مذكرات الوظائف الإشرافية للعلوم

المرحلة المتوسطة

فئة موجه فنى

٢٠١٨-٢٠١٩م

أسماء أعضاء فريق مواءمة مذكرات الوظائف الإشرافية :

١-على أمين رشوان (موجه فني أحياء).
٢-عبير عبدالله العازمي (موجه فني أحياء).
٣- سارة نافع العدواني (موجه فني جيولوجيا).
٤- غدير مهدى تقي (موجه فني جيولوجيا).
٥- محمود عبدالتواب جاد (موجه فني فيزياء).
٦- محمد حسين محمد (موجه فني فيزياء).
٧- سعود محمد الشمري (موجه فني كيمياء).
٨- عبدالله محمد الجويسر(موجه فني كيمياء).

اعداد اللجنه الفنية المشتركة للعلوم بالمرحلة المتوسطة

رئيس فريق مواءمة مذكرات الوظائف الإشرافية للعلوم
المرحلة المتوسطة
أ/دلال سعد المسعود
الموجه الأول للعلوم فى التعليم الخاص

إشراف الموجه الفنى العام للعلوم بالانابة:
أ/عايدة عبدالله الشريف

الفهرس:

المجال	الموضوع	الصفحة
الأحياء	١-الجهاز الهضمي	٤ - ١٠
	٢-الجهاز الدوري	١١-١٧
	٣-الجهازالتنفسي	١٨-٢٣
	٤-الجهاز العصبي	٢٤-٣١
	٥-الجهاز الاخراجى	٣٢-٣٦
الجيولوجيا	١-نشأة الصخور وأنواعها	٣٧-٥٢
	٢-النفط	٥٢-٥٣
الفيزياء	١-القوة والشغل	٥٤-٦٧
	٢-الضوء	٦٨-٧٦
	٣-الصوت	٧٧-٨٣
الكيمياء	١-الكيمياء الكهربائية	٨٤-١٠٥

الأحياء

١-الجهاز الهضمي

الجهاز الهضمي مسئول عن كل من عملية الهضم ،الامتصاص ، التمثيل الغذائي للسوائل و الأجسام الغذائية الصغيرة و المجهرية (فيتامينات ، معادن) بالإضافة للتخلص من الفضلات و طردها من الجسم .

وظائف الجهاز الهضمي :

للجهاز الهضمي أربع وظائف :

١ - الحركة :

الإغلاق الآلي و خلط الغذاء ، و مرور الغذاء على طول القناة الهضمية و التخلص من المواد غير المهضومة و غير الممتصة من الجسم .

٢ – الإفراز :

إفراز الإنزيمات و الهرمونات و المواد الأخرى التي لها دور في الهضم .

٣ – الهضم :

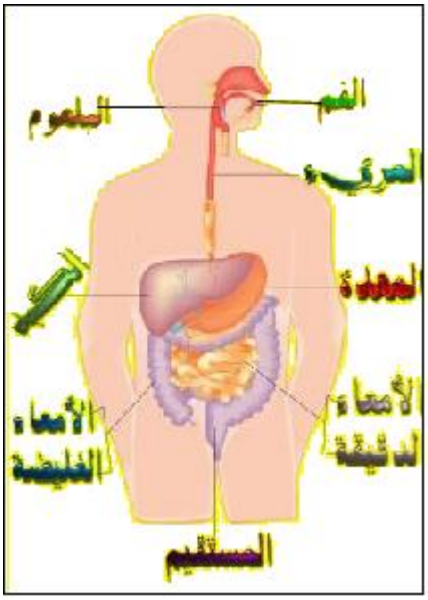
عملية حيوية يتم من خلالها تجزئة المواد الغذائية الضخمة إلى جزيئات دقيقة يسهل امتصاصها من قبل الأمعاء لكي يستفيد منها الجسم .

٤ – الامتصاص :

مرور المواد الغذائية من بطانة القناة الهضمية إلى الدم الذي يوزعها على الجسم .

مكونات الجهاز الهضمي :

يتكون الجهاز الهضمي من القناة الهضمية و ملحقات القناة الهضمية .



القناة الهضمية :

تتألف القناة الهضمية من عدة مناطق متخصصة ،
يبلغ طولها ٦.٥ – ٩ أمتار في الأشخاص البالغين وهي

١. الفم mouth
٢. البلعوم pharynx
٣. المرئ oesophagus
٤. المعدة stomach
٥. الأمعاء الدقيقة small intestine
٦. الأمعاء الغليظة large intestine

ويلتحق بالقناة الهضمية غدد تفرز فيها عصارات هاضمة

(digistive juices) و هي

***الغدد اللعابية salivary glands * الكبد liver * البنكرياس pancreas**

تركيب ووظيفة مكونات الجهاز الهضمي :

١ - الفم :

الفم تجويف مبطن بغشاء مخاطي ، ويحيط بالفم شفتان تساعدان على توجيه الطعام وأسنان ولسان.

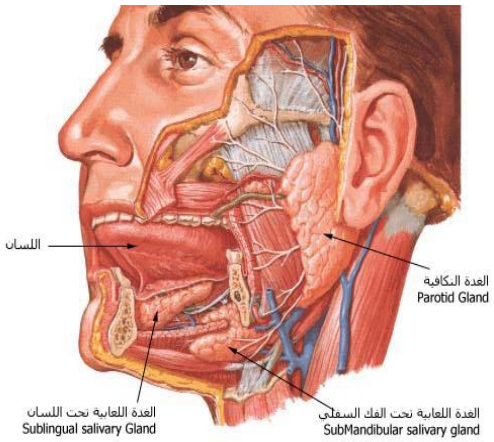
وظيفة الفم :

-يبدأ به الهضم .

-ممر بين البلعوم و خارج الجسم

-يمكن استعماله في التنفس

-له دور في الكلام مع اللسان و الأسنان .



الغدد اللعابية :

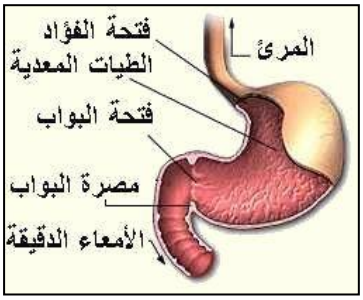
يوجد في الإنسان ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية :

١-الغدتان النكفيتان ٢-الغدتان تحت الفك السفلي

٣-الغدتان تحت اللسان

٢ - البلعوم و المريء :

البلعوم عبارة عن تجويف عضلي يمر به الطعام إلى المريء وهو أنبوب عضلي يمتد من البلعوم حتى المعدة ، وبانتهاء مضغ الطعام في الفم يكوره اللسان على شكل بلعة غذائية يدفع بها إلى مؤخرة الفم حيث تصل للبلعوم ، وعند حدوث البلع يتوقف التنفس بصورة مؤقتة بسبب وجود لسان المزمار أعلى فتحة القصبة الهوائية ، وعندما تصل البلعة للمرئ تتولد موجة لا إرادية من الانقباضات العضلية (الحركة الدودية) تدفع البلعة أمامها نحو طرف المرئ السفلي حتى تمر من العضلة العاصرة إلى داخل المعدة .

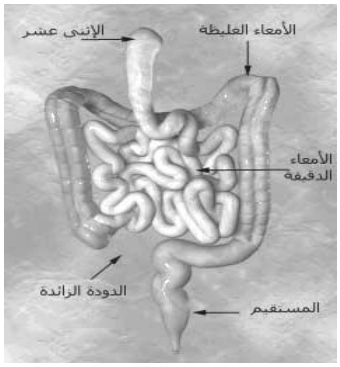


٣ المعدة :

تشغل المعدة الجزء العلوي من تجويف البطن أسفل الحجاب الحاجز جهة اليسار و هي كيس عضلي سميك الجدران يحيط بها ثلاث طبقات من ا لعضلات الملساء و الطولية و الدائرية . و المعدة من أقوى الأعضاء الداخلية ، لها القدرة على تحطيم الطعام إلى جزيئات صغيرة و خلطه بالعصارة المعدية ، يسمى مدخل المعدة بفتحة الفؤاد و نهايتها بفتحة البواب و على كل منهما عضلة عاصرة قوية تسمح بمرور الغذاء با تجاه واحد فقط ، يبقى الغذاء في المعدة مدة قد تصل لأربع ساعات حسب نوع الغذاء ،وتتكون العصارة المعدية من :

١-حمض الهيدروكلوريك HCl	**يمهد لهضم البروتين ، يعمل حمض HCl على تحويل إنزيم الببسينوجين غير النشط إلى ببسين نشط ، كما يعمل على قتل البكتيريا .**
٢-الببسين Pepsin	**يساعد في عملية هضم البروتين و تحويله إلى عديدات الببتيد .**
٣-الليبيز المعدي Gastric Lipase	**يمهد لعملية هضم الدهون .**
٤-المخاط Mucus	**يساعد على الانزلاق كما يعمل على حماية نسيج المعدة .**
٥-العامل الداخلي Intrinsic Factor	**يساعد في عملية الامتصاص لفيتامين ب-١٢ عن طريق الأمعاء الدقيقة .**
٦-إنزيم الرنين Renin	**يحول كازين الحليب إلى حليب المتخثر .**
٧-الماء	

و تتلخص أهمية المعدة في عملية الهضم في أنها تعمل على نقل الطعام إلى الأمعاء في صورة كتلة متجانسة شبه سائلة تعرف بالكيموس ، ويفرز الغشاء المخاطي المبطن للمعدة هرمون الجاسترين الذي ينظم إفرازات المعدة .



٤ – الأمعاء الدقيقة :

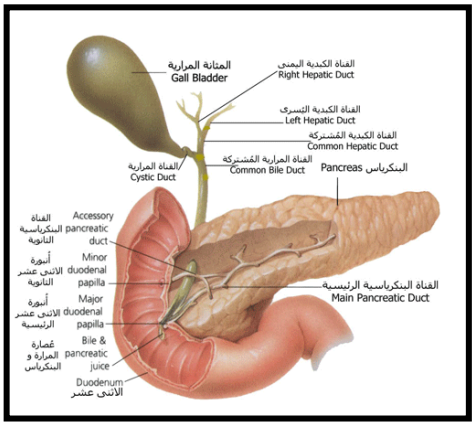
تلي المعدة و هي أنبوبة ملتفة يبلغ طولها حوالي ٧ أمتار قطرها ٢.٥ سم و فيها يحدث معظم الهضم الإنزيمي و كل الامتصاص تقريبا ، يطلق على الجزء المتصل بالمعدة الاثنى عشر ويكون على شكل حرف c تصب فيه عصارات الكبد و البنكرياس ، يبلغ طوله نحوا من سبعة أمتار ، تتألف الأمعاء الدقيقة من الاثني عشر وطوله ٣٠سم والصائم (الجزء الأوسط) وطوله نحوا من ٢٧٠سم واللفائفي (الجزء الأخير) ويبلغ طوله اكثر من أربعة أمتار بقليل .

و بطانة الأمعاء الدقيقة الداخلية ليست ناعمة إنما ينثني السطح الداخلي منها بثلاث طرق ، يتشكل الغشاء المخاطي من ثنيات دائرية و يندفع من الغشاء المخاطي ملايين البروزات تشبه الأصابع تسمى خملات و يزداد سطح الأمعاء الدقيقة بوجود آلاف الخميلات التي تشبه الخيط تبرز من الغشاء البلازمي للمعدة و تسبب إطلاق الهستامين الذي يعمل على توسيع الأوعية الدموية و زيادة نفاذية الشعيرات الدموية.

*العصارة المعوية : تفرزها جدران الأمعاء الدقيقة تحتوي على عدد من الإنزيمات الهاضمة التي تتمم عمل الإنزيمات التي سبقتها (المالتيز – السكريز – اللاكتيز – الأمينو ببتيديز – الليبيز) و تستكمل عملية الهضم و تحول الطعام إلى مركبات بسيطة ذائبة يمكنها أن تعبر جدار الأمعاء إلى مجرى الدم (الامتصاص) الذي ينقلها و يوزعها على أعضاء الجسم المختلفة.

وتؤثر على الغذاء في الأمعاء الدقيقة ثلاث عصارات :العصارة الصفراوية-المعوية-البنكرياسية.

ملحقات القناة الهضمية :



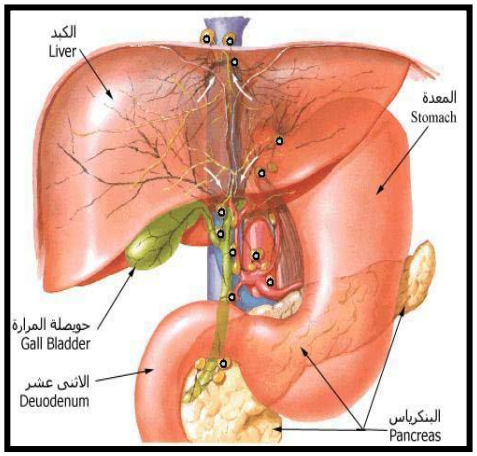
البنكرياس :Pancrea غدة تقع خلف المعدة ، ويلعب البنكرياس دوراً مهماً و أساسياً لحياة الإنسان حين تنظم عصاراته المحتوية على أنزيمات الهضم ، عملية هضم النشويات و هضم البروتينات و هضم الدهون، وتتصرف هذه العصارة من غدة البنكرياس إلى الأمعاء الدقيقة عن طريق قناة البنكرياس، والتي تفرغ محتوياتها في الجزء الثاني من الإثنى عشر.

كذلك يحتوي البنكرياس على خلايا تعمل كغدة صماء Endocrine Gland و مُتوزعة في البنكرياس على هيئة تجمعات تُسمى الجزر البنكرياسية Islets Pancreatic ، تفرز هرمون الأنسولين Insulin وهرمون الجلوكاجون Glucagon وهذه الهرمونات تنظم نسبة السكر في الدم .

وتفرز البنكرياس ١-١:٥ لتر يوميا من العصارة البنكرياسية وتصب بالاثنى عشر عبر فتحة مشتركة مع القناة الصفراوية وتحوى عددا من الانزيمات الهاضمة(الأميليز-الليبيز-التربسين-الكربوكسيى ببتيديز)

HCO_3البيكربونات	تعمل على تنظيم الوسط و تحويله إلى قلوي حتى تعمل الأنزيمات الهاضمة
Water & Electrolytesالمياه و الكتروليتات	و هي تعد بمثابة جهاز لتوصيل السوائل للأنزيمات الهاضمة
Amylaseالأميليز	وهي خميرة في عصارة البنكرياس كما توجد في اللعاب أيضاً تعمل على تحويل النشا (الكربوهيدرات) إلى سكرالمالتوز
Lipasesاللايبيز	يساعد في إذابة الدهون و تحويلها إلى أحماض دهنية و جلسرين .
Proteasesالبروتيزات	تحويل البروتينات إلى عديدات الببتيد

الكبد :الكبد هي أكبر أعضاء الجسم البشري وتقع في الجزء الأيمن العلوي من تجويف البطن تحت الحجاب الحاجز خلف الأضلع . تتكون الكبد من فصين رئيسين هما الفص الأيمن والفص الأيسر وآخرين صغيرين . في أسفل الفص الأيمن تقع المرارة والتي تتصل بالكبد عن طريق القناة المرارية ، والتي تقوم بتخزين العصارة الصفراوية المفرزة من الكبد .



وظائف الكبد الكبد قادرة على أن تقوم بجميع وظائفها بشكل شبه طبيعي بـ ٢٥ % من طاقتها لذا فلديها قدرة على أداء وظائفها حتى بعد فقدان ٧٥% من قدرتها الوظيفية .

١ - تقوم بدور رئيسي في التعامل مع السكريات والبروتينات والدهون في جسم الإنسان .

٢ - تصنع مئات الأنواع من البروتينات (مثل بروتينات الجلطة الدموية) التي يحتاج إليها الجسم في بناء خلاياه المتعددة في الأعضاء المختلفة.

٣ - تفرز العصارة الصفراوية الكبدية التي تقوم بدور رئيسي في هضم الطعام والمساعدة على امتصاصه وخاصة الدهنيات.

٤ - تحول الأحماض الأمينية إلى يوريا Urea.

٥ - الكبد جزء مهم من أجزاء الجهاز المناعي في الجسم .

٦- بواسطة الأنزيمات المتنوعة والكثيرة جدا الكبد لديها القدرة على التعامل مع آلاف المركبات الكيميائية والعقاقير المختلفة وتحويل أغلبها من مواد سامة إلى مواد غير سامة أو مواد نافعة.

الكبد لها مهام أخرى كثيرة مثل:

- تكوين خلايا الدم الحمراء في الجنين داخل الرحم .

- تخزين الحديد بعد تحلل خلايا الدم الحمراء الميتة وبعض المعادن الأخرى بالإضافة إلى الفيتامينات المهمة في الجسم .

والعصارة الصفراوية تلعب الكبد دورا أساسيا في هضم الدهون خلال إفرازه المستمر للعصارة الصفراوية التي تخزن في الحوصلة المرارية و تتألف العصارة الصفراوية من أملاح الصفراء بالإضافة إلى الماء و الكوليسترول و بيكربونات الصوديوم و مواد أخرى .

ووظائف الصفراء:

١- تعمل أملاح الصفراء على تجزئة الدهون وتحويلها إلى مستحلب دهني يسهل تأثير الإنزيمات الهاضمة عليه (لا تحوي إنزيمات إطلاقا) : من وظائف الصفراء

٢- تقوم بتفتيت الدهون و تحويلها إلى مستحلب دهني

3- -. تسهم في تحويل الوسط في الأمعاء من حمضي إلى قلوي يناسب عمل إنزيمات البنكرياس و الأمعاء

٤-تحد من تعفن الغذاء في الأمعاء و تقلل من فعل البكتريا الضارة التي قد تكون بقيت مع الطعام بعد تأثير حمض الهيدروكلوريك المعدي عليه .

٥-تنشط الحركة الدودية للأمعاء .

الهضم الإنزيمي : هضم الكربوهيدرات :

المكان	pH	مصدر الإنزيم	عملية الهضم
الفم	٧.٥-٦.٥	الغدد اللعابية	النشا ← (الأميليز اللعابى) مالتوز (سكر ثنائي) مالتوز ← (مالتيز) جلوكوز (سكر أحادي)
المعدة	٢		يستمر العمل حتى يصبح أميليز اللعاب خاملا بوساطة درجة الحموضة (pH) الحامضية
تجويف الأمعاء الدقيقة	٧	البنكرياس	عديدات التسكر و الديكسترين يتحول بواسطة أميليز البنكرياس إلى مالتوز

		الأمعاء الدقيقة	تتحلل مائيا إلى أحاديات التسكر كما يأتي : مالتوز ← جلوكوز + جلوكوز سكروز ←(سكريز) جلوكوز + فركتوز لاكتوز ←(لاكتيز) جلوكوز + جالاكتوز

هضم البروتين :

الموقع	مصدر الانزيم	عملية الهضم
المعدة	المعدة (غدد معدية)	بروتين ←(الببسين) عديدات الببتيد
تجويف الأمعاء الدقيقة	البنكرياس	عديدات الببتيد ←(تريبسين و كيمو تريبسين) ثلاثي الببتيد + ثنائي الببتيد
	الأمعاء الدقيقة	أمينوبولي ببتيديز يحول عديدات الببتيد إلى ببتيدات ثلاثية . ترايببتيديز يحول الببتيدات الثلاثية إلى ببتيدات ثنائية . دايبتيديز يحول الببتيدات الثنائية إلى أحماض أمينية .

هضم الليبيد (الدهون) :

الموقع	مصدر الانزيم	عملية الهضم
الأمعاء الدقيقة	الكبد	كرة دهن بواسطة أملاح الصفراء تتحول إلى مستحلب دهني و جليسريدات ثلاثية
	البنكرياس	جليسريدات ثلاثية بواسطة اللايبيز البنكرياسي تحول إلى أحماض دهنية وجليسرول

عمليات نقل المواد عبر الغشاء الخلوي :

هناك مجموعة من الآليات التي يتم بموجبها النقل عبر غشاء الخلية و منها الانتشار ، الخاصية الأسموزية ، النقل الميسر ، النقل النشط .

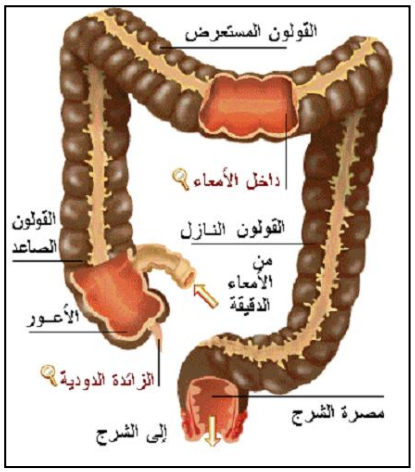
٥ - الأمعاء الغليظة :

تمتاز الأمعاء الغليظة بأنها أقصر من الأمعاء الدقيقة و أوسع قطرا وتشتمل على المناطق التالية :

الأعور : كيس صغير يقع في الجهة اليمنى من تجويف البطن و تتصل من أسفل بالزائدة الدودية التي تشبه الدودة و هي أنبوبة مغلقة بحجم الإصبع .

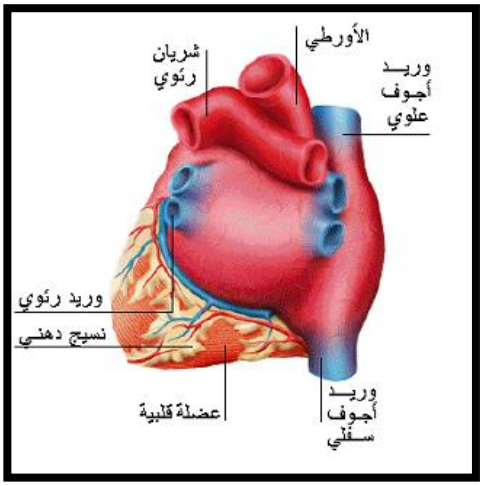
القولون : أنبوبة متسعة تتصل مع الأعور و تمتد صاعدة بمحاذاة الخاصرة اليمنى و تسمى القولون الصاعد ثم تنثني لتصبح أفقية و تسمى القولون المستعرض ثم تنثني هابطة في الجهة اليسرى و تسمى القولون النازل .

المستقيم : الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة و ينتهي بفتحة الشرج التي تحيط بها



عضلة دائرية عاصرة .
تستغرق عملية وصول الطعام إلى الأمعاء الدقيقة نحو تسع ساعات ، و تدفع التقلصات يوميا نحو ٥٠٠ ملليلتر من المتبقي من الطعام غير المهضوم إلى الأمعاء الغليظة و التي تقوم بالأعمال التالية :
١ – تمتص الصوديوم و الماء من الطعام غير المهضوم حيث يمتص الصوديوم بواسطة النقل النشط ثم الماء بواسطة الضغط الأسموزي ثم يتصلب الغذاء غير المهضوم ببطء إلى مكونات البراز الطبيعي .
٢ – يتخلص من فضلات الطعام غير المهضوم و غير الممتص إضافة إلى الخلايا التي تنفصل من الطبقة المخاطية للأمعاء .
تعيش في البراز الطبيعي أنواع من البكتيريا و تنتج فيتامينات معينة مقابل السكن و الغذاء على العائل ويجب التمييز بين عمليتي التبرز و الإخراج :

التبرز : عملية التخلص من فضلات الهضم و هي المواد التي لم تترك القناة الهضمية و لم تشارك في نشاطات الأيض.
الإخراج : عملية التخلص من فضلات الأيض .

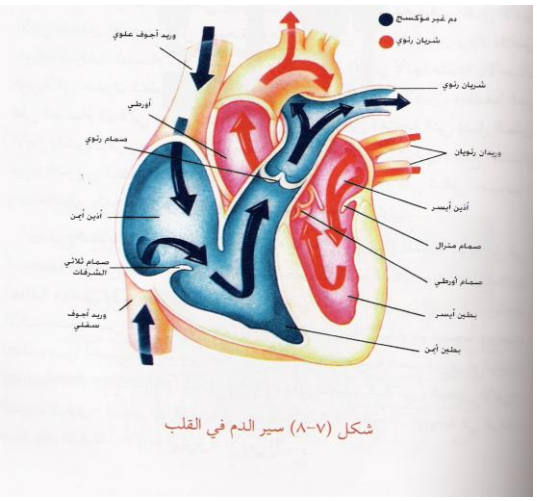


٢-الجهاز الدوري

هو الجهاز الذي يقوم بعمليات النقل المختلفة بالجسم مستعينا بالدم و اللمف و هما سائلان يدوران في شبكة من الأوعية تنتشر في الجسم و تتخلل الأنسجة ،و يوصل السائلان إلى الأنسجة الأكسجين و المواد الغذائية الممتصة و الهرمونات و ينقلان من تلك الأنسجة المواد الإخراجية إلى أعضاء الإخراج .

الجهاز الدوري :

يتركب الجهاز الدموي من القلب و الأوعية الدموية و يحتوي على الدم .



شكل (٧-٨) سير الدم في القلب

القلب :هو عبارة عن عضلة صغيرة بحجم قبضة اليد الكبيرة تعمل مثل مضخة تضخ الدم في الشرايين ومنه إلى أنحاء الجسم الأخرى كما أنها تستقبل الدم العائد من الأوردة،وشكل القلب كحبة الأجاص المقلوبة يتمركز في الصدر مائلاً قليلاً نحو اليسار ويوجد في القلب أربع حجرات اثنتان علويتان وتدعى الأذينان واثنتان سفليتان وتدعى البطينان وهي ذات جدار سميكة العضلة ، كما أن القلب ينبض ٦٠-٨٠ نبضة في الدقيقة، والنبضات عبارة عن التقلص والاسترخاء لعضلة القلب ليتم ضخ حوالي ٣-٥ لتر من الدم في الدقيقة الواحدة، وتتغذى عضلة القلب من الأوعية الدموية المحاطة بها وأي انسداد بها يؤدي إلى الموت. يحيط بالقلب غشاء التامور وهو غشاء مزدوج بين جانبي سائل مصلى ووظيفة هذا السائل هي حماية القلب من الصدمات التي يمكن أن تحدث في منطقة القفص الصدري وكذلك توفير حرية الحركة للقلب أثناء عمليتي الانقباض

والانبساط ، ولكن هناك فروق أو اختلافات بين القسم الأيسر والأيمن ومن هذه الاختلافات أن حجرات القلب اليمنى بينها صمام يسمى الصمام ذو الثلاث شرفات فمكان تواجده بين الأذين والبطين ، أما الجانب الأيسر فيفصل بين حجرتيه صمام ذو شرفتين فقط ، كما أن الأذين الأيمن يتصل بها وريدان أجوف علوي وسفلي ، ويخرج من البطين الأيمن شريان واحد يسمى الشريان الرئوي ، بينما يوجد في الجانب الأيسر في منطقة الأذين أربع أوردة تسمى الأوردة الرئوية الأربعة ويخرج من البطين الأيسر شريان واحد أيضا يسمى الأورطى .

هناك فروق توجد بين حجرات القسم الواحد فنجد أن الأذين جدرانها العضلية رقيقة أما البطين فنجد أن جدرانها عضلية سميكة وهنا تتجلى حكمة الخالق فوظيفة الأذين هي استقبال الدم ولذا لا تحتاج إلى قوة عضلية كبيرة مثل البطين التي وظيفته الأساسية هي توزيع الدم لذا يحتاج إلى قوة انقباض عالية ليتم مهمته .

وظيفة الصمامات التي توجد بين الحجرات سواء في الجانب الأيسر أو الأيمن أنها تقوم بغلق الفتحة الموجودة بين الأذين والبطين ولكنها تفتح لتسمح للدم بالمرور في اتجاه واحد فقط من أعلى إلى اسفل أي من الأذين إلى البطين وتمنع في نفس الوقت مروره في الاتجاه المعاكس لذا فسنجد أن الجانب السفلي لهذه الصمامات مدعم بما يسمى الأحبال الوترية حتى تبقى هذه الصمامات تعمل في اتجاه واحد فقط .

عمل القلب :

القلب يعمل كمضخة تستمد طاقتها من تقلص العضلة القلبية نفسها و قلب الإنسان في أثناء النوم يضخ حوالي (٥) لترات من الدم بمعدل (٧٥) ضربة / دقيقة ويتضاعف المقدار عند القيام بأي عمل قد يصل بعد النشاط الرياضي و العمل الشاق إلى عشرين لترا في الدقيقة بمعدل (٢٠٠) ضربة / دقيقة مما يتطلب جهدا أكبر لإدخال مثل هذه الكمية في الجهاز الدوري .

وسائل تنظيم عمل القلب هى بتوجيه عصبي لاإرادي و لكن التنظيم الأولي لضربات القلب يكون ذاتيا بواسطة مجموعات من خلايا قلبية متخصصة تشكل عقدة أذينية جيبية في جدار الأذين الأيمن ، يبدأ انقباض الأذينين بإشارة منها بعد ثوان قصيرة ، ثم ينتقل التنبيه ثانية إلى عقدة بطينية (في الحاجز بين الأذينين) فينتقل التنبيه منها عبر ألياف يطلق عليها بحزمة هس المتفرعة في جدار البطينين إذ يبدأ الانقباض البطيني من هناك .

جهاز التوصيل في القلب :

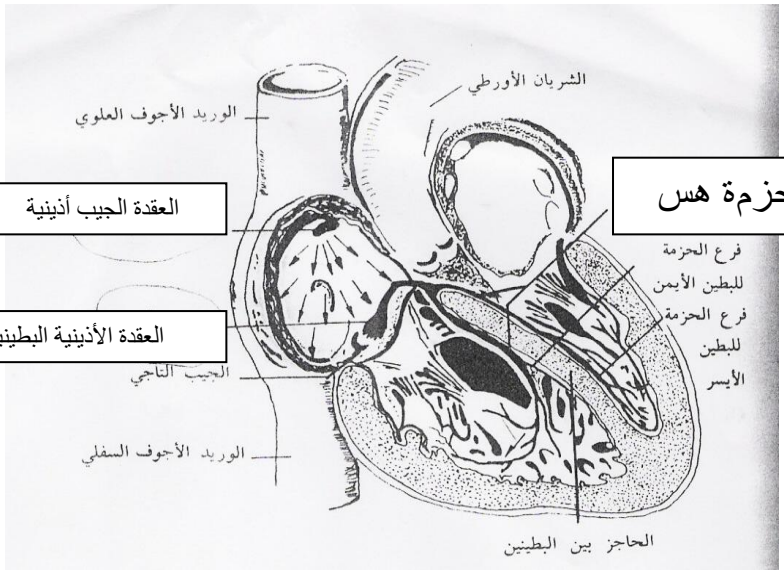
الأذينين منفصلان عن البطينين انفصالا تاما و لا يوجد أي اتصال عضلي بينهما ،و لكن عندما يستثار جزء من عضلة القلب فإن موجة الإثارة تنتشر بدون أي عائق و السبب في ذلك أن القدرة على التوصيل عالية نتيجة وجود جهاز خاص للتوصيل و يتألف جهاز التوصيل من الأجزاء التالية :

١- العقدة الجيب أذينية Sino- atrial node :

٢-العقدة الأذينية البطينية Atrio-ventricular

٣-الحزمة الأذينية البطينية Atrio-ventricular

٤-شبكة بيركنجي Purkinjie network



الأوعية الدموية vessels blood :

وهى تعتبر قنوات الاتصال بين الجسم والقلب

وتوجد ثلاثة أشكال مختلفة من الأوعية الدموية

وهى الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية .

شكل (6 – 9): الأوعية الدموية

أ) الشرايين Arteries

وهى نوع من أنواع الأوعية الدموية التي يمر بها الدم من القلب إلي أجزاء الجسم المختلفة وتتكون من ثلاث طبقات ، وهو سميك نابض مدفون في العضلات ،هذا يعمل على حماية الإنسان من الإصابة بأي قطع في الشرايين ، تحمل دائما دم محمل بالأكسجين عدا الشريان الرئوي الذي يحمل دم غير محمل بالأكسجين أو (غير مؤكسج).

ب) الأوردة Veins

هي النوع الثاني من الأوعية الدموية وفيها يتجه الدم من الجسم إلى ال قلب وتتركب أيضا من ٣ طبقات ولكنها مختلفة بعض الشيء عن طبقات الشرايين ، سمكها قليل وغير نابضة وهى قريبة من سطح الجلد يمكن ملاحظتها باللون الأزرق الذي يميزها بالعين المجردة ، وتحمل دائما دم غير مؤكسج عدا الأوردة الرئوية الأربعة التي تحمل دم محمل بالأكسجين.تحتوى البطانة الداخلية للأوردة سلسلة من الصمامات الهلالية تجعل الدم يسير باتجاه القلب .

ج) الشعيرات الدموية Capillaries

وهى النوع الأخير من الأوعية الدموية ، دقيقة للغاية مجهرية ، تقوم بعملية الربط بين الأوردة والشرايين المتفرعة حيث إنها تصنع شبكة نقل بينهم ، يبلغ سمك جدران الشعيرة الدموية ٠.١ ميكرون تتكون من صف واحد من خلايا تسمى الطلائية وتقوم بعملية تبادل بين الدم وخلايا أنسجة الجسم المختلفة .

الدم Blood:-

والدم يعتبر نسيج ولكنه نسيج سائل يحتوى على عدة أنواع من الخلايا وهى خلايا الدم الحمراء والبيضاء وما يسمى بالصفائح الدموية ومادة الوسط التي تسمى البلازما. والدم هو أساس عملية النقل في الإنسان فهو ما يحمل بالأكسجين والغذاء وأيضا يحمل بنتائج تمثيل الخلايا وثاني أكسيد الكربون أي أنه أشبه بعربة نقل تحمل كل ما سبق من القلب إلي الجسم أو من الجسم إلي القلب ، يوجد في جسم الإنسان البالغ حوالي٥-٦ لترات من الدم أي حوالي ٨% من وزن الجسم ، ولون الدم المميز الأحمر ينشأ من وجود مادة الهموجلوبين به كما أن الدم يعتبر مادة قلوية ضعيفة حيث يصل الرقم الهيدروجيني له ph إلى ٧.٤.

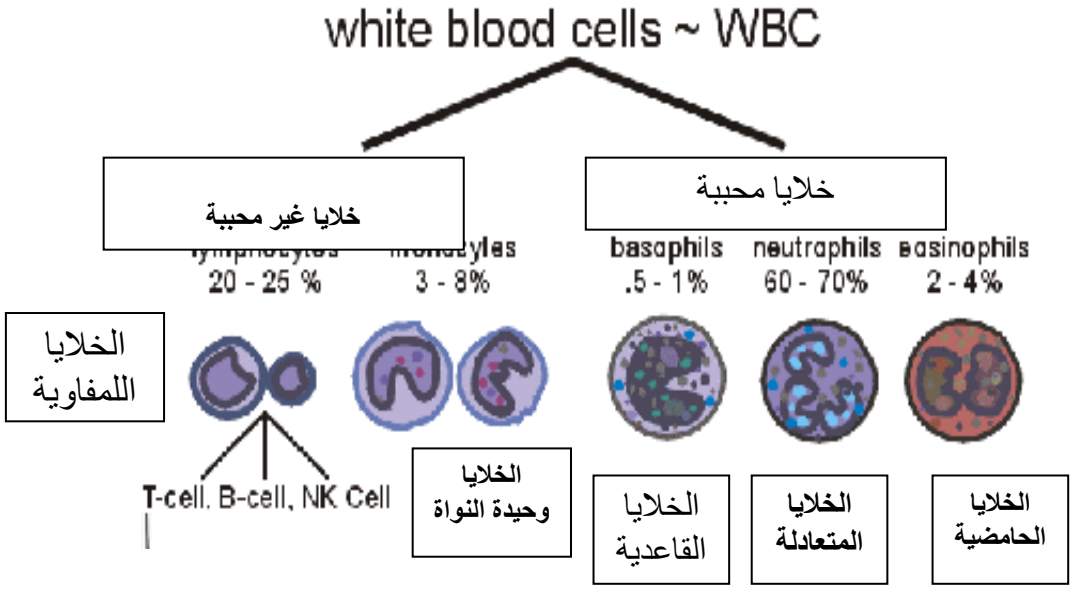
مكونات الدم :

أ) خلايا الدم الحمراء Erythrocytes (Red blood Corpuscles) :

أقراص مستديرة صغيرة مقعرة الوجهين قطر هذا النوع من الخلايا حوالي ٧ ميكرون وسمكه٢ ميكرون يحتوى سيتوبلازمها على الهيموجلوبين لا توجد بها نواة. مكان نشأتها نخاع العظام في العمود الفقري والضلوع والقص والفقرات و الجمجمة و في الأطفال يتم إنتاجها في أطراف العظام الطويلة . تبقي الخلية الحمراء عاملة نحو ١٢٠ يوما تموت بعدها (يولد نحو ١٤٠ مليون خلية حمراء جديدة في كل دقيقة) يحيط بها جدار صلب مرن ويحتوي على سيتوبلازم مرن يمكنها من المرور خلال الشعيرات الدموية ، يمتلئ سيتوبلازم خلية الدم الحمراء بصبغة تعرف باسم الهيموجلوبين و هو بروتين معقد التركيب يتكون من ٩٦% جلوبين globin و ٤% هيم haem ، يكسب الخلية لونها الأحمر لاحتوائه على عنصر الحديد، عدم وجود نواة في الخلايا الحمراء يمكنها من حمل كميات أكبر من الهيموجلوبين ، أما التقعر فإنه يزيد من مساحة السطح مما يعني كفاءة أكبر في امتصاص الأكسجين و هي الوظيفة الأولى لخلايا الدم الحمراء .

ب) خلايا الدم البيضاء (White blood corpuscles) : قطرها من ١٥ إلى ٢٠ ميكرون ، عديمة اللون ،خالية من الهيموجلوبين . متباينة الأشكال ، أقل عددا من الخلايا الحمراء لكنها أكبر حجما ، بها نواة، تنشأ من نخاع العظام والعقد الليمفاوية و تكون خلايا الدم البيضاء ما يعرف بجهاز المناعة (تقوم بدور الحماية للجسم) ونسبتها حوالي ٧٠٠٠-٩٠٠٠ خلية/مم٣.وفي أحوال نادرة يزداد عددها زيادة كبيرة (سرطان الدم- اللوكيميا) ، و الخلايا البيضاء أكول حيث تلتهم الجراثيم التي تدخل الجسم عن طريق الجروح و مما يمكنها من الوصول إلى مكان الجراثيم قدرتها على اختراق جدران الشعيرات الدموية ، و بعض الخلايا البيضاء تفرز سموما تعادل السموم التي تفرزها بعض الجراثيم في الدم .

أنواع خلايا | كرات الدم البيضاء | **الدم البيضاء :**



١- الخلايا البيضاء المحببة Granulocytes :خلايا دم بيضاء كبيرة الحجم ، يحتوي السيتوبلازم على مئات الحبيبات المؤلفة من حمض RNA و الدهون و الإنزيمات لها القدرة على امتصاص أصباغ كيميائية خاصة تختلف من نوع إلى آخر و تتميز بنواة كبيرة غير منتظمة مقسمة إلى عدة فصوص و تضم ثلاثة أنواع :

أ - خلايا متعادلة Neutrophils : تصطبغ بالصبغ المتعادل وعددها كبير مقارنة ببقية الخلايا الدموية البيضاء الأخرى ، و نواتها مقسمة إلى ٣-٥ فصوص ولذلك تعرف باسم مشكلة النوى أو متعددة الأنوية ،وظيفتها الدفاع عن الجسم خارج الأوعية الدموية لقدرتها على الحركة الأميبية و الابتلاع .

ب- خلايا حامضية Eosinophils : تصطبغ بالأصباغ الحمضية ومنها صبغ الأيوسين ، عددها قليل ، نواتها ذات فصين لها قدرة على إفراز الأنزيمات المذيبة للتجلط كما تفرز إنزيم الهستامينيز المحفز لانتاج الهستامين في الأنسجة المصابة .

ج) خلايا قاعدية Basophils : تصطبغ بالصبغ القلوي ، نواتها غير منتظمة و مفصصة و تكون على هيئة حرف (S) و قليلة العدد و تختص بأفراز الهيبارين المانع للتجلط و ٥٠% من الهستامين المثير للأنسجة .

للخلايا المحببة و خاصة المتعادلة القدرة على مغادرة الدورة الدموية و التجمع في أماكن الإصابات و الالتهابات و أثبتت البحوث أن الحبيبات المنتشرة في السيتوبلازم هي أكياس أو تجمعات من الإنزيمات الهاضمة أو الأجسام المحللة.

٢- الخلايا غير المحببة Agrnulocytes:

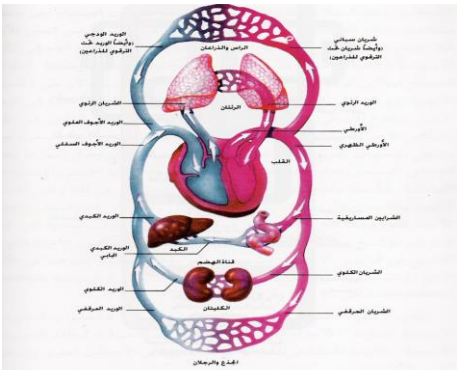
تمتاز بأنويتها الكبيرة و السيتوبلازم الرائق غير المحبب و الذي يشكل طبقة رقيقة حول النواة و تصنف إلى :

أ) الخلايا اللمفاوية lymphocytes : خلايا فاعلة في المناعة النوعية تنشأ من خلايا أم منقسمة في المراحل الأولى من حياة الجنين ثم تنقل إلى الكبد ثم نخاع العظم و يبقى نخاع العظم مولدا لا طيلة حياة الإنسان كما تنتج من خلايا الكبد و الطحال ، و لها دور هام في إنتاج الأجسام المضادة لحماية الجسم مما يغزوه من أجسام غريبة .

ب)الخلايا وحيدة النواة Monocytes أكبر خلايا الدم البيضاء حجما وكمية السيتوبلازم فيها كبيرة و نواتها كلوية أو على شكل حدوة الفرس ، لها قدرة على ابتلاع أجسام أو أنواع خلايا أخرى .

ج) صفائح دموية.Platelts

عبارة عن أجزاء سيتوبلازمية من خلايا كبيرة الحجم تكونت في نخاع العظام ثم انفجرت و تحرر منها أجزاء صفيحية ولها دور هام في تكوين الجلطة الدموية في الجروح.يتراوح عددها ٢٠٠ – ٤٠٠ ألف /مم٣ ، تلعب دورا هاما في التئام الأوعية الدموية الممزقة حيث تقوم في البداية بإفراز مواد كيميائية تعرف باسم عوامل التجلط ، و التي تعمل على إنتاج إنزيم البروثرومبينيز يقوم بتحويل بروتين البروثرومبين الموجود في البلازما إلى ثرومبين بوجود أيونات الكالسيوم ، يتحد إنزيم الثرومبين مع بروتين آخر في البلازما هو الفيبرينوجين و يتكون الفيبرين وهو عبارة عن خيوط لزجة تتشابك في منطقة الجرح و تحجز فيها بعض خلايا الدم الحمراء ويبدأ بعد ذلك التشابك مكونا تجلطا يسد الجرح و يوقف النزف ، و خلال عملية التصلب يسيل من الجلطة سائل أصفر باهت ه و المصل .



شكل (٧-١١) الدورة الدموية الرئوية والبدنية

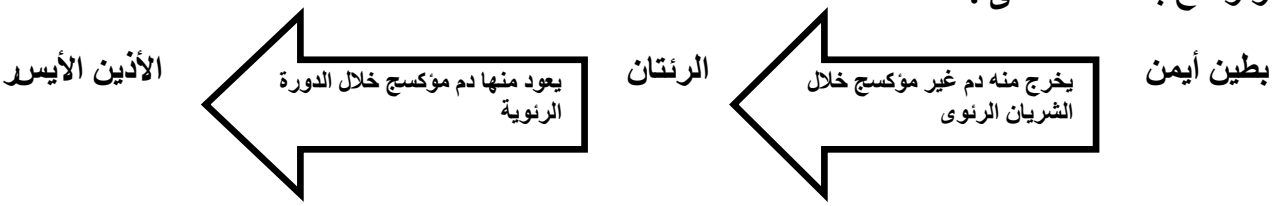
ج) البلازما Plasma : سائل أصفر باهت معظمه ماء (٩٢%) و أملاح غير عضوية مثل(أيون الكالسيوم والصوديوم والكلور) و البروتينات ونسب قليلة جدا من سكر وأحماض أمينية ، يوريا ، هرمونات ، إنزيمات أجسام مضادة (انتيجينات)

كيف يسير الدم المحمل سواء بالمواد الغذائية والأكسجين أو المحمل بالفضلات النيتروجينية وثاني أكسيد الكربون

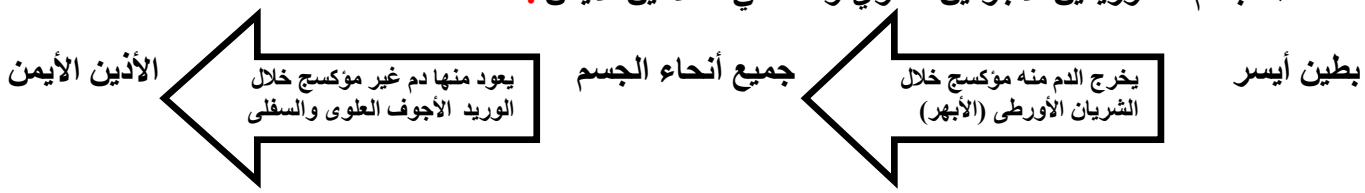
الدورة الدموية Blood circulation :-دورة الدم

الدورة الرئوية الصغرى:ومسارها يكون كالتالي (البطين الأيمن – الشريان الرئوي – الشعيرات الدموية في حويصلات الرئة – الروافد الوريدية في الرئة – أوردة جدران الرئة – الأوردة الرئوية – الأذين الأيسر) .

وتوضح بالمخطط التالى :



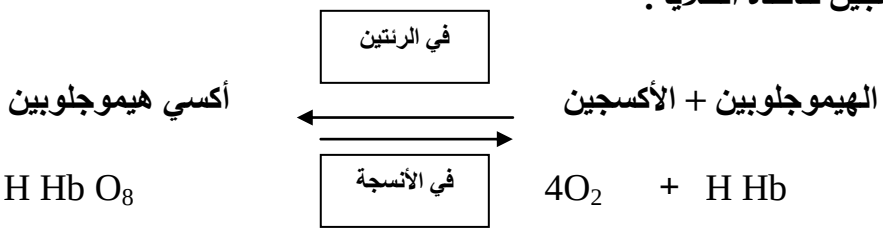
-(الدورة الدموية الكبرى أو الجسمية) ، و مسارها يكون كالتالي (البطين الأيسر – الشرايين المختلفة – الشعيرات الدموية في الأنسجة – الأجزاء الوريدية من الشعيرات الدموية – الروافد الدموية في الأنسجة – الأوردة المختلفة في أعضاء الجسم – الوريدين الأجوفين العلوي و السفلي – الأذين الأيمن .



الدورة البابية Portal circulation :يمثل الوريد الكبدي البابي الوعاء الدموي الرئيسي للدورة البابية ، و يبدأ الوريد الكبدي في التفرع إلى فروع كثيرة جدا و تتفرع هي الأخرى بدورها حتى ينتهي بها الأمر إلى شبكة من الشعيرات الدموية التي تتجمع لتكون أوردة صغيرة ، تلتقي لتكون أوردة كبدية تنقل الدم من الكبد و تصبه في الوريد الأجوف السفلي

<u>نقل غازات التنفس :</u>

١- نقل الأكسجين Transport Of Oxygen : يتقل الأكسجين بالذوبان في بلازما الدم بنسبة قليلة ، كما ينقل بواسطة كريات الدم الحمراء حيث يرتبط ارتباطا كيميائيا بالهيموجلوبين ، والهيم المكون للهيموجلوبين يسمى الجزء الفعال ، ويرتبط الأكسجين به ارتباطا خاصا حيث يحتوي الهيم على أربع ذرات حديد ، أي كل ذرة حديد في جزيء الهيم تتحد مع جزيء الأكسجين . وعندما يصل الدم إلى الشعيرات الدموية في أنسجة الجسم يتفكك الأكسي هيموجلوبين و يتحرر الأكسجين لتأخذه الخلايا .



٢ - نقل ثاني أكسيد الكربون CO_2 Transport Of :

أولا : في بلازما الدم :

أ - ينقل ٥% من ثاني أكسيد الكربون بالذوبان في بلازما الدم بالرغم من أن قابلية ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء أكبر من الأكسجين .

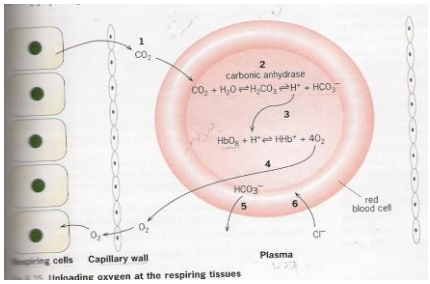
$$CO_2 \xrightarrow{\%٥} CO_2$$

ب- ٥ % من ثاني أكسيد الكربون تتحد مع ماء بلازما الدم مكونا حمض الكربونيك .

$$\%٥ \quad CO_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

حمض الكربونيك يتحلل ⟵ أيون الهيدروجين + أيون البيكربونات

أيون الهيدروجين + أيون البيكربونات + المنظمات buffers حيث أن المنظمات وظيفتها المحافظة على تركيز ثابت لأيون الهيدروجين في الدم .



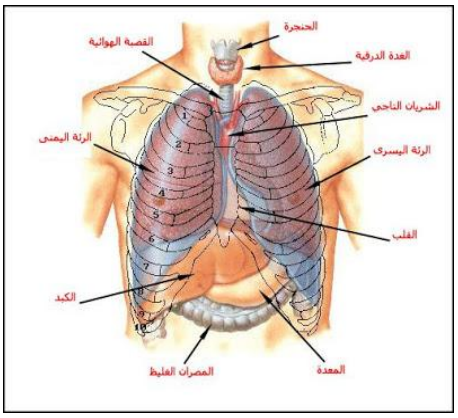
ثانيا : في كرات الدم الحمراء

١ -يدخل معظم CO_2 (٩٠%) إلى داخل كريات الدم الحمراء
٢ - ٦٠% منه يتحد مع الماء مكونا حمض الكربونيك حيث يتحلل الحمض مباشرة إلى أيون الهيدروجين و أيون البيكربونات .

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

٣ - ٣٠% من CO_2 يتحد مع الهيموجلوبين ليكون مركب كارب هيموجلوبين كربمينوهيموجلوبين (Carbamino haemoglobin) ، الذي يتحلل بسرعة عندما يصل الدم إلى الرئتين ، و ينتقل بواسطة الانتشار من الكريات الحمراء إلى البلازما زمنه إلى الحويصلات و يطرد في النهاية إلى الخارج مع هواء الزفير .

$$HbO_8 + H^+ \rightleftharpoons H\,Hb^+ + 4O_2$$



3-الجهاز التنفسي

الجهاز التنفسي هو أحد أجهزة الجِسْم الرئيسيّة التي تؤدي دوراً مهماً في الحفاظ على ديمومة عمل الجِسْم، وهو الجهاز المسؤول عن تزويد خلايا الجسم بالأكسجين وهو ضروري لأنشطة الجسم، وكذلك فإنّه يخلّصها من ثاني أكسيد الكربون.
بواسطة عمليّة التّنفس يحصل الجسم على الأكسجين، حيث أنّ المهمة الأساسية لهذا الجهاز تقوم على تهيئة اللقاء بين الدّم والهواء، فيقوم الدّم بأخذ الأكسجين من الهواء ويطرد ثاني أكسيد الكربون.

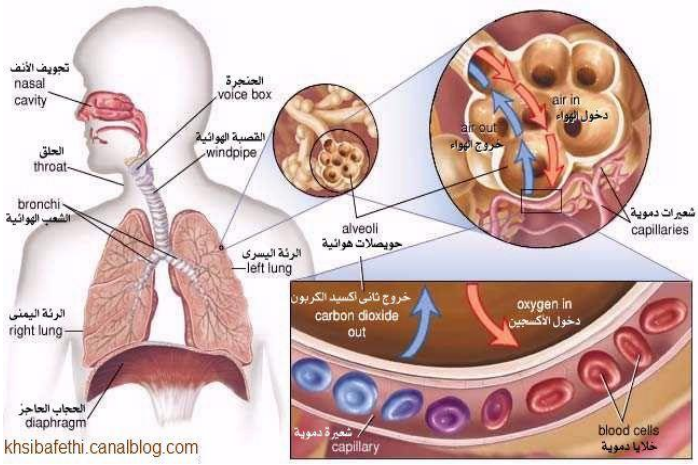
الجهاز التنفسي في الجسم قادر على سحب الهواء إلى داخل الجسم وإخراجه منه، فهو يتكوّن من أنابيب متفرّعة دقيقة، وتحتوي هذه التفريعات على حجرات صغيرة جداً يتم فيها تبادل الغازات في جدرانها، ويطلق على هذه العمليّة في الجسم عمليّة "الشهيق والزفير".

***مكوّنات الجهاز التنفسي:**

-القفص الصَّدري: يتكوّن القفص الصَّدري من مجموعةٍ من الأضلاع التي أخذت شكل القفص ومن هنا جاء اسمه، ويبلغ عدد هذه الأضلاع ٢٤ ضلعاً مرتبةً بشكلٍ معينٍ لتؤدي وظيفتها بشكلٍ جيدٍ، والتي تتلخّص في حماية مكونات وأجزاء الجهاز التنفسي من المؤثرات الخارجيّة، مثل الضربات والصدمات والكدمات.

-الأنف: هو عضو الشَّم في جسم الإنسان، فهو على شكلِ بروزٍ عظميّ يمتد بغضروفٍ طريٍّ، توجد في مقدمة الأنف فتحتان تسميان منخاراً أو الفتحات المنخاريّةً، ويتم من خلالها استنشاق الهواء، ويتصل الأنف بالبلعوم، كما أنَّ الطبقة الداخليّة المبطِّنة للأنف هي عبارةٌ عن مجموعةٍ من الخلايا الطلائية، وعددٌ كبيرٌ من الشعيرات الدمويّة والشعر، ويعدّل الأنف درجة حرارة الهواء الذي يدخل إلى الرئتين حسب درجة حرارة الجِسْم، كما أنّه ينقّي هذا الهواء الداخِل من الغبار والتراب والأشياء العالقة من خلال المخاط والشعر.

-البلعوم :يُعتبر البلعوم عضواً مشتركاً بين الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي، لأنّ الطّعام والهواء يمران معاً من خلاله، وهو عبارة عن أنبوبٍ عضليّ طوله تقريباً ١٢ سم، ويوجد غضروف صغير فوق الحنجرة يدعى "لسان المزمار" حيث يفصل الهواء عن الطعام، فعند دخول الهواء أو الماء فإنه هذا الغضروف يغلق القصبة الهوائيّة حتى لا يدخل الطعام أو الماء إليها فيختنق الإنسان، ولكن عند دخول الهواء فإنه يبقى مفتوحاً هذا الغضروف مما يسمح بمرور الهواء إلى القصبة الهوائية ومن ثم إلى الرئتين.



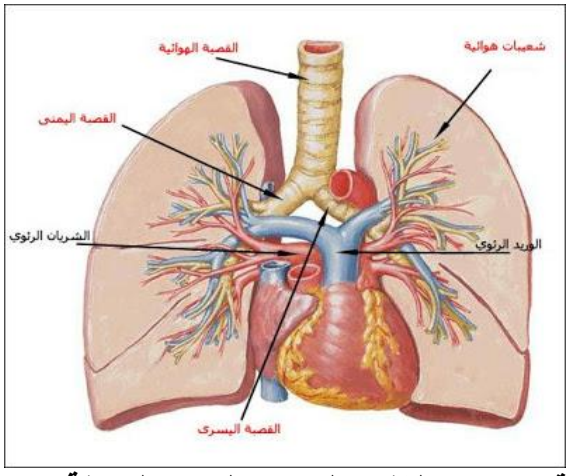
-الحنجرة : عبارة عن صندوقٍ غضروفيّ يقع في أعلى منتصف الرقبة من جهة اليمين من الجِسْم، وهي المسؤولة عن إصدار الأصوات عند التكلّم، فهي تحتوي على حبالٍ صوتيّة، وعندما يحاول الشخص التكلّم فإنه يُخرِج الهواء من رئتيه، ويمر بالحنجرة ثم يرتطم بالحبال الصوتيّة مما يسبب اهتزازها فيخرج الصوت.

-القصبة الهوائية : وهي أنبوب يتكون من غضاريف شبه دائرية تدعم الناحية الأمامية بينما يوجد في الناحية الخلفية

التي يستند إليها المريء عضلات ملساء وأربطة ليفية مارنة (fibroelastic ligaments) تصل نهايات الغضاريف ببعضها؛ فتكون وظيفة الغضاريف منع توسع

تجويف الرغامى فوق المطلوب، كما أن العضلات والأربطة تحافظ على قطر مناسب لتجويف الرغامى، وانقباض هذه العضلات وبالتالي تضَيُّق تجويف الرغامى يلعب دوراً في السعال كما يساهم انقباض العضلات في تنظيف مجرى التنفس.ويبطن القصبه غشاءٌ مخاطي ذو أهداب مهتزة مخاطية تستوقف الغبار، والجزيئات التي ترافقه، ويدفعها نحوالخارج فهذه الاهداب تعمل كالمكنسه، وعندما تصل هذه القصبة إلى الرئتين تتفرّع إلى قصبتين وكل قصبةٍ تدخل في رئة، وتوزع هذه القصبية الهواء على الرئتين.

-الشعب الهوائية :وهي عبارة عن قصيبات صغيرة كالأغصان، تتفرّع من الرغامي، ويشكّل مجموعها الشجرة القصبيّة.



الرئتان :هما عضوان اسفنجيّان مرنان، وتوجد الرئتان في الفراغ الصدري محاطتين بالغشاء البلوري الحشوي داخل حجرة جدارها من الضلوع والقص والعمود الفقري ودعامتهما الحجاب الحاجز.وهما عضوان إسفنجيان مرنان يشتملان على الشجرة القصيبية التي نتجت عن الحويصلات الرئوية.وينقسم جوف كل حويصلة إلى عدد من التحدبات هي الاسناخ الهوائية التي تزيد من سعة السطح الداخلي للهواء. تجتمع الاسناخ لتشكل حويصلات، وتجتمع الحويصلات لتشكل كتلا هرمية الشكل تدعى الفصيصات الرئوية.وتجتمع الفصوص الرئوية وعددها ثلاثة في الرئة اليمنى وفصّان فقط في الرئة اليسرى.

-الغشاء الجنبي (pleural membrane) يحيط بكل رئة غشاء ذو ورقتين يدعى الغشاء الجنبي، تلتصق الوريقة الداخلية بالرئة بينما تلتصق الوريقة الخارجية بالوجه الداخلي للقفص الصدري ويفصلها تتصل الرئتان بالقفص الصدري. يعمل على دعم الرئتين والجدار الصدري وهي تسمح للرئتين بالتمدد الأعظمي، كما تسمح لها بالحركة التي تنقلها لهما من جدار القفص الصدري .

-الأوعية الدموية الرئوية: يخرج الشريان الرئوي من البطين الأيمن فينقسم إلى قسمين ينفذ كل منهما إلى رئة ويسير محاذيا للقصبة الهوائية ويتفرع مثل تفرعها حتى ينتهي في محيط الأسناخ.فيتشكل حولها شبكات شعرية غزيرة، وينتج عن اجتماع الشعيرات فروع وريدية تتلاقى فتشكل وريدين في كل رئة وتخرج الأوردة الرئوية الأربعة وتصب في القلب في الأذين الأيسر وبما أن جدران الاسناخ الرئوية رقيقة جدا فيكون الدم فيها وهواء الاسناخ على اتصال مباشر بسطح واسع جدا وتتم عندها التبادل الغازي الرئوي.

ان عمليّة التنفّس التي تتمّ بشكل تلقائي يتحكّم فيها المخّ عموما ومركز التحكّم في التنفّس الموجود في المخّ خصوصا بحيث يصدر أوامر عصبيّة للعضلات التي تحيط بالتجويف الصدري وأهمّ هذه العضلات هي الحجاب الحاجز بحيث أن انقباض هذه العضلات يؤدي إلى زيادة حجم التجويف الصدري وبالتالي إلى تمدّد الرئتين وارتخاء العضلات يؤدي إلى صغر حجم التجويف الصدري وبالتالي انقباض الرئتين وهذا يسمح بعمليتي الشهيق والزفير أن يتمّان بصورة دوريّة.

ويتم تجديد الهواء داخل الرئتين بواسطة ظواهر ميكانيكية، أولها حركة العضلات التنفسية التي تعمل على تغيير حجم القفص الصدري أثناء الشهيق والزفير ،والتغلب على مقاومة الممرات الهوائية والجنبة الرئوية.وتنقسم عملية التنفس إلى مرحلتين متتابعتين بشكل متلاحق ومستمر هما الشهيق والزفير:

١.الشهيق (Inspiration): وهو عملية فاعلة، تتطلب جهدا من أعضاء الجهاز التنفسي، وخاصة العضلات لإدخال الهواء إلى الرئتين ١.الحجاب الحاجز :تتقلص عضلة الحجاب الحاجز فتهبط للأسفل فيتسع القفص الصدري عمودياً أو طولياً ويقل الضغط داخل الرئتين إلى أن يصبح اقل من الضغط الجوي فيندفع الهواء داخلهما.

٢.العضلات الوربية الخارجية:وتعمل على رفع القص ودفعه للأمام مما يزيد من حجم القفص الصدري من الأمام للخلف وجانبياً.

٢.الزفير (Expiration):وهو عملية سلبية أو تلقائية لا تتطلب جهدا لإخراج الهواء خارج الجسم، وإنما تأتي كنتيجة حتمية لعملية الشهيق ولكن في الحالات الاضطرارية ،تتدخل عضلات البط ن والعضلات الوربية الداخلية لتضيق القفص الصدري، فيرتفع الضغط داخل الرئتين فيطرد الهواء منهما عبر الممرات الهوائية خارج الجسم.

معدّل التنفس: يكون وقت الشهيق أطول من وقت الزفير، كما نلاحظ لحظة توقف عند نهاية الشهيق. ويتراوح معدل التنفس عند الرجل السوي بين ١٣- ١٨ دورة في الدقيقة وفي المتوسط ١٦ دورة في الدقيقة ويزداد هذا المعدل في حالات الحرارة والعمل، وهو عند المرأة أكثر منه عند الرجل بدورتين.

وتلعب الممرات الهوائية دورا هاما في التنفس فهى ليست مجرد قنوات صافية، وإنما تلعب دوراً في عمليتي الشهيق والزفير ،فأثناء الشهيق تتطاول وتتسع إلى أقصى حد لتسهّل مرور الهواء، بينما وقت الزفير يقل طولها وقطرها بفعل ارتفاع الضغط داخل القفص الصدري للإسراع في طرح الهواء وكذلك تقوم بطرح وإخراج الإفرازات التي يبلغ حجمها الطبيعي ١٥٠ مللتر يومياً ويزداد في الحالات المرضية.

***التبادل الغازي :**

تشكل الأسناخ أو الحويصلات الرئوية المكان الذي يتم فيه تبادل الغازات بين الهواء الجوي والأوعية الدموية، والطبيعة الفسيولوجية والتشريحية للأسناخ تسمح بهذا التبادل ذلك أن الأسناخ ذات جدار رقيق جداً، ومحاطة بشبكة من الشعيرات الدموية مساحتها حوالي ٧٠ م٢ تحتوي خلايا تفرز مادة خاصة وهي "فاعل السطح" أو surfactant (تحافظ على مطاطية الرئة واتساعها)، وخلايا بالعة، وأنسجة خاصة، وثقوب لكل هذه العوامل تعمل على تسهيل مرور الهواء من وإلى الأسناخ وتمر عملية التبادل الغازي بأربع مراحل هي:

١.تبادل الغازات بين هواء الجو والأسناخ، وتدعى التهوية الرئوية.

٢.تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الأسناخ والشعيرات الدموية.

٣.نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم.

٤.تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الشعيرات الدموية والخلايا.

***تأثير ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء الجو:**

١.عندما تكون نسبة CO_2 في الهواء المستنشق طبيعية ٠.٠٥% لا يحصل أي تغيير على تنفس الشخص.

٢. إذا ارتفعت نسبة CO_2 في هواء التنفس إلى ٣% يزداد عمق التنفس وتبقى سرعته بطيئة ويدعى ذلك فرط التهوية.

٣. إذا ارتفعت إلى حوالي ٥% تزداد سرعة التنفس وعمقه.

٤. إذا ارتفعت إلى حوالي ٦% تباطأت الوظائف الدورانية والتنفسية وأصابهما الخمول والهمود ويصاب الشخص بالصداع والدوار والإغماء.

<u>*تأثير نقص الأكسجين فى هواء الجو:</u>

إن النسبة المئوية للأكسجين في الهواء الجوي ٢٠.٩٥% فإذا انخفضت إلى أقل من ١٣% فإن التنفس سيزداد سرعة وعمقاً، وبذلك تزداد كمية الأكسجين في الأسناخ الرئوية فتطرد كمية CO_2 من الأسناخ فيقل عمق التنفس لفترة قصيرة يعود بعدها التنفس إلى عميقاً بسبب تجمع ثاني أكسيد الكربون ثانية، وهكذا يتغير عمق التنفس بصورة متناوبة بالزيادة والنقصان، ويدعى التنفس عندها بالتنفس الدوري المتناوب.إن ارتفاع نسبة CO_2 في الدم يحدث أثناء الوقف التنفسي وفي نفس الوقت ينخفض تركيز الأكسجين في الدم، فتتنبه مراكز التنفس الدماغية فتتسبب في زيادة عمق التنفس وسرعته، فتحدث" زيادة التهوية " وبسبب هذا تزداد نسبة الأكسجين وينخفض تركيز CO_2 في الدم فيزول تنبيه المراكز التنفسية الدماغية فتعود ثانية حالة الوقف التنفسي إن هذا النوع من التنفس يدعى تنفس شاين ستول وهو تنفس دوري متناوب يدل على خطورة حالة الشخص، ويحدث في المناطق المرتفعة.إذا ارتفع الضغط الجزيئي للأكسجين في هواء الجو فإنه سيحدث تخريشات في أنسجة الرئة، لذلك لا يجوز أن يتنفس الشخص أكسجيناً نقياً لفترة تزيد عن بضع ساعات إلا أنه من الممكن أن يتنفس مزيجاً غازياً مكوناً من ٦٠% أكسجين و ٤٠% لفترة طويلة دون أن يسبب أضراراً صحية.

<u>التنظيم عقب عملية التنفس :</u>

إن عمل جميع أعضاء الجهاز التنفسي بشكل متناسق ومنسجم ومنتظم ومتواتر يتم تحت تأثير الجهاز العصبي الذي يحتوي على مراكز خاصة للتنفس في البصلة السيسيائية وفي الحدبة الموجودة في منطقة الجسر من الدماغ وتشترك عدة أجزاء عصبية وكيماوية في تكوين الجهاز العصبي المنظم للتنفس وهي المستقبلات والعصبونات التنفسية الحسية ومراكز التنفس الدماغية والأعصاب التنفسية الحركية.

١.المستقبلات التنفسية : وهي عبارة عن مستقبلات كيميائية حسية توجد على جدران الشريان الأبهر والشريان السباتي العام. وتتأثر بالتغيرات الكيميائية في الجسم مثل نقصان الأكسجين أو زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون أو زيادة درجة الحموضة (نقصان العدد الهيدروجيني)

٢.العصبونات التنفسية الحسية : وهي ألياف عصبية تصدر من المستقبلات ومن مراكز التخوية ومراكز النطخ في الرئتين، والمستقبلات الموجودة على العضلات الملساء في المسالك التنفسية لتصل إلى مراكز التنفس العليا في الدماغ.فيصدر من مستقبلات الشريان السباتي عصب الجيب السباتي ويصل إلى مراكز الشهيق في البصلة السيسيائية ويصدر من مستقبلات الشريان الأبهر العصب المثبط. ويصل إلى مرئز الشهيق في البصلة، حيث يعمل هناك تشابكاً عصبياً حسياً ويتابع سيره إلى الأعلى ليصل إلى المركز الحدبي الناهي الموجود في الحدبة في منطقة الجسر الواقعة مباشرة فوق البصلة السيسيائية وتتعصب الرئتين والرغامى بالعصب الحائر (المبهم) الذي يصل إلى البصلة.

٣.مراكز التنفس الدماغي: توجد مراكز التنفس في: قشرة الدماغ وهي المراكز العليا

البصلة السيسيائية وهي: ١.مركز الشهيق : إثارة هذا المركز يؤدي إلى تقلص أو انقباض جميع عضلات الشهيق وإذا استمرت إثارته لفترة طويلة تؤدي إلى الموت بسبب تراكم ثاني أكسيد الكربون في الدم عن طريق طرحه للخارج.

٢.مركز الزفير : إثارة هذا المركز تحدث زفيراً طويلاً يستمر من دقيقتين إلى ثلاث دقائق ولا تؤدي إثارته المستمرة للموت حيث أنه بمجرد ارتفاع معدّل ثاني أكسيد الكربون في الدم يتنبه مركز الشهيق ويبدأ بالعمل فوراً وتحدث عملية الشهيق. وما تجب ملاحظته أن إثارة المركزين معاً تحدث تشنجاً شهيقياً ويتصلان فيما بينهما بأعصاب موصلة متبادلة.

الحدبة (الجسر) ١.مركز الشهيق العميق : يرسل هذا المركز التنبيهات إلى مركز الشهيق في البصلة لإطالة فترة الشهيق ويتم تنظيم هذا التأثير بطريقتين هما: ١-العصب الحائر (التائه)

٢-المركز الحدبي الناهي الذي يثبط مركز الشهيق. الذى يتلقى هذا المركز التنبيهات من مركز الشهيق ويرسل تأثيراته وتنبيهاته إلى مركز الزفير لإثارته من أجل إيقاف الشهيق

٤.الأعصاب التنفسية الحركية : وبعض هذه الأعصاب يصدر من قشرة الدماغ وبعضها يصدر من منطقة الجسر وتعمل تشابكاً آخر في النخاع الشوكي لتعطي العصبونات النهائية التي تصل عضلات التنفس لتنقل إليها أوامر الاستجابة.فالعصب الحجابي الذي يعصب الحجاب الحاجز يعمل تشابكه الثاني في الفقرة العنقية السابقة، بينما العصب الوربي الذي يعصب العضلات الور بين الأضلاع يعمل تشابكه الثاني في الفقرة الصدرية الأولى ،أما العضلات الهيكلية فتتعصب بالأعصاب القادمة من الدماغ.

أهمية الجهاز التنفسي:

للتنفس دور كبير في المحافظة على استمرارية النشاط داخل الجسم فبالتنفس يتم التخلص من ثاني اوكسيد الكربون الذي يعتبر تراكمه ضار لخلايا الجسم ويوازن فقدانه بالحصول على الأكسجين الذي يعتبر الوقود الذي لاتستمر الحياة بدونه لما له الدور الكبير في استمرارية العمليات الحيوية داخل الجسم وعملية التزويد بالأكسجين هي عملية مستمرة لاتنقطع. ونقصان الأكسجين يؤدي نقصان التروية إلى الدماغ وبالتالي تظهر اعراض الهوار والتعب على المريض عادة اما في حالة انقطاعه انقطاعا تاما فأنه يؤدي إلى إلى توقف عضلة القلب وبالتالي يعرض الإنسان إلى احتمالية كبيرة لفقده الحياة مالم يتم انعاش القلب والرئة من جديد في وقت محدد. اذن فالتنفس هي عملية ضرورية لامداد عضلة القلب بالأكسجين وبلتالي ضخ الأكسجين عن طريق الدم إلى سائر اعضاء الجسم وبالتالي تستمر عملية الحياة بانتظام داخل جسم الإنسان.

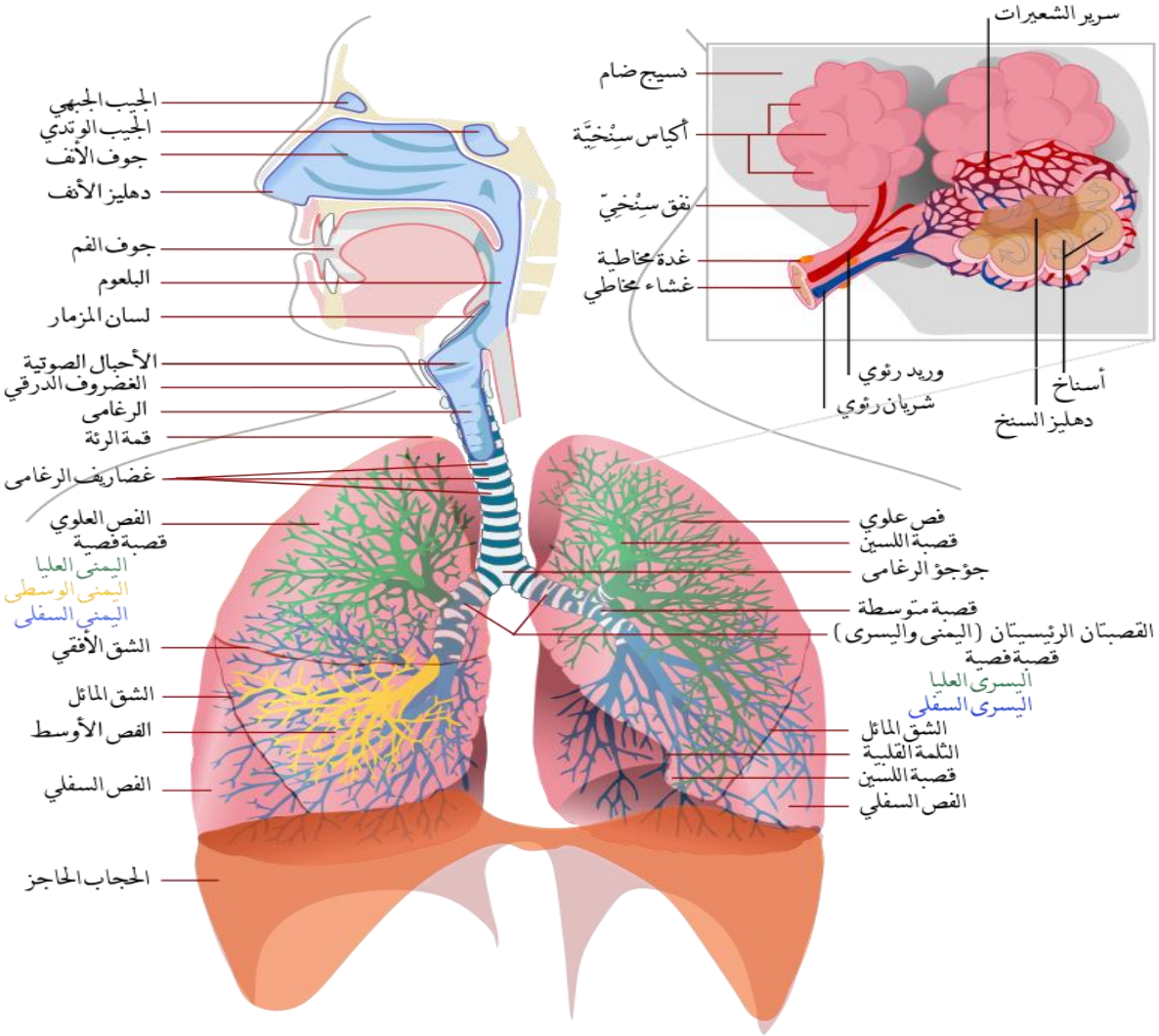
بعض الأمراض التي تصيب الجهاز التنفسي:

- **الربو: وهو من أكثر الأمراض شيوعاً، وهو انقباض مفاجئ للرئتين يخل بوظيفتها، وتزداد حدته عند التعرض لبعض المثيرات، مثل: الغبار والهواء.**
- **التليف الكيسي: وهو من الأمراض الوراثية، وتزداد حدته عند اندماج اللعاب والعرق مع الدموع.**
- **توسع القصبات الهوائية: وفيه تقل فعالية عملية الشهيق والزفير.**
- **مرض الانسدادي: وهو يتسبب في تآكل أنسجة الشعب الهوائية؛ مسبباً بهذا صعوبة في التنفس.**

- **التليف الرئوي: ويظهر هذا المرض على هيئة جروح أو ندوب على الشعب الهوائية.**

-كيفية الحفاظ على الجهاز التنفسي

- **التنفس عن طريق الأنف، والابتعاد قدر الإمكان عن التنفس بواسطة الفم.**
- **ممارسة التمرينات الرياضية بشكلٍ منتظم، وخصوصاً رياضة المشي.**
- **الإقلاع عن التدخين، والابتعاد عن المشروبات الكحولية الضارة.**
- **عدم التعرض للهواء البارد، وخصوصاً في موسم الشتاء.**
- **تزويد الجسم بلقاحات ضد الأمراض التنفسية المختلفة.**



٤-الجهاز العصبى

الانفعالية

الانفعالية تعد من أوضح الخصائص و الصفات المميزة للكائن الحي ، إنها قدرته على التأثر بالبيئة المحيطة به و بالتغيرات التي تحدث داخل جسمه ، و الاستجابة لمؤثراتها بطريقة مفيدة له و لمعيشته . و عندما نحلل الانفعالية لأي كائن حي نجدها تتكون من العناصر التالية :

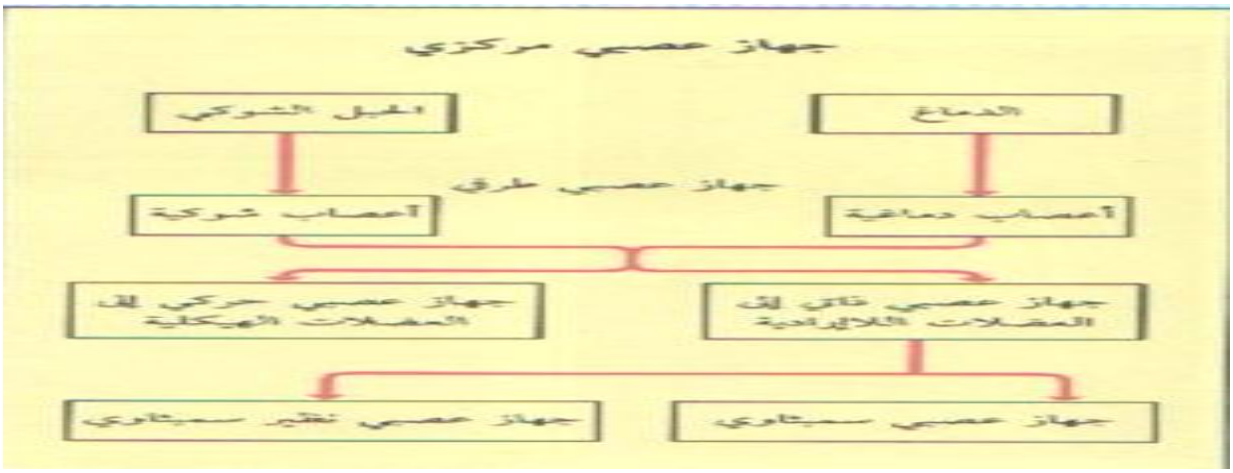
١ - **استقبال المؤثر و الإحساس به :**
يقوم به أعضاء الحس المختلفة في الجسم .

٢ - **التوصيل و التحليل و التنسيق :**
و نعني به نقل النبضات العصبية من أعضاء الحس إلي مراكز الجهاز العصبي ، لتحليلها و تحديد نوع الاستجابة و أعضاء الاستجابة . و قد يقوم مركز الجهاز العصبي بالاستجابة على أخرى وفقا لمتطلبات الموقف، أي أنه ينسق بين المؤثرات المختلفة و الاستجابة المناسبة لها .

٣ - **الاستجابة :**
و هي قدرة الكائن الحي على الرد على المؤثرات المختلفة بما يحافظ على حياته

الجهاز العصبي في الإنسان

وهب الله الإنســـان العديد من المواهب و القدرات و ميزه عن سائر مخلوقاته . و يعد الجهاز العصبي من أه م أجهزة الجسم و أكثرها تعقيدا ، والتعاون بين مختلف أجزاء الجهاز العصبي يحفظان للإنسان وحدته ، و لهذا تتغلغل الأعصاب و تتشابك و تتصل في مختلف مناطق الجسم . و تنظيم الجهاز العصبي في الإنسان يوضحه الشكل التالي :



يحتوى النسيج العصبي على وحدات بنائية ه ي الخلايا العصبية ، و خلايا أخري ضامة تسمي خلايا الغراء العصبي تدعم الخلايا العصبية و تنتشر بينها و لا دخل لها بالوظيفة العصبية . و تعد الخلية العصبية عالية التخصص . فالخلية العصبية قادرة على استقبال المؤثرات الحسية سواء من البيئة الخارجية أو الداخلية ولها القدرة على توصيل الإشارات العصبية إلى أجزاء الجسم المختلفة التي تستجيب لتلك المؤثرات وبذلك تعمل الخلية العصبية على التنسيق والتكامل بين نشاطات الأعضاء المختلفة.

مم تتركب الخلية العصبية ؟

تتركب الخلية من :

١ - جسم الخلية :

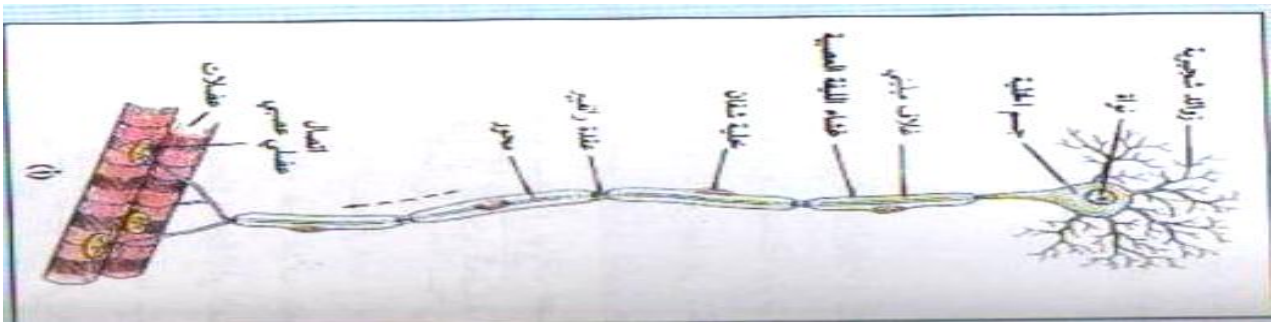
حيث تأخذ أشكالا متنوعة و أحجاما مختلفة . و تحتوى على نوا ة كبيرة فيها نوية واحدة ، يحيط بها سيتوبلازم يشتمل على شبكة من الليفات العصبية ، و على حبيبات غير منتظمة الشكل تدعي حبيبات نيسل . تكثر هذه الحبيبات أثناء راحة الجسم في السيتوبلازم و تختفي أو تقل بعد التنبيه القوي و المجهود الكبير الذي يبذله الجسم فهي تعتبر غذاء مدخرا تستهلكه الخلية العصبية أثناء نشاطها .

٢ - الزوائد السيتوبلازمية :

يبرز من جسم الخلية زوائد بنوعين :

أ) زوائد شجيرية : كثيرة التفرع حيث تشكل سطحا واسعا يستقبل السيالات من مصادرها المختلفة وتوصلها إلي جسم الخلية .

ب) الليفة العصبية : وهي زائدة واحدة على شكل محور تتطاول بعيدا عن جسم الخليةو تنتهي بتفرعات أو نهايات عصبية تتصل بجسم الخلية أو بالزوائد الشجيرية لخلية عصبية أخري أو بالخلايا العضلية أو الغدية . يحيط بالمحور غلاف متعدد الطبقات من مادة دهنية تسمي بالغلاف الميليني (الغمد النخامي) ، يعزل المحور عن محاور الخلايا العصبية الأخرى مما يزيد من سرعة انتقال السيال العصبي كما يحيط بالمحور و بالغلاف الميليني طبقة من خلايا خاصة تسمى خلايا شفان تؤمن الحماية و تشكل جوفا ينمو فيه محور الخلية الجديد الذي يتجدد عندما يصاب المحور السابق بالتلف .كما أن الغمد النخا مي ينقطع و يرق في مناطق منتظمة على طول المحور بين كل خليتين من خلايا شفان حيث يصبح غلاف الليفة العصبية على اتصال مباشر بالمحور و تعرف هذه النقاط بعقد رانفيير .



الألياف العصبية وبنيتها nerve fibers their structure

الليف العصبي nerve fiber هو الاستطالة الطويلة للخلية العصبية وما يحيط بها من أغلفة. تصنف الألياف العصبية إلى ألياف عصبية عديمة الميلين nerve fibers unmyelinated،وألياف صبية ميلينية myelinated nerve fibers.لا يحاط النوع الأول، بطبقة من الميلين، ويتواجد في المادة الرمادية (وهي تتكون إضافة إلى الألياف العصبية عديمة الميلين من أجسام الخلايا العصبية) وفي الأعصاب الطرفية. أما النوع الثاني فهو استطالات طويلة مفردة محاطة بالميلين، ولا تتواجد إلا في في المادة البيضاء (تتكون من ألياف العصبية المغلفة بمادة الميلين) وفي الأعصاب الطرفية. إذا قطع الليف العصبي، يظل الطرف المركزي منه الذي لا يزال مرتبطا بجسم الخلية العصبية حيث توجد النواة، قادرا على التجدد والنمو حيث يمكنه الحصول على احتياجاته كلها من مواد تصنع في جسم الخلية العصبية. وتختلف أنواع الألياف العصبية من حيث قطرها، ووظيفتها (حسية أو حركية)، وكونها مغلفة بالميلين أو لا. وتختلف كذلك سرعة انتقال السيالات العصبية فيها بحسب قطرها، وكونها مغلفة بالميلين أم لا. تنتقل السيالات العصبية في الألياف عديمة

الميلين أبطأ مما تنتقل في الألياف الميلينية، لأنها تنتقل في هذه الأخيرة بالقفز من عقدة رانفير إلى أخرى، بينما تنتقل في الألياف عديمة الميلين من النقطة المنبهة إلى النقطة المجاورة لها .

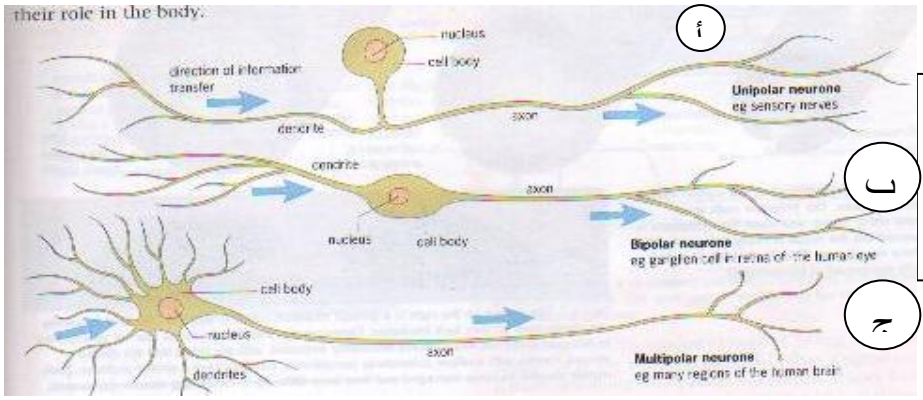
أنواع الخلايا العصبية :

يمكن تقسيم الخلايا العصبية من حيث الشكل إلي :

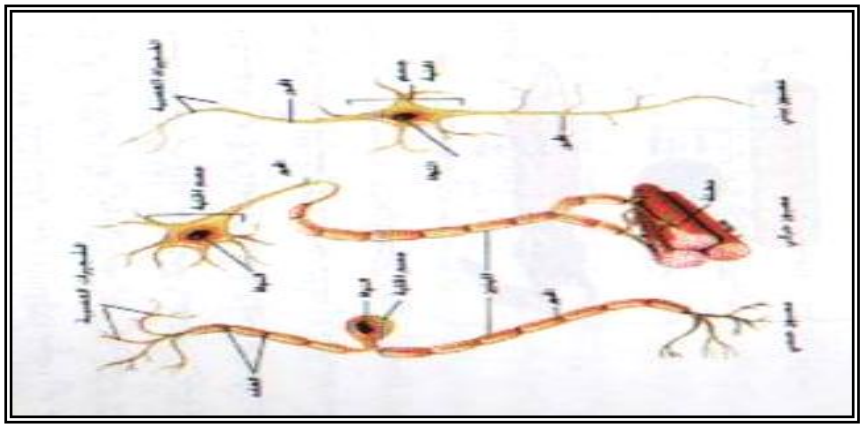
١ - خلايا متعددة الأقطاب.
٢ - خلايا ذات قطبين .
٣ - خلايا أحادية القطب .

أما من حيث الوظيفة فهناك ثلاثة أنواع رئيسة من الخلايا العصبية :

١ - الخلايا الحسية .
٢ - الخلايا الحركية .
٣ - الخلايا الرابطة .



الشكل يوضح تصنيف الخلايا العصبية حسب الشكل :
أ - وحيدة القطب



الشكل يوضح تصنيف الخلايا العصبية
حسب الوظيفة :
- حسية

تختلف الخلايا العصبية عن بعضها من حيث الشكل والوظيفة.

- **<u>استجابة الجهاز العصبي للمنبهات المختلفة</u>**

المنبه stimulus هو تبدل في الوسط الخارجي أو الوسط الداخلي بسرعة تكفي لاستثارة المستقبلات الحسية والخلايا العصبية وبالتالي توليد استجابة ملائمة لها.
تنتشر المستقبلا الحسية في كافة أنحاء الجسم، حيث أن بعضها يستقبل منبهات خارجية، وبعضها الآخر يستقبل منبهات داخلية. يتصل ليف عصبي بكل من هذه المستقبلات الحسية التي تنقل السيالات العصبية عبر الألياف العصبية المحيطة

باتجاه الجهاز العصبي المركزي. تستخدم الحيوانات هذه المستقبلات للحصول على معلومات عن بيئتها، ويكون كل مستقبل خاص بنوع من التنبيه. مثلا، تقوم مستقبلات الضوء في شبكية العين باستقبال الموجات الضوئية فحسب، بينما تقوم مستقبلات الحرارة باستقبال الطاقة الحرارية، أما مستقبلات الضغط فتقوم باستقبال الضغط.

*** أنواع المنبهات وخصائصها**

أنواع المنبهات:

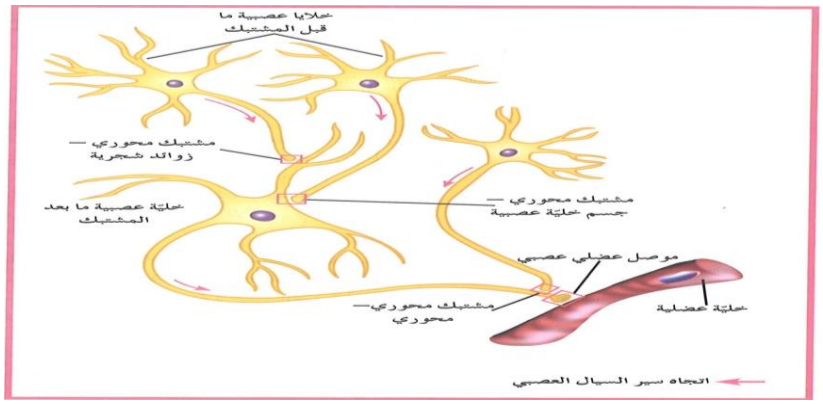
١. **المنبهات الكيميائية مثل المواد الكيميائية كالأيونات .**
٢. **المنبهات الميكانيكية مثل التغير في الضغط،**
٣. **الإشعاعات كالأشعة تحت الحمراء، أو إشعاعات الضوء المرئي، أو المجلات المغناطيسية.**
٤. **المنبهات الحرارية كالحرارة المرتفعة أو البرودة .**

- **المشتبكات العصبية synapses**

لا تلامس معظم الخلايا العصبية بعضها بعضا ولا تلامس الأعضاء المنفذة بل تفصل بينها مشتبكات عصبية. المشتبكات العصبية synapses ه ي أماكن اتصال بين خليتين عصبيتين أو بين خلية عصبية وخلية غير عصبية (خلية عضلية أو غدية). وهي تسمح بنقل السيال العصبي (الرسائل العصبية) من خلية عصبية إلى الخلية المجاورة .

المشتبكات العصبية نوعان، المشتبكات الكيميائية chemical synapses التي تنقل السيال العصبي خلالها على شكل مواد كيميائية .لا على شكل تيار كهربائي كما في المشتبكات الكهربائية (electrical synapses). توجد معظم المشتبكات الكيميائية بين النهايات المحورية للخلية العصبية والزوائد الشجرية للخلية التالية Axodendritic synapse كما يمكن أن تتواجد بين النهايات المحورية وجلسم الخلية Axoaxonic synapse. ويعرف المشتبك الموجود بين خلية عصبية وخلية عضلية بالموصل العضلي العصبي neuromuscular junction .

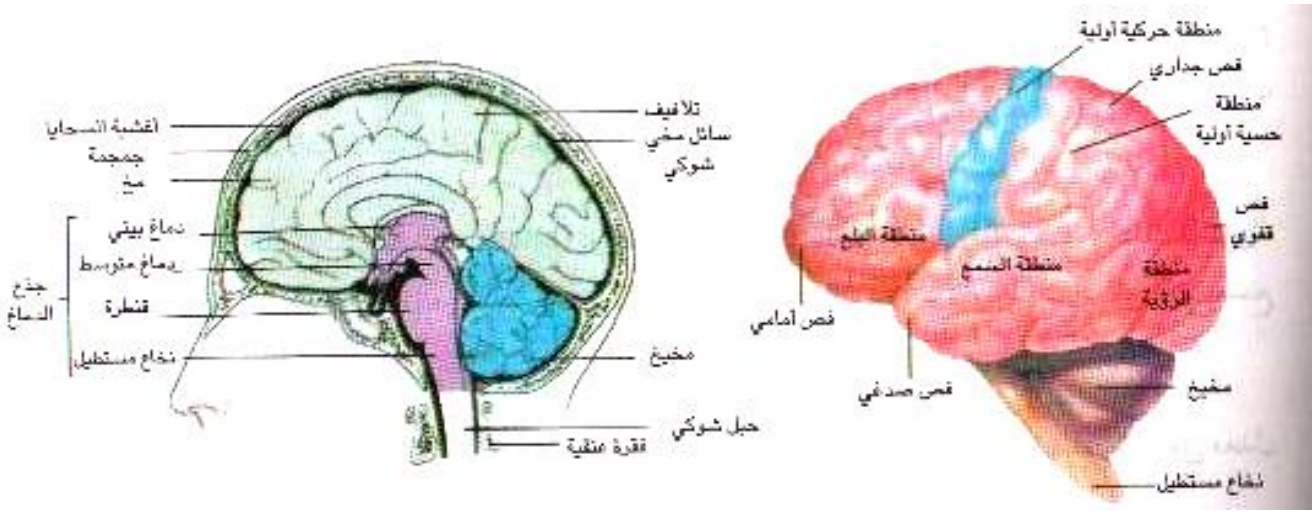
تنتقل الرسائل العصبية باتجاه واحد، عبر المشتبك الكيميائي، من تفرعات المحور العصبي لخلايا عصبية ما قبل المشتبك presynaptic neurons باتجاه خلية ما بعد المشتبك postsynaptic cell.



الجهاز العصبي

هو الجهاز الذي ينظم أوجه النشاط المتباين الذي تقوم به أعضاء الجسم المختلفة ويتعاون في هذا المجال مع الجهاز الهرموني ويعتبر الجهاز العصبي من أهم الأجهزة بالجسم وأكثرها تعقيداً.

يقسم الجهاز العصبي إلى ثلاثة أجزاء:



١ ـ الجهاز العصبي المركزي:

ويتألف من الدماغ والحبل الشوكي.

و هو الجزء المسئول عن التناسق و التكامل .

و يتألف الدماغ من :

١ـالمخ:

يعد المخ أكبر جزء في الجهاز العصبي المركزي ويشغل حيزاً كبيراً من الجمجمة

و تحيط بالمخ ثلاثة أغشية وظيفتها الوقاية والتغذية وهي من الداخل إلى الخارج الأم الحنونة والعنكبوتية والأم الجافية ويطلق على هذه الأغشية مجتمعة اسم الأغشية السحائية.

أ-الأم الحنونة:

وهي عبارة عن غشاء رقيق جداً يغلف المخ مباشرة ويتخلل جميع تجاعيده وعن طريق هذا الغشاء تنتشر الأوعية الدموية في المخ.

ب-الأم الجافية:

وهي عبارة عن غشاء سميك ليفي يبطن السطح الداخلي لعظام الجمجمة.

ج-الأم العنكبوتية:

وهي تلي الأم الجافية إلى الداخل غشاء رقيق يفصل بينها وبين الأم الحنونة ويسمى العنكبوتية ويفصل بين هذا الغشاء والأم الحنونة فراغ يسمى الفراغ تحت العنكبوتية ويملأ هذا الفراغ سائل يسمى السائل المخي الشوكي ويوجد هذا السائل أيضاً في قناة الحبل الشوكي، كما يملأ تجاويف المخ ويحمي هذا السائل المخ من آثار الحركات العنيفة والصدمات المختلفة كما يساعد على المحافظة على ضغط ثابت داخل الدماغ.

ويتألف المخ من ثلاثة أجزاء رئيسية هي نصفي الكره المخي والمخيخ وساق المخ.

نصفي الكره المخي:

تمثل الجزء الأكبر من المخ وتتركب من نصفين أيمن وأيسر يتوسطهما شق طولي

وتقوم القشرة المخية بوظائف هامة ترتبط بالأمور التالية:

- الإحساس الشعوري. - الحركات الإرادية. - التعلم والذاكرة.

المخيخ:

يعتبر المخيخ أكبر جزء في المخ بعد نصفي الكره المخي وكلمة مخيخ تعني المخ الصغير، ويوجد المخيخ في الجهة الخلفية للمخ أسفل الفص الخلفي للمخ ويحتوي المخيخ على مادة بيضاء في الداخل مكونة من ألياف عصبية ومادة رمادية في الخارج مكونة من أجسام الخلايا العصبية تسمى بقشرة المخيخ.

يؤدي المخيخ دوراً هاماً في تنظيم الحركات الإرادية والمخيخ يحفظ توازن الجسم بالتعاون مع الأذن الداخلية وعضلات الجسم بالإضافة إلى أنه ينظم الحركات الإرادية ويعمل على التنسيق بينهما.

ساق المخ:

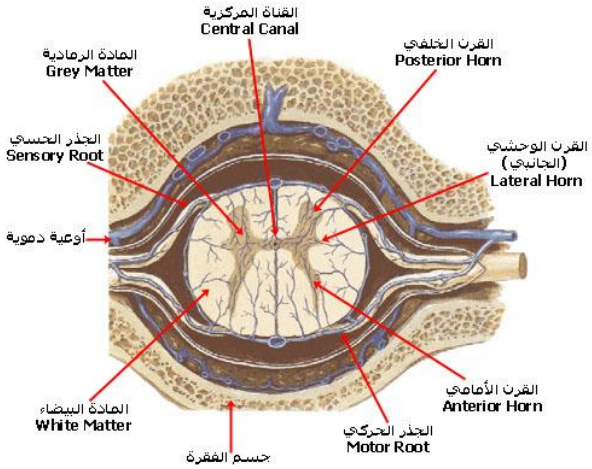
هو أصغر أجزاء المخ ويتألف من المخ الأوسط والقنطرة والنخاع المستطيل. تمر خلال ساق المخ الألياف الحسية التي تنقل الإشارات العصبية من الحبل الشوكي إلى أجزاء المخ الأخرى كما تمر فيه الألياف الحركية التي تحمل الإشارات العصبية من المخ إلى النخاع الشوكي بالإضافة إلى ذلك توجد في ساق المخ عدة مراكز انعكاسية ضرورية للحياة يطلق عليها مجتمعة اسم المراكز الحيوية وأهم هذه المراكز، المراكز التالية:

1- المراكز التنفسية . 2 - المراكز القلبية.

3- المراكز المنظمة لحركة 4 - الأوعية الدموية.

5- مراكز البلع والقيء والسعال.

ويتضح من ذلك أن ساق المخ جزء هام وضروري للحياة لوجود المراكز الحيوية فيه.



الحبل الشوكي:

هو جزء من الجهاز العصبي المركزي الذي يمتد داخل القناة الشوكية.

والقناة الشوكية عبارة عن قناة توجد داخل الفقرات على طول العمود الفقري يبدأ الحبل الشوكي من النخاع المستطيل في جذع المخ ويمتد إلى نهاية الثلثين العلويين من العمود الفقري ويبلغ طوله نحو ٤٥ سم والحبل الشوكي مجوف من الداخل لوجود قناة ضيقة فيه تسمى القناة المركزية ويجري فيها السائل الدماغي الشوكي.

يوجد في منتصف السطح الظهري للحبل الشوكي شق وسطي يقابله شق آخر في منتصف السطح البطني ويقسم هذان الشقان الحبل الشوكي إلى نصفين متماثلين تماماً ويتركب نسيج الحبل الشوكي من طبقتين - الداخلية منها هي المادة الرمادية وبها أجسام الخلايا العصبية والزوائد الشجرية والخارجية هي المادة البيضاء وقوامها الألياف العصبية.

تبدو المادة الرمادية للحبل الشوكي أن لها قرنين ظهريين رفيعين وقرنين بطنيين عريضان يدخل الحبل الشوكي بالقرب من السطح الجذر الظهري للعصب الشوكي في القرن الظهري بينما يخرج الجذر البطني للعصب الشوكي من القرن البطني توجد ألياف المادة البيضاء للحبل الشوكي على شكل حزم أو مسارات لكل منها وظيفتها الخاصة ويطلق على المسارات التي تحمل الإشارات العصبية إلى المستويات العليا من الحبل الشوكي إلى المخ اسم المسارات الصاعدة بينما تسمى المسارات العصبية من المخ إلى الحبل الشوكي المسارات النازلة.

وظائف الحبل الشوكي:

إن الحبل الشوكي هو المركز الرئيسي للأفعال الانعكاسية، وتقوم المادة الرمادية الموجودة بالحبل الشوكي بهذه الوظيفة . كما يعمل الحبل الشوكي كناقل أو موصل للإشارات العصبية حيث ينقل الإشارات العصبية من أجزاء الجسم المختلفة إلى المراكز الرئيسية في المخ كما يوصل الإشارات العصبية من المخ إلى أجزاء الجسم المختلفة، وتقوم المادة البيضاء بهذه الوظيفة.

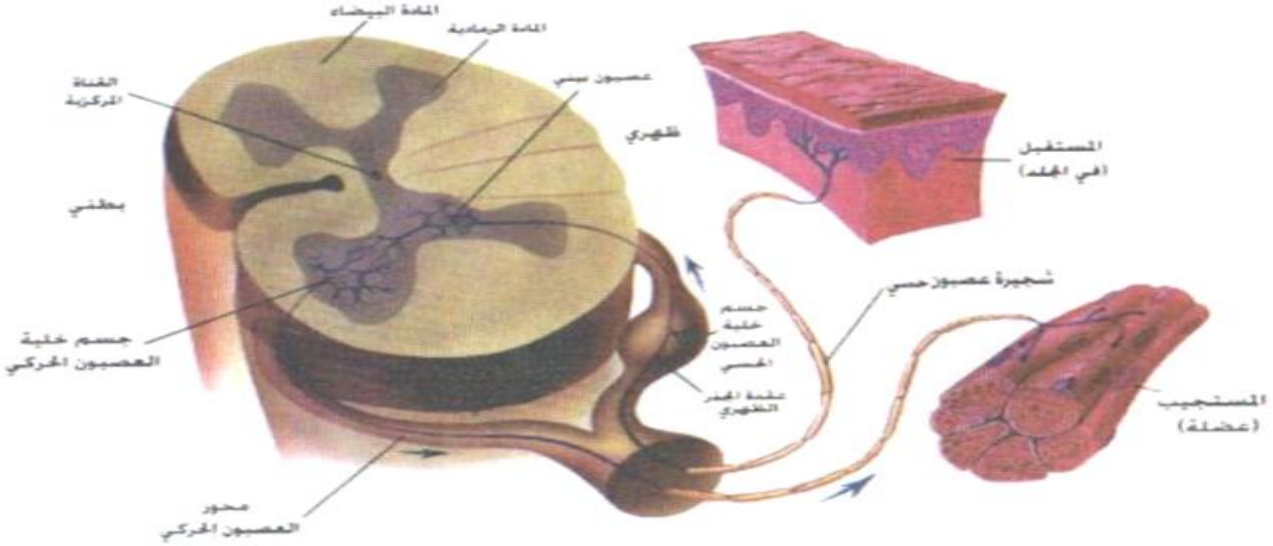
الفعل الانعكاسي:

هو أبسط أنواع النشاط العصبي ويظهر هذا النشاط على شكل حركة أو إفراز ويتكون القوس الانعكاسي من خمسة أجزاء وهي:

1- عضو الاستقبال مثل أحد أعضاء الحس 3 .- خلية عصبية رابطة.

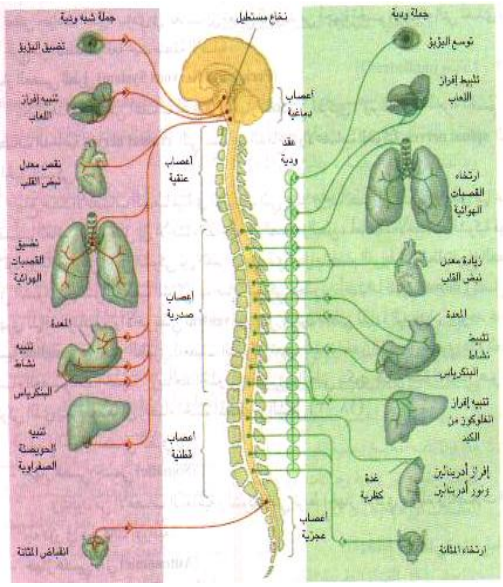
2- خلية عصبية حسية 4 .- خلية عصبية حركية 5 .- عضو استجابة مثل عضلة أو غدة.

شكل يوضح فعل منعكس



2 - الجهاز العصبي الطرفي:

ويقع خارج الجهاز العصبي المركزي ويتكون من الأعصاب الدماغية والأعصاب الشوكية ويقوم هذا الجهاز بنقل الإشارات العصبية من أعضاء الحس وأعضاء الجسم الأخرى إلى الجهاز العصبي المركزي ومن الجهاز العصبي المركزي إلى أعضاء الحركة. و يكون عدد الأعصاب الدماغية (١٢ زوجا) ، أم الأعصاب الشوكية عددها(٣١ زوجا)



3- الجهاز العصبي الذاتي:

ينظم هذا الجهاز النشاطات التي لا تقع تحت إرادة الإنسان . ويتكون الجهاز العصبي الذاتي من جزئيين: الجهاز السمبثاوي والجهاز جار السمبثاوي ويتكون كل جزء بدوره من مجموعة من العقد العصبية والأعصاب.

الجهاز العصبي السمبثاوي:

يتكون الجهاز من جذعين سمبتاويين يوجدان على طول جانبي العمود الفقري وعلى امتداد كل جذع توجد عدة انتفاخات هي العقد السمبثاوية وتوجد هذه العقد في المنطقتين الصدرية والقطنية فقط من الحبل الشوكي.

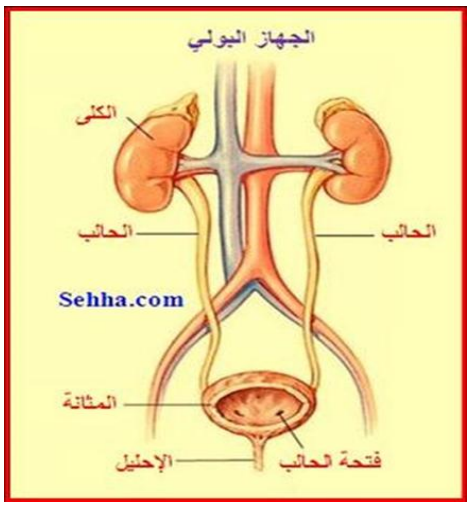
وظائف الجهاز العصبي السمبثاوي:

يعمل هذا الجهاز عمل جهاز الطوارئ فالإشارات العصبية التي تحملها الألياف السمبثاوية تسيطر على العديد من أعضاء الجسم الداخلية وتحدث فيها من التغييرات ما يساعد الجسم على مجابهة الظروف الطارئة أو المفاجئة التي يتعرض لها مثل الغضب أو الخوف أو الكره أو القلق أو الحزن أو الفرح ومن هذه الوظائف:

- إيقاف شعر الجسم بانقباض العضلات الموجودة في جذور الشعر.
- اتساع الشعب الهوائية فيسهل عملية التنفس.
- زيادة ضربات القلب في العَدْدِ والقوة.
- ارتخاء عضلات القناة الهضمية وانخفاض نشاطها.
- توسيع شرايين القلب والعضلات الإرادية في حين يسبب انقباض شرايين الجلد والمنطقة الداخلية وبذلك يزيد من قوة وكمية الدم المندفع إلى الأعضاء ذات القيمة الحيوية الكبيرة.
- يحول الغلوكوجين المختزن في الكبد إلى سكر في الدم.
- يسبب إفراز العرق.
ولهذا يمكن القول بأن هذا الجهاز يحدث من التغييرات الفيزيولوجية في الجسم ما يجعله مستعداً للقيام بمجهود عضلي شاق.

<u>الجهاز العصبي جار السمبثاوى:</u>
ويتكون هذا الجهاز من العصب الدماغي الثالث والسابع والتاسع والعاشر وكذلك من ألياف عصبية تخرج من الحبل الشوكي في منطقة العجزية ووظائف هذا الجهاز:
- يسبب ضيق إنسان العين. - يقلل عدد ضربات القلب وقوتها
- يسبب ضيق الشعب الهوائية - يسهب إفرازاته في القناة الهضمية.
- يسبب ضيق شرايين القلب. - يسبب انقباض عضلات القناة الهضمية ويزيد من نشاطها.
- يسبب انقباض عضلات المثانة البولية والمستقيم وبذلك يساعد عمليتي التبول والتبرز.

من حيث	الجهاز العصبي السمبثاوي	الجهاز العصبي جار السمبثاوى
التكوين:	يتكون الجهاز من جذعين سمبثاويين يوجدان على طول جانبي العمود الفقري وعلى امتداد كل جذع توجد عدة انتفاخات هي العقد السمبثاوية وتوجد هذه العقد في المنطقتين الصدرية والقطنية فقط من الحبل الشوكي.	ويتكون هذا الجهاز من العصب الدماغي الثالث والسابع والتاسع والعاشر وكذلك من ألياف عصبية تخرج من الحبل الشوكي في منطقة العجزية
الوظيفة	يعمل هذا الجهاز عمل جهاز الطوارئ/ إيقاف شعر الجسم بانقباض العضلات الموجودة في جذور الشعر. - اتساع الشعب الهوائية فيسهل عملية التنفس - زيادة ضربات القلب في العَدْدِ والقوة - ارتخاء عضلات القناة الهضمية وانخفاض نشاطها - توسيع شرايين القلب والعضلات الإرادية في حين يسبب انقباض شرايين الجلد والمنطقة الداخلية وبذلك يزيد من قوة وكمية الدم المندفع إلى الأعضاء ذات القيمة الحيوية الكبيرة - يحول الغلوكوجين المختزن في الكبد إلى سكر في الدم - يسبب إفراز العرق.	- يسبب ضيق إنسان العين. - يسبب ضيق الشعب الهوائية. - يقلل عدد ضربات القلب وقوتها. - يسبب ضيق شرايين القلب. - يسبب انقباض عضلات القناة الهضمية ويزيد من نشاطها. - يسبب إفرازاته في القناة الهضمية. - يسبب انقباض عضلات المثانة البولية والمستقيم وبذلك يساعد عمليتي التبول والتبرز.



الجهاز الإخراجي

الجهاز الإخراجي Excretory system ، هو جهاز عمله التخلص من المركبات والمواد الضارة بالجسم والناتجة من عمليات الأيض المستمرة.
ويتم التخلص من بعض المواد الإخراجية خلال الجلد والرئتين ، وبعضها يخرج عن طريق الكبد في الصفراء ، ويخرج البعض الآخر عن طريق الأمعاء على هيئة فضلات برازية (التبرز).
فالجلد يعتبر من الأجهزة الإخراجية ، فعن طريقه يتم إخراج ثاني أكسيد الكربون كما يحدث في الضفدعة و الأسماك ، كذلك الطبقة الخارجية من الجلد (الطبقة القرنية) تستبدل باستمرار بواسطة خلايا جديدة بدلا من تلك التي ماتت ويعتبر ذلك نوعا من الإخراج. إما بالنسبة للحيوانات الأرقى مثل الثدييات فيتم تكوين العرق الذي يخرج عن طريق الجلد ، وبدراسة تركيب العرق وجد أنه عبارة عن مكونات إخراجية تحتوي على الأملاح والماء والبولينا والدهون. و الرئتين يتم عن طريقهما التخلص من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون الناتجين من عملية الأيض. أما الكبد فهو أكبر غدة في الجسم وهو يقوم بالتخلص من المواد الضارة مثل بقايا الخلايا الهرمة (أصباغ الصفراء) ويتم التخلص من هذه المركبات بإطلاقها مع الصفراء إلى القناة الهضمية. كذلك يتخلص الكبد من النشادر بتحويله إلى صورة بولينا أو حمض البوليك.
وتعتبر الكليتان أعضاء الإخراج الرئيسية في الجسم حيث يتم التخلص من أغلب الماء والمواد النيتروجينية والغير عضوية الزائدة في صورة البول. ويتكون الجهاز البولي في الإنسان من الكليتين والحالبين والمثانة البولية ومجرى البول.
***الكليـتان:**
هما عضوان في القسم البطنى ، على الجدار الخلفى للبطن ، وإلى جانبى العمود الفقرى خارج البريتونى ، وكل منهما على شكل حبة الفاصوليا ، والكلى اليمنى أوطى من الكلية اليسرى بقليل ولكل كلية وجهان :- أمامى وخلفى وحافتان أنسية ووحشية وطرفان علوى وسفلى ، وكل كلية مغلفة بحفظة شحمية ليفية . الوجه الأمامى :- محدب وفي الكلية اليمنى ، يجاور الكبد والإثنى عشر والقولون ، وفي الكلية اليسرى يجاور الطحال والمعدة والبنكرياس والصائم والقولون وجزء من الوجه الأمامى في الكليتين مغطى بالبريتون . الوجه الخلفى: خال من البريتون ويجاور الحجاب الحاجز والجدار الخلفى للبطن والكلية اليمنى وحوض الكلية :- هو تجويف داخل الكلية معد لجمع البول ويتشعب من التجويف تجاويف صغيرة اسطوانية تسمى "الكؤوس" وفي قاع كل كأس "حلمة بولية" تفتح في قمتها قنوات تجمع البول والحوض مسطح من الأمام إلى الخلف وشكله ثلاثى وقاعدته تتجه إلى الكلية وقمته هي بداية الحالب .

الحالبـــان:
كل منهما قناة اسطوانية الشكل ممتدة من حوض الكلية إلى المثانة ومتوسط طول الحالب ٢٥ سم وينقسم حسب موضعه إلى قسمين : أ- القسم البطنى:- موضوع في الجدار الخلفى للبطن خارج البريتونى ، والقسم البطنى الأيمن يجاور من أمام الاثنى عشر والمساريقا واللفائف من الأنس ، الوريد الأجوف السفلى والقسم البطنى الأيسر يجاور البنكرياس والمساريقا والقولون المستعرض والقولون الحرقفى ومن الأنس يجاور الأورطى . ب- القسم الحوضى :- موضوع في الحوض يتجه أولاً إلى أسفل على جدار الحوض خلف البريتون ماراً أمام الأوعية الحرقفية الأصلية إلى محازة الحز العظيم الوركى ثم ينحنى إلى الأنسية حتى يصل إلى قاعدة المثانة وهو في الرجل قبل دخوله قاعدة المثانة موضوع أمام الحويصلة المنوية وتحت القناة الناقلة . أما موضعه في المرأة فهو على جانب عنق الرحم فوق الطرف العلوى للمهبل وخلف الشريان الرحمى ويدخل الحالب المثانة في زاوية قاعدتها ويسير في جدار المثانة سيراً منحرفاً مسافة ٢ سم تقريباً قبل أن يصب في تجويف المثانة .

المثانـــة :

هي مستودع معد لتجميع البول وهي موضوعة في الحوض ويختلف شكلها وحجمها حسب حالة الامتلاء والفراغ ولها قاعدة وقمة ووجهان علوى وسفلى " القاعدة " مثلثة الشكل تتجه إلى الخلف وتجاور في الرجل من خلف الحويصلات المنوية والمستقيم . وفي المرأة : الرحم والقمة تتجه إلى الأمام وأعلى خلف الارتفاق العاني ويمتد بينها وبين السرة رباط ليفى. "الوجه العلوى" : مثلث الشكل مغطى بالبريتون ويجاور الأمعاء . "الوجه السفلى" : يخلو من البريتون ويجاور على كل من الجانبين العضلة الرافعة الشرجية والعضلة السادة الباطنية ويفتح في وسط خلف هذا الوجه قناة مجرى البول محاطة بالبروستاتا وفي حالة الامتلاء ترتفع المثانة إلى البطن حتى يجاور وجهها السفلى الجدار الأمامى للبطن فوق الارتفاق العاني مباشرة ولا يوجد بريتون بينها ولذلك أهمية علمية في حالة عسر البول فيضع الطبيب إبرة مجوفة في المثانة فوق الارتفاق العاني مبلشرة دون أن يمس البريتون ويسحب البول بهذه الطريقة.(

المثانة مستودع يتجمع فيه البول وإذا امتلأت المثانة انقبض جدارها العضلى بواسطة منبه عصبي فيندفع البول إلى الخارج ويوجد حول فتحة المثانة الأمامية أي بداية قناة مجرى البول عضلة عاصرة تفتح لمرور البول . يدخل الحالب المثانة بانحراف في جدارها فإذا امتلأت المثانة يضغط جدارها على نهاية الحالب وبذلك يمنع رجوع البول إلى الحالب . وتفريغ المثانة يكون خاضعاً لإرادة الإنسان لحد معين إلا في الأطفال فالمثانة تفرغ نفسها كلما امتلأت لأن إرادة الطفل لم تتكون بعد .)

قناة مجرى البول:

١ـفي الرجـل

هي قناة لمرور البول والمنى إلى الخارج وتمتد من المثانة إلى الصمام البولى في نهاية القضيب وتنقسم إلى ثلاثة أقسام وهي :

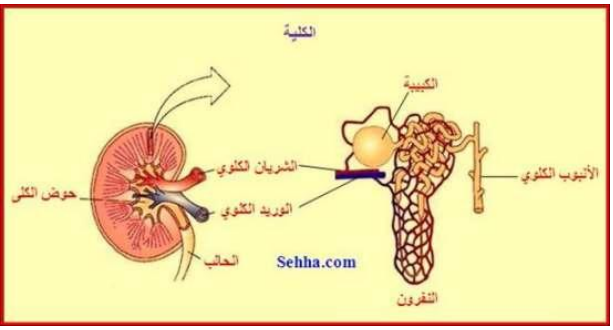
١.القسم البروستاتى :- وهو أوسع الأقسام ويتجه عمودياً تقريباً في وسط البروستاتا وتفتح فيه القناتان القاذفتان للمنى وقنوات البروستاتا .

٢.القسم الغشائي: وهو أقصر الأقسام يتجه إلى أسفل وموضوع بين صفيحتى الحجاب البولى التناسلى وتلتف حول هذا القسم عضلة عاصرة .

٣.القسم الأسفنجى:- هو أطول الأقسام وموضوع في الجزء الأسفنجى للقضيب

٢ـفي المرأة

هي قناة قصيرة تمتد من فتحة المثانة إلى الجدار الأمامى للمهبل وفتحتها الأمامية بارزة وموضوعة في قاع دهليز المهبل .



*** تكوين البول:**

النفرون nephron: و يعتبر النفرون الوحدة الوظيفية للكلى حيث تحيط به الأوعية الدموية و يتم تبادل السوائل و المعادن و بقايا المواد الناتجة عن العمليات الحيوية بالجسم حتى يتجمع في النهاية البول. فيمر البول من خلال النفرون إلى الأنابيب الكلوية التي تصب في حوض الكلى الذي يتواصل مع الحالب . و بذلك يمر البول إلى الحالب ثم إلى المثانة ثم إلى خارج الجسم من خلال الإحليل (مجرى البول).

و يصل الدم إلى الكلى من خلال الشريان الكلوي الذي يتفرع من الشريان الرئيسي في الجسم و هو الشريان الأبهر. و بعد أن يتم تنقية الدم في الكلى يعود الدم المنقى مرة أخرى إلى القلب من خلال الوريد الكلوي.

تتلخص طريقة تكوين البول داخل الكلية فيما يلى :

١.في أثناء مرور الدم في الشعيرات الدموية الموجودة في محفظة بومان مرشح منه سائل يشبه البلازما إلى حد كبير من حيث التركيب ما عدا المواد ذات الجزيئات الكبيرة مثل الدهون وبروتينات البلازما التي لا يمكنها أن تخترق جدار محفظة بومان ويسمى هذا السائل بالرشيح وهو يحتوى كل المواد التالفة كما يحوى بعض المواد النافعة مثل الجلوكوز والأحماض الأمينية

ويحدث ارتشاح البلازما على هذا النحو نتيجة لارتفاع الضغط في مجرى الدم ارتفاعاً نسبياً عى الضغط الموجود في محفظة بومان والأنبوبة البولية . فإذا ما كان ضغط الدم أدنى من مستواه العادى كما يحدث عند التعرض لبعض الصدمات مثلاً امتنع مرور السوائل من خلال الأغشية الدقيقة لمحفظة بومان . هذا بالإضافة إلى أن كمية السائل الراشح تتأثر أيضاً تأثيراً غير مباشر بالغدة النخامية والغدة الدرقية والغدة فوق الكلية وبعض المواد المألوفة كالقهوة والكحول والبيرة وأى تغير يطرأ على معدل جريان الدم في الكلية تنعكس آثاره على مقدار السائل الذي يرشح من خلال غشاء محفظة بومان .

١.يمر هذا الرشيح من محفظة بومان إلى الأنبوبة البولية التي لها القدرة على اختيار المواد الناقصة من سائل الترشيح وامتصاصها ولهذا فهي تمتص الماء والجلوكوز والفيتامينات وبعض الأملاح المعدنية وتحملها شعيرات الدم التي تتصل بالوريد الكلوى وتعيدها مرة أخرى إلى تيار الدم وتسمى هذه العملية بالامتصاص النوعى .

٢.تقوم بعض خلايا الأنابيب البولية التي لها القدرة على الإفراز بإفراز بعض المواد وإضافتها إلى البلازما المترشحة وبذلك يصير البول أكثر تركيزاً من البلازما ومن أهم المواد التي تفرزها الأصباغ والكرياتنين وحامض البوليك .

كما نضيف هذه الخلايا إلى السائل البولى بعض الإفرازات التي تستخلصها من الدم الذي يصلها عن طريق الوريد البابى وبهذا يتغير تركيب السائل البولى ويسمى حينئذ بالبول . يتجه البول بعد ذلك إلى حوض الكلية ماراً بأنابيب الجمع وتكون هذه الأنابيب بروزات هرمية الشكل تمتد في نخاع الكلية . والبروزات ذاتها تشبه حلمات صغيرة يجتلب منها البول بفعل انقباض بعض الحلقات العضلية التي تحيط بها . ويتصل حوض كل كلية بالمثانة البولية بواسطة أنبوبة جوفاء رقيقة الجدار تسمي بالحالب ويمتد الحالبان على جانب العمود الفقرى وبالطبع لا يكون جريان البول فيهما بفعل الجاذبية الأرضية إذ أن هذه العملية تستمر حتى تكون مضطجعين وحقيقة الأمر إن البول يتحرك في الحالبين بفعل حركة دودية تتم عن طريق موجات من الانقباضات العضلية الدائرية الممتدة في جدار الحالبين وتؤدى في النهاية إلى دفع البول في المثانة البولية .

والبـــول هو سائل أصفر اللون شفاف ذو رائحة مقبولة، حامضى إذا ترك في وعاء بضع ساعات يرسب منه في قاع الوعاء مادة صلبة ومتوسطة الكبر التي يفرزها الرجل في ٢٤ ساعة هي ١.٥ لتر ويحتوى البول على مواد عضوية أشهرها كلورات الصوديوم وحامض الفوسفوريك وحامض الكبريتيك ومركبات النوشادر ويتأثر البول من حيث كميته ومواده خصوصاً في حالة المرض فيظهر منه الزلال في أمراض كثيرة كالحميات وأمراض القلب والكليتين والسكر في مرض البنكرياس المشهور بالبول السكرى والبول ميزان حساس لحالة الجسم ولهذا السبب يفحص الطبيب في كل مرض تقريباً .

ويتراوح حجم البول الطبيعى للشخص البالغ ما بين ١.٢ – ١.٤ لتر في اليوم ويتوقف حجم البول على :-

١.عوامل غذائية:

زيادة تناول المواد البروتينية تؤدى إلى زيادة حجم البول نظراً لتكون مادة الهولينا والتي تتميز بأنها مدرة للبول . كمية السوائل التي يتناولها الشخص أو الغذاء الغنى بالماء كالبطيخ مثلاً

زيادة كمية الأملاح بالطعام تؤدى إلى الزيادة في حجم البول.

١.عوامل فسيولوجية:

يقل حجم البول صيفاً نتيجة لنشاط الغدد العرقية ويقل حجم البول بعد المجهود الجسمانى الكبير لمقابلة الزيادة في إفراز العرق . حالات بعض الأمراض العصبية يزداد حجم البول

يقل حجم البول ليلاً (١) ويزداد نهاراً (١.٢ لتر) .

١.عوامل مرضية:

في حالات البول السكرى يزداد حجم البول حالات زيادة ضغط الدم يصاحبه زيادة في الحجم.

حالات بعض الأمراض العصبية يزداد حجم البول عن المعدل الطبيعى .

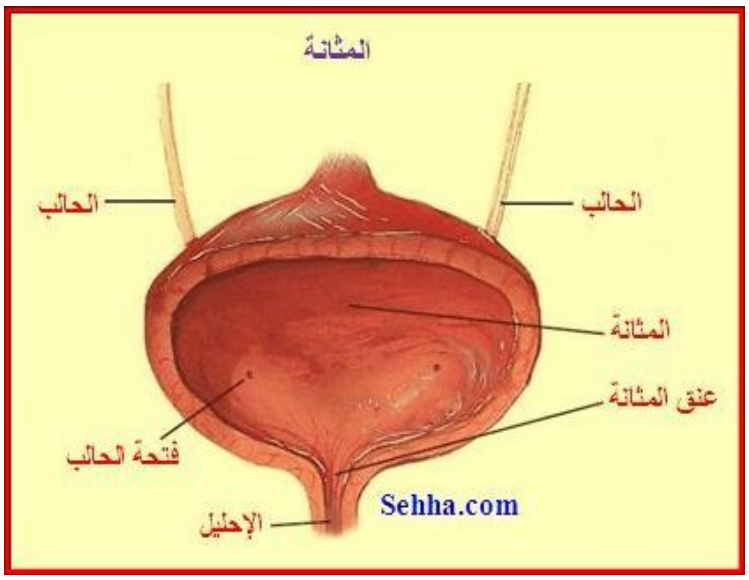
استعمال بعض الأدوية المدرة للبول .

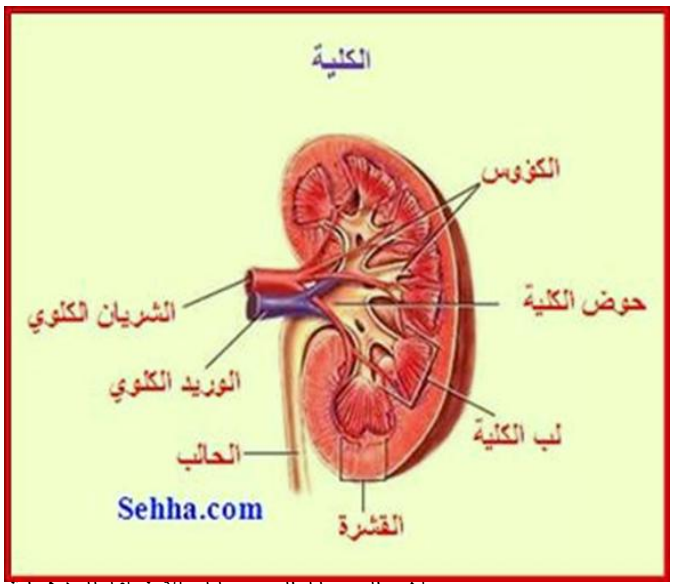
<u>من أمراض الكلى</u>

التهاب الكلى المزمن: هذا النوع من التهاب الكلى هو داء عضال ويغلب حدوثه بعد سن الأربعين.

أسبابه :
إن التهاب الكلى المزمن قد يكون مزمناً منذ البدء وقد يكون حاداً ثم يتحول إلى مزمن فيما بعد ولذا فإن أهم أسباب التهاب الكلى المزمن هي :-
١.التهاب الكلى الحاد الذي قد يتحول إلى التهاب مزمن إذا لم يعالج علاجاً كافياً وافياً .
٢.الزهرى في دوره الثاني . ٣.السل . ٤.الملاريا وخاصة إذا تركت مدة طويلة بدون معالجة .
٥.التسمم بالكحول والرصاص . ٦.تصلب الشرايين .
أعراضـــه:
تختلف أعراض التهاب الكلى المزمن باختلاف أنواعه فهناك ثلاثة أنواع ولكل واحد منها أعراضه الخاصة بهوهذه الأنواع هي :-
١.النوع الذي تصحبه تورمات أودمة Oedema .النوع الذي يوافقه ارتفاع في ضغط الدم .النوع الذي يصحبه زيادة في البولينا في الدم أوريميا .

أولاً :- التهاب الكلى المزمن الذي يصحبه تورمات : أهم أعراض هذا النوع هي :-
وجود تورمات دائمة وخاصة في الوجه والأجفان وكعب القدم وتمتاز هذه التورمات بأنها طرية وبأن الجلد الذي يغطيها يبقى شاحب اللون على عكس التورمات القلبية .
وجود الزلال بكميات كبيرة في البول .
شحوب لون المريض وانحطاط قواه البدنية وقلة الشهية واضطراب النوم .
ثانياً : التهاب الكلى المزمن الذي يرافقه ارتفاع ضغط الدم : أهم أعراضه :
١.ضيق التنفس عند التعب وأثناء النوم .
٢.نوبات الربو واحتقان الرئتين بالليل .
٣.الصداع الشديد والدوار .
٤.الرعاف المتكرر .
٥.الاضطرابات البصرية الناشئة عن نزيف في شبكة العين .
ثالثاً : التهاب الكلى المزمن الذي يصحبه زيادة في بولينا الدم : أهم أعراضه :-
١.الحكاك في جميع أنحاء الجسم .
٢.الدوار والصداع .
٣.القئ والاستفراغ .
٤.نقصان الشهية وشحوب اللون .
٥.احساس المريض بأن أحد أصابعه ميت





المراجع

١- فسيولوجيا جسم الانسان – عايده عبدالهادي –الطبعه الاولى – دار النشر الشروق -٢٠٠١
٢- الموسوعه العلميه الميسره – بيروت لبنان – ٢٠٠٢
٣- الأحياء – المديريه العامه للمناهج – الاردن – ١٩٩٨
٤-مذكره الاولمبياد الدولي للاحياء – اعداد اللجنه الفنيه للاحياء – .٢٠٠٦
٥-علم الأحياء الدقيقة للمهن الصحيه –تاليف:اليزابيث فونج-الفيرا فيرس(٢٠٠٣م)
٦-علم الأحياء-تاليف(د.رحاب رشيد طه-دار الكتاب الجامعى-٢٠١٢م).
٧-العلوم البيولوجيه د:كامل مهدى-دار القرا.٢٠٠٩
٨-علم الحيوان-د.جمال محمد-د.عريان جورج.٢٠١١
٩-علم الأحياء-بيتر هايفن-جوناثون لوسوس٢٠١٤م سلسلة الكتب الجامعية المترجمه.

١٠- موسوعة جسم الإنسان (القلب و الدم) تأليف : بريان فرد

١١- دليل المعلم و الطالب في علم الأحياء و الخلية تأليف : د أحمد رياض السيد حسن ومحمد رضا علي إبراهيم

١٢-فسيولوجيا جسم الإنسان . تأليف : عايدة عبدالهادي . دار النشر الشروق (الأردن – ٢٠٠١ م)

١٣-مجاهد ، أحمد محمد وآخرون علم النبات العام – مكتبة الأنجلو المصرية .
١٤-د:رحاب رشيد طه،علم الأحياء المجهريه فى الصناعه والتقنية الحيويه ط٢-دارالكتاب العربي-٢٠١٢م.
١٥-د:كامل مهدى،جمال محمد،عواطف النحاس- علم الحيوان-ط١-دارالفكرللطباعه ٢٠٠٣.

الجيولوجيا

نشأة الصخوروأنواعها

مقدمة

((وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ)) سورة الجاثيه آية ١٣

الصخور عبارة عن مواد صلبة تتواجد في الطبيعة، وتكون جزءا أساسيا في تركيب القشرة الأرضية . وتعتبر الصخور هي الوحدات الأساسية في بناء الأرض، وهي تتكون من بلورات أو حبيبات صغيرة تسمى معادن.

المعدن: عبارة عن مادة صلبة تكونت بظروف طبيعية غير عضوية ذات تركيب كيميائي محدد وله تركيب بلوري مميز .

الخواص الطبيعية للمعادن

إن نوع الذرات وترتيبها الداخلي في أي معدن لا يحددان خواصه البلوري فقط ولكنهما يحددان أيضاً خواصه الفيزيائية والكيميائية، ويمكن التعرف على المعادن بواسطة فحصها بالعين المجردة أو اختبارات طبيعية أو كيميائية أو ضوئية ، ويمكن تقسيم الخواص إلى :

١- الخواص البصرية.مثل(اللون، المخدش ، الشفافية ، البريق ، التضوء)
٢- الخواص التماسكية.مثل (الصلادة، التشقق، المكسر، المتانة، الوزن النوعي)
٣- الخواص البلورية للمعدن.
٤- الخواص الكيميائية.
٥- الخواص الخاصة . مثل (الخواص الحسية، الخواص الحرارية، الخواص الإشعاعية، الخواص المغناطيسية ، الخواص الكهربائية).

البلورة :عبارة عن جسم صلب متجانس التركيب الكيميائي ويحده أسطح ومستويات طبيعية تعرف بإسم أوجه البلورة وتتميز بوجود علاقات تماثل معينة، وتقسم البلورات إلى ستة نظم بلورية أساسية وذلك على أساس عدد المحاور البلورية وأطوالها والزوايا البلورية بينها، والنظم البلورية هي :

النظام	المحاور البلورية	الزوايا البلورية	البلورة
نظام المكعب	أ = ب = جـ	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	الألماس
نظام الرباعي	أ = ب ≠ جـ	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	الزيركون
نظام السداسي	أ١ = أ ٢ = أ ٣ ≠ جـ	أ١ = أ ٢ = أ ٣ = $120°$ β ⊥ على ثلاثتهم.	الكوارتز
نظام المعيني القائم	أ ≠ ب ≠ جـ	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	الكبريت
نظام أحادي الميل	أ ≠ ب ≠ جـ	$\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$ المنفرجه	الأورثوكليز
نظام ثلاثي الميل	أ ≠ ب ≠ جـ	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$	الميكروكلين

الأحجار الكريمة

الأحجار الكريمة أو الثمينة أو النفيسة هي أنواع مخ تلفة من المعادن المتبلرة مركبة من عنصرين أو أكثر(ما عدا الألماس الذي يتكون من عنصر واحد وهو الكربون) ، وتتكون أساساً من مادة السليكا مع وجود بعض الشوائب المعدنية، ويختلف نوع الحجر الكريم بإختلاف المادة المكونة بالإضافة إلى السليكا، وتتواجد عادة في مناطق ال طمي البركانية، كالحصى البركانية، وبخاصة في مناطق جريان الأنهار البركانية.

تركيب كل حجر كريم يختلف عن الآ خر من حيث الظروف والعناصر المكونة ونوع الشوائب المتداخلة خلال عمليات التكوين الأساسية. وتتفاوت درجة ألوانها بإختلاف درجة الشفافية الناتجة عن عدة عوامل منها نوع المعادن التي تدخل كشوائب على السليكون وبالتالي فإن عدد كبير ومتنوع من الأحجار الكريمة تتكون نتيجة لذلك.
وبعض الأحجار الكريمة تتكون في باطن الأرض على أعماق مختلفة، وقد تتحد مع عناصر أخرى أو تكون في صورة حرة، مثل الياقوت والزمرد والألماس التي توجد في بعض الأحيان على عمق ١٦٠ متراً تقريبا، ويخرج ضمن الحمم البركانية وناتج الزلازل الأرضية. وهناك بعض الأحجار الكريمة التي تتكون من نواتج عضوية مثل المرجان واللؤلؤ الذي كان يعد من أجمل وأغلى الأحجار الكريمة في الماضي ولا سيما لؤلؤ الخليج الذي اكتسب سمعة عالمية كبيرة. والكهرمان الأصفر الجميل.

زمرد

الأحجار الكريمة وقساوتها :
إن ما يميز الأحجار الكريمة عن المعادن الأخرى بعض الصفات الفيزيائية منها المتانة، الندرة،اللون، الصلابة أو القساوة، وهذه المقاييس والاعتبارات هي تأكيدات علمية لجودة الحجر،ويحتل الألماس بصلابته المرتبة الأولى ثم الياقوت، الزمرد، الياقوت الأزرق أو الزفير.

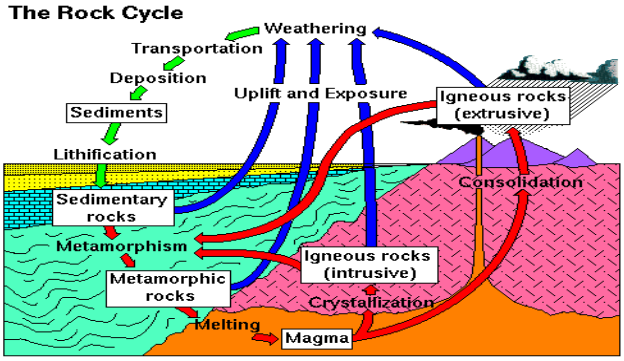
حساب الأحجار الكريمة :
إن وحدة قياس الوزن في الأحجار الكريمة الأساسية هي القيراط ويساوي خمس غرامات ٥١١ ويجب عدم الخلط ما بين القيراط وحدة قياس الجودة في الذهب فالقيراط كمقياس للوزن هي وحدة قياس فعلية اعتمدها التجار العرب ومن قبلهم تجار الصين والهند للوزن بالحبوب كطريقة مثلى في ذلك الوقت لوزن المعادن والاحجار الثمينة، بينما القيراط في الذهب هي وحدة قياس مجازية لجودة المعدن، بينما تقاس الأحجار الكريمة الأخرى الطبيعية أو النصف كريمة مثل الفيروز والعقيق والجمشت (سميت نصف كريمة نظراً لأنها أقل سعراً وجمالاً من الأحجار الكريمة الأساسية النادرة)، بوحدة الغرام في الكثير من الأحيان حيث إنه لا توجد ندرة في تلك الأحجار وتواجدها بكميات تجارية ضخمة.
إذا المعدن هو وحدة بناء الصخور. والصخور تختلف عن بعضها البعض من حيث أنواع المعادن المكونة لها وعلاقة هذه المعادن ببعضها البعض في الصخر الواحد.

وهناك ثلاثة أنواع من الصخور على حسب نشأتها وهي :

١-الصخور النارية تتكون نتيجة لتصلد مادة الصهير.
٢-الصخور الرسوبية ف هي الصخور ا لتي قد نشأت نتيجة تعرّض الصخور القديمة إلى التحطّم والتفتت والنقل والترسيب
ثم التماسك بطرق مختلفة ، وهي تغطي مساحات كبيرة من القشرة الأرضية.
٣- الصخور المتحولة وهي تكونت عن تحول الصخور الرسوبية والصخور النارية والصخور المتحولة القديمة إلى صخور جديدة تحمل صفات مختلفة عن الصخور الرسوبية والصخور النارية، وذلك نتيجة تعرّضها إلى عدّة عوامل، منها: الضغط الشديد، حرارة عالية أو كليهما.

دورة الصخر في الطبيعة: The Rock Cycle

الدورة الصخرية هي مجموعة من العمليات التي تبين نشأة أنواع الصخور: الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة وكيفية تكونها والعلاقة بينها.



يمكن تلخيص الدورة الصخرية الأساسية كالتالي ..

حيث تبدأ الدورة بإندفاع الصهير وتصلبه مكوناً الصخور النارية، سواءً كان ذلك فوق سطح الأرض أو تحتها، وتتعرض الصخور النارية للعوامل الخارجية مثل(التجوية والتعرية) فتبدأ بالتفتت، وينقل هذا الفتات بواسطة عوامل النقل إلى أحواض الترسيب (البحار والمحيطات)، ثم تتماسك هذه الرواسب أو الفتات بفعل المواد اللاحمة أو التضاغط أو إعادة التبلر لتكون الصخور الرسوبية، ومع تراكم الرواسب فوق بعضها يزداد الضغط عليها، ومع زيادة الضغط والحرارة تبدأ هذه المعادن بالإستجابة لهذا التغير فتبدأ عملية تكون معادن أخرى جديدة، وتتحول إلى الصخور المتحولة، ثم مع زيادة الضغط والحرارة تنصهر المعادن مكونة المجما التي تندفع بدورها من جديد مكونة الصخور النارية .... وتستمر الدورة، مع وجود علاقات متداخلة داخل الدورة الأساسية.

أنواع الصخور :(Igneous):

الصخور النارية، المتبلورة من الصهير، تشكل نحو ٩٥% من العشرة كيلومترات العليا، من القشرة الأرضية، والنسبة الباقية هي للصخور الرسوبية والمتحولة.

والصهير مكون أساساً، من عنصر الأكسجين O والسيليكا Si والألومنيوم Al والحديد Fe والكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg والصوديوم Na والبوتاسيوم K، إضافة إلى كميات، لا بأس بها، من الماء H_2Oوغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، وكميات قليلة من الكبريت، على شكل كبريتيد الهيدروجين H_2S ، ومن الكلور على شكل حمض الهيدروكلوريك HCl ، ومن الكربون على شكل أول أكسيد الكربون CO.

أنواع الصهير:

يوجد هناك أنواع متعددة من الصهير التي تتكون منها الصخور النارية، تختلف عن بعضها في درجة الحرارة ، ومحتواها من الغازات واللزوجة والتركيب الكيميائي والمعدني. وهذه الأنواع هي:

١. الصهير البازلتي : Basaltic magma

تتراوح نسبة SiO_2 من ٤٥ إلى ٥٥ % وزناً. ذو لزوجة منخفضة نسبياً ودرجات حرارة عالية تصل إلى 1200 درجة مئوية غني بعناصر الحديد Fe، المغنيسيوم Mg، والكالسيوم Ca، وفقير في عناصر البوتاسيوم K، والصوديوم Na وتوجد به نسبة منخفضة من الغازات . والصخور الناتجة من هذا الصهير هي صخور الجابرو والبازلت .

٢. الصهير الأنديزيتي : Andesitic magma

تتراوح نسبة SiO_2 من ٥٥ - ٦٥ % وزناً . تبلغ درجة حرارة هذا النوع من الصهير حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية متوسط اللزوجة وتوجد به كمية متوسطة من الغازات ويحتوي على نسب متفاوتة من K ,Na ,Ca, Mg , Fe . والصخور الناتجة من هذا الصهير هي صخور الأنديزايت والديورايت.

٣. الصهير الحمضي: Acidic magma

يحتوي على نسبة عالية من SiO_2 حيث تصل إلى ٧٥% وزناً . وتبلغ درجة حرارة الصهير ٨٠٠ درجة مئوية . عالي اللزوجة والمحتوى الغازي يحتوي على نسبة عالية من K و Na ونسب منخفضة من Fe , Mg , Ca . والصخور الناتجة من هذا الصهير هي صخور الجرانيت والريولايت.

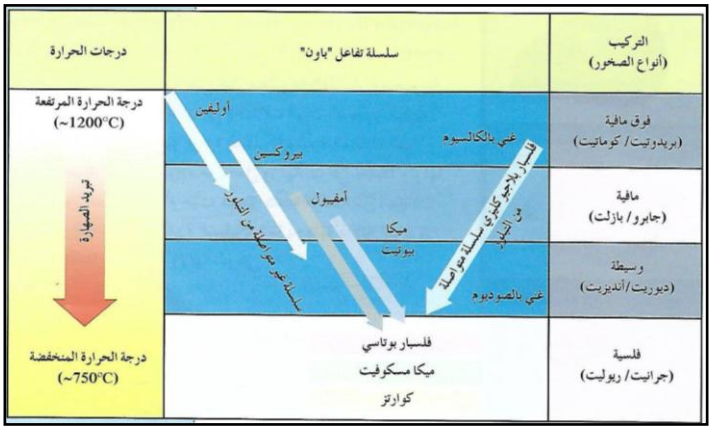
تبلور الصهير Crystalization of Magma

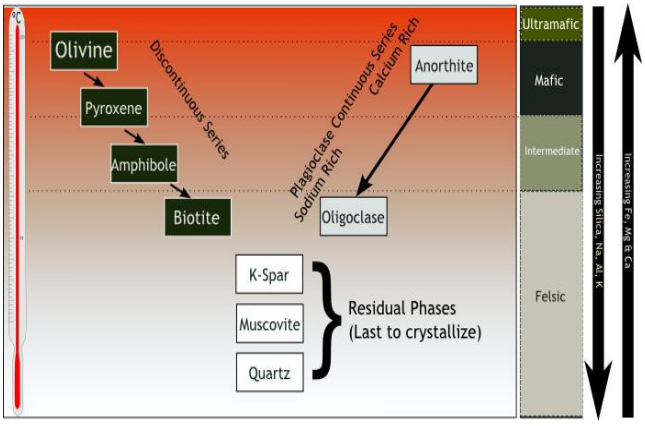
إن حرارة الصهير العالية في حالته السائلة، تجعل أيوناته حرة الحركة، دونما ترتيب معين. وبرودته تبطئ حركتها العشوائية، وتجعلها منتظماً، تحكمه شحنات الأيونات نفسها وحجومها . وينجم عن استمرار البرودة، وانتظام الأيونات وترابطها كيماوياً، ما يعرف ببلورة المعدن . ولا تتبلور جميع مكونات الصهير، في آن واحد، عند درجة حرارة واحدة، وإنما يتكون فيه عدة مراكز بلورية، يستمر نموها، بإضافة أيونات جديدة من الصهير إليها إضافة منتظمة . ولا يلبث نمو هذه المراكز أن يتوقف، وتتقابل حافاتها . بيد أن التبلور، يستمر في المواقع الأخرى إلى أن تتبلور جميع مادة الصهير مئونة كتلة من البلورات المختلفة المتماسكة، على شكل صخر ناري.

ويتحكم المعدل الزمني لبرودة الصهير، في عملية التبلور وحجم البلورات الناتجة . فعندما يكون معدل برودته بطيئاً جداً، فإن المراكز البلورية فيه تكون قليلة نسبياً؛ ما يتيح وقتاً ومكاناً كافيين ل نمو البلورة؛ ولذا يكون حجم البلورات كبيراً. وفي المقابل، عندما يكون معدل برودة الصهير سريعاً يتكون العديد من مراكز التبلور ما يجعل نمو البلورات يتوقف بسرعة، ولذلك، يكون حجمها صغيراً . أما إذا تعرض الصهير لبرودة مفاجئة، فإنه يتجمد في لحظات قبل أن تنتظم أيوناته على شكل بلوري؛ لذا يكون توزُّعها عشوائياً؛ وتكون الصخور الناتجة زجاجاً (غير بلورية).

(قاعدة تفاعل بوين):

وضع العالم بوين (Bowen) نموذج مثالي لتبلور الصهير القاعدي . بَنَى العالم بوين هذا النموذج على أساس أن أصل كل الصخور في القشرة الأرضية هو الصه ير القاعدي ويمكن من هذا الصهير تكون الأنواع الأخرى من الصخور النارية مثل الجرانيت وغيرها. وتبعاً لقاعدة تفاعل بوين، إذا كان معدل تبرد الصهير بطيئاً فالمعادن التي تبلورت أولاً لا تظل معزولة عن الصهير بل تتفاعل معه جزئياً أو كلياً وتكون معادن جديدة لها تركيب كيميائي أكثر ثباتاً (المعادن التي توجد أسفل السلسلة).





نسيج الصخر الناري Texture of Igneous Rock

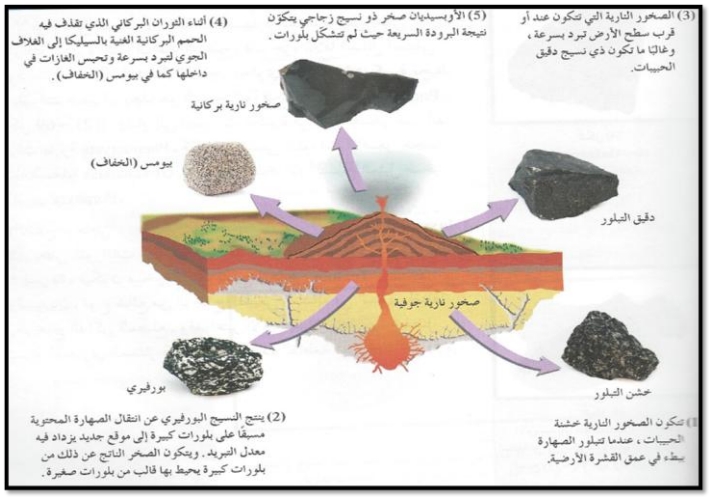
نسيج الصخور النارية يمثل المظهر الكلي للصخور اعتماداً على ترتيب وتداخل البلورات وهو يعكس بيئة تكوينها. وأهم العوامل المؤثرة في نسيج الصخور النارية هو:

معدل برودة الصهير الذي تبلورت منه. فعندما تكون مادة الصهير (الماجما Magm) في أعماق القشرة الأرضية على شكل باثوليت أو لاكوليت، يكون تبريدها بطيئاً؛ ويكون هناك وقت كافٍ لنمو البلورات إلى حجوم كبيرة . وتكون الصخور المتشكلة خشنة النسيج . ولأن هذه الصخور تكونت من الصهير داخل القشرة الأرضية، فإنها تسمَّى صخوراً نارية جوفية. أما إذا وصل الصهير إلى السطح قبل أن يتبلور فإنه يتدفق على سطح الأرض على شكل (لافا Lava)، فيبرد بسرعة قبل أن يتاح الوقت الكافي لنمو بلورات المعادن نمواً وافياً؛ ما يجعل حجوم بلورات الصخر المتكون صغيرة، أي

أن هذه الصخور تكون دقيقة النسيج، حتى إنه لا يمكن تمييز بلورات المعادن المختلفة المكونة للصخر بالعين المجردة . وتسمَّى الصخور التي تبلورت المعادن المكونة لها من الصهير فوق سطح الأرض، صخوراً نارية سطحية أو بركانية . ويوجد أحياناً، فراغات في الصخور النارية البركانية، على شكل فتحات كروية أو مستطيلة تسمى الحويصلات؛ وذلك ناتج من تسلل الغازات من الصهير عند التبلور، في الجزء الخارجي من طفوح اللافا.

أنواع أنسجة الصخور النارية

*هناك عدة أنسجة للصخور النارية تبعاً لسرعة التبريد كما في الشكل المرفق الذي يوضح الأنسجة التالي:



أنواع أنسجة صخور نارية

(١) النسيج خشن التبلور (خشن الحبيبات)

تتكون الصخور النارية ذات نسيج خشن الحبيبات، أي النسيج خشن التبلور **Phaneritic texture** ، عندما تتصلب كتل كبيرة من الصهارة ببطء بعيداً عن السطح . تتكون هذه الصخور خشنة الحبيبات من بلّورات كبيرة ومتساوية في الحجم تقريباً، تسمح بالتعرف على المعادن بدون استخدام المجهر .تنشأ الصخور خشنة التبلور، كالجرانيت والجابرو، عميقاً داخل القشرة الأرضية، ولا تظهر عند سطح الأرض إلا عندما تزيل عوامل التعرية الطبقات التي تعلوها .

(٢) النسيج دقيق التبلور (دقيق الحبيبات)

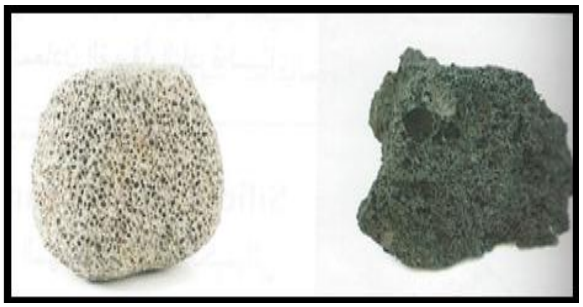
للصخور النارية التي تتكون على السطح أو ككتل صغيرة داخل القشرة السطحية حيث يكون التبريد سريعاً نسبياً، نسيج دقيق جداً من الحبيبات يسمي النسيج دقيق التبلور **Aphanitic texture** . البلورات التي تكوَّن الصخور تكون دقيقة التبلور صغيرة جداً بحيث يمكن تمييز المعادن الموجودة في الصخر بواسطة المجهر.

(٣) النسيج البورفيري

قد تتطلب كتلة الصهارة الكبيرة العميقة جداً عشرات إلى م ئات الألاف من الأعوام لكي تتصلب . إذا قامت الصهارة المحتوية على بعض البلوّرات الكبيرة بالثوران عند السطح، فإن جزء اللافا السائل المتبقي سيبرد بسرعة نسبياً . لذا يتكون صخر يحتوي على بلّورات كبيرة تحيط بها بلورات صغيرة، وهذا هو النسيج البورفيريّ ، يشار إلى البلورات الكبيرة في هذا الصخر على أنها بلورات بارزة في حين تسمي البلورات الأصغر حجماً الكتلة السفلية . ويسمي الصخر ذو النسيج المثيل صخر بورفيري.

(٤) النسيج الزجاجي

خلال بعض الثورانات البركانية تقذف الحمم إلى الغلاف الجوي حيث تبرد بسرعة، فيكون صخوراً ذات نسيج زجاجي الأوبسيديان، نوع شائع من الزجاج الطبيعي، مشابه في المظهر لقطعة من الزجاج الداكن المصنّع. وقد اعتبر الأوبسيديان مادة مهمة بفضل مكسره المحاري الممتاز ذي الحافة الحادة القاطعة الصلبة لصنع رؤس الأسهم والأدوات القاطعة.



(٥) النسيج الإسفنجي والفقاعي

يتضح في العديد من الصخور دقيقة التبلور وجود فجوات خلّفتها الفقاعات الغازية التي تسربت مع تصلب اللافا . تتصف هذه الصخور بنسيج إسفنجي أو قفاعي وتتكون هذه الصخور في المنطقة العلوية للحمم البركانية المتدفقة اللافا.

السكوريا والبيومس صخرتين بركانيتين. ويختلفان إلى جانب تركيبهما الكيميائي في أن السكوريا (بازلت فقاعي) صخر قاتم اللون يحتوى على فقاعات كبيرة الحجم، أما البيومس (الحجر الخفاف) (السكوريا والبيومس) يتميز بلون فاتح ونسيج إسفنجي.

(٦) النسيج الفتاتي الناري
تتكون بعض الصخور البركانية من دمج وتص لّب الفتات الصخري الذي يقذفه الثوران البركاني الشديد . قد تكون الجسيمات المقذوفة عبارة عن رماد دقيق، نطاف منصهرة أو كتل حجرية كبيرة ذات زوايا منتزعة من جدران فوهة البركان أثناء الثوران. الصخور النارية المتكونة من هذا الفتات الصخري ذات نسيج فتاتيّ . تسمي أحد الأنواع الشائعة للصخور النارية الفتاتية "الطفة الملتحمة " وغالبًا يبدو نسيجها شبيهاً بالصخور الرسوبية أكثر من الصخور النارية .

التركيب المعدني للصخور النارية: Mineral Composition of Igneous Rocks
يتوقف التركيب المعدني للصخور النارية على كيماوية الص هير الذي تبلورت منه معادن الصخر . وقد كان يفسر التنوع في التركيب المعدني للصخور النارية بإفتراض وجود أنواع مختلفة من الصهير تختلف في تركيبها الكيماوي . وفي الربع الأول من القرن العشرين، اكتشف الجيولوجي بوين أنه عندما يبرد الصهير في المعمل، فإن معادن محددة تتبلور أولاً، ومع تتابع انخفاض حرارة الصهير تبدأ معادن أخرى بالتبلور من الصهير المتبقي بعد تبلور المعادن السابقة. وبتتابع عمليات التبلور، يستمر التركيب الكيماوي للصهير المتبقي في التغير . ولأن المعادن التي تتبلور منه أولاً، تحت درجات حرارة عالية هي المعادن، ا لتي درجة ذوبانها عالية، وهي المعادن ذات المحتوى العالي من الحديد Fe والماغنسيوم Mg؛ فإن محتوى الصهير من هذين العنصرين يتناقص مع تبلور المعادن الغنية بهما . في حين تزداد فيه مع تتابع تبلور المعادن، نسبة السليكا Si، والصوديوم Na، البوتاسيوم K.

تصنيف الصخور النارية: Classification of Igneous Rocks
تصنف الصخور النارية على عدة أسس منها تركيبها المعدني وأنسجتها وألوانها. يمكن دراستها دراسة أولية بالعين والعدسة في الحقل، ويساعد الفحص المجهري في المعمل على استكمال الدراسة المبدئية.
وتم تصنيف الصخور النارية حسب عدة أسس، هي:

١- نسيج الصخر
يعد نسيج الصخر، أو حجم الحبيبات المكونة له، من أهم الدلائل على ظروف التبلور؛ إذ يدل النسيج الخشن على تبلور الصخور النارية من الصهير ببطء، داخل القشرة الأرضية (صخور جوفية). بينما يدل النسيج الناعم على تبلور الصخور النارية من الصهير بسرعة، على سطح الأرض (صخور بركانية).
٢- مكان التكون
وتصنف الصخور النارية على حسب مكان التكون والتصلد إلى:
١- الصخور الجوفية Plutonic Rocks
الصخور النارية الجوفية، صخور خشنة النسيج، ناجمة عن بطىء سرعة تبريد الصهير تحت سطح الأرض بعد، فبقيت حجوم البلورات كبيرة.
٢- الصخور السطحية (البركانية) Volcanic Rocks
الصخور النارية البركانية، صخور ناعمة النسيج، ناجمة عن سرعة برودة الصهير على سطح الأرض بعد خروج اللافا على سطح الأرض من فوهات البراكين ، فبقيت حجوم البلورات صغيرة.

٣- التركيب الكيميائي والمعدني:

على حسب نسبة المعادن الفاتحة (الفلسية) مثل الكوارتز والمسكوفيت والأرثوكليز والبلاجيوكليز، ونسبة المعادن الداكنة (المافية) الغنية بالحديد والمغنيسيوم مثل البيوتيت والأوجيت، والهورنبلند والأوليفين. تم تصنيف الصخور النارية على حسب اللون والتركيب المعدني إلى :

-صخور فاتحة اللون (تحتوي على أقل من ١٥% من المعادن المافية)

-صخور متوسطة اللون (تحتوي ١٥% -٤٠% من المعادن المافية)

-صخور داكنة اللون (تحتوي أكثر من ٤٠% من المعادن المافية)

وهناك تصنيف آخر على حسب نسبة السيلكا كالتالي:

أ- الصخور الحمضية :

وهي الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من السيلكا أكثر من ٦٥% من وزن الصخر وهي فقيرة بعنصري الحديد والمغنيسيوم، وتتميز بوزن نوعي قليل نسبياً ولون فاتح ، ومن أمثلة الصخور على هذا النوع :

الجرانيت Granite

الجرانيت صخر خشن النسيج ، جوفي، لونه فاتح، ومكون بشكل رئيسي من معادن الكوارتز والفلسبارات. كما يحتوي الجرانيت على نسبة ضئيلة من معادن الميكا والهورنبلند.

الرايولايت Rhyolite

تسمى الصخور النارية البركانية، التي تراوح فيها نسبة معدن السيلكا ٦٥%، وهي تشابه صخر الجرانيت من حيث التركيب المعدني، ولكن يختلف في مكان التكون وبالتالي نوع النسيج.

ب- الصخور المتوسطة

يقصد بالصخور المتوسطة تلك التي تركيبها يحتوي على نسبة من السيلكا من بين ٥٢ إلى ٦٥% ، وتكون نسب المعادن الفاتحة والداكنة فيها متساوية تقريباً، فتتميز بلون أخضر أو رمادي متوسط اللون، ويزيد وزنها عن الصخور الحمضية. مثل:

الدايورايت المروي Quartz Diorite

يسمى الصخر الناري الجوفي دايورايت مَرَوي، إذا كانت نسبة معدن الكوارتز فيه تراوح بين ٥ و٢٠% من بين نسبة المعادن الفاتحة ؛ وتشكل معادن البلاجوكليز أكثر من ٩٠%، من معادن فاتحة اللون، وإذا قلت نسبة معادن البلاجيوكليز وتراوحت ما بين ٦٥ – ٩٠% فإن الصخر يُعطى إسم المونزودايورايت المروي.

السيانايت Syenite

في هذا النوع من الصخور النارية الجوفية المتوسطة. ويشابهه صخر آخر في التركيب الكيميائي وهو التراكيت ولكن يختلف عنه في النسية ومكان التكون.

الأندسايت Andesite

صخر الأندسايت، هو أكثر الصخور النارية البركانية المتوسطة، احتواءً على معادن البلاجوكليز؛ إذ تزيد فيه نسبتها على ٩٠% من مجمل معادن الفلسبار، وهو يشابه نظيره صخر الدايورايت المروي، من حيث التركيب المعدني، لكنه يختلف في مكان التكون وفي النسيج.

ج- الصخور المافية (القاعدية) Mafic Rocks

الصخور المافية هي تلك التي ترتفع فيها نسبة المعادن المحتوية على عناصر مثل الحديد والماغنسيوم . ولأن المعادن المافية، تكون درجة انصهارها عالية فإن هذه الصخور تتبلور من الصهير أولاً قبل أن يفقد الكثير من عنصري الماغنسيوم والحديد. ومن أمثلة الصخور:

الدايورايت والجابرو Diorite- Gabbro

هذه الصخور النارية الجوفية، تكون نسبة معادن البلاجوكليز فيها ٩٠% أو أكثر، من معادن الفلسبارات؛ ولا يزيد محتواها من معدن الكوارتز على ٥%. وفي المجموع تكون نسبة السيلكا فيها من ٥٢ – ٤٥% .

البازلت Basalt

هو أكثر الصخور النارية البركانية السطحية تواجداً ، وهو يشابه صخري الدايورايت والجابرو، من حيث التركيب المعدني، ولكن يختلف في مكان التكون والنسيج.

علاقة اللون بالتركيب المعدني: Relation of color to Mineral Composition

من الصعوبة تحديد التركيب المعدني للصخر الناري في العينة اليدوية كالبيروكسين، والأمفيبول، بالإضافة إلى البلاجيوكليز الكلسي، وبالتالي تبدو هذه الصخور ذات لون قاتم . أما من الناحية الأخرى فالصخور الحمضية Acidic تتكون من معادن فاتحة اللون مثل الكوارتز والأورثوكليز والبلاجيوكليز الصودي، لذلك تكون فاتحة اللون . والصخور المتوسطة اللون تتكون من معادن فاتحة اللون وأخرى داكنة اللون وبالتالي يكون لها لون وسط بين الداكن والفاتح.

علاقة اللون بالوزن النوعي: Relation of Color to Specific Gravity

ترتبط ألوان الصخور النارية إرتباطاً قوياً بأوزانها النوعية . فالصخور الداكنة اللون تحتوي على معادن غنية بالحديد والماغنسيوم بنسبة عالية ومن ثم تكون أوزانها النوعية عالية ، بينما الصخور الفاتحة تكون أوزانها النوعية منخفضة بسبب عدم احتوائها على معادن غنية بالحديد والماغنسيوم . وهناك الصخور النارية المتوسطة في أوزانها النوعية وذلك لإحتوائها على نسبة متوسطة من معادن الحديد والماغنسيوم.
وعليه يجب تذكر القاعدة التي تنص على أن:"كلما كان الصخر داكناً كان وزنه النوعي عالياً والعكس صحيح".

الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تتكون الصخور الرسوبية من تماسك الرواسب الناتجة من عوامل التعرية والنحت التي تؤثر على الصخور الأخرى (صخور نارية- صخور رسوبية قديمة- صخور متحولة) .
فعوامل التجوية الكيميائية كالأكسدة والكربنة والذوبان تقوم بتحليل المعادن المختلفة المكونة للصخور . كما تقوم عوامل التجوية الفيزيائية كالتمدد والإنكماش بالحرارة والبرودة وتجمد المياه في شقوق الصخور وغيرها من العوامل بتفتيت الصخور. وتقوم عوامل النقل الميكانيكية المختلفة بنقل المعادن المتحللة إما على شكل مواد مذابة في المياه الجارية أو على شكل فتات صخري يحتوي على المعادن غير الق ابلة للذوبان. وعندما يضعف تيار الهواء أو الماء الحامل لهذه المواد، يبدأ ترسيب المواد غير القابلة للذوبان أما المواد المذابة فتترسب بعد بخر الماء المذيب لها ثم تتماسك هذه المواد المفتتة وتمتزج بمادة لاحمة حتى تظهر المفتتات في النهاية على شكل طبقة أو طبقات م تراكمة يطلق عليها الرواسب.
هذا بجانب مواد ورواسب عضوية كما هو الحال بالنسبة لطبقات الفحم التي كانت أصلا غابات وأشجار اندثرت ودفنت تحت الرواسب وكذلك تكوين الطبقات الجيرية العضوية فوق وداخل قيعان البحار والمحيطات تبعاً لتراكم قشور الحيوانات البحرية وهياكلها الجيرية الكلسية.
وتشكل الصخور الرسوبية غطاءً رقيقاً يغلف نحو ٧٥% من سطح الكرة الأرضية إلا أنها لا تكون سوى ٥% فقط من الحجم الكلي للقشرة الأرضية إلى عمق يصل إلى ١٦ كيلومتراً. وهذا الغطاء يختلف في سمكه من مكان إلى آخر . ففي حين نجده في بعض المناطق من العالم لا يزيد سمكه عن بضعة سنتيمترات – أو قد لا يوجد إطلاقاً – نجده في أماكن أخرى يصل إلى آلاف الأمتار في السمك.
وغالبية الرواسب أو الصخور الرسوبية توجد على هيئة طبقات تعرف بإسم (الصخور الطباقية) ويسمى السطح الفاصل بين أي طبقتين متتاليتين (بالسطح الطبقي).
وتمتاز غالبية الصخور الرسوبية باستدارة الحبيبات التي تتكون منها تلك الصخور وهذا دليل على تآكل الزوايا لتلك الفئات أثناء نقل تلك الحبيبات من مكان التفتت إلى مكان الترسيب، وذلك سواء بواسطة المياه أو الرياح أو الثلاجات.
وتتميز الصخور الرسوبية كذلك باحتوائها في الغالب على الحفريات المختلفة (Fossils).

بيئات الترسيب:

تتم عملية الترسيب في كل مكان على سطح الأرض ولكن أهم الأماكن التي تتم فيها عملية الترسيب بوضوح هي:
(١) البحار: هي أكثر الأماكن التي تتم فيها عملية الترسيب حيث تلقي الأنهار ما تحمل ه من مواد متفتتة وتحمل إلى البحر مزيداً من الأملاح المذابة وتترسب معظم رواسب الأنهار في المياه الضحلة نسبياً في المنطقة التي تبدأ من

الشاطئ حتى مسافة قد تبلغ ٣٠٠ كيلومتر داخل البحر. أما في المناطق التي تبعد أكثر من ذلك فتتراكم فيها رواسب دقيقة كأصداف الحيوانات بينما تترسب نواتج تفتت صخور الشواطئ بفعل تأثير الأمواج على شاطئ البحر على هيئة رمال وحصى.

(٢) البحيرات: بعض الأنهار تصب في بحيرات داخلية مقفلة، مثل نهر الأردن الذي يصب في البحر الميت – حيث تلقى كميات هائلة من الصخور المتفتتة والأملاح المذابة . ومعظم رواسب البحيرات العذبة عبارة عن حصى ورمال وطين وبقايا الكائنات الحية وبخاصة النباتات التي تحملها الأنهار لتلقي بها في هذه البحيرات ومن الأملاح التي تترسب في البحيرات الملحة ملح الطعام والجبس وكربونات الصوديوم المائية وغيرها.

(٣) السهول الفيضية هي نواتج ترسيب المواد المفتتة والأملاح المنقولة أثناء فيضانات الأنهار على سهولها الفيضية وضفافها.

(٤) الصحاري وسطوح الجبال تتجمع الرواسب على سطح اليابس دون أن يكون للماء أي دور في تجميعها . فعند سفوح الجبال والهضاب تتراكم كميات هائلة من الصخور المهشمة ، وفي الصحاري تتجمع أكوام الرمال بفعل الرياح (الكثبان الرملية).

(٥) الترسيب حول الينابيع هي التي تتكون عندما تتفجر الينابيع من باطن الأرض حاملة معها كميات كبيرة من الأملاح المذابة التي تترسب حول هذه الينابيع بعد تبخر الماء لتكون رواسب معدنية مختلفة مثل المعادن الجيرية.

وتتماسك حبيبات الصخر الرسوبي كالطفل والحجر الرملي والمواد الأخرى المفتتة نتيجة ترسيب مواد معدنية بين الحبيبات وهي ما يطلق عليه عملية اللحام الصخري، ومن أهم المواد اللاحمة الكلسيت والدلوميت والكوارتز وأكاسيد الحديد. وهذه أهم العمليات التي تحول أغلب الرواسب إلى صخور صلبة متماسكة.

كما يتم تماسك الحبيبات الدقيقة مثل رواسب الصلصال عن طريق الإ نضغاط مع وجود مواد لاحمة دقيقة في الفراغات الدقيقة جداً. وكذلك عن طريق التجفيف الصخري حيث تتعرض أسطح الرواسب الرطبة، إلى عملية التجفيف بمساعدة الهواء ويؤدي ذلك إلى تماسك جزئيات الصخر وإلتحام بعضها ببعض.

التركيب المعدني للصخور الرسوبية:

تختلف الصخور الرسوبية في تركيبها المعدني إختلافاً بيناً. ومن المعادن التي تدخل في تركيب الصخور الرسوبية:

(١) المعادن الطينية: حيث يكون الطين نحو ٨٠% من مجموع الصخور الرسوبية. والطين عبارة عن سيليكات الألمنيوم المائية $A1_2\ SiO_2\ (O_5\ H_4)$

(٢) الكوارتز: هو المعدن الأساسي المكون للرمال والصخور الرملية التي تكون نحو ١٥% من مكونات الصخور الرسوبية.

(٣) الكالسيت: ويكثر وجوده في الصخور الجيرية كالحجر الجيري. ويعتبر الكالسيت من أكثر المواد اللاحمة انتشاراً خاصة في الصخور الرسوبية ذات الحبيبات الخشنة.

(٤) أكاسيد الحديد: حيث توجد معادن الحديد مثل الهيماتيت والليمونيت في معظم الصخور الرسوبية كالرمال السوداء كما توجد أيضا كمادة لاحمة في الصخور الرملية.

(٥) الجبس: كبريتات الكالسيوم المائية.

(٦) الهاليت: كلوريد الصوديوم، ويوجد كل من الجبس والهاليت في رواسب البحيرات الملحة بعد تبخر مياهها.

أقسام الصخور الرسوبية:

تنقسم الصخور الرسوبية تبعا لأصل أو أساس تكوينها إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

(١) رواسب طبيعية أو ميكانيكية وهذه تتكون نتيجة لتراكم مواد مفتتة أو فتات صخور سابقة نقلت وترسبت بواسطة أحد عوامل النقل المختلفة كالرياح والمياه.

(٢) رواسب كيميائية تتكون هذه نتيجة لتراكم المواد المعدنية التي تتخلف بعد تبخر المحاليل التي كانت تحتوي عليها.

(٣) رواسب عضوية وهي نتيجة تراكم المواد الصلبة التي خلفتها الحيوانات والنباتات.

أولا: الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية):

على الرغم من إمكانية احتواء هذا النوع من الصخور على فتات من أنواع صخرية مختلفة، إلا أنه المعادن الطينية والكوارتز هي المكونات الأساسية للصخور الفتاتية. ويعتبر حجم الحبيبات معياراً أساسياً لتصنيف الصخور الرسوبية الفتاتية:

حدود الفئة	اسم حبة الفتات	اسم الفتات أو الراسب	اسم الصخر	النسيج
أكبر من ٢٥٦	جلمود	حصباء	كونجلوميرات أو بريشيا	خشن وذات حواف مستديرة للحبيبات
٦٤ – ٢٥٦	حصاة كبيرة			
٤ – ٦٤	حصاة			خشن وذات حواف حادة للحبيبات
٢ – ٤	حبيبة			
١٦/١ - ٢	رمل	رمل	حجر رملي	متوسطة الخشونة
٢٥٦/١ - ١٦/١	غرين طين	طين	غضار أو حجر طيني	ناعم

أمثلة على الصخور الرسوبية الميكانيكية:

١- الكونجلوميرات Conglomerate: صخور مكونة من الجلمود أو الحصى والرمل متماسك بعضها ببعض ، والقطع الكبيرة منها (الجلمود والحصى) مستديرة الشكل، نظرا لنقلها بواسطة الأنهار والمياه الجارية لمسافات طويلة وقد تتكون من قطع من الكوارتز أو قطع صخرية (تشمل أكثر من معدن) وذلك يتوقف على المصدر الأصلي لهذه الكونجلوميرات.

2- البريشيا Breccia: صخور مكونة من الجلمود أو الحصى والرمل متماسك بعضها ببع ض ، والقطع الكبيرة منها (الجلمود والحصى) لها حواف حادة ، نظرا لعدم نقلها لمسافات طويلة، وتترسب بالقرب من مكان تفتتها.

٣-الرمل والصخر الرملي Sands and Sandstones: يطلق لفظ رمل على كل صخر مفكك أو غير متماسك يختلف قطر حبيباته من ٢ ملليمتر إلى ١٦/١ مم ، ويصنف عادة إلى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق. إذا تماسكت حبيبات الرمل كونت ما يسمى بالحجر الرملي وحبيباته مستديرة الشكل أو شبه مستديرة وغالباً ما تتكون من معدن الكوارتز . ومعظمها يتكون من معدن الفلسبار والبعض الآخر قد يتكون من معدن الميكا . وإذا وجد معدن الماجنتيت في الرمل أضفى عليه لوناً اسوداً ويسمى في هذه الحالة بالرمل الأسود . وله قيمة اقتصادية هامة جداً حيث يوجد في هذا الرمل الأسود بعض المعادن المشعة التي تتكون من العناصر النادرة مثل اليورانيوم والثوريوم والسيريوم والزركيوم.

٤-الصخور الطينية Mud Rocks: الرواسب غير المتماسكة التي تتكون من حبيبات قطرها أقل من ١٦/١ مليمتر، هذه الرواسب تسمى بالطين (أو الغرين) وهو فتات من معادن طينية (سيليكات الألومنيوم المائية) وغالباً ما تختلط بالمواد الطينية بقايا نباتية متحللة أو متفحمة ومواد جيرية. ويختلف الطين في لونه تبعاً لنسبة المواد الملونة الموجودة به مثل أكاسيد الحديد أو المنجنيز التي تعطي الطين اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر . فإذا احتوى الطين على بقايا النباتات المتفحمة أو بعض كبريتيد الحديد فإن هذه المواد تعطي الطين لوناً اسوداً وإذا ارتفعت نسبة الجير (كربونات الكالسيوم) في الطين سميت التربة حينئذ بالتربة الطينية الجيرية.

ويحتوي الطين عادة على نسبة من الماء لا تتجاوز ١٥% وإذا فقد الطين هذه النسبة من الماء فإنه يتصلب ويتماسك ويسمى بالحجر الطيني. وإذا تماسكت الحبيبات على هيئة طبقات رقيقة أو صفائح نتيجة الضغط قبل أن يجف الطين فإن الصخر في هذه الحالة يسمى الصخر الطيني الصفائحي الرقيق السمك.

ثانياً: الصخور الرسوبية الكيميائية:

هي الصخور التي تكونت نتيجة لتراكم بعض أنواع المواد المعدنية المذابة في المياه والتي تخلفت نتيجة لتبخر الوسط المائي المذيب لها أو المحاليل التي كانت تحتوي عليها . والمعدن الذي يترسب أولا هو المعدن الأقل ذوباناً أما المعدن الأكثر ذوباناً فيترسب في النهاية.

ويمكن أن نُميز ثلاثة أنواع من الصخور الرسوبية الكيميائية على أساس تركيبها وهي:

(١) الصخور الجيرية غير العضوية:

تتكون نتيجة ترسيب كربونات الكالسيوم من المحاليل الجيرية المحتوية على كربونات الكالسيوم الهيدروجينية ومنها.

***الحجر الجيري غير العضوي.**

***الحجر الجيري الأوليتي.**

*** الهوابط والصواعد: وهي أعمدة جيرية تتكون في سقوف الكهوف وعلى أرضها، بعد أن يتبخر الماء الموجود بالمحلول المركز والمشبع بكربونات الكالسيوم وبعض الأملاح الأخرى.**

*** ترافرتين: وهي الرواسب الجيرية التي تتكون حول الينابيع المعدنية الحارة.**

*** الدولوميت: ويتكون من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم.**

(٢) صخور ملحية:

*** الجبس: من الصخور الملحية وهو عبارة عن كبريتات الكالسيوم ، ونتيجة لحرارة الشمس فإن مياه البحيرات المالحة تتركز بالمعادن نتيجة للتبخر الشديد حتى درجة التشبع ثم يبدأ المعدن الأقل قابلية للذوبان في الماء الترسيب أولاً فإذا وجد بالماء بعض الملح والجبس فإن الجبس يترسب أولاً مكونا الطبقات السفلى من الرواسب ثم يترسب الملح بعد ذلك مكونا الطبقات العليا.**

*** الملح الصخري: ويتكون كما سبق من ترسيب كلوريد الصوديوم من مياه البحيرات بسبب البخر الشديد.**

*** الأنهيدريت: ويتكون من ترسيب كبريتات الكالسيوم اللامائية مع الصخور الملحية الأخرى كالجبس وملح الطعام.**

*** رواسب ملحية بوتاسية: وهذه تترسب بعد ملح الطعام لأنها شديدة الذوبان في الماء.**

(٣) صخور سيليكية:

تتكون من ترسب السيليكا من المحاليل مثل الشيرت أو من ترسب السيليكا المذابة في مياه الينابيع الحارة.

ثالثا: الصخور الرسوبية العضوية:

هي الصخور التي تكونت من تراكم وتحلل هياكل الحيوانات بعد موتها والأصداف أو من تراكم بقايا النباتات والغابات القديمة في طبقات سميكة ثم تحللت هذه البقايا العضوية وتماسكت على هيئة صخور نتيجة للضغط الواقع عليها من طبقات الرواسب التي تعلوها.

(١) الصخور الجيرية العضوية:هي أهم أنواع الصخور الجيرية وأكثرها إنتشاراً بالأرض وتتكون كما سبق نتيجة لتراكم بقايا النباتات والحيوانات الصلبة المكونة أساساً من كربونات الكالسيوم أو الجير.

(٢) الفحم: أهم العناصر التي تؤدي إلى وجود الفحم هو وجود نباتات في الأراضي المنخفضة. وهذه النباتات وجدت في المستنقعات والشواطئ والسهول أيضاً. وبعد أن تراكمت هذه النباتات عند قاع الماء فإنها قد تكون دفنت تحت طبقات أخرى مترسبة وعندئذ يبدأ في التحلل الكيميائي والتغيير، ومن أنواعه (الفحم الحجري، فحم الخشب/الفحم النباتي ،فحم العظام/الفحم الحيواني ، السناج والكوك) .

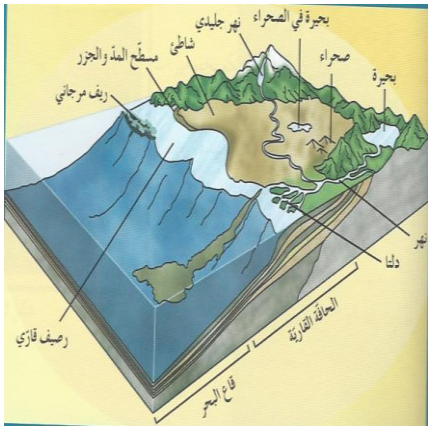
(٣) الطباشير: هو نوع من الأحجار الجيرية يمتاز بلونه الناصع وكذلك قلة صلابته فضلاً عن نعومة ملمسه. ويتكون في مياه البحار العميقة من تجمع هياكل الحيوانات البحرية الأولية وحيدة الخلية.

(٤) الفوسفات: هو صخر مركب من فوسفات الكالسيوم مع بعض المواد الأخرى وهو يتكون في أول الأمر نتيجة تراكم وتحلل عظام وهياكل وأطراف بعض الحيوانات الفقارية البحرية أو البرية، ثم تحولها إلى فوسفات الكالسيوم. وعظام الحيوانات البحرية تحتوي في المتوسط على نسبة ٦٠% من فوسفات الكالسيوم.

بيئات الصخور الرسوبية واستخداماتها :

تعد الصخور الرسوبية مهمة للغاية في تفسير تاريخ الأرض فمن خلال فهم الظروف التي تكونت فيها الصخور الرسوبية، يستطيع علماء الجيولوجيا استنتاج تاريخ صخر ما بما في ذلك معلومات عن أصل الجسيمات التي تكونه ، وطريقة نقل الراسب وطبيعية المكان الذي استقر فيه.

أي بيئة الترسب أو البيئة الرسوبية هي المكان حيث تتراكم الرواسب . تصنّف بيئة الترسب إلى ثلاث فئات فتكون قارّية أو بحرية أو انتقالية(الخط الساحلي) ومن ثم المتبخرات.



***الرواسب الفحمية (الفحم الحجري) تدل على بيئة مستنقعات استوائية .**

***الرواسب الملحية تدل على بيئات ذات حرارة شديدة وبحار مغلقة ونسبة بخار شديد أو بيئة صحراوية.**

***الرواسب الكربوناتية تدل على بيئة بحرية عميقة .**

***الرواسب الطمية تدل على بيئة قارية نهرية.**

***الرواسب الشاطئية (رمل وحصى) تدل على بيئة قارية شاطئية .**

***الرواسب المرجانية تدل على بيئة بحرية ذات مياه ضحلة ودافئة .**

استخدامات الصخور الرسوبية :-

تفيد الصخور الرسوبية في الكثير من الصناعات ، فالصخور الكلسية تستخدم كثيراً في البناء وفي صناعة الجص والإسمنت. وتستثمر الصخور الطينية في صناعة الفخار والقرميد وأحجار البناء وصناعة الطابوق والسيراميك . أما الصخور الملحية، كأملاح الصوديوم والبوتاسيوم ، فتستخدم في الكيمياء والزراعة . ويتم استخراج النفط والغاز الطبيعي والمياه الجوفية من مكامنها في الصخور الرسوبية .

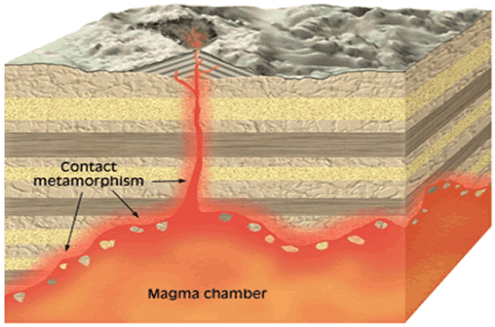
الصخور المتحولة Metamorphic Rocks :

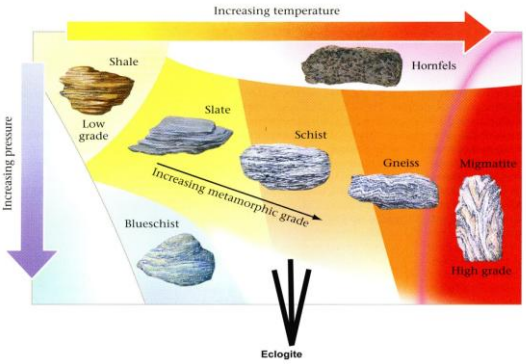
الصخور المتحولة هي صخور طرأ عليها تغييرات فيزيائية (الحرارة أو ا لضغط أو كليهما) وكيميائية. وعملية التحول هي العملية التي بموجبها يتغير الصخر الأصلي بواسطة عوامل فيزيائية أو كيميائية إلى صخر جديد له خواص جديدة. فعندما يتحول الصخر الراسب مثلا إلى صخر متحول فإنه يصبح أشد صلادة وأكثر تبلورا . أما الصخر الناري فإنه عندما يتح ول يفقد شكله الذي يميزه بأنه ناري (البلورات موزعة بلا نظام) ويتكسب شكلا آخر يتميز بوجود البلورات مرتبة في خطوط متوازية تقريبا.

وتقسم الصخور المتحولة بوجه عام إلى قسمين:

١- صخور متحولة بالحرارة Thermal metamorphic.

٢- صخور متحولة بالحرارة والضغط Regional Metamorphic rocks.





أنواع التحوّل

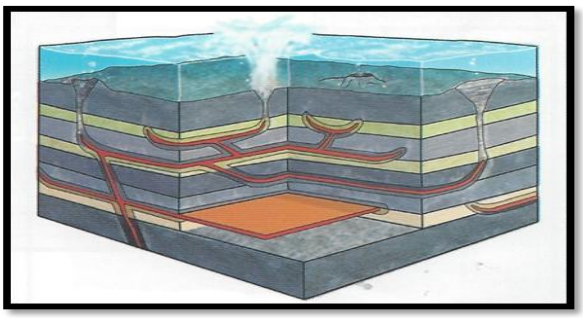
١-التحول بالحرارة :

عندما تدخل المجما في صخور القشرة الأرضية فإنها تؤدي إلى تغيير الصخور المحيطة بها بواسطة حرارتها العالية والمحاليل الموجودة بها . مثل هذا التغير في الصخور المحيطة بالمجما يعرف بإسم التحول الحراري أو التحول التماسي، وينتج عنه في معظم الحالات تكوين معادن جديدة في الصخور المتحولة تعرف ب إسم المعادن المتحولة بالحرارة. وتوجد هذه المعادن في الأ ماكن القريبة أو المتماسة مع الصخر الناري . ونسيج الصخور المتحولة بالحرارة نسيج حبيبي، غير صفائحي (البلورات متداخلة وموزعة بدون ترتيب معين) .

وتتوقف كمية ونوع التحول في الصخر على حجم الجسم الناري وعلى التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية للصخر المحيط بهذا الجسم الناري . فمثلا يتحول الصخر الرملي إلى صخر الكوارتزيت ويتحول الطفل إلى هورنفلس ، وهو صخر متماسك يحتوي على معادن البيوتيت الاندزايت، وستورولیت، وجارنت.

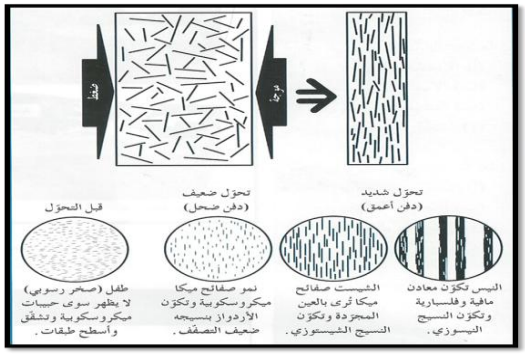
٢- التحول الاقليمي:

تحدث هذه التحولا ت في الصخورعلى نطاق واسع وتشمل إقليماً كبيراً ويشترك فيها عوامل عدة أهمها الضغط والحرارة المرتفعان ويساعدهما تأثير الماء والمحاليل الكيميائية . ويشمل التحول في معظم الأحيان ترتيب المعادن المكونة في نظام جديد يتفق مع الظروف الجديدة، وفي بعض الأ حيان قد تتكون معادن جديدة أو تحدث إضافات أو استخلاص لبعض العناصر الكيميائية وعملية التحول تؤدي إلى تغيير العناصر إلى درجة تزيل معها معالم الصخر الأصلي إزالة تامة . ويحدث هذا التحول نتيجة لحركات صخور القشرة الأرضية التي ينتج عنها تكوين الجبال والتي تعرف بإسم الحركات البانية للجبال، تنتج البنيات والتجاعيد الجيولو جية المختلفة. وفي هذه الثنيات تتعرض الصخور إلى درجة عالية من الضغط والحرارة فتتغير هذه الصخور وتتحول معادنها الأصلية إلى معادن جديدة أكثر استقراراً وتكيفاً مع الظروف الجديدة، وكذلك نتيجة لهذه الظروف الجديدة تتكسر بعض المعادن بسبب الضغط الواقع عليها أو قد تتفلطح أو تتبلور وتصطف بلوراتها في صفوف وطبقات متوازية . وتعتبر هذه الخاصية الصفائحية أو المصفوفة التي تنتج عن ترتيب المعادن في صفائح أو صفوف أهم خاصية مميزة لنسيج هذا النوع من الصخور المتحولة الاقليمية. ومن أمثلة هذه الصخور الشيست والنيس والأردواز.



٣-التحول بالمحاليل الحارة

عندما تمر المحاليل الحارة الغنية بالأيونات عبر شقوق الصخور ، يحدث تغير كيميائي تسمى التحول بالمحاليل الحارة . يرتبط هذا النوع من التحول ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة النارية ، كونها توفر الحرارة الضرورية لدورة هذه المحاليل الغنية بالأيونات . لهذا غالباً ما يحدث التحول بالمحاليل الحارة بالتزامن مع التحول التلامسي في المناطق التي تم اختراقها بكتل نارية كبيرة . ولهذه المحاليل القدرة على تغيير التركيب الكيميائي للصخر المضيف.



انتشار المحاليل الحارّة المصاحبة للصهير

٤-تحول بالدفن

يرافق التحول بالدفن تراكم كثيف جداً لطبقات الصخور الرسوبية في حوض ترسيب هابط. في هذه الحالة قد تتوفر ظروف مستوى التحول الضعيف للطبقات العميقة . فيتسبب الضغط المحيط والحرارة الجوفية الأرضية المتزايدة بإعادة تبلور المكونات المعدنية ، ما يغير النسيج أو التركيب المعدني للصخر من دون حدوث تشوّه ملحوظ.

التحول بالدفن

وصف مختصر للأنواع الشائعة من الصخور المتحولة:

الكوارتزيت Quartzite:

يتكون الكوارتزيت من معدن الكوارتز . وينتج هذا الصخر من التحول الحراري للصخر الرملي ، وفي هذا الصخر تلتحم حبيبات الكوراتز بعضها ببعض بواسطة السليكا التي ترسبت بين الحبيبات وفي مسام الصخر الأصلي وينتج عن ذلك أن يكون الصخر المتحول صلدا جدا ، وإذا كسر فإنه ينكسر عبر حبيبات الكوراتز، وبذلك يمكن تمييزه عن الصخر الرملي حيث يحدث المكسر حول حبيبات الرمل، والكوارتزيت لا يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك.

الرخام Marble:

الرخام صخر متحول عن صخر جيري ، وهو صخر متبلور مكون من حبيبات الكالسيت بصفه عامة ولكن في بعض الأحوال النادرة قد يتكون من الدولوميت . والحبيبات المكونة للرخام قد تكون صغيرة جدا لدرجة لا يمكن تمييزها بالعين الجردة. وقد تكون كبيرة خشنة حتى أنه يمكن تمييز انفصام الكالسيت بسهولة، ويشبه الرخام الصخر الجيري في صلادته المنخفضة وفي تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك وحدوث فوران . والرخام لونه أبيض إذا كان نقيا خالياً من الشوائب ولكنه قد يبدو في ألوان متباينة (الإحمر أو الأخضر ، أو الرصاصي أو ما يقرب من السواد) لاحتوائه على شوائب مختلفة.

الهورنفلس Hornfles:

يطلق هذا الاسم على الصخر المتحول الناتج عن التحول الحراري للصخور الطينية. ومعظم المعادن المكونة لهذا الصخر دقيقة الحبيبات ولا يمكن تمي يزها إلا بواسطة الميكروسكوب المستقطب . والهورنلفلس لونه رمادي ويتكون من معادن الفلسبار والبيوتيت ومعادن أخرى حديدومغنيسية متحولة ، وأغلب صخور الهورنفلس لها نسيج حبيبي متساوي.

الاردواز Slate:

صخر متحول ذو لون رمادي داكن ينتج عن التحول الضغطي للصخور الطفلية، والنسيج حبيبي دقيق، ولكن الصخر يتميز بوجود خاصية التشقق الصخري فيه، أي أنه يتشقق بسهولة، وينتج عن هذا التشقق الاردوازي صفائح وألواح رقيقة وكبيرة المساحة، وقد يحدث هذا التشقق الاردوازي موازياً لمستوى الطبقات في صخر الطفل الأصلي وقد لا يوازيها. وصخر الردواز من الصخور الشائعة في القشرة الأرضية.

الشيست Schist:

الشيست صخر متحول بالضغط والحرارة له نسيج مميز يعرف بإسم النسيج الشيستي عبارة عن حبيبات دقيقة أو متوسطة توجد بين صفائح متقاربة ومتوازية تقريبا، وتتكون الصفائح من معادن الميكا المختلفة، والصخر ينفصل بسهولة عند هذه الصفائح . وهناك أنواع كثيرة من الشيست يطلق عليها أسماء مختلفة أهما الشست الميكائي Mica schist الذي يتكون بصفة أساسية من معادن الكوارتز والميكا (عادة المسكوفيت أو البيوتيت).

النيس Gneiss:

النيس صخر متحول به نسيج خشن متبلور إلا أن بلورات المعادن المختلفة مرتبة في صفوف متوازية. فمثلاً في بعض الأنواع توجد طبقات أو صفوف من الميكا السوداء وبينها توجد صفوف أخرى من معدن الكوارتز والفلسبار . وتكون هذه الصفوف عادة متقطعة، أي ليست متصلة ومستمرة كما هو الحال في الشيست، أن تركيبه المعدني مماثل للتركيب المعدني لصخر الجرانيت ، لذلك يسمى النيس الجرانيتي نسبة إلى أن أصله جرانيت تحول بفعل الضغط والحرارة إلى نيس.

النفط

أو الذهب الأسود ، النفط كمصطلح أدبي، عبارة عن سائل كثيف، قابل للاشتعال، أسود يميل إلى الاخضرار، يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية. ويتكون النفط من خليط معقد من الهيدروكربونات، و يختلف في مظهره وتركيبه ونقاوته بشدة بحسب مكان استخراجه. وهو مصدر من مصادر الطاقة الأولية الهامة طبقا لإحصائيات الطاقة في العالم. ولكن العالم يحرقه ويستغله في إنتاج الطاقة الكهربائية وتشغيل المصانع وتحريك وسائل النقل وتشغيل المحركات المعدة للحركة وفي إنتاج الطاقة الكهربائية التي يمكن أن تُوّلد بطرق أخرى توفر على البشرية حرق هذه المادة القيمة كيميائيا. النفط هو المادة الخام لعديد من المنتجات الكيماوية، بما فيها الأسمدة، مبيدات الحشرات، اللداين وكثير من الأدوات البلاستيك والرقائق والأنابيب والأقمشة والنايلون والحرير الاصطناعي والجلود الاصطناعية والأدوية.

أصل النفط

نشأ النفط خلال العصور الجيولوجية القديمة من الصخور المصدرية source rocks نتيجة تحول المواد العضوية فيها والغنية بالهيدروجين والكربون العضوي إلى نفط تحت تأثير ارتفاع درجات الحرارة الناتج عن عمليات الدفن المتواصل للطبقات الصخرية ومصدره في قاع البحر من الكائنات العضوية التي تسمى بالقشريات وهي كائنات صغيرة جدا.

أنواع النفط

يمكن تصنيف النفط حسب كثافته ، إلى نفط ثقيل (heavy) ونفط خفيف (light) ، وترجع خاصية اختلاف كثافة البترول إلى نسبة الهيدروكربونات الثقيلة فيه ، فكلّما زادت هذه النسبة زادت كثافة النفط ، وفي الحقيقة فإنّ النفط الخفيف أكثر طلباً في السوق وأغلى سعراً وذلك بسبب امكانية الحصول منه على كميّات كبيرة من المشتقات البترولية وبالذات الجازولين (gasoline) والذي يعتبر المشتقّ البترولي الأكثر طلباً في العالم .

المراجع

١- العيسوي محمد الذهبي ونبيل الحسيني: أساسيات علم الجيولوجيا ، مكتبه المعارف الحديثه – الاسكندريه – ١٩٩٤
٢- خالد ابراهيم التوكي – الجيولوجيا الفيزيائيه ، (معادن – صخور) – جامعه الملك سعود – عماده شؤون المكتبات – المملكه العربيه السعوديه ١٩٩٢م
٣- محمد يوسف حسن، عمر الشريف، عدنان النقاش: أساسيات علم الجيولوجيا، جون وايلي وابناءه، نيويورك١٩٩٠م
٤- عادل محمد رفعت ، سعيد محفوظ – الجيولوجيا البيئيه – دار القلم – الكويت ١٩٩٧م
٥- عادل محمد رفعت، زينب محمد عبدالله – المعادن والصخور – دار القلم – الكويت ١٩٨٣م
٦— Physical Geology- Richard M.Busch,Editor
٧- علم الأرض (الجيولوجيا) كتاب الطالب الصف الحادي عشر الجزء الأول الطبعة الثانية ٢٠١٤-٢٠١٥م
٨- إلهام اللنقاوي. كوكب الأرض. ٢٠٠٣. الطبعة الأولى. مكتب الطالب الجامعي. الكويت.
٩-علم الأرض (الجيولوجيا) للمرحلة الثانوية الجزء الأول ٢٠١٥-٢٠١٦
١٠.ويكيبيديا .

الفيزياء

مقدمة :

مفهوما القوة والحركة من أكثر المفاهيم الفيزيائية أهمية ، فبدون القوى لا يحدث شئ في الكون ، وبدون الحركة يؤول الكون إلى العدم . والقوة والحركة يهتم بدراستهما (الديناميكا) ، وهو العلم الذي يدرس حركة الأجسام بتأثير القوى التي تتعرض لها .

ولعل المتابع لتطور النظرة لعلم الفيزياء يرى بجلاء تحول هذه النظرة من اعتباره علم طبيعي يهتم بدراسة المادة (الكتلة) والطاقة و تحولاتهما إلى علم طبيعي يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها

ولعل النقلة التي واكبت اكتشاف اينشتين لقوانين النسبية الخاصة و التحقق من عدم وجود حد فاصل بين المادة والطاقة فكلاهما يمكن ان يتحول للآخر ($E = mc^2$) ، و إن كنا نجحنا في تحويل المادة إلى طاقة فإن سعينا مستمر لإحداث العملية العكسية.

مما سبق نستنتج أهمية الموضوع الذي نحن بصدد تناوله في هذه المذكرة والذي يعرض

لكل من القوى و الشغل والطاقة و الالات

أولا : القوة (Force) :

اول من قدم تعريفا للقوة كان العالم الشهير إسحاق نيوتن فعرفها بأنها
**** مؤثر خارجي يغير أو يحاول أن يغير حالة الجسم من السكون أو الحركة بسرعة منتظمة ثم درس العناصر المرتبطة بها واثبت أن: القوي (غير المتزنة)**
المناسبة إذا أثرت على جسم مادي (كتلة) أكسبته عجلة .وتوصل إلى قانونه الثاني فأكد على إن :
(العجلة التي يكتسبها جسم تناسبا طرديا مع محصلة القوى المؤثرة عليه وعكسيا مع كتلته)

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

القوة
وتقدر بوحدة النيوتن

الكتلة
وتقدر بوحدة
الكيلوجرام Kg

العجلة
وتقدر بوحدة م/ ث ٢
m/s^2

ومما سبق نستنتج أن :

- **كل جسم تؤثر عليه قوة مناسبة تحركه وتكسبه عجلة.**
- **العجلة التي يكتسبها الجسم من نفس نوع القوة وفي نفس الاتجاه . (**
  إذا كانت القوة ثابتة فالعجلة ثابتة ، وإن كانت متغيرة فالعجلة متغيرة)
- **الجسم الخاضع لتأثير قوى متزنة ($\sum F = 0$)**
- **أو غير خاضع لتأثير أية قوة ($F = 0$)**

لا يكتسب عجلة ($a = 0$)
وهذا يعني أن :

- **الجسم ساكن و سيظل ساكنا .**
- **الجسم متحرك بسرعة ما وفي اتجاه ما واستمر متحركا بنفس السرعة و في نفس الاتجاه . ومن هنا ينظر معظم الفيزيائيون على أن القانون الأول لنيوتن والذي ينص على أن :**
- **(كل جسم في الكون يستمر على حالته من السكون او الحركة بسرعة**

ثابتة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية)
هو حالة خاصة للقانون الثاني من قوانين نيوتن
كما أكد نيوتن على استحالة وجود قوة منفردة في الطبيعة حيث نص قانونه الثالث على أن :
**** لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ويعاكسه في الاتجاه ****

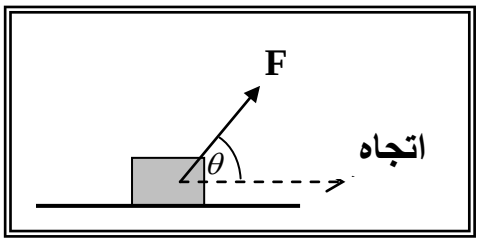
$$\vec{F}_{1\to 2} = -\vec{F}_{2\to 1}$$

وبهذا قدم تفسيرا مناسبا لسقوط الأجسام على الأرض وطبيعة حركتها كما قدم تفسيرا لظواهر كثيرة اعتمادا على مفاهيم القصور الذاتي و الفعل ورد الفعل وفتح الباب لدراسة مفهوم الشغل .

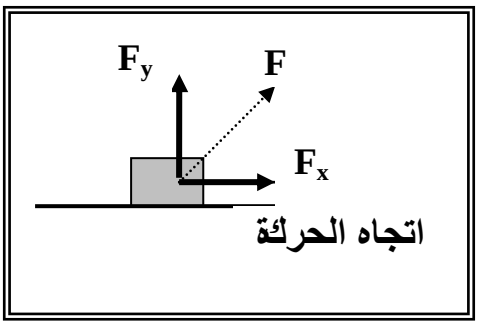
الشغل Work :

هو احد أهم الموضوعات في علم الفيزياء ، نظرا لانعكاساته على معظم التطبيقات العملية و التي أسهمت بشكل رائع على حياة البشرية متمثلة في تكنولوجيا متسارعة بشكل غير مسبوق في تاريخ الإنسانية .
و يعرف الشغل بأنه :
"العملية التي تقوم فيها القوة بإزاحة الجسم مسافة ما في اتجاهها "

ومن هذا التعريف نستنتج أن :
بذل شغل يستلزم :
١. وجود قوة مناسبة تؤثر على الجسم
٢. حدوث إزاحة للجسم بتأثير هذه القوة .
٣. إزاحة الجسم تكون في نفس اتجاه تأثير القوة .



وغياب إي عنصر من العناصر الأساسية يعني عدم بذل شغل و الشكل المقابل يوضح قوة (F) تؤثر على جسم قابل للحركة في مستوى أفقي .
ونتسأل هنا ؟
هل هذه القوة هي التي تبذل شغل ؟
يمكن معرفة القوة التي بذلت الشغل بالعملية الرياضية التالية :
نحلل القوة المؤثرة على الجسم إلى مركبتين :



:

- **المركبة الأفقية (F_X)**
  وهي التي بذلت شغل لأنها في اتجاه الحركة .
- **المركبة العمودية على اتجاه الحركة (F_y) وهي لا**
- **تبذل شغل**

$$W = F \cdot X = F_x \cdot X$$

$$\because F_x = F\cos\theta \Rightarrow \therefore W = F\cos\theta \cdot X$$

المعادلة العامة لحساب الشغل $\boxed{W = F \quad X\cos \quad \theta}$

حيث أن (F) القوة المؤثرة ، (X) إزاحة الجسم ، و (θ) الزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة .

و من هنا يمكننا القول بان الشغل يساوي صفرا عندما :

١. القوة المؤثرة على جسم تساوي صفر وذلك إذا :

- **لم يخضع الجسم لأي قوة تحركه**

مثال ذلك : حركة الصواريخ بعد الخروج من مجال الجاذبية الأرضية

- **الجسم واقع تحت تأثير عدة قوة متزنة** $(\sum F_r = 0)$

مثال : الجسم المتحرك بسرعة منتظمة

$$\because v = \cos\tan t \Rightarrow \therefore v_1 - v_2 \Rightarrow \Delta v = 0$$

$$\because a = \frac{\Delta v}{t} \Rightarrow \therefore a = \frac{0}{t} = 0$$

$$\because F = ma \Rightarrow F = m \times 0 = 0 \Rightarrow \because W = FX\cos\theta = 0 \times X\cos\theta = 0$$

٢. إزاحة الجسم تساوي صفرا وذلك إذا

- **لم يزاح الجسم رغم وقوعه تحت تأثير قوة**

مثال ذلك : دفع جدار الفصل - محاولة تحريك شاحنة كبيرة

- **إزاحة الجسم و حركته في مسار مغلق وذلك عندما يتحرك الجسم من نقطة في مسار حركته ثم يعود لنفس النقطة**

٣. القوة المؤثرة على الجسم تكون عمودية على اتجاه إزاحة الجسم عندئذ

$$\theta = 90 \Rightarrow \therefore \cos\theta = \cos 90 = 0$$

$$\because W = FX\cos\theta = FX \times 0 = 0$$

مثال ذلك : حملك للاب توب أو حقيبتك الشخصية وحركتك بها في مسار أفقي

وهذا يعني انك لا تبذل شغلا ضد قوى الجاذبية الراضية .

وإذا قدرنا القوة بالنيوتن (N) والإزاحة بالمتر(m) فإن الشغل يقدر بوحدة تعرف بالجول (J) وهي تكافئ (N.m)

والجدير بالذكر أن أي شخص أو آلة لا يمكنه عمل شغل (انجاز) ما لم يمتلك طاقة

ويتضح لنا هذا من تعريف الطاقة بأنها :

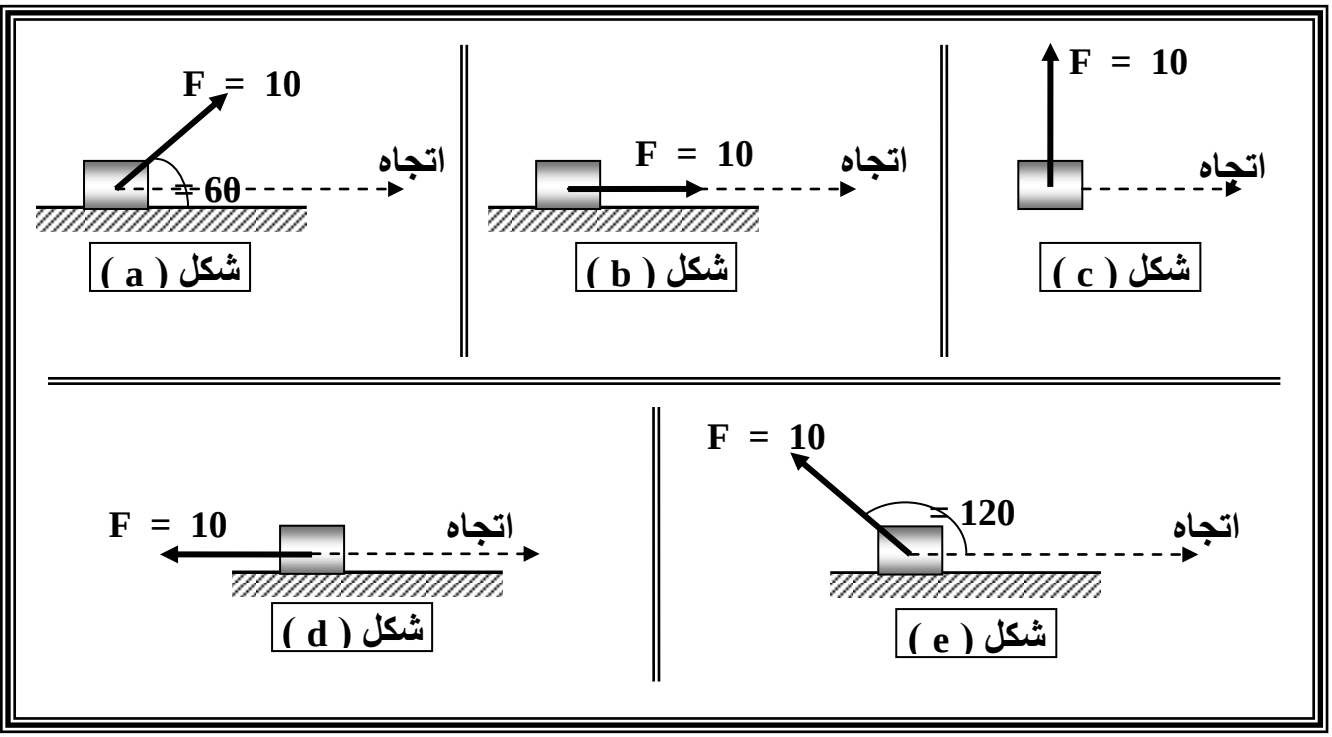
المقدرة على بذل (أداء) شغل

لذلك فالشغل والطاقة وجهان لعملة واحدة ولهما نفس وحدات القياس .

أمثلة لإيجاد الشغل المبذول بدلالة عناصره

في كل من الأشكال التالية .... احسب الشغل المبذول بفعل القوة المؤثرة .

علماً بأن $F = 10\ N$, $X = 5m$ **... و ناقش الإجابة .**



الآلات

الآلة :

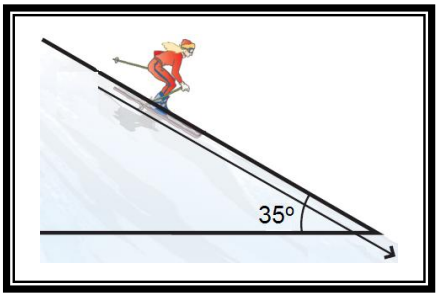
هي أداة أو جهاز يستخدمه الإنسان في أداء عمل بهدف توفير الجهد أو الوقت أو كليهما . وتنقسم الآلات إلى نوعين :

- **الآلات البسيطة**
- **الآلات المعقدة**

و الآلة البسيطة تعتمد مباشرة على الجهد العضلي (قوة الجهد) للإنسان في أداء عملها .
أما الآلة المعقدة فهي التي يدخل في تركيبها أكثر من آلة بسيطة ، أو تتكون من أجزاء ميكانيكية تعمل معاً لأداء وظيفة محددة .

ويمكن تصنيف الآلات البسيطة إلى أربع أنواع أساسية هي :

- **المستوى المائل**
- **الرافعة**
- **العجلة والمحور**
- **البكرات**



أولا : المستوى المائل :

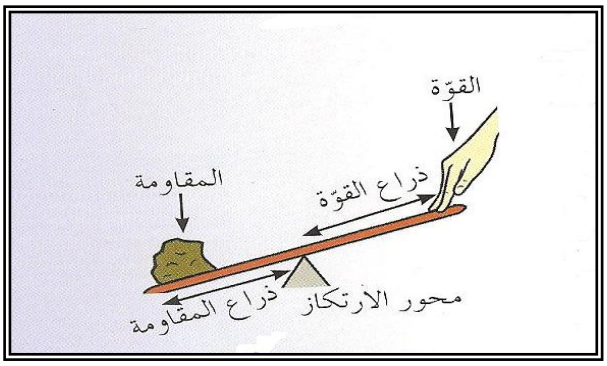
عبارة عن سطح مستوى احد طرفية مرتفع عن الأخر كما هو موضح في الشكل المقابل- شكل رقم (١) - ، ومن أمثلة المستوى المائل الفأس . ويعمل
المستوى المائل على تقليل القوة المستخدمة (قوة الجهد) لأداء العمل
شكل (١)

أمثلة على المستوى المائل شكل رقم (٢)

شكل رقم (٢)

ثانيا : الروافع

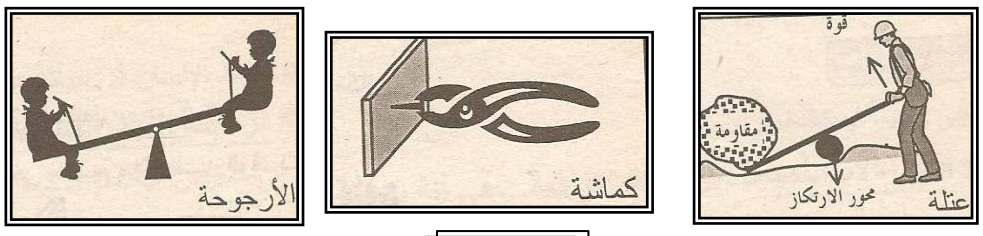
وهي مجموعة الآلات التي تبذل شغلا حول نقطة ثابتة .
والرافعة عبارة عن ساق أو جزء مستقيم يتحرك حول نقطة ثابتة
و يبذل شغلا عندما تؤثر عليه قوى وتُعرف النقطة الثابتة في الرافعة بمحو الارتكاز .
ويمكن تصنيف الروافع إلى ثلاثة أنواع حسب موضع محور الارتكاز في الرافعة انظر للشكل رقم (٣) للتعرف على العناصر الأساسية لكل رافعة.



شكل رقم (٣)

(١) روافع النوع الأول :

وفيها يقع محور الارتكاز بين نقطة تأثير القوة و نقطة تأثير المقاومة ، وتعمل على تغيير اتجاه تأثير القوة وهى توفر الجهد في حال إذا كان ذراع القوة اكبر من ذراع المقاومة .
أما إذا كان ذراع القوة اقصر من ذراع المقاومة فهي لا توفر الجهد في هذه الحالة .
ومن أمثلتها : المقص – الميزان ذي الكفتين – العتلة -الأرجوحة



شكل رقم (٤)

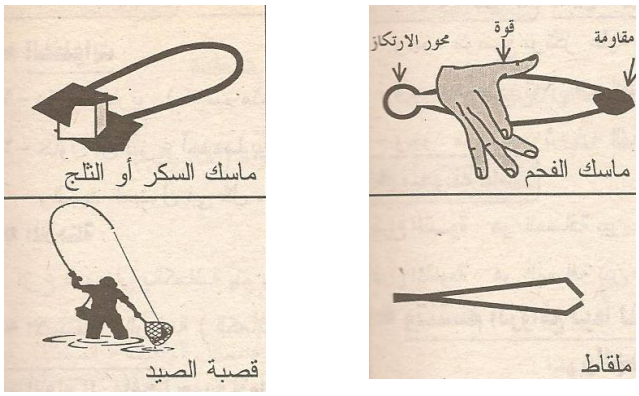
(٢) روافع النوع الثاني :

وفيه تقع نقطة تأثر المقاومة بين كل من محور الارتكاز و نقطة تأثير القوة ، وهي لا تغيير اتجاه تأثير القوة
ومن دراسة الشكل رقم(٥) يتبين لنا أن طول ذراع القوة دائما اكبر من طول ذراع المقاومة ولهذا السبب فهي توفر الجهد (تضاعف من قيمة القوة المستخدمة)
ومن أمثلتها : فتاحة زجاجات المياه الغازية - عربة الحديقة - كسارة البندق

شكل رقم (٥)

(٣) روافع النوع الثالث :

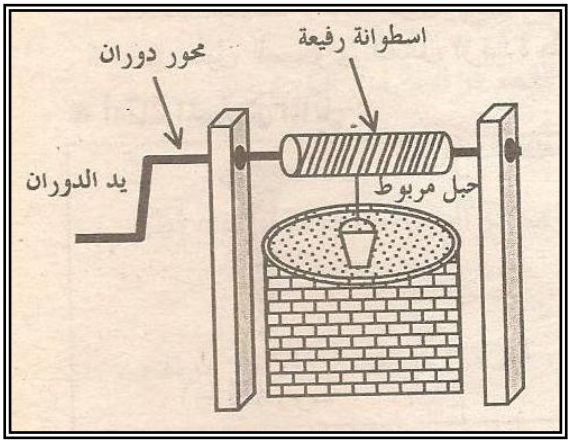
وفيه تقع نقطة تأثر القوة بين كل من محور الارتكاز بين نقطة تأثير المقاومة
ودائما ما تكون قيمة القوة في روافع النوع الثالث (قوة الجهد) اكبر من قيمة المقاومة ولهذا لا توفر الجهد .
أمثلتها : ماسك الفحم - ممشط تسوية التربة – قصبة صياد السمك شكل رقم (٦)



شكل رقم (٦)

ثالثا : العجلة والمحور :

تعتبر العجلة من أعظم اختراعات الإنسان لكونها تلعب دورا مؤثر في حياة الإنسان وذلك لاعتماد الكثير من وسائل النقل على وجود العجلات وهذه الآلة تتركب من جسمين دائريين هما
العجلة والمحور وتتميز بان نصف قطر العجلة اكبر من نصف قطر المحور كما في الشكل رقم (٧) ،
توفر مثل هذه الآلات الجهد (قوة الجهد)
أمثله : مقبض الباب- كرسي المقعدين - الملفاف – مفرمة اللحم



شكل رقم (٧)

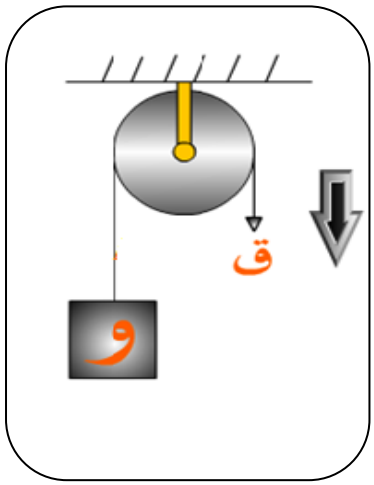
رابعا : البكرات :

عبارة عن قرص قابل للدوران حول محور ومحيطه له مجرى يمر خلاله حبل و يؤثر في احد طرفيه قوة (قوة الجهد) والطرف الثاني المقاومة كما هو موضح بالشكل رقم (٩)

وللبكرات نوعين أساسيين هما :

١ -البكرة الثابتة :

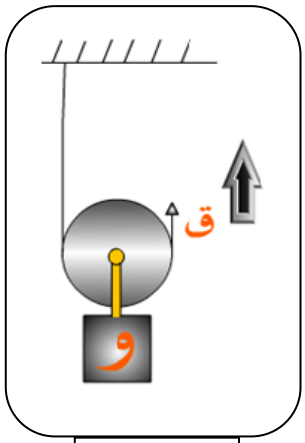
بكرة مثبتة (لا تتحرك من مكانها) في حامل أو جدار ،وهي لا توفر الجهد (لان ذراع القوة يساوي ذراع المقاومة) ولكنها توفر الوقت وتعمل على تغيير اتجاه تأثير القوة



شكل رقم (٩)

٢ -البكرة المتحركة :

بكرة تتحرك عندما يؤثر علي احدي طرفي الحبل قوة (غير ثابتة في موضعها)
البكرة المتحركة توفر الجهد (قوة الجهد) لأنها تضاعف
من قيمة القوة المؤثرة كما في شكل رقم (١٠)



شكل رقم (١٠)

الفائدة الآلية :

تستخدم الآلات في حياتنا اليومية لأداء عمل يصعب القيام به مباشرة دون الاعتماد على الآلة
و تزداد أهمية الآلة إذا ضاعفت عدد مرات القوة المستخدمة .
وتعرف الفائدة الآلية بعدد تضاعف مرات القوة التي تُحدثها الآلة .
وكثير من الآلات تعمل على تغيير اتجاه القوة فقط .
ويمكن حساب الفائدة الإلية (η) من العلاقة الرياضية التالية :

$$\eta = \frac{F'}{F} = \frac{L'}{L}$$

حيث (F') المقاومة و (F) القوة و طول ذراع القوة (L) و طول ذراع المقاومة (L') .

الفائدة الإلية

- **تساوي واحد إذا كانت القوة تساوي المقاومة .**
- **أكبر من الواحد الصحيح عندما تكون المقاومة أكبر من القوة .**
- **أقل من الواحد الصحيح عندما تكون المقاومة أقل من القوة .**

الموجات

مقدمة :

... إن دراسة الحركة الموجية بشكل عام تعتبر من الدراسات التي تحظي باهتمام الفيزيائيين ، وذلك لارتباطها بكثير من الظواهر الطبيعية والمشاهدات الحياتية اليومية

فالأصوات التي نسمعها سواءاً التي تطربنا أو التي تزعجنا والأضواء التي نراها والإشعاعات التي أحدثت طفرة كبيرة في حياتنا كالأشعة السينية وإشعاع جاما جميعها ما هي إلا موجات

وفي هذا الفصل سوف نتعرف على كثير من المفاهيم والحقائق العلمية المرتبطة بالحركة (الانتشار) الموجية وسنركز اهتمامنا على مفهوم الموجة وخصائصها المميزة وأنواعها وسمات كل نوع مع إبراز السمات المشتركة والاختلافات فيما بينها .

طبيعة الموجات Nature of Waves

نعلم أن الجسم المهتز يتحرك على جانبي موضع اتزانه في اتجاهين متعاكسين تحت تأثير قوة إرجاع تتغير قيمتها واتجاهها بتغير إزاحته عن موضع اتزانه حركة تسمى حركة اهتزازية .
وإذا أمكننا نقل هذه الحركة خلال جزيئات وسط مادي مرن فكررت جميع الجزيئات نفس الحركة وبنفس الكيفية فإنها تُحدث في الوسط موجة Wave ، وعلى ذلك:

فالموجة : هي انتقال أو انتشار الحركة الاهتزازية عبر جزيئات الوسط المادي المرن .

عند انتشار موجة في وسط ما فإننا نلاحظ مايلي:

- **لا يصاحبه انتقال (تغير موضع / إزاحة) جزيئات الوسط ، بل تهتز الجزيئات حول مواضع سكونها.**

فالموجة: هي انتقال طاقة وليست انتقال أجزاء وسط.

- **يصاحبه انتقال للطاقة الحركية من جزئ لآخر، وعلى ذلك**

فالموجة: هي وسيلة من وسائل نقل الطاقة

- **تنتقل الحركة الاهتزازية أو الطاقة من منبع (مصدر) الموجة إلى جزيئات الوسط و تستغرق فترة زمنية تتوقف على بعد هذا الجزئ عن المنبع وسرعة انتشار الموجة ، وبذلك فإن جزيئات الوسط تكرر حركةالمنبع ولكن في لحظات متتالية ومتتابعة (أي ليست آنية).**
- **يصاحبه تناقص تدريجي في الطاقة بسبب الفقد التدريجي المستمر للطاقة في التغلب على قوى الاحتكاك**

كما أن لكل موجة أربعة كميات تميزها عن أية موجة أخرى سوف نتناولها بالشرح لاحقاً وهي :

١ - التردد (Frequency) ويرمز له بالرمز (f) ،
٢- الطول الموجي (Wavelength) ويرمز له بالرمز(λ)
٣- سعة الموجة ويرمز لها بالرمز (A)
٤- سرعة الانتشار ويرمز لها بالرمز (v)

أنواع الموجات Types of Waves

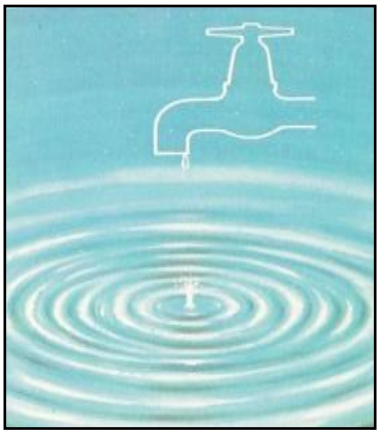
هناك عدة تصنيفات للموجات يعتمد كل منها على إحدى السمات الفارقة بين الموجات ، حيث يمكن تصنيفها وفقاً لطبيعة انتشارها إلى نوعين هما :

- **موجات مادية (ميكانيكية) .**
- **موجات كهرومغناطيسية (غير مادية) .**

والموجات المادية : هي الموجات التي تحتاج إلى وسط مادي تنتقل (تنتشر) خلاله ، ولا يمكنها الانتشار في الفراغ أو الفضاء، كما أن سرعة انتشارها تختلف باختلاف نوع هذا الوسط المادي ، فكلما زادت قوى التماسك بين جزيئاته (أي زادت مرونته) فإن سرعة انتشار الموجة تزداد ومن أمثلتها موجات الصوت والموجات المائية وموجات الوتر المشدود .

والموجات الكهرومغناطيسية: هي الموجات التي لا تحتاج لوسط مادي تنتشر خلاله ولكنها تنتشر في الفراغ

وفي الأوساط المادية أيضاً، كما أن سرعة انتشارها تختلف في الأوساط المادية عنها في الفراغ ، فكلما زادت قوى التماسك بين جزيئاته (أي زادت كثافته) فإن سرعة انتشار الموجة تقل
ومن أمثلتها:
موجات الضوء والموجات اللاسلكية .



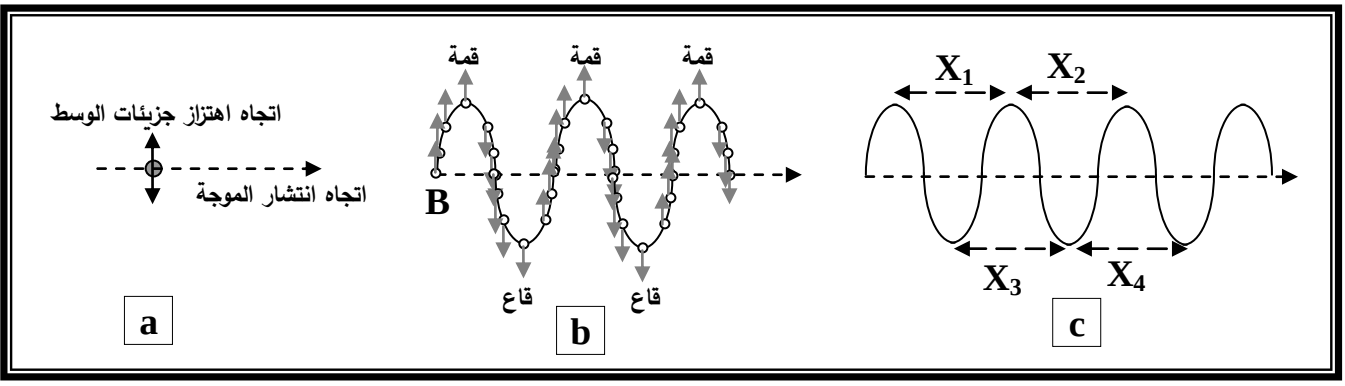
كما يمكن تصنيف الموجات وفقاً لكيفية انتشارها إلى ثلاثة أنواع هي:

- **موجات مستعرضة** (Transverse Waves) .
- **موجات طولية** (longitudinal Waves) .
- **موجات سطحية** (surface Waves) .

الموجات المستعرضة :هي الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط المادي باتجاه عمودي علي اتجاه انتشار الموجة ، وتُحدث قمماً وقيعاناً متتالية (انظر شكل a 1).

ومن أمثلتها الموجات المائية والموجات الحادثة في وتر مشدود مهتز.

شكل (١)



ويمكننا ملاحظة أن :

- **منبع الموجة (B) لم ينتقل أو يزاح من موضعه للأمام { أي لم يتحرك باتجاه الموجة } ، لكنه اهتز لأعلى ولأسفل حول موضعه الابتدائي ، كما أن كل جزيئات الوسط تحركت حركة مماثلة ولكن دون تزامن { أي في أزمنة متعاقبة متتالية وليست في آن واحد } (انظر شكل b ١) .**

- **الوسط كان سكناً مستقراً ثم اهتزت أجزاءه بالتتابع نتيجة انتشار الموجة فيه مما يعزز انتقال الطاقة الحركية من المنبع إلى جميع الجزيئات بالتتابع كما سبق وتوصلنا .**
- **هناك نقاطاً هي الأكثر ارتفاعاً تمثل أعلى نقاط يصلها الاضطراب الموجي وهي قمم الموجة، كما أن هناك نقاطاً هي الأكثر انخفاضا تمثل أدنى نقاط يصلها الاضطراب الموجي وهي قيعان الموجة.**
- **المسافة بين أي قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين تسمى:**

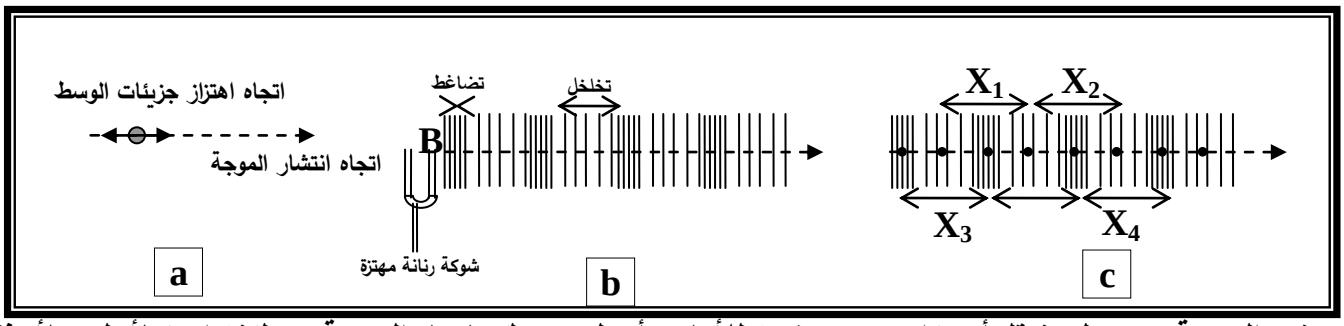
الطول الموجي للموجة المستعرضة (Wavelength)

وهذه المسافات متساوية في الموجة الواحدة (انظر شكل 1 c) ($X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = \lambda$)

<u>الموجات الطولية</u> :هي الموجات التي تهتز فيها جزيئات الوسط المادي في نفس اتجاه (أو موازية لاتجاه) انتشار الموجة ، وتحدث تضاغطات وتخلخلات متتالية (انظر شكل 2 a) ، ومن أمثلتها الموجات الحادثة في نابض مرن وموجات الصوت .

شكل (٢)

ويمكننا ملاحظة أن :

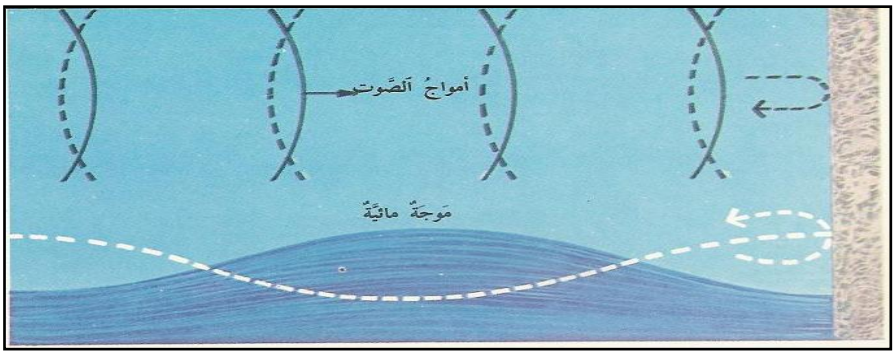


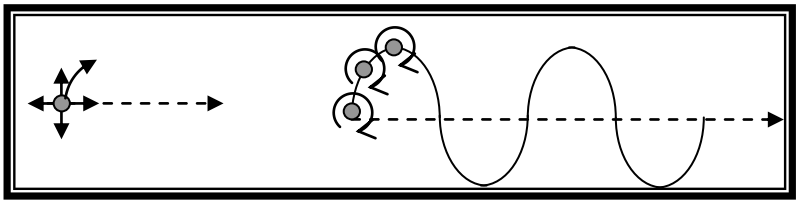
- **منبع الموجة (B) لم ينتقل أو يزاح من موضعه للأمام { أي لم يتحرك باتجاه الموجة } ، لكنه اهتز لأعلى ولأسفل حول موضعه الابتدائي ، كما أن كل جزيئات الوسط تحركت حركة مماثلة ولكن دون تزامن { أي في أزمنة متعاقبة متتالية وليست في أن واحد } (انظر شكل 2 b) .**
- **الوسط كان سكناً مستقراً ثم اهتزت أجزاءه بالتتابع نتيجة انتشار الموجة فيه مما يعزز انتقال الطاقة الحركية من المنبع إلى جميع الجزيئات بالتتابع كما سبق وتوصلنا .**
- **هناك نقاطاً هي الأكثر انضغاطاً تمثل التضاغطات الحادثة في جزيئات الوسط بفعل الموجة، كما أن هناك نقاطاً هي الأكثر تباعداً تمثل التخلخلات الحادثة في جزيئات الوسط بفعل الموجة.**
- **المسافة بين مركزي أي تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين تسمى:**

الطول الموجي للموجة الطولية (Wavelength)

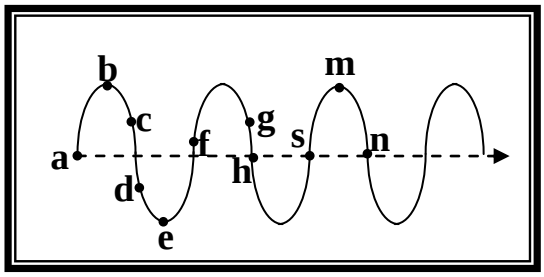
وهذه المسافات متساوية في الموجة الواحدة (انظر شكل ٢c) ($X_1 = X_2 = X_3 = X_4 = \lambda$)

الموجات السطحية :هي الموجات التي تنشأ من اتحاد الموجات الطولية والموجات المستعرضة ، وتحدث هذه الموجات عند السطح الفاصل بين وسطين مختلفين كما في الشكل التالي





شكل (٣)



وإذا كنا قد تناولنا في الفقرة السابقة واحدة من الصفات المميزة للموجة وهو الطول الموجي فإننا نستطيع تعميم تعريفه بأنه:
أقصر مسافة بين نقطتين متتاليتين تتحركان بنفس الكيفية وفي نفس الاتجاه .

لاحظ الشروط الواجب توافرها في النقاط التي تميز الطول الموجي للموجة ثم استنتج النقاط التي تمثل طولاً موجياً في شكل (٤) التالي:

(٣-١) خواص الموجات Waves Properties

يمكن التمييز بين الموجات من حيث:

التردد (Frequency) :
هو عدد الموجات (الأطوال الموجية) الحادثة خلال وحدة الزمن (الثانية) الواحدة .
وجدير بالذكر أن :
- **تردد الموجة يكون مساوياً لتردد منبع الموجات .**
- **يقدر بوحدة تسمى الهرتز ويرمز له بالرمز (Hz) وهو يكافئ ثانية (s^{-1}) .**

والهرتز هو تردد موجة تقطع طولاً موجياً واحداً كل ثانية أثناء انتشارها .
كما أن للهرتز مضاعفات منها الكيلو هرتز K Hz .

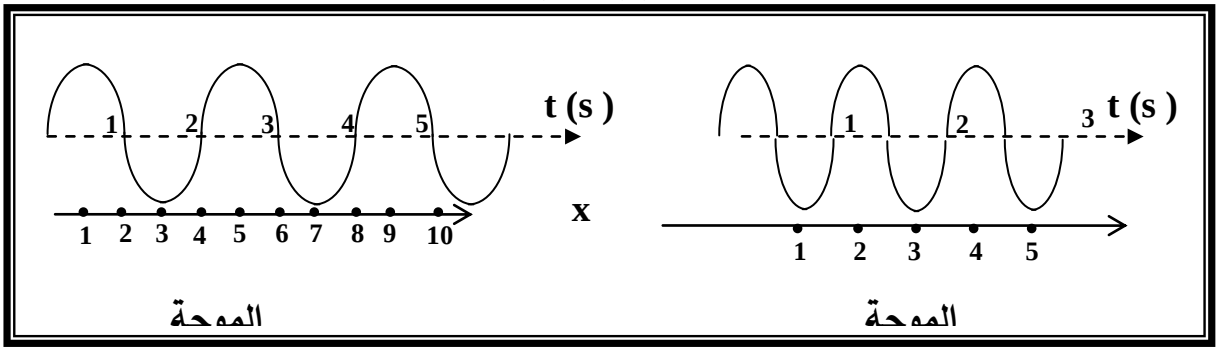
❖ ويرمز للتردد بالرمز (f) ويحسب من العلاقة : $\boxed{f = \frac{N}{t}}$ حيث:

(N) عدد الأطوال الموجية ، (t) زمن عمل هذه الموجات .

والتساؤل المطروح الآن هو ...

هل توجد علاقة بين تردد موجة تنتشر في وسط مادي متجانس، وطولها الموجي ؟

وللإجابة على السؤال السابق دعنا نناقش ملاحظاتك حول شكل (٥) التالي



نستنتج من ذلك أن

الطول الموجي للموجة يتناسب عكسياً مع ترددها (بشرط أن تنتشر في وسط مادي متجانس)

$$\boxed{\lambda \alpha \frac{1}{f}}$$

$$\because \lambda \alpha \frac{1}{f} \Rightarrow \therefore \lambda \times f = constant$$ (مقدار ثابت)

هذا المقدار الثابت يمثل سرعة انتشار الموجة في الوسط (v) ... لكن ما دليلنا على ذلك ؟

لعل دراسة وحدة قياس هذا المقدار الثابت تفي بالإجابة على السؤال

وحدة الثابت = وحدة الطول الموجي × وحدة التردد = $\frac{cm}{s} = s^{-1} \times \text{cm}$ أو cm/s وهي وحدة سرعة

$$\boxed{\therefore v = \lambda \times f}$$

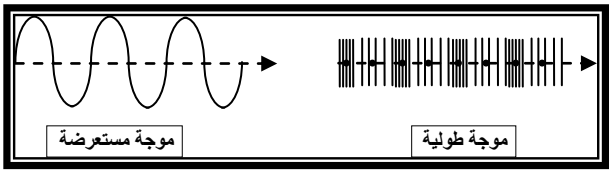
المعادلة السابقة ثلاثية الحدود حيث يمكن إيجاد أي حد بدلالة الحدين الآخرين .

سعة الموجة (Wave Amplitude) :

هي أقصى إزاحة لجزيئات الوسط عن مواضع استقرارها النسبي

ويمثلها البعد بين المستوى المستقر لسطح الوسط المادي قبل انتشار الموجة فيه وأقصى اضطراب يحدث عند انتشار الموجة ويرمز له بالرمز (A) .

... هل يمكنك اعتماداً على شكل (٦) التالي تحديد سعة كل من الموجتين الطولية والمستعرضة .



جدير بالذكر أن سعة الموجة تعتبر مقياساً لطاقة الموجة ، فكلما زادت سعة الموجة زادت طاقتها .

{ طاقة الموجة تتناسب طردياً مع مربع سعتها بالإضافة إلى عوامل أخرى ككتلة جزيئات الوسط وتردد الموجة } .

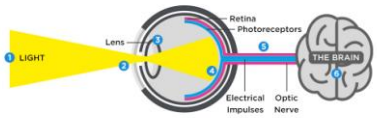
الضوء

المقدمة

تعتبر حاسة الإبصار إلى حد بعيد أهم حواسنا ، وقد تضاربت الآراء قديما في تفسير حدوث الرؤية ، وكان الاعتقاد السائد بأن الرؤية تحدث نتيجة لانبعاث (شيء ما) من عين الرائي إلى الجسم الذي يرد رؤيته وبذلك يتم الإحساس بالرؤية .

وقد استمر هذا الإعتقاد حتى جاء العالم العربي الحسن بن الهيثم (٩٦٥ - ١٠٣٨) ونفى هذه الفكرة وقال : إن العين ترى الأجسام عن طريق الأشعة التي تدخل العين من هذه الأجسام .

من هنا نرى أن لهب الشمعة – أو أي منبع ضوئي – هو المصدر لمؤثر طبيعي يصل إلى العين من الأجسام المرئية بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، ومن ثم يسبب لنا الإحساس برؤية هذه الأجسام وقد أطلق على هذا المؤثر اسم (الضوء) وتعتمد درجة وضوح الجسم المرئي على الكم والنوع للطاقة المرتدة من الجسم والتي تستقبلها العين .



وكل نقطة على الجسم المرئي تعتبر مصدرا للإشعاع تستقبل منه العين

كل الأشعة الصادرة منه على شكل مخروطي قاعدته هي العين وقمته

هي النقطة التي على الجسم المضيء.

ما هو الضوء ؟

إن الضوء طاقة إشعاعية ، فالطاقة التي تصل إلى الأرض من الشمس ، والتي بدونها تصبح الأرض باردة وغير صالحة للحياة . تصل إلينا على صورة أشعة ضوئية وإشعاعات أخرى غير مرئية تشبه الضوء .

ولكن كيف تنطلق هذه الطاقة من المصدر الضوئي ؟ وكيف تنتقل من مكان إلى آخر ؟

طبيعة الضوء : Nature of Light

خواص الضوء مثيرة للدهشة والإثارة نحو إجراء التجارب ، ففي عصر نيوتن كان علماء تلك الفترة يقومون بأبحاث علمية عن طبيعة الضوء وخلال هذا العصر ولسنوات خل ت بعد ذلك كان هناك خلاف حول ما إذا كان شعاع الضوء تيار من الجسيمات أو أمواجا من نوع معين .

توجد أربع نظريات أساسية لشرح طبيعة الضوء واستخلص من نظريات تبعا للتجارب والمشاهدات والمحاولات المستمرة المكملة لبعضها لتفسير الظواهر الطبيعية العديدة المصاحبة للضوء عند اصطدامه بالأجسام واختراقه وانتقاله للأوساط الضوئية المختلفة ولكل من النظريات السند العلمي والعملي المؤيد له وهم على الترتيب :

١ -**نظرية الدقائق لنيوتن** Newtons Corpuscular Theory

٢ -**النظرية الموجية لهيجنز** Huygens Wave Theory

٣ -**نظرية الموجات الكهرومغناطيسية** Maxwells Electromagnetic Waves

وجد ماكسويل أن الموجات الكهرومغناطيسية لها سرعة الضوء وبالتالي استنتج أن الضوء ما هو إلا موجات كهرومغناطيسية ذات طول موجة متناهية في الصغر واستخدامها في تحقيق قوانين الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود ولكنها تتطلب مستوى معين من الرياضيات العليا.

٤ -نظرية أينشتين للفوتون Einsteins Photon Theory

عرف أينشتين الضوء بأنه كمات صغيرة من الطاقة سماها بالفوتونات ، كل منها ذو طاقة مقدارها (hf)

حيث (h) ثابت يعرف بثابت بلانك و(f) تردد الضوء.

ونتيجة للانتقال بين النظريات الرئيس ية الأربعة أمكن التوصل إلى الحقيقة الحاضرة في القرن العشرين بأن طبيعة الضوء هي طبيعة مزدوجة الخاصية أي أن له طبيعة موجية تفسر انتشار الضوء وانعكاسه وانكساره وتداخله وحيوده.

وطبيعته الأخرى هي دقائق طاقية (لها طاقة) تفسر على أساسها عمليات تفاعل الضوء مع الم ادة (عمليات الانبعاث من المادة الصلبة والامتصاص فيها).

ونيوتن يعتبر من أعظم مؤيدي النظرية الجسيمية (نظرية الدقائق لنيوتن) وتفترض هذه النظرية أن الضوء يتكون من دقائق مادية متحركة ، صغيرة جدا تقذف من الأجسام المضيئة بسرعة كبيرة وفي خطوط مستقيمة وأنها قابلة للارتداد عن سطوح الأجسام التي تصطدم بها ، ولها القدرة على المرور خلال الأجسام الشفافة وأن حجم هذه الجسيمات تختلف باختلاف لون الضوء .

نظرية الجسيمات :

انتشار الضوء في خطوط مستقيمة ولها القدرة على النفاذ خلال الأوساط الشفافة بافتراض أن سرعة الضوء تزداد عند انتقاله من الهواء إلى وسط شفاف أكبر كثافة ضوئية منه .

ومن الجدير بالذكر هنا أن الموجات الضوئية خاصة والكهرومغناطيسية عامة لا تحتاج إلى وسط مادي لكي تنتشر فيه. وهي تختلف عن الموجات الصوتية التي نحتاج لوسط لكي تنتقل خلاله.

وقد وقع علماء القرن التاسع عشر في خطأ جسيم حين اختلط عليهم الأمر فظنوا أن الموجات الضوئية تشبه الموجات الصوتية من حيث حاجتها لوسط انتشار . فافترضوا أن الأرض محاطة بوسط غير مرئي يسمى (الأثير) وهو الذي تنتشر خلاله موجات الضوء. وعلى الرغم من الفائدة التي حققها مفهوم الأثير حينئذ إلا أنه فشل حين أدى إلى أن سرعة الأرض تساوي صفرا . أي أن الأرض ساكنة بالنسبة للأثير بينما الأجسام الأخرى بالكون في حالة حركة بالأثير .

انعكاس وانكسار الضوء :

أولا : انعكاس الضوء Light Reflectio

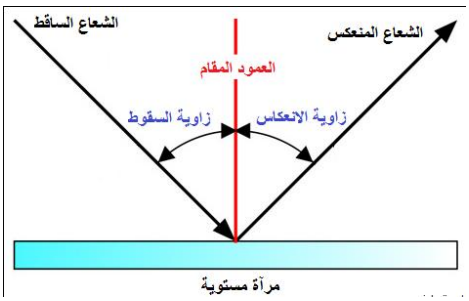
هو ارتداد الأشعة الضوئية نتيجة سقوطها على سطح عاكس غير منفذ للضوء .

تتطلب دراسة انعكاس الضوء ما يلي :

١ -التمييز بين الأشعة الضوئية قبل وبعد انعكاسها ، فالشعاع الذي يصل إلى السطح العاكس يعرف باسم (الشعاع الساقط) والشعاع الذي يرتد عنه يعرف باسم (الشعاع المنعكس) .

٢ -قياس الزاويتين اللتين تحددان اتجاهي الشعاع والشعاع المنعكس إح داهما تعرف (بزاوية السقوط) وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس ، والثانية تعرف (بزاوية الانعكاس) ، وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس وذلك العمود .

ونستنتج أن الضوء ينعكس عن السطوح المستوية طبقا لما يلي :-



١ -زاوية السقوط = زاوية الانعكاس .
٢ -الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنعكس والعمود المقام على السطح من نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس .
٣ -وتعرف هاتان النتيجتان باسم (قانوني انعكاس الضوء) .

تطبيقات انعكاس الضوء في الحياة والطبيعة .

١ -رؤية الأجسام :

نرى الأجسام المضيئة كالشمس والمصباح عن طريق الأشعة الضوئية الصادرة عنها ، أما الأجسام غير المضيئة فإننا نراها نتيجة سقوط الأشعة الضوئية عليها ثم انعكاسها في اتجاهات مختلفة ووصول بعضها إلى العين فتؤثر فيها وتحدث الرؤية .

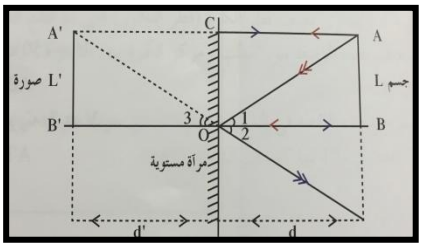
٢ -انعكاس الضوء على سطوح المرايا :

* الانعكاس على المرايا المستوية:

المرايا هي سطوح ناعمة عاكسة ، مصنوعة من معدن لامع أو من زجاج طلي أحد سطوحه بمادة مثل التين (Tin) أو الزئبق أو الفضة.

عندما تنظر مباشرة في المرآة ، ترى صورتك المنعكسة وما يحيط بك من أشياء ، فا لصورة تكونت نتيجة انعكاس الضوء ، وقد تختلف طبيعة الصورة واتجاهها وقياسها باختلاف شكل السطح العازل. وعندما يكون السطح العاكس مستويا تسمى المرايا مرايا مستوية Plane Mirrors .

كيف تتكون الصورة بالمرايا المستوية؟



AB جسم وُضع عموديا وبشكل مواز لمرآة مستوية ع لى بعد BO من المرآة كما في الشكل المقابل، ينعكس شعاع الضوء الصادر من A عند اصطدامه بسطح المرآة العاكس وفقاً لقانوني الانعكاس، ويبدو وكأنه قادم من النقطة `A .

وبالمثل ينعكس الشعاع القادم من النقطة B على السطح وكأنه قادم من النقطة `B ، وهذا هو حال جميع الن قاط المتكونة للجسم AB . بالتالي تتكون صورة الجسم `A`B التي تبدو وكأنها داخل المرآة على مسافة من سطح المرآة تساوي بُعد الجسم عن سطح المرآة، وتسمى صورة تقديدية وهمية، ومن مميزات هذه الصورة أنها صورة معتدلة غير مقلوبة ومساوية لطول الجسم ، أي أن تكبير المرآة م ستوية السطح يساوي M=1 علما أن التكبير يُحسب بالعلاقة التالية:

$$M = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}}$$

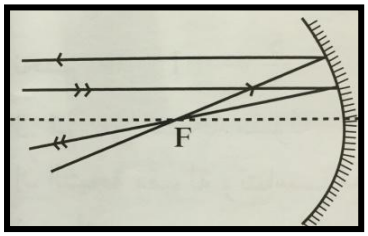
وعليه يمكننا أن نلخص خواص الصورة المتكونة بمرآة مستوية بما يلي:

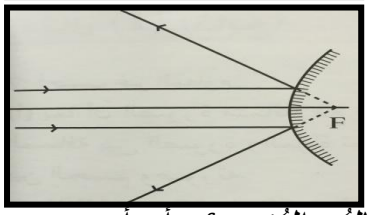
١- معتدلة تقديرية. ٢- مساوية للجسم ٣- معكوسة (اليمين يسار واليسار يمين).

*** <u>الانعكاس على السطوح الكروية:</u>**

السطوح الكروية كما يشير اسمها هي قطع من كرة نصف قطرها r ، تم قصّها من كرة وطُلي أحد وجهيها الداخلي أو الخارجي بمادة عاكسة لتصبح مرآة كروية . ،بحسب السطح العاكس يمكن تصنيف المرآة الكروية إلى نوعين:

عندما يكون السطح الخارجي هو السطح العاكس تُسمى مرآة محدبة Convex Mirror . وعندما يكون السطح الداخلي هو السطح العاكس تسمى مرآة مقعرة Concave Mirror . إن الخط الحامل لنصف القطر والمار بمركز الكرة يسمى المحور الأساسي ، ويتقاطع مع سطح المرآة بالقطب s ، أي أن المسافة بين القطب ومركز الكرة تساوي نصف قطر الكرة (قطر التكوّر) التي تم قطع المرآة منها . نعرّف نقطة الوسط بين القطب ومركز الكرة ببؤرة المرآة ويُرمز لها بالحرف F .





ومن مميزات هذه النقطة في المرايا المقعرة أن أي حزمة ضوئية موازية للمحور تنعكس مارة بها كما في الشكل المقابل. لذلك تسمى مرايا لامة أو مجمعة.

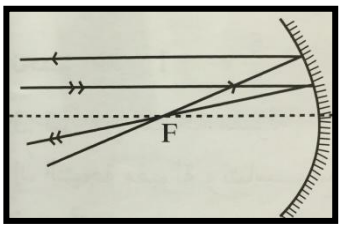
أما في المرايا المحدبة فإن الحزمة الضوئية الموازية للمحور تنعكس كأنها منبعثة من البؤرة F . لذلك تسمى مرايا مفرقة. (انظر الشكل المقابل)

ونعرّف المسافة من قطب المرآة إلى البؤرة ، أي المسافة SF التي تساوي OF بالبُعد البُؤري f ، أي أن

$$f = \frac{r}{2}$$

*** رسم الأشعة المنعكسة على المرايا الكروية:**

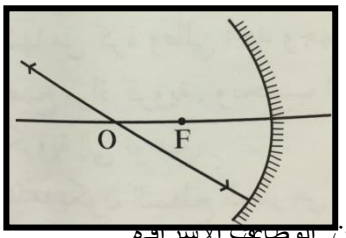
إن خواص الصورة المتكونة من الإنعكاس على المرايا الكروية يمكن تحديدها بالرسم الهندسي ، وتكون برسم شعاعين من نقطة على الجسم أو أكثر وبتطبيق قوانين الإنعكاس ، وتسهيلاً ل تحديد صورة الجسم يمكننا استخدام ثلاث حالات للأشعة وتعتبر مفاتيح لرسم الصورة وهي:



١- شعاع موازٍ للمحور ينعكس ماراً بالبؤرة.

٢- شعاع مار بالبؤرة ينعكس موازياً للمحور.

٣- شعاع مار بالمركز ينعكس على نفسه.



<u>ويُظهر الشكلان المقابلان كيفية رسم تلك الأشعة الثلاث على مرآة مقعرة.</u>

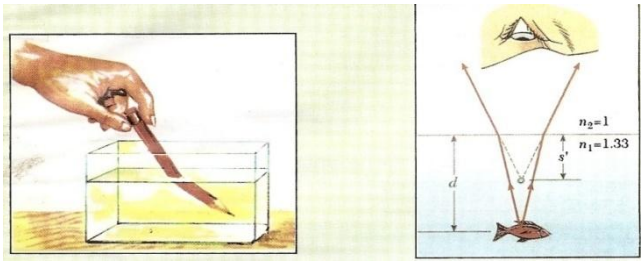
تتكون الصورة من تلاقي الأشعة المنعكسة على المرايا ، وتكون صورة حقيقية عندما يمكن استقبالها على حائل . أما الصورة التي تتكون من تلاقي امتدادات

الأشعة المنعكسة والتي لا يمكن استقبالها على حائل فتكون صوراً تقديرية.

ثانيا : انكسار الضوء : Light Refreaction

هو انحراف الأشعة الضوئية عن مسارها المستقيم نتيجة انتقالها من وسط شفاف متجانس إلى وسط آخر شفاف متجانس يختلف عنه في الكثافة الضوئية

بسبب تغير سرعته.



*** تذكران الكثافة الضوئية :هي قدرة الوسط علي كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها**

تتطلب دراسة انكسار الضوء ما يلي :

١ -التمييز بين الأشعة الضوئية قبل وبعد انكسارها ، فالشعاع الذي يصل إلى السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين يعرف باسم (الشعاع الساقط) والشعاع الذي ينفذ إلى الوسط الثاني يعرف باسم (الشعاع المنكسر) .

٢ -قياس الزاويتين اللتين تحددان اتجاهي الشعاع الساقط والشعاع المنكسر :

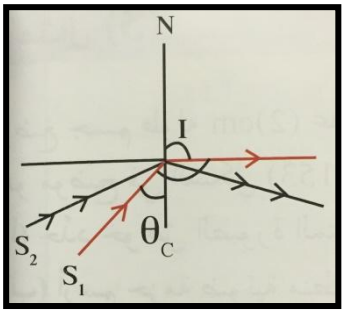
الأولى تعرف (بزاوية السقوط) وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل والثانية تعرف (بزاوية الانكسار) وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر وذلك العمود .

يتضح لك أن الضوء ينكسر وفقا للقانون التالى :

١ -النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط الأول وجيب زاوية الانكسار في الوسط الثاني نسبة ثابتة تعرف باسم معامل الانكسار من الوسط الأول إلى الوسط الثاني .

٢ -الشعاع الضوئي الساقط والشعاع الضوئي المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط علي السطح الف اصل تقع جميعها في مستوي واحد عمودي علي السطح الفاصل

الانكسار والانعكاس الكلى الداخلى على السطوح المستوية :



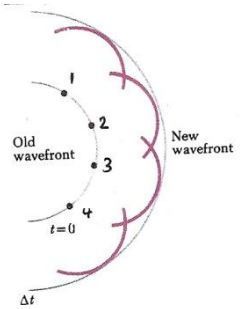
إن ظاهرة الانكسار تتحقق دائما عند انتقال الضوء من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط آخر أكبر كثافة ضوئية فإن الشعاع ينكسر مقتربا من العمود . أما عند انتقا ل الضوء من وسط أكبر كثافة إلى وسط آخر أقل كثافة تحدث ظاهرة الانكسار بابتعاد الشعاع المنكسر عن العمود بزاوية أكبر من زاوية السقوط والتي تزداد بزيادة زاوية السقوط . ولكن عندما يصل مقدار زاوية الانكسار إلى ٩٠° في الوسط الأقل كثافة ضوئية فإن زاوية السقوط في ا لوسط الأكبر كثافة تسمى الزاوية الحرجة ويرمز لها ب $Ø_C$ ، وإن زيادة مقدار زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة عن الزاوية الحرجة $i > Ø_C$ تؤدي إلى انعكاس الشعاع في الوسط الأكبر كثافة بحيث لا ينفذ إلي الوسط الأقل كثافة ، وتسمى هذه الحالة بالانعكاس الكلي الداخلي حيث يتبع الشعاع قانوني الانعكاس ولا يتبع قانوني الانكسار.

التداخل و الحيود في الضوء :

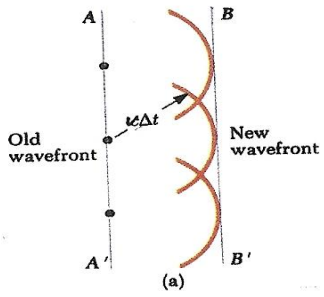
مبدأ هويجنز : Huygen's Principle

استطاع هويجنز أن يضع فرضية لتفسير كيفية انتشار الموجات وتعرف هذه الفرضية بـ (مبدأ هويجنز) وتتلخص بالتالي :

١ -ينتشر الاضطراب في وسط ما ع لى هيئة دوائر متحدة المركز ومركزها هو مركز الاظطراب نفسه مما يتسبب في ذبذبة جزيئات الوسط عمودي على اتجاه انتشار هذه الموجات . وتسمى كل من تلك الدوائر جبهة الموجة Wave frontوالتي يمكن تعريفها بأنها :
السطح الذي يمر بكل النقاط التي يصلها الاهتزاز في لحظة واحدة .
٢ -كل نقطة على جبهة الموجة تعتبر مصدرا جديدا للموجات تبث موجات جديدة تسمى الموجات الثانوية Secondary Wavesوالمماس المرسوم لجميع الموجات الثانوية هو الجبهة الجديدة .
وكلما ابتعدنا عن مصدر الاضطراب مالت جبهة الموجة الجديدة إلى الاستواء بدرجة أكبر .



ولتوضيح الفكرة ، نفرض أن منبعا يبث موجات دائرية ، ولتكن النقط (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) في الشكل التالي نقطا على جبهة الموجة في لحظة ما ، فبعد فترة زمنية (Δt) تكون كل نقطة من نقاط الجبهة الأولى قد بثت موجات ثانوية مركز كل منها النقطة المعينة على الجبهة ويكون الاضطراب قد قطع مسافة تساوي (v Δ t) حيث (v) تمثل سرعة الموجة في الوسط .



وللحصول على الجبهة الجديدة نقوم برسم المماس لجبهات الموجات الثانوية كما هو واضح في الشكل السابق فإن جبهة الموجة الجديدة تكون دائرة أيضا ويكون مركزها مصدر الاضطراب نفسه .

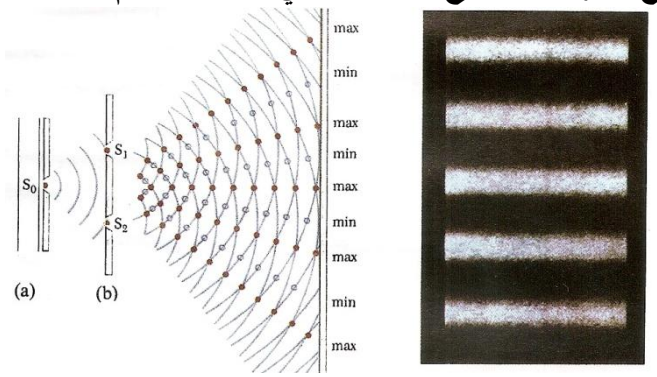
أما إذا كانت جبه ة الموجة مستوية فإننا نجد باتباع الأسلوب نفسه أن الموجات الثانوية تؤدي إلى نشوء جبهة جديدة تكون مستوية أيضا كما في الشكل االمقابل .

ظاهرة التداخل Interference

كان في السابق قبل عام (١٨٠٠) جدل كبير بين العلماء حول طبيعة الضوء ، وما إذا كانت له طبيعة موج ية أم جسيمية .

ولقد كان هذا الجدل على أشده بين أتباع النظرية الجسيمية التي افترضها العالم اسحق نيوتن وإتباع النظرية الموجية التي كان يتزعمها العالم هويجنز . وكانت حجة إتباع النظرية الجسيمية أن أحد لم يتمكن من ملاحظة التداخل في الضوء مع أنه من الصفات المميزة للموجات ، إلى أن قام العالم الفيزيائي توماس يونج بإجراء تجربة تظهر التداخل في الضوء فيما يعرف باسم تجربة الشق المزدوج (كما أمكنه قياس طول موجة الضوء مقدما السند العملي للصفة الموجية للضوء) .

ولقد استخدم يونج الجهاز الموضح بالشكل التالي وهو يتكون من :



١ -يوضع على بعد مناسب من حاجز به شق رأسي ضيق (S_0) يمر خلاله أمواج الضوء

٢ - نحو حاجز آخر به شقان رأسيان مستطيلان ضيقان ومتوازيان (S_1 ، S_2) والمسافة بينهما أقل من (1mm) وبالتالي يعملان كشق مزدوج .

٣ -يقع الشقان المزدوجان على صدر الموجة نفسه وبالتالي يكون للموجات التي تصلها (الطور نفسه).
وتسلك الفتحتان المستطيلتان سلوك المصادر المترابطة وهي تلك المصادر التي تكون أمواجها متساوية التردد والسعة ولهما الطور نفسه .

٤ -تنتشر الكتان الموجيتان الصادرتان من الفتحتين (S_1 ، S_2) خلف الحاجز (b) متخذه الحائل المعد لاستقبالها (C) .

٥ -تتراكب أي تتداخل الحركتان الموجيتان القادمتان من الفتحيتين (S_1 ، S_2) ويظهر على الحائل مجموعة التداخل وتكون على شكل مناطق مستقيمة متوازية ، وهي عبارة عن مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة تسمى (هدب التداخل) Interference frings

كيفية حدوث التداخل فى الضوء

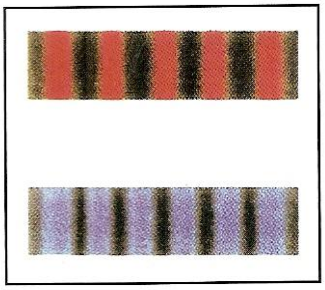
١ -الموجتان الصادرتان من (S_1 ، S_2) يكون لهما الطور نفسه .

٢ -عندما تتقابل الموجتان يكون فرق المسير بينهما صفرا أو عددا صحيحا من الموجات تزداد سعة الموجة المحصلة وتساوي مجموع سعتي الموجتين المتداخلتين فيحدث تقوية في الض وء (هدب مضيئة) وتسمى (تداخل بناء) .

٣ -عندما تتقابل الموجتان ويكون فرق المسير بينهما نصف موجة أو عددا صحيحا ونصفا من الموجات تنعدم سعة الموجة المحصلة وتساوي صفرا فيحدث انعدام في شدة الضوء (هدب مظلمة) ويسمى (تداخل هدام) .

تعريف التداخل فى الضوء :

هو ظاهرة موجية تنشأ عن تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين وينتج عنها مناطق أخرى مظلمة تسمى (هدب التداخل) .



يوضح الشكل التالي تداخل الضوء باستخدام :

١ -اللون الأحمر $\lambda = 6.5 \times 10^{-7}$ cm

٢ -اللون الأزرق $\lambda = ٤.٥ \times 10^{-7}$ cm

تفسير ظاهرة حيود الضوء على أساس مبدأ هويجنز :

١ -إذا كانت الفتحة صغيرة بالنسبة للطول الموجي للموجات المستخدمة فإن اصطدام جبهة الموجة مع الفتحة يؤدي إلى أن تعمل الفتحة كمصدر لموجة ثانوية واحدة تنتشر خلف الفتحة على شكل دوائر متحدة المركز مركزها هو الفتحة نفسها .

٢ -أما إذا كان اتساع الفتحة أكبر من الطول الموجي للموجة القادمة فإن الفتحة تعمل كجزء من جبهة الموجة ، يمكن اعتبارة عدة نقاط يصدر عن كل منها موجة ثانوية تشترك جميعا في تكوين جبهة جديدة لموجة تنتشر خلف الفتحة وبالتالي فإن مقدار انحناء الجبهة الجديدة يكون أقل من السابق .

الاستقطاب في الضوء Polarization of light

كما يوجد في (الحركة الاهتزازية والموجات) أنواع الحركات الموجية (الميكانيكية والكهرومغناطيسية) وميزت بين الموجات الطولية والمستعرضة عن طريق ظاهرة الاستقطاب وعرفت أن هذه الظاهرة تحدث في الموجات المستعرضة ولا تحدث في الموجات الطولية .

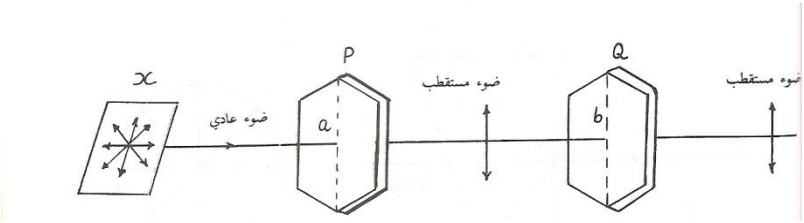
الاستقطاب : هو ثبات مستوي الاهتزاز بالنسبة لاتجاه انتشار الموجة .

وبناء على ذلك يمكن الاستفادة من ظاهرة الاستقطاب لنعرف نوعية موجات الضوء أهي طولية أم مستعرضة ؟

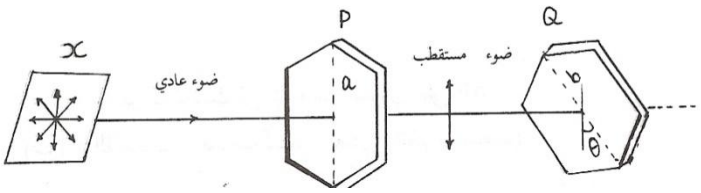
الضوء المستقطب:

منذ عدة سنوات اكتشف بالصدفة أن بعض البلورات تؤثر على الضوء المار خلالها ويعتبر التورمالين إحدى هذه البلورات وكذلك الكوارتز والكالسيت والأيسلاند سيار وغيرهم .

فإذا كان لدينا بلورتي تورمالين P,Q وكان محورهما a,b متوازيان وسقطت حزمة ضوئية على P فإن الضوء المار من البلورة Q يصبح أخفت فأخفت حتى ينعدم تماما وذلك عند تعام د المحوران a,b ثم يبدأ في الظهور تدريجيا باستمرار إدارة البلورة Q حتى يصبح في منتهى الوضوح عندما يصبح المحوران a,b متوازيان ثانية.



المحوران متوازيان



وهذه التجربة البسيطة تبرهن لنا أن موجات الضوء عبارة عن موجات مستعرضة ...

نظرا للتركيب الجزيئي لبلورة التورمالين فإنها تسمح فقط بالمرور خلالها للذبذبات المستعرضة الموازية لمحورها.

المراجع :

١ -**الفيزياء للصف الحادي عشر – الجزء الثاني – الطبعة الثانية .**
٢ -**أساسيات الفيزياء الكلاسيكية والمعاصرة ، د. رأفت واصف – طبعة (١٩٩٧) دار النشر للجامعات - مصر .**
٣ -**أساسيات الفيزياء . يوش ، ف . (مترجم للعربية) الطبعة السادسة (١٩٩٤) – الدار الدولية للنشر والتوزيع – مصر .**
٤ -**البصريات . د. أحمد فؤاد باشا، د. شريف خيري – الطبعة الأولى (١٩٩٨) دار الفكر العربي – القاهرة .**
٥ -**أساسيات البصريات هارفي، الطبعة الخامسة (١٩٩٧) الدار الدولية للنشر والتوزيع – القاهرة .**
٦ -Physics Principles with applications Dougla . Giancoli Fourth Ed .

الصوت

مقدمة:

يعتبر الصوت مثير خارجي من البيئة . وأحد وسائلنا لاكتشافها والتعامل معها . ففي كل وقت وفي أي مكان نذهب إليه نسمع أصوات متعددة مختلفة في مصدرها وفي قوتها. ومع ذلك تستطيع الأذن أن تميز بينها وتحدد مصدرها.
وكذلك تميز الأذن الأصوات القوية والأصوات الضعيفة .
الصوت وسيلة الاتصال بين عديد من أنواع الحيوانات ووسيلة التخاطب بين الناس ، فنحن نتفاهم عن طريق اللغة التي نتعلمها عن طريق سماعها أولا ولهذا فان الطفل الذي يولد غير قادر على السمع (أصم) لا يمكن أن يتعلم الكلام .
في علم وظائف الأعضاء يطلق مصطلح " الصوت " على ذلك الإحساس السمعي الذي تحس به الأذن نتيجة الاضطرابات التي تحدث في الوسط المحيط بها.

- أما في علم الفيزياء فيمكن تعريف الصوت بوجه عام على أنه حركة موجية ميكانيكية في وسط مرن.
- يعرف الصوت : هو مؤثر خارجي يؤثر على أعصاب الأذن السليمة فيسبب الإحساس بالسمع.
- ماذا يحتاج الصوت لكي ينتقل ؟

يحتاج الصوت إلى وسط مادي لكي ينتقل . والوسط المادي قد يكون صلبا أو سائلا أو غازيا

- فهل ينتقل الصوت في الفراغ ؟

الإجابة بالتأكيد لا ينتقل الصوت في الفراغ والدليل عدم سماع صوت الانفجارات النووية الحادثة في الشمس.

- ما علاقة الوسط المادي بسرعة انتقال الصوت فيه؟

تعتمد سرعة الصوت على نوع الوسط المادي الذي ينتقل فيه.

لقد أثبتت التجارب العملية أن:
- سرعة الصوت في الغازات أقل من سرعة الصوت في السوائل.
- وسرعة الصوت في السوائل أقل من سرعته في الأجسام الصلبة.

- تعرف سرعة الصوت : المسافة التي يقطعها الصوت في الثانية الواحدة.

الشكل الموجي للصوت:

تحدث الأصوات نتيجة لاهتزاز الأجسام، تنتقل هذه الاهتزازات في الهواء أو أي وسط مادي آخر في جميع الاتجاهات على شكل موجات طولية.
عند اهتزاز المصدر الصوتي تهتز جزيئات الوسط المادي المحيطة به (مثل الهواء) إلى الأمام وإلى الخلف دون الانتقال من مواضعها النسبية فيضغط المصدر على جزيئات الهواء في حركته الأمامية ويخلخله في حركته الخلفية وبالتالي يحث اضطراب في جزيئات الوسط فينشأ الصوت.

الصوت sound: هو الاضطراب الذي ينتقل خلال الوسط على شكل موجة طولية.

كيف تحدث الأصوات:

علمت أن الصوت ينشأ نتيجة اهتزاز مصدره، فعندما تُقَرع الطبلة يبدأ سطحها بالاهتزاز يميناً ويساراً بشكل سريع لايمكن ملاحظته، فعندما تتحرك جلدة الطبلة إلى اليمين فإنها (تضغط) تدفع جزيئات الهواء معاً فيحدث تضاغط. وعندما تتحرك إلى اليسار تبتعد الجزيئات عن بعضها فتحدث تخلخل.

سرعة الصوت:

سرعة الصوت خلال الوسط المادي تساوي مقداراً ثابتاً بالنسبة للوسط الواحد، وتعتمد سرعة الصوت في الوسط على خصائص هذا الوسط.

ماهي العوامل التي تؤثر في سرعة الصوت؟

١. المرونة :هي" الخاصية التي بواسطتها يعود الجسم إلى حجمه أو شكله الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليه".

تزداد سرعة الصوت في الوسط بزيادة مرونته، حيث تعتبر بعض المعادن مثل الحديد والنيكل من المواد المرنة جداً، وبالتالي تساعد على نقل الصوت بشكل جيد، أما السوائل فيعتبر معظمها غير مرن ولاتساعد على نقل الصوت بشكل جيد، أما الغازات فتعتبر من أقل المواد مرونة وأقلها كفاءة في نقل الصوت، وبصفة عامة تكون:

سرعة الصوت في المواد الصلبة > سرعة الصوت في السوائل > سرعة الصوت في الغازات

٢. الكثافة :هي" هي كتلة وحدة الحجوم"

تزداد سرعة الصوت في المواد بزيادة كثافتها، فعند سطح البحر تتقارب الجزيئات من بعضها نتيجة لزيادة الضغط، وبالتالي تزداد الكثافة وينتقل الصوت فيها بشكل أسرع، أما عند الارتفاعات الشاهقة فيحدث العكس.

٣. درجة الحرارة:

تزداد سرعة الصوت في الهواء بزيادة درجة الحرارة، وتفسير ذلك أنه عندما تنتقل موجة الصوت خلال الهواء تتصادم الجزيئات المهتزة بالجزيئات الأخرى، وبزيادة درجة الحرارة تزداد سرعة اهتزاز الجزيئات وبالتالي فإن نسبة تصادم هذه الجزيئات تزداد فينتقل الصوت بشكل أسرع.

٤. نوع المادة:

تختلف سرعة الصوت من وسط إلى آخر باختلاف المواد.

ملحوظة: لاتعتمد سرعة الصوت على الطول الموجي أو التردد أوالضغط وتفسير ذلك أنه زاد التردد يقل الطول الموجي بحيث تبقى النسبة بينهما ثابتة.

وإذا تغير الضغط وكانت درجة الحرارة ثابتة فإن كثافة الوسط تتغير بحيث تبقى النسبة بين الضغط والكثافة ثابتةوبناء على ذلك فإن سرعة الصوت في الغازات لاتتوقف على التغير في الضغط.

الموجات الصوتية:

هي موجات ذات ترددات محصورة بين (20 HZ و 20 000 HZ) ويستطيع معظم الناس سماعها.

الموجات فوق الصوتية:
هي موجات الصوت ذات الترددات الأكثر من المدى البشري الطبيعي للسمع.

الموجات تحت الصوتية:
هي موجات الصوت ذات الترددات الأقل من المدى البشري الطبيعي للسمع.

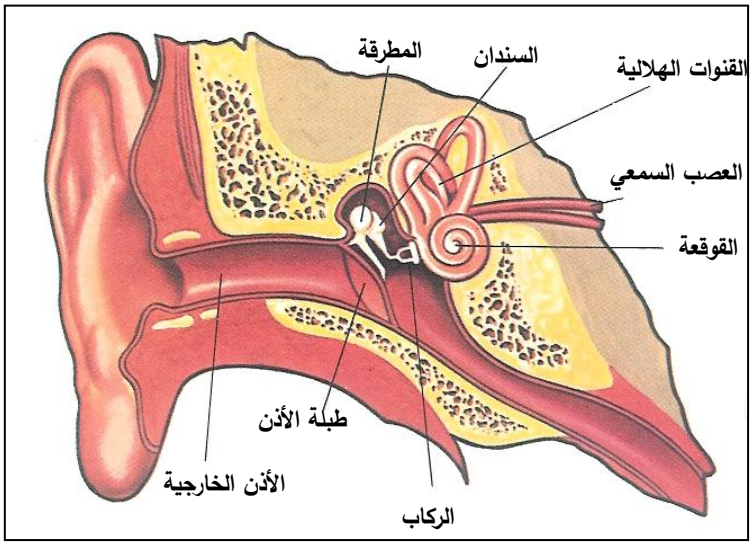
درجة الصوت:
هي وصف لمدى علوٌ (حدة) أو انخفاض (غلظة) الصوت كما يبدو لشخص ما.فكلما زاد التردد أصبح الصوت أكثر حدة وكلما قل التردد أصبح الصوت أكثر غلظة.
مصادر الصوت متعددة ومنها اهتزاز الخيوط والأوتار في الآلات الموسيقية.
وتعتمد درجة صوت الوتر على: مادة الوتر وطوله وسماكته وعلى مقدار الشد في الوتر.
إذن: يمكن تغيير درجة صوت الوتر بتغيير خواصه عند طريق تغيير شد هذه الأوتار بإدارة المفاتيح التي تشدها، كما في آلتي الجيتار والكمان.

- **في حالة الأوتار المتساوية الطول والمختلفة في الشد، فإن الوتر المشدود أكثر يكون تردده أكبر ويصدر صوت حاد.**

- **في حالة الأوتار المتساوية في الشد والمختلفة الطول ، فإن الوتر القصير يكون تردده أكبر ويصدر صوت حاد.**

كيف نسمع الصوت؟:

نعلم أن الأذن لها ثلاثة أجزاء رئيسية:



١. **الأذن الخارجية: تتكون من الصوان والقناة السمعية وغشاء الطبلة، وفي هذا الجزء من الأذن يقوم الصوان بتجميع الموجات الصوتية ونقلها عن طريق القناة السمعية إلى غشاء الطبلة الذي يهتز عند اصطدام الموجات به.**

٢-الأذن الوسطى:
وتتكون من المطرقة والسندان والركاب، وفي هذا الجزء من الأذن تهتز المطرقة نتيجة اهتزاز غشاء الطبلة، وتنتقل الموجات من المطرقة إلى السندان ومنه إلى الركاب الذي يهتز ونتيجة لاهتزازه يهتز السائل في الدهليز.

٣-الأذن الداخلية: وتتكون من الدهليز والقنوات الهلالية والقوقعة، وفي هذا الجزء من الأذن يؤثر اهتزاز السائل بملامسته للخلايا العصبية المنتشرة في القوقعة الذي يؤدي إلى إشارات كهربية تنتقل عن طريق العصب السمعي إلى مركز السمع في المخ.

علمنا من دراستنا في الفصل السابق أن : مدى الترددات الطبيعية التي يسمعها الشخص تتراوح بين (20HZو 20000HZ).

خصائص الصوت

١- انعكاس الصوت

هو ارتداد الأمواج الصوتية عند اصطدامها بسطح عاكس .
وعند إحداث صوت عال على بعد مناسب من سطح متسع أو جبل يتكرر سماع الصوت ويبدو كأنه صادر من نقطة خلف هذا السطح . وتعرف هذه الظاهرة باسم (الصدى) .
*** الصدى: هو تكرار الصوت الناشئ عن الانعكاس .**
*** بعض الظواهر التي تؤيد حدوث انعكاس الصوت (الصدى) .**
- إذا أحدت صوتا في بيت مهجور فأنك تسمع هذا الصوت مرة ثانية .
- إذا أحدثت صوتا في الخلاء فأنك تسمع هذا الصوت مرة ثانية .
ويرجع حدوث هذا إلى أن الصوت عندما يصادف في طريقة سطحا عاكسا فإنه يرتد ويقال أنه انعكس. وقد يحدث هذا الانعكاس على سطح الماء أو على طبقات الهواء المختلفة الكثافة أو على الجبال أو الحوائط ويرتد ثانية .
عند انعكاس أمواج الصوت عند سطح مستو تنتشر أمواج الصوت في الهواء على شكل كرات متحدة المركز من التضاغطات والتخلخلات المتتالية مركزها هو المصدر الصوت .
وإذا صادفت حاجزا مستويا فإنها تنعكس على شكل كرات متحدة المركز أيضا من التضاغطات والتخلخلات ويقع هذا المركز خلف السطح العاكس وعلى بعد المصدر الصوتي عنه .
من جهة أخرى تبين أن الأذن البشرية تستطيع بشكل عادي ، التمييز بين الصوت الأصلي وصداه إذا كانت المسافة التي تفصل بين الصوتين لا تقل عن ١٧ مترا. وقد حدد العلماء ذلك على أساس أن الأذن تحتاج للتمييز بين صوتين متتاليين (الصوت وصداه) $\frac{1}{10}$ ث .
شروط حدوث صدى الصوت:
١- وجود سطح عاكس (حائط ، جهة وادي) تنعكس عنه الموجات الصوتية .
2 - أن تكون الفترة الزمنية بين حدوث الصوت وصداه ثانية أو أكثر
ولقد تم الاستفادة من الصدى في عدة أمور منها:

١ - دراسة أعماق البحار

٢ - المسح الجيولوجي والاهم دراسة الزلازل والبراكين وما شابه .

٣ - اكتشاف حقول النفط .

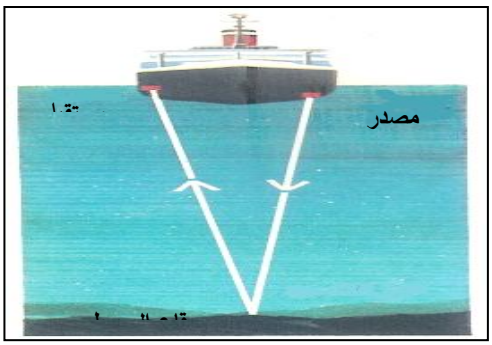
*** شروط انعكاس الصوت عند سقوطه على سطح عاكس :**
١- زاوية السقوط = زاوية الانعكاس .
٢- الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعا في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس .
تستند أغلب تطبيقات الصوت في الحياة العملية على ظاهرة انعكاس الصوت الذي يح دث عند اصطدام الموجات بسطح لاستطيع أن تمر خلاله وبالتالي فإنها ترتد أو تنعكس، وتسمى الموجة الصوتية المنعكسة بالصدى echo .

يستخدم انعكاس الموجات الصوتية في التكنولوجيا الحديثة في عدة أجهزة منها:

السونار sonar: **وهو جهاز لكشف الموجات الصوتية المنعكسة.**

تستخدم الغواصات والسفن السونار في الكشف عن وجود غواصات أو سفن أخرى،وذلك بإرسال موجة صوتية عبر الماء وبالقرب من السطح، فإذا ارتدت هذه الموجة يلتقطها السونار ونعلم أن هناك سفينة أو غواصة أخرى.

كيفية عمل السونار: يرسل جهاز السونار موجات فوق صوتية تنتقل عبر الماء وعندما تصطدم بقاع المحيط فإنها تنعكس ويلتقطها السونار، وبقياس الفاصل الزمني بين لحظة إرسال الموجة ولحظة استقبال الموجة المنعكسة يمكن قياس عمق المحيط.



$$d = \frac{t}{2} \times v$$

حيث أن d **هي عمق المحيط ،**
t **زمن الذهاب والإياب**
V **سرعة الصوت في الماء**

٢- انكسار الصوت

*** انكسار الصوت : هو تغير مفاجئ لاتجاه الشعاع عند اجتيازه السطح الفاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة . وتنكسر الأمواج الصوتية نتيجة لتغير سرعة أمواج الصوت عند انتقالها من وسط إلى وسط آخر مختلف في الكثافة.**

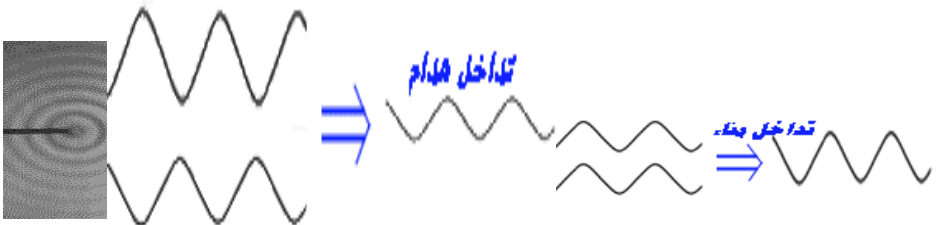
*** الانكسار في الموجات الصوتية : عند سقوط موجات صوتية على سطح فاصل بين وسطين كما في الشكل يحدث ما يلي :**

١-ينعكس جزء من الموجات مرتدًا إلى نفس الوسط وفقاً لقانوني الانعكاس
٢-ينفذ الجزء الآخر إلى الوسط الثاني منحرفًا عن مساره فيحدث انكسار للموجات الصوتية وذلك نتيجة لاختلاف سرعة الصوت في الوسط الثاني .

والجدير بالذكر أن الموجات الصوتية لا تنكسر بوضوح عند انتقالها بين وسطين إلا إذا كان الفرق بين سرعتي الصوت في الوسطين صغيراً أما إذا كان الفرق كبيراً انعكست معظم الموجات الصوتية .

٣- تداخل الصوت

التداخل هي ظاهرة تنشأ من التقاء موجتين متفقتين في الطور والتردد ووجود مناطق اضطراب نتيجة التقاء قمة من موجة المصدر (A) مع قمة من موجة المصدر (B) فيقوى أحدهما الآخر وتكون المحصلة قمة أكبر وكذلك عند التقاء قاع
من موجة المصدر (A) مع قاع من موجة المصدر (B) فيقوى أحدهما الآخر تكون المحصلة قاعاً أكبر تسمى تلك المناطق بمناطق التداخل البناء أما المناطق المظلمة فتتكون نتيجة التقاء قاع من موجة المصدر(A) مع قمة من موجة المصدر (B) فينعدم الاضطراب في هذه المنطقة وتسمى مناطق التداخل الهدام .



شروط التداخل البناء والهدام :

١- عندما تنتشر صادرتان عن منبعين متفقين في الطور يحدث تداخل بناء عند النقاط التي يكون فرق بعديهما عن المنبعين مساوياً للطول الموجي أو مضاعفاته العددية الصحيحة " أو صفراً " .

٢- عندما تنتشر حركتان موجتان صادرتان عن منبعين متفقين في الطور حيث يحدث تداخل هدام عند النقاط التي فرق بعديهما عن المنبعين مساوياً لنصف الطول الموجي أو مضاعفاته الفردية لنصف الطول الموجي .

م	التداخل البناء	التداخل الهدام
١	- يحدث عن التقاء تضاغط من الموجة الأولى مع تضاغط من الموجة الثانية أو تخلخل من الموجة الأولى مع تخلخل من الموجة الثانية .	- يحدث عن التقاء تضاغط من الموجة الأولى مع تخلخل منا لموجة الثانية أو تخلخل من الموجة الأولى لأولى مع تضاغط من الموجة الثانية .
٢	- الإزاحة المحصلة = مجموع الإزاحتين .	- الإزاحة المحصلة = الفرق بين الإزاحتين .
٣	- إذا كان فرق المسارين بين الموجتين مساوياَ : أي (0 ، λ ، 2λ ، 3 λ) Δs = n حيث : (0 - 1 - 2 - 3 = n عدد صحيح موجب	- إذا كان فرق المسارين بين الموجتين مساوياَ : (١/٢ λ ، 3/2λ ، 5/2 λ) 2 أي $\Delta s = (2n+1)\lambda/2$ حيث (..... ، 3 ، 2 ، 1 ، 0 = n) عدد صحيح موجب

مقارنة بين التداخل البناء والتداخل الهدام

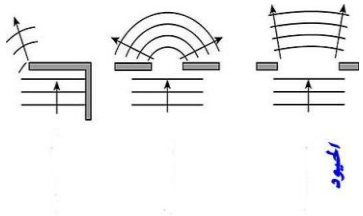
٢- الحيود

*** نشاط :**

- **صب في حوض التموجات المائية ماء إلى ارتفاع (١ سم) وولد موجات مستوية وذلك بتحريك حافة مسطرة بحيث تهتز عند أحد جوانب الحوض .**
- **ضع في مسار الموجات المستوية عائقاً به فتحة صغيرة طولها يعادل الطول الموجي تقريباً .**

*** المشاهدة : تشاهد تغير شكل الموجات بعد نفاذها من الفتحة الصغيرة ويحدث لها انحناء حول الفتحة .**

*** الاستنتاج : يسمى انحناء الموجة حول فتحة صغيرة بالحيود . وتكون ظاهرة الحيود أوضح ما يمكن عندما يكون اتساع الفتحة مساوياً لطول الموجة أو أصغر منه قليلاً .**



المراجع :

١ -سلسله شوم – الطبعه الخامسه ١٩٩٦ – الدار الدوليه للنشر والتوزيع القاهره

٢ -أساسيات الفيزياء الكلاسيكيه والمعاصره ، د. رأفت واصف ١٩٩٧ – دار النشر

للجامعات / مصر

٣ -أساسيات الفيزياء . يوش،ف. (مترجم للعربيه) ١٩٩٤ الدار الدوليه للنشر والتوزيع . مصر

الكيمياء

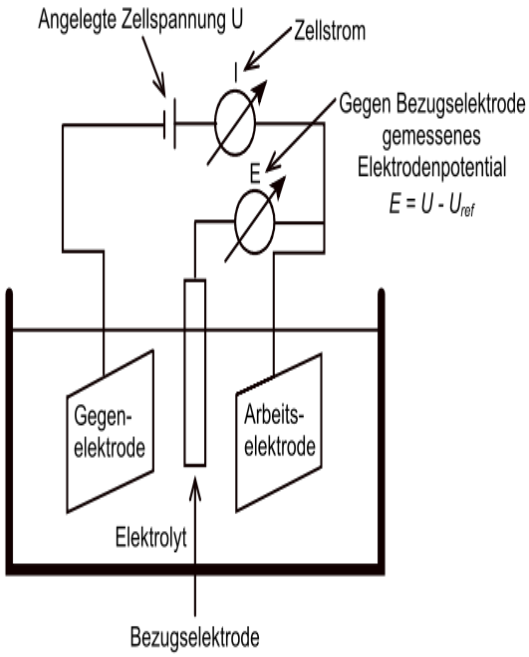
الكيمياء الكهربائية

الكيمياء الكهربائية : هي أحد فروع الكيمياء التي تدرس التفاعلات الحادثة عند سطوح الموصلات الكهربائية (مثل الإلكترودات المؤلفة من المعادن) وأشباه الموصلات (مثل الجرافيت) والمحاليل الإلكتروليتية.

إذا استطاع تفاعل كيميائي أن يتم بفضل جهد كهربائي أو استطاع التفاعل أن يولد جهداً كهربائياً كما في حالة البطاريات، عندها يسمى مثل هذا التفاعل "تفاعلاً إلكتروكيميائياً". وبشكل عام تعتبر التفاعلات الإلكتروكيميائية من نوع تفاعل أكسدة- وتفاعل اختزال. يحدثان بشكل منفصل تفصل بينهما مسافة معينة يتم خلالها انتقال للإلكترونات مما يتيح فرصة لتشكل جهد كهربائي ومرور تيار كهربائي. أما انتقال الشحنة المباشر من جزيء إلى آخر فلا يدخل في نطاق الكيمياء الكهربائية.

تعد جميع التفاعلات الكيميائية ذات الطبيع ة الكهربائية في حقيقتها دراسة لظواهر الأكسدة والاختزال حيث تتناول دراسة التحول المتبادل بين الطاقة الكيميائية والكهربائية ضمن إطار تفاعلات الأكسد ة والاختزال التي تشكل قسماً هاماً جداً من التفاعلات الكيميائية.

عندما يقترن تفاعل كيميائي بمرور تيار كهربائي تكون تلك العملية عملية كهروكيميائية . فإما أن يكون تفاعل اختزال بسبب جهد كهربائي موصول به من الخارج (كما في التحليل الكهربائي) ، أو ينشأ التيار الكهربائي من تفاعل كيميائي بين مواد مناسبة تكوّن جهداً كهربائياً (كما في الخلايا الجلفانية). تلك الجهود الكهربائية التي هي من خصائص المواد المختلفة نجدها مدونة في قائمة الجهود القياسية (المتسلسلة الكهروكيميائية). ولا يعتبر مجرد انتقال الإلكترونات بين جزيئات أو أيونات أو ذرات من العمليات الكهروكيميائية، ولكن من صفة العمليات الكهروكيميائية أنها تتميز بفصل مكان جريان تفاعل الأكسدة (فقد الالكترونات) وجريان تفاعل الاختزال (اكتساب الالكترونات).



خلية كهروكيميائية وتتكون من لوحين معدنيين مختلفين في الكتروليت ، وقد أضيف إليهما لوح ثالث (في الوسط) كلوح مرجعي لإجراء قياسات.

تجري تفاعلات الأكسدة والاختزال المميزة للكيمياء الكهربائية على السطح الفاصل بين القطب والالكتروليت. وبالتالي فإن الكيمياء الكهربائية هي فرع الكيمياء الذي يهتم بدراسة التفاعلات الكيم يائية التي تعطي طاقة كهربائية نتيجة لحدوث تفاعلات أكسدة واختزال بشكل تلقائي مستمر، كما في الخلايا الجلفانية، وكذلك دراسة تحويل الطاقة الكهربائية إلى تفاعلات كيميائية من خلال تفاعلات أكسدة واختزال لا تحدث بشكل تلقائي مستمر، كما في الخلايا الإلكتروليتية أو خلايا التحليل الكهربائي.

وبذلك يمكن تعريف الكيمياء الكهربائية بأنها:
" العلم الذي يهتم بدراسة التفاعلات الكيميائية التي يصاحبها انطلاق أو امتصاص طاقة كهربائية ".

- **التوصيل الكهربائي:**

" عملية انتقال الشحنات الكهربائية خلال المادة من نقطة إلى أخرى في صورة تيار كهربائي "

ولكي يحدث التوصيل الكهربائي لابد من توفر عاملين:
١ – وجود ناقلات للتيار (حاملات للشحنة الكهربائية) في المادة الموصلة.
٢ – وجود فرق جهد (من أي مصدر من مصادر الطاقة الكهربائية) يُسَبب حركة هذه الناقلات.

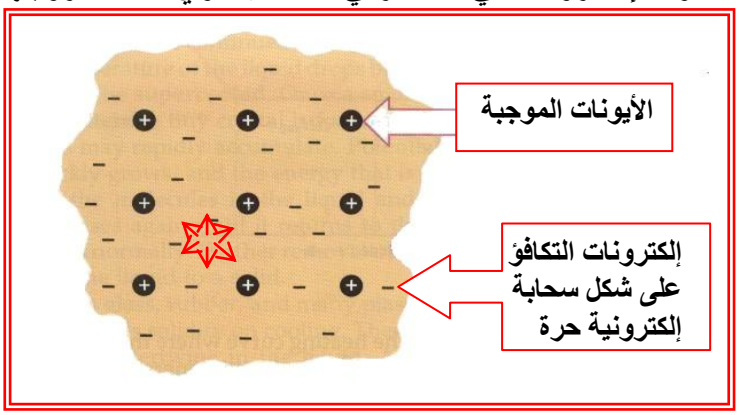
وناقلات التيار (حاملات الشحنة الكهربائية) نوعان:
أ – إلكترونات: كما هو الحال في الفلزات وأشباه الموصلات (أو الموصلات الصلبة).
ب – أيونات موجبة وسالبة: كما هو الحال في مصاهير أو محاليل المواد الإلكتروليتية.

وعلى ذلك يمكن تقسيم الموصلات الكهربائية حسب نوع الشحنة الكهربائية التي تمر خلالها إلى:
١ – موصلات فلزية أو إلكترونية : Metallic or Electronic Conductors
المواد التي توصل التيار الكهربائي عن طريق حركة الإلكترونات داخلها.
٢ – موصلات إلكتروليتية أو أيونية : Electrolytic or Ionic Conductors
المواد التي توصل التيار الكهربائي عن طريق حركة الأيونات (الموجبة والسالبة) داخلها.

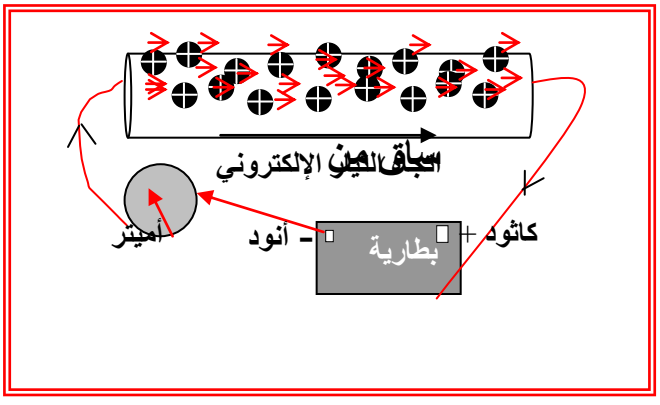
أولا: الموصلات الفلزية أو الإلكترونية: Metallic or Electronic Conductors

لكل فلز تركيب بلوري معين تترتب فيه الذرات بنظام يسمى " البلورة الفلزية Metallic Crystal " ، وتتكون ذرات الفلز في البلورة من :
*** أيونات موجبة تتحرك حركة اهتزازية حول مواضع استقرارها في البلورة.**
(وتتكون الأيونات الموجبة من الأنوية وإلكترونات القلب (nuclei plus core electrons) أي إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية عدا إلكترونات مستوى التكافؤ وهي إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي في الذرة).

*** إلكترونات مستوى التكافؤ للذرات المكونة للبلورة (وهي إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي والمسئولة عن تكافؤ الذرة) ، وهي تُكَوِنْ سحابة إلكترونية سالبة تحيط بالأيونات الموجبة ولا ترتبط بأيون معين منها ، وتتحرك حركة عشوائية في كل الاتجاهات ، شكل (١) ، بحيث يبقى الفلز في أي حالة متعادلاً كهربائياً إذا لم يؤثر عليه جهد خارجي.**
(ويمكن تشبيه البلورة الفلزية بأنها بحر من الإلكترونات السالبة (The " electron sea " model) مغموراً فيه الأيونات الموجبة للفلز) .
السؤال الآن ماذا يحدث عند توصيل سلك معدني (موصل فلزي) بمصدر للتيار الكهربائي المستمر؟
في هذه الحالة تدخل الإلكترونات من الطرف السالب للمصدر إلى السلك مما يؤدي إلى إزاحة عددٍ مساوٍ من إلكترونات السحابة عند نقطة الدخول وتنتقل هذه الحركة عبر طول السلك حتى تُجبر نفس العدد من الإلكترونات على الخروج من الطرف المقابل، وبذلك يبقى السلك المعدني (الموصل) وفي أي مقطع منه وفي أي لحظة متعادلاً كهربائياً لأن معدل دخول الإلكترونات في أحد طرفي السلك يساوي معدل خروجها من الطرف المقابل، شكل (٢).



شكل (١) التركيب البلوري للفلز



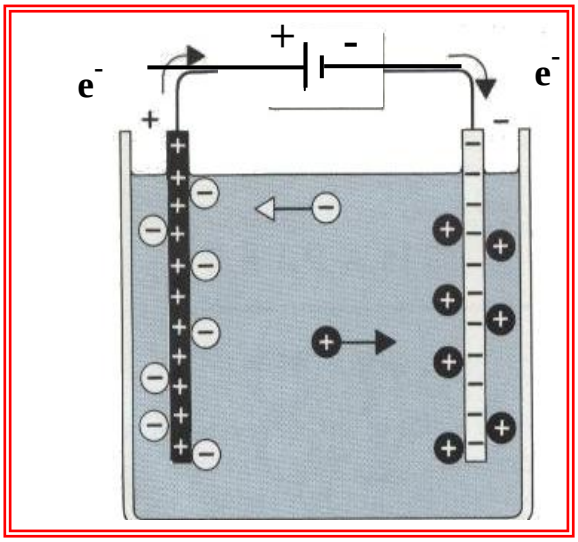
شكل (٢) التوصيل الفلزي أو الإلكتروني

وتعتبر الفلزات جيدة التوصيل للكهرباء، وبالتالي تكون مقاومتها صغيرة، ويمكن إرجاع المقاومة الكهربائية في الفلزات إلى الحركة الاهتزازية للأيونات الموجبة حول مواضع استقرارها في البلورة مما يؤدي إلى تصادمها مع الإلكترونات وعرقلة حركتها.

ماذا يحدث عند زيادة درجة حرارة السلك المعدني (الموصل الفلزي) ؟
عند زيادة درجة حرارة السلك المعدني تزداد السعة الاهتزازية للأيونات حول مواضع استقرارها في البلورة فيزداد تصادمها مع الإلكترونات أي تزداد مقاومة الفلز، وتقل قدرته على توصيل التيار الكهربائي.

ثانيا: الموصلات الإلكتروليتية أو الأيونية: Electrolytic or Ionic Conductors

المركبات الأيونية الصلبة تتكون من أيونات موجبة وأيونات سالبة مرتبة في نظام بلوري معين . وهذه الأيونات لا تكون حرة الحركة لأن كل أيون يحتل مكاناً ثابتاً في البلورة يهتز حوله فقط ولا يستطيع ا لانتقال من مكان إلى آخر، ولذا فإن المركبات الأيونية الصلبة (مثل NaCℓ) لا توصل التيار الكهربائي، ولكن عند صهر هذه المواد أو إذابتها في مذيب مناسب كالماء فإن الأيونات تصبح حرة الحركة . وعندما يكون المصهور أو المحلول جزءاً من دائرة كهربائية، فإن التيار الكهربائي المستمر يُكْسِبْ الأقطاب شُحْنَاتْ كهربائية،
وبالتالي يعمل كل قطب على جذب الأيونات المخالفة له في الشحنة، فالأيونات الموجبة تنجذب نحو قطب الكاثود، ولذلك تسمى بالكاتيونات Cations ، بينما تنجذب الأيونات السالبة نحو قطب الأنود، ولذلك تسمى بالأنيونات Anions ، شكل (٣).
وتؤدي حركة الكاتيونات والأنيونات في المصهور أو المحلول، والتي تتم في نفس الوقت وفي اتجاهين متضادين إلى ما يسمى بالتوصيل الإلكتروليتي أو الأيوني Electrolytic or Ionic Conducting. أي أن التوصيل الكهربائي في الموصلات الإلكتروليتية أو الأيونية يحدث عن طريق حركة الأيونات في المحلول أو المصهور.



شكل (٣) التوصيل الإلكتروليتي (الأيوني)

والآن، ما أثر رفع درجة الحرارة على درجة توصيل المحاليل الإلكتروليتية للتيار؟
على عكس التوصيل الإلكتروني، يزداد التوصيل الإلكتروليتي مع رفع درجة حرارة المحلول لأن رفع (زيادة) درجة الحرارة تزيد من معدل الطاقة الحركية لأيونات المذاب فيقل التجاذب بينها، كما تُقَلْ من لزوجة المذيب ومن إماهة الأيونات، مما يسمح للأيونات بالهجرة السريعة، وبالتالي تقل مقاومة المحلول وتزداد قدرته على توصيل التيار

مقارنة بين الموصلات الالكترونية والموصلات الالكتروليتية

م	الموصلات الالكترونية	الموصلات الالكتروليتية
١	موصلات معدنية	موصلات سائلة في صورة محاليل مائية او مصاهير مركبات تتفكك أيونياً
٢	يتم انتقال التيار الكهربائي عن طريق ازاحة الالكترونات داخل المادة	يتم انتقال التيار الكهربائي عن طريق حركة الايونات الموجبة والسالبة التي تكون حرة الحركة في حالة المحلول المائي للمادة او المصهور
٣	لا يصاحب مرور التيار الكهربائي بها انتقال للمادة	يصاحب مرور التيار الكهربائي بها انتقال للمادة – انتقال الايونات نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة
٤	عند مرور التيار الكهربائي بها لا يحدث لها تغير كيميائي او انحلال في تركيبها	عند مرور التيار الكهربائي بها يحدث تغيرات كيميائية
امثلة	النحاس – البلاتين – الجرافيت – الالومنيوم – الحديد – الزئبق	المحاليل المائية للأملاح والقلويات والاحماض ومصاهير الاملاح والقلويات

الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical Cells:

" أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية أو تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية"
وتنقسم الخلايا الكهروكيميائية إلى نوعين، هما:

١ ـ الخلايا الجلفانية (الفولتية) Galvanic or Voltic Cells
"أنظمة يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية نتيجة لحدوث تفاعل أكسدة واختزال بشكل تلقائي مستمر".

٢ ـ الخلايا الإلكتروليتية (خلايا التحليل الكهربائي) Electrolytic Cells
" أنظمة تستخدم فيها الطاقة الكهربائية المستمدة من مصدر خارجي لإحداث تفاعل أكسدة واختزال ما كان ليحدث بشكل تلقائي مستمر ".

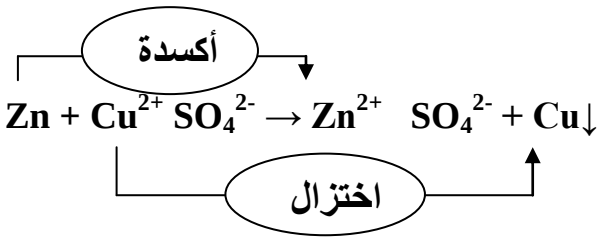
وفي جميع الخلايا الكهروكيميائية:

- يحدث التوصيل الإلكتروني خلال السلك أو الموصل المعدني نتيجة انتقال الإلكترونات داخله، والتوصيل الأيوني خلال المصهور أو المحلول الإلكتروليتي نتيجة انتقال الأيونات داخلهما.
- تتم التفاعلات على سطح القطب الملامس للمحلول أو المصهور حيث تنتقل الإلكترونات من الأيونات (أو الذرات) للقطب خلال عملية الأكسدة، ومن القطب إلى الأيونات خلال عملية الاختزال.
- الآنود هو القطب الذي تحدث عنده عملية الأكسدة.
- الكاثود هو القطب الذي تحدث عنده عملية الاختزال.
- تتحرك الكاتيونات (الأيونات الموجبة) في المصهور أو المحلول دائماً نحو قطب الكاثود، وفي نفس الوقت تتحرك الأنيونات (الأيونات السالبة) دائماً نحو قطب الأنود.

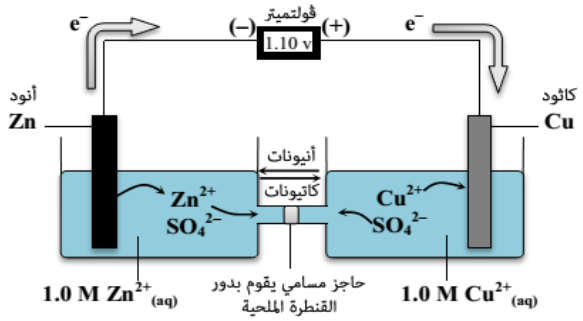
أولاً: الخلية الجلفانية

وهي الخلايا التي يتم فيها تحويل الطاقة الحرارية الناتجة من التفاعلات الكيميائية الى طاقة كهربائية من خلال تفا علات أكسدة واختزال تحدث بشكل تلقائي مستمر وسميت بالخلايا الجلفانية نسبة الى العالم الإيطالي أندرسون جلفانى سنة ١٨٣٣ م

مثال لتوضيح تفاعلات الاكسدة والاختزال التي تحدث بشكل تلقائي
وضع فلز الخارصين في محلول من كبريتات نحاس II



ويلاحظ أن التفاعل ينتج عنه طاقة حرارية لا يمكن تحويلها الى طاقة كهربية بسبب ان الالكترونات التي يخرجها الخارصين تأخذها كاتيونات النحاس. فإذا أمكن حدوث التفاعلين الاكسدة والاختزال في مكانين منفصلين فأن الالكترونات تسري من المكان الذي حدثت فيه عملية الاكسدة إلى المكان الذي تحدث فيه عملية الاختزال عبر سلك تكون تياراً كهربائياً يمكن استخدامه في أداء أي شغل مفيد.
تركيب خلية دانيال الجلفانية: كما بالرسم



التفاعلات التي تحدث في الخلية

١ -بعض ذرات قطب الخارصين تتأكسد وتتحول الى أيونات خارصين موجبة تذوب في المحلول

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

وبذلك يزداد تركيز أيونات الخارصين Zn^{2+} في المحلول في نصف خلية الخارصين (تقل كتلة قطب الأنود وهو الخارصين)

٢ -تكتسب (تختزل) كاتيونات النحاس Cu^{2+} التي في محلول كبريتات النحاس الكترونات وتتحول الى ذرات نحاس تترسب على لوح النحاس

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

وبذلك يزداد تركيز ايونات الكبريتات SO_4^{2-} في نصف خلية النحاس (تزداد كتلة قطب الكاثود وهو النحاس)

٣ -تنتقل الالكترونات من قطب الخارصين خلال سلك التوصيل الى لوح (قطب) النحاس في صورة تيار كهربائي كما يوضحها قياس الفولتميتر.

٤ -نتيجة استمرار تفاعلات الاكسدة والاختزال يزداد تركيز وعدد ايونات Zn^{2+} في نصف خلية الخارصين وتركيز وعدد أيونات SO_4^{2-} في نصف خلية النحاس مما يضعف التيار الناتج فيأتي دور وأهمية القنطرة الملحية التي تمنع تكوين فرق جهد بين محلولي نصفى الخلية وتعمل على الوصول إلى حالة التعادل الكهربائي لمحلولي نصفي الخلية وعدم تشبع أيهما بأيونات موجبة او سالبة زائدة حتى لا يضعف جهد الخلية ويستمر سريان التيار الكهربائي وغياب القنطرة يؤدى الى توقف تفاعلات الأكسدة والإختزال وبالتالي يتوقف مرور التيار الكهربائي في السلك الخارجي بين نصفي الخلية حيث يحدث الآتي:

أ- محلول كبريتات الصوديوم (لا يتفاعل مع أيونات محلولي نصفى الخلية ولا مع الأقطاب) يحتوي على أيونات صوديوم وأيونات كبريتات

$$Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$$

ب- أيونات SO_4^{2-} تنفذ خلال مسام القنطرة إلى محلول نصف خلية الخارصين وتتعادل مع أيونات الخارصين الموجبة الزائدة ويتكون محلول كبريتات خارصين

$$Zn^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow ZnSO_4$$

ينتج من ذلك زيادة تركيز أيونات الصوديوم الموجبة في القنطرة مما يؤدى إلى:

- نفاذ أيونات الكبريتات السالبة من نصف خلية النحاس إلى القنطرة وتتعادل مع Na^+

$$2Na^+ + SO_4^{2-} \rightarrow Na_2SO_4$$

يمكن تمثيل الخلية بما يسمى الرمز الإصطلاحي والذي يوضح

أ- تركيب الأقطاب وعمليات الأكسدة والإختزال الحادثة

ب- أي الفلزين آنود والآخر كاثود

الرمز الإصطلاحي لخلية دانيال الجلفانية Zn / Zn^{2+} // Cu^{2+}/Cu

(إختزال) كاثود أنود (أكسدة)

ملحوظة الخطان المائلان // يمثلان القنطرة الملحية

في الخلايا الجلفانية ا لآنود هو القطب السالب في الخلية الجلفانية لأنه تحدث له عملية أكسدة مما يؤدى إلى تراكم الإلكترونات عليه وتكون هي مصدر التيار والكاثود هو القطب الموجب حيث تحدث للكاتيونات عنده عملية إختزال ساحبة إلكترونات منه.

ملاحظات هامة

١ -إذا ما تم توصيل الخلية الجلفانية بمصدر خارجي للتيار الكهربائي جهده يساوى جهد الخلية فأن التفاعلات الكيميائية التلقائية تتوقف في الخلية وبذلك يقف انتاجها للكهرباء.

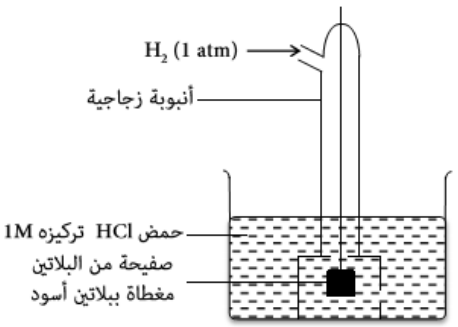
٢ -الخلية الجلفانية تسمى خلية انعكاسية لأنه عند توصيلها بمصدر تيار كهربائي خارجي جهده أكبر من جهدها قليلاً تنعكس التفاعلات الحادثة عند الأقطاب حيث ينعكس تفاعل الاكسدة الحادث عند الأنود الى اختزال والاختزال الحادث عند الكاثود الى اكسدة وبذلك يسمى كل نصف من انصاف الخلية بالقطب الانعكاسي.

الجهد الكهربائي لكي يتولد تيار كهربائي من الخلية الجلفانية لابد ان يكون الأنود والكاثود من فلزين مختلفين حتى ينشأ فرق في الجهد بينهما يعمل على دفع التيار الكهربائي عبر سلك التوصيل الخار جي. وبما انه يصعب قياس فرق الجهد بين الفلز وايوناته، وبما ان لكل فلز في نصف خليته جهد كهربائي خاص به يختلف عن باقي الفلزات.

اذن هناك فرق في الجهد بين فلزي نصفي الخلية وهذا الفرق في الجهد يقاس بواسطة الفولتميتر.

ولقياس الجهد الكهربائي لأي فلز تعد خلية جلفانية من القطب المراد قياس جهده الكهربائي وقطب آخر معلوم جهده وقد أتخذ قطب الهيدروجين كمقياس لقياس جهود العناصر الاخرى باعتبار جهده الكهربائي يساوى صفراً.

القطب القياسي: هو ذلك النظام الذي يحتو ي على العنصر موضوع في محلول تركيزه مول / لتر من ايوناته عند $25\ ^oC$ وتحت الضغط المعتاد.



شكل تخطيطي لقطب الهيدروجين القياسي

قطب الهيدروجين القياسي: كما بالرسم المقابل

ملحوظة يتغير جهد هذا القطب عن الصفر بتغير تركيز أيونات الهيدروجين في محلول الحمض أو بتغير الضغط الجزئي للغاز عن (١) ضغط جو (1 atm) أو كلاهما يرمز لنصف خلي ة الهيدروجين القياسية بالرمز الإصطلاحي الآتي $Pt + H_2\ (1\ atm)\ /2H^+$

في خلية دانيال الجلفانية تتم عملية الأكسدة في قطب الخارصين وتتم عملية الإختزال عند قطب النحاس ويكون الفرق في الجهد بينهما والذى يسمى القوة الدافعة الكهربائية (ق . د . ك).

القوة الدافعة الكهربائية (فرق الجهد الكهربائي للخلية) هو فرق جهدي التأكسد لقطبي الخلية أو فرق جهدي الاختزال لقطبي الخلية او المجموع الجبري لجهد التأكسد وجهد الاختزال الحادث في الخلية أي أن:

ق . د . ك = جهد تأكسد الأنود – جهد تأكسد الكاثود

ق . د . ك = جهد اختزال الكاثود – جهد اختزال الأنود

ق . د . ك = جهد تأكسد الأنود + جهد اختزال الكاثود

يرمز للجهد الكهربائي سواء كان جهداً قطبياً أو فرق جهد (ق . د . ك) لخلية بالرمز E يرمز للجهد الكهربائي القياسي للقطب بالرمز E^o

<u>مثال:</u> قياس فرق الجهد الكهربائي بين قطبي الخارصين والنحاس في خلية دانيال:

ق . د . ك = جهد تأكسد الخارصين - جهد تأكسد النحاس
= 0.76 - (- 0.34) = 1.1 فولت

ق . د . ك = جهد اختزال النحاس – جهد اختزال الخارصين
= 0.34 – (- 0.76) = 1.1 فولت

ق . د . ك = جهد تأكسد الخارصين + جهد اختزال النحاس
= 0.76 + 0.34 = 1.1 فولت

قياس الجهد الكهربائي لكل من قطبي الخارصين والنحاس في خلية دانيال:

<u>أولاً: قياس الجهد الكهربائي للخارصين:</u>

١ -تعد خلية جلفانية مكونة من قطب الخارصين وقطب الهيدروجين القياسي

٢ - نلاحظ انحراف مؤشر الفولتميتر يوضح أتجاه التيار من قطب الخارصين (أكسدة) الى قطب الهيدروجين (إختزال) ويسجل فرق جهد مقداره 0.76 فولت وتكون

ق . د . ك = جهد اكسدة الخارصين + جهد اختزال الهيدروجين
0.76 = جهد اكسدة الخارصين + صفر

جهد أكسدة الخارصين = 0.76 فولت

٣ -الفرق في الجهد في هذه الحالة يساوى جهد أكسدة الخارصين لآن جهد قطب الهيدروجين صفرا ويسمى في هذه الحالة جهد التأكسد القياسي لقطب الخارصين ويساوى 0.76 فولت

$$Zn - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$$

<u>ثانياً: قياس الجهد الكهربائي للنحاس</u>

١ -نعد خلية جلفانية مكونة من قطب النحاس وقطب الهيدروجين القياسي

٢ -نلاحظ انحراف مؤشر الفولتميتر يوضح أتجاه التيار من قطب الهيدروجين (أكسدة) الى قطب النحاس (اختزال) ويسجل فرق جهد مقداره 0.34 فولت وتكون:

ق . د . ك = جهد اكسدة الهيدروجين + جهد اختزال النحاس
0.34 = صفر + جهد اختزال النحاس

جهد اختزال النحاس = 0.34 فولت

٣- الفرق في الجهد في هذه الحالة يساوي جهد إختزال النحاس لأن جهد قطب الهيدروجين يساوي صفر ويسمى في هذه الحالة جهد الاختزال القياسي لقطب النحاس ويساوي 0.34 فولت

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

ملحوظة : القيمة العددية لجهد الاكسدة هي نفسها القيمة العددية لجهد الا ختزال للعنصر الواحد ولكن بإشارة مخالفة . أي أن جهد التأكسد القياسي لقطب النحاس يساوى (- 0.34) فولت لأن جهد اختزاله يساوي (+ 0.34) فولت
دلالة الجهود القطبية والمتسلسلة الكهروكيميائية:

المتسلسلة الكهروكيميائية: هي ترتيب العناصر ترتيباً تنازلياً حسب جهود التأكسد القياسية لها (أو تصاعدياً حسب جهود الاختزال القياسية لها) بالنسبة لجهد قطب الهيدروجين القياسي باعتباره صفراً

بمراجعة جهود التأكسد القياسية للأقطاب نستنتج ما يلي:

١ -تزداد قابلية ذرة العنصر (أو الأيون السالب) للتأكسد بزيادة القيمة العددية لجهد التأكسد.

٢ -عند عمل خلية جلفانية فأن القطب الذي جهد تأكسده اعلى يحدث له أكسدة ويكون أنود الخلية والقطب الذي جهد تأكسده أقل يحدث عنده عملية اختزال ويكون كاثود الخلية (وبالمثل القطب ذو جهد الإ ختزال الاكبر (الأعلى) كاثود والقطب ذو جهد الإختزال الأقل آنود).

٣ -للحصول على طاقة كهربائية ذ اتية ناتجة من تفاعل تلقائي يجب أن تكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية بإشارة موجبة وإذا كانت بإشارة سالبة فلا يمكن الحصول على طاقة كهربائية لأن هذا التفاعل لا يحدث تلقائياً.

مثال : إذا كان جهد تأكسد كل من الخارصين 0.76 فولت والنحاس – 0.34 فولت أي من التفاعلان يحدث تلقائياً ولماذا؟

التفاعل الأول: $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$

التفاعل الثاني: $Zn^{2+} + Cu \rightarrow Zn + Cu^{2+}$

ق . د . ك للتفاعل الاول = جهد أكسدة الخارصين – جهد أكسدة النحاس

= 0.76 - (- 0.34) = + 1.1 فولت

يحدث التفاعل الأول تلقائياً لآن قيمة ق . د . ك بإشارة موجبة

ق . د . ك للتفاعل الثاني = جهد أكسدة النحاس – جهد أكسدة الخارصين

= - 0.34 - 0.76 = - 1.1 فولت

لا يحدث التفاعل الثاني تلقائياً لآن قيمة ق . د . ك بشارة سالبة

٤ -قيم جهود التأكسد للعناصر التي تسبق الهيدروجين في المتسلسلة موجبة بينما قيم جهود التأكسد للعناصر التي تلي الهيدروجين سالبة.

٥ -القيمة العددية لجهد التأكسد هي نفسها القيمة العددية لجهد الاختزال للعنصر الواحد ولكن بإشارة مخالفة.

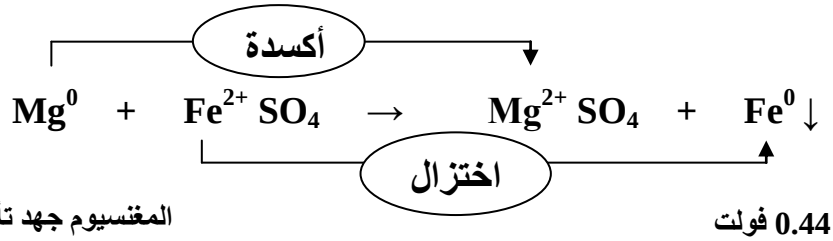
٦ -كلما زادت القيمة العددية لجهد التأكسد للعنصر زادت درجة نشاطه الكيميائي والعكس صحيح.

٧ -يمكن تحديد أفضل العوامل المؤكسدة (يحدث لها عملية اختزال) أو أفضل العوامل المختزلة (يحدث لها عملية أكسدة) من بين عدد من الاقطاب بمعلومية جهود أكسدتها القياسية او جهود اختزالها القياسية على النحو الآتي:

أفضل عامل مؤكسد = أصغر قيمة جهد تأكسد = أكبر قيمة جهد اختزال
أفضل عامل مختزل = أصغر قيمة جهد اختزال = أكبر قيمة جهد اكسدة

٨ -الفلز الأكثر نشاطاً (الأعلى جهد تأكسد) يحل محل الفلز الأقل نشاطاً (الأقل جهد تأكسد) في محاليل أملاحه أي إن كل فلز يستطيع أن يحل محل الفلزات التي تليه في المتسلسلة في محاليل أملاحه لأن جهد أكسدته أكبر من جهد تأكسد أي منها لذا تحدث له أكسدة والفلز الذي يليه في المتسلسلة يحدث له إختزال وعادة يترسب.

مثال :



٩ - العناصر التي تسبق الهيدروجين في المتسلسلة جهد تأكسدها أعلى من جهد تأكسد الهيدروجين لذا تستطيع أن تحل محل هيدروجين الحمض بينما الفلزات التي تلي الهيدروجين في المتسلسلة جهد تأكسدها أقل من جهد تأكسد الهيدروجين لذا لا تحل محله في محاليل الاحماض.

المتسلسلة الكهروكيميائية

نصف التفاعل			E^0 فولت
	$Li^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Li_{(s)}$		٣,٠٥-
زيادة قوة العامل المؤكسد	$K^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow K_{(s)}$	زيادة قوة العامل المختزل	٢,٩٣-
	$Ca^{+2}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Ca_{(s)}$		٢,٨٧-
	$Na^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Na_{(s)}$		٢,٧١-
	$Mg^{+2}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Mg_{(s)}$		٢,٣٧-
	$Al^{+3}_{(aq)} + 3e \longrightarrow Al_{(s)}$		١,٦٦-
	$Mn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Mn_{(s)}$		١,١٨-
	$Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Zn_{(s)}$		٠,٧٦-
	$Cr^{+3}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Cr_{(s)}$		٠,٧٤-
	$Fe^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Fe_{(s)}$		٠,٤٤-
	$Cd^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd_{(s)}$		٠,٤٠-
	$Ni^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Ni_{(s)}$		٠,٢٥-
	$Sn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(s)}$		٠,١٤-
	$Pb^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Pb_{(s)}$		٠,١٣-
	$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$		صفر
	$Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$		٠,٣٤+
	$I2_{(s)} + 2e^- \longrightarrow 2I^-_{(aq)}$		٠,٥٣+
	$Fe^{+3}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Fe+2_{(aq)}$		٠,٧٧+
	$Ag^+_{(aq)} + e^- \longrightarrow Ag_{(s)}$		٠,٨٠+
	$Hg^{+2}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Hg_{(l)}$		٠,٨٥+
	$Br2(l) + 2e^- \longrightarrow 2Br\text{-}(aq)$		١,٠٦+
	$Cr_2O_7{}^{-2}_{(aq)} + 6e^- + 14H^+_{(aq)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$		١,٣٣+
	$Cl2(g) + 2e^- \longrightarrow 2Cl\text{-}(aq)$		١,٣٦+
	$MnO_4{}^-_{(aq)} + 5e^- + 8H^+_{(aq)} \longrightarrow Mn^{+2}_{(aq)} + 4H_2O$		١,٥١+
	$F_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2F^-_{(aq)}$		٢,٨٧+

جدول (٩-١) جهود الاختزال بعض العناصر

أمثلة محلولة على الجهد الكهربائي

مثال ١ : خلية جلفانية مكونة من قطب ماغنسيوم فى محلول كبريتات ماغنسيوم تركيزه 1 مول / لتر وقطب رصاص فى محلول نيترات رصاص II تركيزه 1 مول / لتر. أوجد ق . د . ك للخلية أذا علمت ان جهد تأكسد المغنسيوم2.38 فولت وجهد تأكسد الرصاص 0.13 فولت. ثم أكتب الرمز الاصطلاحى للخلية

الحـــــــــــــــل

جهد تأكسد المغنسيوم أكبر من جهد تأكسد الرصاص ∴ المغنسيوم آنود والرصاص كاثود

ق . د . ك = جهد تأكسد المغنسيوم+ جهد أختزال الرصاص

= 2.38 + (0.13 -) = 2.25 فولت

الرمز الاصطلاحى Mg / Mg^{2+} // Pb^{2+} / Pb

مثال ٢ : إذا علمت أن جهد الإختزال القياسى لكل من قطب القصدير Sn^{2+} / Sn (0.14) فولت ولقطب الفضة Ag^{+} / Ag (0.8) فولت . أوجد ق . د . ك للخلية الجلفانية المكونة منهما ثم أوجد الرمز الاصطلاحى للخلية.

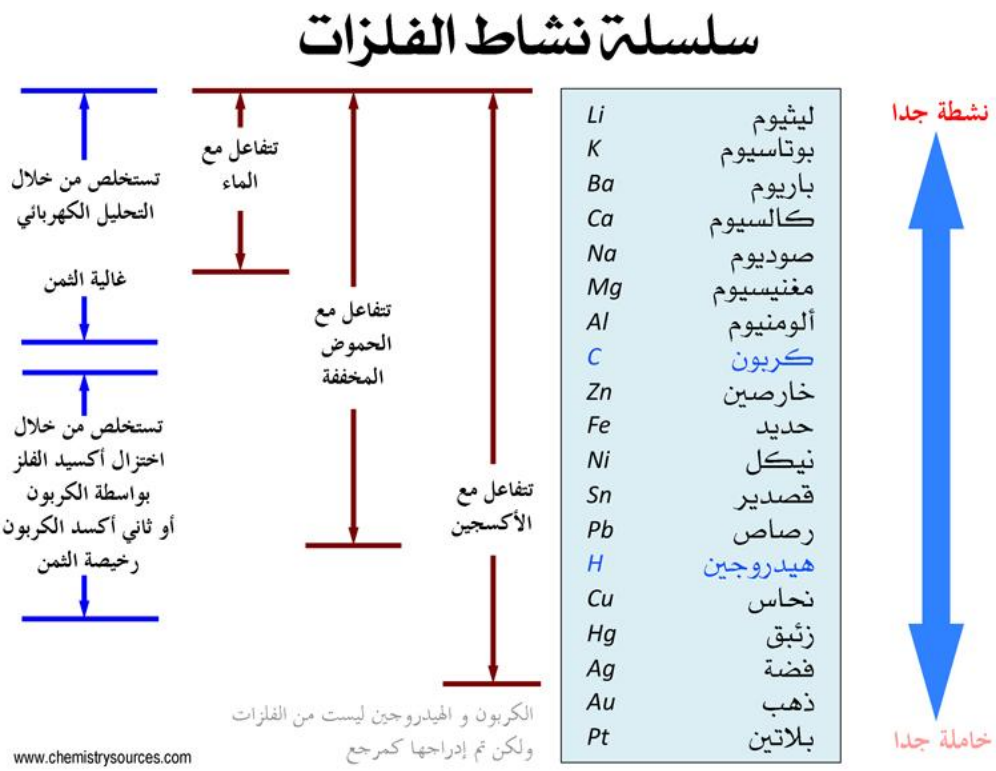
الحـــــــــــــــل

جهد اختزال الفضة أكبر من جهد اختزال القصدير ∴ الفضة كاثود والقصدير أنود

ق . د . ك = جهد تأكسد القصدير + جهد أختزال الفضة

= 0.14 - + 0.8 = 0.66 فولت

Ag^{+} / Ag // Sn / Sn^{2+}



مثال ٣ : اكتب الرمز الاصطلاحى لخلية جلفانية يمثلها التفاعل:

$$Zn + 2\,H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

الحـــــــــــــــــل

من المعادلة يتضح حدوث أكسدة للخارصين وإختزال للهيدروجين

∴ يمثل قطب الخارصين آنود الخلية الجلفانية وقطب الهيدروجين يمثل كاثود الخلية

$$Zn / Zn^{+2} // 2H^+ / H_2$$

تطبيقات عملية على الخلايا الجلفانية :

استخدام الخلايا الجلفانية كمصدر للتيار الكهربائي انتشر على نطاق واسع منذ اكتشافها في نهاية القرن الثامن عشر، وتزداد الحاجة إليها كلما ازداد التطور وازداد إنتاج الأجهزة الكهربائية المتنوعة.

وهناك أنواع عديدة من الخلايا الجلفانية:

١ -خلايا أولية غير قابلة لإعادة الشحن: العمود الجاف (خلية النيكل -كادميوم، خلية أكسيد الفضة)

٢ -خلايا ثانوية قابلة لإعادة الشحن: المركم الرصاصي

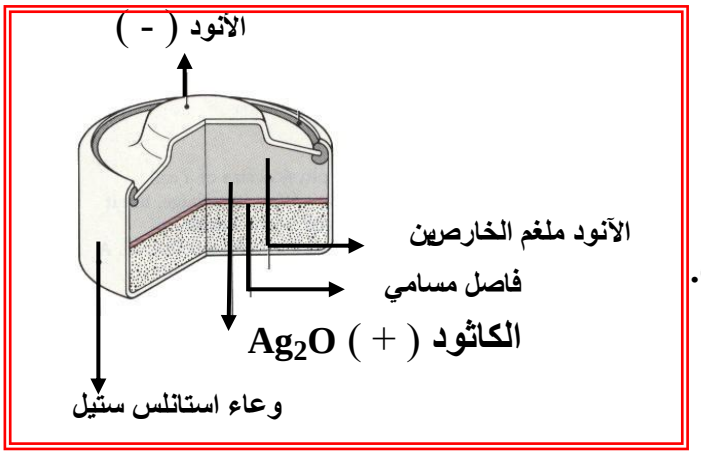
٣ -خلايا الوقود

بطارية (خلية) أكسيد الفضة: Silver oxide battery (cell)

بطارية (خلية) أكسيد الفضة من البطاريات صغيرة الحجم، وتستخدم على نطاق واسع كمصدر للطاقة الكهربائية في الأجهزة الالكترونية، وأجهزة الحاسوب والكاميرات. وتتكون من وعاء من الاستانلس ستيل يحتوي على:

* ملغم الخارصين، ويمثل قطب الآنود (القطب السالب)
* أكسيد الفضة (Ag_2O)، ويمثل قطب الكاثود(القطب الموجب).
* الإلكتروليت عبارة عن عجينة من هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) موضوعة بين القطبين، شكل (٤) .

والتفاعلات التي تحدث في خلية أكسيد الفضة عند تفريغها هي:



شكل (٤) بطارية (خلية) أكسيد الفضة

تفاعل الأكسدة عند الأنود : $Zn + 2(OH)^- \longrightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$

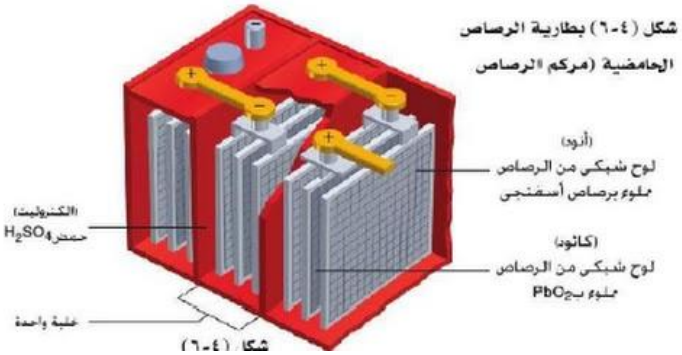
تفاعل الاختزال عند الكاثود : $Ag_2O_{(s)} + H_2O + 2\,e^- \longrightarrow 2\,Ag_{(s)} + 2\,OH^-_{(aq)}$

والتفاعل الكلي الحادث في بطارية (خلية) أكسيد الفضة عند تفريغها ، هو :

$$Zn_{(s)} + Ag_2O_{(s)} + H_2O \longrightarrow Zn(OH)_{2(s)} + 2\,Ag_{(s)} \;,\; E^\circ_{cell} = 1.56$$

وجهد هذه الخلية حوالي 1.56 V .

بطارية (السيارة) المركم الرصاصى:



التركيب:

١- رصاص إسفنجي (أنود) Pb

٢- أكسيد رصاص بنى (كاثود) PbO_2

٣- محلول إلكتروليتى (حمض الكبريتيك المخفف).

٤- إناء من البلاستيك لا يتفاعل مع حمض الكبريتيك.

التفاعلات الحادثة:

[١] عند الأنود:

$$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)} + SO_4^{2-}$$

جهد التأكسد = 0.36 فولت

[٢] عند الكاثود:

$$PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^-$$

جهد الاختزال = 1.68 فولت

$$2PbSO_4 + 2H_2O \underset{\text{شحن}}{\overset{\text{تفريغ}}{\rightleftharpoons}} Pb + PbO_2 + 4H^+ + 2SO_4^{2-}$$

$$E^0_{Ges} = 1{,}68\ V - (-0{,}36\ V) = 2{,}04\ V$$

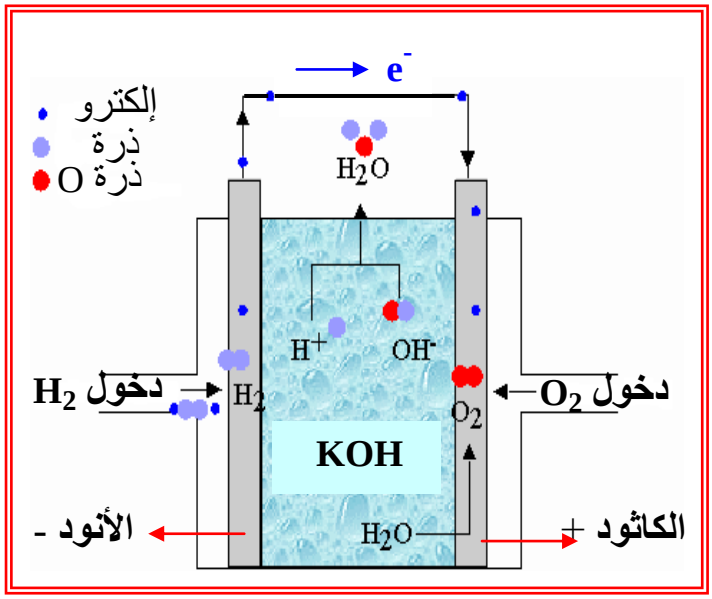
ويتكون المركم الرصاصي من 6 خلايا متصل على التوالي فيكون جهد الخلية الكلي (القوة الدافعة الكهربائية)= 12.24 فولت. عند الشحن توصل البطارية بمصدر كهربائي جهده أكبر من جهدها بقليل فتنعكس الأقطاب وتنعكس التفاعلات.

خلايا الوقود : Fuel cells

تعتبر خلايا الوقود خلايا جلفانية يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية مباشرة إلى طاقة كهربائية. وتم التوصل إلى هذا النوع من الخلايا، عند التفكير في حل مشكلة توفير الماء الصالح للشرب، بالإضافة إلى الطاقة الكهربائية لاستخدامهما في سفن الفضاء، حيث أدت الأبحاث إلى التوصل إلى نوع من الخلايا الجلفانية التي تعتمد على تفاعل غازات الوقود من مثل الهيدروجين مع الأكسجين، في وسط قلوي، مكونة الماء والطاقة الكهربائية مباشرة دون المرور بحالة الوسط (الطاقة الحرارية).

ويوضح شكل (٥) نموذجا لخلية وقود يستخدم فيها الهيدروجين والأكسجين.

* ويتكون هذا النموذج من ثلاث حجرات منفصلة عن بعضها بقطبين من الجرافيت (الكربون) المسامي والمحتويان على البلاتين (أو النيكل) المجزأ تجزيئاً دقيقاً كعامل مساعد.



شكل (٥) خلية وقود من H_2 ، O_2

* ويتكون الالكتروليت من محلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) موجود في الحجرة الوسطية .

* يُدْفَعْ غاز الهيدروجين إلى إحدى الحجرات، بينما يُدْفَعْ غاز الأكسجين إلى حجرة أخرى، وينتشر الغازان ببطء خلال الأقطاب المسامية حيث يتفاعلان مع الإلكتروليت الموجود في الحجرة الوسطية، وينتج الماء بالإضافة إلى الطاقة الكهربائية، والتفاعلات التي تحدث في خلية الوقود عند تشغيلها هي:

أ - عند الكاثود (تفاعل الاختزال) :

يُخْتَزَلْ غاز الأكسجين بتفاعله مع الماء مكونا أنيونات الهيدروكسيد كما يلي:

$$O_{2\,(g)} + 2\,H_2O_{(\ell)} + 4\,e^- \longrightarrow 4\,OH^-_{(aq)}$$

وجهد الاختزال القياسي لهذا التفاعل يساوي + 0.4 V .

ب - عند الأنود (تفاعل الأكسدة) :

يتأكسد غاز الهيدروجين بتفاعله مع أنيونات الهيدروكسيد التي تكونت عند الأنود مكونا الماء، وتنطلق الإلكترونات كما يلي:

$$2\,H_{2(g)} + 4\,OH^-_{(aq)} \longrightarrow 4\,H_2O_{(\ell)} + 4\,e^-$$

وجهد الاختزال القياسي لهذا التفاعل يساوي – 0.83 V .

والتفاعل الكلي الحادث في خلية الوقود عند تشغيلها هو :

$$2\,H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2\,H_2O_{(\ell)} \;,\; E^\circ_{cell} = 1.23\ V$$

وجهد هذه الخلية حوالي 1.23 V .

تعمل هذه الخلية عند درجات حرارة مرتفعة لكي يتبخر الماء المتكون من التفاعل حيث يتم سحبه وتكثيفه ويستخدم كمصدر لمياه الشرب ، ويمكن توصيل عدد من هذه الخلايا على التوالي لتكوين بطارية ذات قدرة كهربائية أكبر ، وإنتاج كمية وافرة من الماء .

ومن اهم مميزات وعيوب خلايا الوقود مقارنة بالخلايا الأخرى ما يلي:

*** لا تنتج مواد ملوثة للبيئة، حيث أن ناتج التفاعل هو الماء النقي بالإضافة إلى الكهرباء.**
*** لا تعمل بكفائه في درجات الحرارة المنخفضة وذلك بسبب انخفاض ضغط الغازات ويقل معدل تدفقها.**

ثانياً: الخلية الالكتروليتية

تمت دراسة ظواهر التحليل الكهربائي بواسطة العالم الإنجليزي مايكل فاراداى سنة ١٧٨٦

مكونات الخلية الالكتروليتية (التحليلية)

١ -أناء ذو شكل معين وتركيب معين يختلف من خلية لأخرى.
٢ -مصدر للتيار الكهربائي المستمر (بطارية).
٣ -موصل الكتروليتي (محلول مائي او مصهور مركب يتفكك أيونياً).
٤ -أقطاب توصل بمصدر التيار الكهربائي المستمر وتوضع في الإناء مغموسة في الموصل الإلكتروني.

- **الموصل الالكتروليتي:**

هو محلول مائي او مصهور مركب يتفكك ايونياً الى ايونات موجبه (كاتيونات) وايونات سالبة (أنيونات) ويوصل التيار الكهربائي نتيجة لحركة الايونات حرة الحركة

- **الكاتيونات (الايونات الموجبة) :**

هي جسيمات مادية متحركة في المائع (محلول او مصهور) وفقيرة في الالكترونات

- **الانيونات (الايونات السالبة) :**

هي جسيمات مادية متحركة في المائع وغنية بالإلكترونات

الاقطاب عبارة عن أسلاك أو صفائح تستخدم في توصيل التيار الكهربائي داخل وخارج محلول التوصيل وهم:

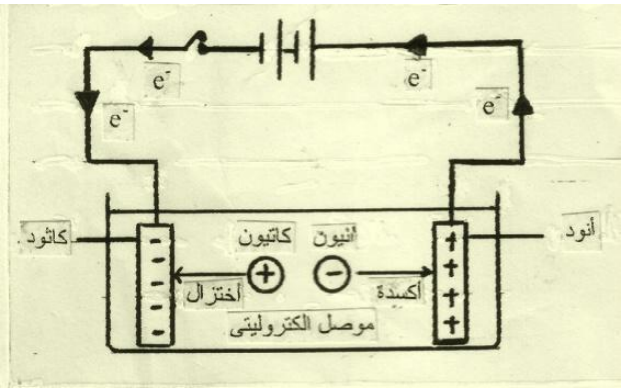
١ - الآنود (المصعد): هو السلك او الصفيحة التي توصل بالقطب الموجب للبطارية ويقوم بتوصيل التيار الكهربائي داخل محلول الخلية وهو الذى يفقد الكترونات وتحدث له وعنده عملية الاكسدة. ولذلك تنجذب اليه الايونات السالبة (الأنيونات) مثل جميع أنيونات اللافلزات مثل O^{-2} ، Cl^{-} والمجموعات الذرية ماعدا مجموعة الامونيوم (NH_4^+).

٢ - الكاثود (المهبط):هو السلك او الصفيحة التي توصل بالقطب السالب للبطارية ويقوم بتوصيل التيار الكهربائي خارج محلول الخلية وهو الذى يكتسب الكترونات وتحدث عنده عملية الاختزال ولذلك تنجذب اليه الايونات الموجبة (الكاتيونات) مثل جميع كاتيونات الفلزات مثل Cu^{2+} ، Al^{3+} ، Ag^{+} والهيدروجين H^{+} ومجموعة الامونيوم (NH_4^+).

تفسير فاراداى لما يحدث أثناء مرور تيار الكهربائي خلال موصل الكتروليتي

١ -عند غلق الدائرة تكون حركة الالكترونات من المصدر إلى الاقطاب والعكس كما هو موضح بالرسم

٢ -تتوجه الأيونات نحو الاقطاب المخالفة لها في الشحنة حيث:



- **تتوجه الكاتيونات إلى الكاثود وتحدث لها عملية إختزال وتتعادل أي تتحول إلى ذرات متعادلة وجزيئات.**
- **تتوجه الآنيونات إلى الآنود ويحدث لها عملية أكسدة وتتعادل أي تتحول إلى ذرات متعادلة وجزيئات.**

مقارنة بين الخلية التحليلية والخلية الجلفانية

م	الخلية التحليلية	الخلية الجلفانية
١	يتم فيها تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة كيميائية عبر تفاعلات أكسدة واختزال غير تلقائية	يتم فيها تحويل الطاقة الكيميائية الناتجة من الاكسدة والاختزال التلقائية الى طاقة كهربائية
٢	تتم عملية الاكسدة عند الأنود والاختزال عند الكاثود	تتم عملية الاكسدة عند الأنود والاختزال عند الكاثود
٣	الأنود هو القطب الموجب + والكاثود هو القطب السالب -	الأنود هو القطب السالب - والكاثود هو القطب الموجب +
٤	يمكن ان يكون الأنود والكاثود من مادة واحدة	لابد ان يكون الانود والكاثود من فلزين مختلفين حتى ينشأ فرق في الجهد بينهما يتسبب في وجود قوى دافعة كهربائية
٥	لا تحتاج لقنطرة ملحية	تحتاج عادة لقنطرة ملحية
٦	تحتاج ان توصل بمصدر تيار كهربائي ولا تعمل بدونه	هي مصدر تيار كهربائي

تطبيقات على التحليل الكهربائي للمحاليل الإلكتروليتية:

ملاحظات هامة

١ -عند الآنود تتم عملية الأكسدة للآنيونات وتتعادل وعند الكاثود تتم عملية الإختزال للكاتيونات وتتعادل.

٢ -قد يكون عند الأنود أكثر من نوع من الآ نيونات تتنافس على عملية الأكسدة حيث يتأكسد أولاً الآنيون ذو جهد التأكسد الأكبر (جهد إختزال الأقل). وقد يكون عند الكاثود أكثر من نوع من الكاتيونات تتنافس على عملية الإ ختزال فيحدث إختزال أولاً للكاتيون ذو جهد الإختزال الأكبر.

٣ -يتوقف ناتج التحليل الكهربائي على حالة الموصل الإ لكتروليتى إذا كان مصهور أم محلول حيث يحدث تنافس بين الآنيونات والماء على عملية الأكسدة وبين الكاتيونات والماء أيضاً على عملية الإختزال.

٤ -يتوقف ناتج التحليل الكهربائي أيضاً على نوع الاقطاب المستعملة فإذا كانت من فلز معين قد تشترك في عمليات الأكسدة والإختزال. أما إذا كانت بلاتين أو جرافيت (خاملة كيميائياً) فهي غالباً لا تشترك في عمليات الأكسدة والإختزال وتوصل التيار الكهربائي فقط ولا تتفاعل مع نواتج التحليل.

- **التحليل الكهربائي لمحلول يوديد البوتاسيوم (KI) بإستخدام قطبين من الجرافيت:**

عند ذوبان يوديد البوتاسيوم في الماء يتفكك طبقا للمعادلة التالية :

$$2\,KI_{(s)} \longrightarrow 2\,K^{+}_{(aq)} + 2\,I^{-}_{(aq)}$$

يحتوي المحلول على آنيونات اليوديد (I^-) ، وكاتيونات البوتاسيوم (K^+) بالإضافة إلى الماء ، وقطبي الجرافيت أو البلاتين (أقطاب خاملة) . وعند مرور التيار الكهربائي المستمر في المحلول تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة، شكل (6) ، حيث يحدث ما يلي:

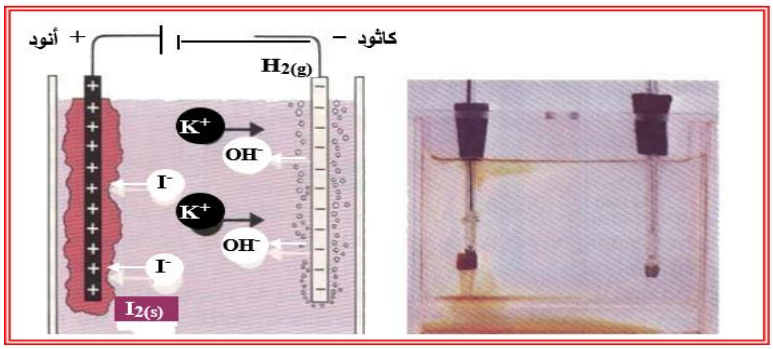
أ - عند الأنود :

توجد الأنواع التالية $H_2O_{(\ell)}$ / I^- / قطب خامل . والتفاعلات المحتملة هي:

$$2\,H_2O_{(\ell)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4\,H^{+}_{(aq)} + 4\,e^{-}$$

$$2\,I^{-}_{(aq)} \longrightarrow I_{2(s)} + 2\,e^{-}$$

وحيث أن جهد الاختزال للماء عند الأنود = 1.23 V + بينما جهد اختزال اليود = 0.54 V + ، لهذا تتأكسد آنيونات اليوديد (I^-) لأن جهد اختزال اليود أقل من جهد اختزال الماء ، ويتكون اليود في المحلول حول الأنود (ويمكن الكشف على اليود باستخدام محلول النشا) .



شكل (6) التحليل الكهربائي لمحلول يوديد
البوتاسيوم باستخدام قطبين من الجرافيت (أو البلاتين)

ب - عند الكاثود :

توجد الأنواع التالية $H_2O_{(\ell)}$ / K^+ / قطب خامل . والتفاعلات المحتملة هي:

$$2\,H_2O_{(\ell)} + 2\,e^{-} \longrightarrow H_{2(g)} + 2\,OH^{-}_{(aq)}$$

$$2\,K^{+} + 2\,e^{-} \longrightarrow 2\,K$$

وحيث أن جهد الاختزال للماء عند الكاثود = 0.83 V - ، بينما جهد اختزال البوتاسيوم = 2.92 V - ، لذا يختزل الماء لأن جهد اختزاله أكبر ، ويتصاعد غاز الهيدروجين حول الكاثود ، ويزداد تركيز أنيون الهيدروكسيد ، مما يجعل المحلول قلويا ، pH له أكبر من 7 (ويمكن التأكد من ذلك باستخدام دليل الفينولفثالين) .

∴ محصلة التحليل الكهربائي للمحلول المائي ليوديد البوتاسيوم باستخدام قطبين من الجرافيت أو البلاتين

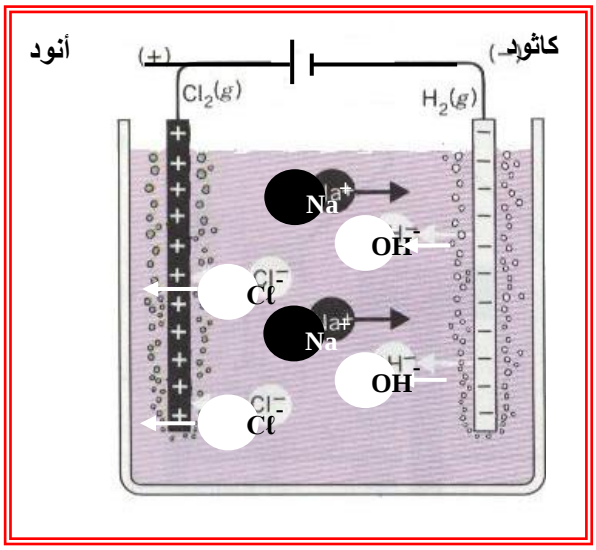
$$2\,H_2O + 2\,K^{+} + 2\,I^{-} \longrightarrow I_2 + H_{2(g)} + 2\,K^{+}OH^{-}_{(aq)}$$

أ – تكون اليود حول الأنود وانتشاره في المحلول .
ب – تصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود .
ج – يصبح المحلول قلوي بسبب زيادة تركيز أنيونات الهيدروكسيد وتكون هيدروكسيد البوتاسيوم حول الكاثود وانتشاره في المحلول ، ولهذا تزداد قيمة pH له .

- **تحضير هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) (الصودا الكاوية) بالتحليل الكهربائي لمحلول مركز من كلوريد الصوديوم (NaCℓ) باستخدام قطبين من الجرافيت :**

عند ذوبان كلوريد الصوديوم في الماء يتفكك طبقا للمعادلة التالية :

$$2\ NaCℓ_{(s)} \longrightarrow 2\ Na^{+}_{(aq)} + 2\ Cℓ^{-}_{(aq)}$$



شكل (٧) التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم باستخدام قطبين من الجرافيت

يحتوي المحلول على أنيونات الكلوريد ($Cℓ^-$) ، وكاتيونات الصوديوم (Na^+) بالإضافة إلى الماء ، وقطبي الجرافيت (أقطاب خاملة) .
وعند مرور التيار الكهربائي المستمر في المحلول تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة شكل (٧) ، حيث

أ - عند الأنود :

توجد الأنواع التالية $H_2O_{(ℓ)}$ ، $Cℓ^-$ ، قطب خامل والتفاعلات المحتملة هي :

$$2\ Cℓ^{-}_{(aq)} \longrightarrow Cℓ_{2(g)} + 2\ e^-$$

أو

$$2\ H_2O_{(ℓ)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4\ H^{+}_{(aq)} + 4\ e^-$$

وحيث أن جهد الاختزال للماء عند الأنود = 1.23 V + ، بينما جهد اختزال الكلور = 1.36 V + ، لذا نتوقع أن يتأكسد الماء لأن جهد اختزاله أقل ، ولكن ما يحدث عمليا هو أن أنيونات الكلوريد ($Cℓ^-$) هي التي تتأكسد ويتصاعد غاز الكلور عند الأنود . ويرجع ذلك إلى أن الأكسجين يستقطب على قطب الجرافيت، ويتطلب ذلك رفع فرق الجهد حتى يمكن أكسدة الماء، وهذه الزيادة تؤدي إلى رفع الجهد اللازم لأكسدة الماء بحيث يصبح أكبر من الجهد اللازم لأكسدة الكلوريد، لذا يتأكسد الكلوريد أولا ويتصاعد غاز الكلور.

ب - عند الكاثود :

توجد الأنواع التالية $H_2O_{(ℓ)}$ ، Na^+ ، والتفاعلات المحتملة هي :

$$2\ H_2O_{(ℓ)} + 2\ e^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2\ OH^-_{(aq)}$$

او

$$2\ Na^+ + 2\ e^- \longrightarrow 2\ Na$$

وحيث أن جهد الاختزال للماء عند الكاثود = 0.83 V - ، بينما جهد اختزال الصوديوم = 2.71 V - ، لذا يختزل الماء لأن جهد اختزاله أكبر ، ويتصاعد غاز الهيدروجين حول الكاثود ، ويزداد تركيز أنيون الهيدروكسيد ، مما يجعل المحلول قلويا ، pH له أكبر من 7 (ويمكن التأكد من ذلك باستخدام دليل الفينولفثالين)

∴ محصلة التحليل الكهربائي للمحلول المائي المركز لكلوريد الصوديوم باستخدام قطبين من الجرافيت هي :

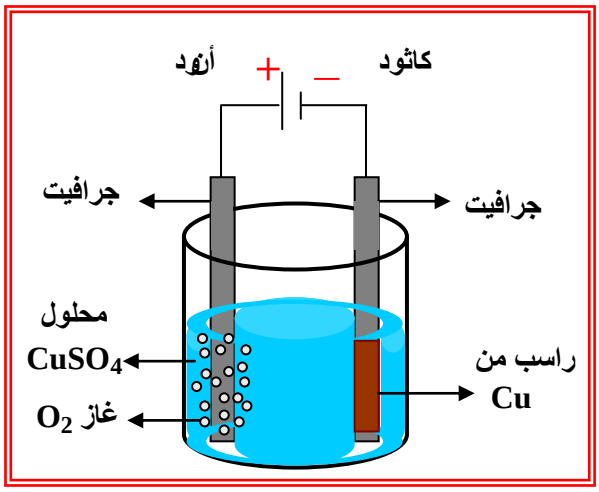
$$2\,H_2O + 2\,Na^+ + 2\,Cl^- \longrightarrow Cl_2 + H_{2(g)} + 2\,Na^+OH^-$$

أ – تصاعد غاز الكلور عند الأنود .
ب – تصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود .
ج – يصبح المحلول قلوي بسبب زيادة تركيز أنيونات الهيدروكسيد وتكون هيدروكسيد الصوديوم حول الكاثود وانتشاره في المحلول ، ولهذا تزداد قيمة pH له .

- **التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس II ($CuSO_4$) باستخدام قطبين من الجرافيت :**

عند ذوبان كبريتات النحاس II في الماء يتفكك طبقا للمعادلة التالية :

$$CuSO_{4(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$$



شكل (٨) التحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس II باستخدام قطبين من الجرافيت

يحتوي المحلول على أنيونات الكبريتات (SO_4^{2-})، وكاتيونات النحاس (Cu^{2+}) بالإضافة إلى الماء ، وقطبي الجرافيت (أقطاب خاملة).
وعند مرور التيار الكهربائي المستمر في المحلول تتجه الأيونات نحو الأقطاب المخالفة لها في الشحنة، شكل (٨) ، حيث يحدث ما يلي :

أ ـ عند الأنود :
توجد الأنواع التالية $H_2O_{(\ell)}$ ، SO_4^{2-} ، وقطب خامل .
والتفاعلات المحتملة هي:

$$2\,H_2O_{(\ell)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4\,H^+_{(aq)} + 4\,e^-$$

$$2\,SO_4^{2-}_{(aq)} \longrightarrow S_2O_8^{2-}_{(aq)} + 2\,e^-$$

وحيث أن جهد الاختزال للماء عند الأنود = 1.23 V + ، جهد اختزال الكبريتات = 2.00 V +
لهذا يتأكسد الماء أولاً، ويتصاعد غاز الأكسجين عند الأنود ، ويزداد تركيز كاتيون الهيدروجين في المحلول ، مما يجعل المحلول حمضيا ، pH له أقل من 7

ب ـ عند الكاثود :
توجد الأنواع التالية $H_2O_{(\ell)}$ ، Cu^{2+} ، والتفاعلات المحتملة هي :

$$2\,H_2O_{(\ell)} + 2\,e^- \longrightarrow H_{2(g)} + 2\,OH^-_{(aq)}$$

$$Cu^{2+} + 2\,e^- \longrightarrow Cu$$

وحيث أن جهد الاختزال للماء (في الوسط الحمضي) عند الكاثود = - 0.41 V ، جهد اختزال النحاس = + 0.34 V

لهذا تختزل كاتيونات النحاس (محلوها أزرق اللون) إلى ذرات نحاس تترسب على الكاثود ، ويقل تركيز كاتيونات النحاس (Cu^{2+}) في المحلول ، وبالتالي تقل شدة اللون الأزرق ، ويصبح لون المحلول باهت.

محصلة التحليل الكهربائي للمحلول المائي كبريتات النحاس II باستخدام قطبين من الجرافيت هي :

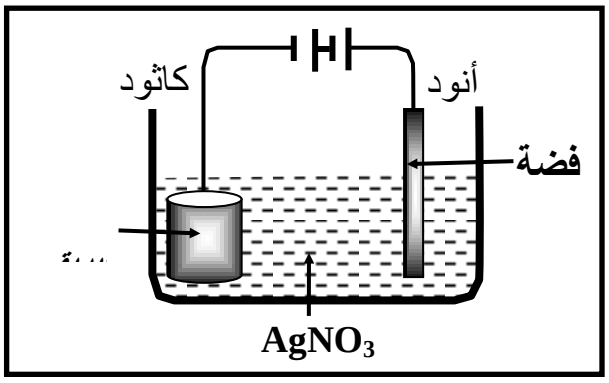
$$2\,H_2O + 2\,Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,SO_4^{2-}{}_{(aq)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4\,H^+_{(aq)} + 2\,SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\,Cu_{(s)} \downarrow$$

١ – تصاعد غاز الأكسجين عند الأنود.
٢ – يصبح المحلول حمضي بسبب زيادة تركيز كاتيونات الهيدروجين وتكون حمض الكبريتيك، ولهذا تقل قيمة pH للمحلول عن 7
٣ – يترسب النحاس على الكاثود.

- **الطلاء الكهربائي :**

هو عملية اضافة طبقة رقيقة من فلز معين على سطح فلز آخر

أهمية الطلاء:
١ - منع تآكل المعدن (الصدأ).
٢ - إعطاء المعدن بريق ولمعان.
٣ - زيادة القيمة الاقتصادية بطلاء معدن رخيص بمعدن نفيس.



تجربة عملية لطلاء إبريق بطبقة من الفضة:
١ - توصل المعدن المراد طلائها (الإبريق) بالقطب السالب للبطارية (الكاثود).
٢ - توصل المادة المراد الطلاء بها (الفضة) بالقطب الموجب للبطارية (أنود).
٣-محلول إلكتروليتي من نيترات الفضة ($AgNO_3$)

$$Ag^+ + NO_3^- \rightarrow AgNO_3$$

التفاعل عند الأنود:
(NO_3^-) تتجه نحو الأنود ولكن سرعة أكسدة الفضة أسرع من النيترات.
عند الأنود تتأكسد الفضة، كما في المعادلة التالية:

$$Ag_{(s)} \rightarrow Ag^+_{(aq)} + e^-$$

التفاعل عند الكاثود:
(Ag^+) تتجه نحو الكاثود وتختزل أى تكتسب إلكترونات وتترسب على الكاثود.

$$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$$

- **تنقية النحاس بعد استخلاصه من خاماته:**

يمكن تنقية النحاس – بعد استخلاصه من خاماته - بالتحليل الكهربائي، وذلك بتكوين خلية إلكتروليتية يكون فيها النحاس المراد تنقيته هو الأنود (القطب الموجب) ، بينما الكاثود (القطب السالب) عبارة عن سلك من النحاس النقي ، والإلكتروليت كبريتات النحاس II ($CuSO_4$) الذي يتفكك في المحلول كما يلي :

$$CuSO_{4(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

وعند مرور التيار الكهربائي المستمر في المحلول ، شكل (9) يحدث ما يلي :

أ - عند الأنود :

توجد الأنواع التالية (H_2O ، SO_4^{2-} ، قطب من النحاس غير النقي) وحيث أن جهد الاختزال القطبي للنحاس أقل منه للماء والكبريتات ، لهذا تتأكسد ذرات النحاس من القطب غير النقي وتتحول إلى كاتيونات تذوب في المحلول ، كما يلي :

$$Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,e^-$$

ب - عند الكاثود:

توجد الأنواع التالية (H_2O ، Cu^{2+})، وحيث أن جهد الاختزال للماء عند الكاثود = - 0.41 V ، بينما جهد اختزال النحاس = + 0.34 V ، لهذا تختزل كاتيونات النحاس إلى ذرات نحاس تترسب على الكاثود .

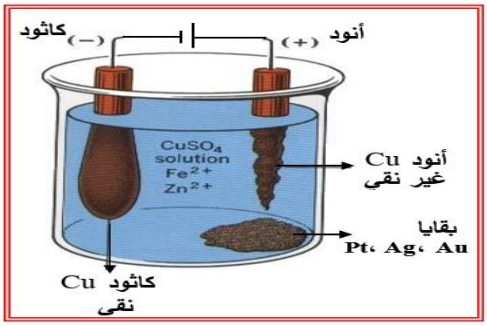
ونتيجة تنقية النحاس بالتحليل الكهربائي هي:

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$$

انتقال النحاس من الأنود وترسبه على الكاثود، كما يلي:

$$Cu_{(s)}\ \text{من الأنود} \longrightarrow Cu_{(s)}\ \text{على الكاثود}$$

بينما تتحول شوائب الخار صين والحديد الموجودة في القطب إلى كاتيونات Zn^{2+} ، Fe^{2+} تذوب في المحلول ، أما شوائب الفضة (Ag) ، البلاتين (Pt) ، الذهب (Au) فتسقط على شكل ذرات في قاع خلية التحليل ، حيث تُجْمَعْ وتباع فتغطي نفقات تنقية النحاس كهربائيا ، وتصل درجة نقاوة النحاس إلى 99.95 % .



شكل (9) تنقية النحاس بالتحليل الكهربائى

المراجع :

١ -الكيمياء العامة وغير عضويه للعناصر اللافلزية الشائعة، د. سامي طوبيا / د. نظير عريان ١٩٩٠

٢ -الكيمياء الغير عضويه للعلوم الطبية د. محمد نضوح علايا / د. رياض حجازي ٢٠٠٤

٣ -كيمياء المجموعة الرئيسية، د. محمد علي الصالح /قسم الكيمياء، كليه التربية جامعه الملك سعود ١٩٩٠

٤ - مناهج الكيمياء لوزارة التربية بدولة الكويت

٥ -الكيمياء الكهربائية، د عاطف خليفة ٢٠٠٤

٦ -موسوعة ويكيبيديا العربية ٢٠١٦

***Chemistry*: The Central Science *14th Edition* - Authors: Bruce E Bursten, Catherine Murphy, H Eugene *LeMay*, Matthew E Stoltzfus, Patrick Woodward, Theodore E *Brown* -**