تبادل بين دم الأم ودم الجنين عن طريق الانتشار عبر المشيمة . يأخذ الجنين المواد الغذائية والأكسجين من دم الأم، ويتخلص من ثاني اكسيد الكربون والمواد الإخراجية النيتروجينية .

قضية للبحث	• ابحث في موضوع مراحل المخاض (الولادة) .

تقويم الوحدة

١– ماذا يقصد بالآتي :

– التكاثر البكري .　　– التبوغ　　– ظاهرة تبادل الأجيال .

– دورة الحيض .　　– التكاثر الخضري .　　– الأغشية الجنينية .

٢– علل ما يأتي :

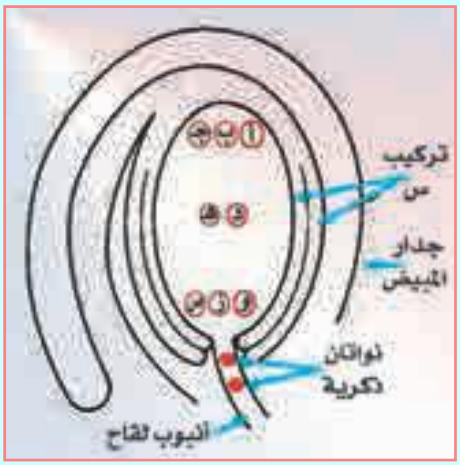
– ظهور أعراض الملاريا بشكل دوري .

– عدم تكوين بويضات جديدة خلال فترة الحمل في المرأة .

– تلاؤم تركيب الحيوان المنوي مع وظيفته .

– إفرازات الغدد المساعدة في الجهاز التناسلي الذكري قلوية التأثير .

٣– الشكل المجاور يبين مقطعاً خلال المبيض وأنبوبة اللقاح لنبات قبل عملية الإخصاب .



أ – أي الخلايا المبينة بالحروف تندمج مع الأنوية الذكرية لتكوين الآتي :

– الأندوسبيرم .

– الزيجوت .

ب – بعد عملية الإخصاب ما هو التركيب الذي سوف يظهر من تطور كلٍ من الآتي :

– جدار المبيض .　التركيب س .

جـ –حدد العدد الكروموسومي الذي يوجد في :

– نواة خلايا التركيب س .

– نواة الخلية جـ .

– أنوية الأندوسبيرم .

٤– وضح بإيجاز الطرق التي يمكن استخدامها للحصول على :

– أفضل عقلة من نبات الورد وتكثيرها . – ثمار عذرية .

٥– ما وظيفة الآتي :

– مبيض أنثى الإنسان . – البربخ . – الخصيتان في الإنسان .

٦– قارن بين اثنين في كل فقرة مما يأتي :

أ – الدورة الجنسية واللاجنسية في طفيل بلازموديوم الملاريا من حيث عددها، ومكان حدوثها .

ب– الطور المشيجي، والبوغي في الفيوناريا من حيث المجموعة الكروموسومية .

جـ – التطعيم بالبرعم، والتطعيم بالقلم من حيث آلية التحضير للطعم والأصل، وآلية وضع الطعم في الأصل .

٧– ادرس الشكل اللاحق الذي يوضح العلاقة في تركيز الهرمونات لدورة الحيض والمطلوب تحديد أثر الآتي :

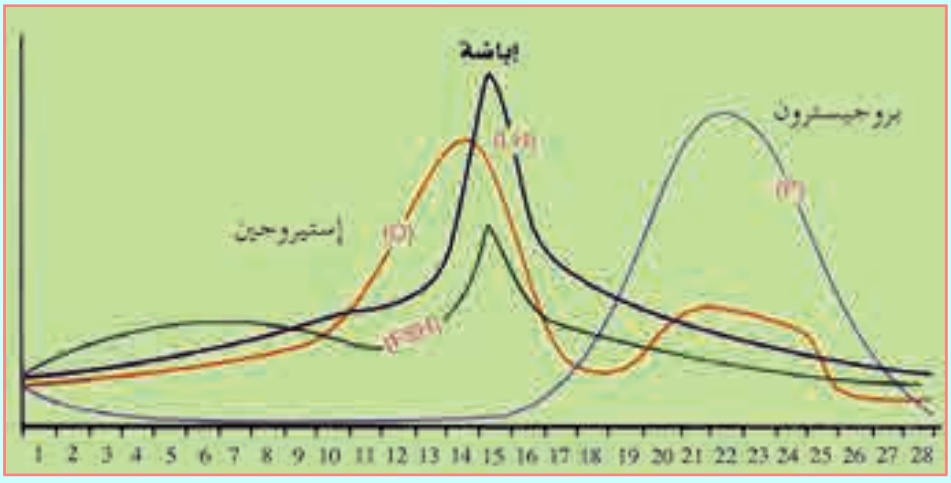
أ – الزيادة المفاجئة في تركيز LH .

ب – إفراز الجسم الأصفر هرمون البروجيسترون بعد اليوم الرابع عشر من الدورة .

جـ – هرمونات :

– FSH على حوصلة جراف .

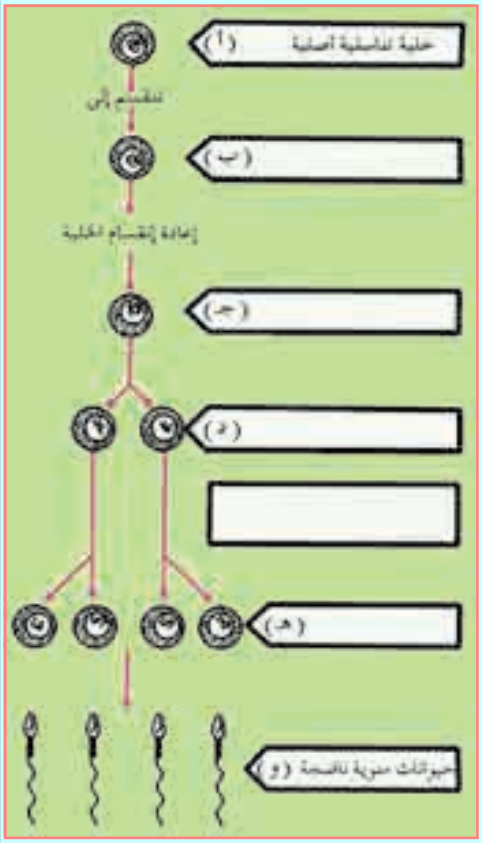
– البروجيسترون والإستيروجين على الرحم في دورة الحيض .



٨- الشكل المبين أدناه يبين مراحل تكوين الحيوانات المنوية في الثدييات.

أ - سمّ أنواع الخلايا في الفراغات المناسبة في ب، جـ، د، هـ، ونوع الانقسام الذي حدث بين المرحلتين د، هـ.

ب - بماذا يختلف تكوين الحيوانات المنوية عن تكوين البويضات.



الوحدة الرابعة

أساسيات علم الوراثة
Principles Of Genetics

جيل الأبناء يحمل صفات الآباء

أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- توضح تجارب مندل وقوانينه في الوراثة .

٢- تشرح كلاً من مفهوم السيادة التامة والسيادة الناقصة، والسيادة المشتركة والارتباط والعبور .

٣- تقارن بين الشكل الجيني والشكل المظهري للكائن الحي .

٤- تبين آلية انتقال الصفات من الآباء إلى الأبناء .

٥- تستخدم قوانين الوراثة في حل المسائل الوراثية المختلفة .

٦- تتعرف على بعض الأمراض الوراثية المنتقلة من الآباء إلى الأبناء .

٧- توضح دور الكروموسومات الجنسية في وراثة بعض الصفات .

أساسيات علم الوراثة Principles of Genetics

لاحظ الإنسان منذ القدم أن الأبناء تأتي شبيهة بآبائها، فالقطط تشبه آباءها، والآباء في البشر يخلِّفون بشراً مثلهم، انظر (الشكل– ١)، والنبات الناتج عن نوع من البذور يأتي مشابهاً للنباتات التي أنتجت تلك البذور، وهكذا في بقية الكائنات الحية. ولقد توصل الإنسان إلى أن تشابه الأجيال المتعاقبة في الكائن الحي يحدث نتيجة لتوارث الأبناء صفات وخصائص الآباء جيلاً بعد جيل. ويطلق على هذه الظاهرة توارث الصفات أو الوراثة.

الشكل (١) الابناء تشبه الآباء

– **فما المقصود بالوراثة؟**

يقصد بالوراثة انتقال صفات وخصائص الآباء إلى الأبناء في الأجيال المتعاقبة.

لكن قد يأتي الأبناء مختلفين عن الآباء في بعض الصفات الظاهرة كاللون مثلاً، ولم يدرك أسباب التشابه والتباين بين أفراد النوع الواحد من الكائنات الحية إلا في العصر الحديث عندما عرفت آليات انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء بواسطة علم جديد أطلق عليه علم الوراثة (Genetics) .

وهو: العلم الذي يبحث في كيفية انتقال الصفات من الآباء إلى الأبناء في الكائنات الحية المختلفة وأسباب تشابه الصفات وتباينها بين أفراد النوع الواحد.

– كيف تطور علم الوراثة ؟
– كيف يتوارث الأبناء صفات وخصائص الآباء ؟
– كيف يظهر التشابه والتباين في الصفات بين أفراد النوع الواحد ؟

– ما وسيلة نقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء؟

يتم نقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء بواسطة عملية التكاثر ؛ وذلك عبر الأمشاج التناسلية التي تنتقل عبرها صفات الآباء وخصائصها إلى أبنائهم مما يجعل سلالات النوع الواحد متشابهة منذ ظهورها على سطح الأرض.

تطور علم الوراثة الحديث:

تأسس علم الوراثة الحديث على يد العالم جريجور مندل Gregor Mendel الذي عاش في القرن التاسع عشر (١٨٢٢ – ١٨٨٤م). وقد قام بإجراء تجاربه حول توارث الصفات على نبات البازلاء (Pisum Sativum) في حديقة الدير الذي كان يعمل فيه مستخدماً الأسلوب العلمي في البحث والتجريب مما ساعده في وضع الأسس الحالية لعلم الوراثة والتوصل إلى بعض قوانينها.

– ولد جريجور مندل في عام ١٨٢٢م في النمسا.
– اصبح راهباً ومدرساً للعلوم والرياضيات في جامعة فينا عام ١٨٤٣م.
– انقطع للرهبنة وتدريس العلوم في الدير الذي يعمل فيه حتى عام ١٨٦٨م.
– بدأ تجاربه على نبات البازلاء في حديقة الدير الذي يعمل فيه عام ١٨٥٦م.
– أعلن تجاربه ونشرها عام ١٨٦٦م.

– لم يهتم العلماء بنتائج أبحاثه حول الوراثة وظلت تجاربه ونتائجها مجهولة حتى عام ١٩٠٠م.
– توفي العالم مندل عام ١٨٨٤م.
– أُطلق عليه أبو علم الوراثة الحديثة، بعد كشف النقاب بواسطة بعض العلماء عن أهمية ما توصل إليه في بداية القرن العشرين.

– لماذا اختار مندل نبات البازلاء لتجاربه؟

اختار مندل نبات البازلاء لتجاربه لأن هذا النبات :

١– موسمي ويمكن زراعته ٣–٤ مرات في العام الواحد .

٢– له عدة أصناف تحمل صفات متضادة متعددة وواضحة .

٣– يمكن زراعته ومتابعة نموه بسهولة .

٤– يمكن الحصول على سلالات نقية منه .

٥– يحمل أزهاراً خنثى مما يجعل من الممكن إخصابه ذاتياً أو خلطياً .

– ما المقصود بالأزهار الخنثى؟ لاحظ الشكل (١) .

– كيف يتم التلقيح فيها؟

الشكل (٢) لون الأزهار في نبات البازلاء

٦– ومن حسن حظ مندل أن كل صفة من صفات نبات البازلاء لا تحمل على كروموزوم مستقل بل تحمل على كروموسومين متقابلين ينفصل كل منهما عن الآخر أثناء تكوين الأمشاج، كما اتضح لاحقاً بعد اكتشاف الكروموسومات . ففي الفترة الزمنية التي نشر فيها مندل نتائج تجاربه لم يكن هناك أية معلومات علمية متوفرة عن الكروموسومات والجينات .

وقد لاحظ مندل أن هناك سبعة أزواج من الصفات المتضادة أو المتقابلة كما في الشكل (٣) مثل طول الساق (بعضها طويل الساق والبعض الآخر قصير)، ولون الزهرة (بعضها تحمل أزهاراً وردية اللون والبعض الآخر يحمل أزهاراً بيضاء) . لاحظ الصفات المتضادة في نبات البازلاء في شكل (٣) .

النشاط (١)

- التعرف على الصفات المتضادة لنبات أو حيوان .

الشكل (٣) الصفات المتضادة في نبات البازلاء

وقد اتبع مندل خطوات علمية محددة في دراسة توارث كل زوج من أزواج الصفات في البازلاء بشكل مستقل عن بقية الصفات، وقد استغرق في البداية عامين كاملين في زراعة نبات البازلاء متبعاً نظام التهجين حتى حصل على السلالات النقية التي تحمل أزواج الصفات المتضادة بشكل نقي، بمعنى أنه تأكد أن النبات الطويل يحمل الصفة النقية للطول ولا يعطي إلا نباتاً طويلاً، والنبات القصير لا يعطي إلا نباتاً قصيراً والنبات ذا الزهرة البيضاء لا يعطي إلا نباتات تحمل الزهور البيضاء وهكذا.

خطوات دراسة توارث صفات البازلاء:

اتبع مندل خطوات محددة لدراسة كل صفة، فمثلاً عند دراسته لتوارث صفة لون الزهرة اتبع الخطوات الآتية:

الشكل (٤) التلقيح الذاتي للأزهار

١- استمر في زراعة البازلاء ذات الأزهار الوردية، والبازلاء ذات الأزهار البيضاء، كل على حدة للحصول على الصفتين بشكل نقي متبعاً أسلوب التلقيح الذاتي (Self-Pollination) للنباتات خلال عدة أجيال (الشكل -٤)، حتى تأكد في الأخير أن النباتات ذات الأزهار الوردية لا تنتج إلا نباتات تحمل أزهاراً بنفس اللون جيلاً بعد جيل، وأن النباتات ذات الأزهار البيضاء لا تنتج إلا أزهاراً بيضاء خلال الأجيال المتعاقبة.

٢- بعد أن تأكدمن نقاوة صفتي اللون الوردي واللون الأبيض لأزهار النباتات قام بزرع بذورها في مكان آخر لتنتج نباتات جديدة تحمل أزهاراً وردية وبيضاء.

٣- اتبع أسلوب التلقيح الخلطي (Cross-Pollination) بين النبات ذات الأزهار الوردية، والنبات ذات الأزهار البيضاء، متبعاً الخطوات الآتية:

أ - قام بإزالة الأسدية من الأزهار البيضاء قبل نضجها.

ب - نقل حبوب اللقاح من متوك الأزهار الوردية إلى مياسم الأزهار البيضاء بعد نضجها.

الشكل (٥) عملية التلقيح الخلطي بين الأزهار

جـ - قام بعكس العملية في نباتات أخرى، أي التخلص من الأسدية في الأزهار الوردية ونقل حبوب اللقاح من متوك الأزهار البيضاء إلى مياسم الأزهار الوردية.

د – كان يحرص على تغطية الأزهار الملقحة بغطاء مناسب لضمان عدم وصول حبوب لقاح أخرى إليها بواسطة الهواء أو الحشرات (تلقيح ذاتي) .

٤– جمع مندل البذور الناضجة من النباتات ذات الأزهار الوردية وذات الأزهار البيضاء والناتجة عن التلقيح الخلطي، ثم زرعها في موسم جديد . ولاحظ ألوان الأزهار في النباتات الجديدة بعد اكتمال نموها فوجد أن لون الأزهار في جميع النباتات الناتجة وردي، وأعتبرت هذه النباتات أفراد الجيل البنوي الأول (First Filial Generation) أو (F1)، واستنتج أن أزهار أفراد الجيل الأول وردية اللون سواء كانت الأمهات تحمل أزهاراً وردية أو بيضاء .

٥– ترك نباتات الجيل الأول تتلقح ذاتياً حتى نضجت بذورها ثم جُمعت وزُرعت للحصول على أفراد الجيل الثاني (Second Filial Generation) (F2) ،

٦ – عند حساب عدد النباتات ذات الأزهار الوردية والنباتات ذات الأزهار البيضاء من نباتات الجيل الثاني وجد أن النسبة العددية بين النوعين ٣ : ١ بمعنى أن $\frac{3}{4}$ النباتات تحمل أزهاراً وردية و $\frac{1}{4}$ النباتات تحمل أزهاراً بيضاء .

٧– كرر نفس خطوات التجربة لدراسة بقية الصفات المتضادة كطول الساق وقصره مثلاً : فتوصل إلى أن إحدى الصفتين تختفي في الجيل الأول (F1) ثم تظهر الصفتان معاً في الجيل الثاني (F2) بنسبة ٣ : ١، وقدتوصل مندل من خلال هذه النتائج إلى مبدأ السيادة التامة في الوراثة .

– ما المقصود بالسيادة التامة ؟

السيادة التامة (Complete Dominance)

أطلق مندل اسم الصفة السائدة (Dominant trait) على الصفة التي تظهر في جميع أفراد الجيل الأول (F1)، وسمى الصفة التي تختفي في الجيل الأول الصفة المتنحيه (Recessive trait) . فمثلاً أعتبر أن اللون الوردي لأزهار نبات البازلاء صفة سائدة بينما اللون الأبيض صفة متنحية، وكذلك طول ساق البازلاء صفة سائدة بينما قصر الساق صفة متنحية . وعلى هذا الأساس فقد أطلق مندل مبدأ السيادة التامة على ظهور صفة وراثية سائدة في جميع أفراد الجيل الأول عند تزاوج فردان يحملان الصفات المتبادلة بصورة نقية .

– كيف فسر مندل النتائج التي توصل إليها ؟

فروض مندل لتفسير النتائج :

وضع مندل مجموعة من الفروض لتفسير ظهور الصفة السائدة واختفاء الصفة المتنحية في أفراد الجيل الأول، ثم ظهور الصفتين في أفراد الجيل الثاني بنسبة ٣ : ١، وأهم هذه الفروض :

١- تنتقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء عن طريق عوامل وراثية (والتي عرفت حالياً بالجينات)، وقد سمى مندل العامل الوراثي للصفة (أليل Allele) .

٢- لكل صفة وراثية عاملان وراثيان (أليلان) أحدهما من الأب والآخر من الأم .

٣- تكون الصفة الوراثية نقية إذا كان العاملان الوراثيان متشابهين (Homozygous) وتكون غير نقية عندما يكون العاملان متضادين (Heterozygous) .

٤- ينفصل العاملان الوراثيان لكل صفة عند تكوين الأمشاج الذكرية والأنثوية، فيحمل كل مشيج عاملاً واحداً لكل صفة .

٥- عند حدوث عملية التلقيح أو الإخصاب بين الأمشاج الذكرية والأنثوية يجتمع العاملان الوراثيان من جديد في الأبناء لتكوين الصفة الوراثية .

وقد استخلص مندل من فروض ونتائج أبحاثه قوانين مندل الوراثية .

قانون مندل الأول : انعزال العوامل الوراثية :

ساعدت الفروض المذكورة سابقاً مندل في التوصل إلى قانونه الأول في الوراثة والذي أطلق عليه قانون الانعزال (Law of Segregation) ، وينص قانون انعزال العوامل الوراثية على ما يأتي :

تمثل الصفة الوراثية في الكائن الحي بعاملين وراثيين (أليلين) ينعزلان عن بعضهما عند تكوين الأمشاج؛ بحيث يحمل المشيج عاملاً وراثياً واحداً لكل صفة .

ويعني هذا القانون أن العوامل الوراثية (أو الجينات كما عُرفت لاحقاً) تنتقل بين الأجيال المتعاقبة مستقلة عن بعضها البعض، وتظهر أو لا تظهر تأثيراتها تبعاً لكونها سائدة أومتنحية . فإذا حدث تزاوج بين فردين يختلفان عن بعضهما في زوج واحد من الصفات المتقابلة، مثل الطول والقصر، ظهرت إحدى هاتين الصفتين فقط في أفراد الجيل الأول (الصفة السائدة)، بينما تعرف الصفة الأخرى المقابلة لها بالصفة المتنحية، ولكنها تظهر مرة أخرى في عدد من أفراد الجيل الثاني يصل إلى ربع أعداد أفراد الجيل تقريباً (أي بنسبة ٣ : ١) .

الشكل الجيني والشكل الظاهري: (Genotype & Phenotype)

استخدم مندل الحروف اللاتينية الكبيرة للدلالة على العوامل الوراثية للصفات السائدة، مثل (RR) لتدل على اللون الوردي للأزهار الوردية النقية في البازلاء، واستخدم الحروف الصغيرة لتدل على عوامل الصفات المتنحية، مثل (rr) لتدل على اللون الأبيض في البازلاء.

– ما الحروف الدالة على اللون الوردي غير النقي في البازلاء؟

يمكنك الاستنتاج بأن الحرف (R) يدل على عامل اللون الوردي السائد في الأزهار، والحرف (r) يدل عل عامل اللون الأبيض المتنحي، وتكون الأزهار الوردية غير نقية عندما تحمل العاملين الوراثيين (Rr). وينتج العاملان الوراثيان عن تلقيح حبة اللقاح للبويضة في الزهرة؛ حيث تحمل البويضة أحد العاملين الذي قد يكون (R) أو (r) ، وتحمل حبة اللقاح أيضاً أحد العاملين الذي قد يكون (R) أو (r) وينتج عن عملية التلقيح إلتقاء العاملين (RR) أو العاملين (rr)، أوالعاملين (Rr).

وعلى هذا الأساس سنلاحظ أن هناك نوعين من البازلا ذات الزهور الوردية يختلفان عن بعضهما من حيث الشكل الجيني (Genotype) وهما (Rr + RR)، ويقال عنهما أنهما متماثلان في الشكل المظهري (Phenotype) وقد يكون الشكل الظاهري نقياً أو هجيناً كما في الشكل (٦).

ادرس الشكل (٦)، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

١– كم شكلاً ظاهرياً لأزهار نبات البازلاء؟

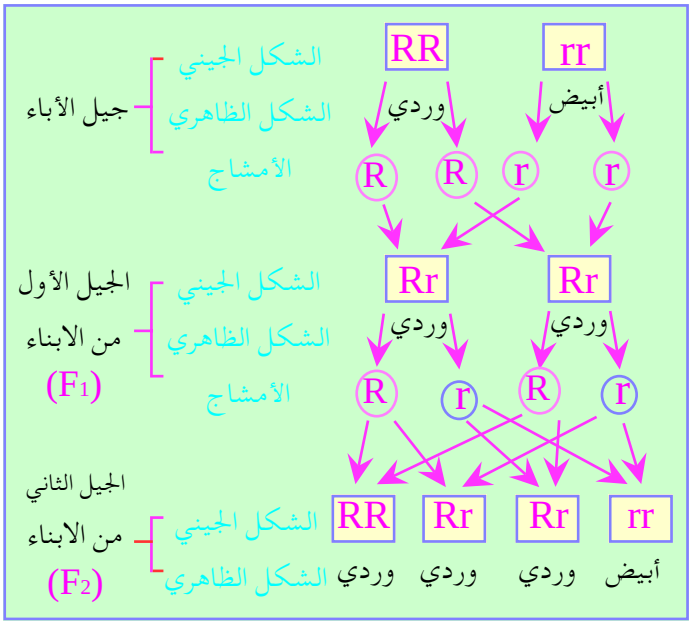
٢– كم شكلاً جينياً لأزهار نبات البازلاء؟

٣– حدد الأشكال الظاهرة النقية والأشكال الهجينة.

٤– ما نسبة الأشكال الجينية النقية إلى الأشكال الجينية الهجينة في الجيل الثاني من الأبناء؟

٥– ما نسبة الأزهار الوردية إلى الأزهار البيضاء في الجيل الثاني من الأبناء؟

يمكن الاستنتاج بأنه لكل فرد سواء في البازلاء أو في غيرها من الكائنات الحية الأخرى صفات ظاهرية يمكن ملاحظتها، والتي قدتكون صفة نقية أو صفة غير نقية (هجينة)، ولكل صفة عاملان وراثيان يعملان على إظهار تلك الصفة ويمثلان الشكل الجيني.



الشكل (٦)

- كيف تعرف كل من الشكل الظاهري والشكل الجيني للصفة؟
- لماذا تكون الصفة المتنحية دائماً نقية؟

النشاط (٢)

ارسم مخططاً لتوارث صفة طول الساق لنبات البازلاء علماً بأن العاملين الوراثيين لصفة الطول النقية هما (TT) والعاملين الوراثيين لصفة القصر هما (tt) ، موضحاً في المخطط الأشكال الظاهرية والأشكال الجينية للنبات .

استخدام الجداول في حل المسائل الوراثية :

يمكنك استخدام الجدول الذي يسمى مربع بونيت (Punnet Square)، نسبة إلى العالم الوراثي (Reginald Crundell Punnett) الذي ابتكره واستخدمه في حل المسائل الوراثية وإظهار الاحتمالات الممكنة لظهور الصفات الناتجة عن إخصاب الأمشاج الذكرية للأمشاج المونثة في الكائن الحي .

وقد استخدم هذا الجدول في التعبير عن النتائج التي توصل إليها مندل في تجاربه؛ حيث يمكن استخدامه عند معرفه الأشكال الجينية للآباء للتنبؤ باحتمالات ظهورها في الأجيال المتعاقبة للأبناء . فمثلاً يمكن التعبير عن احتمالات ظهور اللون الوردي واللون الأبيض للأزهار في نبات البازلاء حسب الخطوات الآتية :

١- حدد الشكل المظهري لجيل الآباء.
٢- حدد الأمشاج وميز بين الذكرية منها والأنثوية من خلال العلامتين ♂ للمذكر و ♀ للمؤنث.
٣- ضع الأمشاج الذكرية في الصف الأفقي الأعلى للمربع.
٤- ضع الأمشاج الأنثوية في الصف الرأسي على يسار المربع.
٥- ضع رموز الزيجوت الناتجة عن اندماج كل مشيج ذكري مع مشيج أنثوي في الخانة المقابلة للمشيجين في المربع (الشكل -٧).

جيل الآباء: وردية نقية (مذكر) X بيضاء (مؤنث).
التركيب الجيني: RR rr
الأمشاج: ♂ R R ♀ r r

♀ \ ♂	R	R
r	Rr	Rr
r	Rr	Rr

الجيل الأول للأبناء (F_1) أزهار وردية هجينة (Rr).

الشكل (٧) مربع بونيت

٦- تعرف على نوع كل زيجوت ناتج وحدد نسبة ظهور الصفات المختلفة في الجيل الجديد.

- ما لون الأزهار الناتجة عن حدوث التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الأول (F_1)؟

استخدم مربع بونيت متبعاً نفس الخطوات السابقة للتعرف على ألوان الأزهار الناتجة في جيل الأبناء الثاني، وذلك كما في الشكل (٧).

- ما الشكل الظاهري لجيل الآباء؟
- ما التركيب الجيني لجيل الآباء؟
- ما الأشكال الظاهرية (لون الأزهار) في جيل الأبناء؟
- حدد التركيب الجيني لكل لون من ألوان أزهار جيل الأبناء.
- ما نسبة الأزهار وردية اللون إلى الأزهار البيضاء في جيل الأبناء؟

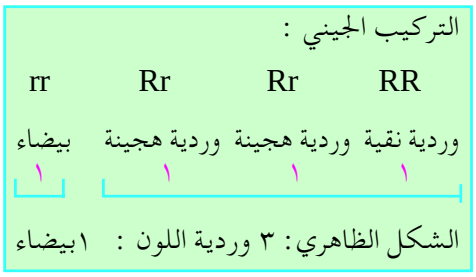
جيل الآباء: وردية هجينة (مذكر) X وردية هجينة (مؤنث).
التركيب الجيني: Rr Rr
الأمشاج: ♂ R r ♀ R r

♀ \ ♂	R	r
R	RR	Rr
r	Rr	rr

الشكل (٨) مربع بونيت

لا بد أنك توصلت إلى أن ألوان أزهار أفراد جيل الأبناء في تركيبها الجيني وأشكالها الظاهرية موضحة كما في الشكل (٩) :

– ما الذي ينتج عند حدوث تلقيح ذاتي للنباتات ذات الأزهار البيضاء؟



الشكل (٩)

النشاط (٣)

استخدم مربع بونيت للتوصل إلى احتمالات ظهور صفة طول ساق نبات البازلاء وقصره في الجيل الأول والثاني للأبناء إذا علمت أن التركيب الجيني لصفة طول الساق النقية (TT) والتركيب الجيني لصفة قصر الساق (tt) .

تطبيقات لقانون مندل الأول :

توصل علماء الوراثة إلى أن كثير من الصفات الوراثية في الكائنات الحية المختلفة تنتقل من جيل إلى جيل طبقاً لقانون مندل الأول الخاص بانعزال الصفات الوراثية والسيادة والتنحي لها؛ حيث إن إحدى الصفتين تسود سيادة كاملة وتظهر في جميع أفراد الجيل البنوي الأول . فمثلاً تسود صفة اللون الرمادي على اللون الأبيض في الفئران، ويسود لون الجلد الأسود على الأحمر في الماشية، وتسود صفة عدم وجود القرون على وجود القرون فيها، وفي الخيل يسود اللون الأسود على البني، وفي القطط يسود الشعر القصير على الشعر الطويل، وفي الإنسان يسود لون العين العسلي على اللون الرمادي أو الأزرق، ويسود لون الجلد الأصفر على الجلد الأبيض، وتسود صفة الأنف المدببة على الأنف المفلطحة .

– ابحث عن صفات أخرى في الكائنات الحية يتم توارثها طبقاً لقانون مندل الأول .

النشاط (٤)

استخدم مربع بونيت للتوصل إلى احتمالات ظهور صفة اللون الرمادي واللون الأبيض للفأر في الجيل البنوي الأول والجيل الثاني إذا علمت أن التركيب الجيني لصفة اللون الرمادي النقية هو (GG) بينما التركيب الجيني لصفة اللون الأبيض هو (gg) .

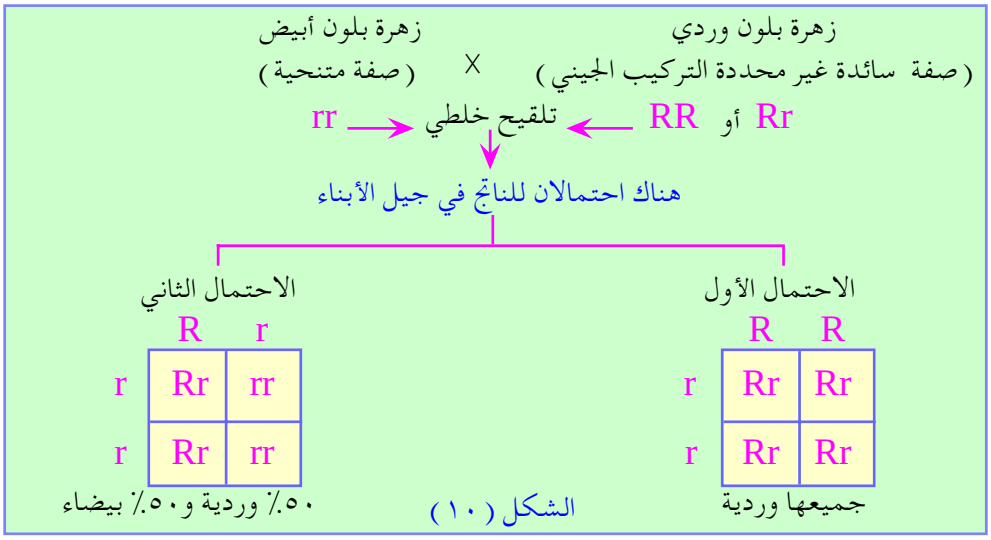
– كيف تحدد فيما إذا كان التركيب الجيني للصفة السائدة نقياً أم هجيناً؟

يمكنك تحديد ذلك عن طريق التلقيح الاختباري.

التلقيح الاختباري: Test Cross

يعتبر التلقيح الاختباري أفضل الطرق للتفرقة بين الصفات السائدة النقية (Homozygous) والصفات السائدة الهجينة (Heterozygous) في النباتات أو الحيوانات، حيث يتم التلقيح الخلطي بين الفرد المراد معرفة ما إذا كان سائداً نقياً أم سائداً هجيناً مع فرد آخر يحمل الصفة المتنحية المضادة لها كما في الشكل (١٠). فإذا كان كل الناتج يحمل الصفة السائدة (الشكل الظاهري السائد) كان ذلك دليلاً على نقاء الصفة السائدة للفرد، أما إذا كان الناتج خليطاً بين الشكل الظاهري السائد والشكل الظاهري المتنحي (بنسبة ١ : ١ أو ٥٠٪وردية و٥٠٪ بيضاء) كان ذلك دليلاً على عدم نقاوة التركيب الجيني للصفة السائدة للفرد الذي يتم اختباره.

وتلاحظ أنه من خلال معرفة صفات الأبناء الناتجة يمكن تحديد التركيب الجيني للصفة السائدة، وتحديد ما إذا كانت نقية أم هجينة.



الشكل (١٠)

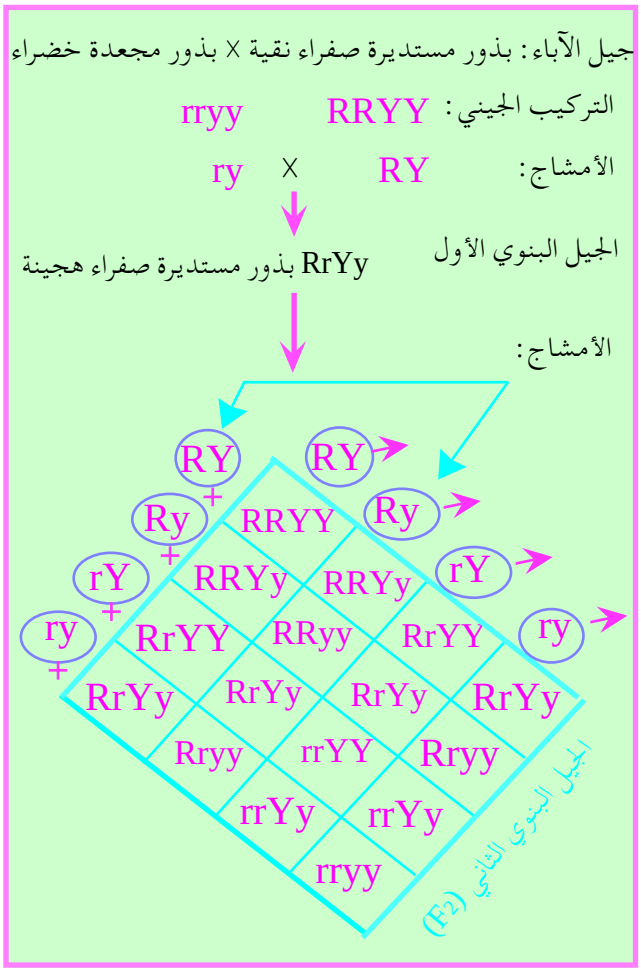
قانون مندل الثاني (التوزيع الحر للصفات) Law of Independent Assortment

استطاع مندل التوصل إلى قانونه الثاني من خلال تجاربه على نبات البازلاء لدراسة السلوك الوراثي لزوجين من الصفات المتضادة في النبات مثل زهرة وردية إبطية وزهرة بيضاء قمية.

– اذكر أمثلة أخرى لزوجين من الصفات المتضادة في نبات البازلاء.

وقد قام مندل بالخطوات الآتية لدراسة توارث صفتي بذور البازلاء (اللون والشكل):

١- أجرى تلقيح خلطي بين نباتي بازلاء يحمل أحدهما بذوراً ملساء (مستديرة) الشكل وصفراء اللون (الصفتان سائدتان) والتركيب الجيني لهاتين الصفتين هو RRYY بينما يحمل النبات الآخر بذوراً مجعدة الشكل وخضراء اللون (الصفتان متنحيتان)، والتركيب الجيني لهاتين الصفتين هو rryy كما في (الشكل -١١).



الشكل (١١)

٢- وقد كرر مندل هذه الخطوات عدة مرات.

٣- لاحظ الصفات الظاهرية للبذور في بذور أفراد الجيل البنوي الأول.

- ما الصفات التي ظهرت في أفراد الجيل الأول؟

لقد وجد مندل أن البذور في نباتات الجيل البنوي الأول كانت مستديرة الشكل وصفراء اللون أي إن الصفات السائدة للبذور تظهر في كل أفراد الجيل البنوي الأول، وتركيبها الجيني هو RrYy .

٤- قام مندل بتلقيح نباتات الجيل الأول مع بعضها البعض تلقيحاً ذاتياً.

٥- لاحظ الصفات الظاهرة للبذور في أفراد الجيل الثاني حيث كان ناتج أفراد الجيل البنوي الثاني كما في الشكل (١١) وتحمل بذوراً لها صفات مختلفة موضحة في الجدول (١).

جدول (١) الصفات المتضادة في نبات البازلاء

الشكل الظاهري	الشكل الجيني	هل الصفة نقية أم هجينة؟	العدد	النسبة للشكل الظاهري
مستدير أصفر	RRYY	مستدير (نقي) أصفر (نقي) .	١	٩
	RRYy	مستدير (نقي) أصفر (هجين) .	٢	
	RrYY	مستدير (هجين) أصفر (نقي) .	٢	
	RrYy	مستدير (هجين) أصفر (هجين) .	٤	
مستدير أخضر	RRyy	مستدير (نقي) أخضر (نقي) .	١	٣
	Rryy	مستدير (هجين) أخضر (نقي) .	٢	
مجعد أصفر	rrYY	مجعد (نقي) أصفر (نقي) .	١	٣
	rrYy	مجعد (نقي) أصفر (هجين) .	٢	
مجعدأخضر	rryy	مجعد (نقي) أخضر (نقي) .	١	١

من خلال دراستك لأفراد الجيل البنوي الثاني في الشكل (١١) والجدول (١) :

- ما نسبة البذور الصفراء إلى الخضراء في الجيل البنوي الثاني؟
- ما نسبة البذور المستديرة إلى المجعدة؟

لاحظ أنه عندما تحسب عدد البذور التي تحمل اللون الأصفر ستجد أنها (١٢)، وأن عدد البذور التي تحمل اللون الأخضر (٤) مما يعني أن نسبة اللون الأصفر إلى اللون الأخضر (٣ : ١)، وعندما تحسب أعداد البذور المستديرة والمجعدة ستجد أن النسبة بينهما أيضاً (٣ : ١)، وهذا ما توصل إليه مندل، فقد لاحظ أن النسبة في توارث الصفات المتضادة هي نفسها التي حصل عليها في تجاربه السابقة على زوج واحد من الصفات (٣ : ١)، وهذا يعني أن توارث لون البذرة لا يرتبط بتوارث شكلها، أي إن توارث صفتي اللون الأصفر والأخضر المتضادتين يتم بشكل مستقل عن توارث صفتي الشكل المستدير والمجعد للبذور. وقد ساعدت هذه النتائج مندل للتوصل إلى قانون التوزيع الحر للصفات الذي ينص على أن :

العاملين الوراثيين للصفة ينفصلان عن بعضهما ويتوزعان في الأمشاج بصورة مستقلة عن العاملين الوراثيين للصفة الأخرى.

وقد وجد أن قانون التوزيع الحر للصفات الوراثية ينطبق على أكثر من زوج منها في توارث الصفات في الكائنات الحية .

النشاط (٥)

توصل إلى احتمالات ظهور قرون البازلاء الخضراء المنتفخة والقرون الصفراء المحززة في أفراد الجيل البنوي الأول وأفراد الجيل البنوي الثاني عند حصول تلقيح خلطي بين نباتي بازلاء يحمل أحدهما قروناً خضراء منتفخة (صفتان سائدتان) وتركيبها الجيني هو (GG II) ويحمل الآخر قروناً صفراء محززة (صفتان متنحيتان) وتركيبها الجيني هو (gg ii)، تم حصول تلقيح ذاتي لأفراد الجيل البنوي الأول لها، موضحاً نسبة ظهور كل زوج من الصفات المتضادة للقرون في أفراد الجيل البنوي الثاني .

دور الكروموسومات في الوراثة :

إن ما توصل اليه مندل من أن توارث الصفات يتم عبر العوامل الوراثية Allels قد أثبتت الاكتشافات العلمية الحديثة صحته من خلال معرفة كروموسومات الخلية الحية ودورها في نقل الصفات الوراثية من جيل الآباء إلى جيل الأبناء عن طريق الجينات التي تحملها الكروموسومات .

وكما درست سابقاً فإن خلايا الفرد في كل نوع من الكائنات الحية تحتوي على عدد ثابت من الكروموسومات، فالخلية الجسدية للكائن الحي تحتوي على عدد (2n) من الكروموسومات وتكون في شكل أزواج، أي إن كل زوج منها يتكون من كروموسومين متماثلين يأتي أحدهما من الأب والآخر من الأم . أما الخلايا التناسلية (الأمشاج) للكائن الحي فتكون الكروموسومات فيها بحالة فردية، أي إنها تحتوي على مجموعة أحادية من الكروموسومات (n)، وقد أطلق العلماء لاحقاً على العوامل الوراثية التي توجد في كل كروموسوم اسم الجينات (Genes) .

وقد وضع كل من العالم الألماني بوفري Bovri والعالم الأمريكي ساتون Sutton في عام ١٩٠٤م، كل على حده، أسس النظرية الكروموسومية في الوراثة على النحو الآتي :

١- تحتوي الخلايا الجسدية للكائن الحي على الكروموسومات والعوامل الوراثية (الجينات) على شكل أزواج (2n) .

٢- تنفصل أزواج الكروموسومات المتماثلة والعوامل الوراثية فيها عن بعضها البعض في عملية الانقسام الاختزالي بأن تنعزل العوامل الوراثية للصفة في الأمشاج ليحتوي المشيج على نصف العدد الأصلي منها (n).

٣- تتوزع العوامل الوراثية عند تكوين الأمشاج توزيعاً مستقلاً طبقاً لقانون مندل الخاص بالتوزيع الحر ، كما يسلك كل زوج من الكروموسومات مسلكاً مستقلاً عندتكوين الأمشاج التناسلية.

٤- ينتج عن عملية الإخصاب بين الأمشاج التناسلية عودة الحالة الزوجية (غير الفردية) للكروموموسومات والعوامل الوراثية فيها؛ حيث يحتوي الجنين الناتج عن عملية الإخصاب على العدد الزوجي من الكروموسومات (2n) وعواملها الوراثية المنتقلة إليه من أبويه.

ومع استمرار التطور العلمي الحديث في مجال الوراثة فقد وجد أن عدد العوامل الوراثية (الجينات) يفوق بكثير عدد الكروموسومات في الكائن الحي، وقد ساعدت النتائج التي توصل إليها العالم الأمريكي مورجان Morgan من خلال أبحاثه على ذبابة الفاكهة في النصف الأول من القرن العشرين في معرفة أن كل كروموسوم يحتوي على عدد كبير من العوامل الوراثية (الجينات) وأن قوانين الوراثة يمكن تفسيرها بسلوك الكروموسومات والجينات التي تترتب على كل كروموسوم في صف طولي.

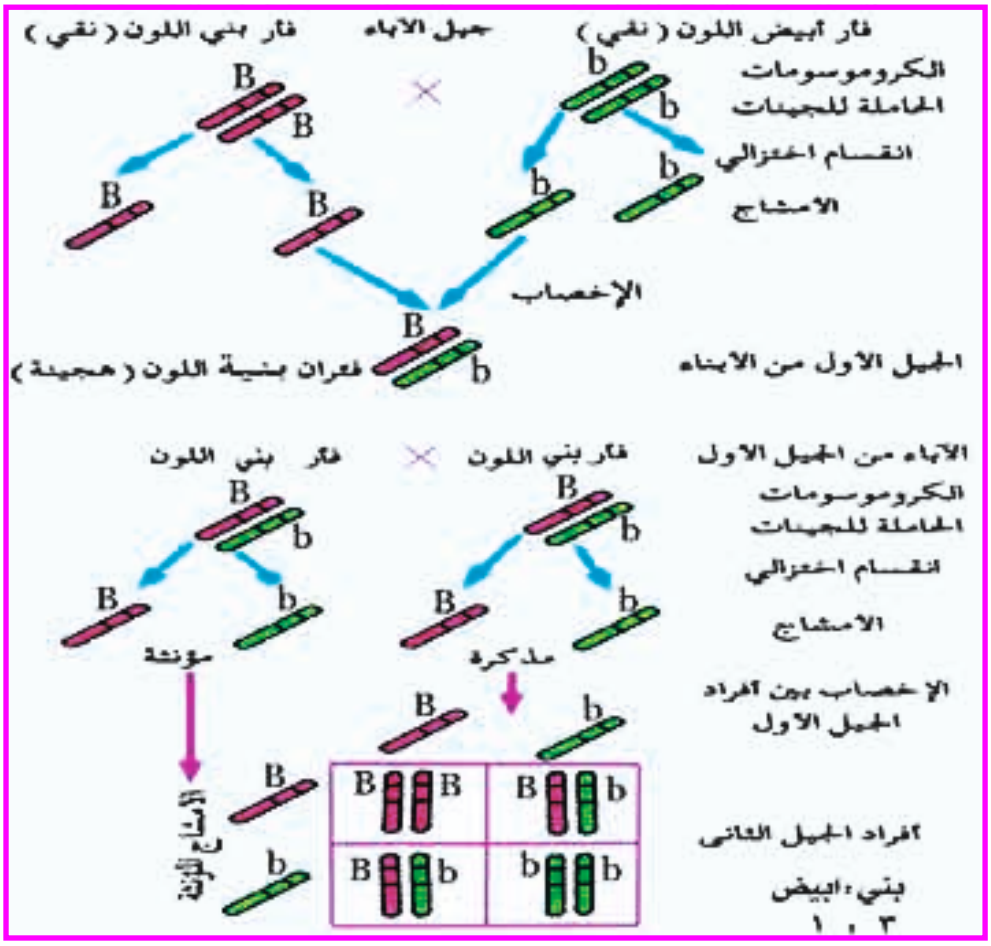
ويرجع الفضل إلى العالم الدانمركي جوهانسون Johanson في إطلاق اسم الجينات (Genes) على العوامل الوراثية، وتتميز بأن لها القدرة على مضاعفة نفسها لأنها عبارة عن وحدات كيميائية تتركب من حمض (DNA).

الكروموسومات وقوانين مندل:

يمكن الآن تفسير قوانين مندل في انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء على أساس الكروموسومات والجينات التي تحمل هذه الصفات.

فمثلاً عند تزاوج فأر يحمل صفة اللون البني النقية مع فأر آخر يحمل صفة اللون الأبيض النقية فإنه يمكن استخدام الكروموسومات والجينات لتوضيح التركيب الجيني وكيفية انتقال الصفات من الآباء إلى جيل الأبناء الأول والثاني، كما في الشكل (١٢).

- ما الصفة السائدة وما الصفة المتنحية للون الفأر؟
- كم زوجاً من الكروموسومات الحاملة للصفة في الخلايا الجسدية للفأر؟



الشكل (١٢) انتقال صفات اللون في الفئران عبر الكروموسومات .

- كم كروموسوماً يحمل الجين الخاص بالصفة في الأمشاج؟
- ما لون الفئران الناتجة في الجيل الثاني؟
- ما نسبة اللون السائد إلى اللون المتنحي لدى أفراد الجيل الثاني من الفئران؟

النشاط (٦) استخدام الكروموسومات وجيناتها للتعبير عن انتقال صفتي لون الزهرة وموضعها في نبات البازلاء من جيل الآباء إلى جيل الأبناء الأول والثاني، علماً بأن الكروموسومات التي تحمل صفتي اللون الوردي والوضع الإبطي للزهرة هي $\frac{A}{A}\frac{R}{R}$ بينما الكروموسومات التي تحمل صفتي اللون الأبيض والوضع الطرفي للزهرة هي $\frac{a}{a}\frac{r}{r}$ محدداً نسبة ظهور كل زوج من الصفات المتضادة في الجيل البنوي الثاني .

التوارث غير المندلي للصفات :

أظهر التطور العلمي أن بعض الصفات تخضع في توارثها لقوانين مندل، إلا أن هناك صفات أخرى يتم توارثها عبر الأجيال وفق قوانين وآليات أخرى. فمثلاً توصل مندل إلى مفهوم السيادة التامة فقط في توارث بعض الصفات فيما توصل العلماء لاحقاً إلى مفهوم السيادة المشتركة ونقص السيادة في نقل الصفات من جيل إلى آخر. وعلى كل فإن من أهم آليات التوارث غير المندلي للصفات هي كما يأتي.

أولاً : نقص السيادة أو السيادة غير التامة : Incomplete Dominance :

وجد علماء الوراثة أن هناك حالات لتوارث بعض الصفات ويختلف فيها الشكل الظاهري للفرد الهجين عن الفرد النقي للصفة المتوارثة، ويكون سبب هذا الاختلاف أن سيادة أحد العوامل الوراثية ليست سيادة تامة على العامل الآخر وإنما تكون سيادة ناقصة إلى حد ما. ومن أمثلة حالة السيادة الناقصة أو غير التامة في الإنسان توارث بعض أمراض فقر الدم مثل مرض فقر الدم المنجلي Sickle Cell Anaemia وفقر دم البحر الأبيض المتوسط Thalassemia (الثلاسيميا) ، وينتشر مرض الثلاسيميا في بلادنا بشكل ملحوظ .

النشاط (٧)

قم بزيارة إلى أقرب مستشفى أو مركز صحي وقابل الطبيب المختص واحصل منه على عدد حالات المرضى المصابين بمرض الثلاسيميا، وعدد مرضى فقر الدم المنجلي (إن وجد) الذين يتم علاجهم في المستشفى أو المركز . ثم احصل منه على معلومات حول أسباب ظهور حالات المرض وأعراضه، وما هي الطرق للوقاية منه، ثم اكتب ذلك في تقرير وقدمه إلى مدرسك.

ينتج مرض الثلاسيميا ومرض فقر الدم المنجلي في الأطفال نتيجة لوجود الجينات المسئولة عن المرض في الأب والأم، فالجنين الطبيعي والخالي من المرض يكون له نوع خاص من هيموجلوبين الدم يسمى الهيموجلوبين الجنيني (HbF) Fetus Haemoglobin وبعد ولادة الطفل يتكون نوع آخر من الهيموجلوبين يسمى هيموجلوين البالغين (HbA) Adult HaemogIobin وذلك خلال الستة الأشهر الأولى من عمر الطفل، ولكن في الأطفال المصابين بمرض

الثلاسيميا لا يتم إنتاج هيموجلوبين البالغين، وقد وجد أن السبب في ذلك هو انتقال الجينات المسببة للمرض من الأب والأم إلى الأبناء؛ حيث إن الجين المسؤول عن إنتاج الهيموجلوبين الجنيني هو (H^F) أما الجين المسؤول عن إنتاج هيموجلوبين البالغين فهو (H^A) . ولهذا فالإنسان غير المصاب يكون تركيبه الجيني (H^AH^A) والإنسان المصاب بالمرض إصابة كاملة فيكون تركيب الجيني ($H^F\ H^F$) وأما الإنسان المصاب الذي يكون تركيبه الجيني (H^AH^F) فتكون إصابته بدرجة قليلة، ويظهر المرض في جيل الأبناء عند ما يتزوج رجل تركيبه الجيني (H^AH^F) من امرأة تحمل نفس التركيب الجيني ويكثر ظهور حالات الإصابة بهذا المرض في زواج الأقارب وخاصة عندما يكون المرض موجوداً بين أفراد الأسرة أو القبيلة أو العشيرة التي ينحصر التزاوج بين أفرادها .

النشاط (٨)

توصل إلى احتمالات ظهور مرض الثلاسيميا بين أفراد الجيل الأول من الأبناء عند حصول التزاوج بين رجل تركيبه الجيني (H^AH^F) وامرأة تركيبها الجيني (H^AH^F)، محدداً نسبة الأطفال المصابين بالمرض ونسبة الأطفال ذوي الإصابة المتوسطة بالمرض والأطفال غير المصابين .

وعادة ما تكون خلايا الدم الحمراء في الطفل المصاب بالمرض($H^F\ H^F$) هشة وسريعة التكسر في أثناء مرورها في الكبد أوالطحال، وتكون كفاءة الهيموجلوبين في نقل الأكسجين منخفضة، وعادة ما تظهر أعراض المرض في العشر السنوات الأولى من عمر الطفل ويبدو عليه أعراض فقر الدم الحاد كالشحوب وبطء في النمو، كما يتضخم الطحال ويتراكم الحديد فيه وفي أجزاء أخرى من الجسم مما يؤدي إلى ظهور مشاكل في القلب والكبد والكلى قد تسبب الوفاة للطفل، ويتم علاج الطفل عن طريق تغيير دمه باستمرار .

وأما الشخص الذي يحمل التركيب الجيني (H^AH^F) فتكون إصابته بدرجة قليلة وتظهر الأعراض السابقة في مراحل عمرية متأخرة ولكن بدرجة أقل مما يعني أن الجين (H^F) المسبب للمرض يكون له بعض الآثار في ظهور أعراض المرض في الفرد الهجين أي إن سيادة الجينات تكون ناقصة، ولا يظهر المرض إلا في وجود التركيب الجيني في صورته النقية ($H^F\ H^F$) . ويحصل الشيء نفسه بالنسبة لتوارث مرض فقر الدم المنجلي الذي ينتشر بين السود في أمريكا وأفريقيا .

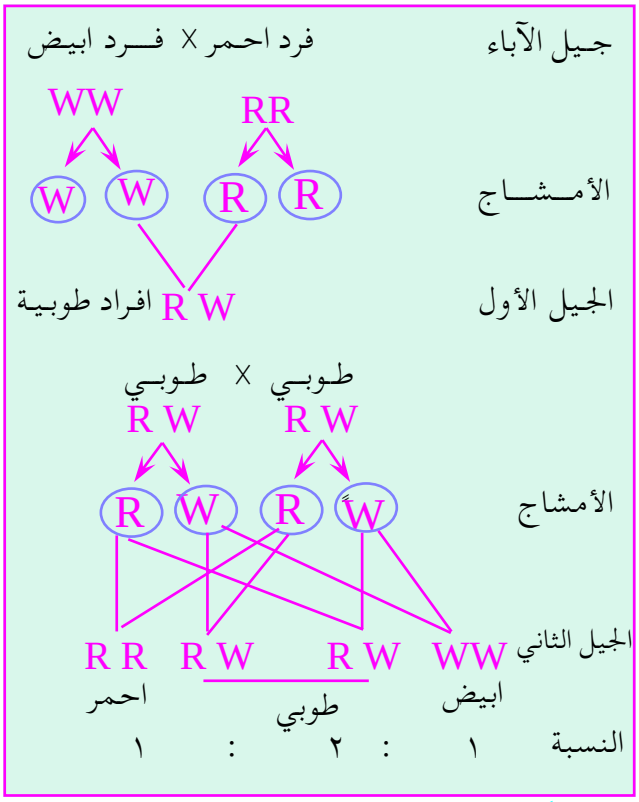
ثانيا : السيادة المشتركة Co - Dominance :

لاحظ العلماء في حالات توارث بعض الصفات ان الفرد الهجين يختلف شكله الظاهري عن الفرد النقي ويكون شكله وسطاً بين شكلي الأبوين النقيين .

■ **مثال (١)**

توارث لون شعر الجلد في أبقار الشورت هورن .

عندما يتزاوج فردان نقيان أحدهما يحمل لون الشعر الأحمر وتركيبه الجيني (RR) والآخر يحمل لون الشعر الأبيض وتركيبه الجيني (WW) ،فتظهر افراد الجيل الأول كلها طوبية بينما أفراد الجيل الثاني تتوزع في ثلاثة اشكال مظهرية هي : الأبيض والطوبي والاحمر بنسبة ١ : ٢ : ١



الشكل (١٣) توارث اللون في ابقار الشورت هورن

نلاحظ كلا من جيني اللون الاحمر والأبيض يظهر اثره أي ظهور شعرة حمراء وشعرة بيضاء .

■ **مثال (٢)**

وتظهر السيادة المشتركة ايضاً في توارث إحدى فصائل الدم في الإنسان حيث تشترك I^B I^A في إضهار الفصيلة الدموية AB

– ما فصائل الدم المختلفة في الإنسان؟

– كيف يتم توارث فصائل الدم في الإنسان؟

صنفت فصائل الدم في الإنسان إلى أربع فصائل هي فصيلة (A) وفصيلة (B) وفصيلة (AB) وفصيلة (O) ، وكل شخص يحمل دمه إحدى هذه الفصائل.

وقد صنفت هذه الفصائل وفقاً لوجود نوعين من مولدات الإلصاق (Antigens) وقد تسمى مولدات الضد، والتي تكون موجودة في الغشاء الخلوي لخلية الدم الحمراء؛ حيث وجد أن هناك نوعين من مولدات الإلصاق هما (A,B) فإذا وجد مولد الإلصاق(A) فتكون فصيلة الدم (A) وإذا وجد مولد الإلصاق (B) تكون فصيلة الدم (B)، وإذا وجد النوعان من مولدات الإلصاق في خلايا الدم الحمراء للشخص فتكون فصيلة دمه (AB). وإذا لم توجد مولدات الإلصاق فتكون فصيلة دم الشخص (O).

كما وجد أن بلازما الدم تحتوي على نوعين من الأجسام المضادة (Antibodies) هما (a,b) ففصيلة الدم (A) تحتوي البلازما فيه على الأجسام المضادة (b)، وفصيلة الدم (B) تحتوي البلازما على الأجسام المضادة (a) وفصيلة الدم (O) تحتوي البلازما على الأجسام المضادة (a , b). وأما فصيلة الدم (AB) فلا تحتوي البلازما على الأجسام المضادة (a , b) ومن المهم جداً معرفة الفصائل الدموية عند عملية نقل الدم من شخص إلى آخر، ولو حدث أن نُقل دم يحمل مولدات الإلصاق (A) إلى شخص يحمل الأجسام المضادة (a) فإنه يحدث تفاعلٌ بين مولدات الإلصاق (A) وتلك الأجسام المضادة مسبباً التخثر لكريات الدم الحمراء، ومن ثم انسداد الأوعية الدموية فالوفاة للشخص المنقول إليه الدم.

ويتحكم في عملية توارث فصائل الدم إلى الأبناء جينات متعددة ومتقابلة يرمز إليها كما يأتي:

١- الجين I^A يكوّن مولد الإلصاق A .

٢- الجين I^B يكوّن مولد الإلصاق B .

٣- الجين i لا يكوّن أياً من نوعي مولدات الإلصاق.

ويعني هذا أن الإنسان يرث جينين من الجينات الثلاثة واللذين يحددان نوع فصيلة الدم لديه. والجدول (٢) يوضح فصائل الدم وتركيبها الجيني في الإنسان.

- ما الفصائل التي تبدو فيه ظاهرة السيادة التامة؟
- ما الفصيلة التي تظهر فيه السيادة المشتركة للجينات؟

يتضح لك من الجدول أن كلاً من الجين I^A و I^B يسود سيادة كاملة على الجين i، إلا أنه لا يسود أي منهما على الآخر كما هو ظاهر في فصيلة الدم AB، إذ يعمل كل منهما بشكل مشترك لتكوين مولدي الإلصاق A,B، وتكون السيادة في هذه الحالة سيادة مشتركة.

جدول (٢)

التركيب الظاهري لفصيلة الدم	التركيب الجيني للفصيلة	الأجسام المضادة الموجودة في الدم
فصيلة O	ii	a , b
فصيلة A	$I^A i$ أو $I^A I^A$ نقي هجين	b
فصيلة B	$I^B i$ أو $I^B I^B$ نقي هجين	a
فصيلة AB	$I^A I^B$	لا يوجد

مسألة محلولة :

توصل إلى احتمالات ظهور فصائل الدم المختلفة في جيل الأبناء لأب فصيلة دمه A وتركيبه الجيني $I^A i$ وأم فصيلة دمها B والتركيب الجيني لها $I^B i$ في (الشكل– ١٤).

ستلاحظ أن $\frac{1}{4}$ عدد الأبناء يحملون فصيلة الدم A وتركيبها الجيني $(I^A i)$ و$\frac{1}{4}$ العدد يحملون فصيلة الدم B وتركيبها الجيني $(I^B i)$ و$\frac{1}{4}$ العدد يحملون فصيلة الدم (O) وتركيبها الجيني (ii)، و $\frac{1}{4}$ العدد يحملون فصيلة الدم AB وتركيبها الجيني $(I^A I^B)$ ، وهي :

جيل الأباء: أب فصيلة دمه A × أم فصيلة دمها B

التركيب الجيني : $I^A i$ × $I^B i$

الأمشاج : I^A i I^B i

♂ \ ♀	I^A	i
I^B	$I^A I^B$	$I^B i$
i	$I^A i$	ii

الشكل (١٤)

الفصيلة التي تبدو فيها ظاهرة السيادة المشتركة للجينات. وقد وجد أن دراسة توارث فصائل الدم مهمة جداً في الطب الشرعي، إذ تساعد على نفي الأبوة ولكن لا تثبتها، بل يثبتها الحامض النووي (DNA)، كما ستعرف ذلك في الوحدة اللاحقة.

– هل يمكن أن تكون فصيلة دم الطفل AB إذا كانت فصيلة أحد أبويه O ؟

النشاط (٩)

توصل إلى احتمالات ظهور فصائل الدم لأبناء أبوين أحدهما يحمل فصيلة الدم A وتركيبه الجيني $(I^A I^A)$ ويحمل الآخر فصيلة الدم O.

وراثة العامل الرايزيسي Rheusus Factor.

- ما المقصود بالعامل الرايزيسي؟ وما أهميته؟
- كيف يتم توارث العامل الرايزيسي؟

العامل الرايزيسي هو مولد التصاقي يوجد على غشاء خلايا الدم الحمراء في الإنسان، ويرمز إليه بالرمز (Rh). وفي حالة وجوده يكون الشخص موجب العامل الرايزيسي (Rh^+)، وفي حالة عدم وجوده يكون الشخص سالب العامل الرايزيسي (Rh^-) ويمثل الأشخاص الذين يحملون العامل الرايزيسي حوالى ٨٥٪ من مجموع أفراد المجتمع، بينما تكون النسبة الباقية لأشخاص سالبي العامل الرايزيسي.

ويتحكم في توارث العامل الرايزيسي زوج من الجينات، فالجين D يكون سائداً ويعمل على تكوين مولد الإلصاق الرايزيسي بينما الجين d يمنع تكون مولد الإلصاق للعامل الرايزيسي، والشخص الموجب للعامل الرايزيسي يكون تركيبه الجيني DD (صفة نقيه) أو Dd (صفة هجينة)، بينما يكون التركيب الجيني للشخص سالب العامل الرايزيسي (dd).

- مسألة محلولة:

تزوج رجل موجب العامل الرايزيسي (صفة نقية) من إمرأة موجبة العامل الرايزيسي (صفة هجينة) فما التركيب الجيني لأبنائهما؟.

ستلاحظ أن جيل الأبناء كلهم موجبي العامل الرايزيسي بنسبة ٥٠٪ يحملون الصفةالنقية و٥٠٪ يحملون الصفة الهجينة.

جيل الأباء: أب موجب نقي X أم موجبه هجينة

التركيب الجيني: Dd X DD

الأمشاج: (D) (d) X (D) (D)

الأبناء:

♀ \ ♂	D	D
D	DD	DD
d	Dd	Dd

الشكل (١٥)

النشاط (١٠)

توصل إلى احتمالات توارث فصائل الدم والعامل الرايزيسي لدى الأبناء لأب فصيلة دمه (A) موجب العامل الريزيسي (هجين) وأم فصيلة دمها AB سالبة العامل الرايزيسي، موضحاً نسبة كل فصيلة وعاملها الرايزيسي ($AB^-, B^-, A^-, AB^+, B^+, A^+$).

وللعلم فإنه يجب مراعاة نوع العامل الرايزيسي للدم عند نقل دم شخص إلى آخر. فمثلاً عند نقل دم من شخص فصيلة دمه A موجب العامل الرايزيسي إلى شخص فصيلة دمه A سالب العامل الرايزيسي، فإن جسم الشخص المستقبل يبدأ بإنتاج أجسام مضادة لمولد الإلصاق (Rh) مما يؤدي إلى تراكم الأجسام المضادة في دمه، وإذا تكرر نقل نفس فصيلة الدم إليه فإن الأجسام المضادة تعمل على تخثير خلايا الدم الحمراء في الدم المنقول إليه مما قد يتسبب في وفاته.

– ما تأثير العامل الرايزيسي على الجنين في بطن أمه؟

عند تزاوج رجل موجب العامل الرايزيسي (صفة نقية) بامرأة سالبة العامل الرايزيسي فإن جميع الأجنة التي تحمل بهم الزوجة يكونون موجبي العامل الرايزيسي، وغالباً ما يولد الجنين الأول سليماً، ولكن أثناء ولادته ينتقل جزء من دمه الموجب العامل الرايزيسي إلى دم الأم السالب فيستجيب دم الأم مكوناً أجساماً مضادة، فيصبح دم الأم حاملاً لهذه الأجسام المضادة، وعندما تحمل الأم بالجنين الثاني تنتقل الأجسام المضادة من دمها إلى دم الجنين عبر المشيمة، فتعمل هذه الأجسام على إلصاق كريات الدم الحمراء في الجنين وتحليلها، فيصاب الجنين بفقر الدم وقد يؤدي إلى وفاته، وتزداد خطورة الأجسام المضادة في دم الأم على الأجنة في مرات الحمل التالية.

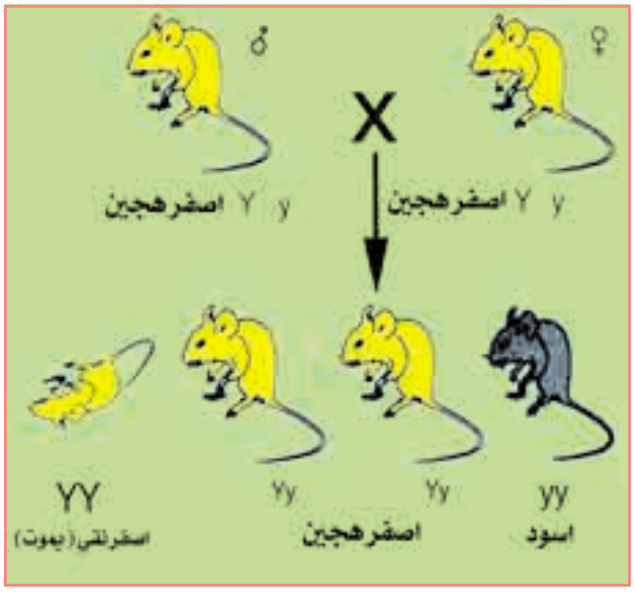
وقد ساعد التقدم الطبي الحديث في إنتاج مصل تحقن به الأم سالبة العامل الرايزيسي خلال الثلاثة أيام من ولادتها للجنين، فيعمل هذا المصل على إبطال مولدات الإلصاق المتسربة إلى الأم من الجنين مما يؤدي إلى عدم تكوين أجسام مضادة في دم الأم، وأيضاً أصبح بالإمكان تغيير دم الجنين وهو في رحم أمه كحل للمشكلة.

ثالثاً : الجينات المميتة Lethal genes

مانتيجة تزاوج فأر أصفر مع انثى صفراء اللون كلاهما هجين ؟

وجد أن اللون الأصفر في الفئران يسود على غيره من الألوان مثل اللون الأسود لهذا تكون نتيجة النسل .

$\frac{1}{4}$ أصفر نقي ، $\frac{1}{2}$ أصفر هجين ، $\frac{1}{4}$ أسود الا أن الربع الأصفر النقي يموت غالباً قبل الولادة أو في أطواره الجنينية الأولى وهذا راجع إلى إجتماع عاملين (جيني) اللون الأصفر معًا مما يؤدي إلى وفاة الفأر الحامل لهما ولهذا يقل عدد الفئران الناتجة بنسبة ٢٥٪ وبهذا المثال لا بد من التنبيه إلى أن جين اللون الأصفر (Y) ذو تأثيرين فهو سائد من حيث الشكل المظهري ومتنحي من حيث قدرته على إحداث الوفاة أما جين اللون الأسود (y) فهو متنحي من حيث الشكل المظهري وسائد من حيث الحيوية . لذلك نلاحظ عند اجتماع جين اللون الأصفر Y مع جين اللون الأسود y فإن يسود عليه سيادة تامة وبذا يظهر الفأر أصفر هجين Yy



شكل (١٦) الجينات المميتة في الفئران

أي أن نتيجة تزاوج فأر أصفر هجين مع انثى صفراء هجينة هو شكلين مظهريين اصفر واسود بنسبة ٢ : ١ على الترتيب كما في الشكل (١٦)

– بماذا تفسر ظهور بادرات بيضاء اللون خالية من اليخضور (الكلوروفيل) بنسبة ٢٥٪ وبادرات خضراء اللون بنسبة ٧٥٪ عند زراعة بذور ذرة ناتجة من تلقيح ذاتي لنبات ذرة أخضر اللون مع العلم بأن جين تكوين اليخضور سائد وحيوي بينما جين انعدام تكوين اليخضور متنحي ومميت .

الوراثة والجنس

للجنس دور كبير في ظهور بعض الصفات الوراثية لدى الأبناء، فللوراثة دور أساسي في تحديد جنس الوليد، كما أن كثيراً من الصفات في الأبناء ترتبط عواملها الوراثية (الجينات) بالكروموسومات الجنسية، وصفات أخرى يتأثر ظهورها أو عدم ظهورها بجنس الفرد.

أولاً : دور الوراثة في تحديد الجنس:

- ما الذي يجعل الجنين ينمو إلى ذكر أو أنثى بإرادة الله؟
- كيف يتم توارث صفات الذكورة أو الأنوثة في الإنسان؟

لقد عرفت أن كل خلية من الخلايا الجسدية في جسمك تحتوي على (٢٣) زوجاً من الكروموسومات، وأن (٢٢) زوجاً من هذه الأزواج تسمى الكروموسومات الجسدية (الذاتية) (Autosomes)، واما الزوج الأخير فتسمى الكروموسومات الجنسية (Sex Chromosomes)، والكروموسومان الجنسيان في الإنسان هما الكرموسوم (X) والكرموسوم (y) وقد ثبت علمياً أن الكروموسوم الجنسي (Y) هو المحدد للذكورة في الإنسان .

وقد اتضح أن هناك أنماط مختلفة من كرموسومات تحديد الجنس في الكائنات الحية المختلفة ومنها الإنسان، وهذه الإنماط هي :

١- النمط (XX - XY) ويوجد هذا النمط في الإنسان، كما عرفت سابقاً، كما يوجد في كثير من الحيوانات الأخرى مثل ذبابة الفاكهة.

٢- النمط (XX- X0) ويوجد في بعض الحشرات مثل الصرصور والنطاط، حيث يعني الرمز (0) صفراً بمعنى عدم وجود الكروموسوم (Y) في الذكر أما الأنثى فتحوي خلاياها على كروموسومين جنسيين هما (XX).

٣- النمط (ZW-ZZ) ويوجد في بعض الحيوانات كالطيور والأسماك والفراشات؛ حيث تحوي خلايا الذكر فيها على كرموسومين (ZZ) بينما خلايا الأنثى تحوي كرموسومين مختلفين هما (ZW) ، وهذا يعني أن تحديد الجنس في أبناء هذه الحيوانات التي تحمل هذا النمط تحدده الأنثى (الأم) وليس الذكر كما في النمط البشري(XY).

٤- نمط العدد الفردي أو الزوجي (n أو 2 n) من الكرموسومات: حيث وجد أن الجنس في النمل والنحل يتحدد بعدد الكرموسومات في خلية الفرد، فالأنثى

تحوي عدداً زوجياً من الكروموسومات (2n) لأنها تنتج من بيض مخصب، بينما الذكر يحوي عدداً أحادياً من الكروموسومات (n) لأنه ينتج من بيض غير مخصب.

ثانياً: توارث الصفات المرتبطة بالجنس:

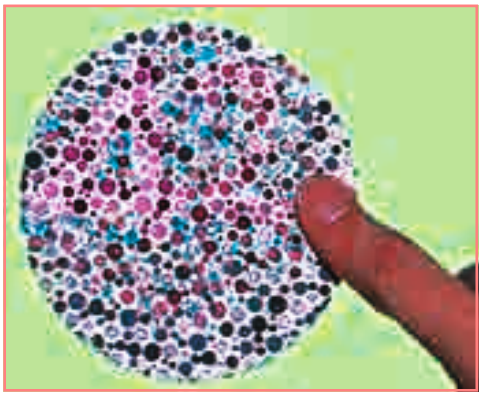
لقد وجد أن كثير من الصفات الوراثية تحمل جيناتها على الكروموسومات الجنسية، لهذا تسمى صفات يرتبط توارثها بالجنس.

– ما الكروموسومات الجنسية؟

– ما هو الكروموسوم الجنسي الذي يحمل معظم الصفات المرتبطة بالجنس؟

ومن أمثلة الصفات التي تنتقل من الآباء إلى الأبناء في الإنسان مرتبطة بالكروموسومات الجنسية، وخاصة الكروموسوم (X)، مرض عمى الألوان الشكل١٧، ومرض نزف أوسيولة الدم الهيموفيليا (Hemophilia) ومرض البول السكري وغيرها، وهي جميعاً صفات متنحية مسؤول عن إظهارها جين متنح على الكروموسوم (X). وصفة الشعر الكثيف في الأذن المرتبطة بالكرموسوم Y .

فمثلاً يظهر عمى الألوان بين الأبناء وهو عدم القدرة على التمييز بين اللونين الأخضر والأحمر. ويمكن الكشف عن وجود المرض باستخدام البطاقة المبينة في الشكل (١٧). فالشخص الذي يرى الرقم (4) فقط في البطاقةيكون مصاباً بعمى اللون الأخضر وأما الشخص الذي يرى الرقم (2) فقط يكون مصاباً بعمى اللون الأحمر. أما الشخص الذي يستطيع قراءة الرقم (42) فيكون طبيعياً وغير مصاب بالمرض. والجدول (٣) يوضح التركيب الظاهري والتركيب الجيني للمصابين بمرض عمى الألوان وحاملي المرض والأشخاص السليمين من المرض.



الشكل (١٧) بطاقة فحص عمى الألوان

جدول (٣)

النوع	مصاب	حامل المرض	سليم
ذكر	X^bY	-	X^BY
أنثى	X^bX^b	X^BX^b	X^BX^B

– ما التركيب الجيني لأنثى مصابة بعمى الألوان؟

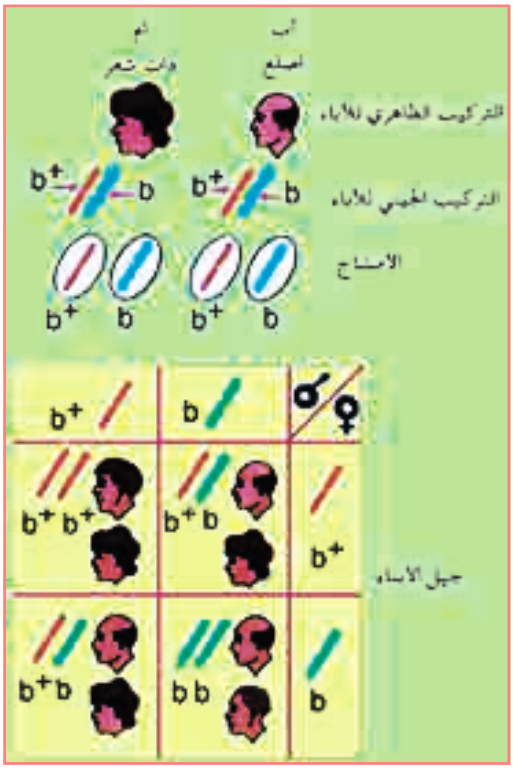
– ما التركيب الجيني لذكر مصاب بعمى الألوان؟

النشاط (١١)

- توصل إلى احتمالات ظهور عمى الألوان لدى الأبناء لأب مصاب وأم تحمل المرض.

ثالثاً: توارث الصفات المتأثرة بالجنس:

وهي الصفات التي تحمل جيناتها على الكروموسومات الجسدية ولكن ظهور الصفة أو عدم ظهورها يعتمد عى الهرمونات الجنسية. ومن أمثلة هذه الصفات وجود أو عدم وجود القرون لدى الأغنام، كما تعتبر صفة الصلع في الإنسان من الصفات المتأثرة بالجنس؛ حيث يظهر الصلع الوراثي في الإنسان بتأثير زوج من الجينات المحمولة على الكروموسومات الجسدية، كما في الشكل (١٨)، ويرمز إلى صفة الصلع بالرمز (b) ولوجود الشعر بالرمز (b^+) وتعمل الهرمونات الجنسية الذكرية على إعطاء السيادة للجين (b) على الجين (b^+) في الذكور الذين يكون تركيبهم الجيني (b^+ b)، وهذا يعني أن جين الصلع يكون سائداً في حالة الذكور ويكون متنحياً في حالة الأنثى، أي إنه لا بد من وجود الجينين (bb) في الأنثى لإظهار صفة الصلع، وهذا يفسر سبب انتشار ظاهرة الصلع بين الرجال وندرة وجود هذه الصفة بين النساء.



الشكل (١٨) لتوارث صفة الصلع في الإنسان

ادرس الشكل (١٨) ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما التركيب الجيني للرجل الأصلع؟
- ما التركيب الجيني للرجل الذي لايصاب بالصلع؟
- ما التركيب الجيني للمرأة التي تصاب بالصلع؟
- ما احتمال إصابة الرجل بالصلع؟
- ما احتمال إصابة المرأة بالصلع؟

وراثة مجموعة الجينات المترابطة Linkage Group

– ما المقصود بالجينات المترابطة؟

– كيف يتم توارث الجينات المترابطة؟

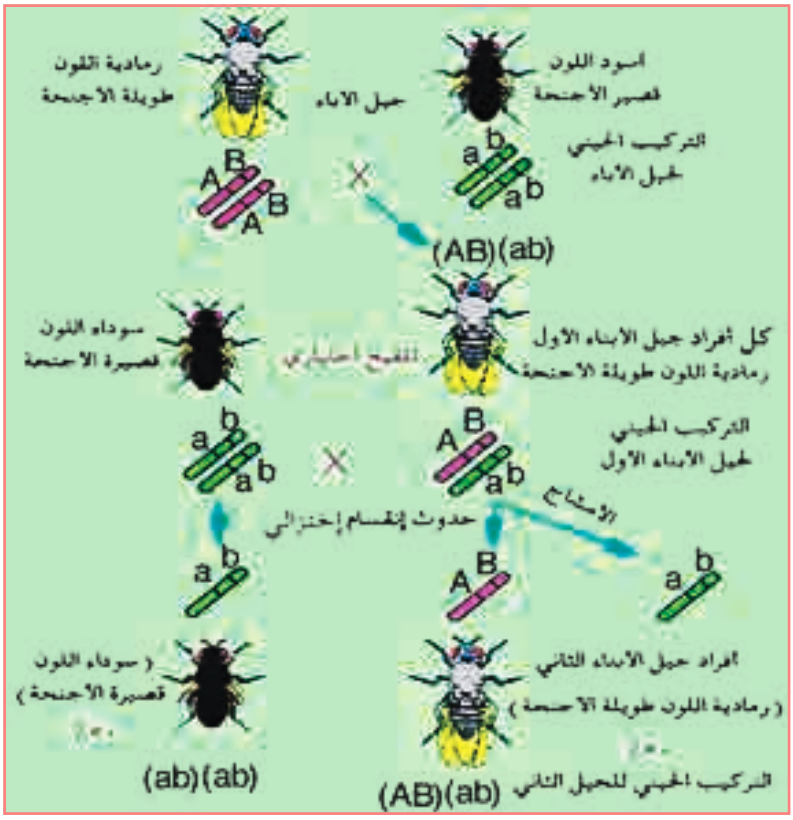
لقد وجد أن الجينات الواقعة على الكروموسوم الواحد والمتقاربة لا تتوزع توزيعاً حراً (حسب قانون مندل الثاني) عند تكوين الأمشاج بل تورث معاً كمجموعة واحدة تسمى المجموعة المترابطة، وقد توصل العالم مورجان Morgan (١٨٦٦–١٩٤٥م)، أثناء دراسته لتوارث بعض الصفات في ذبابة الفاكهة إلى أن هناك نوعين من الارتباط هما:

الارتباط التام: Complete Linkage

في تجربة لدراسة توارث صفتي لون الجسم وحجم الأجنحة في ذبابة الفاكهة؛ زاوج مورجان بين أنثى من النوع البري رمادية اللون وذات أجنحة طويلة (نقية)، وذكر أسود اللون ذي أجنحة قصيرة من النوع الناتج عن طفرة وراثية، كما في (الشكل – ١٩) ، ولاحظ الناتج من أفراد الجيل الأول.

– ما لون أجسام أفراد الجيل الأول؟

– ما الشكل الظاهري لاجنحتها؟



الشكل (١٩) توارث صفتي طول الأجنحة ولون الجسم في ذبابة الفاكهة عن طريق الارتباط التام للجينات.

ثم قام مورجان بإجراء تلقيح اختباري بين ذكر رمادي اللون طويل الأجنحة من أفراد الجيل الأول وأنثى سوداء قصيرة الأجنحة كما في الشكل (١٩) ولاحظ صفات اللون وطول الأجنحة بين الأبناء فوجد أن ٥٠٪ من الأفراد كانت رمادية اللون طويلة الأجنحة و٥٠٪ منها كانت سوداء اللون وقصيرة الأجنحة (بنسبة ١ : ١) .

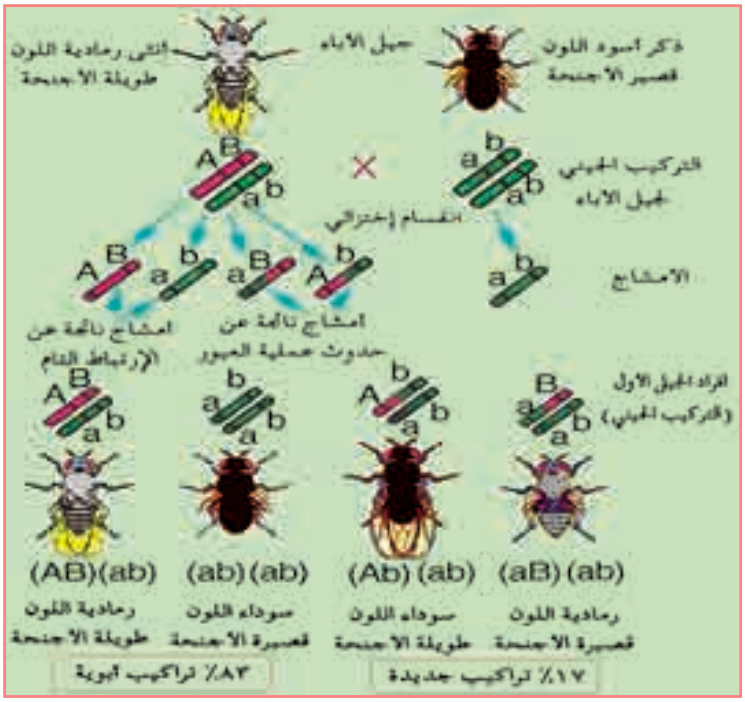
– قارن بين هذه النتائج والنتائج المتوقعة تبعاً لقانون التوزيع المندلي؟

– ما سبب ظهور الصفات بنسبة ١ : ١ مختلفة عن نسب قانون التوزيع الحر؟

وضع مورجان تفسيراً لهذه النتائج بأن كلاً من جين لون الجسم الرمادي وجين الأجنحة الطويلة موجود على أحد الكروموسومات، بينما توجد جينات لون الجسم الأسود والأجنحة القصيرة على الكروموسوم الآخر المقابل، ولهذا ينتقل الجينان معاً كما في الشكل (١٩) .

٢ ـ الارتباط غير التام للجينات : Incomplete Linkage

عند ماكرر العالم مورجان التلقيح الاختباري، بتزويج أنثى هجينة رمادية اللون وطويلة الأجنحة مع ذكر أسود اللون وقصير الأجنحة كما في الشكل (٢٠)، لاحظ أن النتائج كانت أيضاً مخالفة للنسب التي اقترحها قانون التوزيع الحر لمندل .



الشكل (٢٠) توارث لون الجسم وطول الأجنحة في ذبابات الفاكهة

– ما الأشكال الظاهرية للون الجسم وطول الأجنحة في أفراد الجيل الأول من ذباب الفاكهة؟

– ما مدى تشابه أفراد الجيل الأول مع الأبوين؟

لقد وجد مورجان أن نسبة الأفراد التي تشبه الأبوين في صفتي

اللون وطول الأجنحة كانت حوالى ٨٣٪ بينما نسبة الأفراد التي لها صفات مختلفة عن الأبوين حوالى ١٧٪ .

وقد علل مورجان ظهور أفراد بصفات مختلفة عن صفات الأبوين بحدوث عبور

الشكل (٢١) عبور الجينات بين كروموسومين متجاورين

بين الجينات أثناء عملية الأنقسام الاختزالي كما في الشكل (٢١) رغم وجودها على كروموسوم واحد .

– ما المقصود بالعبور للجينات؟

لقد لاحظ العلماء أنه بالرغم من أن الجينات الموجودة على أحد الكروموسومات تنتقل مترابطة من جيل الآباء إلى جيل الأبناء إلا أنه يحدث أحياناً انفكاك لبعض الجينات فتنتقل من الكروموسوم الذي يحملها إلى الكروموسوم المقابل له في عملية تسمى العبور كما في الشكل (٢١)، وينتج عن ذلك تغير في الصفات المرتبطة بتلك الجينات .

– ما أهمية العبور للكائنات الحية؟

– كيف تتم عملية العبور للجينات من كروموسوم إلى آخر؟

وراثة الجينات المتعددة (التراكمية)

– ما الذي يحدد ظهور الألوان المختلفة للجلد بين الناس؟

– ما العوامل التي تجعل صفة الطول متباينة بين الأشخاص؟

لقد وجد أن ظهور بعض الصفات مثل اللون والطول والوزن ودرجة الذكاء يتحكم فيها ثلاثة أزواج من الجينات على الأقل . فالشخص شديد السواد يكون تركيبه الجيني AA BB CC ، والشخص ذو البشرة شديدة البياض يكون تركيبه الجيني aa bb cc ، بينما الشخص الذي يكون تركيبه الجيني مثلاً Aa Bb Cc فيكون لون جلده وسطاً بين اللونين الأسود والأبيض، ويقترب لون البشرة من اللون الأسود أو من اللون الأبيض بحسب عدد الجينات ذات الأحرف الكبيرة أو الجينات ذات الأحرف الصغيرة في كروموسومات الفرد .

كما وجد أن بعض الصفات يتم توارثها في النبات عن طريق جينات متعددة مثل توارث صفة لون حبوب القمح، فالحبوب ذات اللون الأحمر يكون تركيبها الجيني

AA BB RR ، والحبوب ذات اللون الأبيض يكون تركيبها الجيني aa bb rr ، وبقية الألوان بينهما .

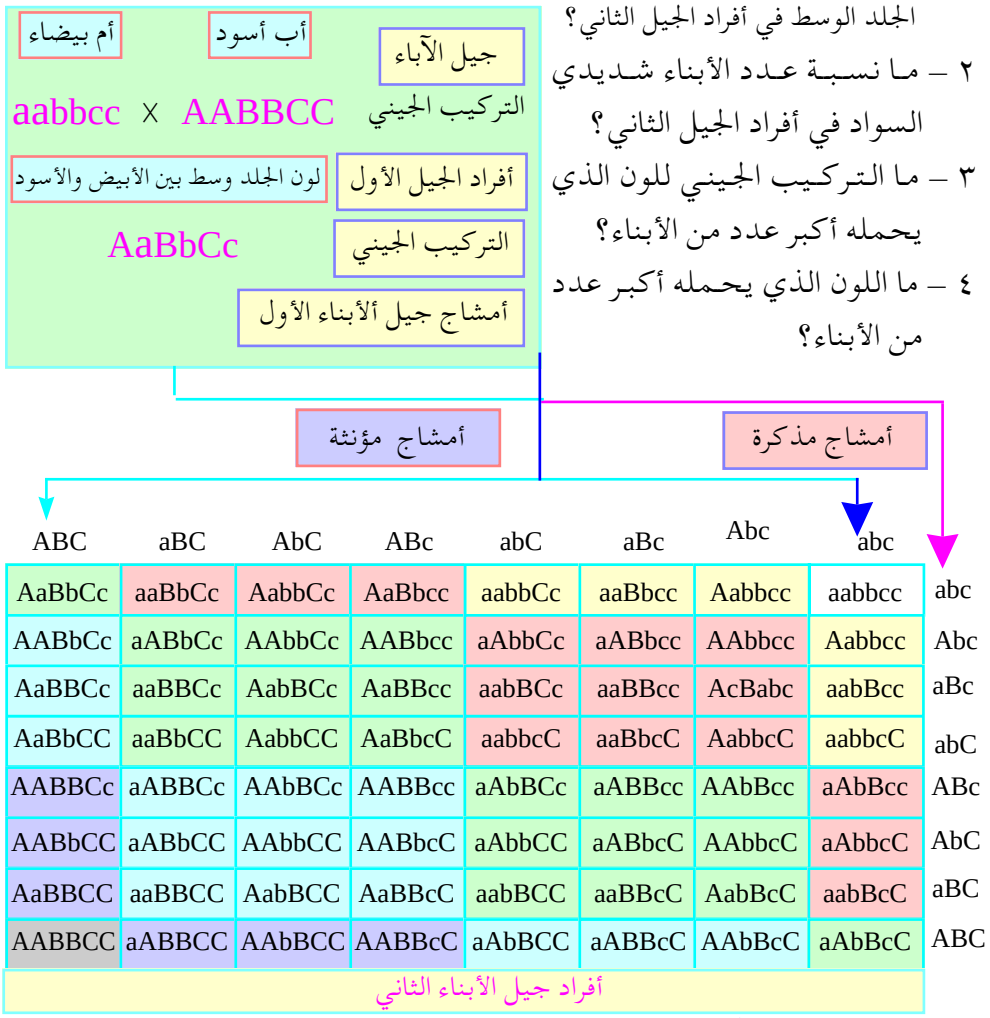
– كيف يتم توارث لون الجلد في الإنسان؟ لاحظ الشكل (٢٢) ثم أجب عن الأسئلة الآتية :

١ – ما نسبة عدد الأبناء شديدي البياض الناتجة من تزاوج فردان يحملان لون الجلد الوسط في أفراد الجيل الثاني؟

٢ – ما نسبة عدد الأبناء شديدي السواد في أفراد الجيل الثاني؟

٣ – ما التركيب الجيني للون الذي يحمله أكبر عدد من الأبناء؟

٤ – ما اللون الذي يحمله أكبر عدد من الأبناء؟



الشكل (٢٢) توزيع لون الجلد بين أفراد جيل الأبناء الثاني .

لقد وجد أن سبب التباين الشديد في ألوان الناس وأوزانهم ودرجات الذكاء لديهم يعود إلى أن كل جينين متقابلين من الجينات المتعددة المسؤولة عن وراثة الصفة تحتل موقعاً على أحد الأزواج الكروموسومية، ولهذا فقد يشارك أكثر من زوج من الكروموسومات أو أكثر من موقع كروموسومي في إظهار الصفة التي تمثلها الجينات المتعددة .

تقويم الوحدة

١ – عرف كلاً مما يأتي : – الوارثة – الصفة – الصفة السائدة – الهجين (الخليط) – قانون إنعزال الصفات – قانون التوزيع المستقل (الحر)

٢ – ما الفرق بين المظهر الخارجي والتركيب الجينبي للفرد ؟

٣ – لما ذا كان مندل موفقاً في اختياره لنبات البازلاء لإجراء تجاربه عليه ؟ ولماذا لا يعتبر الانسان مادة صالحة للتجارب الوراثية ؟

٤ – ماذا يقصد بالتلقيح الاختباري ؟ وما أهميته ؟

٥ – لما يعد مرض عمى اللونين الاحمر والأخضر نادراً بين النساء ؟

٦ – اشرح على اسس وراثية علاقة الكروموسومات بتحديد الجنس .

٧ – ما هو الدور الذي يلعبه Yفي الإنسان ؟

٨ – ما المقصود بالارتباط والعبور ؟ اشرح ذلك .

٩ – اشرح على اسس وراثية وراثة الصلع .

١٠ – ما الفرق بين صفة مرتبطة بالجنس وصفة متأثرة بالجنس ؟

١١ – تزوج رجل بني العينين كان ابوه ازرق العينين بإمرأة زرقاء العينين ما هو احتمال لون اعين ابنائهم؟ إذا علملت أن اللون البني سائد على اللون الأزرق .

١٢ – نتيجة لقيام مندل بتهجين نباتات بازلاء مستديرة البذور مع بعضها البعض فقد حصل على (٧٣٢٤) بذرة موزعة كالآتي : (٥٤٧٤) بذرة مستديرة الشكل و (١٨٥٠) بذرة مجعدة . وضح على أسس وراثية التركيب الجيني للآباء والأبناء ؟

١٣ – ينشأ اللون الأسود في حيوان الوبر عن جين سائد يرمز له بالرمز B واللون الأبيض عن جين متنحٍ يرمز له بالرمز b وكذلك ينشأ الشعر الخشن عن جين سائد R والشعر الناعم عن جين متنحٍ r ما هو احتمال ناتج اخصاب ذكر الوبر تركيبه الجيني BB Rr لأنثى الوبر تركيبها الجيني BbRr ؟

١٤– إذا حدث تزاوج بين ذكر من الفئران أصفر اللون وأنثى صفراء اللون وكلاهما هجين كان الناتج من هذا التزاوج فئران سوداء وصفراء بنسبة ٢:١، علماً بأن اللون الأصفر في الفئران سائد على غيره من الألوان .– علل ذلك على أسس وراثية .

١٥– ثلاثة أطفال فصيلتهم الدموية كانت على النحو الآتي : AB, O, B وكل طفل ينتمي لعائلة مختلفة ، وكانت الزمر الدموية لأبوي كل عائلة هي :

– العائلة الأولى : الأب : O والأم : AB – العائلة الثانية : الأب : A والأم : A

– العائلة الثالثة : الأب : A والأم : B (نقية) . – هل يمكن تعيين كل طفل للعائلة التي ينتمي إليها؟

١٦- تزوج رجل فصيلته الدموية AB من أمرأة فصيلتها الدموية O . ما هو احتمال التركيب الجيني للأبناء؟ وهل يجوز للأب أن يسعف أبناءه بكمية من دمه؟ وضح ذلك على أسس وراثية.

١٧- أنجب زوجان أربعة أطفال فصيلة كل منهم مختلفة عن الآخر.

- ما زمرة الدم في كل من الزوج والزوجة. وضح ذلك على أسس وراثية.

١٨- امرأة فصيلتها الدموية O وزوجها فصيلته الدموية AB .

- هل يمكنهما وراثياً إنجاب طفل فصيلته الدموية O ؟

١٩- تزوج رجل موجب بالنسبة لعامل رايزيس Rh^+ من أمرأة سالبة لهذا العامل Rh، فأنجبا طفلاً سالباً لعامل رايزيس Rh^- .

- ما التركيب الجيني للرجل بالنسبة لعامل رايزيس؟ وما نسبة احتمال أن يكون الطفل الثاني موجباً لهذا العامل؟

٢٠- في نبات حنك السبع سلالتان الأولى ذات أزهار حمراء (R) والثانية ذات أزهار بيضاء (W) وبتهجين السلالتين معاً كانت جميع أفراد الجيل الأول ذات أزهار وردية اللون. وعندما هجنت أفراد الجيل الأول فيما بينها توزعت أفراد الجيل الثاني بين فئات مظهرية ثلاث كالآتي:

$\frac{١}{٤}$ أحمر ، $\frac{١}{٢}$ وردي ، $\frac{١}{٤}$ أبيض.

- اعط تحليلاً لوراثة صفة لون أزهار نبات حنك السبع.

٢١- تزوج رجل مصاب بعمى اللونين الأحمر والأخضر بأنثى حاملة للمرض؟

- ما هي احتمالات ظهور هذا المرض في الأبناء؟

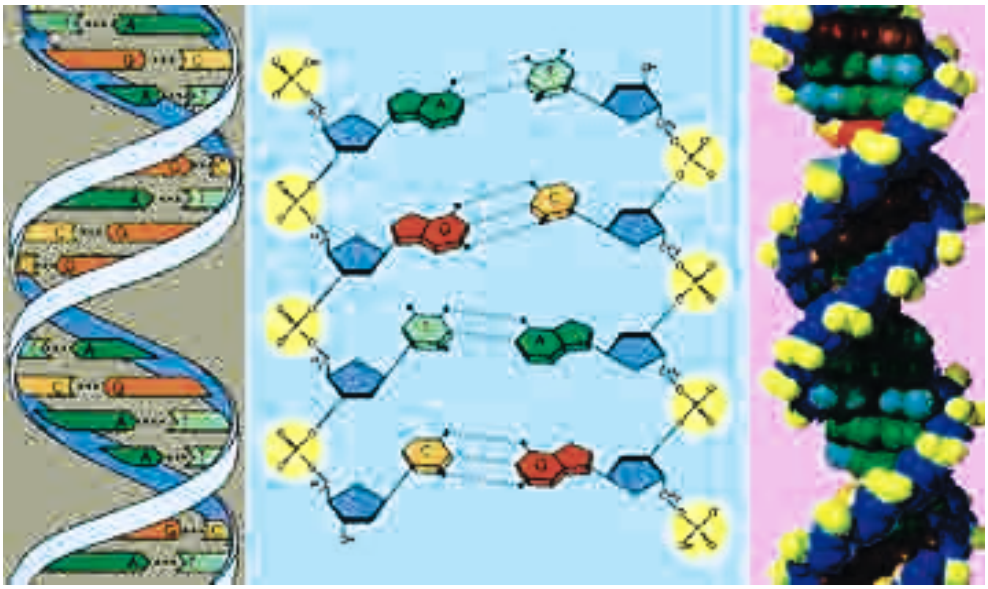
٢٢- لدى إجراء دراسة لنسب إحدى العائلات، تبين أن أنثى رؤيتها طبيعة للألوان، كان والدها مصاباً بمرض عمى الألوان وأمها طبيعية، فإذا تزوجت رجلاً رؤيته طبيعية، ما هي التراكيب الجينية المحتملة لأبنائهما؟ وما نسبة الإصابة بمرض عمى الألوان بين الذكور والإناث؟

٢٣- إذا كانت خصلة الشعر البيضاء في الإنسان صفة متنحية مرتبطة بالجنس، فما هي احتمالات توريث هذه الصفة في الأبناء الناتجين عن زواج رجل ذي شعر عادي، بامراة ذات خصلة بيضاء؟

٢٤ - استنتج نوع الجين المميت (سائد أم متنحي) وعدد الأشكال المظهرية للأفراد الناتجة التي تعيش ونسبتها في وراثة لون الفئران ووراثة لون بادرات نبات الذرة؟

الوحدة الخامسة

الوراثة الجزيئية
Molecular Genetics



أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- تبين مكونات كلاً من الكروموسوم والجين.

٢- توضح التركيب البنائي للحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA.

٣- تصف كيفية تضاعف حمض DNA.

٤- تصف كيفية نسخ الحمض النووي الرايبوزي RNA.

٥- تصف خطوات بناء البروتين في الخلية.

٦- تعطي أمثلة لبعض تطبيقات الوراثة الجزيئية.

الوراثة الجزيئية Molecular Genetics

عـرفت أن العـالـم منـدل هو أول من وضـع أسس علـم الـوراثة؛ حـيـث أوضح أن الصفات الوراثية تنتقل من الآباء إلى الأبناء عبر الأمشاج الذكرية والأنثوية. وهذا الأمر ينطبق على جـمـيع الكائنات الحـيـة التي تتكاثر جنسـياً. مـسـتـعـيناً بـمـا درسـتـه في الوحدات السابقة، أجب عن الأسئلة الآتية:

- كيف توصل مندل إلى النتائج التي حصل عليها؟
- كيف تنتقل الصفات الوراثية عبر الأمشاج؟
- ما المقصود بالصفة السائدة والصفة المتنحية؟
- ما المقصود بالوراثة غير المندلية؟

علمـت بأن مندل عندمـا وضع أسس علم الـوراثة لم تكن هـناك مـعلومـات حـول الكروموسومات والجينات. وعند اكتشافها أمكن تفسير الأسس الوراثية على ضوئها. ومع التطور المتـسـارع في علم الوراثة ظهـر علم الوراثة الجـزيئـيـة الذي يركـز على الكروموسومات ومكوناتها من الحموض النووية والجينات. وقد ساعد هذا العلم على فـهـم كـيـفـيـة توارث الصـفـات بل وكـيـفـيـة توريث الصـفـات المرغـوبة عن طريق الهندسة الوراثية.

الكروموسومات والجينات:

علمت اثناء دراستك في الصف الأول الثانوي إن الخلية الحـية تحتـوي على نواة توجد فـيـهـا تراكيب خـيطية تسـمى الكروموسـومات Chromosomes، وإن هذه الكروموسومات تتكون من حـموض نووية تحمل الجينات Genes المسئولة عن نقل الصفات الوراثية. وهناك نوعان من الحموض النووية في خلايا الكائنات الحية، الأول هو الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA.

- ما اسم الحمض النووي الآخر؟ وبماذا يرمز له ؟
- ما الفرق بينه وبين الحمض DNA ؟

وقـد تمكن علمـاء الوراثة من مـعـرفـة دور حـمض DNA في تركـيـب الكروموسومات، وأهمية هذا الحمض كمادة وراثية في الأربعينات من القرن الماضي. أما اليـوم فقـد أصبح بـالإمكان تصنيع الحـمض النووي DNA في المختبرات العلمـية أو إجراء تعديلات عليه وإدخاله إلى خلايا حية وبالتالي تغيير خصائصها الوراثية.

يعرف العلم الذي يختص بدراسة أهمية جزيئات DNA في مختلف جوانب حياة الكائنات الحية باسم علم الوراثة الجزيئية Molecular Genetics .

اكتشاف التركيب البنائي لجزيء DNA :

توصل العالم أوزوالد آفري Oswald Avery ومساعدوه (ماك كارتي، وماكلاود) عام ١٩٤٤م إلى أن الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA هو المادة الوراثية في خلايا الكائن الحي . واستمرت الدراسات على هذا الحمض لسنوات عديدة إلى أن جاء اكتشاف تركيبه البنائي على يد كل من جيمس واطسون James Watson وفرانسيس كريك Francis Crick في عام ١٩٥٢م، بعد دراسة جميع المعطيات المعروفة عن هذا الحمض، وخاصة بعد حصولهما على صورة بالأشعة السينية للحمض النووي DNA. كانت قد التقطتها روزا ليندا فرنكلين وقد توصل واطسون وكريك إلى أن للحمض النووي تركيب سُلّمي مؤلف من شريط حلزوني مزدوج (الشكل ١) يتكون كل منهما من سلسلة من النيوكليوتيدات .

وتتألف كل نيوكليوتيدة مما يأتي :

أ – مجموعة فوسفات .

ب– سكر الرايبوز منقوص الأكسجين .

جـ– قاعدة نيتروجينية .

وهناك أربعة أنواع من القواعد النيتروجينية تدخل في تركيب DNA، وهي كما يأتي :

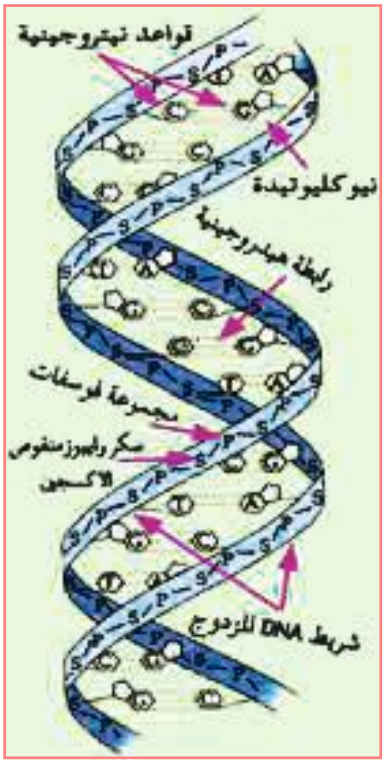
١– أدينين Adenine ويرمز له بالحرف A .

٢– جوانين Guanine ويرمز له بالحرف G .

٣– سايتوسين Cytosine ويرمز له بالحرف C .

٤– ثايمين Thymine ويرمز له بالحرف T .

وتترتب القواعد النيتروجينية في شريط DNA على هيئة درجات السلم الحلزوني بحيث يرتبط C مع G بثلاثة روابط هيدروجينية كما يرتبط A مع T برابطتين هيدروجينيتين .الشكل (١)



الشكل (١) جزء من شريط DNA المزدوج

– ما هو تعريف الجين؟ ومم يتكون ؟

يمكن تعريف الجين بأنه وحدة وراثية يمثلها موقع محدد على جزيء الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA، وهو يتكون من سلسلة محدودة من النيوكليوتيدات، كما هو موضح في الشكل (٢).

الشكل (٢) الجينات على شريط DNA

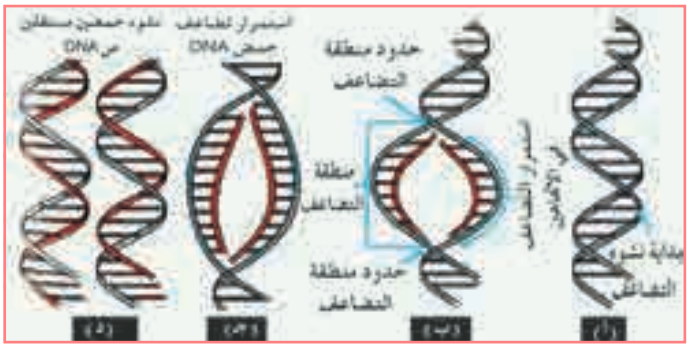
تضاعف الحمض النووي DNA :

عرفت أن الخلية الحية حقيقية النواة تنقسم مكونة خليتين مماثلتين للخلية الأصلية، ولعلك تتذكر أن للخلية دورة تسمى دورة الخلية Cell Cycle تحدث خلالها تغيرات واضحة في الخلية.

– سمِّ المراحل الثلاث التي تسبق الانقسام الخيطي Mitosis.

– في أي مرحلة من المراحل الثلاث يتضاعف حمض DNA؟

انظر الشكل (٣) الذي يبين ميكانيكية تضاعف حمض DNA، والتي تحدث على النحو الآتي :



الشكل (٣) تضاعف حمض DNA

١– في البداية تنفصل الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية عند نقاط معينة على امتداد جزيء DNA وتسمى كل من هذه النقاط منشأ التضاعف Origin of Replication ، (شكل – ٣ أ)، ويحدث ذلك بفعل بروتينات معينة وأنزيمات خاصة تسمى (هيليكيسيز)Helicases. وتجدر الإشارة إلى أن هناك المئات، بل والآلاف أحياناً، من نقاط منشأ التضاعف على امتداد جزيء DNA المتضاعف.

٢- تبدأ عملية تضاعف الحمض النووي من نقاط منشأ التضاعف العديدة وتستمر في اتجاهين متضادين على كل نقطة، ويبين الشكل (٤) هذه العملية كما تحدث في منشأ تضاعف واحد .

٣- تستمر عملية التضاعف في جميع نقاط المنشأ إلى أن يكتمل تضاعف جزيء حمض DNA، علماً بأن عملية التضاعف تتم بفعل أنزيمات بلمرة حمض DNA

الشكل (٤) حمض DNA أثناء التضاعف

ويمثل الشكل (٤) شريطي الحمض النووي DNA أثناء عملية التضاعف .

ولاحظ أن شريطي الحمض النووي DNA الأصليين (باللون الأزرق) يمثلان قالبين يعمل كل منهما على بناء شريط جديد (باللون الأصفر) .

النشاط (١)

- قارن تسلسل القواعد النيتروجينة على الشريطين الجديدين بتسلسلهما على الشريطين الأصليين . فماذا تلاحظ ؟

دور حمض DNA في نقل الصفات الوراثية :

أوضحت نتائج العديد من الدراسات في الوراثة الجزيئية أن جزيء حمض DNA يحمل الشفرات التي تحتوي على التعليمات الخاصة بتركيب ووظائف مكونات الكائن الحي . إضافة إلى ذلك، توصل العلماء إلى أن هذه التعليمات تحملها حموض نووية أخرى ليتم في ضوئها بناء وتركيب المكونات المختلفة لجسم الكائن الحي مثل الحموض الأمينية في البروتينات .

- هل تذكرت اسم الحمض النووي الآخر ورمزه؟
- كيف يمكن لحمض DNA بقواعده النيتروجينية الأربع أن يحدد تسلسل الحموض الأمينية التي يبلغ عددها عشرين في جزيء البروتين؟

لقد اتضح أن الحمض النووي الآخر الذي يقوم بهذا العمل هو الحمض النووي الرايبوزي RNA .

الحمض النووي الرايبوزي RNA :

– ما الفرق بين الحمض النووي الرايبوزي RNA والحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA ؟

توصل العلماء إلى عدد من الأدلة التي تبين أن حمض RNA قد يكون له دور في ترجمة المعلومات الجينية التي يحملها جزيء حمض DNA إلى سلسلة من الحموض الأمينية ليكوِّن منها سلسلة الببتيد العديد Polypeptide، ومن هذه الأدلة :

١– وجود حمض RNA بكثرة في سيتوبلازم الخلية، وهو المكان الذي تصنع فيه الخلية البروتينات .

٢– وجود كميات كبيرة من حمض RNA في خلايا الأجنة النامية . ماذا تستنتج من ذلك؟

٣– تحتوي الخلايا التي تصنع البروتينات على كميات وفيرة من الرايبوسومات، علماً بأن الرايبوسومات تمثل ثلثي جزيء حمض RNA .

– ما دور الريبوسومات في الخلية؟

قدّم العالِم فرانسيس كريك مقترحاً أسماه (وجهة النظر المركزية Central Dogma)، والذي يتلخص في أن حمض DNA يتضاعف ، وهو الذي يقوم بنسخ حمض mRNA ، الذي يقوم بدوره بترجمة المعلومات إلى المواد البروتينية، ويبين الشكل (٥) مخططاً لهذا المقترح .

الشكل (٥)
وجهة النظر المركزية

– ولكن، كيف يتم نسخ حمض RNA ، وكيف تصنع الخلية البروتين؟

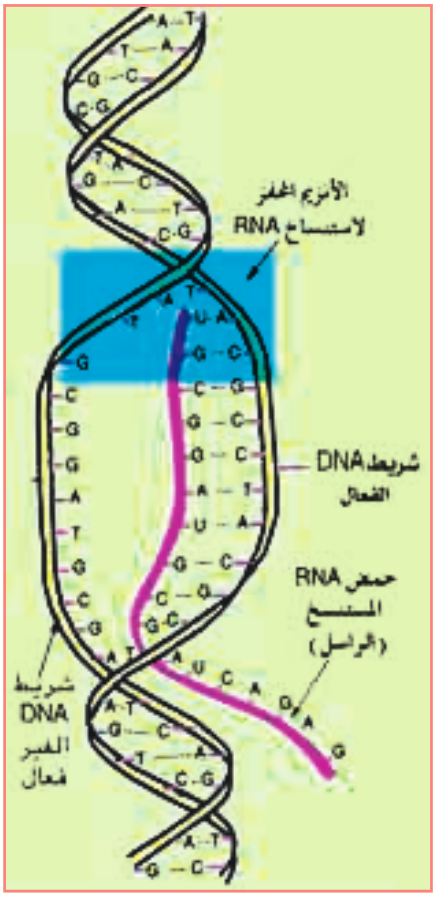
إن الاختلاف الجوهري بين حمض DNA وحمض RNA يتمثل فيما يأتي :

أ – يكون حمض DNA بهيئة شريط مزدوج حلزوني بينما يكون حمض RNA بهيئة شريط مفرد .

ب – تدخل أربعة قواعد نيتروجينية في تركيب كل منهما . ثلاثة من هذه القواعد مشتركة بينهما وهي : أدينين (A) وجوانين (G) وسايتوسين (C) ويختلفان في القاعدة الرابعة؛ حيث تكون ثايمين (T) في DNA بينما تكون يوراسيل Uracil (U) في حمض RNA .

وهناك ثلاثة أنواع من حمض RNA في خلايا الكائنات الحية، يتم نسخها من حمض DNA ويؤدي كل نوع منها دوراً معيناً في خطوات بناء البروتين في الخلية، وهذه الأنواع هي :

١– الحمض النووي الرايبوزي الراسل Messenger RNA ويرمز له mRNA .
٢– الحمض النووي الرايبوزي الناقل Transfer RNA ويرمز له tRNA .
٣– الحمض النووي الرايبوزي الرايبوسومي Ribosomal RNA ويرمز له rRNA.



الشكل (٦) نسخ حمض RNA الراسل

ويبين الشكل (٦) كيفية نسخ حمض RNA الراسل من حمض DNA .

قارن في هذا الشكل شريط RNA المستنسخ بشريط DNA غير الفعال في عملية النسخ من حيث نوعية القواعد النيتروجينية وتسلسلها، ماذا تلاحظ؟

يعتبر اكتشاف حمض RNA خطوة مهمة في معرفة كيفية نقل المعلومات الوراثية من الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين وترجمتها إلى بروتينات؟

إلا أنه ينبغي أن نتساءل كيف أن هناك أربعة قواعد نيتروجينية في الحموض النووية بينما يصل عدد الحموض الأمينية في البروتينات إلى (٢٠) حمضاً أمينياً. فكيف تعمل هذه القواعد النيتروجينية على تحديد هوية الحموض الأمينية ووضعها في تسلسل معين لبناء جزيء البروتين؟

– لقد ساعد اكتشاف الشيفرة الوراثية العلماء في التوصل للإجابة على هذا السؤال.

الشفرة الوراثية The Genetic Code :

إذا افترضنا أن لكل حمض أميني قاعدة نيتروجينية تحدد هويته، فإن القواعد الأربعة لا تحدد أكثر من هوية أربعة حموض أمينية فقط. دعنا نفترض أن بالإمكان تحديد هوية الحمض الأميني بقاعدتين نيتروجينتين فإن هذا يعني إمكانية وجود $n = 4^2 = 16$ احتمالاً وبالتالي تحديد هوية (١٦) حمضاً أمينياً فقط. ويبين الجدول (١) الاحتمالات الستة عشر.

ولكن هذا لا يكفي لتحديد هوية جميع الحموض الأمينية والبالغ عددها (٢٠) حمضاً أمينياً كما ذكرنا.

ونتيجة لذلك لم يبق أمامنا سوى افتراض أن الحمض الأميني يحتاج إلى ثلاث قواعد نيتروجينية لتشفيره أو لتحديد هويته (وبذلك تكون الشيفرة ثلاثية). ويكون بالإمكان الحصول على ($٤^{٣}=٦٤$) احتمالاً في هذه الحالة.

جدول (١) احتمالات تحديد هوية الحمض الأميني بقاعدتين فقط

	A	G	C	U
A	AA	AG	AC	AU
G	GA	GG	GC	GU
C	CA	CG	CC	CU
U	UA	UG	UC	UU

وعليه يمكن أن يكون لمعظم الحموض الأمينة أكثر من شفرة ثلاثية لتحديد هويته كما هو مبين في الشكل (٧).

الشكل (٧) قاموس الشيفرة الوارثية

وتعرف كل من الاحتمالات الثلاثية بالشفرة الوراثية TAT,GAC,ATT ؛ وهكذا تكون الشفرات على شكل وحدات، ويكون لكل وحدة منها معناها الخاص لتنتج حمضاً أمينياً محدداً ، كما توجد بعض الشفرات التي تعمل على إنهاء الرسالة المطلوب استنساخها.

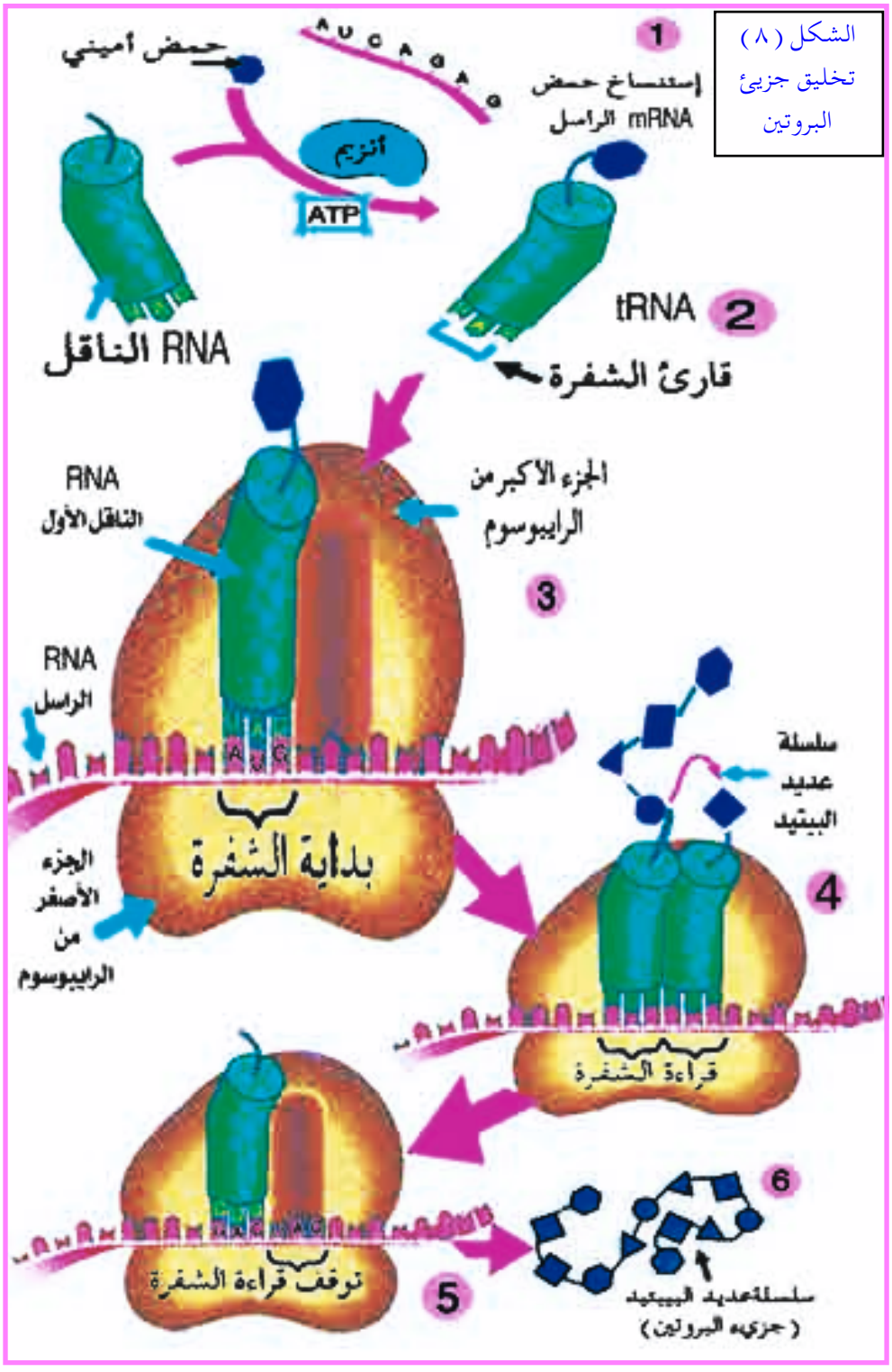
وعندها تتوقف الخلية عن إضافة الحموض الأمينية إلى السلسلة (Stop) كما أن هناك شفرات تعطي إشارة البدء بالتخليق للسلسلة الببتيدية (Start).

خطوات بناء البروتين Protein Synthesis :

انظر الشكل (٨) وتتبع خطوات بناء البروتين في الخلية كما هي مرقمة في الشكل، فجزيء البروتين في جسمك يتم بناؤه وفق الخطوات الآتية:

١- يتم نسخ الحمض النووي الرايبوزي الراسل من حمض DNA في نواة الخلية، وينتقل RNA الراسل إلى سيتوبلازم الخلية.

٢- في سيتوبلازم الخلية كل حمض أميني يرتبط بحمض نووي رايبوزي ناقل خاص به وذلك بمساعدة أنزيم محدد وتحتاج العملية إلى طاقة لإتمامها.



الشكل (٨)
تخليق جزيئ البروتين

٣- تبدأ في الخطوة الثالثة عملية بناء سلسلة الببتيد العديد وذلك بأن يلتقي كل من حمض RNA الراسل مع أول حمض RNA ناقل ووحدتي الرايبوسوم، حيث يقوم حمض RNA الناقل بقراءة الشفرة من الحمض RNA الراسل.

٤- تبدأ في الخطوة الرابعة عملية الاستطالة وفيها يحدث تتابع وحدات حمض RNA الناقل لإضافة حموض أمينية جديدة إلى سلسلة الببتيد العديد المتكونة، بينما يتحرك حمض RNA الراسل تباعاً خلال الرايبوسوم بمعدل حركة واحدة لكل شفرة وراثية.

٥- في الخطوة الخامسة يتم إنهاء بناء السلسلة بإشارة قف، انظر (الشكل - ٨)، فينتهي بذلك بناء الببتيد العديد (جزيء البروتين).

٦- يتحرر جزيء البروتين المتكون إلى سيتوبلازم الخلية ليبدأ وظيفته في الجسم.

ويمكنك الآن من الشكل (٨) فهم توريث الصفات ومكونات جسم الإنسان حيث تتولى الجينات وشفراتها الوراثية مهمة إنتاج البروتين الذي يجعل لون العين أزرق مثلاً أو إنتاج جين جديد للدم أو تحديد لون جلد الإنسان أو طوله أو مقدار دَكَانته وغير ذلك من الصفات.

تطبيقات في الوراثة الجزيئية:

لقد استفاد الإنسان من نتائج الدراسات والأبحاث على حمض DNA والوراثة، الجزيئية في عدة تطبيقات، نذكر منها ما يأتي:

١- بصمة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA Finger Print.

لقد عرف الإنسان بصمة الأصابع وأهميتها، حيث إنها صفة مميزة لكل فرد، وتستخدم في تحديد هوية الشخص، وقد اتضح أن هناك بصمة أخرى لدى الإنسان تتعلق بحمضه النووي، فقد توصل العلماء إلى أن لكل إنسان تسلسل محدد في شريط الحمض النووي DNA في خلاياه، ويمكن أن تتشابه بعض أجزاء هذا الشريط بين الأبناء وآبائهم، وقد استفاد العلماء من هذه الحقيقة واستعملوا بصمة الـ DNA في التعرف على هوية الشخص وكذلك في إثبات أو نفي العلاقة بين الأب وابنه. فإذا ادعى أو أنكر شخص أنه أب لطفل فإنه يمكن التحقق من ذلك باستعمال بصمة حمض DNA.

انظر إلى الشكل رقم (٩) والذي يمثل بصمة DNA لثلاثة أشخاص، أم وطفل، ورجل يزعم أنه أب للطفل، وللتحقق من ذلك أجريت مقارنة لبصمة DNA لكل منهم. تلاحظ أن أي خط لا يتطابق مع بصمة الأم، ولكنه يتطابق مع بصمة الرجل، فإن ذلك يثبت أن الرجل أب للطفل كما يتضح ذلك من الخطوط المعلمة باللون الأصفر.

تجدر الإشارة إلى أنه يمكن استخدام بصمة الحمض النووي DNA في التحقق من هوية مجرم إذا ترك أثراً من نسيج حي من جسمه، كقطرة دم أو شعرة مثلاً، وذلك بإعداد بصمة DNA من هذا النسيج ومطابقتها مع الأشخاص المشتبه بهم لإثبات أو نفي ارتكابهم للجريمة.

الشكل (٩) بصمة الحمض النووي

٢- علاج أو إصلاح الجينات Gene Therapy :

تمكن العلماء باستخدام تقنية الهندسة الوراثية من علاج أو إصلاح بعض أنواع الخلل التي تحدث في بعض الجينات. فإذا كان هناك شخص يعاني من مرض جيني معين يمكن تحديده وتشخيصه، فإن بالإمكان استبدال ذلك الجين بآخر سليم، وذلك باستنساخ الجين السليم من شخص آخر وزرعه في خلية لها القدرة على الانقسام بصورة مستمرة، كخلايا نخاع العظم.

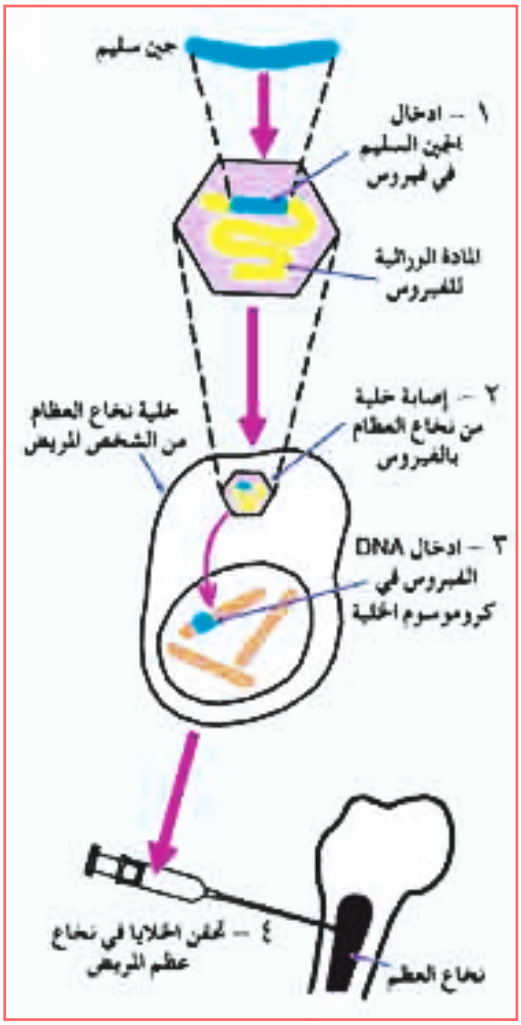
تتبّع كيفية إجراء هذه التقنية في الشكل (١٠) والتي أجريت لشخص لا يستطيع نخاع عظامه إنتاج أحد البروتينات الحيوية. لاحظ أن العملية تجري على النحو الآتي :

١- إدخال الجين السليم في فيروس غير ممرض من النوع الذي يستطيع بناء حمض DNA باستعمال قالب RNA.

٢- إدخال الفيروس في خلية نخاع العظم.

٣- دخول حمض DNA الذي بناه الفيروس إلى كروموسوم الخلية.

٤- حقن الخلايا الحاملة للجين السليم في جسم المريض وبعد ذلك يستطيع نخاع العظم الذي تم علاجه إنتاج البروتين المطلوب.



الشكل (١٠) علاج أو إصلاح الجينات

تقويم الوحدة

١- بين العلاقة بين المكونات النووية الآتية:

- الكروموسوم.
- الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين DNA.
- الجين.

٢- ضع الإنجاز الذي قام به كل عالم إزاء اسمه في الجدول الآتي:

اسم العالم	الإنجاز
واطسون وكريك	
روزا ليندا فرانكلين	
أوزوالد افري	

٣- اذكر أسماء القواعد النيتروجينية في الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين ورمز كل منها؟

٤- اذكر أنواع الحمض النووي الرايبوزي RNA.

٥- اشرح خطوات تضاعف حمض DNA.

٦- اشرح خطوات بناء البروتين.

٧- اعط مثالاً لبعض تطبيقات الوراثة الجزيئية.

الوحدة السادسة

التقانة الحيوية
Biotechnology

أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- توضح المقصود بالتقانة الحيوية .

٢- تستنتج دور الهندسة الوراثية (الجينية) في التقانة .

٣- تبين كيفية استخدام التقانة الحيوية في إنتاج بعض المواد الغذائية كالجبن .

٤- تشرح بعض طرائق إنتاج الأدوية والمضادات الحيوية باستخدام التقانة الحيوية .

٥- تذكر كيفية استخدام التقانة الحيوية في تحسين الإنتاج النباتي والحيواني .

٦- تعرف دور التقانة الحيوية في تنقية المياه العادمة في محطات معالجة الصرف الصحي .

٧- توضح أهمية التقانة الحيوية في التخلص من المخلفات الضارة بالبيئة .

التقانة الحيوية Biotechnology

ما المقصود بالتقانة الحيوية Biotechnology

لاحظ أن مفهوم التقانة الحيوية في اللغة الإنجليزية Biotechnology يتكون من مقطعين هم (Bio) ويعني حيوي و technology، ويعني تقانة ويقصد بمفهوم التقانة الحيوية تحويل المعارف العلمية لعلم الأحياء إلى تطبيقات عملية يستفيد منها الإنسان، في جوانب حياتة المختلفة، وبمعنى آخر فإن التقانة الحيوية تعني: كيفية استخدام الكائنات الحية أو النظم والتعليمات الحيوية في التصنيع وإنتاج مواد جديدة.

وقد بدأ الإنسان باستخدام التقانة الحيوية في إنتاج مواد جديدة منذ القدم وخاصة في صناعة بعض المواد الغذائية، كالجبن واللبن الرائب (الزبادي)، وفي عمليات التخمر وفي صناعة الخبز.

- ما الذي يضيفه الخباز إلى عجينة الخبز ؟ ولماذا ؟

بالرغم من أن الإنسان يستخدم التقانة الحيوية منذ القدم فقد أدى التقدم المتسارع في المجالات التكنولوجية والكيمياء الحيوية وعلم الحياة الجزيئي هذه الأيام إلى تطورات متلاحقة في مجال التقانة الحيوية والصناعات المتنوعة المعتمدة عليها.

وكانت بداية الصناعات الحديثة المعتمدة على التقانة الحيوية في أيام الحرب العالمية الأولى (١٩١٤-١٩١٨)، عندما كان الألمان بحاجة إلى الدهون النباتية لإنتاج الجليسرول اللازم لتصنيع المتفجرات، فاتجه علماؤهم إلى تخمير المنتجات النباتية بواسطة فطر الخميرة لإنتاج مواد بديلة عن الجليسرول الذي يدخل في إنتاج المتفجرات.

وكان اكتشاف البنسلين في عام ١٩٢٨م تقريباً، كمضاد حيوي يقوم بإنتاجه فطر البنسيلوم، له أثر فاعل في معالجة كثير من الأمراض والالتهابات، وخطوة

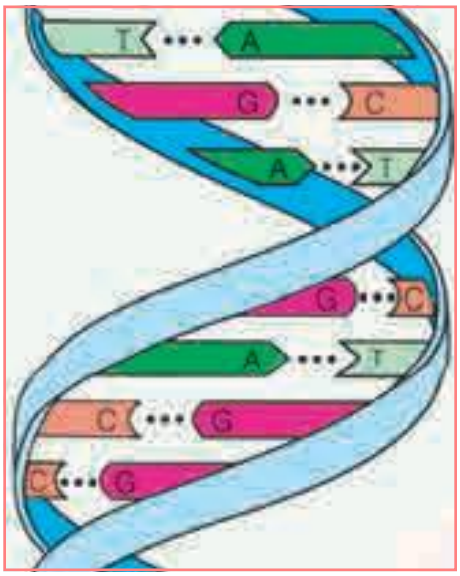
شكل (١) إنتاج البنسلين

هامة في تطور عمليات الاستفادة من التقانة الحيوية لمساعدة الإنسان.

– من مكتشف البنسلين؟ وكيف تم اكتشافه؟

ويتم حالياً إنتاج البنسلين بصورة تجارية في أنحاء مختلفة من العالم.

استمرت عملية التطور لإنتاج مواد مختلفة اعتماداً على التقانة الحيوية، خلال النصف الثاني من القرن العشرين، وبدأ التطور المتسارع للتقانة الحيوية منذ بداية عقد السبعينات نتيجة لتركيز العلماء والباحثين على الحمض النووي DNA والجينات المكونة له في الكائنات الحية، وخاصة الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا، واستخدام الهندسة الوراثية أو الجينية في إضافة أو حذف جين أو أكثر من حمض DNA للكائن الحي، حتى يمكن الاستفادة منه في صناعة منتجات متنوعة وخاصة في مجال الغذاء والأدوية كإنتاج هرمون الأنسولين وهرمون النمو مثلاً.



الشكل (٢) حمض DNA في الكائنات الحية

– مم يتكون حمض DNA ؟

– كيف يتم إنتاج الحموض الأمينية ؟ والبروتينات عن طريق الحموض النووية ؟

الهندسة الجينية أو الوراثية :

تعد الهندسة الوراثية أو الجينية من أحدث التقنيات في مجال علوم الحياة في عصرنا الحديث. وقد بدأ العلماء تطوير هذه التقانة في السبعينات من القرن العشرين ومنذ ذلك الوقت تطورت الهندسة الوراثية تطوراً متسارعاً، وأخذت استخدامات التقنيات الحيوية المرتبطة بها في الانتشار والاتساع في مجالات متعددة، حتى أصبحت كثير من الصناعات والمنتجات الهامة لحياة الإنسان تعتمد اعتماداً كلياً على هذه التقانة.

وتستند الهندسة الوراثية على علم الحياة الجزيئي Molecular Biology

الذي يعد الآن من أهم فروع علوم الحياة، ويركز على الخواص الكيميائية والفيزيائية للجزيئات التي يتكون منها الكائن الحي، بينما تهتم الهندسة الوراثية بإعادة ترتيب أو تركيب الجينات التي يتكون منها حمض DNA في الكائن الحي. ويطلق البعض على الهندسة الوراثية القنبلة البيولوجية نظراً لأهميتها لحياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى كونها ذات صلة قوية بنوعية الحياة الإنسانية ومستقبلها خاصة إذا أحسن استغلالها واستخدامها لما فيه فائدة الإنسان ومصلحته، فعن طريق الهندسة الوراثية يمكن تحسين الإنتاج النباتي والحيواني،كما يمكن معالجة كثير من الأمراض وإنتاج أنواع متنوعة من المواد الغذائية والدوائية وغيرها.

ويعكف العلماء حالياً على دراسة الخارطة الجينية للإنسان ومحاولة التعرف على وظيفة وعمل كل جين من الجينات فيها، والتي يبلغ عددها مائة ألف جين، وقد تم الإعلان عن الغالبية العظمى من الشيفرة الوراثية.

- ما المقصود بالشيفرة الوراثية؟

لقد تم اكتشاف حوالى ٩٧٪ من الجينات في الإنسان، ولم يبق منها سوى ٣٪ يتوقع التعرف عليها قريباً. وقد وجد أن كل البشر يتفقون في ٩٩,٩٪ من الشيفرة الوراثية في أجسامهم، (أي إن الاختلاف بينهم يمثل فقط بـ ٠١ر٪ من الشيفرة الوراثية في أجسامهم، فسبحان الخلاق العظيم) . وتساعد معرفة عمل كل جين ووظيفته في الإنسان في معالجة كثير من الأمراض وخاصة الأمراض الوراثية منها، فقد تم التعرف على أكثر من ٧٠٠٠ مرض وراثي يتطلع العالم إلى إمكانية معالجة الكثير منها عن طريق هندسة الجينات.

كما يركز العلماء على دراسة الجينات في الكائنات الحية المختلفة للتوصل إلى حلول للمشكلات التي تواجه الإنسان وبيئته. وبالفعل تمكن العلماء من إنتاج أدوية مهمة للإنسان، مثل هرمون الأنسولين وهرمون النمو باستخدام البكتيريا، وتم تحسين إنتاج كثير من النباتات والحيوانات الهامة لغذاء الإنسان. ولا تزال الأبحاث مستمرة للتوصل إلى معالجات جينية لكثير من المشكلات التي تواجه الإنسان وبيئته. وتستخدم هندسة الجينات حالياً بشكل واسع في تحسين الإنتاج النباتي.

استخدام التقانة الحيوية في إنتاج الغذاء :

- اذكر بعض الأطعمة التي تدخل التقانة الحيوية في إنتاجها؟
- كيف ينتج كل من الجبن واللبن الرائب (الزبادي) ؟

شكل (٣) أنواع من منتجات الزبادي والجبن

الجبن واللبن (الحقين والرائب) أطعمة ينتجها الرعاة والمزارعون، الذين يهتمون بتربية الأغنام والأبقار منذ مئات السنين. ويتم إنتاج هذه الأطعمة عن طريق تخمير حليب الأبقار والأغنام بواسطة بعض أنواع من البكتيريا. وكان المزارعون ورعاة الأغنام والأبقار (وحتى الآن) يقومون بإنتاج الحقين والزبادي والجبن عن طريق إضافة كمية بسيطة من حقين أو زبادي سابق إلى الحليب الجديد وتركه فترة من الوقت، ثم تتبع بعض الإجراءات المختلفة حتى يتحول الحليب إلى حقين أو زبادي أو جبن بحسب الطلب.

– ما الذي يحويه الحقين أو الزبادي المضاف إلى الحليب؟

النشاط (١)

● نفذ النشاط الخاص بإنتاج الزبادي في كتاب الأنشطة والتجارب العملية .

إن عملية إنتاج الحقين والزبادي والجبن تتم هذه الأيام في مصانع متخصصة، حيث يتم إنتاج كميات كبيرة منها وفق طرق علمية حديثة يتم التحكم بها آلياً.

والخطوات التي تتبع عادة في إنتاج الزبادي صناعياً كما يأتي:

١– يتم التأكد من تعقيم كل الأواني والأدوات التي سيتم معالجة الحليب فيها لتحويله إلى زبادي.

٢– يحضر الحليب، بحيث يتم التحكم في نسبة المواد الدهنية والمواد البروتينية فيه بحسب رغبة المستهلك (إنتاج زبادي مع الدهون أو خالٍ من الدهون).

٣– يتم التأكد من خلط الدهن جيداً في الحليب، حتى لا يجتمع وينفصل عنه أثناء عملية الإنتاج.

– ما فائدة قيام المرأة في الريف بخض الحليب لفترة طويلة من الوقت؟

٤– تتم بسترة الحليب.

– وضح الخطوات التي تتم بها بسترة الحليب؟

– ما أهمية عملية البسترة للحليب؟

٥- بعد التأكد من تعقيم الحليب وخلوه من الكائنات الحية الدقيقة، وخاصة البكتيريا الضارة، يتم إضافة مخلوط يحتوي على بكتيريا التخمر إلى الحليب. ويحتوي المخلوط عادة على بكتيريا الاستربتوكوكاس ثيرمونيلومس وبكتيريا الاكتوباسيلوس بولي بكوس.

شكل (٤) أوعية إنتاج اللبن الرائب في الريف اليمني

- ما الدور الذي تقوم به هذه البكتيريا في عملية التخمير؟

٦- تثبيت درجة حرارة الحليب، حيث تتم عملية التخمر في أفضل حالاتها عند درجة حرارة ٤٦ درجة مئوية.

٧- تبدأ بكتيريا التخمر بتكسير سكر اللاكتوز في الحليب وتحويله إلى حمض اللاكتيك. كما في المعادلة الآتية:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow 4CH_3CHOHCOOH$$

لاكتوز — ماء — حمض اللاكتيك

- لماذا يكون مذاق الزبادي لاذعاً ؟

٨- يعمل حمض اللاكتيك على تجميع بروتين الكازائين في الحليب وتحويل شكل الحليب إلى الشكل المكثف، حيث يتجمع بروتين الكازائين في كتلة واحدة بينما يتجمع الماء بشكل منفصل في الإناء ليتم التخلص منه ويبقى الشكل المكثف الذي يعرف بالزبادي.

٩- بعد التأكد من إنتاج الزبادي يتم تخفيض درجة الحرارة في المنتج إلى ٥ درجات مئوية، لإيقاف نشاط بكتيريا التخمر عن العمل.

- ما الذي يحدث اذا استمرت البكتيريا في عملية التخمير؟

النشاط (٢)

- قم بزيارة مصنع لإنتاج الزبادي في منطقتك أو متى أتيحت لك فرصة لذلك .

كيف يتم إنتاج الجبن ؟

توصل الإنسان إلى طريقة إنتاج الجبن من الحليب منذ مئات السنين، إذ يقوم الفلاحون ورعاة الأبقار والأغنام بإنتاج أنواع مختلفة من الجبن.

– اذكر بعض أنواع الجبن الموجودة في السوق؟

شكل (٥) أنواع من منتجات الاجبان

إن إنتاج الجبن في عصرنا الحالي يتم في مصانع متخصصة حيث ينتج في أشكال وأنواع مختلفة. وتتشابه بعض خطوات إنتاج الجبن مع خطوات إنتاج الزبادي وعادة ما تتبع مصانع إنتاج الجبن الخطوات الآتية في إنتاجه:

١– يتم تعقيم الأوعية والأدوات التي سيتم فيها معالجة الحليب وتحويله إلى جبن.

٢– يتم تحضير الحليب والتحكم بكمية الدهن والبروتين فيه وخلطها جيداً في الحليب.

٣– يعقم الحليب عن طريق البسترة.

٤– تثبت درجة حرارة الحليب عند ٤٠ درجة مئوية.

٥– تضاف بكتيريا التخمر إلى الحليب. وتختلف أنواع البكتيريا المضافة بحسب نوعية الجبن المراد إنتاجه. وعادة ما يضاف بكتيريا الاستربتوكوكس وبكتيريا اللاكتوبا سيلوس والتي تسمى بكتيريا حمض اللاكتيك.

٦– تعمل هذه البكتيربا على تحويل لاكتوز الحليب إلى حمض اللاكتيك كما في المعادلة الآتية :

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow 4CH_3CHOHCOOH$$

لاكتوز ماء حمض اللاكتيك

٧– تضاف مجموعة من الأنزيمات، وأهمها أنزيم الكيموزين .

– من أين يتم الحصول على أنزيم الكيموزين؟.

٨– يعمل أنزيم الكيموزين على تجميع بروتين الكازائين في الحليب وتحويله إلى حالة شبه صلبه من اللبن المتخثر.

٩– يتم التخلص من السائل المائي المتجمع في الإناء، ويبقى اللبن المتخثر في حالته شبه الصلبة.

١٠- يعرض اللبن المتخثر إلى الضغط والتجفيف للتخلص من كميات السوائل المتبقية فيه. وتكون درجة التجفيف بحسب نوعية الجبن الذي يراد إنتاجه.

١١- تستمر البكتيريا في إنتاج الأنزيمات الخاصة التي تعمل على تكسير البروتينات والدهون في الجبن وتحويلها إلى حموض أمينية وحموض دهنية، والتي تعطي الجبن مذاقه المتميز ونكهته المفضلة.

وللعلم فإن أنزيم الكيموزين يتم الحصول عليه من معدة العجول الصغيرة. إلاّ أن التقدم العلمي في مجال التقانة الحيوية وهندسة الجينات مكن الإنسان من إنتاج هذا الأنزيم من فطر الخميرة أو من بكتيريا تسمى Escherichia coli بعد أضافة الجين الخاص بإنتاجه إلى الحمض النووي للفطر أو البكتيريا.

النشاط (٣)

- نفذ النشاط الخاص بإنتاج الجبن البلدي والموجود في كتاب الأنشطة.

- ما الأغذية الأخرى التي تتدخل التقانة الحيوية في إنتاجها ؟
- ما المقصود بالأغذية المعدلة وراثياً ؟

لقد صاحب التطور المتسارع في التقانة الحيوية وخاصة في مجال دراسة الجينات الوراثية وهندستها إنتاج أغذية معدلة وراثياً، ويتم تعديل بعض الجينات بإزالة أو إضافة جين أو أكثر في كروموسومات الكائن الحي للتخلص من صفات غير مرغوب فيها أو تحسين صفات محددة، فتتحسن إنتاجيته للغذاء كماً أو نوعاً، فمثلاً استطاع العلماء تحسين إنتاج الأرز الذي يعد الطعام الرئيسي لأكثر من نصف سكان العالم عن طريق حذف أو إضافة جينات معينة في كروموسوماته، مما يساعد في إكساب الأرز صفات جيدة تساعد على تحسين الإنتاج وتوفير كميات أكبر من الأرز. وقد تمكن العلماء عن طريق عزل جين في الأرز من إنتاج أنواع منه ذات سيقان قصيرة ولكنه أكثر إنتاجية وذات نوعية جيدة.

ويعمل العلماء في مختبرات متعددة في أنحاء العالم على دراسة جينات نباتات مختلفة، كالذرة والقطن، باستخدام تقنيات حيوية تركز على هندسة الجينات الوراثية لتتمكن من إنتاج نباتات المحاصيل القادرة على مقاومة الجفاف أو الأمراض أو زيادة

قيمة منتجاتها الغذائية، أو تكبير أوراقها كما في الشكل (٦). ويرى العلماء أن هذه التقانة ستساعدهم على اكتشاف وظائف آلاف الجينات للنباتات منتجة الغذاء، مما يجعل بالإمكان تحديد الجينات التي ينبغي حذفها من الكروموسومات أو إضافتها إليها، كأن تنتقل جينات من نبات إلى آخر لتحسين إنتاجه، مثل نقل جينات من البطاطس إلى الذرة. ولهذا فإن علماء التقانة الحيوية يبشرون فقراء العالم بمنتجات غذائية رخيصة ولكنها تحمل قيمة غذائية عالية، إلا أن هناك معارضة قوية لاستخدام الأغذية المعدلة وراثياً خوفاً من أن يكون لها آثار ضارة على مستهلكيها.

شكل (٦) النبات ذو الأوراق الكبيرة تم أنتاجه بواسطة الهندسة الوراثية

ويمكن أيضاً استخدام التقانة الحيوية في زيادة إنتاج الغذاء الحيواني، كأن يتم نقل الجينات المسئولة عن الإنتاج الوفير من الحليب من نوع من الأبقار يتميز بهذه الخاصية إلى نوع آخر يتميز بإنتاج حليب أقل، فيزيد إنتاج الحليب لديها، أو لزيادة إنتاج اللحوم فيها. وجعلها أكثر وفرة وذات نوعية جيدة.

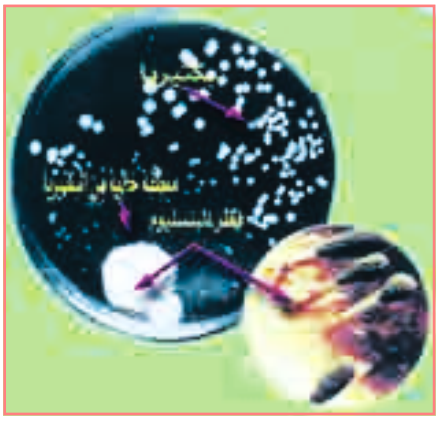
شكل (٧) تحسين الإنتاج الحيواني

استخدام التقانة الحيوية في إنتاج الدواء :

تساهم التقانة الحيوية هذه الأيام في إحداث تطور متسارع في الرعاية الصحية وتوفير الأدوية والمضادات الحيوية لمقاومة الأمراض. ومنذ أن تمكن الإنسان من اكتشاف تأثير البنسلين على أنواع من البكتيريا الممرضة واستخدامه كمضاد حيوي وإنتاجه بكميات تجارية في الأربعينات من القرن العشرين، حصل تطور كبير في

إنتاج المضادات الحيوية والهرمونات والأدوية بكميات كبيرة، وذات نوعيات فاعلة مما كان لها أكبر الأثر في مكافحة كثير من الأمراض ورفع المستوى الصحي للإنسان. لاحظ الشكل (٨):

- ما سبب وجود منطقة خالية من البكتيريا ؟
- كيف يعمل المضاد الحيوي على الشفاء من المرض بإذن الله؟

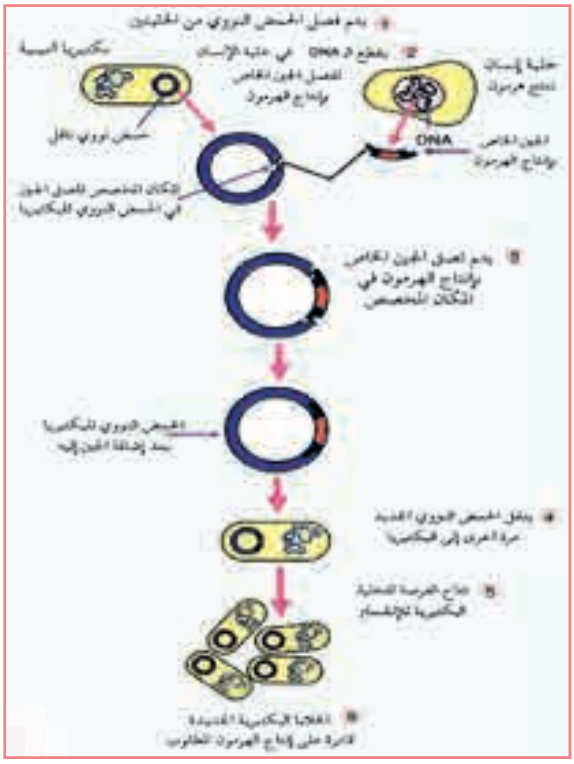


شكل (٨) تأثير البنسلين على البكتيريا

والمضادات الحيوية المتنوعة عبارة عن مواد كيميائية يتم إنتاجها بواسطة كائنات حية دقيقة تعمل على مقاومة البكتيريا الممرضة عند دخولها جسم الإنسان، وشل حركتها ونشاطها، حتى يتم من القضاء عليها. ويكون تأثير بعض المضادات الحيوية مثل البنسلين محدوداً بينما البعض الآخر من المضادات الحيوية مثل الكلورامفنيكول يكون مدى تأثيرها واسعاً في وقف نشاط أنواع متعددة من البكتيريا الممرضة. وعلى الرغم من اكتشاف ما يقرب من (٥٠٠٠) مضاد حيوي إلا أن حوالي (١٠٠) منها فقط تستخدم بفاعلية في معالجة الأمراض والتهابات البكتيريا المُعدية.

ويتم إنتاج المضادات الحيوية في معامل الإنتاج المخصصة لذلك، وفقاً لشروط ومعايير محددة. فمثلاً في إنتاج البنسلين يوضع مخلوط الفطريات المكونة من فطر بنسليوم ناتاتوم وبنسيوليوم كريسوجنيوم في أوعية خاصة تحت ظروف محددة، مثل درجة حرارة (٢٤ درجة مئوية)، وإمداد مناسب من الأكسجين، ووسط يميل قليلاً إلى القاعدية، حيث تبدأ الفطريات في إنتاج البنسلين بعد حوالي (٣٠) ساعة ويصل أقصى حد للإنتاج بعد حوالي أربعة أيام، ثم يبدأ بالتناقص حتى يتوقف بعد حوالي ستة أيام، وبعد ذلك يتم ترشيح المخلوط لتجميع السائل في وعاء خاص، ويكون محتوياً على البنسلين الذي يتم تنقيته باتباع بعض العمليات الكيميائية، ليصبح بعد ذلك جاهزاً للاستخدام.

ومع زيادة مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية تابع العلماء بحثهم عن أنواع جديدة منها تكون أكثر فاعلية. وقد بدأ الاتجاه نحو الاستعانة بهندسة الجينات وتعديل جينات بعض الكائنات الحية، بحيث تصبح هذه الكائنات الحية المعدلة جينياً قادرة على إنتاج مضادات حيوية أكثر قوة وفاعلية، وقد ساعد ذلك في إنتاج مضادات أخرى غير البنسلين، مثل الاستربتومايسين والكلورامفينكول، وغيرها. وتستخدم تقانة هندسة الجينات الآن في إعادة تشكيل الحمض النووي (DNA) للكائنات



شكل (٩) آلية إنتاج الهرمونات بواسطة الهندسة الوراثية

الدقيقة – في إنتاج أنواع متعددة من الهرمونات، مثل هرمون النمو، وهرمون الإنسولين في خطوات محددة كما في الشكل (٩)، واللذين كانا يستخلصان في السابق من أنسجة الحيوانات. فبالنسبة لإنتاج الأنسولين فإنه يؤخذ الجين المسؤول عن بناء الهرمون وإنتاجه في جسم الإنسان من الخلية البشرية وينقل إلى الحمض النووي (DNA) في الخليةالبكتيرية (كما في الشكل) ثم يتم وضع الكائنات الدقيقة في أوعية خاصة تتعرض فيها لظروف ملائمة؛ حيث تتكاثر هذه الكائنات وتنتج الهرمون المطلوب، ثم يمر الهرمون بعدة عمليات معقدة لتنقيته، وجعله جاهزاً للاستخدام، ومن أهم الهرمونات التي يتم إنتاجها بهذه الطريقة هرمون الأنسولين الذي يستخدمه مرضى السكر، وهرمون النمو الذي يستخدم لمعالجة القزامة. كذلك يتم حالياً إنتاج بعض المركبات الهرمونية كالكورتيزون، والهرمونات التناسلية، كالتيستوستيرون والاستروديون.

كما يتم إنتاج الهرمونات التي تستخدم في زيادة الإنتاج الحيواني مثل هرمون البوفين سوماتورافين Bovine Somatotraphin (BST) الذي يعطى للأبقار لزيادة إنتاج الحليب منها.

استخدام التقانة الحيوية في إنتاج الوقود :

إن جهود العلماء المتواصلة في البحث عن بدائل لمصادر الطاقة المتوفرة حالياً جعلتهم يتجهون إلى استخدام التقانة الحيوية في إنتاج أنواع من المواد والتي يمكن استخدامها وقوداً بديلاً للوقود الأحفوري (منتجات النفط والفحم) المستخدم حالياً .

وقد أمكن استخدام هذه التقانة في إنتاج الكحول (الميثانول والإيثانول) والذي يمكن استخدامه كوقود لتشغيل الآلات بدلاً عن المنتجات النفطية . ويركز على استخدام المواد ذات المصدر الحيوي، كالأخشاب، ونفايات الغابات، ونفايات قصب السكر، وقشر الحبوب، وزيت الحبوب النباتي، ومخلفات المجاري، والحيوانات وبقايا الأوارق، في إنتاج الوقود منها . وقد بدأ العلماء في البرازيل في السبعينات (١٩٧٥م) من القرن الماضي محاولاتهم لإنتاج الكحول عن طريق استخدام فطر الخميرة في تخمير مخلفات وسيقان قصب السكر . وقد نجحوا في إنتاج كحول الإيثانول بكميات كبيرة يمكن استخدامها كوقود، و تواصلت الأبحاث في هذا الاتجاه وتم إنشاء ما يزيد عن٤٠٠ وحدة تخمير وتقطير لإنتاج وقود الكحول، حيث يستخدم الآن بصورته النقية أو عن طريق خلطه مع البنزين وقوداً في معظم السيارات في البرازيل، كما يستخدم وقود الكحول في تشغيل الآلات في وحدات التخمير والتقطير، مما يجعل إنتاجه رخيصاً ويمكن استخدامه بصورة تجارية .

كما أنه أمكن استغلال قدرة بعض الكائنات الحية الدقيقة على تكسير مكونات المخلفات والفضلات (سواء المخلفات الصلبة أو مخلفات الصرف الصحي)، لإنتاج غاز الميثان منها والذي يمكن استخدامه كوقود في تشغيل الآلات أو المنازل .

ويتميز غاز الميثان عن الكحول في أنه لا يحتاج إلى عمليات معقدة في إنتاجه، ويتم إنتاجه بطريقة سهلة، إذ لا تحتاج عملية إنتاجه لأكثر من وعاء خاص يسمى Digester الذي يملأ بالمخلفات الآدمية، مثل المخلفات المنزلية أو مخلفات الصرف الصحي أو المخلفات الزراعية، ثم يضاف إليها خليط من أنواع محددة للبكتيريا، حيث تنشط وتقوم بعملية التنفس اللاهوائي أو التخمير للمخلفات في وعاء التخمير وينتج عنها غاز الميثان، ويتم جمع الغاز في أوعية خاصة ليستخدم في الطبخ أو الإضاءة أو التدفئة . ويستخدم غاز الميثان الحيوي لهذه الأغراض في بلدان عديدة، مثل الهند والصين .

استخدام التقانة الحيوية في معالجة المخلفات الملوثة :

تتواصل محاولات العلماء في استخدام الكائنات الدقيقة في تحليل كثير من المخلفات والمواد الملوثة للبيئة والتخلص من أضرارها البيئية مثل :مخلفات الصرف الصحي والمخلفات البلاستيكية والمخلفات النفطية وغيرها .

شكل (١٠) إنتاج غاز الميثان من مخلفات الصرف الصحي

فبالنسبة لمخلفات المجاري فإنه يتم استخدام الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا بشكل فاعل لتحليل مخلفات الصرف الصحي في محطات معالجة مجاري مياه الصرف الصحي وتحويلها إلى مواد غير ضارة، بل يمكن الاستفادة منها في أغراض مختلفة، مثل الوقود. والأهم من كل ذلك أن تحليل مخلفات المجاري والصرف الصحي يساعد على تخليص البيئة من ملوث رئيسي لها. ويتم التحليل الحيوي التخميري إما في وجود الأوكسجين أو في عدم وجوده. وتتمثل خطوات التحليل الحيوي لهذه المخلفات في عدم وجود الأكسجين، بأن يتم أولاً تجميع المخلفات في أحواض في صورة طينية بعد فصل الجزء الأكبر من الماء في أحواض أخرى، وتضاف الكائنات الحية الدقيقة إلى الأحواض التي تحوي المخلفات في شكلها شبه الصلب وترفع درجة الحرارة فيها إلى حوالي ٢٥ درجة مئوية، لتبدأ بكتيريا التحليل نشاطها الحيوي التخميري (تنفس لاهوائي)، حيث تعمل على تحويل المواد العضوية للمخلفات إلى حموض دهنية وحموض أمينية وسكريات أحادية، ثم تنشيط أنواع أخرى من البكتيريا لتحويل هذه النواتج إلى حموض عضوية ومواد كحولية، ومن ثم تنشيط أنواع أخرى من البكتيريا (Mo-thanogenic) لتحويلها إلى غاز الميثان (CH_4) والماء إذ يمكن استخدام الميثان كوقود.

وفي حالة التحليل الحيوي في وجود الأكسجين، فإنه يتم تنشيط بعض الكائنات الحية الدقيقة، مثل أنواع النيتروباكتر والزوجليا والنتروسوموناس وغيرها، لتقوم بعملية أكسدة للمواد العضوية المكونة للمخلفات وتحويلها إلى مواد غير ضارة، وقد تتحول عملية التحليل في وجود الأكسجين لإنتاج أسمدة ومخصبات زراعية من مخلفات الصرف الصحي.

وبالنسبة لمخلفات المواد البلاستيكية، فإن الاتجاه الآن بأن يتم الاستعانة بالكائنات الحية الدقيقة، لتقوم بعملية التحليل الحيوي للمخلفات البلاستيكية.

النشاط (٤)

ناقش مع مجموعة من زملائك طرائق التخلص من المواد البلاستيكية في منطقتك، والأضرار البيئية التي يمكن أن تنتج عن هذه الطرائق واكتب تقريراً عن ذلك يقدم للمدرس.

وبالفعل فإنه بالإمكان الآن استخدام بعض الكائنات الدقيقة، مثل فطر كلادوسبوريوم ريزاين في تحليل كثير من المخلفات البلاستيكية وخاصة الأنواع المرنة منها، مثل الأكياس والعلب البلاستيكية، إلا أن الأنواع الصلبة مثل قطع الأثاث البلاستيكية وأواني المطبخ تحتاج إلى وقت أطول ليتم تحليلها حيوياً.

ويتم الاستعانة ببعض الكائنات الحية الدقيقة في معالجة التلوث النفطي في البحار والمحيطات والذي ينتج عن حوادث ناقلات نفط أو تسرب نفطي من الناقلات أو أنابيب التحميل في الموانئ، ويسبب هذا النوع من التلوث أضراراً كبيرة للبيئة البحرية ومكوناتها الحيوية. ويواجه الإنسان صعوبة كبيرة في التخلص من البقع النفطية التي تنتشر لمسافات كبيرة على سطح الماء. وقد اتجه العلماء إلى تطوير أنواع من الكائنات الحية الدقيقة من الفطريات، والبكتيريا عن طريق هندسة جيناتها لجعلها قادرة على تحليل البقع النفطية والتغذية عليها وتحويلها إلى مواد غير ضارة بالبيئة البحرية والكائنات الحية ومكوناتها.

كما أمكن للإنسان الآن الاعتماد على التقانة الحيوية في التخلص من المخلفات الكيميائية الخطرة الناتجة عن الأنشطة الصناعية والزراعية للإنسان، كمخلفات مصانع الأوراق والمبيدات وما تشكله من خطورة كبيرة على البيئة ومكوناتها.

ويعمل العلماء حالياً على تطوير أنواع من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكنها أن تنشط في وسط هذه المخلفات والعمل على تحليلها وتحويلها إلى مواد غير ضارة أو مواد قد يستفيد منها الإنسان، مثل إنتاج غاز الميثان واستخدامه كوقود.

شكل (١١) بعض الملوثات البلاستكية

استخدام التقانة الحيوية في إنتاج بعض المواد الصناعية :

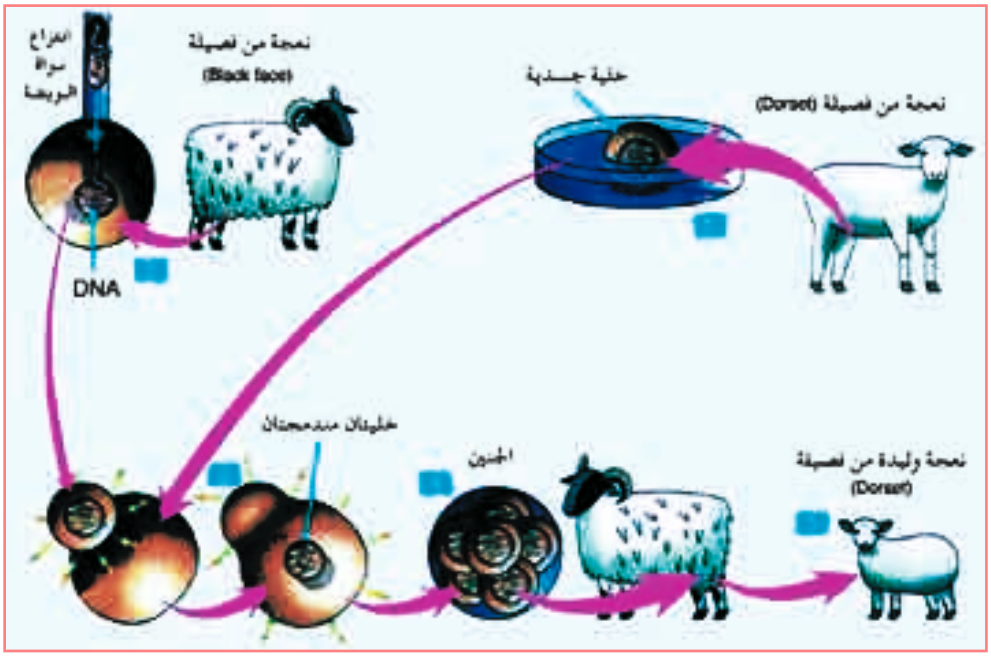
استطاع الإنسان الاستعانة ببعض الكائنات الحية الدقيقة في صناعة وإنتاج بعض المواد الضرورية لحياته، مثل الصابون والمواد المنظفة الأخرى والمواد المذيبة والمواد الداخلة في صباغة الأقمشة وتلوينها والمواد الحافظة ومبيدات الحشرات والأعشاب الضارة، إضافة إلى صناعة الأدوية والمضادات الحيوية والهرمونات والأنزيمات، وغيرها.

ويمكنك العودة إلى الوحدة السابقة (وحدة الوراثة الجزيئية) لمراجعة بعض التطبيقات للهندسة الوراثية في عالمنا المعاصر.

الاستنساخ

يعد الاستنساخ من أهم تطبيقات التقانة الحيوية وأخطرها في هذه الأيام، حيث يمكن استنساخ الكائن الحي من حيوان أو نبات. ويقصد بالاستنساخ إنتاج كائن حي من خلية جسدية لكائن حي آخر ويكون الكائن الجديد مشابه تماماً للكائن الذي أخذت منه الخلية الجسدية.

ولعلك قد سمعت عن استنساخ النعجة (دوللي) قبل عدة سنوات عندما اتبع العلماء خطوات محددة في عملية استنساخها كما هي مرقمة في الشكل (١٢). وتجرى هذه الخطوات كما يأتي :



الشكل (١٢) خطوات استنساخ – النعجه دوللي

١– وضعت خلية مأخوذة من ضرع نعجة (Dorset) في وسط غذائي فقير جداً بالمواد الغذائية وأدى تجويع الخلية إلى وقف انقساماتها وجيناتها النشطة، مع بقاء نواتها سليمة .

٢– في تلك الأثناء أخذت بويضة غير مخصبة من نعجة (Black face) ثم انتزعت منهما النواة بما فيها DNA، وبقيت بويضة فارغة تحوي كل المواد اللازمة لإنتاج جنين.

٣– وضعت الخلية الجسدية بجانب البويضة (الخلية التناسلية)، ثم أطلق نبض كهربائي حاكى النشاط الكيميائي والبيولوجي الطبيعي أثناء عملية الإخصاب، فاندمجت نواة الخلية الجسدية مكان نواة البويضة المنزوعة كأي بويضة مخصبة (لاقحة) .

٤– بعد حوالي ستة أيام زرع الجنين الناتج في رحم نعجة أخرى من فصيلة (Black face) .

٥- بعد فترة الحمل ولدت نعجة (Black face) نعجة من فصيلة (Dorset) أطلق عليها (دوللي) والتي تماثل في صفاتها الوراثية النعجة التي أخذت منها الخلية الجسدية.

ورغم الفوائد الكبيرة المتوقعة لعملية استنساخ الحيوان والنبات إلا أن خطورة هذه العملية تكمن في محاولة بعض العلماء استنساخ الإنسان رغم معارضة كثير من الهيئات والمجتمعات والدول لأن هناك جوانب أخلاقية مرتبطة بهذه العملية الخطيرة.

فمثلاً : دعنا نتساءل عن النتائج المستقبلية للاستنساخ؛ فهل الشخص المستنسخ ابن لمن أخذت منه الخلية الجسمية، أم هو أخ له؟ وإذا كانت الخلية من امرأة، فإن المولودة ستكون أنثى، فماذا يمكن اعتبار هذه المولودة إذا زرعت في رحم نفس المرأة، هل هي أبنتها أم أختها.

قضية للبحث	• ناقش أنت وزملاؤك فوائد ومضار الاستنساخ، وتوصلوا إلى استنتاجات تكتب بشكل تقرير.

تقويم الوحدة

أجب عن الأسئلة الآتية :

١ : عرف كلاً من التقانة الحيوية، والهندسة (الجينية) بكلمات من تعبيرك .

٢ : ما علاقة الهندسة الوراثية بالتقانة الحيوية؟

٣ : اذكر بعض الكائنات الحية التي تسهم في الإنتاج الصناعي للمواد المختلفة .

٤ : ما الفرق بين إنتاج البنسلين في عام ١٩٢٨م وطريقة إنتاجة حالياً؟

٥ : كيف يتم إنتاج هرمون الأنسولين باستخدم التقانة الحيوية؟

٦ : اشرح خطوات عملية الاستنساخ في الحيوان .

٧ : علل ما يأتي تعليلاً علمياً دقيقاً :

أ – تضيف ربة البيت جزءاً من الزبادي (اللبن الرائب) إلى الحليب لإنتاج كمية جديدة من الزبادي .

ب – إضافة أنزيم الكيموزين إلى الحليب لإنتاج الجبن ؟

حـ – تساهم التقانة الحيوية في معالجة المخلفات الملوثة للبيئة .

د – التقانة الحيوية سلاح ذو حدين .

٨ : اذكر بعض المنتجات الصناعية من بيئتك والتي تدخل التقانة الحيوية في إنتاجها .

٩ : وضح دور الكائنات الحية الدقيقة في معالجة مخلفات الصرف الصحي .

١٠ : اشرح الخطوات التي يمكن اتباعها لإنتاج أحد المضادات الحيوية بواسطة البكتيريا المتواجدة في الأمعاء الغليظة للإنسان .

الوحدة السابعة

البيئة ومشكلاتها

أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- توضح مراحل تطور علاقة الإنسان بالبيئة .

٢- تتعرف على أهم المشكلات التي تتعرض لها البيئة .

٣- تحدد مصادر التلوث وأنواعها .

٤- تتوصل إلى المشكلات الناتجة عن تلوث مكونات البيئة .

٥- تبين أهم الموارد البيئية التي تتعرض للاستنزاف .

٦- تتوصل إلى بعض الحلول لمشكلات استنزاف المياه والتربة والغطاء النباتي .

٧- تقترح بعض المعالجات للمشكلات البيئية في بلادنا .

البيئة ومشكلاتها

– ما المقصود بالبيئة؟

– كيف تطورت علاقة الإنسان بالبيئة التي يعيش فيها؟

– البيئة هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان مع بقية الكائنات الحية الأخرى ويحصل منها على ما يحتاج إليه من مقومات الحياة المختلفة كالغذاء والماء والكساء، ومصادر الطاقة المتنوعة التي تعد من أهم مقومات حياة الإنسان الحديث.

– اذكر بعض مصادر الطاقة في البيئة؟

كان النظام البيئي حتى عهد قريب متوازناً وزاخراً بعناصره الحية وغير الحية بأعداد وكميات ثابتة ومستقرة. وقد استمر الإنسان، منذ أن خلقه الله سبحانه وتعالى على هذه الأرض، في التفاعل مع بيئته التي يعيش فيها دون أن تحدث المشكلات التي تعاني منها البيئة هذه الأيام، ويمكن توضيح المراحل التي مر بها الإنسان في علاقته مع البيئة التي يعيش فيها كما يأتي:

١– مرحلة الجمع والالتقاط:

حيث كان يحصل على محتاجاته الغذائية عن طريق التقاط وجمع ثمار الأشجار والنباتات من البيئة التي يعيش فيها.

٢– مرحلة القنص والصيد:

وقد وصل الإنسان إلى هذه المرحلة بعد أن ابتكر بعض الأدوات من الصخور والعظام لاستخدامها في صيد الحيوانات للحصول على غذائه أو للدفاع عن نفسه.

٣– مرحلة الرعي واستئناس الحيوانات:

وهي الفترة التي استطاع الإنسان فيها أن يستأنس بعض الحيوانات ليرعاها فيحصل منها على الغذاء وبعض حاجاته الأخرى.

٤– مرحلة الزراعة والاستقرار:

وهي الفترة التي بدأت باكتشاف الإنسان للزراعة واستصلاح الأرض لإنتاج النباتات للحصول على الغذاء وحاجاته الأخرى، ويقدر العلماء أن الإنسان بدأ زراعة الأرض قبل حوالى (١٢) ألف عام، وتعد هذه الفترة فترة الاستقرار للإنسان وظهور التجمعات السكانية وحضارات الإنسان الأولى وخاصة في مناطق تواجد الأنهار ومصادر المياه مثل: وادي الرافدين، ووادي النيل، وخزن مياه الأمطار في السدود كما الحضارات اليمنية القديمة.

٥- مرحلة الصناعة والتطورات التكنولوجية:

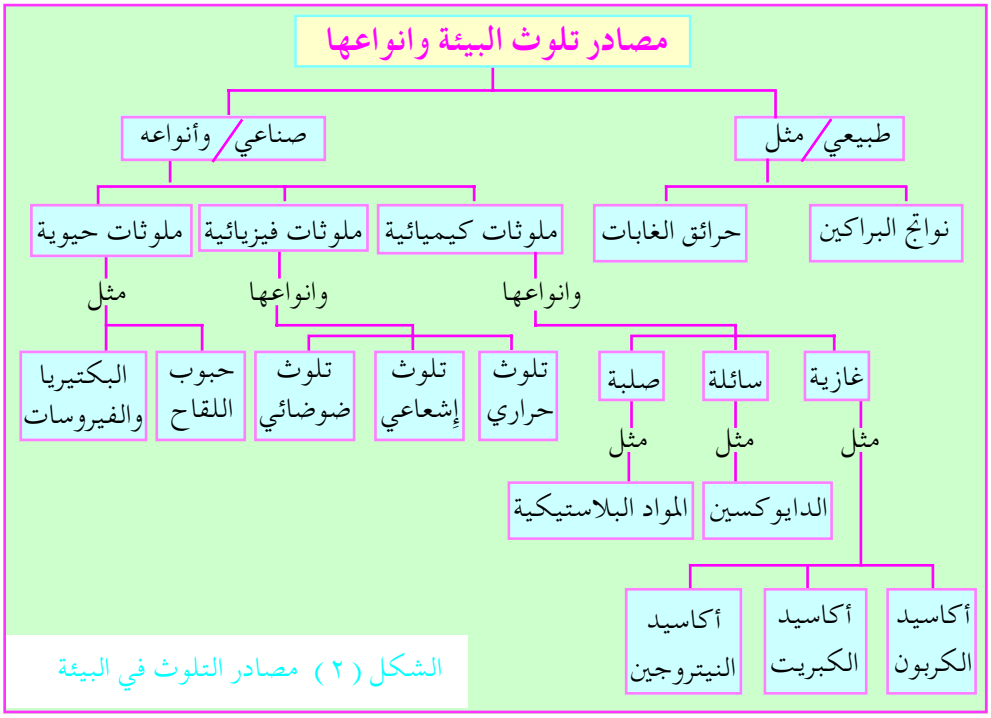
وهي المرحلة الحديثة التي نعيشها، وتبدأ منذ اكتشاف الإنسان للطاقة البخارية ثم اختراع آلة الاحتراق الداخلي (الآلة التي تستخدم مشتقات النفط في تشغيلها) منذ أكثر من ٢٠٠ عام. وقد تمكن الإنسان من خلال استخدام الآلات المبتكرة والمتطورة باستمرار من السيطرة على البيئة ومكوناتها من حوله، والحصول على الموارد الطبيعية واستغلالها بصورة شديدة لم يسبق لها مثيل.

الشكل (١) مصنع سيارات

وقد نتج عن التطورات الصناعية والتكنولوجية المتسارعة في عصرنا الحديث كثير من المشكلات البيئية التي لم تكن معروفة في المراحل السابقة، ومن أهم المشكلات التي تتعرض لها البيئة وتئن من وطأتها مشكلات التلوث، ومشكلات استنزاف الموارد الطبيعية والتصحر وظاهرة الانحباس الحراري (ارتفاع درجة حرارة الجو)، وتآكل طبقة الأوزون، والأمطار الحمضية، والارتفاع الكبير في عدد سكان الأرض، وغيرها. وأهم المشكلات التي سيتم مناقشتها في هذه الوحدة ما يأتي:

مشكلات التلوث لمكونات البيئة:

يقصد بالتلوث حصول تغير كمي، أو نوعي، في أحد مكونات البيئة من هواء وماء وتربة وكائنات حية، مما يؤدي إلى خلخلة الاتزان في النظام البيئي وحدوث أضرار لهذه المكونات. فمثلاً: ارتفاع نسبة CO_2 في الهواءالجوي يعد تغيراً كمياً لأن هذا الغاز موجود في النظام البيئي بنسبة ثابتة، إلا أن انبعاثه من المصانع وعوادم السيارات والحرائق أدى إلى الارتفاع المستمر في كميته في الهواء الجوي، مما جعله أحد الملوثات للبيئة. بينما تعد المواد الكيميائية التي ابتكرها الإنسان حديثاً مثل المبيدات الحشرية والمخلفات البلاستيكية، من الملوثات النوعية للبيئة ومكوناتها لأنها مواد جديدة لم تعرفها البيئة من قبل. وتلوثات البيئة قد تكون ذات مصدر صناعي أو مصدر طبيعي كما هو موضح في الشكل (٢) الآتي:



الشكل (٢) مصادر التلوث في البيئة

وهذه الملوثات إما أن تلوث الهواء أوالماء أو التربة أو الغذاء وذلك كما يأتي :

أولاً : ملوثات الهواء Air Pollution

وأهم الغازات التي تلوث الهواء هي :

١ - أكاسيد الكبريت والنيتروجين.

يحتوي الوقود كمشتقات النفط والفحم الحجري، على الكبريت والنيتروجين، وعندما يحترق في آلات المصانع أو السيارات تنطلق إلى الهواء أكاسيد الكبريت مثل SO_2 وأكاسيد النيتروجين مثل NO_2 .

لاحظ (الشكل – ٣) .

الشكل (٣) انطلاق الأكاسيد من مداخن المصانع

– ما تأثيرات أكاسيد الكبريت؟

تتمثل تأثيرات أكاسيد الكبريت مثل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 بما يأتي :

أ – زيادة معدلات أمراض الجهاز التنفسي مثل (الربو المزمن – الالتهاب الرئوي – انتفاخ الرئه) .

ب– إزالة مادة الكلوروفيل (اللون الأخضر) من أوراق النباتات ويؤدي ذلك إلى خفض معدل عملية البناء الضوئي فيها .

جـ – يتحول SO_2 في الجو إلى SO_3 في وجود الأشعة الشمسية، ويتحول هذا الأخير إلى جزيئات سائلة دقيقة من حمض H_2SO_4 الذي يؤثر على الجهاز التنفسي في الإنسان، ويختلط مع ماء المطر على شكل مطر حمضي، وتأتي خطورة هذا المطر عندما ينتقل في الهواء بعيداً عن مصدره ليسقط في مناطق مختلفة مسببا مشكلات كبيرة مثل :

الشكل (٤) تأثير المطر الحمضي على الأشجار

١– إتلاف الغابات والنباتات . الشكل (٤) .

٢– الإضرار بمواد البناء والهياكل المعدنية والآثار .

٣– تهديد حياة الأحياء المائية في الأنهار والبحيرات .

ولأكاسيد النيتروجين تأثيرات ضارة ومشابهة لتأثيرات أكاسيد الكبريت مثل :

أ – إعاقة نمو النبات وانخفاض محصوله من الثمار .

ب – زيادة معدلات الإصابة بالتهاب شعب الجهاز التنفسي خاصة بين الأطفال وتلاميذ المدارس .

جـ – يسهم NO_2 مع الهيدروكربونات في وجود الأشعة الشمسية لتشكيل الضباب الدخاني الملاحظ في ساعة الصباح الباكر في المدن الكبرى .

د – ارتفاع معدلات نسبة NO_2 يؤدي إلى تأثيرات مماثلة لغاز ثاني أكسيد الكبريت .

كيف يختلف معدل انبعاث أكاسيد الكبريت عن معدل أكاسيد النيتروجين من مصادر التلوث المختلفة؟

تمعن الجدول الآتي الذي يبين اختلافات معدل كمية الغازات المنبعثة من مصادرها، ولاحظ إسهام ثاني أكسيد الكبريت تقل في نواتج الصناعة بينما يزيد معدل تكوين أكاسيد النيتروجين من استخدام محركات المركبات.

المصدر	النسبة المئوية المساهمة	
	ثاني أكسيد الكبريت	أكاسيد النيتروجين
محركات المركبات.	1	45
محطات الطاقة.	71	37
الصناعة.	19	12
المنازل.	5	3
مصادر أخرى.	4	3

٢- أكاسيد الكربون : وتشمل الأكاسيد الآتية:

أ - ثاني أكسيد الكربون CO_2 .

- ما مصدر ثاني أكسيد الكربون؟

ينتج ثاني أكسيد الكربون من عملية تنفس الكائنات الحية، ومن احتراق الوقود الأحفوري في المصانع والمركبات، وينتج أيضاً من احتراق الغابات. ومن التأثيرات الناتجة عن ارتفاع معدل CO_2 في الهواء الجوي ما يأتي:

- يؤثر التركيز العالي منه على نسبة الأوكسجين في الأماكن قليلة التهوية مما قد يؤدي إلى الاختناق.
- يؤدي زيادة نسبة CO_2 في الغلاف الجوي إلى تغير في الأحوال الجوية، وارتفاع درجة الحرارة في الجو نتيجة لقدرته على تكوين غلاف محيط بالأرض يمنع خروج حرارة الأرض أثناء الليل، وهي الظاهرة المعروفة بـ (الانحباس الحراري) .
- قد ينتج عن الزيادة العالية منه ظواهر طبيعية خطرة مثل ارتفاع منسوب البحار.

ب- أول أكسيد الكربون CO.

ينبعث أول أكسيد الكربون من السيارات وآلات الاحتراق الداخلي الأخرى نتيجة الاحتراق غير الكامل للوقود، ويعتبر أشد الملوثات سمية لأنه يتحد مع هيموجلوبين الدم مكوناً كاربوكسي هيموجلوبين، وهذا الأخير يتميز بعدم قدرته على الاتحاد مع الأوكسجين مما قد يؤدي إلى الوفاة.

وقد وجد أن اتحاد الهيموجلوبين بأول أكسيد الكربون أشد من اتحاده بالأوكسجين بنحو (٢٥٠) مرة مما يؤدي إلى نقص إمداد الجسم بالأوكسجين اللازم له،

ويضطر القلب إلى رفع معدل نبضاته، وكذلك الجهاز التنفسي، وهذا يؤدي إلى توتر وإجهاد شديدين، وينتج عن ذلك أمراض القلب والصدر، وخاصة أمراض الجهاز التنفسي وفقر الدم.

٣- المركبات الهيدروكربونية:

تنبعث هذه المركبات أثناء الاحتراق غير الكامل للوقود في المصانع والمركبات وتبخر المواد البترولية. ومن هذه المواد الميثان CH_4 والإيثان C_2H_6 والإيثيلين C_2H_4 والبنزوبيرين Benzoperene.

– ما تأثير المواد الهيدروكربونية؟

تكمن خطورة هذه المواد فيما يأتي:

أ – تشترك في تكوين الضباب الدخاني (Smog).

ب– يعمل الإيثيلين على تكوين مادة الفورمالداهيد المهيجه للدموع.

جـ– تؤكد أبحاث العلماء أن مركب البنزوبيرين Benzoperene أهم المواد المسببه للسرطان.

وينتج مركب البنزوبيرين نتيجة لأنشطة مختلفة للإنسان مثل:

– الاحتراق غير الكامل للغاز.

– نيران الزيوت البترولية.

– صناعة المطاط .

– دخان السجائر.

قضية للبحث	• ابحث في موضوع تأثيرات التدخين الضارة على الفرد والبيئة.

٤ – الجسيمات:

يحمل الهواء أجساماً صلبة أو سائلة مثل الغبار، والدخان (Smog)، والضباب، السناج . ما طبيعة هذه الجسيمات، وما تأثيراتها؟

ادرس الجدول (٢) وتعرف على ذلك ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

جدول (٢)

الجسيمات	طبيعتها	تأثيراتها
الغبار الساقط	– قطرهايزيدعن ١٠مليميكرون.	– تحدث ضرراً على المنشآت والأبنية. – تعمل على إغلاق ثغور النباتات فتعيق ثبات الغازات. – ذات تأثير خفيف على الإنسان.
الغبار المعلق	– يتراوح قطرها بين ١ر٠ – ١٠ميكرون.	– تسبب التهاب الشعب الهوائية والانتفاخ الرئوي . – تؤدي إلى ارتفاع نسبة أمراض الصدر في سكان المناطق المحيطة بمصانع الأسمنت خاصة مرض السيليكوز الذي يحدث تلفاً رئوياً وألماً صدرياً وضيقاً للتنفس. – تترسب على مياسم الأزهار فتعيق جزيئاته عملية الإخصاب.
السناج	– يضاف على الوقود على هيئة رابع إيثيل الرصاص. – ينبعث من عوادم السيارات على شكل جزيئات دقيقة. – تشكل ٩٧٪ من الرصاص في الجو.	– له صفة سمية وتراكمية في الأنسجة. – يسبب صداعاً وضعفاً عاماً. – أحد أسباب التخلف العقلي وانخفاض مستوى الذكاء. – ذو علاقة تراكمية في الأغشية الجنينية وحالة التشوه الخلقي كالصمم، والعمى، وبعض الأمراض العصبية.

– بماذا تفسر التأثير الضار للغبار الساقط على الأجسام؟

– ماذا يترتب عن تساقط الغبار المعلق على الأزهار في النبات؟

وينتج عن الجسيمات المعلقة في الهواء الجوي بعض الظواهر التي تشكل خطورة على الحياة مثل الانعكاس الحراري .

– ما المقصود بالانعكاس الحراري؟

تحدث عملية الانعكاس الحراري عندما تعلو طبقة من الهواء الدافئ طبقة من الهواء البارد؛ حيث إن الوضع الطبيعي هو انخفاض درجات الحرارة التي تقل بالارتفاع، ويترتب على الانعكاس الحراري احتجاز الضباب الدخاني دون تبدد في طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض ويتركز أو يبقى الهواء ساكناً مما يترتب عليه ازدياد تلوثه وانعدام الرؤية أحياناً وينعكس ذلك على الجهاز التنفسي. وقد حدثت حالات الانعكاس الحراري في الأربعينات والخمسينات في بعض المدن الصناعية الكبرى، مثل لندن ونيويورك، أدت إلى موت آلاف الأشخاص.

التحكم في ملوثات الهواء Control of Air Pollution

هناك العديد من الوسائل التي يمكن بواسطتها التخلص من ملوثات الهواء الجوي أو على الأقل تخفيضها إلى حدود مناسبة، ومن هذه الطرق ما يأتي:

١- استخدام مصادر طاقة أفضل من الوقود الحالي مثل الطاقة الشمسية والكهرباء والغاز الطبيعي.

٢- استعمال الوسائل والأجهزة الخاصة بتنظيف الهواء والتقليل من مصادر تلويثه مثل:

أ - استخدام المرشحات لحجز المواد الصلبة من مداخن المصانع وأنابيب إخراج عوادم السيارات.

ب- إخراج الملوثات الصلبة في غرف متسعة لتقليل سرعتها وترسيبها بتأثير الجاذبية الأرضية.

جـ- حرق الغازات قبل انطلاقها في الوسط المحيط.

د - إذابة الغازات الملوثة في الماء أوبعض المحاليل الكيميائية قبل إخراجها إلى الهواء الجوي.

هـ- إجراء تعديلات على المحركات لتحقيق الاحتراق الكامل.

و - صيانة المحركات بصفة دورية.

قضية للبحث

تطبق كثير من الدول بعض الإجراءات للحفاظ على سلامة الهواء. ابحث ذلك في ضوء دراستك السابقة، وضع بعض المقترحات للحفاظ على الهواء من التلوث مع دعم ذلك باقتراحات لازمة لتقليل تلوث الهواء في منطقتك.

ثانيا : تلوث الماء Water Pollution

الماء أساس الحياة لجميع أنواع الكائنات الحية من إنسان أو حيوان أو نبات تصديقاً لقوله تعالى : ﴿ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ﴾(الأنبياء: ٣٠) ، فالماء يدخل في بناء أجسام الكائنات الحية، كما يعتبر وسطاً هاماً لكل التفاعلات التي تحدث في جسم الكائن الحي، كما أنه يعد مكاناً مناسباً لحياة العديد من أنواع الكائنات الحية التي تعيش في البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات وغيرها، إلا أنه في هذه الأيام أصبح يتعرض لملوثات مختلفة.

مصادر تلوث المياه :

الشكل (٥) النفايات الكيميائية تصب في أحد الأنهار

– ما مصادر تلوث المياه؟

يتعرض الماء إلى ملوثات مختلفة مثل الملوثات العضوية والحيوية (كائنات حية مسببة للمرض)، إضافة إلى المواد المترسبة والتلوث الحراري والإشعاعي وغيرها. لاحظ الشكل (٥).

وأهم مصادر التلوث للمياه ما يأتي :

١– مياه المجاري والصرف الصحي وما تحويه من مخلفات المنازل والمدارس والمعامل والمؤسسات والمصانع، وجميعها تحتوي على مركبات عضوية قابلة للتحلل، إضافة إلى العوامل الممرضة كالبكتيريا والفيروسات والفطريات والديدان الخيطية وغيرها.

٢– المواد الكيميائية والمياه الناتجه عن الأنشطة الصناعية المختلفة والتي قد تكون ناتجة عن صناعات عضوية مثل صناعة الدواء والجلود والأقمشة، أو الناتجة عن الصناعة غير العضوية مثل الكسارات ومناشير قطع الأحجار .

٣– المخلفات النفطية والبترولية والتي ينتج عنها نفايات سامة تلوث البحار والمحيطات وغيرها من مصادر المياه.

٤– الأمطار الحمضية التي تنتج في المناطق الصناعية.

٥– الاستخدام العشوائي للأسمدة والمبيدات، وخاصة التي يدخل في صناعتها الزئبق الذي يعد من العناصر السامة؛ لأن المواد التي يدخل في صناعتها هذا العنصر قد تنتقل إلى المياه الجوفية فتلوثها.

٦- التلوث الحراري الناتج عن استعمال المياه كمصدر للطاقة في محطات الكهرباء التي تدار بواسطة البخار أو الطاقة الذرية، أو استعمال المياه في تشغيل المعامل والمصانع في الأوساط المائية وجميعها تعمل على رفع درجة حرارة الماء فتقل نسبة الأوكسجين المذاب فيه مما يؤثر على حياة الكائنات الحية التي تعيش فيه كالأوليات والطحالب والأسماك، ويشكل ذلك تهديداً مباشراً للحياة في المحيطات المائية، وقد يؤدي إما إلى وفاة الأحياء المائية، أو وقف تكاثرها أو هجرتها، وينتج عنه في النهاية تدمر هذا النظام البيئي وموت ما فيه من حيوان ونبات كما في الشكل (٦).

الشكل (٦) تأثير الملوثات على النباتات

- ما المقصود بالنظام البيئي؟
- كيف تكون البيئة المائية نظاماً بيئياً متزناً؟

ومن الملوثات التي تؤثر بشكل كبير على البيئة المائية الملوثات النفطية.

- تأثيرات التلوث النفطي:

يحدث تلوث مياه البحار والمحيطات بالنفط بسبب غرق السفن المحملة بالنفط الذي يطفو على سطح الماء ويكون طبقة رقيقة تعمل على عزل المياه عن الغلاف الجوي، ومنع التبادل الغازي بينهما، مما يؤدي إلى نقص كمية الأكسجين المذاب في الماء. وقد يُغطى طن واحد من النفط ١٢ كم٢، ويؤدي ذلك إلى قتل العديد من الكائنات المائية (الشكل – ٧)، كما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمال. ويقضي هذا التلوث على مصدر مهم من مصادر غذاء الإنسان.

الشكل (٧) تأثير التلوث النفطي على الحيوانات

وتتلوث مياه البحار والمحيطات أيضاً بالعناصر الثقيلة مثل الرصاص الموجود في وقود وسائل النقل البحري، أو بالزئبق والزرنيخ

والحديد والنحاس والخارصين، وجميعها تؤثر على الأحياء البحرية وتترسب في أجسامها مما يؤدي إلى القضاء عليها، أو نقل تأثيرات هذه المعادن إلى الإنسان الذي يتغذى عليها. كما تتلوث المياه بالمواد المشعة الناتجة عن تجارب التفجيرات النووية أو الكوارث المرتبطة بالمفاعلات النووية أو المخلفات المشعة وغيرها.

- تلوث المياه الجوفية:

تعتبر المياه الجوفية المصدر الأساسي لمياه الشرب إلا أنها في الآونة الأخيرة "وخاصة في بلادنا" تتعرض لمشكلات مختلفة أهمها الاستنزاف والتلوث. ومن مصادر تلوث المياه الجوفية ما يأتي:

١- المخلفات البشرية والصناعية.

٢- الزيوت العادمة الناتجة عن وسائل النقل.

٣- الممارسات الزراعية الخطأ وغير المنظمة كالاستعمال العشوائي للأسمدة الكيميائية والمبيدات؛ لأن الأسمدة النيتروجينية تؤدي إلى زيادة النترات في المياه الجوفيه التي قد تتحول بفعل بعض أنواع البكتيريا إلى أملاح نترات سامة جداً.

- حماية المياه من التلوث:

إن حماية المياه من التلوث شرط أساسي للمحافظة على سلامة الكائنات الحية النباتية والحيوانية بما فيها الإنسان. ومن أجل ضمان عدم تلوث المياه يجب عمل الآتي:

١- معالجة مياه المجاري قبل إعادتها إلى مصادر المياه؛ لأن هذه المياه وما تحويه من فضلات ومخلفات بشرية تلوث المياه الجوفية وينتج عنها كثير من الأمراض مثل التيفوئيد والتهابات الكبد المعدية والطفيليات.

٢- معالجة مياه المصانع الكيميائية والمصافي؛ كمصافي تكرير البترول، للتخلص من النفايات السامة قبل طرحها في مياه البحار، للمحافظة على سلامة الأحياء البحرية من نبات وحيوان، وكذا قبل طرحها في التربة للمحافظة على المياه الجوفية من التلوث.

ثالثاً: التلوث الضوضائي Noise Pollution

يُعد الضجيج في الوقت الحاضر أحد أشكال التلوث الفيزيائي الذي يتعرض له الإنسان، خصوصاً سكان المدن الذين يعانون منه في المسكن والطريق وأثناء العمل. والضجيج عبارة عن ازدحام وحدّة الأصوات التي تزعج الإنسان وتضر سمعه وجهازه العصبي.

- ما مصادر الضجيج؟

للضجيج مصادر مختلفة منها ما يرتبط بأنشطة الإنسان، ومنها ما يرتبط بمصادر طبيعية. إلا أن مصادر الضجيج المرتبطة بالإنسان هي السبب الرئيس لهذه المشكلات في هذه الأيام. ويمكن توضيح هذه المصادر كما يأتي:

أ - عوامل النشاط الإنساني:

يعتبر النشاط الإنساني في المجالات المختلفة عاملاً رئيساً في زيادة مشكلة الضجيج وتلوث البيئة به. ومن مصادر الضجيج الناتجة عن عوامل النشاط الإنساني ما ياتي:

١- المصانع والمعامل مثل مصانع الطوب والبلاط، ومناشير الحجارة وورش الحدادة والألمنيوم، والنجارة والخراطة، وورش صيانة السيارات المنتشرة في الأحياء السكنية ووسط المدن بسبب التخطيط العشوائي وغياب إنشاء المناطق الصناعية بعيدة عن المدن.

٢- وسائل النقل مثل الدراجات النارية والسيارات والطائرات، نتيجة لعدم الاهتمام بالصيانة السليمة لها، ومرور طرق المواصلات الرئيسة وسط الأحياء السكنية، وعند استخدام المنبهات بطريقة غير سليمة.

٣- عملية البناء والتشييد العمراني نتيجة استخدام الآلات والمعدات الثقلية الخاصة بتشييد البناء.

٤- الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل مثل المكنسة الكهربائية والراديو والتلفزيون .. إلخ.

٥- مكبرات الصوت والمسجلات في محلات بيع أشرطة الموسيقى والفيديو، وكذا المستخدمة في المناسبات والحفلات الموسيقية الصاخبة مثل حفلات الزفاف.

٦- التفجيرات أثناء الحروب أو في الأعمال الإنشائية أثناء السلم.

ب- عوامل طبيعية:

قد تصدر الضوضاء من عوامل طبيعية مثل الانفجارات البركانية، والرعد، والزلازل، وأمواج البحر العالية، وغيرها. إلا أن العوامل المرتبطة بأنشطة الإنسان هي المصدر الرئيس لهذه المشكلة في هذا العصر.

الآثار المترتبة على الضجيج:

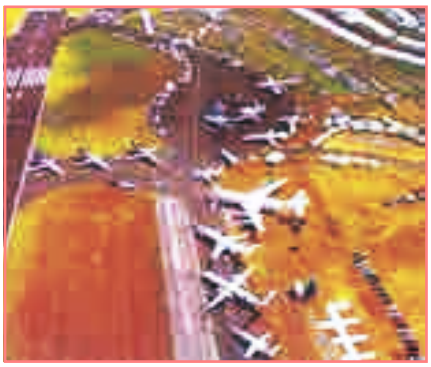
- ما التأثيرات الناتجة عن الضوضاء؟

الضجيج العالي يؤثر سلباً على الحالة النفسية للإنسان، وعلى الأداء الوظيفي للجسم عند تعرضه لأصوات عالية تزيد شدتها عن (٩٠) ديسيبل لفترة طويلة من الزمن

وأحياناً لفترات قصيرة.

وتظهر تأثيرات هذا الضجيج على الإنسان بعدة صور منها:

١- التأثيرات النفسية، وتظهر على شكل اكتئاب وقلق نفسيين يحدان من قدرة الإنسان على التركيز والإنتاج.



الشكل (٨) الضجيج يحيط بالإنسان

٢- التأثيرات العصبية، تظهر على شكل توتر عصبي، وقد يشكو البعض من آثار الضجيج الذي يعانون منه في مكان العمل والذي يستمر تأثيره من بعد مغادرتهم العمل لمنازلهم على شكل طنين مستمر.

٣- التأثيرات على السمع، إذ يؤدي الضجيج المستمر – في حالة عدم توفر الحماية الكاملة للأذن– إلى تدهور تدريجي في حاسة السمع قد يصل إلى الصمم التام (فقدان السمع)، كما تؤدي الانفجارات إلى توليد أصوات شديدة تزيد شدتها عن (١١٥) ديسيبل تعمل على تمزيق غشاء الطبلة، والإصابة بفقدان السمع.

مكافحة الضجيج :

تهدف مكافحة الضجيج إلى التوصل لأقل مستوى منه عبر اتباع أفضل الوسائل الممكنة، أو اتخاذ الإجراءات اللازمة للحد منه مثل الآتي:

١- تخطيط المدن الصناعية وبناء المدارس والمستشفيات في أماكن بعيدة عن الأسواق والأماكن العامة الأخرى لحمايتها من الضجيج، مع وضع الإرشادات المناسبة بجانبها، وخاصة التي تمنع استخدام المنبهات الخاصة بوسائل النقل والمحددة للسرعة وأماكن عبور المشاة.

٢- إبعاد المطارات عن المدن الرئيسة.

٣- إخراج المصانع والورش من الأحياء السكنية داخل المدن إلى مناطق صناعية منعزلة وبعيدة عن المساكن.

٤- نشر الوعي الثقافي عن الضجيج وتأثيراته بين المواطنين بطريقة تكفل منع خروج الضجيج الناتج عن الأجهزة الكهربائية من المنازل والحد من استخدام مكبرات الصوت والمسجلات بشكل مزعج في محلات بيع وشراء الأشرطة المسجلة وأثناء المناسبات والحفلات، وخاصة حفلات الزفاف.

رابعاً: التلوث الإشعاعي:

الشكل (٩) صورة لتفجير نووي في صحراء

يعتبر التلوث الإشعاعي أخطر أنواع التلوث على الإطلاق وذلك لبقائه في البيئة لفترة زمنية طويلة جداً، وينتج التلوث الإشعاعي من مصادر طبيعية وصناعية الشكل (٩) كما يأتي:

أ- مصادر طبيعية:

تعرضت الكائنات الحية – بما فيها الإنسان – منذ بداية الحياة إلى الإشعاعات الكونية الطبيعية وإشعاعات القشرة الأرضية والإشعاعات الذاتية أو الشخصية للكائن الحي، وقد تأقلمت الكائنات الحية مع بعض الإشعاعات ذات التركيز المنخفض، بينما أحدثت بعض الإشعاعات طفرات في جميع أنواع الكائنات الحية.

الشكل (١٠) تخلف اليود ١٣١ عن سباق التفجيرات النووية بين الدول المتقدمة.

تصل الإشعاعات الكونية إما من الفضاء الخارجي، أو من البيئة المحيطة بالإنسان، في أشكال مختلفة كالبروتونات وأشعة الفا والإلكترونات.. إلخ، وتنتج من:

١- اصطدام جزيئات دقيقة ذات طاقة مرتفعة مع مكونات الغلاف الجوي.

٢- الانفجارات الشمسية .

٣- إشعاعات القشرة الأرضية.

٤- الإشعاعات الصادرة عن الغذاء والماء والهواء من مواد ضرورية لحياة الإنسان،

فالكربون (١٤) المشع يؤثر على الإنسان أثناء تغذيته على النبات، والبوتاسيوم (٤٠) عند تناوله منتجات الألبان. وتؤثر هذه الإشعاعات على الإنسان من الداخل وخاصة على نخاع العظام والرئتين.

ب- مصادر صناعية:

الإشعاعات الناتجة عن الأنشطةالصناعية للإنسان أصبحت منذ بداية الإربعينات مصدراً لتلوث البيئة، وتشكل خطراً على صحة الإنسان وحياته إلى جانب الإشعاعات الطبيعية، وبذا ازدادت كمية الإشعاعات التي يتعرض لها الإنسان اليوم .

وتنتج الإشعاعات الصناعية من عدة مصادر منها:

١- التفجيرات النووية، وهي أكثر المصادر خطراً على البيئة، فكل تفجير نووي يؤدي إلى زيادة تلوث عناصر البيئة الأرضية مثل: الماء والهواء والسلاسل الغذائية، والتي تسبب بدورها تلوثاً داخلياً وخارجياً للإنسان. (الشكلان - ٩ ، ١٠).

٢- المفاعلات النووية التي تستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية.

٣- الأشعة المستخدمة في الطب في عملية التشخيص والعلاج والتي يتعرض لها المريض والفنيون.

٤- الإشعاعات الناتجة من استعمال المواد المشعة في بعض الأبحاث والدراسات في مجال الفيزياء والكيمياء والأحياء والطب والزراعة، إضافة إلى استخدام بعض الإشعاعات مثل: أشعة جاما - في حفظ الأغذية كاللحوم والأسماك والفواكه، كما تدخل الإشعاعات في عدد من المجالات الصناعية مثل اكتشاف عيوب صناعة المعادن وصقلها، وفي قياس مقدار التسرب في أنابيب النفط.

الآثار الصحية للإشعاعات:

تؤثر الإشعاعات التي تصل إلى البيئة على الكائنات الحية بما فيها الإنسان، ويعتمد تأثيرها على عدد من العوامل أهمها:

١- نوعية الكائن الحي. ٢- درجة الإشعاع.

٣- الفترة الزمنية التي يتعرض لها الكائن.

إن تأثير الإشعاعات على الكائنات الحية في مرحلة الطفولة أكثر من تأثيرها في المراحل الأخرى نظراً للنشاط الكبير للخلايا أثناء مرحلة الطفولة.

ومن أشهر تأثيرات الأشعة على الإنسان ما يأتي:

١- أمراض الأعضاء المكونة للدم مثل سرطان خلايا الدم البيضاء الذي يؤدي إلى سرطان الدم (اللوكيمياء)، وضعف المقاومة للأمراض .

٢- أمراض الغدد التناسلية التي تودي إلى العقم.

٣- أمراض الجلد.

٤- أمراض الجهاز الهضمي، وجميعها تؤدي إلى الهرم والموت المبكر.

خامساً: ملوثات الغذاء:

يتعرض الغذاء الذي يتناوله الإنسان إلى أنواع مختلفة من الملوثات، فقد يتعرض إلى ملوثات كيميائية مثل المبيدات الحشرية والمواد الحافظة، أو حيوية مثل تلوث الغذاء بالبكتيرياء والفيروسات والديدان، أو ملوثات إشعاعية مضرة بالإنسان. ويمكن توضيح أهم الملوثات التي يتعرض لها الغذاء فيما يأتي:

١- تلوث الغذاء بالميكروبات والطفيليات:

تتلوث المواد الغذائية بالملوثات الحيوية بواسطة المياه أو الهواء أو الحشرات أثناء إنتاجها وتصنيعها، أو أثناء إعدادها للاستهلاك، أو عند استخدام مياه المجاري (الملوثة) في سقي الخضروات. وأهم الملوثات الحيوية ما يأتي:

أ - الفطريات: وهذه تفرز سموماً شديدة الضرر، وتلوث المواد الغذائية أثناء الحصاد والتخزين وخاصة عند توفر الرطوبة في مخازن الغلال والحبوب، ومن هذه الفطريات فطر النسيوم، وفطر الفيوزاريوم. لذا يجب أن تكون مخازن الحبوب خالية من الرطوبة حتى لا تنمو الفطريات.

ب- البكتيريا: تفرز البكتيريا بعض السموم التي تلوث المواد الغذائية، وخاصة اللحوم والبيض، وقد تؤدي إلى الوفاة إذا لم يتم إسعاف المريض بسرعة ومعالجته، وأهم هذه البكتيريا السالمونيلا Salmonella والشيجلا Shigella، ونوع من بكتيريا كلوستريدم Clostridium botulinum، وقد يكون تلوث الغذاء بالبكتيريا وبائياً، وينتج عنه أمراض مثل التيفوئيد، والدوسنتاريا العصوية، وإسهالات الأطفال، والكوليرا.

٢- تلوث الغذاء بالمواد الكيميائية:

يتلوث الغذاء بالمواد الكيميائية وهي متعددة وكثيرة، مثل المواد الناتجة عن الأسمدة والمبيدات، والمواد المضافة أثناء الصناعة، مثل المواد الملونة ومواد النكهة

والمواد الحافظة، وبعض هذه المواد لها آثار سرطانية. ومن أخطر المواد الحافظة المضادات الحيوية التي قد يؤدي استخدامها غير الواعي إلى ظهور سلالات من بكتيريا السالمونيلا لا تتأثر بالمضادات الحيوية، كما تتلوث المواد الغذائية بالأمطار الحمضية والنفط والهرمونات التي تضاف إلى علف الدواجن للتسمين والتي تؤدي إلى أضرار جسيمة للمستهلكين.

٣- تلوث الغذاء بالمواد المشعة.

قد يتعرض الغذاء أيضاً إلى ملوثات إشعاعية وخاصة عند حدوث كوارث ينتج عنها إشعاعات ملوثة كالتفجيرات النووية وحدوث مشكلات للمفاعلات النووية كما حصل لمفاعل تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي سابقاً.

حماية الغذاء من التلوث:

يمكن المحافظة على الغذاء من التلوث بوسائل مختلفة مثل ما يأتي:

١- عدم استخدام مياه المجاري والصرف الصحي في سقي المزروعات وخاصة الخضراوات.

٢- فحص المواد الغذائية الطازجة لمعرفة نسبة المواد الكيميائية الضارة التي تحتويها والناتجة من استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية، ونسبة المعادن الثقيلة والمواد المشعة والمواد الأخرى، ويجب أن تكون نسبة هذه المواد هي النسبه المسموح بها حسب المواصفات العالمية.

٣- يجب أن تكون الأغذية المعلبة حسب المواصفات العالمية من حيث حفظها في أوعية ملائمة للتعليب، وأفضلها الأوعية الزجاجية، وتحديد تاريخ الإنتاج وانتهاء صلاحيتها.

٤- غسل الخضراوات والفواكه بالماء الجاري النظيف، أو غسلها بالمياه المضاف إليها بعض المواد المعقمة مثل برمنجنات البوتاسيوم.

٥- زراعة نباتات مقاومة للآفات والحشرات بدلاً من استخدام المبيدات الحشرية.

٦- وضع برامج تعليمية وتثقيفية للتقليل من استخدام المبيدات الزراعية.

٧- دعم الأبحاث العلمية الرامية إلى إيجاد الوسائل البديلة لمقاومة الآفات الزراعية وتشجيع تطبيقاتها العملية.

سادساً : تلوث التربة:

الشكل (١١) آثار المبيدات الحشرية

تعرضت التربة إلى التلوث نتيجة لأنشطة الإنسان المختلفة، والنمو السكاني الزائد الذي تبعه زيادة نسبة الأرض المزروعة لتوفير الغذاء، وزيادة استغلال الموارد الطبيعية، وقد أدى ذلك إلى تغيير مكونات التربة الأساسية واستنفاذ بعض عناصرها أو زيادة ملوحتها نتيجة الاستعمال غير الجيد لمياه الري والاستخدام العشوائي للأسمدة الكيميائية والمبيدات.

كما أدى الاستنزاف غير الواعي للكساء الأخضر من نباتات وأشجار إلى كشف التربة مما جعلها معرضة للتعرية والانجراف بتأثير عوامل الرياح والعواصف والأمطار.

وقد أدت الزيادة الكبيرة في السكان والأنشطة الإنسانية المختلفة من زراعة، وصناعة، واستهلاك، وغيرها إلى إنتاج ملايين الأطنان من النفايات الصلبة سنويا والتي تطرح في البيئة من خلال مقالب القمامة أو الأراضي الزراعية، مما أدى إلى استغلال مساحة شاسعة من التربة لهذه النفايات، إضافة إلى تلوث التربة بسبب طرح كثير من النفايات المنزلية الضارة كالعلب الفارغة وصناديق الكرتون والزجاج والأثاث المستهلك وبقايا الصناعات الحديدية. وأهم من ذلك المواد المصنعة من البلاستيك مثل الأكواب والأطباق وقوارير المياه والاستخدام العشوائي لأكياس النايلون وجميعها لا تتحلل بسهولة، وكل ذلك أدى إلى إتلاف التربة وزيادة مساحة الأراضي الملوثة مقابل نقصان مساحة الأراضي الصالحة للسكن والزراعة.

الشكل (١٢) الكساء الأخضر يحفظ التربة

كما أدت المبيدات المستعملة في

مكافحة الآفات الموجودة على النبات أو الموجودة على التربة إلى تهديد حياة الآلاف من الكائنات الحية النباتية والحيوانية في التربة مسببة دماراً لبعض الأنظمة البيئية نتيجة الإخلال بالتوازن البيولوجي للأحياء.

الشكل (١٣) تربة ملوثة

مشكلات استنزاف الموارد البيئية:

تنقسم الموارد الطبيعية في البيئة إلى الأنواع الآتية:

١- موارد دائمة:

وهي الموارد التي لا تنضب مهما استهلك منها الإنسان، ويتوقع أن تظل متوفرة حتى يرث الله الأرض ومن عليها، وهذه الموارد هي: الطاقة الشمسية والهواء والماء.

٢- موارد متجددة:

وهي الموارد التي تمتلك القدرة على التجدد باستمرار، وهي الثروة الحيوانية والثروة النباتية والتربة، إلا أنها تتعرض إلى ضغط شديد بسبب أنشطة الإنسان المدمرة لها.

٣- موارد غير متجددة (ناضبة):

وهي الموارد التي لا تتجدد، أو تتجدد ببطء شديد خلال آلاف السنين، وتوجد في البيئة بكميات محدودة مثل البترول والفحم الحجري والغاز الطبيعي وخامات المعادن.

إن قدرة الإنسان على استخدام الآلات والوسائل التكنولوجية الحديثة جعلته يستغل الموارد البيئية بأنواعها المختلفة، ويعمل على استنزافها بشكل متسارع، وقد أدى ذلك إلى الإخلال بتوازن النظم البيئية وتدهورها بشكل ملحوظ. ومن أهم الموارد التي يتم استغلالها واستنزافها بشكل شديد سواء في بلادنا أو في كثير من البلدان الأخرى ما يأتي:

١ـ استنزاف المياه:

تحصل بلادنا على احتياجاتها من الماء عن طريق مصدرين أساسيين هما مياه الأمطار والمياه الجوفية.

وتعاني بلادنا حالياً من الاستنزاف الشديد للمياه؛ حيث نضبت كثير من مصادرها الجوفية مثل حوض مدينة تعز.

ويتوقع أن تنضب أحواض جوفية أخرى مثل: حوض صنعاء، وحوض صعدة، إذا استمرت سلوكياتنا السلبية تجاهها.

الشكل (١٤) مضخه ارتوازيه تسحب الماء من جوف الأرض

– كيف تكونت أحواض المياه الجوفيه؟

– لماذا يتوقع أن تنضب المياه الجوفية في بلادنا؟

لقد توصلت الدراسات إلى أن أهم عامل لانخفاض منسوب أحواض المياه الجوفية في اليمن هو الاستنزاف الشديد لمحتواها المائي؛ حيث إن ما يستهلك منها سنوياً لا يعوض من مياه الأمطار. وبدأ تناقص منسوب المياه في الأحواض الجوفية خلال النصف الثاني من القرن العشرين وحتى الآن نتيجة التوسع في حفر الآبار الارتوازية لري حقول القات حيث بلغ عدد الآبار في حوض صنعاء فقط أكثر من (١٣) ألف بئر حتى الآن.

– لماذا لم يحصل تناقص في أحواض المياه الجوفية قبل هذه الفترة؟

إن الاستنزاف الشديد لأحواض المياه الجوفية في هذه الأيام لا يتم تعويضه مما يؤدي إلى حصول عجز سنوي ينتج عنه تناقص مستمر في الأحواض الجوفية حتى ينتهي محتواها من الماء. والجدول الآتي يوضح العجز السنوي الناتج:

حالة الماء	كمية الماء
– المياه الجوفية المستهلكة سنوياً.	٢٨٠٠ – ٣٤٠٠ مليون متر مكعب.
– المياه المتجددة في الأحواض سنوياً.	٢١٠٠ – ٢٥٠٠ مليون متر مكعب.
– العجز السنوي في الأحواض.	٧٠٠ – ٩٠٠ مليون متر مكعب.

وتزداد خطورة هذا الاستنزاف على بلادنا من حقيقة أن اليمن تعد من أفقر الدول في الجانب المائي، إذ لا يتعدى نصيب الفرد السنوي من الماء (١٣٧) متراً مكعباً فقط، بينما حدد خط الفقر المائي بمقدار ١٠٠٠م٣ سنوياً على مستوى دول العالم، وحددت حاجة الفرد السنوية من الماء كل عام بمقدار ١٤٠٠م٣.

النشاط (١)

إذا كان المتبقي في حوض صنعاء مثلاً في عام ٢٠٠٠م، حوالى ١٠مليار م٣ من الماء واستمر السحب السنوي في حدود ٨٠٠ مليون م٣، وكان معدل التعويض (التجدد) هو ٢٦٥ مليون م٣ كل عام ففي أي عام يتوقع نضوب مياه الحوض؟

النشاط (٢)

ادرس الجدول المقابل بعناية، ثم أجب عن الأسئلة الآتية في كراسة الأنشطة:

- ما نسبة نصيب الفرد من الماء في اليمن إلى نصيب الفرد في آسيا؟
- لماذا نصيب الفرد في مصر أعلى من نصيب الفرد في اليمن بالرغم من ارتفاع عدد السكان في مصر؟
- كم نسبة نصيب الفرد في اليمن إلى حاجة الفرد السنوية؟
- ما نسبة نصيب الفرد على مستوى الوطن العربي إلى نصيب الفرد في العالم المتقدم؟

استهلاك الماء	نصيب الفرد بالمتر المكعب
على مستوى العالم	٧٥٠٠
في أفريقيا	٥٥٠٠
في آسيا.	٣٥٠٠
في العالم المتقدم.	٢٠٠٠
في الوطن العربي.	١٠٢٥ – ٩٥٠
في مصر.	٨٠٠
في الأردن.	١٧٠
في اليمن.	١٣٧

وقد اتضح أن حوالي ٩٠٪ من كمية المياه المستخدمة سنوياً في اليمن تستهلك في الجوانب الزراعية، وتذهب معظم هذه المياه في ري مزارع القات.

النشاط (٣)

نقاش جماعي حول أهم المعالجات التي يمكن اتباعها للمحافظة على الثروة المائية في بلادنا.

٢ـ التآكل المستمر للتربة الزراعية:

يعتبر تآكل التربة من المشكلات البيئية، ويقدر بـ ٢٥ مليون طن كل عام على مستوى العالم. وتبدو هذه المشكلة بشكل واضح في اليمن نتيجة لعوامل عدة من أهمها:

أ – إهمال الاعتناء بالمدرجات الزراعية والوديان والمحافظة على التربة فيها من الانجراف.

ب– الزحف الحضري على الأراضي الزراعية واستغلالها في بناء المساكن الجديدة أو المنشآت أو شق الطرق، وغير ذلك.

الشكل (١٥) انجراف التربة بفعل السيول

جـ – القطع غير المرشد للأشجار والغطاء النباتي مما يؤدي إلى عدم تماسك التربة وبالتالي انجرافها وخاصة التربة الزراعية في المدرجات الجبلية والوديان.

وقد أدى التآكل المستمر للتربة الزراعية وإهمالها إلى ظهور مشكلة التصحر، وزحف الكثبان الرملية على الأراضي الزراعية، ويتوقع أن تكون ٩٧٪ من أراض الجمهورية اليمنية مهددة بالتصحر إذا استمرت المشكلة بدون وضع الحلول والمعالجات لها.

– ما أهم مظاهر التصحر في اليمن؟

النشاط (٤)

- ناقش مع مجموعة من زملائك أهم المعالجات التي يجب اتباعها للمحافظة على التربة الزراعية من التدهور.

٣ ـ تدهور الغابات والثروة النباتية :

تعتبر هذه المشكلة من المشكلات البيئية الرئيسية على مستوى العالم بشكل عام، وفي بلادنا بشكل خاص. فقد وجد أنه يتم اقتطاع حوالى ٢٠ مليون هكتار من الغابات كل عام على مستوى العالم، وفي بلادنا تم القضاء على الكثير من الغابات والأحراج، وخاصة في العقود القليلة الماضية. وأهم الأسباب التي تدفع الناس إلى اقتطاع الأشجار والقضاء على الغابات والمناطق الحرجية ما يأتي :

الشكل (١٦) اقتطاع الأشجار

١– استخدامها كوقود.

٢– استخدامها في البناء.

٣– استخدامها في الصناعات، كالصناعات الورقية.

٤– للحصول على أراض زراعية جديدة.

٥– للتوسع العمراني وشق الطرقات.

٦– قد تموت بفعل الأمطار الحمضية.

٧– قد تنتهي بفعل الحرائق في الغابات.

– ما أهمية الغابات والأشجار للحياة ؟

الثروة النباتية مهمة جداً للحياة على الأرض، إذ لا يمكن استمرار الحياة بدونها؛ فهي في غاية الأهمية، وما يقوم به الإنسان من تدمير واستنزاف لهذه الثروة فإنما يهدد الحياة وبقاءها على سطح الأرض. وترجع أهمية الأشجار والغابات إلى ما يأتي:

١– تعتبر مصدر الغذاء للإنسان والحيوان.

٢– تعمل على بقاء غاز الأوكسجين وغاز ثاني أوكسيد الكربون بنسب ثابتة في الهواء الجوي.

٣– تحافظ على التربة الزراعية وتعمل على تماسكها.

٤– تشكل بيئات ومواطن لمعيشة أنواع مختلفة من الكائنات الحية.

٥– تمنع حركة الكثبات الرملية وتوقف زحف التصحر.

٦– يحصل منها الإنسان على الأخشاب والأوراق ومنتجات صناعية ودوائية أخرى لا حصر لها.

٧– مصدر مهم للطاقة.

٨– تبعث في النفس الراحة والبهجة والسعادة.

النشاط (٥)

- زيارة منطقة غابات أو أحراج، وكتابة تقرير عنها.

تقويم الوحدة

١- وضح المقصود بـ:

- المطر الحمضي - الانعكاس الحراري - السناج - أنواع الملوثات الصناعية.

٢- اذكر أمثلة لأمراض شائعة تنتقل مسبباتها مع الهواء.

٣- ما التأثيرات التي تحدثها ملوثات الهواء الآتية:

- أكاسيد النيتروجين ، - اكاسيد الكبريت، - المركبات الهيدروكربونية.

٤- اقترح طرقاً للتقليل من ملوثات الهواء في بيئتك.

٥- ما أهم ملوثات المياه العذبة في بلادنا؟

٦- وضح تأثير التلوث النفطي على الحياة في البحار والمحيطات.

٧- كيف أثرت الأنشطة الإنسانية في زيادة مشكلة الضجيج؟ وما آثارها على صحة الإنسان؟

٨- بيّن المشكلات التي تتعرض لها التربة في بلادنا؟

٩- كيف يمكن المحافظة على التربة الزراعية في منطقتك؟

١٠- حدد العوامل التي أدت إلى تدهور الثروة النباتية في اليمن، واقترح حلولاً لهذه المشكلة.

١١- ما أهم ملوثات الغذاء؟ وكيف يمكن مكافحتها؟

١٢- يعتبر الإنسان الحديث ناهب للموارد البيئية وضح ذلك ؟

١٣- اشرح أهم أسباب استنزاف المياه الجوفية في اليمن؟ وكيف يمكن المحافظة عليها من الاستنزاف؟

١٤- حدد أهم المشكلات البيئية في منطقتك. واقترح معالجات وحلولاً لها.

الوحدة الثامنة

تاريخ الأرض

السلم الزمني
لتاريخ الأرض

أهداف الوحدة

يتوقع منك بعد دراستك لهذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :

١- توضح المقصود بكل من : - الطبقة . - سطح عدم التوافق الأحفوري .
- الأحفورة المرشدة . - مبدأ تعاقب الطبقات . - مبدأ تعاقب الحياة .
- المضاهاة . - السجل الجيولوجي . - سطح عدم التوافق .

٢- توضح كيفية حفظ الأحافير .

٣- تبين أهميةدراسة الأحافير .

٤- تقارن بين المضاهاة الأحفورية والمضاهاة الصخرية .

٥- توضح كيف استطاع العلماء بناء سلم الزمن الجيولوجي .

٦- تفسر بعض الأحداث الجيولوجية بناءً على دراسة سلم الزمن الجيولوجي .

٧- تشرح أهم الأحداث الجيولوجية التي مرت بها الجمهورية اليمنية عبر الزمن .

تاريخ الأرض

هو مجموعة الظروف والأحداث التي مرت على تكون الصخور والطبقات الأرضية.

- ما المبادئ التي اعتمدت في تاريخ الأرض؟
- كيف تمكن العلماء من تقسيم الزمن الجيولوجي للأرض؟

لا يمكن الإلمام بتاريخ الأرض إلا إذا قسم إلى وحدات كبيرة وصغيرة، وتعتبر طبقات الصخور الرسوبية أصغر وحدة في تاريخ الأرض، وما تحتويه الطبقات من رواسب وأحافير دليل على زمن نشأة وتكون هذه الطبقات.

كيف تتكون الطبقات؟ وبماذا تختلف الطبقات عن بعضها البعض؟

● أولاً: الصخور الرسوبية (الطبقية):

الشكل (١) طبقات رسوبية متعاقبة

توجد الصخور الطبقية في الطبيعة على شكل طبقات أفقية (متوازية) أو قريبة من الوضع الأفقي، وتتراكم فوق بعضها لتكون تعاقبات طبقية كما يظهر في الشكل (١)، ويسمى هذا بالتطبق، ووحدته هي: الطبقة، وهي أصغر وحدة صخرية تتراوح في سماكتها بين جزء من السنتيمتر إلى عدة أمتار حسب استمرارية تجانس المواد المترسبة فيها، وظروف التعرية والنقل وفترة الترسيب. فالطبقات الرقيقة كما تلاحظ في الشكل تمثل فترات ترسيب قصيرة، بينما الطبقات الأسمك تمثل فترات ترسيب أطول.

- الطبقة (Stratum):

يمكن تعريف الطبقة بأنها وحدة مسطحة من الصخور الرسوبية لها تركيب معدني ونسيج مميز، وقد تكون كُتليه أو تحوي تراكيب داخلية محددة أو تكون كتلية، تميزها عما فوقها وعما تحتها، ولكل طبقة سطح علوي وسطح سفلي يفصلانها عن بقية الطبقات. انظر الشكل (١). ويتكون التعاقب أو التتابع الطبقي لأن الطبقة الواحدة تترسب في ظروف فيزيائية وكيميائية وبيولوجية محددة، وإذا اختلفت هذه الظروف أو إحداها يؤدي ذلك إلى انتهاء تكوين الطبقة السابقة، وبدء

تكوين طبقة أخرى جديدة فوقها مختلفة عنها، وهكذا وباستمرار تراكم كثير من الطبقات وتصخرها في أثناء الزمن الجيولوجي يتكون التعاقب الطبقي.

فإذا تفحصت طبقتين متعاقبتين في الشكل (١)، أو في الطبيعة، فإنك حتماً ستكتشف السبب الذي جعلهما طبقتين وليس طبقة واحدة، والذي قد يكون هو الاختلاف في الآتي:

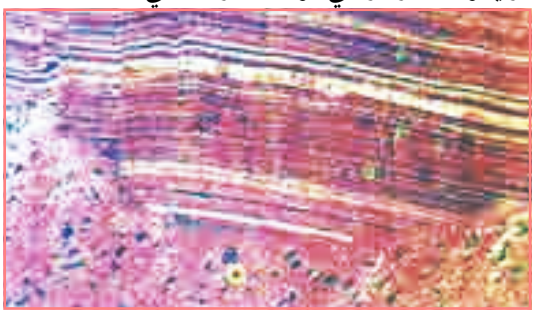
١- التركيب المعدني للطبقات، كالصخر الجيري والصخر الرملي أو الصخر الطيني.

٢- حجم الحبيبات المكونة لكل طبقة.

٣- شكل الحبيبات المكونة لكل طبقة.

٤- ترتيب الحبيبات المكونة لكل طبقة.

٥- نوع المادة اللاحمة للفتات الصخري لكل طبقة.



الشكل (٢) صخور الطفل

٦- وجود مادة أخرى غير متجانسة بين الطبقتين.

فمثلاً إذا تفحصت صفائح صخور الطفل (Shale) المتجانسة (شكل٢) ترى أن التطبق بين هذه الصفائح سببه وجود رقائق من الميكا مرصوفة فيما بينها.

النشاط (١)

- قم بزيارة وزملاؤك إلى منطقة قريبة من المدرسة بها تتابع طبقي للصخور الرسوبية للتعرف على الطبقات وتحديد مميزات (خصائص) كل طبقة ، ثم قدم تقريراً بملاحظاتك مدعماً بالرسم لمقطع في الطبقات.

- التوافق وعدم التوافق في الطبقات Conformity & Unconformity:

التوافق هو أن تكون الطبقات المترسبة أفقية موازية لبعضها البعض ومستمرة؛ بحيث تكون أسطح الطبقات المتعاقبة متوازية ومتتالية، مثل هذه الطبقات تسمى الطبقات المتوافقة كما يظهر في الشكل (١)، ويدل التوافق على استمرار الترسيب. إلا أننا لا نجد هذا في الطبيعة دائماً وإنما نجد الآتي:

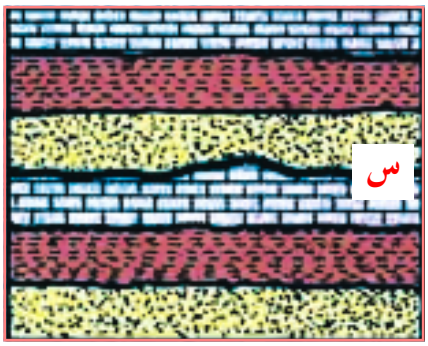
- طبقات أفقية يلاحظ فيها عدم اكتمال مجموعة من الطبقات أو حتى غيابها.
- طبقات مائلة تعلوها طبقات أفقية.

وهذا يعني وجود عدم التوافق، مما يدل على وجود توقف في الترسيب لحقبة زمنية.

ما أنواع عدم التوافق؟ وما المقصود بسطح عدم التوافق؟

أنواع عدم التوافق عديدة أهمها :

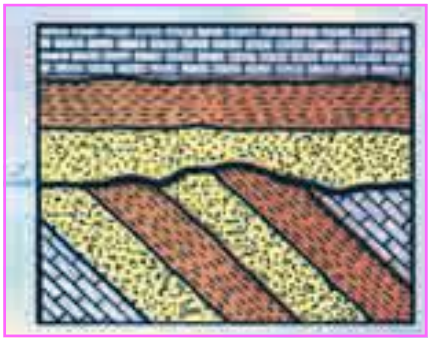
١- عدم التوافق الحتي (Erosional Unconformity) :



الشكل (٣) عدم التوافق الحتي

انظر الشكل (٣) تلاحظ مجموعتين من الطبقات السفلى الأقدم والعليا الأحدث، وبينهما سطح متعرج (س) يدل على أن طبقة أو عدة طبقات كانت بين المجموعتين لكنها الآن غير موجودة لتعرضها لعوامل التعرية، ويسمى السطح الفاصل المتعرج بسطح عدم التوافق.

٢- عدم التوافق الزاوي (Angular Unconformity) :


الشكل (٤) عدم التوافق الزاوي

في هذا النوع تكون مجموعة الطبقات الأقدم مائلة، أما مجموعة الطبقات الأحدث فهي أفقية كما يظهر في الشكل (٤) وما يميز هذا النوع عن السابق هو أن الصخور قد تعرضت إلى حركات أرضية، بعد انحسار البحر، أدت إلى ميلانها قبل حدوث الترسيب مرة أخرى للمجموعة الأحدث. ويستدل هنا على حدوث عدم التوافق من وجود طبقة صخور الكونجلوميرات (حصى وزلط) بقاعدة المجموعة العليا الأحدث.

٣- اللاتوافق (Nonconformity) :

الشكل (٥) عدم التوافق المتباين

يحدث اللاتوافق عندما تترسب صخور رسوبية فوق صخور نارية أو متحولة، ويعد السطح بينهما سطحاً لا متوافقاً، لأنه يمثل فترة انقطاع في الترسيب في وقت تكّون الصخور النارية والمتحولة كما في الشكل (٥).

وبناءً على ما سبق يمكن تعريف سطح عدم التوافق بأنه :

سطح يفصل بين مجموعتين من الصخور إحداهما قديمة والأخرى أحدث منها ،

ويوضح هذا السطح حدوث تعرية أو انقطاع في الترسيب يصاحبه حركات أرضية أو يليها، ويمثل فترة زمنية ضائعة بين المجموعتين، أي الفترة بين ترسيب الطبقات الأقدم وترسيب الطبقات الأحدث فوقها.

والتعرف على سطح عدم التوافق ميدانياً عن طريق الملاحظة المباشرة في أغلب الأحيان يكون صعباً. فلو أنك لاحظت طبقات أفقية متوازية، فلا يكفي للحكم على عدم وجود سطح عدم التوافق، إذ لا بد من معرفة أعمار الطبقات بمعرفة محتواها الأحفوري.

● ثانياً: الأحافير (Fossils):

ما المقصود بالأحافير؟ وكيف تم حفظها؟ وما فوائدها؟

الأحافير هي بقايا أو آثار كائنات حية عاشت في أزمنة جيولوجية مختلفة تدل على نوع الكائن الحي في تلك الأزمنة، وغالباً ما توجد محفوظة في الصخور الرسوبية، أو على شكل نماذج أو قوالب أو طبعات وغيرها. وفي حالات نادرة تحفظ بقايا الكائن الحي دون تغير في تركيبه الكيميائي.

- كيفية حفظ الأحافير:

تسمى عملية حفظ كائنات الأحافير في الصخور الرسوبية أو الثلوج أو في الكهرمان (صمغ نبات قديم) بالتحفر (Fossilization). وحتى تتكون الأحافير لا بد من أن تتوافر شروط معينة أهمها:

١- أن يكون للكائن الحي هيكل صلب أو صدفة صلبة، مثل عظام الحيوانات وأصداف الرخويات وأشواك الاسفنجيات والقشريات ومادة السليلوز في الخشب ومادة الكيتين في الحشرات. ويندر حفظ أحافير ليس لها هيكل صلب إلا إذا صادفتها ظروف خاصة تساعد على حفظها كأن تدفن مثلاً في الثلج أو في مواد إسفلتية أو صمغية.

٢- الدفن السريع للكائن بعد موته في رواسب تحميه من التحلل. وتعد أحافير الكائنات البحرية أكثر شيوعاً وانتشاراً من الكائنات البرية التي تكون فرصة تحفرها نادرة، نظراً لأن البيئات البحرية أكثر ملاءمة للدفن السريع، كما أن عوامل التحلل أكثر نشاطاً على اليابسة منها في المناطق المغطاة بالماء كالبحار، وأيضاً محدودية وسائل الدفن السريع على اليابسة وندرتها.

٣- أن تحفظ الأحافير في طبقات غير مسامية لا تسمح للمياه الأرضية بالتسرب، وإذابة الأحفورة أو محو آثارها.

٤- أن لا تتعرض الطبقات التي تحتفظ بالأحافير لحركات أرضية عنيفة تؤدي إلى تحولها، وبالتالي إلى طمس معالمها أو محوها.

- طرائق التحفر:

توجد طرائق عدة لحفظ بقايا الكائنات الحية وآثارها أهمها:

١- الحفظ الكامل:

وهي طريقة نادرة في التحفر؛ حيث يحفظ الكائن بكل أجزائه أو الأجزاء الصلبة دون تغير في التركيب الكيميائي، مثل حفرية حيوان الماموث الذي وجد بكامله محتفظاً بلحمه وشعره، وغذائه داخل أمعائه في ثلوج سيبيريا انظر (الشكل - ٦)، وحفرية وحيد القرن الصوفي. انظر (الشكل - ٧) الذي وجد محفوظاً في الطبقات الإسفلتية في جبال الكاربات في أوروبا الشرقية.

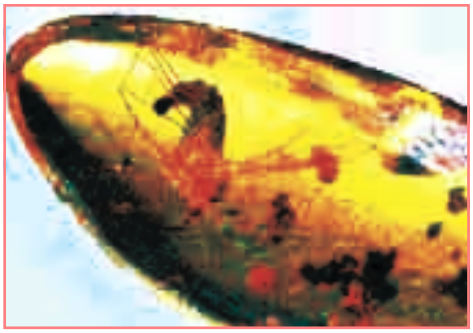
الشكل (٦) حفرية الماموث الصوفي

الشكل (٧) حفرية وحيد القرن الصوفي

أ- حفظ بعض الحشرات وحبيبات اللقاح النباتية في الصمغ النباتي حيث التصقت به وانطمر الصمغ في الأرض وتحول بمرور الزمن إلى كهرمان، كما في (الشكل - ٨).

ب - حفظ الأجزاء الصلبة الأصلية:

في كثير من الأحيان يمضي وقت بين موت الكائن الحي وحفظه، وهذا يسمح بتحلل الأجزاء الرخوة وحفظ الأجزاء الصلبة دون أن يتغير تركيبها الكيميائي، فقد تكون الأحفورة عظاماً أو أسناناً أو أصدافاً وقواقع أو جذوعاً وأغصاناً وحبوب لقاح. انظر (الشكل - ٩) ترى بقايا أجزاء



الشكل (٨) حشرات محفوظة في الكهرمان

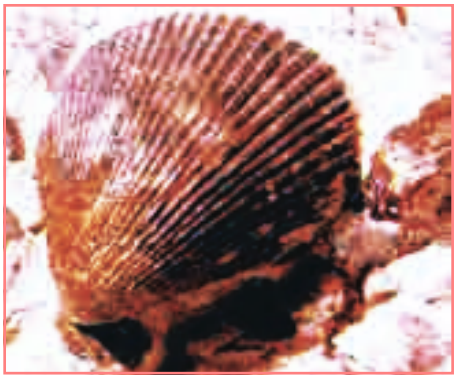
صلبة لأصداف محفوظة في حجرجيري مارلي كما هي محتفظة بتركيبها الأصلي دون تغير.

الشكل (٩) أحافير أصداف ثنائية المصاريع

٢- تصخر الأجزاء الصلبة الأصلية :

وفيها تتحول المادة الأصلية لهياكل الحيوان أو النبات إلى مادة حجرية أو معدنية مع بقاء الشكل الخارجي والتفاصيل الأخرى دون تغيير.

وتعد هذه الطريقة من أهم طرائق حفظ الأحافير وتتم بإحدى الطرائق الآتية :



الشكل (١٠) أحفورة مستبدلة من ذوات المصراعين

أ - الاستبدال أو الإحلال (Replacement)

يتم ذلك بأن تحل بعض المواد المعدنية الذائبة في المياه – التي تتخلل الصخور المحتوية على بقايا الكائنات كالسيليكا وأكاسيد الحديد وكربونات الكالسيوم وغيرها – إحلالاً كاملاً أو جزئياً محل المادة الصلبة الأصلية المكونة لهيكل الكائن الحي بحيث تحتفظ بشكلها وبجميع التفاصيل الدقيقة دون حدوث تغيير في شكل هيكل الكائن وحجمه. انظر الشكل (١٠) لأحفورة ذات مصراعين تغير التركيب الكيميائي للصدفة من الكالسيت إلى معدن الكوارتز مع بقاء شكل وحجم الصدفة كما هو .وإذا حل معدن ما محل المادة العضوية، كما هو الحال في الخشب، حيث تحل مادة السيلكا محل السليلوز، وتدعى هذه العملية تصخر الخشب (Petrification) كما في الشكل (١١).

الشكل (١١) أحفورة ساق شجرة متصخرة

ب - التشرب بالمعدن أو التمعدن (Permineralization) :

تحدث هذه العملية نتيجة ترسب بعض المعادن من المحاليل المتخللة للصخور

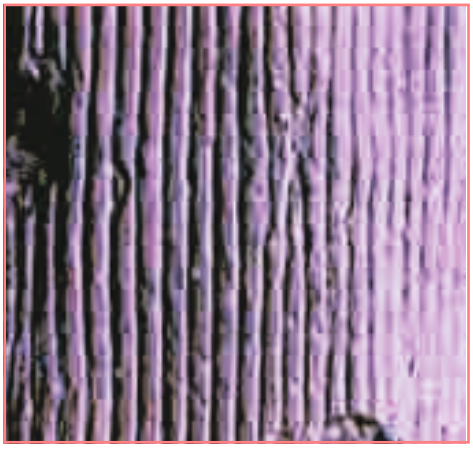
والمشبعة بها في الفراغات والتجاويف للأجزاء الصلبة لعظام الفقاريات، والإسفنجيات والمرجانيات.

ولا يتم هنا إحلال للأجزاء الصلبة. ويقال عندها أن الكائن قد تشرب بمحاليل أدت إلى ترسب مواد ذات تركيب مختلف عن تكوينه. انظر الشكل (١٢) ترى عظمة متحفرة بهذه الطريقة.

الشكل (١٢) أحفورة عظمة متمعدنة

جـ - التفحم (Carbonization) :

انظر الشكل (١٣) تلاحظ أنه بقايا نبات قديم يسمى سيجيلاريا، وهي متفحمة وجدت في الطفل الأسود الذي يعتبر من أحد الدلائل على أن البيئة كانت بيئة مستنقعات.



الشكل (١٣) أحفورة نبات سيجيلاريا متفحمة

وتتم هذه العملية عندما تدفن النباتات في رواسب طينية بعد موتها، وتتعرض إلى ضغط وحرارة عاليين، إضافة إلى عامل الزمن، فتبدأ عمليات التفحم بأن يتطاير الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين الموجودة في خلايا النباتات ويتبقى عنصر الكربون بشكل فحم يمثل الشكل بكل تفاصيله الأصلية التي يمكن أن تعطي فكرة واضحة عن نوعه.

٣- الآثار الأحفورية (Ichnofossils) :

هي آثار كائنات حية قديمة تمثل أنشطتها وطرق معيشتها، كآثار:

أ - سير الحيوانات (طبعات الأقدام): مثل طبعات أقدام الديناصور التي تظهر بالشكل (١٤) .

ب - آثار زحف أو حُفر، التي تحفرها

الشكل (١٤) آثار أقدام ديناصورات

الزواحف وبعض اللافقاريات على شكل قنوات أو ممرات في الرواسب الطرية، وتتملئ بالرواسب فيما بعد، وعندما تتصلد هذه الرواسب تحفظ آثار الزحف والحفر كنوع من أنواع الأحافير كما في (الشكل – ١٥).

الشكل (١٥) آثار زحف ديدان

جـ – إفرازات الحيوانات: تترك بعض الحيوانات برازها الذي يتصلد ويحفظ كنوع من أنواع الأحافير مثل براز الطيور الذي يتراكم أثناء هجرتها الجماعية عند تغيير الفصول السنوية، وكذلك مخلفات الديناصورات التي وجدت مرافقة لبقاياها المتحجرة.

٤ – القوالب والنماذج (Molds & Casts):

تتكون القوالب والنماذج عند دفن القواقع والأصداف أو العظام.

انظر (الشكل – ١٦) ولاحظ كيف يتكون القالب والنموذج. تلاحظ أنه إذا طمرت قوقعة في رسوبيات كما في (الشكل – أ) تتحلل مادتها الرخوة أولاً (الشكل – ب)، ثم تعرضت لاحقاً لتخلل المحاليل التي تعمل على إذابة الصدفة (الشكل – جـ)، فتتكون فجوه داخل الرسوبيات أو الصخرة تسمى قالباً (أحفورة القالب). وتلاحظ أن القالب أخذ الشكل الخارجي للقوقعة.

الشكل (١٦) القالب والنموذج

ويمكن أن تتكون القوالب أيضاً بأجزاء صلبة أخرى كعظام الفقاريات.

أما إذا امتلأ القالب فيما بعد برسوبيات طينية أو جيرية (الشكل – د)، أو ترسبت فيه معادن ناتجة من تخلل الصخرة بمحاليل مشبعة بعناصر تلزم لتكوين القالب، تنتج أحفورة تسمى نموذجاً تحمل جميع التفاصيل الداخلية للقوقعة.

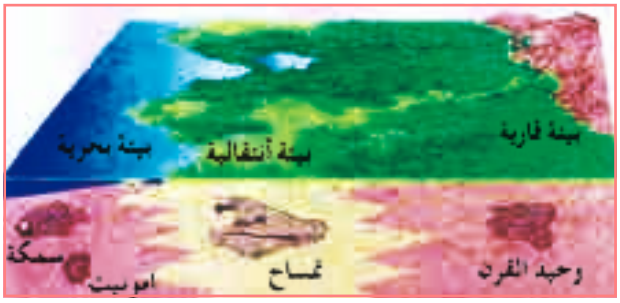
- فوائد الأحافير:

تظهر أهمية دراسة الأحافير في النتائج التي توصل اليها العلماء، وهي:

١- معرفة البيئات الرسوبية القديمة (Palaeoenvironment):

يقصد بها الأماكن التي عاشت فيها كائنات الأحافير. انظر الشكل (١٧) تلاحظ بيئات مختلفة لتكون أحافير عاشت في فترة زمنية واحدة.

أ - **بيئات بحرية:** تشتمل على البحار والمحيطات المختلفة الأعماق من مناطق عميقة متوسطة وضحلة وتتميز البيئات البحرية القديمة بأنواع معينة من الأحافير.



الشكل (١٧) بيئات مختلفة لتكون أحافير عاشت في الفترة الزمنية نفسها

فمثلاً الشعاب المرجانية تعيش في قيعان جيرية على عمق ضحل نسبياً، لذا فوجودها دليل على بيئة بحرية ضحلة وهكذا.

ب - **بيئات قارية:** تشتمل على مجاري الأنهار وضفافها والصحاري وحتى الجليديات القارية. وتتميز كل منها بأنواع خاصة من الكائنات، وبالتالي بأنواع معينة من الأحافير، وتسود النباتات معظم أنواع البيئات القارية.

جـ - **بيئات انتقالية:** تشتمل على دلتا الأنهار والمناطق الشاطئية، وتتميز بأنواع محددة من الحياة، وبالتالي بأنواع معينة من الأحافير.

٢ - معرفة البيئات الحياتية القديمة (Palaeoeclogy): يقصد بها الظروف الحياتية القديمة التي كانت تحيط بالكائن الحي من درجة حرارة وضغط وملوحة وغذاء وغيرها. ولكل كائن ظروف مناسبة له.

فمثلاً الجلدشوكيات التي تعيش حالياً على الشواطئ الضحلة تحت ظروف حياتية معينة كدرجة الحرارة والضغط والملوحة والغذاء، إذ عثر على أحافيرها في صخور العصر الكرتياسي، فذلك يدل على أنها قد عاشت في ذلك العصر وفي بيئات بحرية ضحلة تماثل الظروف الحياتية السابقة الذكر.

٣- الجغرافيا القديمة (Palaeogeography):

نظراً لأن الكائنات تنتشر في بيئات معينة، ذات شروط تناسب ظروفها المعيشية، فإن أحافير هذه الكائنات ترشدنا إلى معرفة حدود اليابسة والمحيطات القديمة وفي تحديد هذه العلاقة في مختلف العصور القديمة.

٤- المناخ القديم (Palaeoclimate) :

من الشروط البيئية التي تتكيف بها الكائنات الحية الشروط المناخية. فوجود أحافير معينة تؤخذ دليلاً على المناخ السائد في العصر الذي كانت تعيش فيه.

فأحافير المرجان والنخيل وغيرها التي عثر عليها في صخور العصر الجوارسي تدل على المناخ الدافئ، وهناك أحافير حيوانية ونباتية أخرى عثر عليها في صخور العصر البرمي مثلاً تدل على المناخ البارد. أي إن الأحافير تدل على تغير الأحوال المناخية في العصور المختلفة.

٥- دراسة التطورات التي مرت بها الحياة على الأرض وفهمها .

٦- تحديد العمر النسبي للطبقات ومضاهاتها

(Age Determination & Correlation)

لكل كائن حي فترة زمنية عاشها، وإذا حفظت بقاياه بعد موته على شكل أحفورة فإنها تكون دليلاً مرشداً على الفترة الزمنية أو العصر الذي عاش فيه.

لذا تساعد الأحافير في تحديد أعمار الصخور التي تحويها وتعيين موضعها الصحيح في السجل الزمني، كما تفيد أيضاً في مقارنة الصخور ذات العمر الواحد محلياً وإقليمياً حتى وإن اختلفت الصخور في تركيبها. وقياساً على ذلك فإن تشابه الأحافير المتزامنة في الطبقات يساعد على تنسيب الصخور ومقارنتها ببعضها إقليمياً (في أماكن متباعدة) حتى وإن اختلفت الصخور في تركيبها.

- السجل الجيولوجي :

ما المقصود بالسجل الجيولوجي؟

السجل الجيولوجي هو سجل ينظم طبقات الصخور والأحداث والأحافير، حسب ترتيب موضعها الأصلي خلال التاريخ الجيولوجي.

وأول ما تضافرت عليه الجهود للتعرف على تتابع التاريخ الجيولوجي للأرض هو تنظيم علاقات الطبقات بعضها ببعض وترتيب الأحداث الجيولوجية بشكل نسبي، أي نسبة إلى بعضها البعض ، أيها أقدم وأيها أحدث، وربط هذه بتلك، لكن بعد اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي، قيست أعمار الصخور وحددت تحديداً مطلقاً، أي بعدد السنين.

أولاً : مبادئ التاريخ النسبي للصخور :

يعتمد التاريخ النسبي على عدة مبادئ في تاريخ الأحداث الجيولوجية،

فبواسطته يتم ترتيب الطبقات ترتيباً زمنياً من الأقدم إلى الأحدث، أي إنه يخبرنا أن شيئاً ما سبق حدثاً ما وتلاه حدث آخر، لكنه لا يعطينا عمراً محدداً لحدث ما.

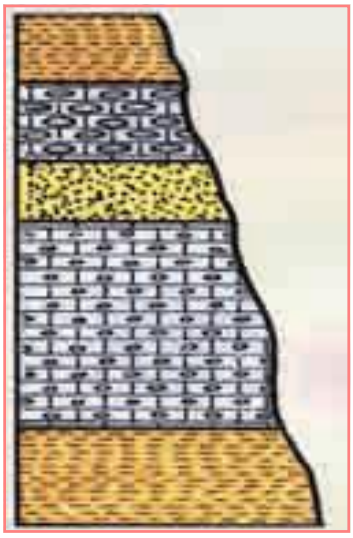
وهناك مجموعة من المبادئ اعتبرت أسساً للتاريخ النسبي هي:

١- مبدأ أو قانون تعاقب الطبقات: (Law of Superposition).

وضع العالم الإيطالي «ستينو» القانون الأول في علم الطبقات وينص على أنه:

في أي تتابع لطبقات الصخور الرسوبية تكون كل طبقة أحدث من الطبقة التي تقع أسفلها، وأقدم من الطبقة التي تعلوها، وبالتالي فإن الطبقات الأقدم تكون في الأسفل والطبقات الأحدث في الأعلى – ما لم تتعرض لقوى تؤدي إلى تغيير نظام تعاقبها الأصلي كالقلب أو الطي أو التصدع. انظر الشكل (١٨)، ثم اذكر اسم الطبقة الأقدم في هذا التتابع؟ والطبقة الأحدث؟

رتب الطبقات من الأقدم إلى الأحدث بإعطائها أرقاماً؟



الشكل (١٨) تعاقب طبقات

٢ - مبدأ تعاقب الحياة (تعاقب المجاميع الحيوانية والنباتية):

(Law of Faunal and Floral Succession)

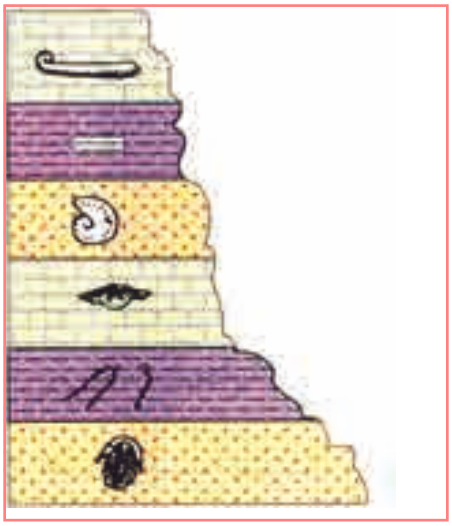
يمكن الاستدلال على تعاقب الحياة من خلال الأحافير الموجودة في الطبقات؛ حيث تستعمل الأحافير للاستدلال على العمر الجيولوجي للصخر الذي وجدت فيه، ولأغراض المضاهاة (المقارنة) بين الطبقات. لكن على ماذا يعتمد ذلك؟

يعتمد ذلك على ظاهرة تغير أنواع الحياة وتطورها عبر الزمن، فكل طبقة تتميز بظهور حياة بكائنات جديدة لم تكن موجودة في الطبقات الأقدم، واختفاء حياة كائنات لأنواع كانت موجودة في الطبقات الأقدم.

وقد عبر عن هذه الحقيقة العالم البريطاني وليم سميث في قانون تعاقب الحياة أو قانون الترابط الأحفوري على النحو الآتي:

كل طبقة أو مجموعة من طبقات الصخور الرسوبية تحتوي على أحافير محددة تختلف عن تلك الموجودة في الطبقات الأقدم والأحدث منها، كما في الشكل (١٩).

وعلى هذا الأساس يمكن التعرف على زمن تكوين الطبقة أو عمرها من دراسة أنواع الأحافير فيها، كما يمكن التعرف على ترتيبها بين الطبقات الأخرى.



الشكل (١٩) تتابع أحفوري

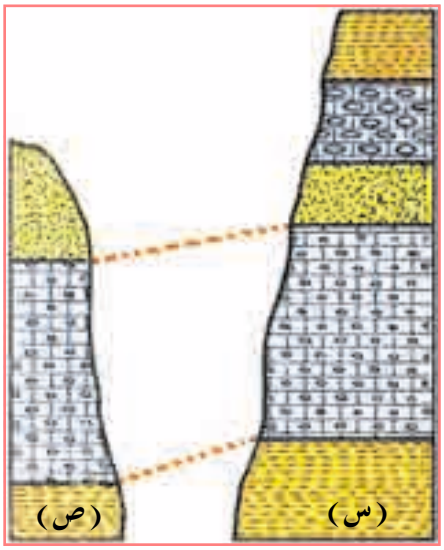
٣- المضاهاة بين الطبقات (Correlation)

ما المقصود بالمضاهاة ؟ وما أنواعها؟

المضاهاة: هي مطابقة أو مقارنة الطبقات الصخرية في أماكن مختلفة على سطح الأرض عبر مسافات جغرافية قريبة أو بعيدة، وهناك نوعان من المضاهاة هما:

أ – المضاهاة الصخرية (Lithocorrelation)

هي عملية مضاهاة أو مطابقة بين الطبقات في أماكن مختلفة لتحديد أعمارها النسبية بالاعتماد على التشابه الصخري من حيث التركيب المعدني والخصائص الفيزيائية كالنسيج واللون والتراكيب الداخلية لهذه الطبقات، ولإجراء عمليات المضاهاة الصخرية يمكن اتباع الخطوات الآتية:



الشكل (٢٠) المضاهاة الصخرية

١- دراسة الخواص والمميزات الحجرية لكل طبقة من طبقات قطاع ما وليكن (س) كما يظهر بالشكل (٢٠).

٢- تعيين العمر الزمني للطبقات الحجرية في القطاع (س) بتطبيق قانون تعاقب الطبقات، أي بتسجيل ترتيب الطبقات على حسب تتابعها في القطاع من الأقدم إلى الأحدث.

٣- تعيين الطبقات الحجرية المشابهة للطبقات السابقة في قطاع آخر (ص).

٤- ربط الطبقات المتشابهة بعضها ببعض وتحديد الأعمار النسبية والتعاقب الزمني لطبقات القطاع (ص) كما يلاحظ في (الشكل – ٢٠).

ولكن هل طريقة المضاهاة الصخرية تؤدي دائماً إلى نتائج صحيحة؟

لقد اتضح للعلماء أن فاعلية هذه الطريقة تكون جيدة عند استعمالها في المضاهاة والمقارنة بين قطاعات قريبة من بعضها البعض، أما في حالة استعمالها في المناطق المتباعدة فقد لا تؤدي إلى نتائج صحيحة، لأن الترسبات غالباً ما تكون مختلفة.

ولهذا فإنه يلزم الاعتماد على نوع آخر من المضاهاة، وهي المضاهاة الزمنية بواسطة الأحافير (المضاهاة الأحفورية).

ب – المضاهاة الأحفورية (Biocorrelation)

هي عملية مضاهاة أو توافق بين الطبقات في أماكن مختلفة لتحديد أعمارها النسبية بالاعتماد على الأحافير التي تحتويها هذه الطبقات، فكل طبقة أو مجموعة من الطبقات تتميز بأنواع معينة من الأحافير تفيد في التعرف على عمرها وترتيبها بين الطبقات الأخرى. وذلك لأن كل فترة زمنية من التاريخ الجيولوجي تميزت بانتشار أنواع معينة من الكائنات الحية، وبقايا هذه الكائنات أو آثارها في الصخور تدلنا على فترة زمنية واحدة تكونت في أثنائها تلك الصخور كما عرفنا في مبدأ تعاقب الحياة.

الشكل (٢١) المضاهاة الأحفورية بين مقطعين المسافة بينهما بعيدة

فإذا وجدت هذه الأحافير في طبقات صخرية في منطقتين متباعدتين، فهذا يدلنا على أن هذه الطبقات تكونت في أثناء فترة زمنية واحدة، رغم وجود اختلافات شديدة في صفات الصخور الفيزيائية وتركيبها المعدني المكونة لهذه الطبقات كما تلاحظ بالشكل (٢١).

لكن هل تعدُ الأحافير كلها مفيدة لإتمام عملية المضاهاة بين الطبقات في الأماكن المتباعدة؟ لقد اتضح من الدراسات أن ثمة أنواعاً من الأحافير يمكن الاعتماد عليها أكثر من غيرها في عملية المضاهاة، وتعرف بالأحافير المرشدة أو الدليلة (Index Fossils).

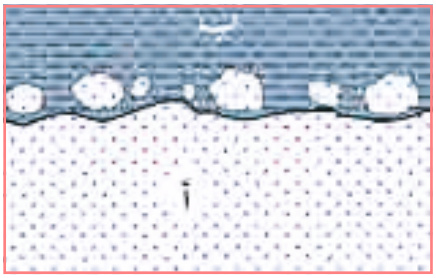
فما هي الأحفورة المرشدة ؟

الأحفورة المرشدة هي ذات الأمد الزمني القصير (أي ذات العمر الجيولوجي القصير) وبذلك يسهل تحديد الزمن بدقة، وذات الانتشار الجغرافي الواسع، أي إنها كانت واسعة الانتشار جغرافياً وبذلك تسهل عمليات الترابط بين مناطق أو قارات متباعدة. ومن الأمثلة عليها في الشكل (٢٢): أحفورة الترايلوبيت من نوع متعددة القطع التي ترشدنا إلى عصر الكمبري، وأحفورة جرابتوليت التي ترشدنا إلى العصرين الأوردوفيشي والسيلوري من الحقبة القديمة، وأحفورة الأمونيت التي ترشدنا إلى الحقبة المتوسطة.

الشكل (٢٢)

٤- مبدأ الاحتواء :

الجسم الصخري الذي يحتوي على قطع من جسم آخر يعتبر أحدث من الجسم الذي أخذت منه هذه القطع، والشكل (٢٢) يعطينا مثالاً على ذلك فالصخر (ب) أحدث من الصخر (أ)، لأن جزءاً من (أ) محتوى داخل (ب).



الشكل (٢٣) جسم صخري يحتوي قطع من جسم آخر

٥- مبدأ القاطع والمقطوع:

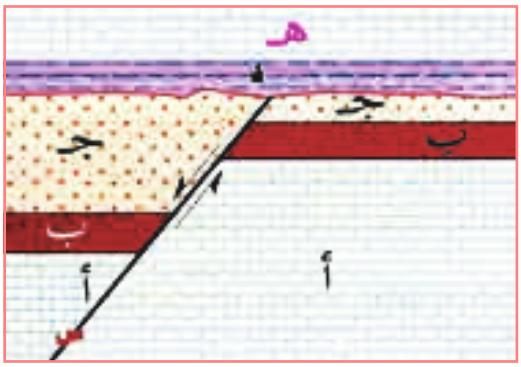
(القاطع أحدث من المقطوع)

إن الجسم الصخري الناري أو المعلم الجيولوجي، مثل القاطع أو الصدع الذي يقطع جسماً أو معلماً آخر، هو أحدث من المقطوع وأقدم من الذي لا يقطعه. انظر الشكل (٢٣) تلاحظ أن الصخر (جـ) اندفع خلال الصخر (ب) وكلاهما قطع الصخر (أ).

الشكل (٢٤) القاطع أحدث من المقطوع

ما أقدم الصخور هنا؟ ماذا يسمى الصخر (جـ)؟

وفي الشكل (٢٥) تلاحظ تعاقباً صخرياً (أ ، ب ، جـ) تعرض لحركات تكتونية أدت إلى قطعه بالصدع (س)، ثم تعرض التعاقب لعملية التعرية، ومن ثم ترسبت الطبقات (د، هـ) في وضع أفقي فوقه.



الشكل (٢٥) القاطع أحدث من المقطوع

- رتب الأحداث الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث؟

النشاط (٢)

- نفذ النشاط الخاص باستخدام مبادئ التاريخ النسبي في قراءة التاريخ الجيولوجي لمنطقة ما في كتاب الأنشطة.

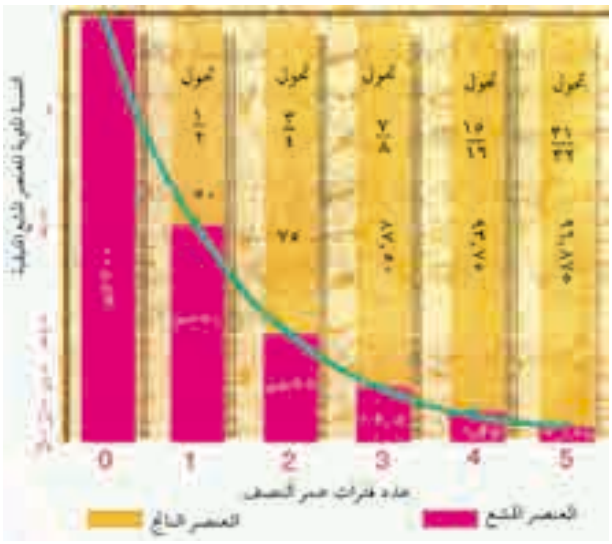
ثانياً- التاريخ المطلق للصخور بواسطة النشاط الإشعاعي:

يستخدم النشاط الإشعاعي في إعطاء أعمار محددة للمعادن والصخور، وهو ما يشار إليه بالأعمار المطلقة (Absolute Ages) فقد لاحظ العالم هنري بكرل في العام ١٨٩٦م، أن بعض المعادن في الصخور تحتوي على عناصر ذات نشاط إشعاعي (Radioactivity) فما هو النشاط الإشعاعي؟ وكيف يمكن حساب أعمار الصخور؟

النشاط الإشعاعي هو انحلال تلقائي لنواة العنصر الكيميائي عن طريق انبعاث

الطاقة وجسيمات(الفا، بتيا، جاما)، الأمر الذي يؤدي إلى نقص في الكتلة، فتتحول النواة إلى نواة عنصر آخر أكثر استقراراً، ويكون معدل هذا الانحلال ثابتاً لا يتغير، ولا يتأثر بالظروف الفيزيائية والكيميائية للبيئة المحيطة بنواة العنصر المشع، وهذا ما يجعل هذه الظاهرة على قدر من الأهمية لاستعمالها في تطبيقات تحديد أعمار المعادن والصخور. وقد وجد أن الزمن الذي يستغرقه انحلال نصف ذرات العنصر المشع ثابت، ويسمى عمر النصف (Half - Life) (أو نصف الحياة).

فمثلاً عمر النصف للراديوم ٢٢٤ هو ١٦٢٠سنة تقريباً. فإذا وجد جرام واحد من الراديوم في عينة صخر، يبقى منه نصف جرام بعد ١٦٢٠سنة، وربع جرام بعد ١٦٢٠سنة أخرى، وثُمن جرام بعد ١٦٢٠سنة... إلخ.



الشكل (٢٦) منحنى الانحلال الإشعاعي لخمس فترات من عمر النصف

انظر الشكل (٢٦) الذي يوضح طبيعة معدل الانحلال الإشعاعي بيانياً، تلاحظ أن الانحلال لا يكون خطياً بل رأسياً، ويلاحظ تناقص كمية العنصر المشع في كل فترة عمر النصف إلى نصف كميته السابقة. (١ ، $\frac{١}{٢}$ ، $\frac{١}{٤}$ ، $\frac{١}{٨}$ ، $\frac{١}{١٦}$ ، $\frac{١}{٣٢}$) فإذا كانت (م) عدد ذرات العنصر المشع الأصلية و(مَ) عدد ذرات العنصر المشع المتبقية بعدد (ن) من فترات عمر النصف، فإن عملية الانحلال الإشعاعي يعبر عنها رياضياً على النحو الآتي:

مَ = م × $(\frac{١}{٢})^{ن}$، بمعنى أنه بعد انقضاء عمر النصف الأول يتحلل نصف النظير المشع، وبعد فترة عمر النصف الثاني يكون نصف الباقي، أي ربع النظير المشع قدتبقى، أما بعد أربع فترات عمر النصف يكون قد تبقى $(\frac{١}{٢})^{٤} = \frac{١}{١٦}$ من النظير المشع أي ($\frac{١٥}{١٦}$) منه قد تحول إلى النظير المستقر.

- الساعات النووية:

يطلق على العناصر المشعة التي تستعمل لقياس أعمار الصخور اسم الساعات النووية، وقد أمكن استخدامها في تحديد العمر المطلق للصخور بجميع أنواعها بشكل دقيق للغاية، وذلك في حالة تحقيق شرطين هامين هما:

١- أن يتم الانحلال بمعدل ثابت.

٢- أن لا تفقد ولا تكسب العناصر ذات النشاط الإشعاعي نواتج الانحلال الأخرى، ويمكن قياس زمن معدن للتعرف على عمره بإجراء الآتي:

١- تحليل كيميائي لعينة من المعدن لتعيين كمية كل من النظير المشع والعنصر الناتج من الانحلال، مثل تعيين كميتي اليورانيوم والرصاص.

٢- تعيين الكمية النسبية لكل من النظائر الثابتة، اذا كان هناك أكثر من نظير واحد.

ويبين الجدول (١) عمر النصف لبعض النظائر المشعة التي يعتمد عليها في تحديد العمر المطلق للصخور وبعض المواد الجيولوجية.

جدول (١) النظائر المشعة لبعض العناصر المستخدمة في تاريخ الصخور

العنصر المشع الأصلي	العنصر الثابت الناتج من الانحلال الإشعاعي	عمر النصف
اليورانيوم $^{238}_{92}U$	رصاص $^{206}_{82}Pb$	٤٤٦٧ مليون سنة
اليورانيوم $^{235}_{92}U$	رصاص $^{207}_{82}Pb$	٧٠٤ مليون سنة
البوتاسيوم $^{40}_{19}K$	آرجون $^{40}_{18}Ar$	١١٩٣ مليون سنة
الروبيديوم $^{87}_{37}Rb$	سترونشيوم $^{87}_{38}Sr$	٤٨٨٠٠ مليون سنة
الكربون $^{14}_{6}C$	نتروجين $^{14}_{7}N$	٥٧٣٠ سنة

مثال محلول:

عند فحص عينة صخرية وجد أن كمية اليورانيوم ٢٣٥ تعادل ٣,١٢٥جم وكمية الرصاص ٢٠٧ تعادل ٩٦,٨٧٥جم، مع العلم بأن نصف العمر لليورانيوم ٢٣٥ يساوي ٧٠٤ مليون سنة احسب كم عمر الصخر؟

الحل: بجمع كمية العنصر المشع (اليورانيوم)، والعنصر المستقر (الرصاص) تحصل على كمية تعادل ١٠٠جم ثم بمرور الزمن وبعد نصف العمر الأول تتحلل نصف عدد ذرات العنصر المشع وبعد نصف العمر الثاني يكون نصف الباقي أي يتبقى ربع النظير المشع وهكذا وبعد نصف العمر الخامس يتبقى (٣,١٢٥ جم) من العنصر المشع وبحساب الكمية نجد أن دورات نصف العمر عددها خمس دورات فيكون عمر الصخر= ٧٠٤ X ٥ =٣٥٢٠ مليون سنة.

- استعمال النشاط الإشعاعي في الصخور:

أ - أسهل الصخور استعمالاً في التاريخ الإشعاعي هي الصخور النارية التي تشكلت فيها كل البلورات المعدنية بالتبلور من الماجما في الوقت نفسه تقريباً. وإن التاريخ الإشعاعي الذي يسجله القياس الإشعاعي هو التاريخ البلوري لبدء نشأة الصخر ، حيث تبدأ الساعات النووية (الإشعاعية) بالعد بعد حدوث التبلور.

ب - أما في الصخور المتحولة التي يحدث فيها تبلور جديد للمعادن بسبب عوامل التحول من حرارة وضغط، فإن التاريخ الإشعاعي يؤرخ لعملية التحول وليس لعملية (نشأة الصخر الناري) التي قد أوقفت وبدأت من جديد بالعد؛ حيث إنه عندما يتعرض الصخر للحرارة العالية يصبح غير مغلق إزاء كسب أو فقد كل من العنصر المشع والعنصر المستقر، فقد يهرب (يفقد) العنصر المستقر الناتج من التحلل من المعدن الأصيل، أو قد يدخله إليه (يكتسبه)، وكذلك قد يحدث هذا بالنسبة للعنصر المشع. لهذا تبدأ الساعة الإشعاعية بالعد من جديد لتؤرخ لحادثة التحول.

ومن الأمثلة على الانحلال الإشعاعي الذي يعاد تسجيله بدءاً من عملية التحول لاالنشأة للصخر قبل التحول، انحلال البوتاسيوم إلى أرجون؛ حيث يخرج الأرجون من الصخر لأنه غاز عند درجة حرارة أقل كثيراً من درجة الحرارة التي تبلور المعدن عليها عند نشأته.

جـ - أما بالنسبة لاستعمال التاريخ الإشعاعي في الصخور الرسوبية فإنه يصعب استعمال هذا التاريخ اذا كانت صخور فتاتية، لأن حبيبات معادنها كانت في الأصل تتبع الصخور الأصلية، وقد جرى عليها عملية حث وتعرية وترسيب،

وهذا لا يوقف عمل الساعات الإشعاعية، ولكن قد يؤثر في نسبة العنصر المستقر الناتج إلى العنصر المشع، لذلك فإن تقدير عمر هذه الحبيبات المعدنية يعطى عمراً أقرب إلى عمر الصخر الأصلي الذي أخذ منه المعدن.

أما إذا كانت الصخور غير فتاتية (كيميائية) فإن التاريخ الإشعاعي يستخدم في تقدير بعض الرسوبيات مثل البوتاسيوم أو صخور كربونات الكالسيوم مثل: الحجر الجيري والشعاب المرجانية والأصداف البحرية باستخدام طريقة الكربون (١٤)، ولكن يجب أن لا يزيد عمر الصخور المراد تعيين أعمارها بهذه الطريقة عن (٦٠) ألف سنة، وذلك لصغر نصف العمر للكربون المشع إذ يبلغ حوالي (٦٠) ألف سنة. وخلاصة القول إن الساعات الإشعاعية بما فيها الكربون المشع قد أعطت تقويماً زمنياً مطلقاً لأعمار الصخور والمواد المختلفة، ودلت على أن عمر الأرض يزيد عن (٤٦٠٠ مليون سنة)، كما ساعدت على تحديد عمر كل من أقسام السجل الجيولوجي.

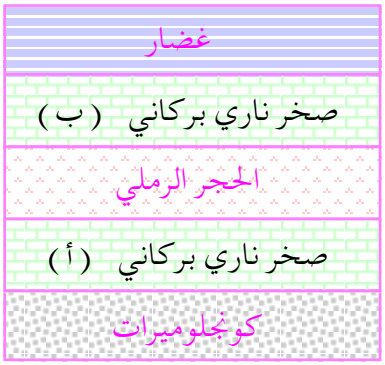
راجع الجدول (٢) الذي يبين السجل الجيولوجي وسلمه الزمني.

- إعطاء الأعمار النسبية أعماراً مطلقة:

كيف استخدمت النظائر المشعة لتقدير أعمار مطلقة للصخور ومن ثم تحديد عمر كل قسم من أقسام السجل الجيولوجي؟

لإعطاء فكرة عن الأسلوب الذي اتبع نورد المثالين التاليين:

١- في الشكل (٢٧) وجد أن عمر الصخر البركاني (أ) يساوي (٧٠) مليون سنة، والصخر البركاني (ب) (٦٠) مليون سنة.



الشكل (٢٧) تعاقب من الصخور الرسوبية والبركانية.

من هذا يمكننا أن نعرف بأن صخر الكونجلوميرات عمره أقدم من (٧٠) مليون سنة، والطفل أحدث من (٦٠) مليون سنة، لأنه يقع فوق الصخر (ب) والذي عمره (٦٠) مليون سنة، في حين ينحصر عمر الحجر الرملي بين (٦٠) و (٧٠) مليون سنة لأنه يقع بين الصخرين أ ، ب.

- التقسيم الحديث للسجل الجيولوجي :

لقد اعتمد العلماء أسساً محددة في تقسيم السلم الزمني للسجل الجيولوجي متمثلة بالأحداث الجيولوجية التي كان لها تأثير شامل وواسع في القشرة الأرضية، مثل ظهور أنواع من الكائنات الحية، وانقراض أنواع معينة منها لعدم قدرتها على التكيف مع الظروف البيئية المستجدة، وكذلك طغيان البحر على القارات وما ينتج عنه من ترسيب للصخور وحفظ الأحافير، وانحسار البحر عن اليابسة وما ينتج عنه من تعرية الصخور وإزالة جزء من الرواسب وإعادة ترسيبها.

ويعد العصر الكمبري المفتاح في ترتيب السلم الزمني للسجل الجيولوجي، إذ يفصل بين الزمن الجيولوجي الذي كانت فيه الحياة بدائية تفتقر إلى الهياكل الصلبة، والزمن الجيولوجي الذي ظهرت فيه كائنات ذات هياكل صلبة أعطت أحافير كان لاكتشافها أول أثر مهم في التاريخ الجيولوجي. وعلى أساس هذا التغير الكبير في قصة الحياة قبل الكمبري وبعده قسم السجل الجيولوجي إلى قسمين كبيرين، سمي كل منهما دهراً أو أبداً (Eon) وهما:

١- دهر الحياة المعروفة (Phanerozoic Eon) (ما بعد الكمبري)، وهو يشمل التاريخ الجيولوجي بدءاً بالعصر الكمبري. وأمده الزمني حوالي (٦٠٠) مليون سنة حسب القياسات النووية.

٢- دهر الحياة الخفية: (Cryptozoic Eon) وهو يشمل التاريخ الجيولوجي ما قبل الكمبري. وأمده الزمني أكثر من ٤٠٠٠ مليون سنة، حسب القياسات النووية.

ومن ثم قسم دهر الحياة المعروفة، إلى أقسام زمنية أصغر سمي الواحد منها حقبة (Era)، والحقبة إلى أقسام زمنية أصغر، سمي الواحد منها عصراً (Period) .

والعصر إلى أقسام زمنية أصغر، سمي الواحدمنها حيناً (Epoch) .

وقسم الحين إلى أقسام زمنية أصغر، سمي الواحد منها أواناً أو عمراً (Age). انظر الجدول (٢) الذي يوضح أقسام السجل الجيولوجي وسلمه الزمني وأجب عن الآتي:

- إلى كم حقبة قُسِّم دهر الحياة المعروفة ؟ سمها ؟ وما أمد كل حقبة؟
- إلى كم عصراً قسمت حقبة الحياة القديمة ؟ سمها ؟
- إلى كم عصراً قسمت حقبة الحياة المتوسطة ؟ سمها ؟
- إلى كم عصراً قسمت حقبة الحياة الحديثة ؟ سمها ؟
- إلى كم حيناً قسم عصر الثلاثي؟ وماهي ؟
- إلى كم حقبة قسم دهر الحياة الخفية أو ما قبل الكمبري؟ وكم أمده من تاريخ الأرض؟

جدول (٢) أقسام السجل الجيولوجي وسلمه الزمني وأهم أنواع الحياة

دهر (Eon)	حقبة (Era)	عصر (Period)	حين (Epoch)	أهم أنواع الحياة	السلم الزمني (مليون سنة)
دهر الحياة المعروفة أو ما بعد الكمبري (Phanerozoic Eon)	حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic Era)	الرباعي (Quaternary)	الحديث (Recent)	عصر الإنسان	٢
			بليستوسين (Pleistocene)		
		الثلاثي (Tertiary)	البليوسين (Pliocene)	عصر الماموث	٧
			الميوسين (Miocene)	عصر الحيوانات العصرية	٢٦
			اليجوسين (Oligocene)	عصر آكلات العشب ومنها الجمل	٣٧
			ايوسين (Eocene)	عصر الفيله الأولى	٥٧
			باليوسين (Paleocene)	عصر الخيول الأولى	٦٥
	حقبة الحياة المتوسطة (Mesozoic Era)	الكريتاسي (Cretaceous)		عصر الديناصور الأخير	١٤٤
		الجوارسي (Jurassic)		عصر الديناصور المتوسط	٢٠٨
		الترياسي (Triassic)		عصر الديناصور الأول	٢٤٥
	حقبة الحياة القديمة (Paleozoic Era)	البرمي (Permian)		عصر الزواحف الأولية	٢٨٦
		الكربوني (Carboni Ferous)		عصر البرمائيات والمستنقعات	٣٦٠
		الديفوني (Devonian)		عصر الأسماك	٤٠٨
		السيلوري (Silurian)		عصر العقارب المائية ونباتات اليابسة	٤٣٨
		الأردوفيشي (Ordovician)		عصر الرخويات العملاقة	٥٠٥
		الكمبري (Cambrian)		عصر ثلاثية الفصوص	٥٧٠
دهر الحياة الخفية (Cryptozoic Eon)	الحقبة البدائية (Proterozoic)				٢٥٠٠
	الحقبة السحيقة (Archeozoic)				٤٦٠٠

السلم الزمني للسجل الجيولوجي:

استغرق وضع السجل الجيولوجي بشكله الحديث حوالي قرنين من مجهود الجيولوجيين والعلماء بصورة عامة. وكان اعتمادهم في المرحلة الأولى على تحديد التاريخ النسبي للطبقات، ومن ثم تمكنوا من ترتيب السلم الزمني للسجل الجيولوجي(Geologic Time Scale)، وباستخدام الساعات النووية في تحديد التاريخ المطلق للصخور والأحداث الجيولوجية على الكرة الأرضية. وبذلك استطاع العلماء أن ينسبوا أي حدث إلى فترته الزمنية؛ بحيث حدد عمر كل دهر وحقبة وعصر وكل حدث جيولوجي بوحدات الزمن المطلق بدلالة ملايين السنين.

نبذة عن تاريخ الأرض

١- دهر ما قبل الكمبري (دهر الحياة الخفية Cryptozoic Eon):

بدأ هذا الدهر منذ نشأة الأرض، أي قبل حوالى (٤٦٠٠) مليون سنة، وانتهى بداية عصر الكمبري قبل (٥٧٠) مليون سنة، وهو أطول الدهور الجيولوجية، ودلائل الحياة فيه غير واضحة ونادرة بسبب قلة الأحافير التي عثر عليها. ويعتقد العلماء بأن الحياة بدأت في البحار قبل حوالي (٣٥٠٠) مليون سنة، وكانت الكائنات الحية بدائية النوى وهي بكتيريا خضراء مزرقة، ومنذ (١٥٠٠) مليون سنة ظهرت الكائنات حقيقية النوى وهي طحالب خضراء بسيطة كانت تقوم بعملية البناء الضوئي فأدى ذلك إلى زيادة نسبة O_2 في الغلاف الجوي. وفي أواخر هذا الدهر قبل حوالى (٧٠٠) مليون سنة ظهرت كائنات حية متعددة الخلايا، لكنها تفتقر إلى هيكل صلب مثل الفطريات والديدان البسيطة، ومن المناطق التي عثر فيها على هذه الأحافير على هيئة طبقات وتفحمات استراليا.

أما الصخور التي تكونت في هذا الدهر فأغلبها نارية ومتحولة، وقليل من الصخور الرسوبية، وتشكل أقدم المناطق في القارات وتسمى الدروع، ومن الأمثلة على هذه الدروع: الدرع العربي.

٢- حقبة الحياة القديمة (Paleozoic Eon) :

استمرت هذه الحقبة من حوالي (٥٧٠) مليون سنة إلى (٢٤٥) مليون سنة، أي نحو (٣٢٥ مليون سنة). وتتميز بوفرة الأحافير في صخورها، ويرجع ذلك إلى ظهور

كائنات حية ذات هياكل صلبة أو تفرز مواداً صلبة كالأصداف والترايلوبيت، ومن ثم ظهرت الهياكل العظمية.

تميزت هذه الحقبة بانتشار واسع للكائنات اللافقارية. انظر (الشكل – ٢٨) فظهرت طائفة المرجان الذي استمر انتشاره من الأردوفيشي إلى البرمي بنوعيه الأنبوبي والرباعي، كذلك المفصليات وأشهرها الترايلوبيت والتي تعد من الأحافير المرشدة للعصر الكمبري. انظر الشكل (٢٩) الذي يوضح صورة لأحفورة ترايلوبيت، وقد ظهرت هذه الأحافير في بداية الحقبة وانقرضت في نهايتها (في البرمي).

الشكل (٢٨) بعض أنواع اللافقاريات والقدميات ذات الصدفة المستقيمة والترايلوبيت والمسرجيات والقواقع والمرجان

الشكل (٢٩) أحفورة ترابلوبيت

ثم ظهرت الرخويات، وهي حيوانات محمية بصدفه خارجية، فأول ما ظهرت المسرجيات في نهاية العصر الأردوفيشي، أما البطنقدميات (القواقع)، فقد ظهرت في بداية عصر الكمبري. إلا أن تنوع هذه الكائنات وانتشارها كان محدوداً جداً في هذه الحقبة، مقارنة بالحقب اللاحقة.

كما ظهرت أيضاً الجلدشوكيات (Echinodermata) في العصر الكمبري الأسفل، وانتشرت بشكل واسع جداً في العصر الكريتاسي، وما زالت تعيش إلى اليوم.

أما طائفة الراسقدميات، فقد تميزت بظهور أحافير النوتيلس التي لا تزال أنواع منها تعيش حتى الآن.

- **الحياة الفقارية:**

ظهرت في هذه الحقبة عدد من الفقاريات البدائية، وأهمها الأسماك، وأول ما ظهر منها أسماك عديمة الفكوك التي وجدت أحافيرها في صخورالعصر الأردوفيشي وانقرضت

في الديفوني وعرفت أحافيرها باسم الأستراكوديرم كما في (الشكل –٣٠) .

وفي بداية العصر الديفوني ظهرت وازدهرت الأسماك ذات الفكوك والزعانف المزدوجة (البلاكوديرم)، (الشكل –٣١) وهي ذات حجوم صغيرة تعيش في المياة العذبة .

أما الأسماك الغضروفية التي ميزت أحافير العصر الكربوني والبرمي، فقد تحفرت أسنانها كما في الشكل (٣٢) .

وفي أواخر هذه الحقبة ظهرت البرمائيات، أما الزواحف فظهرت في نهاية هذه الحقبة في أواخر العصر الكربوني وبداية البرمي .

- **الحياة النباتية :**

في بداية الحقبة اقتصرت الحياة النباتية على الأعشاب البحرية وخاصة الطحالب ذات الهياكل الكلسية مما ساعد على الاحتفاظ بها كأحافير ، وفي العصر الديفوني بدأ ظهور السرخسيات (نباتات لازهرية) وانتشرت في العصر الكربوني في بيئة المستنقعات وكونت غابات كثيفة من الأشجار الضخمة . انظر (الشكل –٣٣) والتي نتج عن تراكمها ودفنها الفحم الحجري .

الشكل (٣٠) أحفورة سمكة الاستراكوديرم

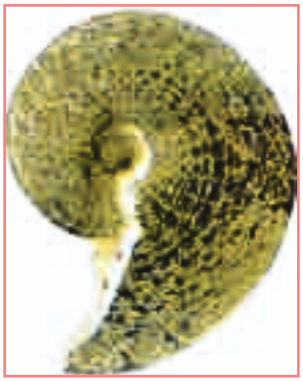
الشكل (٣١) سمكة بلاكوديرم الصخرية

الشكل (٣٢) أحافير أسنان أسماك غضرفية

الشكل (٣٣) نباتات لازهرية (وعائية)

٣- حقبة الحياة المتوسطة (Mesozoic Era):

استمرت هذه الحقبة حوالى (١٨٠مليون سنة) وقسمت إلى ثلاثة عصور رئيسة، وتميزت بالكائنات الحية الأكثر رقياً، والأكثر تنوعاً، فظهرت أنواع جديدة من الرأسقدميات (الأمونيتات) – (والشكل – ٣٤) يوضح أحفورة أمونيت– وقد انقرضت في نهاية الكريتاسي (الطباشيري) وتعتبر من الأحافير المرشدة.

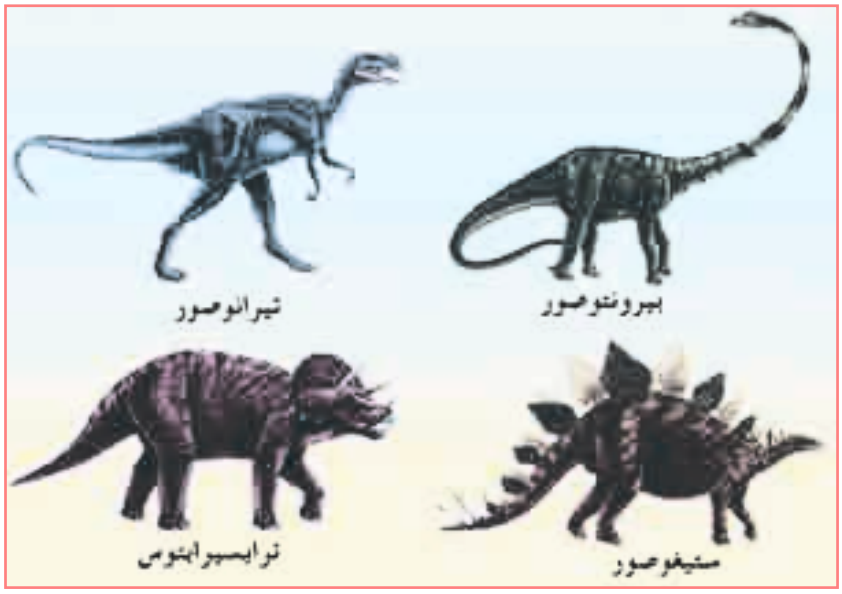


الشكل (٣٤) أحفورة أمونيث

ومن اللافقاريات ظهرت أنواع جديدة من الجوفمعويات (المرجان السداسي) والتي سادت في الترياسي واستمرت حتى الوقت الحاضر.

إضافة إلى المحاريات ذات المصراعين التي سادت في الكريتاسي وتكون عنها الصخور الطباشيرية، والقواقع (الحلزونيات) والجلد شوكيات مثل قنافذ البحر والتي انتشرت في الكريتاسي.

أما الحياة الفقارية: فقد تميزت بظهور الزواحف، ومنها الزواحف العملاقة (الديناصورات) التي سادت في الجوارسي والكريتاسي وهي أنواع متعددة التي منها في البر آكلة العشب (بيرونتوصور)، وآكلة اللحوم (تيرانوصور)، وفي البحر (أكتيوصور)، وفي الجو التنين الطائر (تيروداكتيل). انظر الشكل (٣٥).



الشكل (٣٥) بعض أنواع الديناصورات

واختفت الزواحف العملاقة قرب نهاية الحقبة، لكثرة الزلازل والبراكين، تاركة المجال للأنواع الصغيرة الحجم من الزواحف التي انتشرت في منتصف هذه الحقبة وأهمها: السلاحف والسحالي والتماسيح والأفاعي والتي بقيت أنواع منها حتى الآن.

أما الطيور فقد عثر على أحفورة الطائر ذي الأسنان (أركيوبتركس) وذلك في العصر الجوارسي الأسفل، ويعد من أوائل الطيور التي ظهرت وكان له أسنان في منقاره، وانقرضت في العصر الكريتاسي الأعلى، ويوضح الشكل (٣٦) أحفورة لهذا الطائر.

الشكل (٣٦) أحفورة اركيوبتركس

وفي نهاية هذه الحقبة ازداد عدد الثدييات في جميع البيئات.

الحياة النباتية:

تضاءلت النباتات اللازهرية في أوائل الترياسي؛ حيث ظهرت النباتات عاريات البذور كالصنوبر والأرز والتي كونت غابات كثيفة، كذلك ظهرت النباتات مغطاة البذور وخاصة ذوات الفلقة الواحدة، كالغاب والنخيل، في أواخر الكريتاسي.

٤- حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic):

تمثل هذه الحقبة الفترة الزمنية التي تمتد منذ حوالي (٦٥) مليون سنة حتى الوقت الحالي. وقد تم تقسيمها إلى عصرين: الثلاثي والرباعي، وتعتبر حقبة سيادة الثدييات، وقد بدأت بانحسار البحار واتساع رقعة القارات، وفي بدايتها كان المناخ حاراً جداً ثم أخذ في البرودة حتى صار في أواخرها جليداً في أوربا وأمريكا الشمالية. انقرضت كثير من الأنواع المميزة لحقبة الحياة الوسطى وظهرت أنواع جديدة كثيرة الشبه بالأنواع المعاصرة، وكذلك سادت النباتات الزهرية مغطاة البذور (Angiosperms) وكونت غابات من ذوات الفلقتين مثل أشجار الحور والزيتون والكافور إلى جانب النخيل.

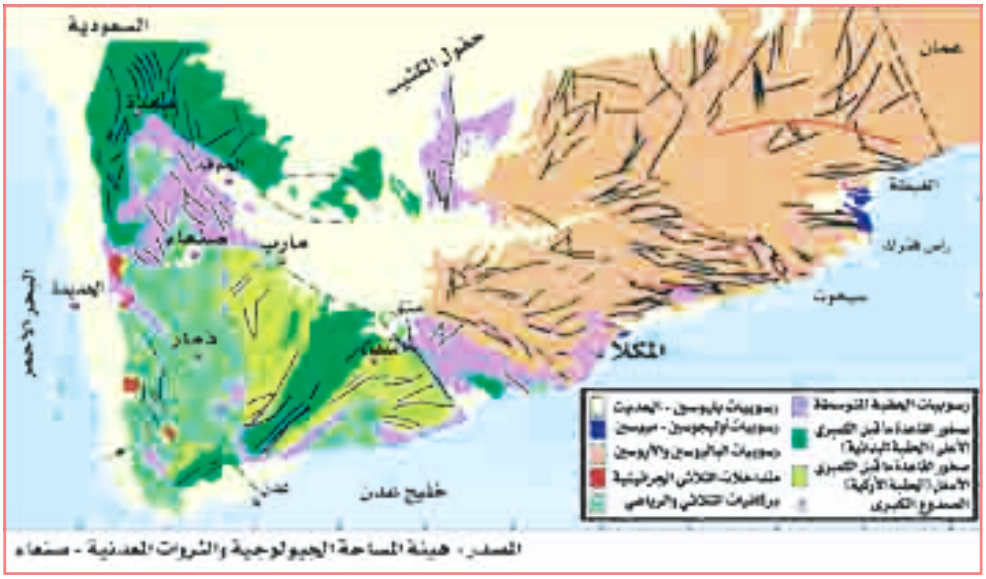
جيولوجية الجمهورية اليمنية

تقع الجمهورية اليمنية في الجزء الجنوبي من شبه الجزيرة العربية والتي تكوّن جزءاً من الدرع العربي– النوبي الذي يقع على جانبي أخدود البحر الأحمر، ومن جنوب الأردن حتى اليمن. (شكل – ٣٧).

الشكل (٣٧) خريطة تبين امتداد الدرع العربي

ويتكون الدرع العربي من صخور القاعدة النارية والمتحولة، وترتكز عليه وحدات من الصخور الرسوبية يتراوح عمرها ما بين الأردوفيشي والحديث، إلا أن أكثرها انتشاراً وتمثيلاً هي رواسب العصر الجوارسي ورواسب العصر الكريتاسي (الطباشيري) ورواسب العصر الثلاثي والرباعي في المناطق الشرقية والشمالية الشرقية.

انظر الخريطة الجيولوجية للجمهورية اليمنية، الموضحة بالشكل (٣٨)، ولاحظ أعمار الصخور التي تشير اليها الألوان المختلفة، فماذا ترى؟



الشكل (٣٨) الخريطة الجيولوجية للجمهورية اليمنية

ترى صخور دهر الحياة الخفية (ما قبل الكمبري) التي تكوّن صخور القاعدة (الأساس) النارية والمتحولة، والتي ترسبت فوقها جميع أنواع الصخور الرسوبية التابعة لما بعد الكمبري من عصور دهر الحياة المعروفة. وتتكون تلك الصخور من نوعيات نارية ومتحولة مثل الجرانيت والديورايت والشست والنايس والبجماتيت وغيرها من الصخور البلورية، ولهذه الصخور قيمة اقتصادية كبرى وذلك لاحتوائها على العديد من المعادن الفلزية مثل: النيكل والنحاس والحديد والذهب والفضة والتيتانيوم والقصدير والتنجستين والعناصر المشعة.

وتتركز هذه الصخور في شمال غرب اليمن في منطقة صعدة، وفي جنوب الوسط في منطقة «البيضاء ، ولودر» وفي جنوب شرق اليمن في المكلا.

وترى أيضاً صخور دهر الحياة المعروفة ذات الأعمار المختلفة، وهي الصخور الرسوبية الفتاتية المتماسكة أو غير المتماسكة الحديثة (رمال وحصى) أو المترسبة كيميائياً، والتي تغطي المساحة المتبقية من الجمهورية اليمنية تغطية كاملة، وتتناثر بعض من أجزائها والصخور البركانية الحديثة على شكل بقع فوق صخور القاعدة (صخور الدرع العربي) فتغطى أجزاء كبيرة منه.

ويجدر الإشارة هنا إلى أن تفاصيل التاريخ الجيولوجي لليمن لا زال يحتاج إلى الكثير من الدراسات العلمية والأبحاث المدققة حتى تكتمل الصورة.

وفيما يلي توضيح لأهم ملامح التاريخ الترسيبي والجيولوجي للجمهورية اليمنية لحقب الحياة لدهر ما بعد الكمبري (دهر الحياة المعروفة).

- **أولاً: حقبة الحياة القديمة: (Paleozoic Era).**

١ – سادت اليمن في هذه الحقبة الظروف القارية والمناخ البارد خلال عصر البرمي، وربما الجليدي، خاصة في المرتفعات وذلك لوجود جلاميد جليدية تحويها الراوسب، وأدت عمليات التعرية إلى:

أ) شبه تسوية لصخور ما قبل الكمبري النارية والمتحولة كالجرانيت والجابروليت والنايس والشست وغيرها مكونة منطقة شبه سهلة.

ب) تكون رواسب قارية خلال عصر الكمبري، والتي ربما أزيلت فيما بعد عند استواء سطح الأرض تماماً، ولقد ارتفع سطح الأرض بالمنطقة الجنوبية والشرقية أثناء عصر الأردوفيشي لتصبح بمثابة صخور مصدرية قامت بتفتيتها ونقلها وترسيبها في المناطق الشمالية أنهار ذات رواسب قارية إلى الشمال من صعدة، وشمال وشرق منطقة الجوف.

وترتكز هذه الرواسب مباشرة على صخور القاعدة النارية والمتحولة، وتعتبر أقدم الرواسب، وتتكون من الحجر الرملي الأبيض المكون من حبيبات جيدة الاستدارة من الكوارتز المحتوي على عدسات رقيقة من الكونجلوميرات، كما تحتوي على عقد حديدية وشوائب طينية.

وقد أمكن تحديد عمرها بالأردوفيشي – البرمي بمضاهاتها بمثيلاتها في السعودية حيث إنها لا تحتوي على حفريات.

٢ – قرب نهاية هذه الحقبة في أواخر عصر البرمي تكّون الجليد على قمم الجبال، وعند ذوبانه نقلت بعض الرواسب الجليدية الى بحيرات عميقة، فترسبت صخور الطفل الوريقية الداكنة اللون والتي تحتوي على جلاميد جليدية ومواد عضوية وأكاسيد حديدية بالإضافة إلى معادن طينية، وتتركز صخور الطفل هذه في مناطق محدودة للغاية في غرب صعدة ومنطقة كحلان.

وتتواجد الصخور الترسيبية من العصر الكمبري إلى العصر البرمي تحت الطبقة السطحية للمناطق الشرقية من اليمن.

- **ثانياً : حقبة الحياة المتوسطة (Mesozoic Era) :**

تميزت بداية هذه الحقبة (الجوارسي المبكر) بمناخ دافئ وهبوط في سطح الأرض في شمال اليمن فتكونت أحواض ترسيبية ثانوية، ترسبت فيها راوسب قارية رملية حصوية حمراء اللون إلى شاطئية، بالإضافة إلى رواسب طينية خضراء ورمادية اللون بها بعض الحفريات النباتية.

ومع بداية العصر الجوراسي الأوسط غمر البحر معظم الأرض اليمنية وغمرت تماماً في العصر الجوراسي المتأخر، فترسبت صخور جيرية ودولومتية بحرية غنية بالحفريات كالرخويات والمرجان والرخويات (الفورا منيفرا) والجلد شوكيات، بالإضافة إلى الطفل والحجر الرملي، وبيئة هذه الرواسب بحرية غير عميقة (رصيف قاري).

وفي أواخر العصر الجوراسي بدأ تقهقر (انحسار) البحر ونشأ عن ذلك تكون عدد من البحيرات (Lagoons) الشبه معزولة عن الشاطئ برواسبه الجبسية والملحية المميزة : كالملح والجبس في صافر (مأرب) وفي رملة السبعتين (شبوة)، والجبس كما في الغراس (صنعاء) .

وفي العصر الكريتاسي (الطباشيري) واصل البحر انحساره وتحولت اليمن مرة ثانية إلى بيئة قارية، وأدت العمليات النحتية إلى تفتيت خامات الأحواض التي ارتفعت في الجنوب والشرق وإعادة ترسيبها في كل أنحاء اليمن تقريباً، باستثناء منطقة الدرع العربي، على هيئة (صخور رملية خشنة الحبيبات)، رواسب رملية حصوية صفراء مبرقشة، ورملية طينية حمراء أو مختلفة الألوان، ورملية بيضاء بها مواد طينية، وتظهر على السطح في بعض المناطق في شمال وشرق اليمن وعلى جانبي بعض الوديان الرئيسة في غرب اليمن كوادي سردد وتراكيب الظهور (Horsts) ، وتوجد مختبئة تحت الصخور البركانية لحقبة الحياة الحديثة في المناطق الشرقية والوسطى والجنوبية من اليمن.

- **ثالثاً : حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic Era) :**

١ – العصر الثلاثي (Tertiary Period) (٦٥ – ٧ مليون سنة) مع بداية عصر الثلاثي، في حين الباليوسين غمر البحر اليمن باستثناء المناطق المرتفعة في شمال اليمن مُرسباً رواسب رملية شاطئية طينية ذات انتشار محدود للغاية تحتوي على طفل وحفريات بحرية من حين الباليوسين، وفي حين الأيوسين انحسر البحر، وتكونت أحواض منعزلة بعضها عن بعض وترسب الجبس والملح كما في الصليف والمهرة، وقبل نهاية الأيوسين عاد البحر وغمر المنطقة مرة ثانية.

كما نشطت حركات القشرة الأرضية في حين الأيوسين وتعرض غرب شبه الجزيرة وشرق إفريقيا لحركة أرضية رافعة نشأ عنها تقوس إقليمي لقشرتها الأرضية بلغ أقصى مداه خلال حين الأوليجوسين ومصحوباً بما يلي :

أ – ثورات بركانية غير متصلة (بركانيات اليمن الثلاثية) نتج عنها صخور نارية بركانية كالبازلت والإنديزيت والتراكيت . . إلخ، مكونة مع ما تلاها من طفوح بركانية الميوسين بما يعرف بمجموعة (تراب) البركانية التي تتكون من صخور بركانية كالبازلت، والإنديزيت، والتراكيت، والتف أو الطف (Tuff) والإجنمبريت والزجاج البركاني وغيرها، على هيئة طبقات متراصة فوق بعضها البعض مما يجعل البعض يعتقد بأنها صخور رسوبية لأول وهلة وليست صخور بركانية، ويقطعها الكثير من القواطع والسدود والكتل

الجرانيتية والمنبثقة من الفواصل والصدوع، ويبلغ سمك طبقات الصخور النارية والبركانية أكثر من ١٥٠٠متر.

ب – عمليات تعرية.

جـ – تكون رواسب مياه عذبة (أنهار – بحيرات) تحتوي على حفريات، وكذلك تربة اللاتريت بين طبقات الصخور البركانية. وهذا يؤكد أن الصخور البركانية قد تكونت في فترات غير متصلة تخللتها فترات هدوء مطيرة تكونت أثناءها مثل هذه الرواسب، وقد استخدمت الحفريات الموجودة بهذه الرواسب في تحديد عمر الصخور البركانية بالأوليجوسين – الميوسين.

تلا حركة التقوس (Arching) هذه، وما صاحبها من عمليات، تصدع الدرع العربي النوبي بصدوع عادية موازية لشاطئ البحر الأحمر وخليج عدن، والتي أحالت المنطقة إلى كتل صدعية عديدة على شكل تراكيب الأغوار (Grabens) والظهور (Horsts)، وصدوع ذات زحزحة مضربية (Strike-Slip Faults) عمودية على اتجاه الصدوع العادية، ونشأ عن كلا النوعين (انفلاق) خسفي لوادي البحر الأحمر الأخدودي (Red sea Rift valley) وخليج عدن في حين الميوسين المبكر والأوسط.

وصاحب ذلك نشاطات بركانية متجددة مكونة لصخور قشرة أرضية محيطة حديثة على شكل حافة بحرية. ونتيجة لانبثاق وانتشار الحمم البركانية على طول محور الوادي الخسيف للبحر الأحمر وخليج عدن، تباعد اللوح العربي (Arabian Plate) في اتجاه الشمال الشرقي، عن اللوح النوبي (Nubian Plate) والذي تباعد في اتجاه الجنوب الغربي.

وتميزت فترة بداية منشأ البحر الأحمر بتكون رواسب ملحية وجبسية كتلك التي تنتشر في منطقة الصليف، ويصل سمك طبقات الملح إلى أكثر من ١٠٠٠متر.

٢- عصر الرباعي (Quaternary Period) : (منذ ٢ مليون سنة إلى اليوم). تميز هذا العصر بنشاط بركاني، وتكونت الصخور البركانية الحديثة التي تتميز بأشكالها المخروطية وفوهاتها البركانية الواضحة على العكس من صخور العصر الثلاثي، وذلك في بعض أنحاء اليمن والتي ما زال البعض يتصاعد منه الأبخرة الغنية ببخار الماء والكبريت الذي يترسب على سطح الصخور على هيئة بلورات صفراء كما في الليسي بذمار، وهذا يجعلها تستخدم كحمامات (مثل حمام علي، وحمام دمت .. وغيرها).

أما الرواسب فقد كونت مساحات واسعة من السهول نتيجة تعرية المناطق المرتفعة وردم المنخفضات بالرسوبيات القارية (رمل وحصى) والتي تتمثل في الرمل المنتشر على هيئة كثبان رملية بالمناطق الصحراوية الشمالية الشرقية والشرقية، والمناطق الساحلية، ورواسب شاطئية وطينية، ورواسب الوديان من الحصى والرمال والطين التي يتغير تركيبها المعدني لكل وادٍ بتغير الصخور التي يتخللها الوادي، وتعتبر رواسب الأودية الخزان الجوفي الأساسي للمياه في غالبية مناطق اليمن.

تقويم الوحدة

أولاً: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل عبارة مما يأتي:

١- أي تعاقب رسوبي أفقي لم يتعرض لقوى تكتونية:

أ - تكون كل طبقة أقدم من التي أسفلها وأحدث من التي تعلوها.

ب- تكون أعلى طبقة في التعاقب أقدمها عمراً.

جـ- كلّ طبقة أحدث من التي أسفلها وأقدم من التي تعلوها.

د - كلّ الطبقات لها العمر نفسه.

٢- اعتمد العلماء مبادئ التاريخ النسبي كأساس لوضع التقويم الجيولوجي:

أ - قبل اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي.

ب- بعد اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي.

جـ- في القرن السابع عشر.

د - (ب،جـ) معاً.

٣- كان أول ظهور واسع للأحافير:

أ - قبل حوالى (٣٠٠٠) مليون سنة.

ب- قبل حوالى (٢٥٠٠) مليون سنة.

جـ- منذ حوالى (٥٧٠) مليون نسمة.

د - منذ حوالى (١٥٠٠) مليون سنة.

٤- يتم تحفر الخشب بطريقة:

أ- الإحلال. ب- التمعدن. جـ- التفحم. د- (أ،ب) معاً.

٥- يقدر العلماء عمر الأرض منذ نشأتها إلى عصرنا الحاضر بنحو:

أ - (٦٤٠٠٠) مليون سنة.

ب- (٤٦٠٠) مليون سنة.

جـ- (٦٤٠٠) مليون سنة.

د - (٤٦٠٠٠) مليون سنة.

٦- أحفورة الترايلوبيت من الأحافير المرشدة إلى العصر:

أ- الترياسي. ب- السيلوري. جـ- الكمبري. د- الجوراسي.

٧- ساد المرجان السداسي في العصر:

أ- الترياسي. ب- الكمبري. جـ- البرمي. د- السيلوري.

٨- ينقسم العصر الرباعي إلى الحينين:

أ - البليوسين والإيوسين. ب - البليستوسين والحديث.

جـ- البليوسين والبليستوسين. د - البليستوسين والإيوسين.

٩- تقسم حقبة الحياة المتوسطة إلى العصور:

أ - الترياسي، والجوراسي، والكريتاسي.

ب- الترياسي، والبليوسين، والجوراسي.

جـ- الجوراسي، والترياسي، والبرمي.

د - الكريتاسي، والجوراسي، والبرمي.

١٠- ظهرت الأسماك عديمة الفكوك في حقبة:

أ- الحياة الحديثة. ب- ما قبل الكمبري. جـ- الحياة القديمة. د- الحياة المتوسطة.

ثانياً: علل لما يأتي:

١- تكون التتابع الطبقي في الصخور الرسوبية.

٢- ندرة وجود أحافير من الكائنات التي كانت تعيش على اليابسة.

٣- عدم وجود أحافير في الطبقات الرسوبية شديدة المسامية.

٤- عدم وجود أحفورة الترايلوبيت ضمن صخور الجوراسي.

٥- يعد عصر الكمبري حجر الأساس في تقسيم سلم الزمن الجيولوجي.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة التالية:

١- وضح المقصود بكل من:

- الطبقة. - سطح عدم التوافق. - الأحافير. - المضاهاة.

- السجل الجيولوجي. - الأحفورة المرشدة. - عمر النصف.

٢- وضح الشروط اللازمة لتكون الأحافير؟

٣- ما الفرق بين كل من:

أ - التوافق وعدم التوافق في الطبقات. ب- التصخر بالإحلال والتمعدن.

جـ- المضاهاة الصخرية والمضاهاة الأحفورية. د - القالب والنموذج.

٤-في أي حقبة ظهرت كل من الآتي ثم رتبها حسب زمن ظهورها من الأقدم إلى الأحدث.

- الديناصورات. - الأركيوبتركس. - الترايلوبيت. - الجرابتوليت.

- النباتات الزهرية. - الثدييات. - الأسماك. - الكائنات الحية بدائية النوى.

٥- بعد كم سنة يتحلل ١كجم من الكربون (١٤) ليعطي ٧٥٠جرام من النيتروجين (١٤) إذا علمت أن فترة نصف العمر للكربون (١٤) تساوي ٥٧٣٠سنة؟

رابعاً: علامَ نستدل من المشاهدات الجيولوجية الآتية:

١- وجود سطح غير مستو بين مجموعتين من الطبقات؟

٢- وجود أحافير الأمونيت في طبقة صخرية؟

٣- وجود أحافير الترايلوبيت في طبقة صخرية؟

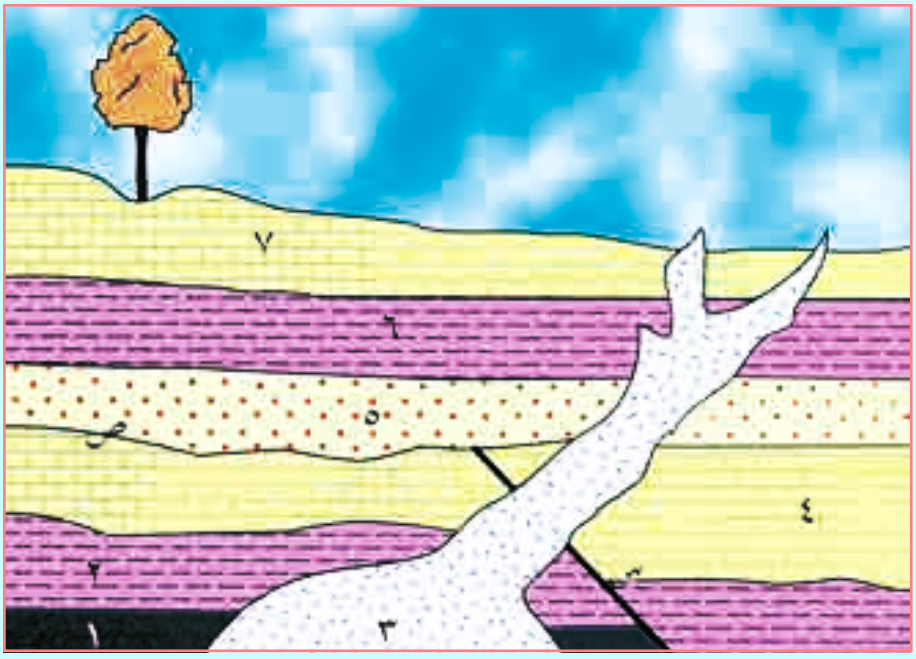
٤- وجود طبقات سمكية متعاقبة؟

٥- وجود طبقات رقيقة متعاقبة؟

خامساً:

الشكل التالي يمثل مقطعاً لتعاقب صخري رسوبي اخترقته ماجما بردت وتبلورت لتكون جسماً نارياً جوفياً.

- ادرس الشكل وأجب عن الأسئلة التي تليه:



١- ما الصخران: الأقدم والأحدث في هذا المقطع؟

٢- أيهما أحدث: سطح عدم التوافق (ص) أم الصدع (س)؟

٣- أيهما أقدم: الطبقة (٥) أم الصدع (س)؟

٤- رتب الصخور والمعالم الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث.

المصطلحات

– العمر المطلق (Absolute Dating)

– عمر أو (أوان) (Age).

– الدرع العربي (Arabian Shield).

– طائر الأركيوبتركس (Archeopteryx).

– حقبة الحياة السحيقة (Archeozoic Ena) .

– السمكة المدرعة (Armoured Fish).

– التطبق (Bedding).

– طبقات (Beds).

– عضديات الأرجل، مسرجيات (Brachiopods).

– عصر الكمبري (Cambrian).

– تفحم (Carboniferous).

– حقبة الحياة الحديثة (Cenozoic Era).

– المرجانيات (Corals).

– مضاهاة (Correlation).

– براز الحيوانات (Coprolites).

– عصر الكريتاسي (Cretaceous).

– دهر الحياة المستترة أو الخافية (Cryptozoic Eon).

– عصر الديفوني (Devonian).

– حين الإيوسين (Eocene Epoch).

– دهر أو أبد (Eon).

– القنفديات (شوكيات الجلد) (Echinoids).

– حين (Epoch).

– حقبة (Era).

– أحافير حيوانية (Faunal Fossils).

– أحافير نباتية (Floral Fossils).

– المنخريات، فرامينفرا – المثقبات (Foraminifera).

– السلم الزمني الجيولوجي (Geologic Time Scale).

– جرابتوليت (من الحبليات البدائية) (Graptolite).

– مغطاة البذور (Angiosperms).

– عاريات البذور (Gymnosperms).

– نصف الحياة/نصف العمر (Half- Life).

– حصان الباليوسين (Hyracotherium).

– الأحافير المرشدة (Index Fossils).

– طبع (Imprint).

– نظير (Isotope).

– عصر الجوارسي (Jurassic).

– قانون تتابع الأحافير (Law of Faunal and Floral Succession).

– قانون تتابع الطبقات (Law of Superposition).

– الثدييات (Mammals).

– طبقات دليلة (مرشدة) (Guide Beds).

– حقبة الحياة المتوسطة (Mesozoic Era).

– حين الميوسين (Miocene Epoch).

– الرخويات (Molluses).

– النومولیت (أصدافها مثل العدس) (Nummulites).

– حين الأوليجوسين (Oligocene Epoch).

– عصر الأردوفيشي (Ordovician).

– حقبة الحياة القديمة (Paleozoic Era).

– محاريات (Palecypods).
– عصر (Period).
– عصر البرمي (Permian).
– حين البليوسين (Paleocene).
– شجر متحجر (Petrifiedwood).
– دهر الحياة المعروفة (Phanerozoic Eon).
– حين البليوستوسين (Pleistocene).
– حين البليوسين (Pliocene).
– دهر ما قبل الكمبري (Precambrian).
– حقبة الحياة البدائية (Proterozoic Era).
– عصر الرباعي (Quaternary).
– نشاط إشعاعي (Radioactivity).
– انحلال إشعاعي (Radioactivity Decay).
– الحديث (Recent).
– العمر النسبي (Relative Dating).
– وحدات صخرية (Rock Units).
– وحدات صخرية زمنية (Rock- Time Units).
– عصر السيلوري (Silurian).
– علم الطبقات (Stratigraphy).
– عصر الثلاثي (Tertiary).
– عصر الترياسي (Triassic).
– ترايلوبيت / ثلاثية الفصوص (Trilobites).
– التيرانوصور (من الديناصورات) (Tyranosaur).
– عدم التوافق (Unconformity).