

الطبيعيات الصف الثالث

الفرع الصناعي – فرع الحاسوب وتقنية المعلومات

تأليف

د. محمد سعيد وحيد	د. شهاب احمد زيدان الجبوري
هدى صلاح كريم	د. مفيد عبد اللطيف الربيعي
ذكرى محمد علي خليل	سميرة خالد عبد الرحمن
انغام خاجيك تكلان	حسين حسن حمزة العجياوي

مقدمة:

إن الفيزياء علم ومكون اساسي في الثقافة الانسانية وتعبير عن ابداع العقل البشري في نشاطات تأملية عظيمة وتذوق جمالي فعال، له بريق مبهر يستهوي الأفتدة.

فالفيزياء مادة مشوقة تميل النفس الى دراستها والبحث فيها . وهذا الكتاب يشكل دعامة من دعائم المنهج المطور في الفيزياء والكيمياء والذي يعمل على تحقيق اهداف علمية وعملية تواكب التطور العلمي في تكنولوجيا المعلومات كما يحقق هذا الكتاب ربط للحقائق والمفاهيم التي يدرسها الطالب بواقع حياته اليومية المجتمعية وهذا المنهج يهدف الى ضرورة توضيح العلاقة بين العلم والتكنولوجيا في مجال العلوم وتأثيرها على التنمية وربطها بالحياة العملية وكذلك اكساب الطالب منهجية التفكير العملي الممتزج بالمتعة والتشويق ومحاولة تدريب الطلبة على الاستكشاف من خلال تنمية مهارات حياتية وقدرات علمية تطبيقية.

إن هذا الكتاب يضم موضوعات مهمة في الفيزياء والكيمياء تتضمن (الباب الاول - الفيزياء) و(الباب الثاني - الكيمياء).

نتقدم بالشكر للسادة الاختصاصيين التربويين في مديرتنا لمساهماتهم العلمية وملاحظاتهم القيمة في اخراج هذا الكتاب ونخص بالذكر كل من الست ماجدة صخيل محمد والسيد عبد الله سلمان برهان والسيد كريم ابراهيم صالح، كما نقدم الشكر والتقدير للسادة المقومين العلميين الاستاذ الدكتور حازم لويس منصور والاستاذ الدكتور نادر فاضل حبوبي والمقيم اللغوي الدكتور عبد العباس عبد الجاسم احمد لمراجعتهم العلمية واللغوية للكتاب .

نسأل الله عز وجل أن تعم الفائدة من خلال هذا الكتاب وندعوه سبحانه وتعالى أن يكون ذلك اساس عملنا والذي يصب في حب وطننا والانتماء اليه والله ولي التوفيق ...

المؤلفون

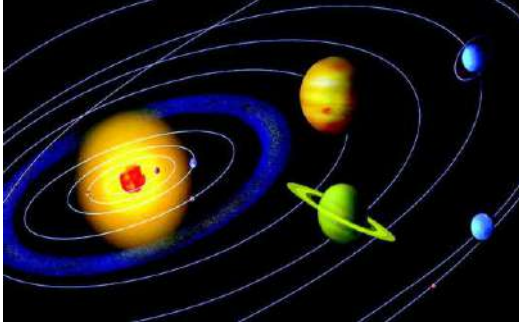
فهرست الكتاب

3	مقدمة
	الباب الاول - الفيزياء
20-5	الفصل الاول
	الحركة الدائرية والدورانية
34-21	الفصل الثاني
	الظواهر الموجية للضوء
48-35	الفصل الثالث
	الحث الكهرومغناطيسي
67-49	الفصل الرابع
	دوائر التيار المتناوب
83-68	الفصل الخامس
	الالكترونيات
101-84	الفصل السادس
	الليزر والبلازما
	الباب الثاني - الكيمياء
109-102	الفصل السابع
	النفط الخام
120-110	الفصل الثامن
	الفلزات والسبائك

الفصل الاول

الحركة الدائرية والدورانية

مفردات الفصل:-



- 1-1 تمهيد
 - 2-1 الحركة الدائرية
 - 3-1 القوة المركزية
 - 4-1 مدارات الاقمار الاصطناعية وقوانين كبلر
 - 5-1 الحركة الدورانية
 - 6-1 الطاقة في الحركة الدورانية
 - 7-1 الشغل والقدرة في الحركة الدورانية
 - 8-1 الزخم الزاوي
- اسئلة ومسابل الفصل

الاهداف السلوكية:

بعد إكمال هذا الفصل سيكون الطالب قادراً على الاتي:

- 1- معرفة الحركة الدائرية وقوانين كبلر، والقوة المركزية.
- 2- معرفة القدرة والشغل والحركة الدورانية.
- 3- معرفة الحركة الدورانية وأستيعاب المفاهيم الآتية واستخراج قيمتها بإستعمال المعادلات الرياضية:
 - الحركة الدورانية والسرعة الزاوية والتعجيل الزاوي.
 - عزم القصور الذاتي.
 - القدرة والشغل والحركة الدورانية.
- 4- معرفة قوانين كبلر في الحركة الدائرية ومن امثلتها حركة الاقمار الصناعية.

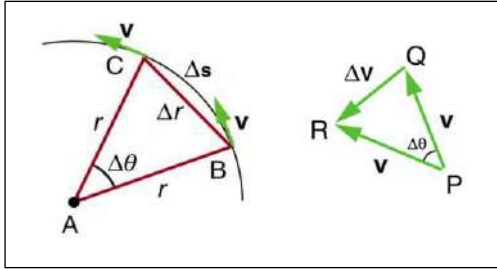
1-1 تمهيد:

درسنا في مراحل سابقة السرعة والتعجيل في الحركة الانتقالية الخطية، ولكن إذا تأملنا الحركات المألوفة في حياتنا اليومية وجدنا ان الحركة التي يدور فيها الجسم حول محور ثابت أو متغير أكثر شيوعاً من الحركة على خط مستقيم، فحركة المخرطة والمروحة الكهربائية وعجلات السيارة وعقارب الساعة كلها امثلة على الحركة الدورانية. ولدراسة الحركة الدورانية نبدأ **بعرض للحركة الدائرية وهي الحركة التي يدور فيها جسم حول محيط دائرة وبأنطلاق ثابت او متغير.**

2-1 الحركة الدائرية (Circular motion):

تُعَدُّ حركة القمر حول الارض وحركة الإلكترون حول النواة في الذرة من الأمثلة المهمة على الحركة الدائرية في مستوي واحد، حيث يبقى مقدار السرعة ثابتاً ولكن اتجاهها يتغير باستمرار من نقطة الى أخرى مع بقاء الجسم الدائر في نفس المستوى، راسماً بذلك دائرة تكون فيها الارض المركز في حالة دوران القمر حول الارض والبروتون في حالة دوران الإلكترون في ذرة الهيدروجين لذلك يمكن القول ان الحركة الدائرية تمثل حركة جسم على مسار دائري كما في الامثلة السابقة.

1-2-1 التعجيل المركزي (a_c):



شكل 1-1 محصلة تغير السرعة الخطية

هو المعدل الزمني لتغير اتجاه سرعة الجسم الذي يتحرك حركة دائرية ويتجه نحو مركز الدائرة ويكون عمودي على قيمة السرعة، كما في الشكل (1-1).

ومن مميزات هذا التعجيل أنه ثابت المقدار ومتغير في الاتجاه إذا كانت الحركة الدائرية منتظمة كما في حركة الجسم المربوط بخيط، وعندما يتحرك أفقياً وكان متغير في المقدار والاتجاه كانت الحركة

الدائرية غير منتظمة وفي كلتا الحالتين يتجه نحو مركز الدوران لذا سمي بالتعجيل المركزي ويعتمد هذا التعجيل على عاملين هما مربع أنطلاق الجسم ونصف قطر الدوران المتحرك به، ويعطى بالعلاقة:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \dots \dots (1)$$

إذ إن:

v انطلاق الجسم

r نصف قطر مساره الدائري

هل تعلم:

$$a_c = \frac{(\omega r)^2}{r} = \omega^2 r$$

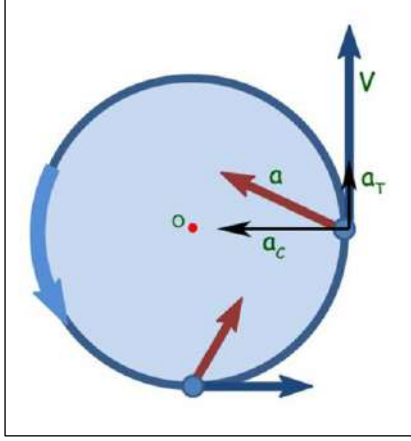
يمكن اعطاء المعادلة (1) بدلالة السرعة الزاوية

مثال (1): قمر صناعي يدور حول الارض بسرعة خطية (4000 m/s)، أحسب تعجيله المركزي إذا كانت المسافة بين الارض والقمر هي (5000 km) ؟

الجواب:

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(4000 \text{ m/s})^2}{(5000 \times 1000 \text{ m})}$$
$$a_c = 3.2 \text{ m/s}^2$$

2-2-1 محصلة التعجيل في الحركة الدائرية:



مما سبق لاحظنا أن الجسم المتحرك في مسار دائري له تعجيلان، الأول يوازي السرعة الخطية ويأتي من تغير قيمتها ويدعى بالتعجيل المماسي $(\vec{a}_T = \frac{\Delta v}{\Delta t})$ والآخر عمودي على السرعة الخطية ويأتي من تغير اتجاهها فقط ويدعى بالتعجيل المركزي $(\vec{a}_C = \frac{v^2}{r})$ كما هو موضح بالشكل (2-1).

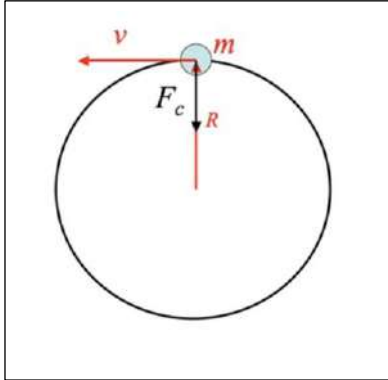
شكل 2-1 التعجيل في الحركة الدائرية.

$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_C$$

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_C^2} \dots \dots (2)$$

وعندما يحسب من العلاقة:

3-1 القوة المركزية:



شكل 3-1 القوة المركزية

بالرغم من ثبوت مقدار السرعة الخطية المماسية إلا أن تغير الاتجاه سيؤدي إلى حصول تعجيل مركزي في الحركة على المسار الدائري، وبما أن الحركة هي بتعجيل اذن لا بد أن تكون محصلة القوى لا تساوي صفراً (حسب قانون نيوتن الثاني في الحركة)، هذا يعني وجود قوة باتجاه التعجيل المركزي تدعى القوة المركزية (F_C) ، شكل (3-1)، تتجه نحو مركز الدائرة، والتي تعرف بأنها قوة عمودية على اتجاه السرعة الانية وتعمل على تغير اتجاه السرعة وتحول المسار المستقيم إلى دائري وتقاس بوحدة نيوتن (N)، ومن تطبيق قانون نيوتن الثاني:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_C = m\vec{a}_C \Rightarrow \vec{F}_C = m \frac{v^2}{r} \dots \dots \dots (3)$$

أن جميع الاجسام المتحركة في مسار دائري تكون مرتبطة بقوة مركزية تحاول إبقاء الاجسام متحركة في مسار دائري، فمثلاً أن جزيئات الماء الملتصقة بالملابس عندما تدور في مجفف الغسالة مرتبطة بقوة التصاق مع الملابس وهذه القوة هي قوة مركزية بحيث عند زيادة سرعة الدوران في أثناء التنشيف فإن هذه القوة غير كافية لإبقاء جزيئات الماء ملتصقة بالملابس، لذلك تنطلق باتجاه المماس لمحيط دائرة الدوران وتنفصل عن الملابس، ومن تطبيقات القوة المركزية تصميم مخارج الطرق السريعة وسباق السيارات بشكل مائل لتمكين السيارات من الانعطاف دون الاعتماد على قوة الاحتكاك.

تعتبر القوة المركزية محصلة مجموعة قوى غير متعادلة حيث تكسب الجسم المتحرك دائرياً تعجيلاً مركزياً تكون عمودية على اتجاه السرعة الانية للجسم فلا تنجز شغلاً بالمعنى الفيزيائي ولا تقوم بسحب الجسم باتجاهها ولا يكون الجسم مترناً تحت تأثيرها حيث تعمل على تغيير المسار المستقيم المعتاد للجسم إلى مسار دائري.

هل تعلم؟



أن أساس عمل أجهزة الطرد المركزي Centrifuge يعتمد على تغير القوة المركزية بالاعتماد على كتلة المادة وبالتالي يمكن فصل المواد المختلفة في الكتلة أو الكثافة عن بعضها بعضاً. يحتوي الجهاز على حاوية توضع داخلها العينات المختلفة في الكتلة ومثبتة على محرك يدور بسرعة متعددة. ويستعمل في الطب (فصل مكونات الدم)، وأجهزة متقدمة أخرى تستعمل في تخصيب اليورانيوم أي فصل اليورانيوم 235 عن اليورانيوم 238.

مثال (2): أحسب أقصى سرعة (بوحدة km/h) تستطيع أن تدور بها سيارة حول منعطف نصف قطره (25 m) على طريق مستو دون الانزلاق، إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الاطارات والطريق يساوي (0.8)؟

الجواب:

القوة المركزية اللازمة لإبقاء السيارة في مسارها المنحني دون أنزلاق (قوة مركزية) تنشأ عن قوة احتكاك الاطارات مع الطريق. فإذا كانت كتلة السيارة (m) فإن قوة الاحتكاك القصوى:

$$F_{s(max)} = \mu_s N$$

حيث (μ_s) معامل الاحتكاك السكوني، (N) قوة رد فعل الطريق على السيارة ويساوي وزن السيارة ($m \times g$). وبمساواة القوة الاحتكاك مع القوة المركزية نحصل على:

$$F_C = F_s \Rightarrow m \frac{v^2}{r} = \mu_s (m \times g)$$

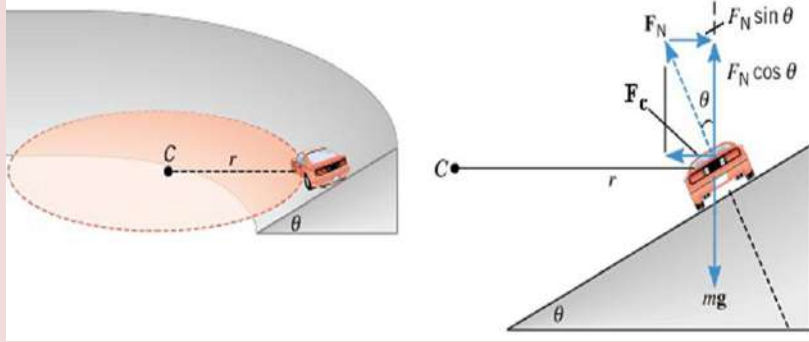
$$\therefore v = \sqrt{\mu_s \times r \times g} = \sqrt{0.8 \times 25 \times 9.8} = 14 \text{ m/s}$$

وبوحدات km/h :

$$14 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 50.4 \text{ km/h}$$

هل تعلم؟

أن تصميم مخارج الطرق السريعة ومضمار سباق السيارات يتم بشكل مائل قليلاً وذلك لزيادة القوة المركزية الجاذبة، حيث يصبح رد فعل الطريق على السيارة مائلاً ويتحلل الى مركبتين أحدهما عمودية على الطريق وتعادل وزن الجسم والآخرى تكون باتجاه المركز تسهم مع قوة الاحتكاك في زيادة القوة المركزية الجاذبة وتمنع انزلاق السيارة.



شكل 4-1 قمر اصطناعي يمثل الحركة الدائرية

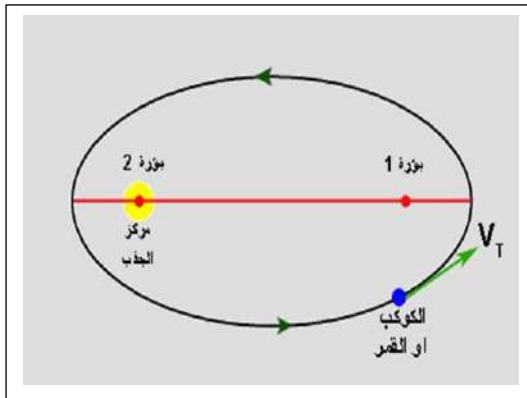
4-1 مدارات الاقمار الاصطناعية وقوانين كبلر:

تخضع حركة الاقمار الاصطناعية حول الكرة الارضية الى قوانين كبلر والتي تحدد حركة الكواكب السيارة وحركة النجوم في المجرات، شكل (4-1)، وهي كما يلي:

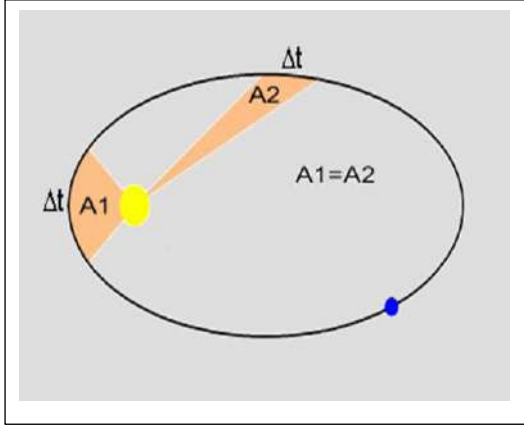
القانون الاول (قانون المسارات):

تتحرك الكواكب (أو الاقمار) في مسارات بيضوية حول مركز جاذبها الذي يقع عند أحد البؤرتين، كما هو في الشكل (5-1).

((ملاحظة: تُعدّ الشمس مركز الجذب في حالة دوران كواكب المجموعة الشمسية حولها، وتُعدّ الارض مركز الجذب في حالة دوران الاقمار الاصطناعية حولها.))



شكل 5-1 قانون كبلر الاول.



شكل 6-1 قانون كبلر الثاني

القانون الثاني (قانون المساحات):

يمسح الخط الواصل بين مركز الجذب إلى الكوكب (أو القمر) مساحات متساوية في أزمان متساوية، كما في الشكل (6-1).

القانون الثالث (قانون التناسب): يتناسب مربع الزمن الدوري لحركة الكواكب (أو القمر) طردياً مع مكعب نصف القطر الكبير لمساره. فإذا كان الزمن الدوري t ونصف القطر الكبير r فإن:

$$t^2 \propto r^3 \dots\dots(4)$$

تذكر:

أن أي كتلتين في الكون تجذب أحدهما الأخرى بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين (M, m) وعكسياً مع مربع المسافة بينهما (r)، وهذا ما يطلق عليه بقانون الجذب العام لنيوتن، رياضياً:

$$F_G = G \frac{Mm}{r^2}$$

حيث G ثابت الجذب العام ومقداره: $6.67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$

5-1 الحركة الدورانية:

إن معظم أنواع الحركة في حياتنا اليومية تتألف من انتقال الجسم ودورانه حول محور معين في نفس الوقت لذلك تعرف بأنها حركة جسم ذو أبعاد حول محور معين يمر داخل الجسم وتكون منتظمة إذا كان محور الدوران والمعدل الزمني للحركة ثابتان وتكون غير منتظمة إذا كان محور الدوران أو المعدل الزمني للحركة غير ثابتان أو كليهما. مثل دوران الأرض حول محورها دورة واحدة كل 24 ساعة، وتدور دورة واحدة حول الشمس لكل 365 يوماً. كذلك حركة عجلة السيارة التي تشتمل على الحركتين الدورانية والانتقالية.

توصف الحركة الدورانية بدلالة الازاحة الزاوية (θ) والسرعة الزاوية (ω) والتعجيل الزاوي (α). وفي جميع الحالات يمكن تعويض المقادير الفيزيائية في الحركة الدورانية بدلا من المقادير الفيزيائية في الحركة الخطية ولجميع القوانين كما هو في الجدول (1-1).

جدول 1-1 المقادير الفيزيائية للحركة الخطية والحركة الدورانية

المقدار الفيزيائي	الحركة الخطية	الحركة الدورانية
الكتلة	m	التي يقابلها عزم القصور الذاتي I
الازاحة	S	θ
السرعة	v	ω
التعجيل	a	α
القوة	F	التي يقابلها العزم الممدور τ

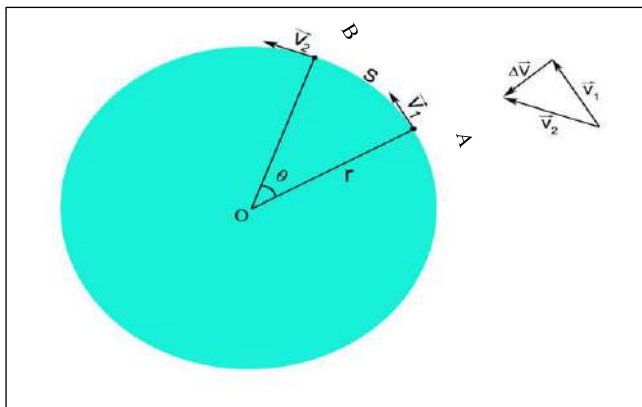
1-5-1 الإزاحة الزاوية:

هي الزاوية المركزية التي يقطعها الجسم المتحرك دورانياً حيث إذا تحرك جسيم على مسار دائري نصف قطره (r) وانتقل من النقطة (A) الى النقطة (B) قاطعاً قوساً طوله (S) على محيط الدائرة، كما في الشكل (7-1)، فالزاوية المقابلة للقوس تدعى بالإزاحة الزاوية ويرمز لها بالرمز (θ) ويكون اتجاهها موجب إذا كانت عكس اتجاه عقارب الساعة وسالب إذا كان اتجاهها مع اتجاه عقارب الساعة، وتقاس بوحدات نصف القطرية (rad)، لذلك:

$$\theta_{\text{rad}} = \frac{S}{r} \quad \dots (5)$$

ومن هذه العلاقة نستنتج أن الازاحة الخطية (S) لها علاقة بالازاحة الزاوية حيث أن:

$$\therefore S = r \theta \quad \dots (6)$$



شكل 7-1 حركة جسيم على منحنى دائرة.

وانت تعلم عزيزي الطالب أن الازاحة الخطية (S) تقاس بالمتراً أو اجزائه أو اكبر منه ووحدات الازاحة الزاوية ليست فقط الزاوية النصف قطرية ويرمز لها (نقية) (Radian) وإنما يمكن تقدير الازاحة الزاوية بالدرجات الستينية أو بعدد الدورات، لذا فإن الدورة الكاملة تعادل (360°) بالمقياس الستيني وتقابل (2π) بالمقياس نصف قطري، أي إن:

$$1 \text{ revolution} = 2\pi \text{ (rad)} = 360^\circ$$

$$\frac{\theta}{2\pi} = \text{أي ان عدد الدورات}$$

2-5-1 السرعة الزاوية:

تعرف على انها المعدل الزمني للازاحة الزاوية المقطوعة وتقاس بوحدة rad/s
نلاحظ أيضاً أن (S) تتغير مع تغير (θ) وبثبوت نصف قطر الدائرة، وعليه:

$$\Delta S = r \Delta \theta \quad \dots \dots (7)$$

بقسمة (Δt) على طرفي المعادلة (3) نحصل على:

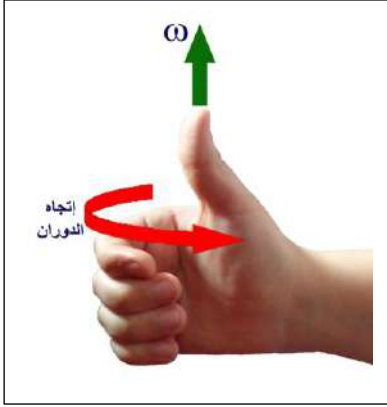
$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = r \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \dots \dots (8)$$

تمثل السرعة الخطية المماسية لمحيط الدائرة ويرمز لها بالرمز v_T ، أي إن:

$$v_T = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \dots \dots (9)$$

أما $\left(\frac{\Delta \theta}{\Delta t}\right)$ فإنها تمثل التغير في الزاوية نصف القطرية مع الزمن، وتدعى بالسرعة الزاوية ويرمز لها بالرمز (ω) وتقاس بوحدة (rad/s)، أي: إن:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \dots \dots (10)$$



وتُعد السرعة الزاوية من المقادير الفيزيائية الاتجاهية، ويكون اتجاهها عمودياً على المستوى الذي يحتوي (r) و (v_T)، ويتم تحديدها باستعمال قاعدة اليد اليمنى، شكل (8-1).

وبتعويض العلاقة (9) و (10) في (8) نحصل على:

$$v_T = \omega r \quad \dots \dots (11)$$

وعند دوران الجسم دورة كاملة فإن مقدار الازاحة الزاوية تساوي (2π)، فتصبح السرعة الزاوية بعد التعويض بالمعادلة (11):

$$\omega = \frac{2\pi}{t}$$

ولمجموعة من الدورات

$$\omega = \frac{N \times 2\pi}{t}$$

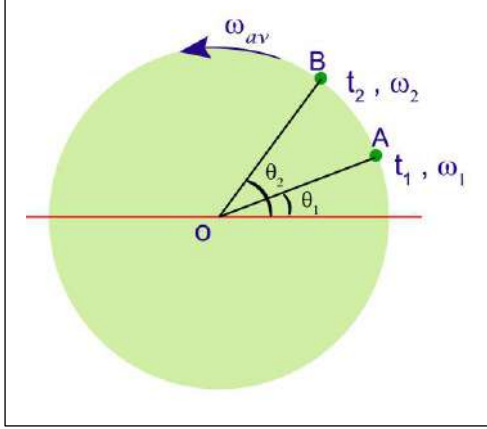
N: عدد الدورات

t: يمثل زمن الدورة الكاملة، ومقلوب هذا الزمن يدعى بالتردد ويرمز له بالرمز f ويقاس بوحدة (دورة / ثانية) أو الهيرتز (Hz)، فتصبح السرعة الزاوية بدلالة التردد:

$$\omega = 2\pi f$$

ويسمى هنا بالتردد الزاوي





شكل 9-1

ولنفرض أن جسماً يدور في مسار دائري نصف قطره (r) كما في الشكل (9-1)، فإن موضعه الزاوي يتحدد في أي لحظة بمقدار الازاحة الزاوية (θ)، فإذا كان موضع الجسم (θ_1) في الزمن (t_1) ثم سار عند موضع (θ_2) في الزمن (t_2)، لذلك نجد أنه قد دار ازاحة زاوية مقدارها:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

خلال فترة زمنية:

وعليه يعرف معدل السرعة الزاوية:

$$\omega_{av} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (12)$$

مثال (3): مروحة تدور بمعدل (900 rpm) (أي 900 دورة / دقيقة). (a) احسب السرعة الزاوية لأي نقطة على إحدى ريش المروحة. (b) احسب السرعة المماسية لحافة الريشة إذا كانت المسافة من المركز إلى الحافة (20 cm).

الجواب:

$$\omega = \frac{N \times 2\pi}{t}$$

a- السرعة الزاوية:

حيث أن N عدد الدورات

$$\omega = (900 \frac{\text{rev}}{\text{min}}) \times (\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) \times (\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}) = 30 \pi \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$v = \omega r = 30 \pi \times \frac{20}{100}$$

b- السرعة المماسية:

$$v = 30 \times 3.14 \times 0.2 = 18.84 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3-5-1 التعجيل الزاوي (α):

إذا افترضنا أن تغيراً يحصل في السرعة الخطية (Δv_T) عند الحركة على المنحنى (S) وعليه ستتغير السرعة الزاوية بثبات نصف قطر الدائرة (r)، وهذا يعني أن الحركة ستكون بتعجيل، فتصبح المعادلة (12):

$$\Delta v_T = r \Delta\omega \dots \dots \dots (13)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على (13) على Δt ، نحصل على الآتي:

$$\frac{\Delta v_T}{\Delta t} = r \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \dots \dots \dots (14)$$

$$a_T = \frac{\Delta v_T}{\Delta t}$$

الكمية $\frac{\Delta v_T}{\Delta t}$ تمثل التعجيل المماسي (a_T)، أي: إن:

أما الكمية $\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ فتتمثل التعجيل الزاوي ويرمز لها بالرمز (α)، أي أن:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

وان اتجاه هذا التعجيل الزاوي يكون باتجاه السرعة الزاوية عند زيادتها مع الزمن (في حالة تسارع) ويكون بالاتجاه المعاكس للسرعة الزاوية في حالة نقصانها مع الزمن (في حالة تباطؤ).
وبتعويض a_T و α في المعادلة (14)، نحصل على الآتي:

$$a_T = r \alpha \dots \dots \dots (15)$$

نلاحظ من المعادلة (15)، ان التعجيل الزاوي مرتبط بالتعجيل الخطي، وهذا يعني ان التعجيل الزاوي يحصل نتيجة تغير السرعة الخطية أو السرعة الزاوية ويصبح صفراً إذا كانت سرعة الجسم الخطية على محيط الدائرة ثابتة المقدار.

4-5-1 التعجيل الزاوي المنتظم:

يتحرك الجسم بتعجيل زاوي (α) إذا كانت محصلة العزوم المؤثرة عليه لا تساوي صفراً، فإذا كانت السرعة الزاوية لجسم يتحرك على مسار دائري في النقطة (A) هي (ω_1) وفي النقطة (B) هي (ω_2) كما هو موضح بالشكل (9-1). فيكون متوسط السرعة الزاوية اللحظية:

$$\omega_{av} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

ولذلك يعرف معدل التعجيل الزاوي بأنه معدل تغير السرعة الزاوية لوحدة الزمن ويقاس بوحدة $\frac{rad}{s^2}$ ، ويعطى بالعلاقة:

$$\alpha_{av} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \dots \dots \dots (16)$$

وببساطة يمكن التوصل الى قوانين الحركة الدورانية ذات التعجيل الزاوي المنتظم بشكل مشابه الى قوانين الحركة الخطية ذات التعجيل المنتظم بعد الاستعاضة عن الازاحة الخطية (x) بالازاحة الزاوية (θ) والسرعة الخطية (v) بالسرعة الزاوية (ω) والتعجيل الخطي (a) بالتعجيل الزاوي (α)، لتكون معادلات الحركة الدورانية كما يأتي:

$$\omega_2 = \omega_1 + \alpha \cdot t \dots \dots \dots (17)$$

$$\theta_2 - \theta_1 = \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha \cdot t^2 \dots \dots \dots (18)$$

$$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2 \alpha (\theta_2 - \theta_1) \dots \dots \dots (19)$$

حيث (θ_1, ω_1) تمثل السرعة الزاوية والازاحة الزاوية الابتدائيتين.
أما العلاقة بين المقادير الفيزيائية في الحركة الدورانية والخطية فهي:

$$s = \theta r$$

$$v = \omega r$$

ويمكن ايجاد العلاقة بين التعجيل الزاوي للجسم (α) وتعجيله المماسي تكون:

$$a_T = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a_T = \frac{r \Delta \omega}{\Delta t}$$

$$\Delta v = r \Delta \omega$$

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \text{ وبما أن}$$

وفي حالة ثبوت نصف القطر في الحركة الدائرية:

$$a_T = \alpha r \dots \dots \dots (20)$$

لذا يمكن ان نبين قوانين الحركة الخطية ذات تعجيل خطي منتظم وقوانين الحركة الدورانية ذات التعجيل الزاوي المنتظم كما في الجدول الاتي:

قوانين الحركة الخطية	قوانين الحركة الدورانية
$v_2 = v_1 + at$	$\omega_2 = \omega_1 + at$
$s = v_1 t + \frac{1}{2} at^2$	$\theta = \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
$v_2^2 = v_1^2 + 2as$	$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\alpha\theta$

- اذا بدأت الحركة من السكون يجب التعويض عن (ω_1) بصفر.
- عند التباطؤ يسبق التعجيل الزاوي اشارة سالبة.

مثال (4): عجلة نصف قطرها (40 cm) تدور حول محور ثابت، وبتزايد سرعتها بانتظام من السكون حتى تصل الى (600 rpm) في زمن 20 s . أوجد: (a) التعجيل الزاوي، (b) التعجيل المماسي لنقطة على حافة العجلة.

الجواب:

$$\omega = \frac{N \times 2\pi}{t}$$

نحول السرعة الزاوية الى وحدات (rad/s):

$$\omega = (600 \frac{\text{rev}}{\text{min}}) \times (\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}) \times (\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}})$$

$$\therefore \omega = 62.8 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

a- التعجيل الزاوي:

الجسم يبدأ بالحركة من السكون، $t_1=0$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{(62.8 - 0) \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{20 \text{ s}} = 3.14 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$a_T = r \alpha = \left(40 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}\right) \left(3.14 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)$$

b- التعجيل المماسي:

$$a_T = 1.25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \simeq 1.3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

مثال (5): بدأ محرك كهربائي دورانه من السكون وبلغت سرعته الزاوية (1200 rev/min) بعد مرور زمن مقداره (10 s)، ما مقدار تعجيله الزاوي والازاحة الزاوية التي قطعها وعدد الدورات الكلية ؟

الجواب:

من معادلة السرعة الزاوية:

بما ان المحرك الكهربائي بدأ دورانه من السكون فإن $\omega_1 = 0$

$$\omega_2 = \omega_1 + \alpha t \rightarrow \omega_2 = \alpha t$$

$$\omega_2 = \frac{N \times 2\pi}{t}$$

$$\omega = \frac{1200 (\text{rev/min}) \times 2\pi (\text{rad/rev})}{60 (\text{s/min})} = 40 \pi \text{ rad/s}$$

$$\therefore \omega_2 = 0 + \alpha t \Rightarrow 40\pi (\text{rad/s}) = \alpha (10 \text{ s}) \Rightarrow \alpha = 4\pi \text{ rad/s}^2$$

$$\theta_2 - \theta_1 = \omega_1 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

أما الازاحة الزاوية فهي:

$$\theta_1 = 0, \omega_1 = 0 \Rightarrow \theta_2 - 0 = 0 + \frac{1}{2}(4\pi \text{ rad/s}^2)(10 \text{ s})^2$$

$$\therefore \theta_2 = 0 + \frac{1}{2}4\pi \times (10)^2$$

$$\therefore \theta_2 = 200\pi \text{ rad}$$

أما عدد الدورات الكلية التي دارها المحرك خلال 10 s فهي:
كما ذكرنا سابقاً أن في الدورة الواحدة، لدينا:

$$1 \text{ rev} = 2\pi \text{ rad}$$

$$\therefore \text{عدد الدورات} = \frac{\theta}{2\pi} = (200\pi \text{ rad}) \times \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}}\right) = \frac{200\pi}{2\pi} = 100 \text{ rev}$$

5-5-1 عزم القصور الذاتي (τ):

يعبر عن عزم القصور الذاتي لجسم يدور حول محور يمر بمركز الدائرة بأنه حاصل ضرب الكتلة في مربع نصف قطر الدوران ويرمز له بالرمز (I) حيث انه يمثل المقاومة التي يبديها الجسم ضد اي تغيير في سرعته الدورانية وتعتمد على نمط توزيع الكتلة وشكل الجسم وكتلته:

$$I = mr^2 \dots \dots \dots (21)$$

وحدات عزم القصور الذاتي (kg.m^2).

6-5-1 العزم المدور (τ):

تأثر قوة بأحداث دوران جسم حول محور معين وينتج من حاصل ضرب القوة (F) في الإزاحة العمودية (r) على خط فعل القوة عن محور الدوران وتقاس بوحدة (N.m).

$$\tau = F \times r$$

ويعبر عن قانون نيوتن الثاني بحاصل ضرب الكتلة في التعجيل، اي ان:

$$F = ma \dots \dots \dots (22)$$

$$\tau = m \times r \times r \times \alpha = mr^2 \alpha \quad \text{ولكن } a = \alpha \times r$$

$$\therefore I = mr^2$$

وفي الحركة الدورانية تصبح المعادلة (22):

قانون العزم المدور للحركة الدورانية

$$\tau = I\alpha \dots \dots \dots (23)$$

هذه المعادلة تمثل قانون نيوتن الثاني في الحركة الدورانية، حيث حل العزم (τ) محل القوة (F) وعزم القصور الذاتي (I) محل الكتلة (m) والتعجيل الزاوي (α) محل التعجيل الخطي (a).



شكل 10-1

مثال (6): احسب عزم القصور الذاتي لكرة صلدة تدور حول احد اقطارها، شكل (10-1) كتلتها (10 kg) وان نصف قطرها (50 cm)؟

الجواب:

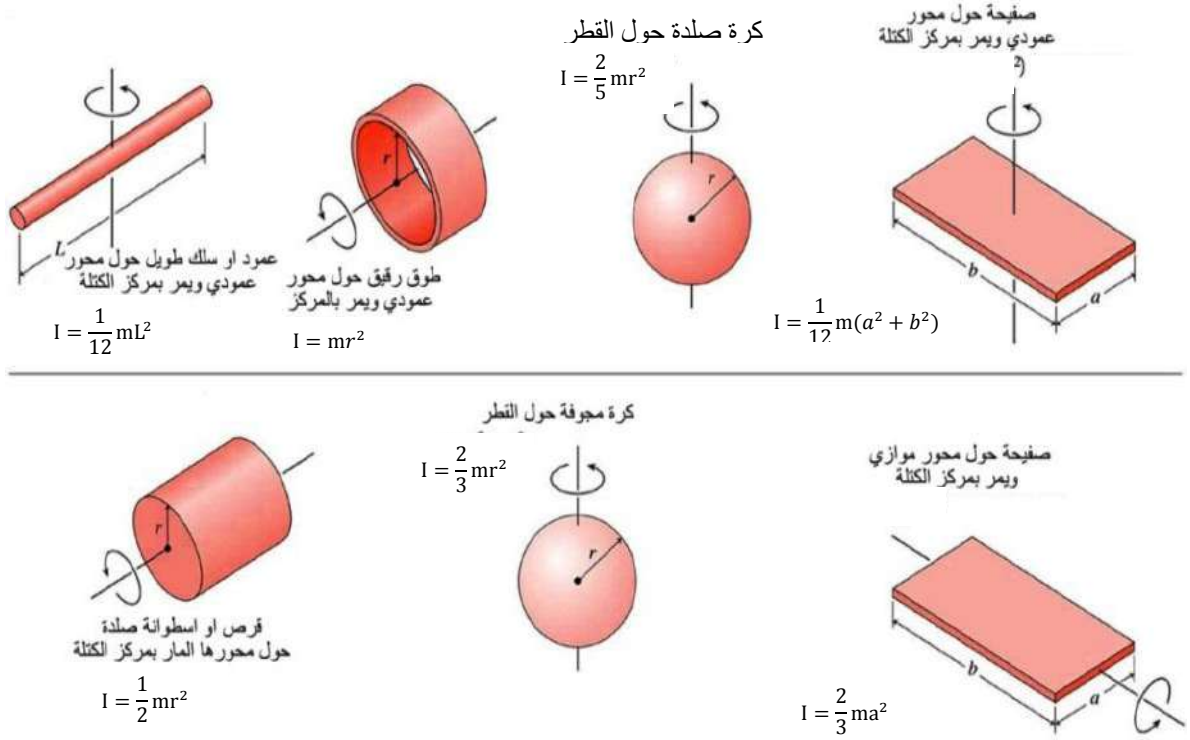
$$I = \frac{2}{5}mr^2$$

$$I = \frac{2}{5} \times 10 \times (0.5)^2$$

فكر :

ماذا تتوقع لو كان محور الدوران على بعد 0.25 m من الكرة نفسها في المثال

$$I = 1 \text{ kg. m}^2$$



شكل 11-1 يمثل بعض الصيغ الخاصة لحساب عزم القصور الذاتي لبعض الانظمة

6-1 الطاقة في الحركة الدورانية:

بما ان الطاقة الحركية في الحركة الخطية الانتقالية (E_k) توصف بالعلاقة:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

إذ أن

m : كتلة الجسم

v : سرعة الجسم

وعند التعويض بدل السرعة الخطية بالسرعة الزاوية ($v = \omega \cdot r$)، وبديل الكتلة نعوض عزم القصور الذاتي ($I = mr^2$)، فإننا نحصل على:

$$E_r = \frac{1}{2} I \omega^2 \dots \dots \dots (24)$$

يمثل (I) عزم القصور الذاتي للجسم الصلب حول محور دوران معين.

7-1 الشغل والقدرة في الحركة الدورانية:

لنفرض قوة مقدارها (F) أثرت على جسم وحركته على مسار دائري نصف قطره (r) بإزاحة خطية مقدارها (Δs) وإزاحة زاوية ($\Delta \theta$)، فيكون الشغل في الحركة الخطية عبارة عن حاصل ضرب القوة في الإزاحة الخطية:

$$\Delta W = F \Delta s \dots \dots \dots (25)$$

وإذا ما تم التعويض عن الازاحة الخطية (Δs) بالازاحة الزاوية ($\Delta \theta$) والقوة (F) بالعزم (τ) نحصل على الآتي:
الشغل المنجز في الحركة الدورانية:

$$\Delta W = \tau \Delta \theta = \tau (\theta_2 - \theta_1) \dots \dots (26)$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{أما القدرة (P)، فإنها تعرف بالشغل المنجز لوحدة الزمن:}$$

$$P = \frac{\tau \Delta \theta}{\Delta t} \Rightarrow \quad \text{وفي الحركة الدورانية:}$$

$$P = \tau \omega \dots \dots \dots (27)$$

8-1 الزخم الزاوي:

يعرف الزخم الخطي لجسم كتلته (m) يتحرك على مسار خطي بأنه حاصل ضرب الكتلة في السرعة الخطية وإذا ما استبدلت الكتلة بعزم القصور الذاتي والسرعة الخطية بالسرعة الزاوية فإننا نحصل على العلاقة الرياضية للزخم الزاوي:

$$mv = \text{الزخم الخطي}$$

$$L = I \omega \dots \dots \dots (28) \quad \text{الزخم الزاوي}$$

بالتعويض نحصل على:

$$\text{يمثل الزخم الزاوي ووحداته } \left(\frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}} \right).$$

$$\Delta L = I\omega_f - I\omega_i = I(\omega_f - \omega_i)$$

حيث: ω_i, ω_f تمثل السرعة الزاوية النهائية والابتدائية.

أما التغير في الزخم الزاوي فيدعى بالدفع الزاوي والذي يساوي حاصل ضرب العزم المدور في زمن تأثيره:

$$\Delta L = (L_2 - L_1) = \tau t = \text{الدفع الزاوي}$$

مثال (7): قرص عزم قصوره الذاتي (2 kg.m^2) يدور حول محوره بزخم زاوي منتظم مقداره ($50 \text{ kg.m}^2/\text{s}$) فما مقدار -1- سرعته الزاوية. -2- طاقته الحركية الدورانية. -3- الدفع الزاوي. -4-

الشغل الزاوي.

الجواب:

$$1 - \because L = I\omega$$

$$\therefore \omega = \frac{L}{I}$$

$$\omega = \frac{50}{2} = 25 \text{ rad/s}$$

$$2 - \because E_r = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$\therefore E_r = \frac{1}{2} \times 2 \times (25)^2$$

$$E_r = 625 \text{ J}$$

هل تعلم؟

تصنع العجلة واغلب كتلتها في أطرافها لجعل عزم قصورها الذاتي كبير وذلك للحفاظ على اتزانها أثناء الحركة.

-3- الدفع الزاوي يساوي صفراً وذلك لعدم وجود تغير في الزخم الزاوي.

-4- الشغل الزاوي يساوي صفراً وذلك لعدم وجود تغير في الطاقة.

أسئلة الفصل الأول

س1/ أختَر الإجابة الصحيحة:

- 1- في الحركة الدائرية المنتظمة تكون السرعة المماسية للجسم:
 - a- ثابتة المقدار والاتجاه
 - b- ثابتة المقدار ومتغيرة الاتجاه
 - c- متغيرة المقدار والاتجاه
 - d- متغيرة المقدار وثابتة الاتجاه.
- 2- قوة الجاذبية المركزية في الحركة الدائرية تتناسب تناسباً:
 - a- طردياً مع نصف قطر المسار
 - b- عكسياً مع مربع نصف قطر المسار
 - c- طردياً مع مربع نصف قطر المسار
 - d- عكسياً مع نصف قطر المسار.
- 3- عندما تدور مروحة بسرعة زاوية مقدارها 60π (rad/s) فإن زمنها الدوري بالثانية يساوي:
 - a- 30
 - b- $\frac{1}{60}$
 - c- $\frac{1}{30}$
 - d- $\frac{1}{20}$
- 4- ربط حجر بطرف خيط طوله 0.4 m وأدير في وضع أفقي فكان زمنه الدوري 0.2 s فإن تعجيله المركزي بوحدات (m/s^2) يساوي:
 - a- 20π
 - b- 40π
 - c- $20\pi^2$
 - d- $40\pi^2$
- 5- كرتان إحداها صلبة والاخرى مجوفة لهما نفس الكتلة ونصف القطر ولكن كثافتهما مختلفة، فيكون عزم القصور الذاتي حول محور يمر بمركز الكتلة كلاًتي:
 - a- الكرة المصمتة أكبر من المجوفة
 - b- الكرة المجوفة أكبر من المصمتة
 - c- متساو لكليهما
 - d- مساو للصفر لكليهما.
- 6- واحدة من الوحدات التالية تمثل وحدات الزخم الزاوي:
 - a- N.s
 - b- $(kg.m^2)/s$
 - c- $(J.s)/m$
 - d- $(kg.m)/s$
- 7- يستغرق راكب في دولاب الهواء نصف دقيقة لإكمال دورة واحدة، فإن السرعة الزاوية للدولاب بوحدات (rad/s):
 - a- $\pi/15$
 - b- $\pi/30$
 - c- 30π
 - d- 15π
- 8- السرعة الخطية القصوى لسيارة متحركة على منعطف دائري مائل تتوقف على الآتي:
 - a- نصف قطر المنعطف وكتلة الجسم.
 - b- نصف قطر المنعطف وزاوية ميل المنعطف.
 - c- زاوية ميل المنعطف وكتلة الجسم.
 - d- زاوية ميل المنعطف فقط.

س2/ علل مايلي (اذكر السبب):

- 1- يمتلك الجسم الذي يتحرك حركة دائرية منتظمة تعجيلاً مركزياً.
- 2- يميل راكب الدراجة نحو المركز عندما يتحرك حول مسار دائري.
- 3- لا تبذل قوة الجاذبية المركزية شغلاً على جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة.
- 4- يكور السابح جسمه عندما يقفز من على منصة القفز.
- 5- تصمم مخارج الطرق ومضمار سباق السيارات بشكل مائل.
- 6- يمكن فصل المواد المختلفة في الكتلة والكثافة باستعمال أجهزة الطرد المركزي.

س3/ ما عزم القصور الذاتي وعلى ماذا يعتمد؟

المسائل

- س1/ جسم كتلته (2 kg) مربوط بخيط طوله (0.5 m) ويتحرك بسرعة (5 m/s). أحسب؟ -1-
التعجيل المركزي. -2- القوة المركزية (قوة شد الخيط).
(الجواب: 50 m/s^2 , 100 N)
- س2/ يدور مجفف غسالة الملابس بمعدل 900 rpm ، ثم يتباطأ الى 300 rpm خلال دورانه 50 دورة، احسب: a- التعجيل الزاوي b- الزمن اللازم ليدور هذه الدورات الخمسين.
(الجواب: $-4\pi \text{ rad/s}^2$, 5 s)
- س3/ حبل طوله 2 m ، أقصى قوة شد يتحملها 5 kN ، أحسب أقصى سرعة زاوية (بوحدة rpm) يمكن ان يدور بها جسم كتلته 10 kg مثبت من أحد طرفيه.
(الجواب: $151 \text{ rpm} \approx 150.9 \text{ rpm}$)
- س4/ محرك يدور بسرعة 20 rev/s فيعطي عزماً قدره 75 N.m ، ما هي قيمة القدرة التي يعطيها المحرك مقدرة بالواط والقدرة الحصانية؟ علماً أن (hp=746 Watt).
(الجواب: 9420 Watt , 12.62 hp)
- س5/ أحسب عزم القصور الذاتي لكرة صلبة تدور حول أحد اقطارها حيث كانت كتلتها 20 kg وقطرها 50 cm
(الجواب: 0.5 kg.m^2)
- س6/ عجلة نصف قطرها (0.5 m) وكتلتها (20 kg) تؤثر بها قوة مماسية مقدارها (5 N)، جد التعجيل الزاوي الذي تتحرك به العجلة؟
(الجواب: 0.5 rad/s^2)
- س7/ مشغل قرص CD يدور بمعدل (360 rpm) ليقوم شعاع الليزر بقراءة المعلومات المثبتة على القرص، أحسب -1- السرعة الزاوية لأي نقطة على القرص -2- السرعة المماسية لآخر قراءة موجودة على حافة القرص والذي نصف قطره (6 cm)؟
(الجواب: $12\pi \text{ rad/s}$, 2.2608 m/s)

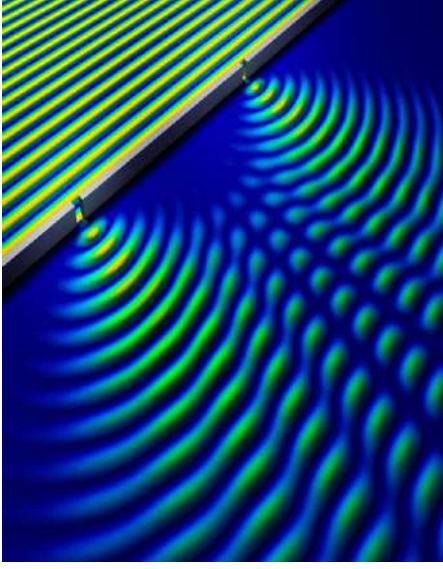
الفصل الثاني

(الظواهر الموجية للضوء)

التداخل والاستقطاب والحيود والاستطارة

مفردات الفصل:

- 1-2 المقدمة
- 2-2 التشاكه
- 3-2 التداخل
- 4-2 تجربة يونك
- 5-2 التداخل في الاغشية الرقيقة
- 6-2 الحيود في الضوء
- 7-2 ظاهرة التداخل والحيود للضوء
- 8-2 الاستقطاب
- 9-2 استطارة الضوء
- اسئلة ومسائل الفصل



الاهداف السلوكية:-

- بعد اكمال هذا الفصل سيكون الطالب قادراً على أن:
- 1- يعرف مفهوم التداخل، التشاكه، وشروط حدوث التداخل في الاغشية الرقيقة.
 - 2- يفهم تجربة يونك لتكون هدب التداخل بالضوء الساقط.
 - 3- يعرف مفهوم الحيود واستيعاب بعض الظواهر.
 - 4- يعرف مفهوم الاستقطاب وكيف يمكن التمييز بين الضوء العادي والضوء المستقطب.
 - 5- يعرف مفهوم ظاهرة الاستطارة في الضوء.

1-2 المقدمة:

لقد تعرفت عزيزي الطالب في دراستك السابقة في المرحلة الاولى والثانية ماهو الضوء؟ وما طبيعته؟ ودرست ظواهر الانعكاس والانكسار وقوانينهما وفي هذا الفصل سوف نتعرف على ظواهر اخرى للضوء والتي تثبت طبيعته الموجية كالتداخل والحيود والاستقطاب والاستطارة.

2-2 التشاكه: Coherence:

معناه أن أي موجتين أو مصدرين للتموج ذات صفات متماثلة من حيث الطول والاتجاه والطاقة فأنها تكون متشاكهة ويحدث بينها تداخلاً بناءً مستديماً. حيث يقال أن الموجتين متشاكهتان اذا كانتا متساويتين بالتردد ومتقاربتين بالسعة وكان فرق الطور بينهما ثابت المقدار، ومن مصادر التشاكه التي يمكن الحصول فيها على موجتين متشاكهتين:

- 1- الليزر.

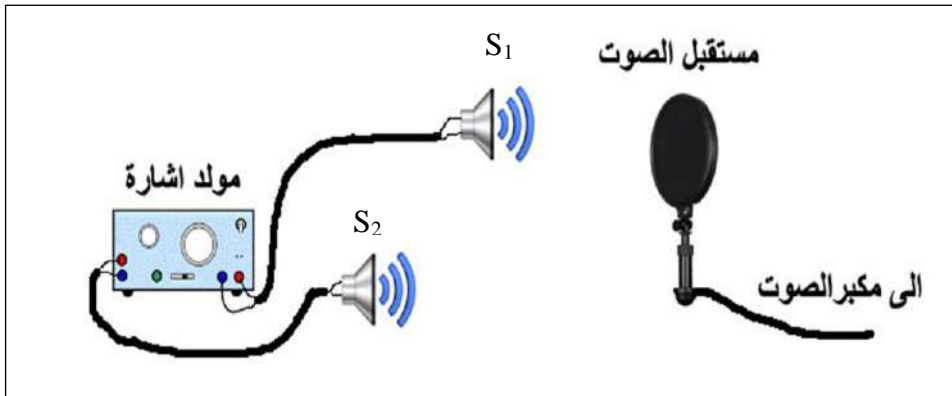
2- تجزئة الطاقة وتتم بطريقتين:

a- تقسيم جبهة الموجة: كما في تجربة يونك (الحاجز ذو شقين)، الموشور، المزدوج في مرآة فرينيل، مرآة لويد.

b- تقسيم سعة الموجة: كما في الانعكاس الجزئي والانكسار الجزئي الذي يحدث في الأغشية الرقيقة ومقياس مايكلسن.

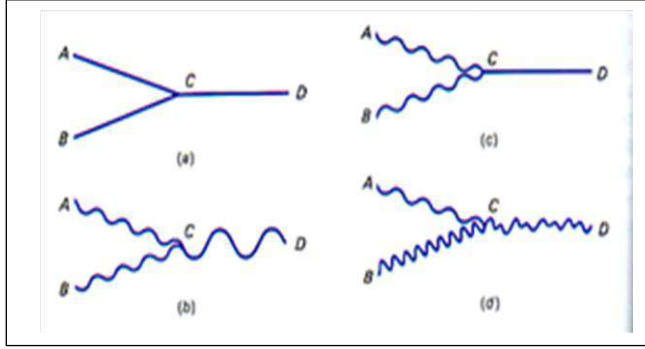
حيث هنا يمثل التشاكه الموجي الترابط بين موجات الحزمة الضوئية الواحدة ويعمل في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة وقدرة عالية. وليس فقط في الموجات الضوئية وانما يمكن الحصول على التشاكه الموجي في الموجات الصوتية.

فلو اخذنا مصدران للصوت مثل (S_1, S_2) فعندما يتحرك (S_1) الى الاعلى و (S_2) الى الاسفل مثل عصاتين تضربان طبلاً ففي هذه الحالة يكون فرق الطور بين (S_1, S_2) يساوي (180°) فتسمع الصوتين منفردين أما اذا كانت الحركة نفسها في الوقت نفسه لـ (S_1, S_2) فسوف تسمع صوتاً مدوياً قوياً، الشكل (1-2).



الشكل 1-2 مصدران للصوت S_1 و S_2 ربطا بشكل منفصل لمولد إشارة

3-2 التداخل Interference:



الشكل 2-2 التداخل (a) التداخل. (b) تداخل بناء. (c) تداخل
اتلافي. (d) تداخل مختلط

يعرف التداخل أنه من الصفات العامة للموجات ويحدث التداخل إذا تراكبت أو اندمجت موجتين أو أكثر من الموجات المنتشرة في وسط ما. لاحظ الشكل (2-2).

وهناك شرطان لحدوث التداخل هما ان الموجتين متساويتان واهتزازهما بمستوى واحد وفي وسط واحد تتجهان نحو نقطة واحدة في نفس الوقت. وكمثال لذلك دعنا نأخذ سلكين ونعمل على تحريكهما ونضعهما في حوض فيه

ماء إذ يلامس السلكان المتزانان سطح الحوض سوف تلاحظ عزيزي الطالب تراكب موجات الماء الناتجة عن اهتزاز السلكين المتماثلين ومن ملاحظتنا للتداخل الحاصل للموجات على سطح الماء في الحوض يتضح لنا وجود نوعين من التداخل هما:

1- التداخل البناء ويحصل عندما تكون الموجتين بالطور نفسه والسعة نفسها عند نقطة معينة أو أن يكون فرق المسار البصري بينهما صفراً أو أعداد صحيحة من الطول الموجي ($\Delta r = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda \dots$) وتكون الطاقة الناتجة عن التداخل مساوية لمجموع طاقتي الموجتين المتداخلتين أي حدوث تقوية في طاقة الموجة.

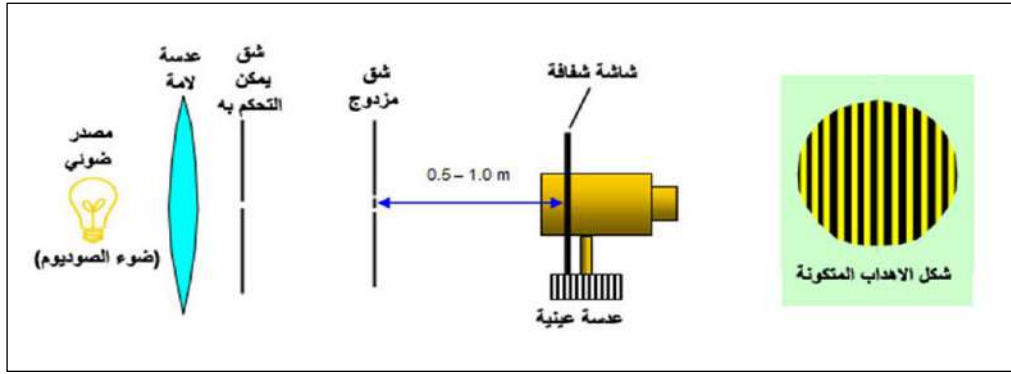
2- التداخل الاتلافي ويحصل عندما تكون الموجتين بطورين متعاكسين وسعتين متساويتين أو أن يكون فرق المسار البصري بينهما يساوي اعداد فردية في نصف طول الموجة ($\Delta r = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \dots$).

هل تعلم؟

ان التداخل الاتلافي يوفر وسيلة تقليل أو إلغاء الضوضاء، و الفكرة تأتي من استخدام أداة إلكترونية لتحليل الضوضاء و عند ذلك تنتج مرآة للموجات الصوتية التي تلغي الموجات غير المرغوبة. وهذه التقنية تستعمل من أجل حجب الضوضاء في مقصورة الطائرة أو أي مكان يفضل فيه عزل الموجات غير المرغوبة من مجموع الموجات الواصلة الى الأذن.

4-2 تجربة يونك Young's Experiment:

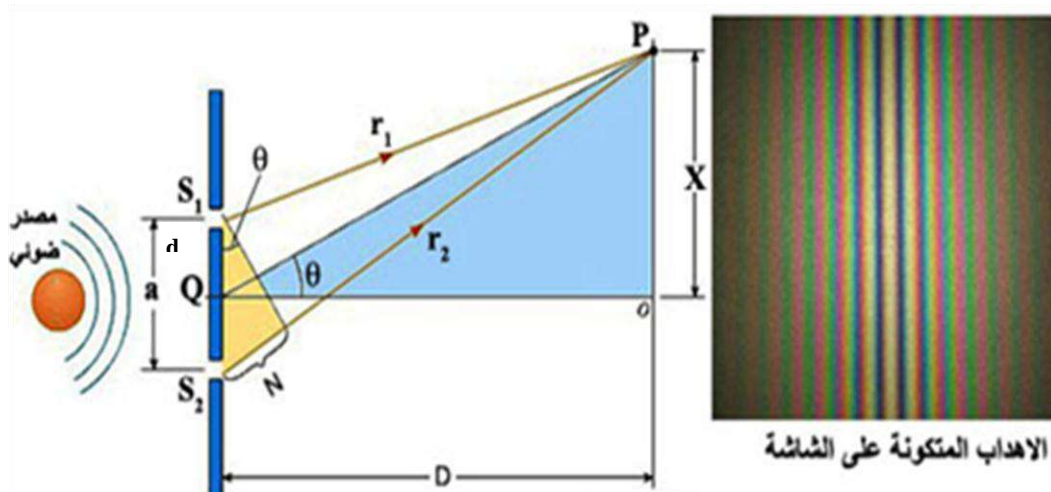
يوناك عالم بريطاني عاش للفترة (1773 – 1829) وهو أول من أنجز تجربة تراكب موجتين ضوئيتين. ولأجل توضيح الفكرة الأساسية وإعادة ما قام به يوناك لابد لنا من تجهيز الاتي: قطعة من صفيحة الألمنيوم وقطعة من سلك النحاس. نسحب قطعة سلك النحاس حتى ينكسر ونعمل ثقبين صغيرين في صفيحة الألمنيوم قريبين من بعضهما. بعدها نرفع الصفيحة الى الاعلى مقابل إحدى العينين ونراقب مصباحاً صغيراً يبعد بمسافة. وحتى نجري التجربة وإجراء القياسات نوفر الترتيب الاتي كما هو في الشكل (3-2).



الشكل 3-2 ترتيب اجهزة تجربة يونك

فإذا كان المصدر صغيراً، ويمكن التحكم به فإن (S_1 و S_2) يكونان مصدرين متشابهين، ولأجل الحصول على نموذج تداخل محدد من المهم أولاً أن يكون (S_1 و S_2) شقين صغيرين متساويين بالعرض وثانياً المصدر الضوئي ينتج ضوءاً بطول موجي ذا مدى قصير كمثال مصباح الصوديوم. وثالثاً أن S_1 و S_2 جميعاً متوازيين ورابعاً أن الشاشة لا تكون قريبة جداً من الشقين التنايين، مع الاخذ بنظر الاعتبار ان الشكل يظهر مسافة بين S_1 و S_2 والحقيقة انهما متقاربان جداً، والعرض المثالي (d) لكل شق (S_1 و S_2) هو قرابة (0.1 mm) والمسافة الفاصلة ($a = S_1S_2$) ربما (1 mm) ($a \cong 10 d$).

ان نموذج التداخل يحوي خطوطاً مضيئة ومظلمة موازية للشقين. هذه الخطوط تسمى هدابات يونك (young's fringes) ومن الشكل الموضح وبدءاً من اليسار الى اليمين يمكن تقدير أن نموذج التداخل يغطي 1 cm من الشاشة، لنلاحظ الشكل (4-2).



الشكل 4-2 نموذج التداخل في تجربة يونك

إن فرق المسار البصري يساوي عدداً صحيحاً من الاطوال الموجية، لكي يحصل التداخل البناء وهو الخط المضيء. فإذا كانت (a) البعد بين الشقين و (D) بعد الشاشة عن الشقين ($D > a$) لذلك يكون (S_1P و S_2P) متوازيين تقريباً وان (λ) طول الموجة.

$$\lambda = \frac{aX}{nD}$$

X تمثل المسافة بين صورة الهدب الى صورة الهدب المركزي وتقاس بالمتر (m)

a البعد بين الشقين وتقاس بالمتر (m)

D المسافة بين الشقين والشاشة وتقاس بالمتر (m)

n مرتبة الهدب

λ الطول الموجي وتقاس بالمتر (m)

مثال (1): في تجربة يونك التي يستعمل فيها مصباح الصوديوم. والذي طوله الموجي (590 nm) والذي يبعد عن الشاشة (0.96 m) وكانت المسافة بين الهدب الرابع المضيئ والهدب المركزي (3.2 mm). احسب المسافة الفاصلة بين الشقين؟

الجواب:

$$\lambda = \frac{aX}{nD} \rightarrow a = \frac{\lambda n D}{X}$$

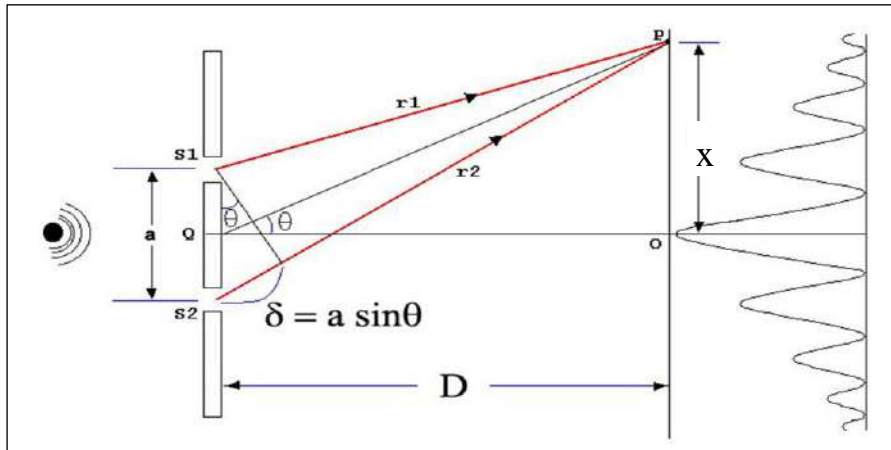
$$a = \frac{590 \times 10^{-9} \times 4 \times 0.96}{3.2 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore a = 0.0071 \text{ m} = 0.71 \text{ mm}$$

هل تعلم؟
من المستحيل الحصول على هدبات التداخل في تجربة يونك عندما يكون البعد بين الشقين أقل من الطول الموجي للضوء الساقط عليهما.

تستعمل تجربة يونك في :

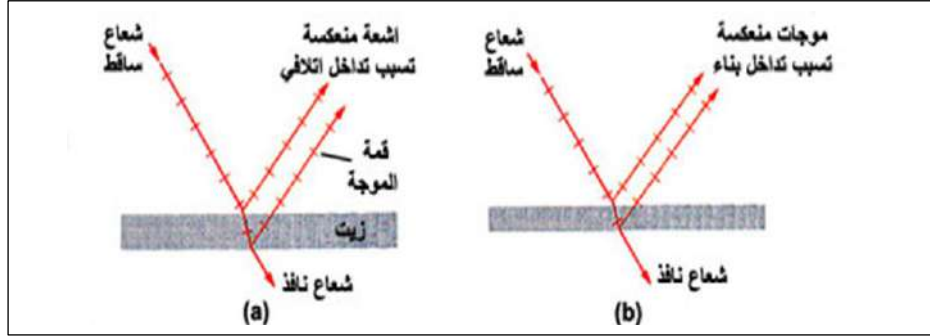
- 1- دراسة ظاهرة التداخل في الضوء.
 - 2- تعيين الطول الموجي لضوء احادي اللون.
 - 3- تعيين المسافة بين هديبين متتاليين من نفس النوع.
 - 4- البحث في طبيعة الضوء وأثبت طبيعة الموجة.
 - 5- أثبات وجود خاصية موجة لجميع الجسيمات مثل الالكترونات وغيرها.
- أن نمط هدبات التداخل البناء والاتلافي يعتمد على فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين فإذا كان فرق المسار البصري يمثل اعداد صحيحة من الطول الموجي (λ) فان التداخل يكون بناءاً أما اذا كان فرق المسار البصري (S_1, S_2) أعداد فردية من أنصاف الطول الموجي ($\frac{1}{2}\lambda$) فيكون التداخل أتلافياً كما ذكرنا سابقاً، الشكل (2-5).



الشكل 2-5 مخطط لتجربة يونك شعاعيا

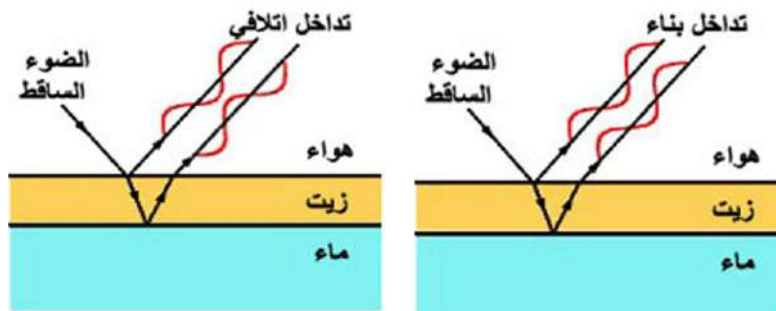
5-2 التداخل في الأغشية الرقيقة:

كلنا يلاحظ الألوان البراقة التي تظهر في فقاعات الصابون والأغشية الرقيقة للزيوت. هذه الظاهرة يمكن أن تعزى إلى الترابط بين انعكاس و تداخل الضوء. عندما يسقط ضوء أحادي (بطول موجي محدد) وله لون معين على غشاء رقيق من الزيت، كما هو في الشكل (6-2).



الشكل 6-2 تداخل بناء وإتلافي في غشاء رقيق

فإن قسماً من الضوء ينعكس من السطح الأعلى، وقسماً آخر يمر من خلال الغشاء ثم ينعكس من السطح الأسفل. الموجتان المنعكستان سوف يحصل فيهما تغير في الطور وأذا ما تم جمعهما فإن تداخلاً بناءً وإتلافيًا سيحصل بينهما بالاعتماد على فرق الطور مكوناً حزمة من الأهداب المضيئة والمظلمة. يُعدّ سمك الغشاء عامل مهم في ظهور الأهداب المضيئة والمظلمة، وهو أحد العاملين الذين يتوقف عليهما التداخل بالأغشية الرقيقة إذ أن الموجات المنعكسة تقطع مساراً إضافياً من السطح الخلفي للغشاء يساوي ضعف سمكه وأما العامل الآخر الذي يؤثر على التداخل في الأغشية الرقيقة هو انقلاب الطور الذي يحصل للموجات المنعكسة على السطح الأمامي والذي مقداره (π) أو (180°) ، وهذا يمثل التداخل البناء ويكون الغشاء في هذا الجزء عاكساً جيداً ويظهر براقاً. ويمكن توضيح حالة التداخل بين الموجات في حالة طفو طبقة من الزيت على سطح الماء بالشكل (7-2).



شكل 7-2 تداخل الموجات المنعكسة من طبقة زيت طافية على سطح



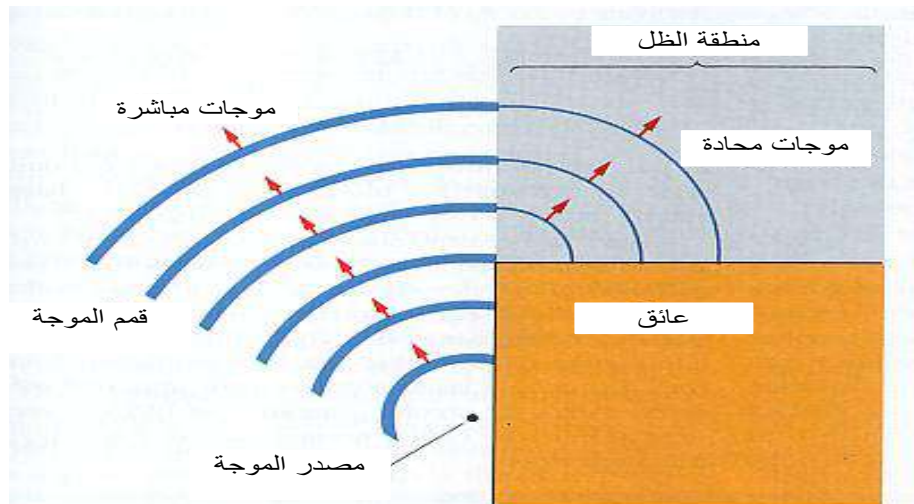
إن إشراق الضوء للون معين على غشاء الزيت الرقيق يعطي مساحات مضيئة وأخرى مظلمة ونموذجها (pattern). إن الهدبات الملونة التي تراها في أغشية الزيت أو الصابون تعتمد على عاملين هما فرق الطور وسمك الغشاء وإن هذا السمك عادةً ما يكون مقارباً أو أقل من الأطوال الموجية للضوء المرئي ولذلك إذا أضيئ بضوء أبيض فإن التداخل البناء قد يحدث لأحد الأطوال الموجية فقط دون باقي الأطوال الموجية الصادرة عن المصدر لذلك يمكن أن يُرى الغشاء بواسطة الضوء المنعكس ملوناً، كما في الشكل (2-8).

الشكل 2-8 نموذج ملون يحصل بسبب طفو بقعة زيت على الماء

6-2 الحيود في الضوء Diffraction of Light:

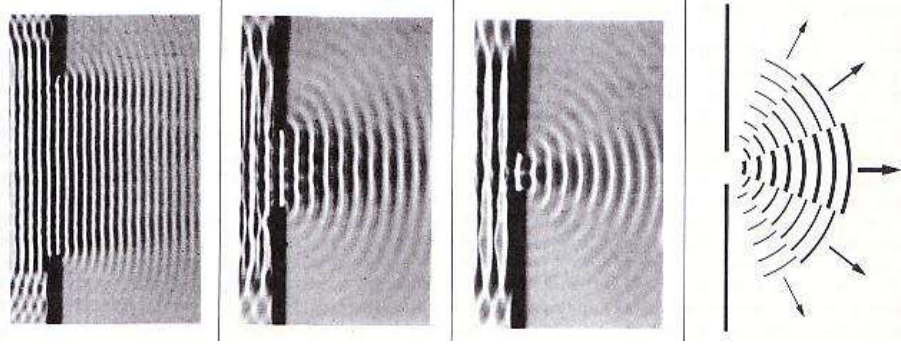
هو من الصفات العامة للموجات ومن الظواهر التي تثبت انتشار الضوء بخطوط مستقيمة في الاوساط المتجانسة وهي ظاهرة تكوّن الظلال، وتكوّن الصور المقلوبة بواسطة الثقوب الصغيرة، وقانون التربيع العكسي لشدة الاستضاءة. ولكن الموجات الضوئية تحيد عند عبورها عوائق صغيرة بالنسبة لأطوالها الموجية ويمكن تعريف حيود الضوء (هو انتشار الضوء وانبساطه على المنطقة التي تقع خلف العائق الذي يقف في طريقه والعائق هنا يكون شقاً ضيقاً أو سلكاً رفيعاً أو جسماً ذا حافة حادة).

فسر العالم فريزل عام (1815 م) ظاهرة حيود الضوء عندما ارجعها الى الطبيعة الموجية للضوء (ان كل نقطة في جبهة الموجة تعتبر مصدراً لموجات ثانوية تنتشر خلف العائق وعند تداخلها تظهر المناطق المضيئة والمظلمة والتي تسمى (هُدُب الحيود). تكون ظاهرة الحيود أكثر وضوحاً في الموجات الطويلة حول الحافات كالموجات المائية والموجات الصوتية، أما الموجات الضوئية فيكون حيودها قليلاً جداً لقصر الطول الموجي لها، كما هو في الشكل (2-9).



الشكل 2-9 الحيود بسبب انحناء الموجات حول زاوية العقبة التي تعترض مسار الموجات

ويمكن ملاحظة حيود الموجات المائية عند فجوة معينة من الشكل (2-10).



الشكل 10-2 صورة توضح حيود موجة ماء مستوية عند حافة الفجوة

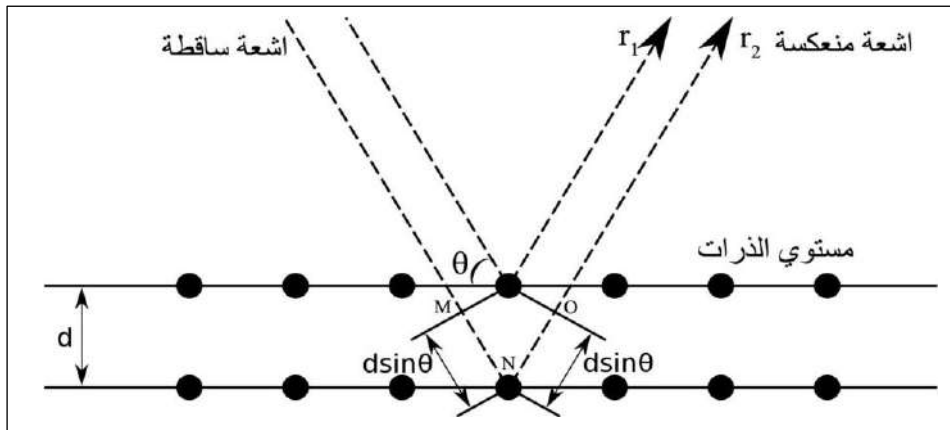
عند حدوث التداخل بعد الحيود يلاحظ نموذج لهداب التداخل البناء والهداب التداخل الإلغافي (الخطوط المظلمة).

بما ان أطوال موجات الأشعاع الضوئي صغيرة جداً لذلك لا يمكن مشاهدة الحيود في الضوء الا على مسافة كبيرة من الحاجز. **أن ظاهرة الحيود هي انعطاف الضوء وانحناءته يكون شديد الوضوح للموجات حول عوائق صغيرة وانتشارها خلال الفتحات الصغيرة.**

تحدث هذه الظاهرة للجسيمات الأولية مثل الالكترن والنيوترون كذلك يحدث الحيود مع المادة ويدرس طبقاً لميكانيك الكم في الدراسات الحديثة.

تشاهد ظاهرة الحيود كثيراً مع أنظمة البلورات ويمكن بدراستها تعيين الشكل البلوري للمعادن فمنها ذو بلورة مكعبة منها بلورة مسدسة أو مستطيلة وغيرها.

ويستعمل الحيود لاختبار معرفة ما اذا كانت الاشياء المختلفة موجات أم لا، فمثلاً حيود الاشعة السينية (X- ray) بواسطة البلورات لذا اثبت ان هذه الاشعة هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، الشكل (11-2).



الشكل 11-2 انعكاس الاشعة السينية من طبقة منفردة من الذرات

7-2 ظاهرة التداخل والحيود للضوء:

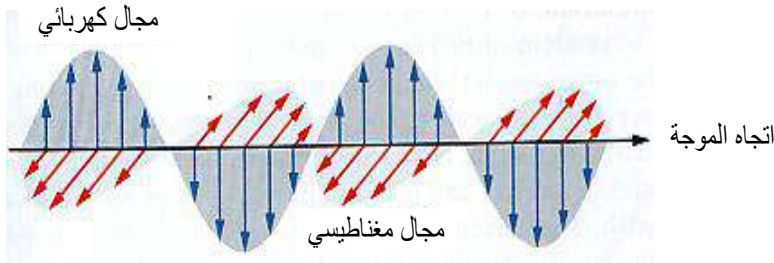
عزيزي الطالب لقد علمت أن الضوء هو أحد صور الطاقة التي لا يمكن للإنسان الاستغناء عنها والذي هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طبيعة موجية ودقائقية تنتشر بالفراغ بسرعة ثابتة

($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) لذلك فإن تفسير ظاهرة التداخل والتي تمثل ألتقاء موجتين وتراكبها معاً مما ينتج مناطق تزداد فيها شدة الموجات (تداخل بناء) وأخرى تنقص فيها الشدة (تداخل اتلافي) ضمن النظرية الموجية ولا يمكن تفسيرها حسب نظرية نيوتن، أما ظاهرة الحيود في الضوء والتي تنص على أن الموجات الضوئية تنحرف وتنتشر حول حاجز ضيق أو فتحة صغيرة وأنه كلما كان حجم الحاجز أو الفتحة صغيرة بالمقارنة بطول الموجة كلما كانت ظاهرة الحيود أكثر وضوحاً ومن الأمثلة على ظاهرة الحيود هو قوس المطر (rainbow) والهالات المتكونة حول القمر وفي بعض التطبيقات التقنية فهو يضع حدوداً أساسية لدرجة نقاء صور الكاميرا والتلسكوب والمكروسكوب وله دور في الطب كما في ظاهرة حيود الاشعة السينية (X-ray)، ومن تقنيات الحيود في الاشعة السينية:

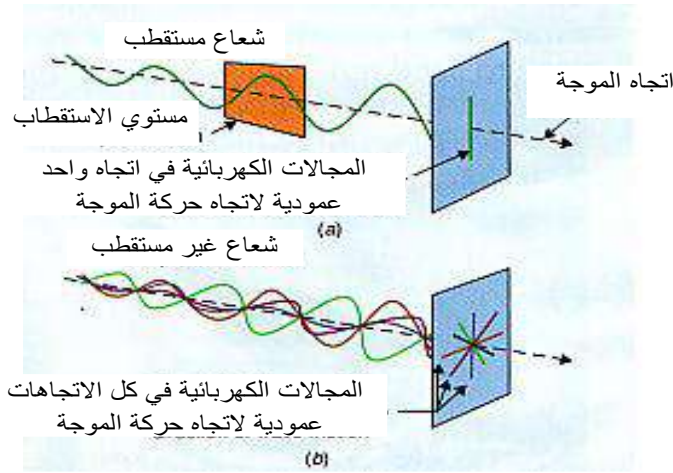
- 1- دراسة الطبيعة البلورية للمادة.
- 2- دراسة التركيب الكيميائي لبعض الاجسام.
- 3- دراسة الخواص الفيزيائية للمواد ذات الطبقات الرقيقة من خلال حساب زاوية السقوط وزاوية التشتت والاستقطاب وطول الموجة و طاقة الاشعاع.

8-2 الاستقطاب Polarization:

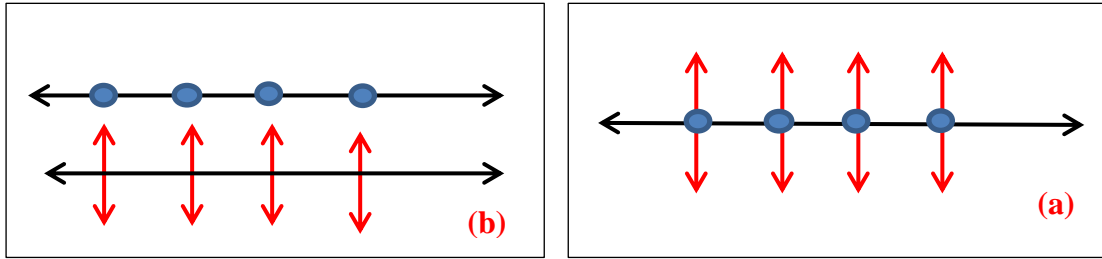
بما أن موجات الضوء هي موجات كهرومغناطيسية وتعاني تداخلاً وحيوداً كما مر سابقاً ولكن هاتين الظاهرتين تحدث في كل من الموجات المستعرضة والطولية أما إذا كانت الموجات مستعرضة فإن ظاهرة الاستقطاب والتي تبين أن موجة المجال الكهربائي للضوء يهتز عمودياً في مستوى واحد فقط على المجال المغناطيسي. أو يمكننا تصور الاستقطاب كما يلي: إذا تخيلنا أن موجات مستعرضة أنشأت في حبل مهتز فسوف تتخذ هذه الموجات عدة اتجاهات مختلفة، تسمى هذه الموجات بالموجات غير مستقطبة ولكن أفترض أن هذا الحبل المهتز سوف يمر خلال شق رأسي (عمودياً) فسوف يوقف هذا الشق جميع المركبات الأفقية ويسمح فقط للمركبات الرأسية بالمرور من خلاله فإن هذه الموجة الناتجة تسمى بالموجة المستقطبة لذلك **يمكن تعريف موجة الضوء المستقطب هي الموجة التي يكون فيها اهتزاز المجال الكهربائي عمودياً بمستوى واحد فقط على خط أنتشارها** وأن اللوح الذي يسبب في أستقطاب الضوء عند سقوطه عليه يسمى باللوحة القطبي، كما في الشكل (2-12)، والشكل (2-13). ولأثبت أن موجة ما مستعرضة فكل ماتحتاجه هو بيان أنها قابلة للاستقطاب. فالموجة الطولية مثل موجات الصوت والتي تكون جزيئاتها تتذبذب في نفس خط أنتشار الموجة فأنها لا تستقطب.



الشكل 2-12 قيم المجالات الكهربائية و المغناطيسية في موجة كهرومغناطيسية يتغيران سوية



الشكل 13-2 (a) ضوء مستقطب. (b) موجات كهرومغناطيسية غير مستقطبة.



الشكل 14-2 مخطط يوضح (a) ضوء اعتيادي غير مستقطب (b) ضوء مستقطب

وبملاحظة الشكل (13-2) (a) و (b) حيث (a) يلاحظ الضوء المستقطب و (b) يمثل الضوء غير المستقطب.

وللحصول على الضوء المستقطب نستعمل احدى الطرائق الآتية:

- 1- **الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي:** مثل استعمال بلورة التورمالين التي لها خاصية الامتصاص الانتقائي لاحدى المركبتين المتعامدتين للموجة الضوئية.
- 2- **الاستقطاب بالانعكاس:** يكون الضوء المنعكس من سطح صقيل مثل الزجاج أو المايكا مستقطب جزئياً.

- 3- **الاستقطاب بالانكسار المضعف:** عند سقوط حزمة ضوئية على بلورة الكالساييت (CaCO_3) تنتشر الحزمة داخل البلورة الى حزمتين وهاتان الحزمتان لا تتداخلان بالرغم من انهما متشاكهتان وهذا يثبت ان الضوء موجة مستعرضة لان مستوى استقطاب احدى الحزمتين يعامد الاخرى.

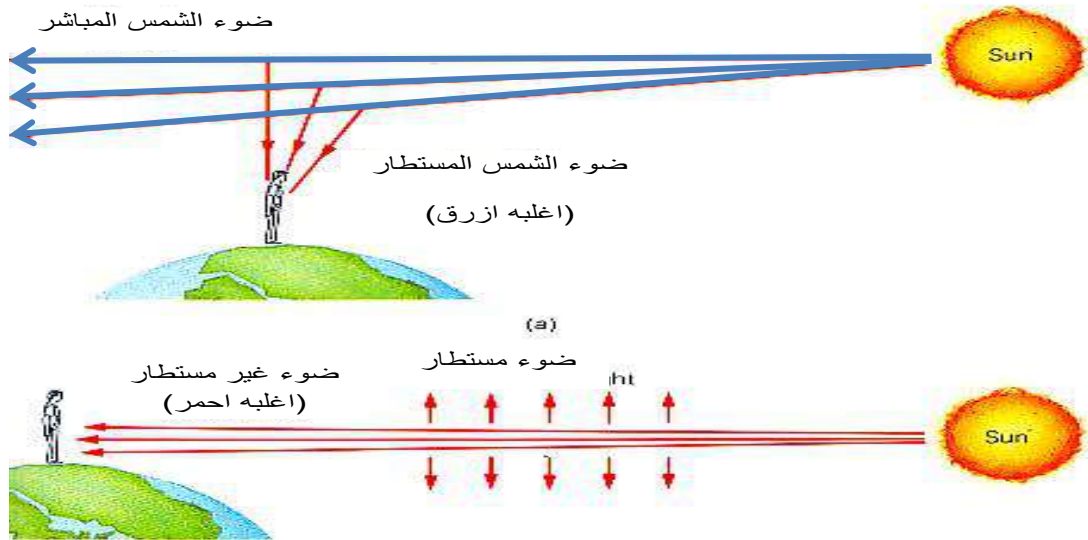
ومن التطبيقات العملية لظاهرة الاستقطاب:

- 1- النظارات الشمسية (لتقليل نفاذ ضوء أشعة الشمس).
- 2- في دراسة الظواهر الفلكية.
- 3- في دراسة علم الاحياء.
- 4- في دراسة الخواص البلورية لبعض المواد.
- 5- دراسة تركيب كثير من المواد الشفافة باستعمال مرشحات الاستقطاب.
- 6- في الكشف عن مواقع الاجهاد (نقاط الضعف) في بعض المواد مثل عدسات النظارات والادوات العملية.



9-2 استطارة الضوء Light Scattering:

أن ظاهرة الاستطارة تعتبر حالة خاصة من الحيود وذلك عند امرار حزمة من الضوء الابيض خلال وسط يحوي جسيمات أقطارها تقارب معدل الطول الموجي للضوء الابيض فأن جسيمات هذا الوسط تسبب تشتت كبير للموجات القصيرة في الضوء المرئي فينبعث ضوء لونه مائل للزرقة. إن اللون الازرق للسماء يعزى الى استطارة ضوء الشمس بعد اصطدام الاشعة الضوئية بجزيئات وجسيمات الغبار في الجو. إن الضوء الازرق يستطير بكفاءة أعلى من بقية الالوان ومن الاحمر مثلاً. عندما ننظر الى السماء ما نلاحظه هو اللون الازرق والقادم من الشمس والذي يستطير بعيداً عن الشعاع المباشر وظهوره باللون الازرق، كما هو في الشكل (2-15).



الشكل 2-15 بسبب استطارة اللون الازرق من جزيئات الجو تحصل زرقة السماء و المتبقي من الضوء يكون احمر و هذا يجعل لون الشمس عند الغروب و الشروق بلون احمر.

تجربة الاستطارة: يمكن تحقيق أصل زرقة السماء و ذلك بإضافة عدة قطرات من الحليب الى زجاجة ماء ثم تمرير ضوء خلال المزيج من مصدر ضوئي. لو ننظر الى الزجاجة من جانب عمودياً على شعاع الضوء الذي يستطير بواسطة قطرات الحليب يظهر بلون ازرق و اذا نظرنا الى الزجاجة عكس اتجاه الشعاع الضوئي سيكون اللون برتقالياً خفيفاً.

ومن الظواهر الطبيعية التي تبين لنا ظاهرة الاستطارة التي تحدث في الضوء هي زرقة السماء واللون الاحمر لقرص الشمس عند الشروق والغروب، فعندما تكون جزيئات الهواء وبعض الدقائق العالقة في الجو اقطارها تقارب معدل الطول الموجي للضوء الابيض تحدث ظاهرة الاستطارة بنسب تعتمد على اطوالها الموجية فعند الشروق أو الغروب تقطع أشعة الشمس مساراً أطول خلال طبقة الهواء فيصل الى العين الضوء الغير مستطار وهو اللون الاحمر.

إن الشمس ربما تكون حمراء. فوق جو الارض تكون السماء سوداء والقمر والنجوم والكواكب تكون مرئية بالنسبة إلى رائد الفضاء في وقت النهار. إن مقدار الاستطارة يتناسب عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي للضوء المعين (λ^{-4}) و نظراً لأن الطول الموجي للون الاحمر ضعف الطول الموجي للون الازرق، لهذا اللون الازرق يستطير بمقدار 16 مرة عن اللون الاحمر.

وقد استعملت ظاهرة الاستطارة بشكل واسع في كثير من المجالات فمثلاً استعمل الضوء الاحمر كأشارة للخطر أو التنبيه في الابراج العالية وفي المطارات على جانبي المدرج وكذلك في سيارات الاسعاف وسيارات المطافي وأضوية المرور بسبب أن اللون الاحمر يكون طوله الموجي طويل وشدة أستطارته قليلة فيمكن مشاهدته عن بعد. وكذلك استعمال اللون الازرق في طلاء المصابيح الامامية ونوافذ المنازل ايام الحروب والغارات الجوية لان اللون الازرق يكون طوله الموجي قصير وشدة أستطارته كبيرة فلا يشاهد عن بعد.

هل تعلم؟
أن تلون ريش بعض الطيور بألوان زاهية هو
نتيجة ظاهرة أستطارة الضوء.

أسئلة الفصل الثاني

س1/ أختار الاجابة الصحيحة لكل من العبارات الاتية:

- 1- أن سبب ظهور اللون في الاغشية الرقيقة للزيت وفقاعة الصابون هو حدوث ظاهرة:
a- الإستطارة. b- التداخل. c- الحيود. d- ظاهرة دوبلر.
- 2- زرقة السماء تعزى الى الآتي:
a- جزيئات الهواء زرقاء.
b- لون عدسات العين زرقاء.
c- استطارة الضوء أكثر كفاءة عند الموجات القصيرة.
d- استطارة الضوء أكثر كفاءة عند الموجات الطويلة.
- 3- الحيود يعزى الى الآتي:
a- انشطار حزمة الضوء الأبيض الى مركبات ملونة.
b- تداخل الضوء ينتج ألواناً براقة في أغشية الزيت الرقيقة.
c- انحناء الموجات حول حافة العائق.
d- زيادة التردد بسبب حركة مصدر الموجة الى المراقب.
- 4- عندما تقابل قمة من موجة قمة أخرى يحصل:
a- تداخل تقوية. b- تداخل إتلافي. c- حيود. d- انعكاس.
- 5- الأشعة السينية المستخدمة في فحص المواد تكون ذات أطوال موجية:
a- طويلة. b- قصيرة. c- ذات تردد متوسط. d- تقع ضمن اللون الأحمر.
- 6- تتناسب قدرة استطارة الضوء مع الآتي:
a- طردياً مع الطول الموجي. b- طردياً مع التردد
c- طردياً مع سعة الموجة. d- عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي.
- 7- أي من الظواهر التي تثبت أن الضوء موجة مستعرضة:
a- التداخل. b- الحيود.
c- الاستطارة. d- الاستقطاب.
- 8- فوق جو الأرض تظهر السماء
a- زرقاء. b- سوداء. c- بعدة ألوان. d- باللون البرتقالي.
- 9- يحصل التداخل البناء متى ما كان فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين:
a- عدد صحيح من أطوال الموجة. b- نصف طول الموجة.
c- ثلث طول الموجة. d- ربع طول الموجة.
- 10- حزمة الضوء المستقطبة يكون فيها ما يأتي:
a- المجالات الكهربائية والمغناطيسية ذات اتجاهات عشوائية.
b- المجال الكهربائي يهتز بمستوى واحد.
c- المجالات الكهربائية ذات اتجاهات عشوائية.
d- المجال الكهربائي يهتز في بعض الاتجاهات أكثر من الاتجاهات الأخرى.
- 11- الموجات الطولية لاتحدث فيها ظاهرة:
a- الانكسار. b- الانعكاس. c- الاستقطاب. d- الحيود.

س2/ الظاهرة التي تحدث في تجربة يونك هل هي ظاهرة الحيود أم التداخل أم الاثنين معاً؟ فسر ذلك.
 س3/ أي الموجات قابلة للاستقطاب موجات الاشعة تحت الحمراء أم موجات الصوت؟ لماذا؟
 س4/ ماذا تسمى الموجات الضوئية التي يكون فيها المجال الكهربائي مهتز عمودياً على خط انتشارها بمستوى واحد؟

س5/ مالمقصود بكل مماياتي:

1- التداخل البناء.

2- الاستطارة.

3- الحيود.

مسائل الفصل الثاني

س1/ أستعمل ضوء أحادي لأضاءة شقين ضيقين متوازيين. المسافة بينهما ($a = 0.8 \text{ mm}$). فظهر التداخل على شاشة تبعد (50 cm) عنهما. فإذا كانت المسافة بين كل هدابين مضيئين متتاليين (0.304 mm). احسب طول موجة الضوء المستعمل.

ج: (الطول الموجي 486 nm)

س2 / شقان ضيقان متوازيان البعد بينهما (0.1 mm) أضيئنا بضوء احادي اللون طوله الموجي (600 nm) فظهرت هدب التداخل على الشاشة التي تبعد (40 cm). ما بعد الهدب المضيء الثالث عن الهدب المركزي للحزمة المضيئة المرتبة ($n=3$).

ج: (0.72 cm)

س3/ أستعمل ضوء احادي اللون طوله الموجي (432 nm) في تجربة شقي يونك فوجد أن البعد بين أول هدب مضيء عن الهدب المركزي على بعد (0.2 mm) فإذا كان الضوء يبعد (6 m) . عن الشاشة التي تظهر الهدب فما البعد بين الشقين؟

ج: (1.296 mm)

س4/ عند أضاءة شقي يونك بضوء طوله الموجي (500 nm) وكان البعد بين الشقين (0.5 mm). ما بعد الشاشة التي تظهر عليها أهداب التداخل اذا كان البعد المركزي بين هديين مضيئين متتاليين (2 mm) ؟

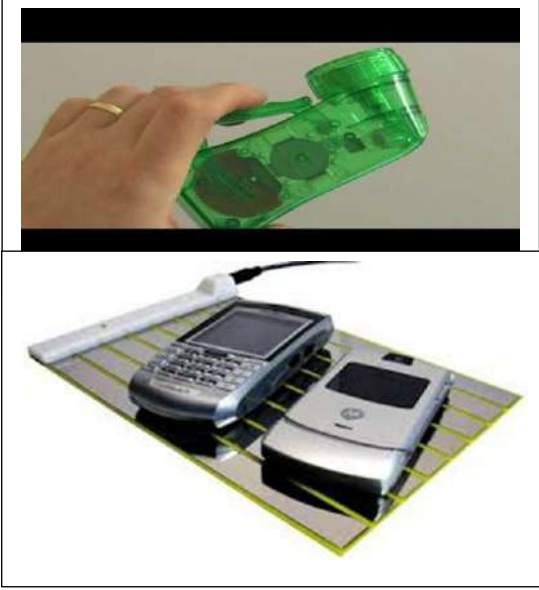
ج: (2 m)

س5/ أستعمل ضوء احادي اللون في تجربة يونك البعد بين شقين (1 mm) فتكونت صور للمصدر على الشاشة التي تبعد (1 m) عن الحاجز ذي الشقين فإذا كان البعد بين أي هديين مضيئين متتاليين (0.2 mm)، أحسب 1- الطول الموجي للضوء الساقط. 2- بعد الهدب المضيئ الثالث عن الهدب المركزي. ؟

ج: ($1 - 0.2 \times 10^{-6} \text{ m}$, $2 - 0.6 \times 10^{-3} \text{ m}$)

الفصل الثالث

الحث الكهرومغناطيسي



- مفردات الفصل
- 1-3 تمهيد
 - 2-3 قانون فارادي
 - 3-3 قانون لينز
 - 4-3 التيارات الدوامة
 - 5-3 الحث الذاتي
 - 6-3 المولد الكهربائي
 - 1-6-3 مولد التيار المتناوب
 - 2-6-3 مولد التيار المستمر
 - 7-3 المحرك
 - 1-7-3 قاعدة المحرك
 - 2-7-3 كيف يتولد العزم المدور للمحرك
 - اسئلة ومسابيل الفصل

الاهداف السلوكية :-

بعد إكمال هذا الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادراً على الآتي:

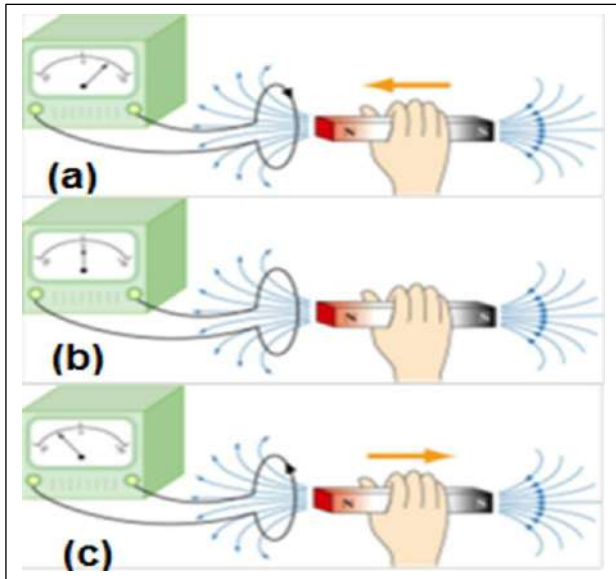
- 1- أن يفهم القوة الدافعة الكهربائية المحتثة.
- 2- أن يفهم قانون فارادي ويحل أمثلة رياضية عليه.
- 3- أن يعرف المجال الكهربائي المحتث واسباب حدوثه مع الرسم وحل المسائل والامثلة عليه وكيفية حدوث الطاقة بالحث.
- 4- أن يفهم قانون لينز وتفسيره.
- 5- أن يفهم عمل المولد والمحرك وأجزائهما والتمييز بينهما ومعرفة كيفية توليد العزم المدور للمحرك وفهم أسباب حدوث القوة الدافعة المضادة للمحرك وفهم قاعدة المحرك وحل امثلة نظرية وعملية.
- 6- أن يفهم حدوث التيارات الدوامة مع الرسوم وفهم حدوث ظاهرة الحث الذاتي للملف.

1-3 تمهيد:

درست سابقاً أن التيارات الكهربائية تولد مجالات مغناطيسية وهو واحد من ثلاثة إنجازات علمية رئيسة قامت على أساسها الثورة الصناعية في العالم منذ أكثر من مئة عام. وقد كان هذا الإنجاز على يدي العالم أورستد. والسؤال الذي يتبادر إلى الأذهان الآن هو إذا كانت المجالات المغناطيسية تولدها تيارات كهربائية، فهل يمكن للمجالات المغناطيسية أن تولد تيارات كهربائية؟

أستطاع العالم مايكل فاراداي (1791-1867) في إنكلترا والعالم جوزيف هنري (1797-1878) بالولايات المتحدة الأمريكية وبشكل مستقل عن بعضهما من الإجابة التأكيدية عن هذا السؤال عام 1831، وسنقدم الآن تجربة تبين هذا التأثير بشكل واضح. دائرة كهربائية تتكون من ملف متصل على التوالي مع جهاز كلفانوميتر ولا تحوي أي مصدر كهربائي كما هو في الشكل (1-3).

عندما تدفع الساق المغناطيسية باليد باتجاه قلب الملف نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر إلى أحد اتجاهي مقياسه كما هو في الشكل (a-1-3) إشارة إلى تولد تيار كهربائي نتيجة تقاطع خطوط الفيض المغناطيسي معه. وعندما يقف المغناطيس عن الحركة فلن يكون هناك قطع لخطوط المجال المغناطيس، أي لا يوجد تغير في الفيض المغناطيسي، فلا يمر تيار في الملف ويعود مؤشر الكلفانوميتر إلى الصفر كما هو في شكل (b-1-3).



شكل 1-3

أما لو سحبنا الساق المغناطيسية بالاتجاه المعاكس بعيداً عن الملف فإن الفيض يأخذ بالتناقص، وسينحرف مؤشر الكلفانوميتر إلى الاتجاه المعاكس دلالة على أن التيار عكس اتجاهه كما هو في الشكل (c-1-3).

يعرف التيار المتولد بهذه الطريقة بالتيار المحتث (Induced Current) ويرمز له (I_{ind}) وتعرف العملية بالحث الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Induction).

نستنتج من هذه التجربة (وهي أحد تجارب فاراداي) ما يأتي:

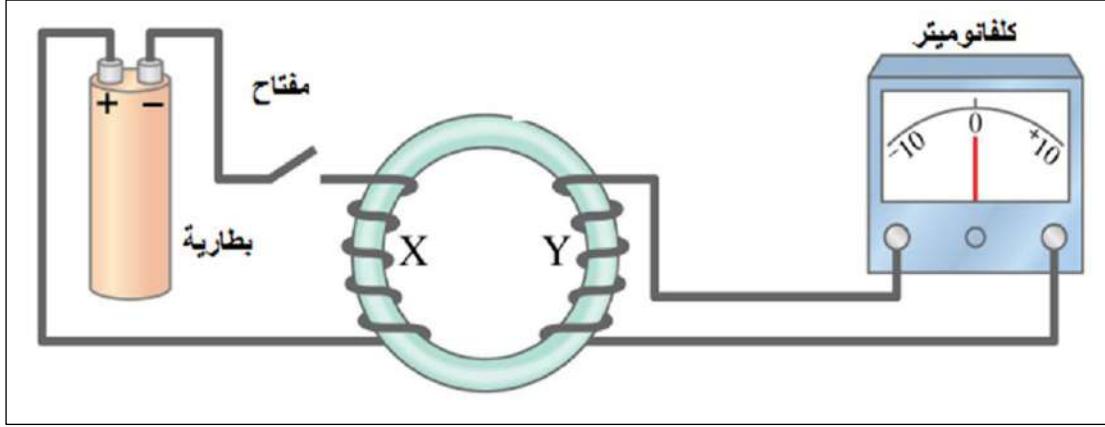
1- إذا تغير الفيض المغناطيسي (تناقص أو تزايد) الذي يقطع دائرة مغلقة، تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في تلك الدائرة.

2- التغير في الفيض المغناطيسي $(\Delta\Phi)$ لوحدة الزمن هو العامل الأساس لتولد التيار المحتث في الدائرة المغلقة.

2-3 قانون فاراداي : Faraday's law :

يمكن تفسير قانون فاراداي في التجربة الاتية:

نستعمل ملفين يتألفان من سلكين ملفوفين حول قرص موصلة من الحديد المطاوع. يربط أحد الملفين مع بطارية ومفتاح (الدائرة (X) التي في جهة اليسار) وتسمى بدائرة الملف الابتدائي. بينما يربط الملف الثاني على التوالي مع كلفانوميتر ويسمى بدائرة الملف الثانوي (الدائرة (Y) إلى اليمين)، كما هو موضح في الشكل (2-3).



شكل 2-3 يبين تجربة فارادي

عند اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي سوف يؤدي الى انحراف مؤشر الكلفانوميتر الى أحد جانبي الصفر ثم رجوعه تدريجيا الى الصفر. أن انحراف مؤشر الكلفانوميتر دليل على سريان تيار في الملف الثانوي وهو تيار الحث وسببه ان دائرة الملف الابتدائي ولدت مجالا مغناطيسيا في الساق الحديدية مما تقاطع فيضيه مع اسلاك الملف الثانوي فأحدث قوة دافعة كهربائية محتثة. أما عودة مؤشر الكلفانوميتر الى الصفر فهو دليل على توقف سريان التيار في الملف الثانوي نتيجة عدم حدوث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن $(\frac{\Delta\phi}{\Delta t})$.

كما لاحظ فرادي بأن مؤشر الكلفانوميتر سينحرف مرة أخرى لحظة فتح المفتاح ولكن بالاتجاه المعاكس، ومن ثم يعود إلى الصفر.

ومن تلك المشاهدات نستنتج أن هنالك قوة دافعة كهربائية محتثة ستتولد في حلقة مغلقة نتيجة لحصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن والمسبب لنشوء تيار الحث (ولأي سبب كان). **وتعرف القوة الدافعة الكهربائية المحتثة بأنها فرق الجهد على طرفي الموصل والناتج من انجاز شغل لتحريك الشحنة الكهربائية داخل الموصل.**
أن قانون فارادي للحث يعد قانونا تجريبيا وينص على الآتي:

" القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في دائرة مغلقة تتناسب طرديا مع المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي الذي يقطع تلك الدائرة "

الصيغة الرياضية لقانون فرادي هي

$$\epsilon_{ind} = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ويعد قانون فرادي من أكثر مبادئ الكهرباء والمغناطيسية أهمية، بل ويعتبر أساساً لعمل المولدات والمحركات وعدد كبير من الاجهزة المهمة.
وإذا كان لدينا ملف سلكي عدد لفاته (N) فان قانون فرادي يصبح:

$$\epsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots (2)$$

الإشارة السالبة في القانون وضعت للدلالة على أن اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة يعاكس التغيير في الفيض المغناطيسي الذي سبب حثاً في الملف والتي يحدد اتجاه التيار المحتث في الدائرة.

مثال (1): ملف يتكون من 40 لفة فاذا تحرك هذا الملف بصورة عمودية خلال فيض مقداره $(3 \times 10^{-5} \text{ weber})$ خلال فترة زمنية (0.02 s) فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ϵ_{ind} ؟

الحل:

حسب قانون فاراداي فان

$$\epsilon_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = -40 \frac{3 \times 10^{-5}}{0.02 \text{ s}} = -0.06 \text{ V}$$

مثال (2): ملف عدد لفاته 100 ومساحة اللفة الواحدة (10 cm^2) . إن كثافة الفيض المغناطيسي التي تخترق الملف تتغير من (0 T) إلى (1 T) خلال زمن (0.2 s) أحسب:

- 1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ϵ_{ind} الناشئة في الملف.
- 2- التيار المناسب في الدائرة الكهربائية علماً أن المقاومة للدائرة الكلية (100Ω) .

الحل

1- حسب قانون فاراداي فان:

$$\epsilon_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

$$\Delta \phi = A \Delta B$$

$$\Delta B = B_2 - B_1$$

حيث B = كثافة الفيض و A = مساحة اللفة فيصبح قانون فاراداي كما يأتي

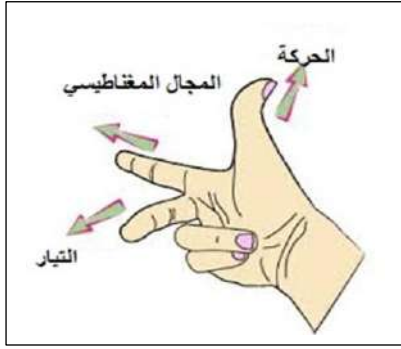
$$\epsilon_{\text{ind}} = -N \frac{A \Delta B}{\Delta t}$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = - \frac{100 \times (10 \times 10^{-4}) \times (1 - 0) \text{ T}}{0.2 \text{ s}} = -0.5 \text{ V}$$

2- باستخدام قانون أوم:

$$I = \frac{\epsilon_{\text{ind}}}{R} = \frac{0.5}{100} = 5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

3-3 قانون لينز Lenz's law

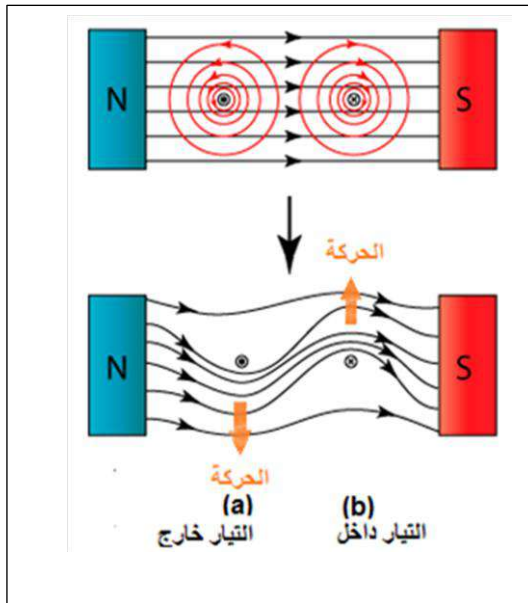


شكل 3-3 قاعدة اليد اليمنى
(قاعدة المولد)

إن مرور تيار كهربائي في موصل يؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي حول الموصل لتحديد اتجاه التيار المحتث يتم استعمال قاعدة اليد اليمنى والتي تعرف بقاعدة المولد أو قاعدة امبير. إذ يتم وضع أصابع اليد اليمنى (الابهام والسبابة والوسطى) بشكل متعامد مع بعضها. تشير السبابة إلى اتجاه المجال المغناطيسي ويشير الابهام إلى اتجاه حركة الموصل أما الوسطى فتشير إلى اتجاه التيار المحتث وكما هو في الشكل (3-3).

كذلك الحال عند سريان التيارات المحتثة في الموصل سنتنتج مجالاً مغناطيسياً محتثاً خاصاً بها. يبين الشكل (3-4) تحريك ساق موصل داخل مجال مغناطيسي، اتجاه خطوطه من اليسار إلى اليمين يكون كالآتي:

1- عند تحريك الموصل إلى الأسفل شكل (3-4-a) فسوف يتولد تيار محتث يحدد اتجاهه حسب قاعدة أمبير لليد اليمنى يكون اتجاهه عمودياً على المجال المغناطيسي وخارج من الكتاب ويشار له بالعلامة (●) المؤشرة في مقطع السلك. أما اتجاه المجال المغناطيسي المحتث الذي ولده التيار المحتث يكون باتجاه عكس عقارب الساعة.



شكل 3-4

وحسب قانون امبير. فيكون مع اتجاه المجال المغناطيسي الاصلي في أسفل الموصل والذي يؤدي إلى زيادة كثافة الفيض ويقوي المجال. أما في أعلى الموصل فيكون المجالان متعاكسين فتقل كثافة الفيض ويضعف المجال، مما يؤدي إلى نشوء قوة عمودية على كل من المجال والتيار ويكون اتجاهها نحو الأعلى أي بعكس اتجاه حركة الموصل أي إن هذه القوة تحاول عرقلة حركة الموصل.

2- عند تحريك الموصل نحو الأعلى في نفس المجال المذكور شكل (3-4-b) فإن اتجاه التيار المحتث في الموصل سيكون باتجاه عمودي على الورقة مبتعداً عن القارئ (عكس الحالة (1)).

ويشار له بالعلامة (X) فيولد مجالاً مغناطيسياً محتثاً باتجاه عقارب الساعة. المجال المغناطيسي الاصلي سوف يقوي من الأعلى ويضعف من الأسفل، مما يؤدي إلى نشوء قوة عمودية نحو الأسفل بعكس اتجاه حركة الموصل.

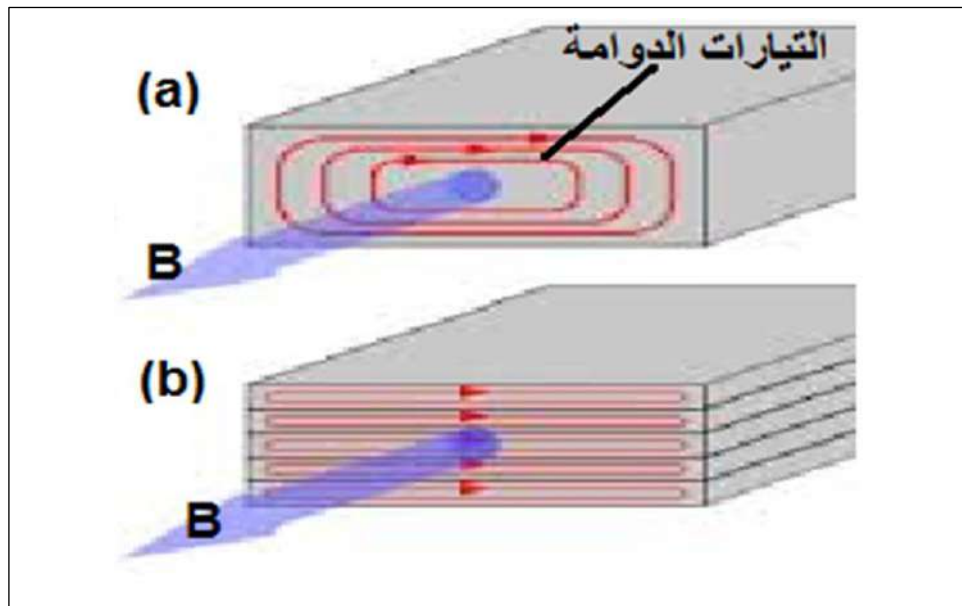
ومما سبق فإن قانون لينز ينص على الآتي: "يولد التيار المحتث في الدائرة الكهربائية المغلقة مجالاً مغناطيسياً معاكساً بتأثيره للتغير بالمجال المغناطيسي الخارجي المسبب لتوليد هذا التيار". ومن قانون لينز يمكن استنتاج ما يأتي:

1- **يحقق مبدأ حفظ الطاقة:** فالمجال المغناطيسي المحتث الناتج عن التيار المحتث يولد قوة معاكسة للمجال المؤثر.

2- **يجب أنجاز شغل للتغلب على القوة المعاكسة:** هذا الشغل المنجز سيتحول الى طاقة كامنة للإلكترونات في الجزء الموصل الذي يتحرك داخل المجال اذا كان ضمن دائرة مفتوحة. اما اذا كان ضمن دائرة مغلقة فان الطاقة الكامنة ستصرف بشكل تيار محتث في حمل الدائرة الخارجي ومن الممكن ان يولد حرارة أو أن ينجز شغلا ميكانيكياً أو كيميائياً.

3-4 التيارات الدوامية:

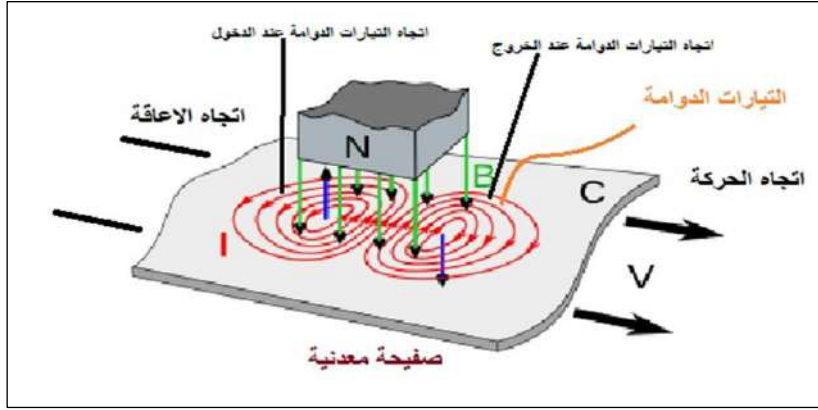
في الكثير من الاجهزة الكهربائية (مثل أجهزة القياس والمحركات والمركبات وكاشف المعادن ومكايح بعض العجلات الثقيلة) نجد جسما معدنيا يتحرك في مجال مغناطيسي متغير مع الزمن. وطبقا لقانون فراڊاي للحث فان الفيض المغناطيسي المتغير يولد تيارات محتثة في الجسم المعدني في اتجاه عمودي على ذلك الفيض المغناطيسي، كما هو في شكل (a-5-3). تسمى هذه التيارات المحتثة بالتيارات الدوامية. لانها تدور مكونة مسارات مغلقة داخل الجسم الموصل تشبه التيارات التي تتولد في الماء على شكل دوائر متحدة المركز. إن مثل هذه التيارات المحتثة تسبب فقداننا حراريا حسب قانون جول فتسخن الاجهزة الكهربائية وهذه إحدى مضار التيارات الدوامية، الشكل (3-6).



شكل 5-3

- (a) صفيحة معدنية متكون فيها تيارات دوامة
(b) صفائح معدنية معزولة ومكبوسة مع بعض متكون في داخلها تيارات دوامة

ولتقليل الحرارة المتولدة بسبب هذه التيارات الدوامية يضع الجسم المعدني على شكل صفائح معدنية رقيقة ومعزولة بعضها عن بعضها الآخر كما هو في المحولات والموضحة في شكل (b-5-3).

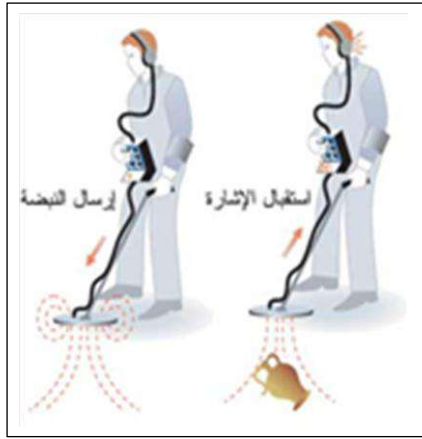


شكل 6-3 يوضح التيارات الدوامة

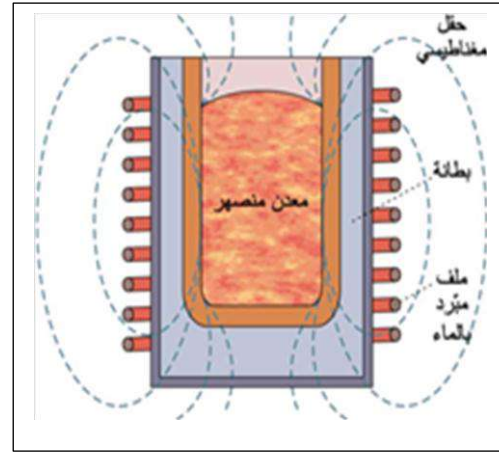
ومن التطبيقات العملية للتيارات الدوامة :

1- أفران صهر المعادن (أفران الحث).

2- أجهزة كشف المعادن.



شكل 8-3 أجهزة كشف المعادن

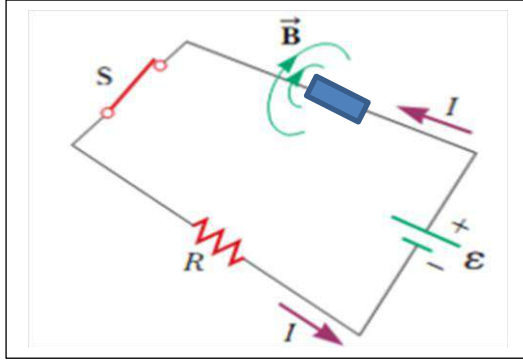


شكل 7-3 أفران صهر المعادن

5-3 الحث الذاتي

ينص قانون فاراداي إن أي تغير في الفيض المغناطيسي خلال ملف ما يستحث عنه قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تؤدي إلى سريان تيار محتث فيه والذي بدوره يولد مجالاً مغناطيسياً معاكساً. وعليه فإن تغير التيار المار في الملف يؤدي إلى تغير الفيض المار خلاله. وكلما طرأ تغير في تيار الملف فإن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تستحث ذاتياً في الملف طالما كان التغير مستمراً. يبين الشكل (9-3) دائرة كهربائية مكونة من ملف ذو قلب حديدي وبطارية ومقاومة ومفتاح كهربائي. فعند غلق المفتاح في الدائرة الكهربائية يحدث ما يأتي:

- 1- يزداد التيار المار في الدائرة مع الزمن.
- 2- يزداد الفيض المغناطيسي خلال الدائرة نتيجة لزيادة التيار.
- 3- يؤدي الفيض المتزايد إلى توليد قوة دافعة كهربائية في الدائرة ليعكس الزيادة في الفيض المغناطيسي (حسب قانون لينز).



شكل 9-3 يبين تغير الفيض المغناطيسي

هذه القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الدائرة تعمل على عكس اتجاه التيار الأصلي وهذا ناتج عن الزيادة في الفيض المغناطيسي نتيجة زيادة التيار عند غلق المفتاح. ويعرف هذا التأثير في الدائرة بأسم الحث الذاتي. ان معدل تغير الفيض المغناطيسي خلال الملف يتناسب مع معدل تغير التيار في الملف. فاذا كان $(\Delta I/\Delta t)$ هو معدل تغير التيار خلال الملف فان القوة الدافعة الكهربائية تكون:

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث (L) ثابت التناسب ويسمى معامل الحث الذاتي، ويعتمد على الشكل الهندسي للملف ومادة قلب الملف وطوله ومساحة اللفة الواحدة وعدد لفاته ووحدته (H) الهنري.

وإن خاصية الملف التي تتسبب في توليد قوة دافعة كهربائية محتثة مضادة فيه عند تغير التيار المار به تدعى بالحث الذاتي، وأن قيمة معامل الحث الذاتي تعطى بالعلاقة:

$$L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

مثال (3): ملف يتألف من 800 لفة متقاربة جداً، يمر فيه تيار شدته (6m A). جد معامل الحث الذاتي للملف إذا كان الفيض المخترق له بسبب التيار يساوي $(3 \times 10^{-8} \text{ webar})$.

الحل: معامل الحث الذاتي هو:

$$L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

$$L = 800 \times \frac{3 \times 10^{-8}}{6 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^{-3} \text{ H}$$

مثال (4): ملف عدد لفاته (1000) لفة ومعامل حثه الذاتي (5 mH) انساب فيه تيار مستمر مقداره (4 A). أحسب: 1- الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف. 2- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة إذا تغير التيار من (4 A) الى (0 A) خلال (0.2 s).

الحل:

$$L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

$$5 \times 10^{-3} = \frac{1000 \times \Delta \Phi}{4}$$

$$\Delta \Phi = \frac{20 \times 10^{-3}}{1000} = 2 \times 10^{-5} \text{ webr}$$

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{\text{ind}} = \frac{-1000 \times 2 \times 10^{-5}}{0.2} = -0.1 \text{ V}$$

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{-5 \times 10^{-3} \times 4}{0.2} = -0.1 \text{ V}$$

ويحل بطريقة أخرى

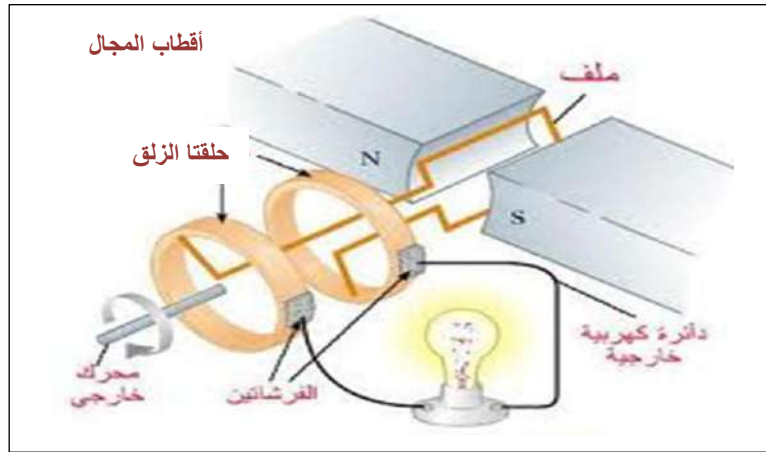
3-6 المولد الكهربائي:

جهاز يحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية مستمرة أو متناوبة. وينتج هذا عن طريق تغير الفيض المغناطيسي خلال الملف، مستحثاً بذلك قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف. نظرياً فإن الفيض يمكن تغييره أما من خلال تحريك المغناطيس بالنسبة إلى الملف أو تحريك الملف بالنسبة إلى المغناطيس وتحقيق العملية الثانية أسهل من الناحية التطبيقية وهي ما تستعمل عادة.

3-6-1 مولد التيار المتناوب

يتكون مولد التيار المتناوب من الاجزاء الرئيسة التالية وكما هو موضح في الشكل (3-10):

- 1- **النواة:** تتألف من ملف معزول يدور حول محور في مجال مغناطيسي منتظم.
- 2- **مغناطيس:** يمكن ان يكون مغناطيساً ثابتاً أو مغناطيساً كهربائياً يحيط بالنواة.
- 3- **حلقتا الزلق:** هما حلقتان تدوران مع الملف كوحدة واحدة، وكل واحدة منهما متصلة بإحدى نهايتي الملف.
- 4- **الفرشتان:** عبارة عن قطعة من الكربون (يطلق عليها عملياً بالفحمتان في بعض الاحيان)، تقومان بالتوصيل بين حلقتي الزلق والدائرة الخارجية.

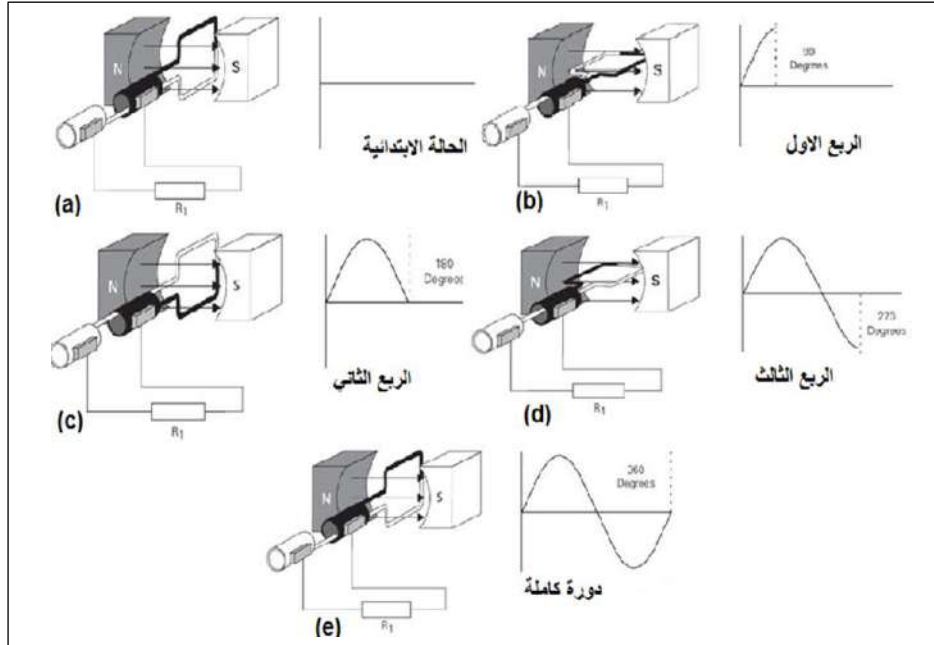


شكل 3-10 مولد التيار المتناوب

لغرض الوقوف على أساسيات عمل مولد التيار المتناوب البسيط عند دوران الملف داخل المجال المغناطيسي يحدث ما يأتي:

- 1- في الوضع الابتدائي حيث يكون مستوى الملف عمودياً على الفيض المغناطيسي شكل (3-11-a) أي إن الملف يكون بموازاة الفيض المغناطيسي. في هذه اللحظة لا يحدث تغير في المعدل الزمني للفيض ($\Delta\Phi = 0$) ولهذا فإن كلاً من القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث يكونان صفرًا ($\epsilon_{ind} = 0$, $I_{ind} = 0$).
- 2- ومع دوران الملف يزداد المعدل الزمني لتغير الفيض نتيجة تقاطع الملف مع الفيض المغناطيسي، حتى يصبح مستوي الملف موازياً للفيض المغناطيسي شكل (3-11-b) فيقطع الفيض بصورة عمودية (90°) وعندها تزداد كل من القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث وصولاً إلى أعظم قيمة لهما عند ربع الدورة الأولى.
- 3- وعند استمرار دوران الملف متجاوزاً ربع الدورة الاول يبدأ المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي بالتناقص حتى يصبح صفرًا ($\Delta\Phi = 0$) في نهاية الربع الثاني (180°). فيعود

مستوى الملف عمودياً على الفيض شكل (c-11-3) ويتحرك الملف موازياً للفيض عند هذه اللحظة. فتتناقص قيمة كل من القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث وصولاً الى الصفر في نهاية الربع الثاني.

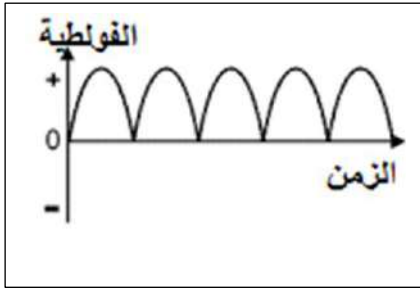


شكل 11-3 يبين عمل التيار المتناوب البسيط عند دوران الملف داخل المجال المغناطيسي

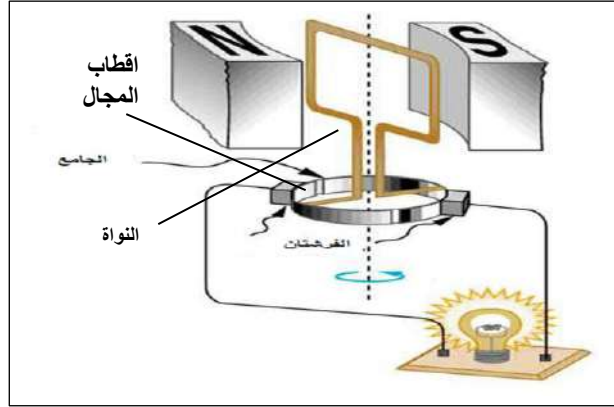
4- مع استمرار دوران الملف وتخطي (180°) فإن اتجاه الحركة النسبية بين جانبي الملف والمجال المغناطيسي ستتغير، وعندها يتغير اتجاه كل من القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث. ويزداد المعدل الزمني لتغير الفيض المتقاطع مما يسبب زيادة في القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث حتى تصل الى القيمة العظمى مرة أخرى (لكن باتجاه معاكس عن الاتجاه الاول) عند نهاية الربع الثالث للدورة (270°) شكل (d-11-3) ثم يتناقص كل من المعدل الزمني لتغير الفيض المتقاطع والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة والتيار المحتث حتى يصبح صفراً في نهاية الربع الرابع للدورة (360°)، كما هو في الشكل (e-11-3) ثم ينعكس اتجاه التيار وتكرر العملية. فمن هنا نستطيع القول أن التيار يغير اتجاهه ومقداره على التناوب، لذلك يطلق عليه التيار المتناوب ويكون عبارة عن دالة جيبية متى ما كان أنطلاق النواة ثابتاً ويكون المجال المغناطيسي منتظماً.

2-6-3 مولد التيار المستمر:

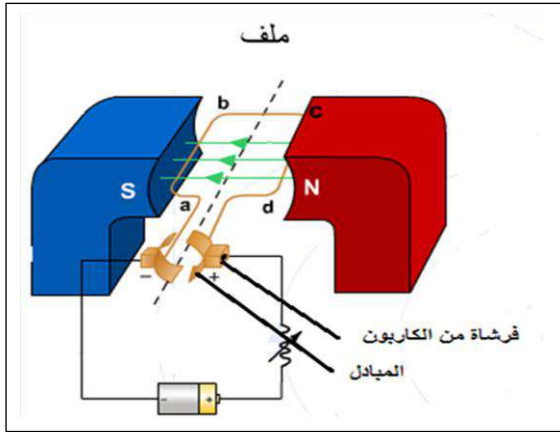
لكي نجعل التيار المار في الملف يحافظ على اتجاهه (يكون باتجاه ثابت) دون ان يتناوب، علينا ان نبذل الحلقتين حلقة معدنية واحدة منشقة الى نصفين معزولين عن بعضهما كهربائياً يطلق عليها الجامع (المبدل)، كما هو في الشكل (12-3) ويجب ان يثبت النصفان في تماس مع الفرشتين بحيث تتحول احدى الفرشتين في اثناء دوران الملف الى احدى الحلقتين في اللحظة التي يحاول فيها التيار المار في الملف ان يعكس اتجاهه في نفس الوقت الذي تعكس الفولطية المتولدة اتجاهها في الملف. ويظهر التيار المتولد على شكل نبضات مستمرة في الدائرة الخارجية وذلك لكونه معدلاً بواسطة جامع المولد، كما هو في الشكل (13-3). اما التيار المستمر المأخوذ من بطارية يكون ثابت القيمة والاتجاه.



شكل 3-13 يظهر التيار المتولد على شكل نبضات مستمرة في الدائرة الخارجية



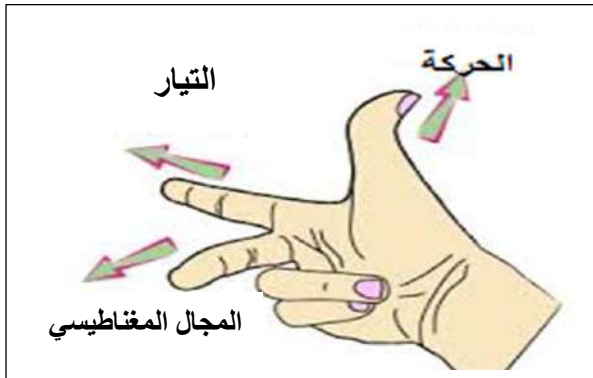
شكل 3-12 مولد التيار المستمر



الشكل 3-14

3-7 المحرك الكهربائي للتيار المستمر:

المحرك الكهربائي جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية بوجود مجال مغناطيسي (أي ان المحرك يتكون من نفس الاجزاء التي يتكون منها مولد التيار المستمر ولكن يعمل عكس عمله)، ويوضح الشكل (3-14) رسماً تخطيطياً لمحرك بسيط اذ يبعث مصدر القوة الدافعة الكهربائية (البطارية في هذه الحالة) التيار خلال الملف الذي يقع جزء منه في المجال المغناطيسي الذي يوفر مغناطيساً دائماً وهذا المغناطيس الخارجي الذي يجعل النواة تتعرض لعزم دوراني بادارة النواة حول محورها (يمكنك عزيزي الطالب الادراك بان النواة تدور في الاتجاه المبين ادناه اذا طبقت قاعدة اليد اليمنى) وهكذا فالطاقة التي تقدمها البطارية للمحرك تجعل المحور يدور، أي تجعلها تبذل شغلاً خارجياً.



شكل 3-15 قاعدة المحرك

3-7-1 قاعدة المحرك:

عمل المحرك هو عكس عمل المولد حيث إذا مر تيار في قطعة موصل موضوعة في مجال مغناطيسي، فان هذا الموصل سوف يتحرك داخل المجال. ولتحديد اتجاه حركة الموصل نستعمل قاعدة اليد اليمنى والتي تعرف بقاعدة المحرك، كما هو في الشكل (3-15).

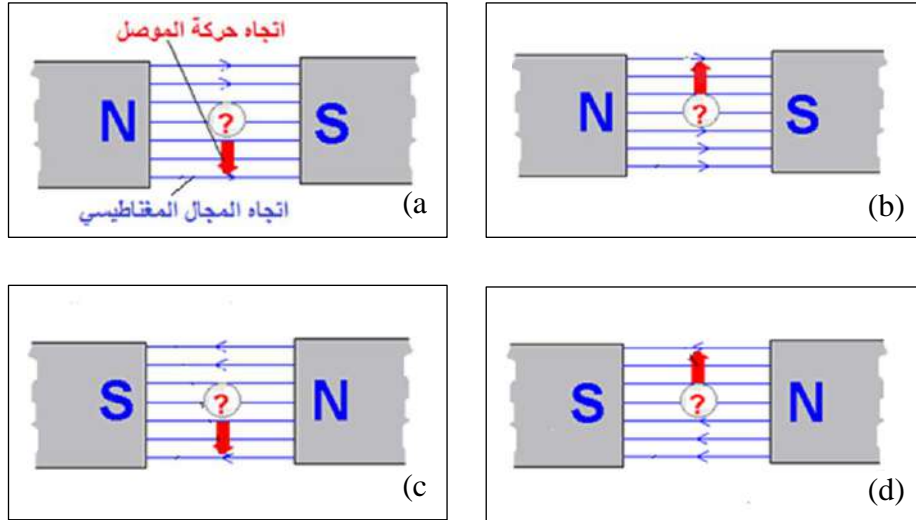
اسئلة الفصل الثالث

س1/ أختار العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

- 1- عند دوران ملف داخل مجال مغناطيسي منتظم وبسرعة زاوية ثابتة تحصل فولتية محتثة:
 - a- ثابتة المقدار.
 - b- ثابتة الاتجاه.
 - c- متناوبة جيبيه.
 - d- نبضية.
- 2- أساس عمل أجهزة كشف المعادن:
 - a- قانون لينز.
 - b- التيارات الدوامية.
 - c- ظاهرة فراداي.
 - d- ظاهرة الحث الذاتي.
- 3- يحتوي مولد التيار المستمر على:
 - a- ملف حث.
 - b- حلقتا الزلق.
 - c- الجامع (المبدل).
 - d- ليس أي مما سبق.
- 4- المحرك يحول الطاقة الكهربائية الى طاقة:
 - a- ميكانيكية.
 - b- حرارية.
 - c- ضوئية.
 - d- كيميائية.
- 5- يعتمد معامل الحث الذاتي في الملف على:
 - a- شكل الملف.
 - b- طول الملف ومساحة اللفة الواحدة.
 - c- عدد لفات الملف.
 - d- كل مما سبق.

س2/ عدد أجزاء مولد التيار المتناوب مع الرسم؟

س3/ بين اتجاه مرور التيار المار في سلك موصل يتحرك في مجال مغناطيسي للحالات التالية:



س4/ هل يحقق قانون لينز مبدأ حفظ الطاقة؟ وضح ذلك.

س5/ وضح طريقة لتحديد اتجاه التيار في نواة المولد الكهربائي؟

س6/ كيف يمكن تغيير مولد التيار المتناوب ليولد تيارا مستمرا؟

المسائل

س1/ ملف عدد لفاته 6 ومساحته (10 cm^2) موضوع في مجال مغناطيسي كثافة فيضه (0.1 T)
تغير المجال خلال فترة زمنية مقدارها ($1 \times 10^{-3} \text{ s}$) جد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة
المتولدة عن الملف اذا كان المجال المغناطيسي يؤثر بصورة عمودية على سطح الملف.

(الجواب: $\epsilon_{\text{ind}} = -0.6 \text{ V}$)

س2/ ملف عدد لفاته 100 ومساحته (5 cm^2) موجود في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه
(0.25 T) يؤثر باتجاه عمودي على السطح. سحب الملف بسرعة فاصبح خلال (0.01 s)
خارج المجال المغناطيسي جد (1) القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (2) الشحنة الكهربائية المارة
خلال الملف علما ان مقاومة الملف تساوي (20Ω)؟

(الجواب: 1- $\epsilon_{\text{ind}} = 1.25 \text{ V}$ ، 2- $q = 0.000625 \text{ C}$)

س3/ ما عدد اللفات الواجب توفرها لتوليد قوة دافعة كهربائية مقدارها (10 V) في ملف متحرك
داخل فيض مغناطيسي بمعدل ($5 \times 10^{-3} \text{ webar/s}$)؟

(الجواب: 1- لفة $N=2000$)

س4/ ملف عدد لفاته (600) لفة تولد فيه فيضاً مغناطيسياً مقداره ($3 \times 10^{-4} \text{ webar}$) بواسطة تيار
متغير من (0 A) الى (3 A) خلال ($3 \times 10^{-3} \text{ s}$) جد: 1- معامل الحث الذاتي للملف. 2- القوة
الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة؟

(الجواب: 1- $L = 0.06 \text{ H}$ ، 2- $\epsilon_{\text{ind}} = -60 \text{ V}$)



الفصل الرابع

دوائر التيار المتناوب

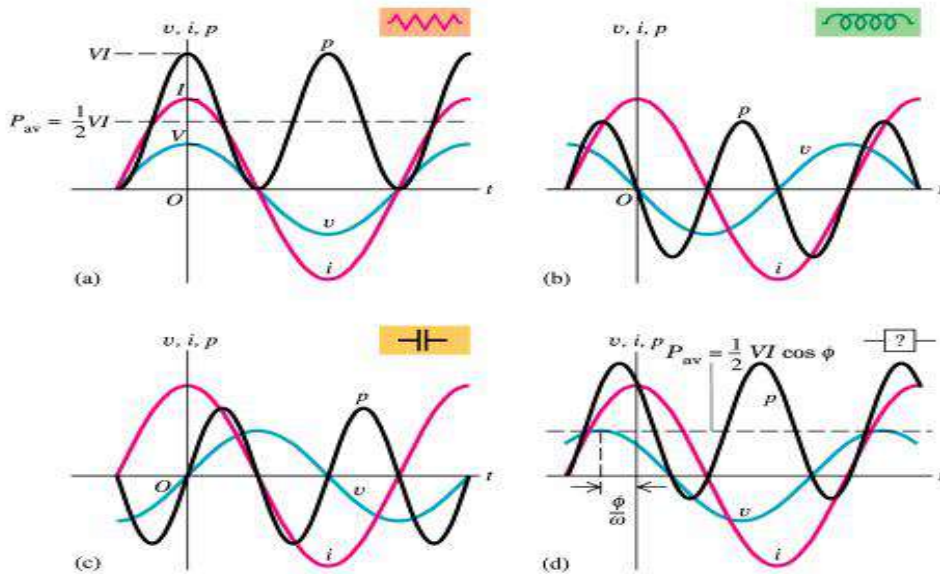
المفردات:

- 1-4 تعريف التيار.
- 2-4 المقدار المؤثر للتيار المتناوب.
- 3-4 المقاومة الخالصة في دائرة التيار المتناوب.
- 4-4 المحث في دائرة التيار المتناوب.
- 5-4 المتسعة في دائرة التيار المتناوب.
- 6-4 ربط مقاومة ومحث خالص على التوالي.
- 7-4 ربط مقاومة ومتسعة على التوالي.
- 8-4 ربط مقاومة ومحث ومتسعة على التوالي.
- 9-4 المحولة الكهربائية.
- اسئلة ومساائل الفصل.

الاهداف السلوكية:

بعد دراسة هذا الفصل سيكون الطالب قادراً على ان يعرف:

- 1- التيار المتناوب.
- 2- المقدار المؤثر للتيار.
- 3- قوانين دائرة المقاومة الخالصة.
- 4- قوانين المحث الخالص في دائرة التيار المتناوب.
- 5- عامل القدرة.
- 6- قوانين المتسعة وعملها في دائرة التيار المتناوب.
- 7- جهاز المحولة الكهربائية وقوانينها وانواعها.

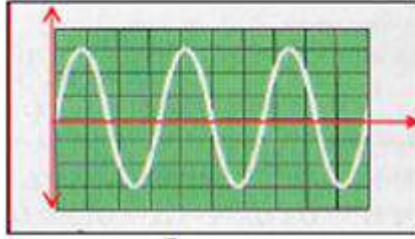


تمهيد:

كما علمت عزيزي الطالب في دراستك السابقة أن هناك نوعين من التيار هما التيار المستمر (D.C) (Direct current) والتيار المتناوب (A.C) (Alternating current) . وهنا في هذا الفصل سوف نتطلع على كل ما يتعلق بالتيار المتناوب، قيمته وكيفية الحصول عليه وعلى بعض دوائره المهمة الكهربائية.

1-4 تعريف التيار المتناوب:

حيث يمكن تعريف التيار المتناوب (A.C) بأنه التيار المتغير الشدة والاتجاه بمرور الزمن وشكل موجته موجة جيبية مستعرضة، كما هو في الشكل (1-4).



شكل 1-4 موجة التيار المتناوب

يمكن الحصول على هذا التيار من دوران ملف داخل مجال مغناطيسي (ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي لفرادي) وكما هو في مولدات التيار المتناوب، لذلك يمكن نقل هذا التيار لمسافات بعيدة والتحكم في مقداره.

إن فرق الجهد المتناوب الذي نحصل عليه بواسطة المولدات ذات الملف الدوار يعطى بالعلاقة:

$$V_{\text{الانبة}} = V_m \sin \theta$$

حيث ($V_{\text{الانبة}}$) تمثل قيمة الفولطية الانبية .

(V_m) تمثل قيمة الفولطية العظمى .

وعند تطبيق قانون أوم فإن التيار

$$I = \frac{V_m \sin \theta}{R}$$

فإن التيار المتناوب في دائرة التيار المتناوب يعطى بالعلاقة

$$I_{\text{الاني}} = I_m \sin \theta$$

وهو دالة جيبية أيضاً حيث إن

(I) التيار الانبي

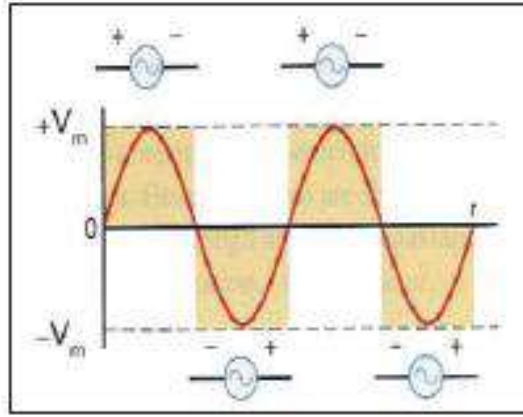
(I_m) التيار الاعظم

إن هذه القيم لكل من الفولطية والتيار تعتمد على تردد الدائرة الزاوي (ω) والذي يساوي

$$\omega = 2\pi f$$

حيث (f) يمثل التردد الخطي

ملاحظة:- أن (ω) عزيزي الطالب تمثل أيضاً السرعة الزاوية كما درستها في الفصل الاول من الكتاب.



شكل 2-4 الموجة الجيبية للفولطية

إن تصرف الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب يعتمد على نوع الحمل الذي يوضع في الدائرة الكهربائية.

2-4 المقدار المؤثر للتيار المتناوب والفولتية المتناوبة V.C and A.C : Effective Value

عندما يمر تيار كهربائي متناوب في سلك ذي مقاومة (R) فإن السلك يسخن نتيجة مرور التيار فيه ويستهلك قدرًا من الطاقة تمامًا كالتيار المستمر الذي يؤدي مروره في أسلاك المقاومة إلى رفع درجة حرارتها، ولما كانت الطاقة الكهربائية المستهلكة (E) يمكن حسابها من قانون جول ($E=I^2Rt$) فإن إمكانية حساب الطاقة المستهلكة في حالة التيار المتناوب بتطبيق قانون جول تبدو متغيرة، نظراً لتغير شدة التيار من لحظة إلى أخرى. وبناءً على ذلك كان من المفيد اتخاذ قيمة للتيار المتناوب المؤثر والتي تولد كمية من الحرارة في مقاومة بنفس المعدل الزمني مقارنة لتوليدها في تيار مستمر.

إذن، يمكن الاستنتاج من هذا أن الصفة المميزة للقيمة المؤثرة للتيار المتناوب هو التأثير الحراري ومن العلاقات الحسابية لكل من القدرة الآنية والتيار الآني والاعظم نستنتج العلاقة الآتية والتي تمثل القيمة المؤثرة لهذا التيار الناتج.

$$I_e = 0.707 I_m$$

حيث إن

(I_e) القيمة المؤثرة للتيار

(I_m) القيمة العظمى للتيار

$$V_e = 0.707 V_m$$

وكذلك

حيث إن

(V_e) القيمة المؤثرة للفولطية

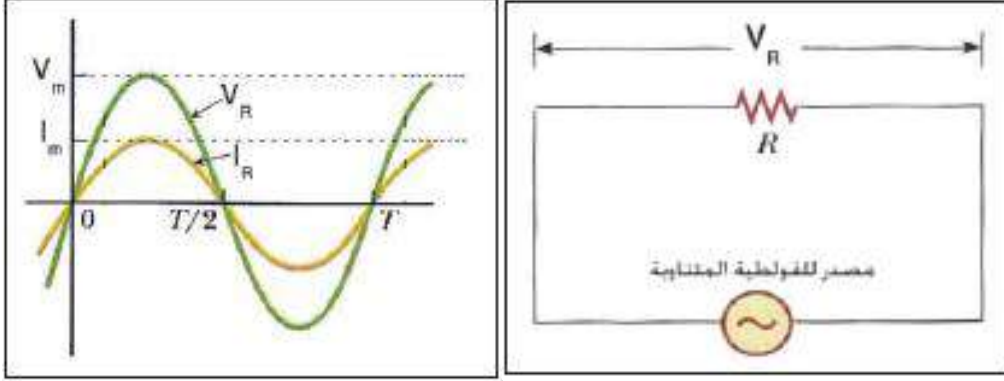
(V_m) القيمة العظمى للفولطية

هل تعلم :

أن القيم التي يسجلها مقياس التيار والفولطية في بينك هي القيم الفعالة المؤثرة والتي تشغل الدائرة الكهربائية.

3-4 المقاومة الاومية الخالصة (صرف) في دائرة التيار المتناوب:

يقصد بالمقاومة الخالصة (المقاومة النقية الاومية أو مقاومة الصرف) هي كل مقاومة لا تأثير للحث الذاتي لها، كما هو في الشكل (3-4) وعندما يمر فيها تيار فإن الطاقة الكهربائية تتحول فيها الى حرارة فقط. إن هذا النوع من الاحمال لا يعتمد على تردد الدائرة للتيار المتناوب (أي بمعنى أنه لا تتغير قيمة المقاومة بتغير تردد التيار). وعندما يسري تيار متناوب في دائرة تحتوي على مقاومة خالصة نجد أن الفولطية والتيار يتغيران بالكيفية نفسها حيث يبلغان القيمة العظمى معاً (الموجبة والسالبة) أي: إنها بنفس الطور حيث تكون زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفراً كما هو في الشكل (4-4).



شكل 3-4 دائرة مقاومة صرف شكل 4-4 موجة الفولطية والتيار

القدرة في دائرة تحتوي على مقاومة اومية خالصة:

نعلم أن القدرة في الدائرة التي يمر بها تيار مستمر تساوي

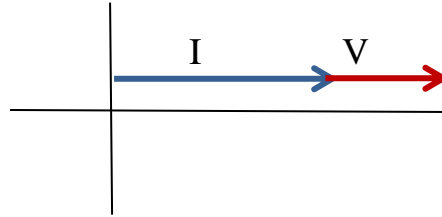
$$P = IV$$

بينما القدرة في دائرة التيار المتناوب

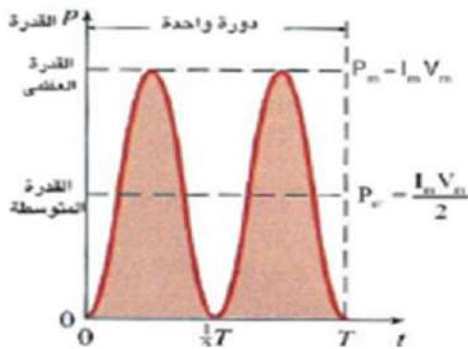
$$P_{\text{انية}} = I_{\text{انية}} \times V_{\text{انية}}$$

$$P_{\text{انية}} = I_m \sin \theta \times V_m \sin \theta$$

$$P_{\text{انية}} = I_m V_m \sin^2 \theta$$



شكل 5-4 الفولطية والتيار بنفس الطور في دائرة التيار المستمر



شكل 6-4 منحنى القدرة في مقاومة اومية خالصة

نلاحظ في الشكل (6-4) ان منحنى القدرة يتغير من الصفر الى القيمة العظمى الموجبة ولا يوجد منحنى سالب للقدرة (لان الفولتية والتيار بطور واحد، أي فرق الطور يساوي صفر- أي انهما موجبان معاً، وسالباً معاً). لذا فإن معدل القدرة يساوي نصف حاصل ضرب القيمة العظمى لكل من الفولتية والتيار وهي قدرة حقيقية مستهلكة في المقاومة تكون على شكل حرارة وأن تردد منحنى القدرة يساوي ضعف منحنى تردد التيار.

مثال (1): مولد تيار متناوب يمرر تيار من خلال مقاومة اومية خالصة مقدارها (10Ω) التيار معطى حسب العلاقة ($I=4\sin \theta$) إحسب فيهما: 1- القيمة العظمى للتيار والقيمة العظمى للفولطية. 2- القيمة المؤثرة لكل من الفولطية والتيار. 3- الطاقة الحرارية التي يولدها في المقاومة خلال (0.8 s)؟

الحل :

من العلاقة المعطاة

1-

$$I=4 \sin \theta$$

$$I_{\text{التي}} = I_m \sin \theta$$

$$I_m = 4 \text{ A}$$

$$V_m = I_m \cdot R$$

$$V_m = 4 \times 10$$

$$V_m = 40 \text{ Volt}$$

وبالمقارنة بالعلاقة الآتية

القيمة العظمى للتيار

قانون أوم

القيمة العظمى للفولطية

2-

$$I_e = 0.707 I_m$$

$$I_e = 0.707 \times 4$$

$$I_e = 2.8 \text{ A}$$

$$V_e = 0.707 \times V_m$$

$$V_e = 0.707 \times 40$$

$$V_e = 28.2 \text{ Volt}$$

القيمة المؤثرة للتيار

القيمة المؤثرة للفولطية

3-

$$E = I^2 R t$$

$$E = (2.8)^2 \times 10 \times 0.8$$

$$E = 62.72 \text{ Joule}$$

الطاقة الحرارية

4-4 المحث في دائرة التيار المتناوب :

يسمى الملف بالمحث الصرف اذا كانت مقاومته الاومية تساوي صفراً، وهي حالة مثالية لان المقاومة الاومية لاتتعدم في الموصلات الفلزية، وهي صفة ملازمة لها الا في درجات الحرارة المنخفضة جداً (القريبة من الصفر المطلق). إن الفولطية المطبقة المتناوبة هي الفولطية الحثية (V_L) هي التي تسبب في توليد $\Sigma_{ind} f_L$

$$\Sigma_{ind} f_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

إن هذه الفولطية المحتثة هي أساس المعاكسة التي يبديها المحث نحو التغير بالتيار والتي تسمى بالردة الحثية (X_L) وتقاس بالأوم وتطبق عليها الصيغة الرياضية الخاصة بقانون أوم، كما هو في الشكل (4-7).

$$X_L = \frac{V_L}{I_L}$$



شكل 4-7 دائرة محث خالص (صرف)

لا تعتبر الرادة الحثية مقاومة وذلك لأنها لا تستهلك (قدرة) ولا تخضع لقانون جول الحراري. لقد وجد نظريا من التجارب العملية ان الرادة الحثية تتغير طرديا مع كل من تردد التيار المتناوب (f) عند ثبوت الحث الذاتي للمحث (L) ومع الحث الذاتي عند ثبوت التردد.

$$X_L \propto f \quad \text{عند ثبوت } L$$

$$X_L \propto L \quad \text{عند ثبوت } f$$

$$X_L = 2\pi fL$$

حيث (L) معامل الحث الذاتي للمحث ويقاس بالهنري (H) (Henry) وكذلك

$$\omega = 2\pi f$$

$$X_L = \omega L \text{ rad/s}$$

حيث أن

(f) يمثل تردد الفولتية ويقاس بالهرتز (Hz).

(ω) يمثل التردد الزاوي للدائرة الكهربائية.

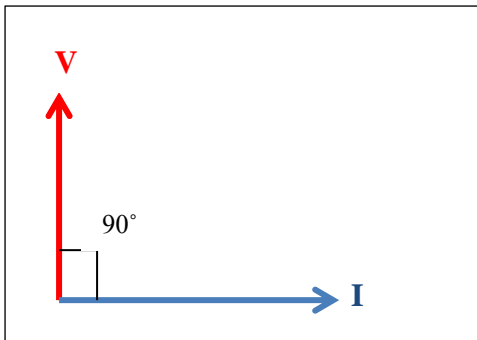
هل تعلم؟

إن الملف يسلك سلوك مقاومة في دائرة التيار المستمر:

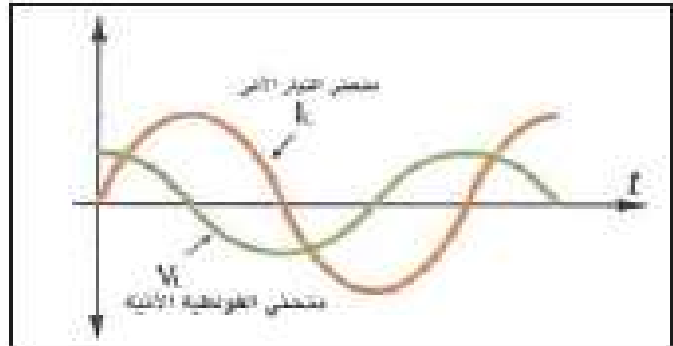
لان $f=0$ فإن $X_L = 0$

مميزات هذه الدائرة :

1- ان فولتية الحث (V_L) تتقدم على التيار الحثي (I_L) بزاوية فرق طور مقدارها 90° ، كما هو في الشكل (a-8-4).



مخطط الفولتية والتيار بالمتجهات الطورية

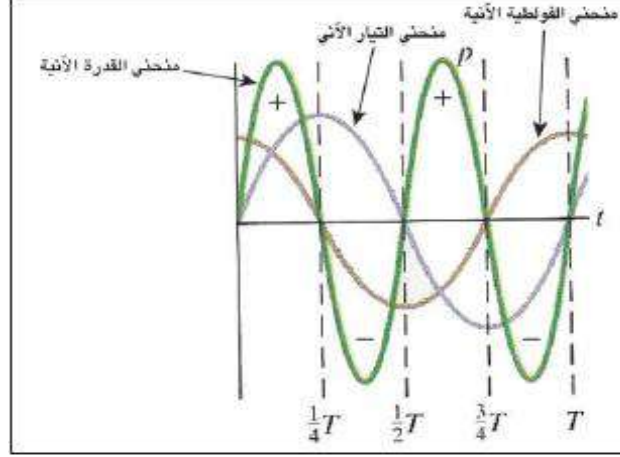


شكل 4-8-a موجة الفولتية والتيار في دائرة المحث

2- لا يوجد استهلاك قدرة حقيقية في هذه الدائرة لان الجزء الموجب يعاكسه الجزء السالب في منحنى القدرة لدورة كاملة .

3- ان الرادة الحثية (X_L) (المعاكسة التي يبديها الملف للتغير بالتيار) للتيارات الواطئة التردد اقل مما هي للتيارات العالية التردد، لذلك يستعمل المحث لفصل الذبذبات المنخفضة والعالية التردد في اجهزة الاستقبال الاذاعي .

4- المنحنى الموجب للقدرة في المحث الخالص يمثل الطاقة المنقولة من المصدر الى المحث والتي تكون على شكل مجال مغناطيسي ويحصل ذلك عندما ينمو التيار. اما المنحنى السالب للقدرة فيمثل الطاقة المنقولة من المحث الى المصدر ويحصل عند تلاشي التيار كما هو في الشكل (b-8-4).



شكل b-8-4 منحنى القدرة في محث خالص

مثال (2): محث معامل حثه الذاتي (0.2H) وتردد الدائرة ($\frac{50}{\pi}$ Hz) وكانت أعظم فولطية في المصدر

الذي ربط معه معطاة بالعلاقة ($V_m = 200\sqrt{2}$) احسب :

1- الرادة الحثية (X_L).

2- التيار المار بالدائرة (I_L).

الحل:

1- $X_L = 2\pi fL$

$$X_L = 2\pi \times \frac{50}{\pi} \times 0.2$$

$$X_L = 20\Omega$$

2- $V_e = 0.707 V_m$

$$V_e = 0.707 \times 200\sqrt{2}$$

$$V_e = 200 \text{ Volt}$$

$$\therefore X_L = \frac{V_L}{I_L}$$

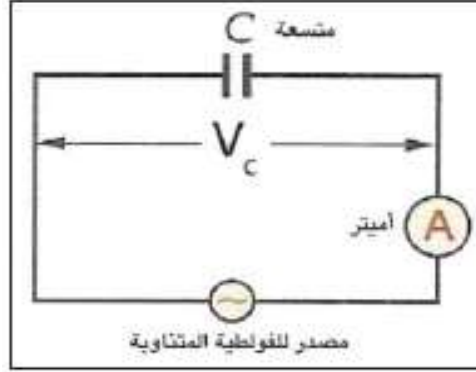
$$\therefore I_L = \frac{V_L}{X_L}$$

$$I_L = \frac{200}{20}$$

$$I_L = 10 \text{ A}$$

5-4 المتسعة في دائرة التيار المتناوب:

إن عمل المتسعة ذات سعة خالصة في دائرة التيار المستمر كعمل المفتاح المفتوح وذلك لأنه بعد فترة قصيرة نلاحظ مؤشر الاميتر لا ينحرف، دلالة على عدم مرور تيار كهربائي حيث تم شحن المتسعة بالكامل وأصبح فرق الجهد عبر لوحها مساوياً لفرق جهد للمصدر. اما عملها في دائرة التيار المتناوب فتعمل عمل المفتاح المغلق لان الاميتر ينحرف مسجلا مرور تيار على الرغم من وجود العازل بين لوحى المتسعة حيث تتم بالتعاقب عملية شحن وتفريغ كل ربع دورة من دورة مرور التيار وبصورة دورية، كما هو في الشكل (9-4).

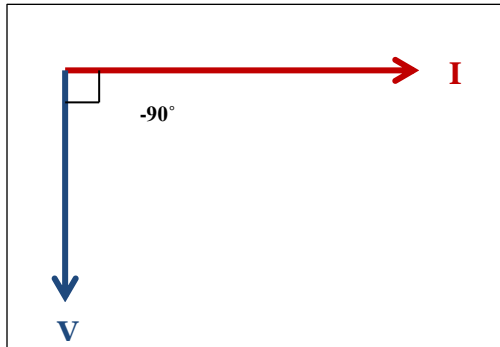


شكل 9-4 المتسعة في دائرة تيار متناوب

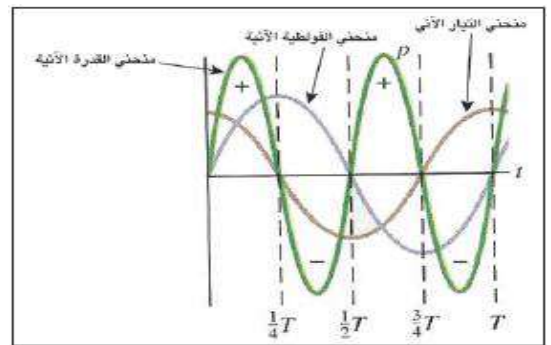
ان المتسعة تبدي معاكسة لتغير التيار الكهربائي المار في الدائرة تسمى الرادة السعوية (X_c) وتقاس بالاووم ويطبق عليها الصيغة الرياضية لقانون أوم

$$X_c = \frac{V_c}{I_c}$$

ولا تعتبر هذه المعاكسة مقاومة أومية لعدم استهلاكها قدرة حقيقية ولا تخضع لقانون جول الحراري. عندما تكون الفولطية الانية (V_c) صفرا فإن شحنة لوحى المتسعة في هذه اللحظة تكون صفراً ايضاً فيكون I_c عند مقداره الاعظم (الموجب) ثم يأخذ بالهبوط عند ازدياد (V_c) وعندما تصل شحنة المتسعة مقدارها الاعظم يصبح (I_c) صفر وتصبح (V_c) في مقدارها الاعظم وهذا يدل على أن التيار يسبق الفولتية بزاويتي فرق طور (90°)، كما هو في الشكل (10-4) والذي يمثل منحنى القدرة.



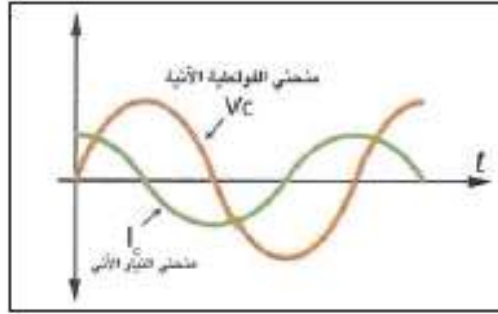
مخطط يوضح الفولتية والتيار بالمتجهات الطورية



شكل 10-4 يمثل منحنى القدرة

نستنتج من هذا:

1- أن (V_c) تتخلف عن تيار المتسعة I_c بزاوية فرق طور (90°) ، كما هو في الشكل (4-11).



شكل 4-11 موجة الفولطية والتيار في دائرة المتسعة

2- لقد وجد أن الرادة السعوية تتناسب عكسياً مع تردد الدائرة (f) عند ثبوت سعة المتسعة (C) وعكسياً مع السعة عند ثبوت التردد

عند ثبوت C

عند ثبوت f

$$X_c \propto \frac{1}{f}$$

$$X_c \propto \frac{1}{C}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$\therefore \omega = 2\pi f$$

$$\therefore X_c = \frac{1}{\omega C}$$



حيث ω هو التردد الزاوي.

3 - يتغير منحنى القدرة بين القيمة العظمى الموجبة والقيمة العظمى السالبة لذلك فإن القدرة الآنية لدورة كاملة يساوي صفراً وتردد منحنى القدرة ضعف تردد منحنى التيار.

4- ليس هناك قدرة حقيقية تستهلك في السعة الخالصة لدورة كاملة.

5- المنحنى الموجب يمثل الطاقة الكهربائية المخزونة في المتسعة (عملية شحن) عند تلاشي التيار.

6- المنحنى السالب يمثل الطاقة التي تعود لتتفرغ بالمصدر (عملية تفريغ) ويحصل عند نمو التيار.

مثال (3): ربطت متسعة سعتها $(400 \mu f)$ لمصدر متناوب فولطيته (100 Volt) وتردد $(\frac{50}{\pi} \text{ Hz})$

أحسب: 1- الرادة السعوية (X_c) . 2- شدة التيار المار بالدائرة (I_c) .

الحل:

$$1 : X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

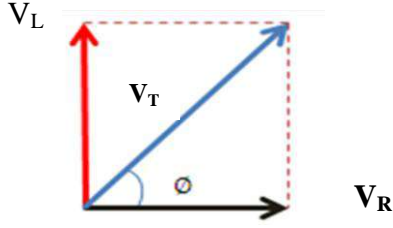
$$X_c = \frac{1}{2\pi \times \frac{50}{\pi} \times 400 \times 10^{-6}}$$

$$X_c = 25 \Omega$$

$$2 : I_c = \frac{V_c}{X_c}$$

$$I_c = \frac{100}{25} = 4 \text{ A} \quad \text{تيار الدائرة}$$

4-6 ربط مقاومة ومحث خالص (صرف) على التوالي:



علمت عزيزي الطالب أن الفولطية عبر المقاومة تكون في طور واحد مع التيار، أما الفولطية خلال المحث فإنها تتقدم على التيار بزاوية فرق طور (90°) لذلك فإن الفولطية الكلية تتقدم على التيار بزاوية فرق طور (ϕ) فإذا رسمنا المخطط الطوري لها سيكون كما هو في الشكل (4-12).

شكل 4-12 المخطط الطوري للفولطية

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

حيث إن:

V_T الفولطية الكلية

V_R الفولطية عبر المقاومة

V_L الفولطية عبر المحث

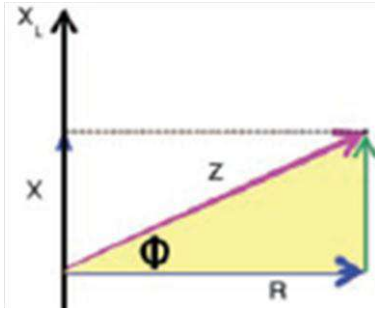
لإيجاد زاوية فرق الطور:

$$\tan \phi = \frac{V_L}{V_R}$$

سوف يظهر عامل جديد في هذه الدائرة يمثل النسبة بين القدرة الحقيقية الى القدرة الظاهرية يسمى **بعامل**

القدرة (Power Factor) $\cos \phi$

$$\cos \phi = \frac{V_R}{V_T}$$



وهناك مخطط آخر هو مخطط الممانعة وهي المحصلة الاتجاهية والتي تمثل الإعاقة المشتركة من قبل المقاومة والمحث ضد التيار المتناوب وتقاس بالأمم ويرمز لها بالرمز (Z) وهي كمية اتجاهية، كما هو في المخطط الطوري (4-13).

شكل 4-13 المخطط الطوري للممانعة

$$Z = \frac{V_T}{I_T}$$

حسب قانون أوم

أو من المخطط الطوري :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$\tan \phi = \frac{X_L}{R}$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

فكر؟

لا يمكن جمع المقاومة والرادئة الحثية جمعاً عددياً، لماذا؟

مثال (4): دائرة تيار متناوب تتألف من مقاومة مقدارها (15 Ω) ومحث خالص رادته الحثية (20 Ω) مع مصدر للتيار المتناوب على التوالي، فرق جهده (150 Volt) وترددته ($\frac{500}{\pi}$ Hz)، فما هو

- 1- ممانعة الدائرة.
- 2- تيار الدائرة.
- 3- عامل القدرة.
- 4- زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار.
- 5- حث المحث ؟

الحل :

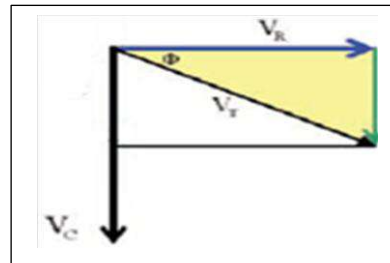
- 1- $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$
 $Z = \sqrt{(15)^2 + (20)^2}$
 $Z = 25 \Omega$ الممانعة
- 2- $I_T = \frac{V_T}{Z}$
 $I_T = \frac{150}{25} = 6 A$ الدائرة تيار
- 3- $\cos \phi = \frac{R}{Z}$
 $\cos \phi = \frac{15}{25}$
 $\cos \phi = \frac{3}{5}$
 $\cos \phi = 0.6$ عامل القدرة
- 4- $\tan \phi = \frac{X_L}{R}$
 $\tan \phi = \frac{20}{15}$
 $\tan \phi = \frac{4}{3}$
 $\phi = 53^\circ$ زاوية فرق الطور
- 5- $X_L = 2 \pi f L$
 $L = \frac{20}{2\pi \times \frac{500}{\pi}} = \frac{20}{1000} = 0.02 H$ حث المحث

7-4 ربط مقاومة ومتسعة خالصة على التوالي :

يوجد مخطط طوري للفولطية، كما هو في الشكل (14-4) ونستنتج منه مايلي :

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

$$\tan \phi = \frac{-V_C}{V_R} \quad \phi \text{ زاوية فرق الطور}$$



شكل 14-4 المخطط الطوري للفولطية

تكون زاوية فرق الطور سالبة، لان التيار يتقدم على الفولطية في دائرة المتسعة المربوطة على مصدر تيار متناوب.

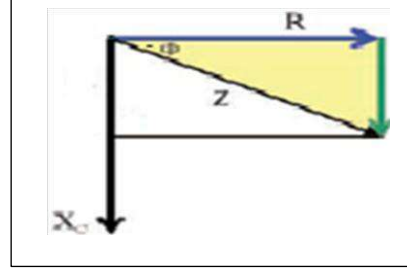
ومن المخطط الطوري للممانعة نستنتج ما يأتي:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

$$\tan \phi = \frac{-X_c}{R}$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} \quad \text{أو} \quad \cos \phi = \frac{V_R}{V_T} \quad \text{عامل القدرة}$$

$$P = I_T V_T \cos \phi$$



شكل 15-4 المخطط الطوري للممانعة

مثال (5): ربطت متسعة سعتها (100 μ F) بين قطبي مصدر للتيار المتناوب فولطيته (120 Volt) وتردده ($\frac{500}{\pi}$ Hz) مع مقاومة مقدارها (10 Ω) على التوالي احسب 1- الرادة السعوية 2- التيار المار بالدائرة. 3- زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار؟

الحل :

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi \times \frac{500}{\pi} \times 100 \times 10^{-6}}$$

$$X_c = 10 \Omega \quad \text{الرادة السعوية}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + 10^2}$$

$$Z = 10\sqrt{2} \Omega$$

$$I_T = \frac{V_T}{Z}$$

$$I_T = \frac{120}{10\sqrt{2}}$$

$$I_T = 8.4 \text{ A} \quad \text{تيار الدائرة}$$

$$\tan \phi = \frac{-X_c}{R}$$

$$\tan \phi = \frac{-10}{10}$$

$$\tan \phi = -1$$

$$\phi = -45^\circ \quad \text{زاوية فرق الطور}$$

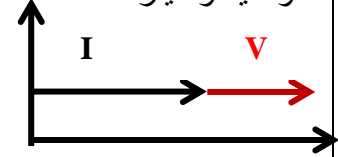
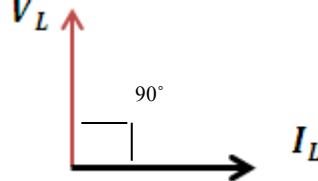
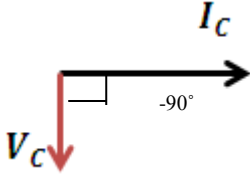
جدول 1-4 النسب المثلثية لبعض الزوايا

NO.	الزاوية θ	$\sin \theta$	$\cos \theta$	$\tan \theta$
1	30°	0.5	0.866	0.577
2	37°	0.6	0.8	0.753
3	45°	0.7	0.7	1
4	53°	0.8	0.6	1.32
5	60°	0.866	0.5	1.73

8-4 ربط المقاومة والمحث والملتسعة على التوالي:

لربط عناصر التيار المتناوب (المقاومة والمحث والملتسعة) مع بعضهما على التوالي سوف نلخص لك عزيزي الطالب أهم المميزات العامة لكل عنصر والعلاقات الرياضية الخاصة لكل منها بالجدول الآتي:

ت	المقاومة R	الراددة الحثية X_L	الراددة السعوية X_C
1	تبدي معاكسة لمرور التيار	كذلك	كذلك
2	تخضع لقانون أوم $R = \frac{V}{I}$ وتقاس بالاووم	كذلك $X_L = \frac{V_L}{I_L}$ كذلك	كذلك $X_C = \frac{V_C}{I_C}$ كذلك
3	تستهلك طاقة أي تخضع لقانون جول الحراري	لا تستهلك طاقة (قدرة) لا تخضع لقانون جول	لا تستهلك طاقة (قدرة) لا تخضع لقانون جول
4	لا تعتمد على تردد الدائرة	تناسب طرديا مع التردد	تناسب عكسيا مع التردد
5	لا يوجد فرق طور بين الفولطية والتيار	تتقدم الفولطية عن التيار بزاوية فرق طور (90°)	يتقدم التيار عن الفولطية بزاوية فرق طور (90°)



هل تعلم :

أن انتاجية المولدات الكهربائية تقاس بالكيلو فولط أمبير وليس بالواط لان انتاجها قدرة ظاهرية فقط.

ان كثرة وجود الملفات في معظم الاجهزة الكهربائية تتسبب في ظهور فرق بالطور بين الفولطية والتيار، مما يجعل عامل القدرة أقل من واحد، لذلك تسعى مؤسسات نقل الطاقة الكهربائية الى جعل عامل القدرة مقارباً للواحد وذلك بوساطة طريقتين اولهما استعمال أسلاك ناقلة ذات مقطع عرضي أوسع لتقليل مقاومتها ومحطات أضخم لتوليد قدرة كهربائية بتيار كبير، لكن هذا الاجراء غير اقتصادي، اما الطريقة الثانية فهي تصحيح عامل القدرة دائما وجعله مقارباً للواحد وذلك بأستخدام متسعات.

1-8-4 القدرة الكهربائية في دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط وعامل القدرة:

لقد علمت عزيزي الطالب سابقا ان المحث والملتسعة لا يستهلكان قدرة كهربائية حقيقية تخزن بشكل مجال مغناطيسي بالمحث وبشكل مجال كهربائي في الملتسعة وتعاد الى المصدر في أثناء التفريغ لذلك تستهلك قدرة حقيقية فقط بالمقاومة الاومية وتظهر بشكل حرارة وتقدر بوحدة الواط ويمكن حسابها من أي علاقة آتية :

$$P_{\text{المستهلكة}} = V_R \times I_R$$

$$P_{\text{المستهلكة}} = I_R^2 \times R$$

$$P_{\text{المستهلكة}} = V_T \times I_T \cos \phi$$

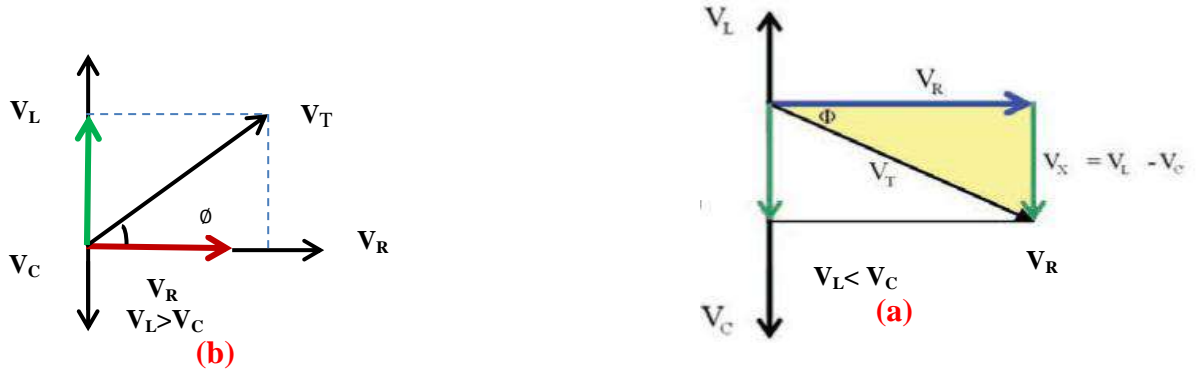
وتسمى $(V_T I_T)$ بالقدرة الظاهرية للدائرة الكهربائية ووحداتها (Volt Ampere).

إن القدرة الحقيقية = القدرة الظاهرية × عامل القدرة
 أن النسبة بين القدرة الحقيقية الى القدرة الظاهرية تسمى عامل القدرة (power factor) كما مر سابقاً.

ففي الدائرة ذات المقاومة الاومية الخالصة يكون عامل القدرة ($\cos \phi$) يساوي واحداً لان القدرة الحقيقية هي نفسها القدرة الظاهرية. أما في المحث الصرف والمتسعة ذات سعة صرف فيكون مقدار عامل القدرة لهما يساوي صفراً.

2-8-4 قوانين ربط مقاومة ومحث ومتسعة على التوالي:

هنالك عدة أنواع من الربط منها الربط على التوازي والربط على التوالي والربط المختلط والآن سوف ندرس قوانين الربط على التوالي حيث يكون هناك مخطط طوري للفولطية ومخطط طوري للممانعة أما زاوية فرق الطور فتكون حسب خواص الدائرة، حيث تكون موجبة اذا كانت للدائرة خواص حثية وتكون الزاوية سالبة اذا كانت للدائرة خواص سعوية، وكما هو مبين في الشكل (4-16).



شكل 4-16 مخطط الفولطية الطوري. (a) مخطط يوضح الخواص السعوية. (b) مخطط لتوضيح الخواص الحثية

يكون التيار هنا متساوي ($I_T = I_R = I_L = I_C$)

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$\cos \phi = \frac{V_R}{V_T} \quad \text{خواص حثية} \quad V_L > V_C$$

$$\text{خواص سعوية} \quad V_L < V_C$$

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} \quad (\text{عندما تكون للدائرة خواص حثية})$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{خواص حثية} \quad X_L > X_C$$

$$\text{خواص سعوية} \quad X_L < X_C$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z}$$

$$\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$P_{\text{المستهلكة}} = V_R \times I_R$$

$$Z = \frac{V_T}{I_T}$$

أما قوانين X_L و X_C فهي نفس القوانين التي درستها في الامثلة السابقة.

مثال (6): دائرة تيار متناوب تتألف من ملف مهمل المقاومة ومقاومة مقدارها (40Ω) ومنتسعة رادتها السعوية (10Ω) مربوطة جميعها على التوالي والقدرة المستهلكة (160 W) فأذا كان تردد الدائرة $(\frac{500}{\pi} \text{ Hz})$ وحث الملف (40 mH) والتيار المار بالدائرة (2 A) أحسب 1- فولطية المصدر. 2- عامل القدرة.

الحل:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2\pi \times \frac{500}{\pi} \times 40 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 40 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{40^2 + (40 - 10)^2}$$

$$Z = \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2500} = 50 \Omega$$

$$1 - V_T = I_T Z$$

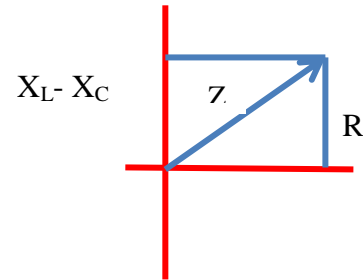
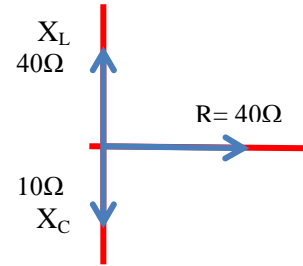
$$V_T = 2 \times 50$$

$$V_T = 100 \text{ Volt}$$

$$2 - \cos \phi = \frac{R}{Z}$$

$$\cos \phi = \frac{40}{50}$$

$$\cos \phi = 0.8$$



هل تعلم؟

إذا كانت $X_L = X_C$ يكون للدائرة خواص اومية فقط أي إن التيار والفولطية بطور واحد وتسمى بحالة الرنين الكهربائي ولها تردد يسمى بالتردد الرنيني للدائرة المهتزة ويحسب من العلاقة الآتية .

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

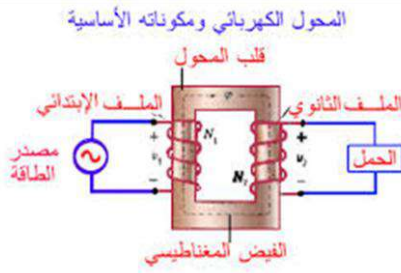
ولهذه الدائرة تطبيقات عملية كثيرة منها البث الراديوي والتلفزيوني.

9-4 المحولة الكهربائية :Transformer

المحولة الكهربائية هي جهاز من اجهزة التيار المتناوب تستعمل لرفع أو خفض الفولطية المتناوبة. واساس عمل المحولة: يعتمد عمل المحولة الكهربائية على مبدأ الحث المتبادل بين ملفين متجاورين بينهما تواسج مغناطيسي تام.



شكل 17-4 محولة كهربائية



شكل 4-18 مخطط لمحولة كهربائية

تتكون المحولة المحولة من الأجزاء الآتية:

1- النواة وتصنع بشكل مغلق كي يتوافر التواشج المغناطيسي التام في ملفاتها وبنفوذية عالية وتصنع من الحديد المطاوع لتقليل خسائر الهسترة فتزداد كفاءتها وتصنع ايضا بشكل صفائح رقيقة مكبوسة ومعزولة عن بعضها بعضاً عزلاً كهربائياً لتقليل خسائر التيارات الدوامية .

2- ملفان معزولان كهربائياً عن بعضهما ومختلفين في

عدد لفاتهما، يربط الملف الابتدائي بالمصدر المتناوب والملف الثانوي يربط بالجهاز (الحمل)، كما هو في الشكل (4-18) ولاحتوي المحولة على مفتاح تلقائي لذلك تعتبر من اجهزة التيار المتناوب فقط.

هل تعلم؟

ان في محولات التردد العالي تصنع النواة من مادة الفيراييت والتي تمتاز بمقاومة عالية نسبياً فنقل فيها خسائر الهسترة وكذلك تمتاز بنفوذيتها المغناطيسية العالية جداً.

4-9-1 أنواع المحولات :

1- **المحولات الرافعة:** هي تلك المحولات التي تقوم برفع الفولطية المتناوبة وخفض التيار في الملف الثانوي عما كان عليه في الملف الابتدائي وذلك عندما تكون عدد لفات الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي كما هو في المحولات التي تربط في محطات توليد الطاقة الكهربائية .

2- **المحولات الخافضة:** هي تلك المحولات التي تقوم بخفض الفولطية ورفع التيار في الملف الثانوي عما كان عليه بالملف الابتدائي وذلك عندما تكون عدد لفات الملف الثانوي أقل من عدد لفات الملف الابتدائي كما هو في شاحن الهاتف النقال (الموبايل) وغيرها.

4-9-2 قوانين المحولة:

تعرف النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي إلى عدد لفات الملف الابتدائي بأنها نسبة التحويل ويرمز لها

$$\frac{N_2}{N_1}$$

فإذا كانت $\frac{N_2}{N_1} > 1$ فإن المحولة تكون رافعة

و $\frac{N_2}{N_1} < 1$ فإن المحولة تكون خافضة

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

كذلك أن

حيث تمثل V_2 فولطية الملف الثانوي
 V_1 فولطية الملف الابتدائي

قدرة الملف الابتدائي

قدرة الملف الثانوي

وعندما تكون المحولة مثالية، أي كفاءتها 100% تكون:

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

لا تطبق هذه النسبة الا اذا كانت المحولة مثالية

$$\text{كفاءة المحولة} = \frac{\text{قدرة الملف الثانوي}}{\text{قدرة الملف الابتدائي}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

حيث (η) تمثل كفاءة المحولة وهي كمية مجردة من الوحدات.
خسائر المحولة الكلية = قدرة الملف الابتدائي - قدرة الملف الثانوي
إن كفاءة المحولة لا تصل الى 100 % بسبب الآتي:

1- ضياع جزء من الطاقة الكهربائية بشكل حرارة في أسلاك الملفين، ويمكن تقليلها باستعمال أسلاك غليظة.

2- ضياع جزء من الطاقة الكهربائية على شكل حرارة تتولد في قلب المحولة بسبب التيارات الدوامية.

3- ضياع جزء من الطاقة الكهربائية على شكل هسرة في مادة القلب الحديدي.

ملاحظة :

تغمر المحولات ذات الطاقة العالية في نوع خاص من الزيت لان الزيت سيعمل كمشع للحرارة المتولدة في ملفات المحولة ويعمل على تبريدها وبذلك تحافظ على سلامتها.

مثال (7): محولة نسبة التحويل فيها ($\frac{12}{1}$) وكفاءتها 96% فاذا كان تيار الملف الثانوي (4 A) وفولطية الملف الثانوي (4800 V) فما هي 1- قدرة الملف الابتدائي. 2- تيار الملف الابتدائي.

الحل :

$$1- P_2 = V_2 I_2 = 4800 \times 4 = 19200 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

$$96\% = \frac{19200}{P_1} \times 100\%$$

$$P_1 = \frac{19200}{96} \times 100 = 20000 \text{ W}$$

$$2- \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{12}{1} = \frac{4800}{V_1}$$

$$V_1 = \frac{4800}{12} = 400 \text{ Volt}$$

$$P_1 = V_1 I_1$$

$$20000 = 400 \times I_1$$

$$I_1 = \frac{20000}{400} = 50 \text{ A}$$

4-9-3 نقل الطاقة الكهربائية:

إذا أرسلت الطاقة الكهربائية الى مسافات بعيدة فسوف يكون هناك فقد وعلى شكل حرارة بسبب مقاومة أسلاك النقل لان (الحرارة تتناسب مربع التيار في المقاومة) حسب قانون جول ولتقليل القدرة الضائعة هذه ترسل الطاقة الكهربائية بفولطية عالية وتيار واطئ في أسلاك النقل المحملة على أبراج عالية وذلك باستعمال محولات رافعة للفولطية عند محطة التوليد للطاقة ومحولات خافضة للفولطية للمجهزة للحمل.

أسئلة الفصل الرابع

- س/1 اختر العبارات الصحيحة لكل من العبارات الآتية:
- 1- مقدار الفولطية المتناوبة المؤثرة في دائرة التيار المتناوب تساوي
a- $1.5 V_m$. b- $0.707 V_m$.
c- $0.636 V_m$. d- $\sqrt{2} V_m$
 - 2- يكون استهلاك القدرة في مقاومة أومية خالصة:
a- حقيقياً. b- أكبر ما يمكن.
c- صفراً. d- ليس أياً مما سبق.
 - 3- لرفع الفولطية المتناوبة نستعمل:
a- محركاً. b- مولداً.
c- ملفاً. d- محولة كهربائية.
 - 4- تكون قيمة الممانعة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على محث ومقاومة ومتسعة بالنسبة للمقاومة كالاتي:
a- أكبر منها.
b- أقل منها.
c- مساوية لها.
d- ليس أياً مما سبق.
 - 5- قيمة عامل القدرة في الدائرة الكهربائية للتيار المتناوب تحتوي على محث:
a- صفر.
b- أكبر من الواحد.
c- أقل من الواحد.
d- ليس أياً مما سبق.
 - 6- يربط طرفا الملف الثانوي في المحولة الكهربائية:
a- بالمصدر.
b- بالجهاز (الحمل).
c- بالنواة.
d- ليس أياً مما سبق.
 - 7- إن احد اسباب خسائر القدرة في الدائرة الكهربائية :
a- التيارات الدوامة.
b- ربط المحولة على التوالي.
c- كبر حجم المحولة.
d- وجود مجال مغناطيسي.
- س/2 املأ الفراغات الآتية:
- 1- هناك استهلاك قدرة ----- في المقاومة الاومية الخالصة.
 - 2- لا تعتمد ----- على التردد في دائرة التيار المتناوب.
 - 3- تقاس الرادة الحثية بوحدة-----.
 - 4- تعتبر الممانعة من الكميات-----.

- 5- من الافضل اقتصاديا نقل الطاقة الكهربائية ب-----عالية و----- واطى.
- 6- تعد المحولة جهازاً من أجهزة التيار ----- فقط.
- 7- لتقليل زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار في محطات نقل الطاقة الكهربائية نستعمل ----
مربوطة على التوازي.

س/3 ما الفرق بين عمل المتسعة في دائرة تيار مستمر ودائرة تيار متناوب؟
س/4 ما معنى القيمة المؤثرة للتيار المتناوب؟ اكتب علاقة هذه القيمة مع المقدار الاعظم للتيار؟
س/5 كيف يمكن التمييز بين المقاومة والمحث والمتسعة موضوعة في ثلاثة صناديق متشابهة عند ربطها مع بطارية وأسلاك ومصباح كهربائي كلاً على حدة؟
س/6 ما مقدار عامل القدرة في كل من الآتي:

1 - المقاومة.

2 - المحث.

3 - المتسعة.

س/7 لماذا تعد المحولة جهازاً من أجهزة التيار المتناوب؟

س/8 ما خسائر القدرة في المحولة ؟

س/9 ما نوع المحولة المربوطة في مناطق التجهيز للحمل؟

مسائل الفصل

س/1 دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة أومية خالصة يتراوح التيار المتناوب فيها (10- ، +10) والفولطية المتناوبة تتراوح ما بين (14.14- ، +14.14) أحسب الآتي:

1 - التيار المؤثر 2 - الفولطية المؤثرة 3 - مقدار المقاومة؟

الجواب : 1- $I_e = 7.07 \text{ A}$ 2- $V_e = 10 \text{ Volt}$ 3- $R = 1.4 \Omega$

س/2 رُبط ملف الى مصدر فولطية متناوبة ترددها $\frac{500}{\pi} \text{ Hz}$ فأصبحت قيمة الرادة الحثية 125Ω احسب
حث المحث؟

الجواب : $L = 0.125 \text{ H}$

س/3 ربطت متسعة الى مصدر تيار متناوب فإذا كانت قيمة سعة المتسعة $\frac{100}{\pi} \mu\text{F}$ ورادة المتسعة
مقدارها 100Ω احسب تردد الدائرة الكهربائية؟

الجواب : $f = 50 \text{ Hz}$

س/4 ربطت مقاومة مقدارها 3Ω مع محث حثه الذاتي (50 mH) ولمصدر فولطية متناوبة ترددها
 $\frac{40}{\pi} \text{ Hz}$ على التوالي وكان تيار الدائرة 2 A احسب فولطية المصدر؟

الجواب : $V = 10 \text{ V}$

س/5 ربطت متسعة سعتها (200 μF) مع مقاومة أومية مقدارها (40 Ω) على التوالي لمصدر
كهربائي متناوب تردده ($\frac{250}{3\pi} \text{ Hz}$) فإذا كانت القدرة المستهلكة في الدائرة (1000 W) احسب
فولطية المصدر؟

الجواب : $V_T = 250 \text{ V}$

س/6 إذا كانت قدرة الملف الابتدائي في محولة كهربائية يساوي (1000 W) وقدرة الملف الثانوي
(900 W). أحسب : 1- القدرة الضائعة بالمحولة. 2- كفاءة المحولة.

الجواب: 1- 100 W 2- 90%.

س/7 محولة رافعة للجهد (100 V) الى (300 V) كفاءة المحولة (80%) فإذا كان تيار الملف
الابتدائي (3A) . أحسب : 1- قدرة الملف الثانوي. 2- تيار الملف الثانوي.

الجواب: 1- 240 W 2- 0.8 A.

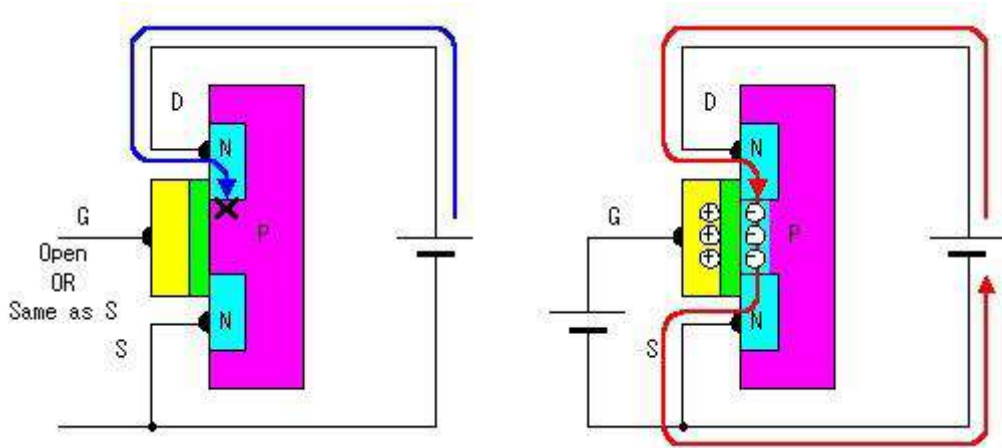
الفصل الخامس الالكترونيات

مفردات الفصل

- 1-5 المواد شبه الموصلة (تداخل حزم الطاقة)
- 2-5 المواد شبه الموصلة نوع (N) ونوع (P)
- 3-5 الثنائي (PN) / PN diode
- 4-5 الترانزستور
- 5-5 البث الكهرومغناطيسي
- 6-5 الرادار
- أسئلة الفصل

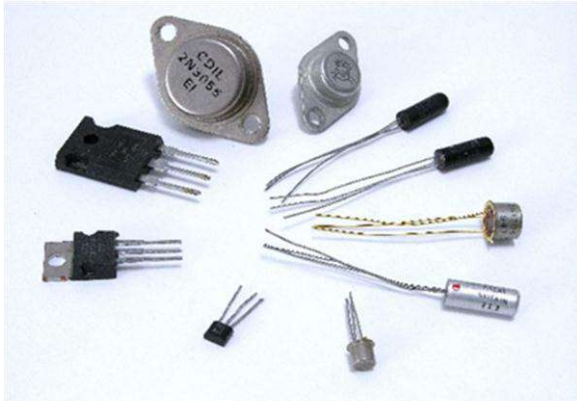
الاهداف السلوكية:-

- بعد دراسة هذا الفصل ينبغي على الطالب ان يكون قادرا على الآتي:-
- 1- معرفة نوعا المواد شبه الموصلة نوع (P,N) للتمييز بينهما وبيان أهم تطبيقاتهما مع بيان رموزهما وكيفية رسمهما في الدوائر.
 - 2- التعرف على نوعي الترانزستور الاتصالي والتمييز معززا ذلك بالرسم.
 - 3- يتعرف الطالب على البث الكهرومغناطيسي وطرق البث.
 - 4- يتعرف على الرادار وكيفية عمله ومم يتكون وانواعه وفي أي مجال يستعمل.



تمهيد:

ان التطور الكبير والسريع الحاصل في العالم شمل علم الإلكترونيات أيضاً حيث تم التطبيق في مجالات العلوم كافة وبدأ التطور يدخل عالم الصناعة، فصنعت الكثير من الأجهزة الإلكترونية المتطورة



والحديثة ومنها التلفاز والراديو ومكبرات الصوت وأجهزة تضمين الاشارات وجهاز الراسمة الكاثودية وأجهزة البث والتسلم والرادار وأجهزة أخرى في ميادين الطب والهندسة والفضاء والفلك والكيمياء وعلوم الحياة وأجهزة التحسس وغيرها.

إن جميع هذه الاجهزة تعتمد في عملها على الثنائيات البلورية المختلفة والترانزستورات والدوائر المتكاملة، كما هو في الشكل (5-1) حيث يمثل أشكالاً عديدة للترانزستور.

شكل 5-1 بعض انواع الترانزستور

5-1 المواد شبه الموصلة (تداخل حزم الطاقة):

عرفت عزيزي الطالب من خلال دراستك السابقة ان المواد تقسم الى ثلاثة أنواع من حيث توصيلها بالكهربائية وهي المواد الموصلة والمواد العازلة والمواد شبه الموصلة. **وأن المواد الموصلة هي التي تسمح لمرور التيار الالكتروني خلالها، لذلك تتحرك الشحنات الكهربائية بسهولة وانسيابية في الموصلات ومنها الفضة والذهب والنحاس والالمنيوم، وهذه المواد تمتاز ذراتها بان لها الكترون تكافؤ واحد يرتبط مع النواة ارتباطاً ضعيفاً وهذه الالكترونات تتمكن بسهولة من فك ارتباطها مع النواة وتصبح حرة الحركة لذلك تسمى (الالكترونات الحرة). أن المواد الموصلة تحتوي على وفرة من الالكترونات الحرة فينشأ ويمر فيها التيار الالكتروني بتسليط فرق جهد مناسب بين طرفيها نتيجة حركة الالكترونات باتجاه واحد لان المواد الموصلة مقاومتها قليلة.**

اما بالنسبة الى **المواد العازلة فهي المواد التي لا تسمح لمرور التيار الالكتروني من خلالها في الظروف الاعتيادية وذلك بسبب أن إلكترونات التكافؤ فيها مرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع النواة ومقاومتها الكهربائية تكون كبيرة.**

اما **المواد شبه الموصلة فهي تلك المواد التي تتحرك فيها الشحنات الكهربائية بحرية لكن أقل مما هو عليه في المواد الموصلة ومقاومتها الكهربائية تكون بين الموصل والعازل.**

هل تعلم؟

أن إلكترونات التكافؤ هي الالكترونات التي تشغل الغلاف الثانوي الخارجي والتي هي الاكثر بعداً عن النواة وتقع في غلاف التكافؤ.
أن هذه الإلكترونات (الالكترونات التكافؤ) تمتلك قدراً كبيراً من الطاقة وتكون ضعيفة الارتباط مع النواة مقارنة بالالكترونات الاخرى للنواة.
هذه الالكترونات هي التي تشترك في التفاعلات الكيميائية وهي التي تحدد الخواص الالكترونية للمادة.

5-1-1 حزم الطاقة في المواد الصلبة:

إن الإلكترونات في الذرة المنفردة تدور حول النواة بمدارات محددة وإن لكل مدار مستوى محدد من الطاقة.

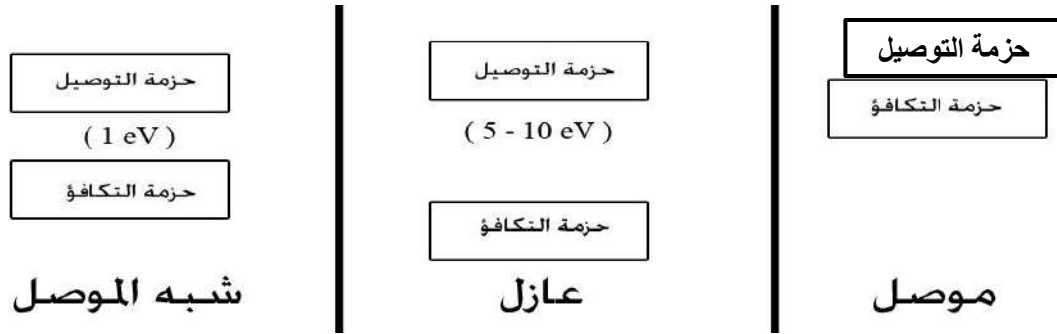
أن تتداخل مستويات الطاقة مع بعضها البعض في المواد الموصلة يؤدي إلى تأثير إلكترونات أية ذرة بالإلكترونات الذرات الأخرى المجاورة لها في المادة نفسها.

نتيجة لهذا التفاعل بين الذرات المتجاورة في المادة الواحدة تقسم مستويات الطاقة المسموح بها في الأغلفة الثانوية الخارجية المتقاربة مع بعضها بشكل حُرْم، وكل حزمة منها ذات مستويات طاقة ثانوية متقاربة من بعضها مكونة ما يسمى بحزم الطاقة.

وهناك أنواع من حزم الطاقة التي تحدد الخواص الإلكترونية للمادة وهي:

1- **حزم التكافؤ:** وتحتوي هذه الحزمة على مستويات طاقة مسموح بها طاقتها واطئة وتكون مملوءة كلياً أو جزئياً بالإلكترونات ولا يمكن أن تكون خالية من الإلكترونات. إن إلكترونات التكافؤ لا تتمكن من الحركة بين الذرات المتجاورة بسبب قربها من النواة فهي مرتبطة بالنواة بقوة كبيرة.

2- **حزم التوصيل:** تحتوي على مستويات طاقة عالية أكبر من مستويات الطاقة في حزمة التكافؤ والإلكترونات تسمى إلكترونات التوصيل وهذه الإلكترونات تنتقل بسهولة لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي، كما هو في الشكل (5-2).



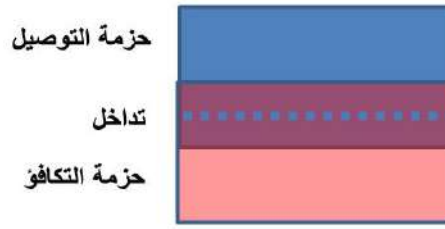
شكل 5-2 يمثل حزم الطاقة

3- **فجوة الطاقة المحظورة:** لا تحتوي فجوة الطاقة المحظورة مستويات طاقة فهي لا تسمح للإلكترونات أن تشغلها فكل إلكترون لكي ينتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل عبر فجوة الطاقة المحظورة يحتاج أن يكتسب طاقة كافية من مصدر خارجي قد يكون طاقة حرارية أو ضوئية أو بتأثير مجال كهربائي ويجب أن يكون مقدارها لا يقل عن مقدار فجوة الطاقة المحظورة.

5-1-2 مميزات وصفات حزم الطاقة في المواد الموصلة وشبه الموصلة والعازلة:

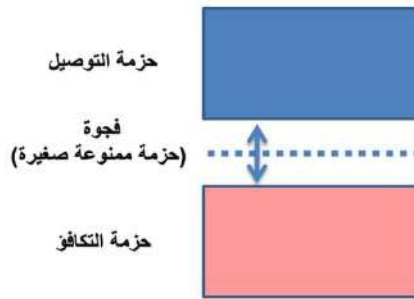
1- حزم الطاقة في المواد الموصلة:

- a- تتداخل حزم التكافؤ مع حزم التوصيل.
- b- تنعدم فيها فجوة الطاقة المحظورة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل ولهذا تكون إلكترونات التكافؤ حرة طليقة في حركتها خلال المادة الموصلة فتكون المواد الموصلة لها قابلية توصيل كهربائي عالية.
- c- إن قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن بصورة عامة تقل عند ارتفاع درجة الحرارة وذلك بسبب زيادة مقاومتها الكهربائية ولزيادة الطاقة الاهتزازية للذرات أو الجزيئات، كما هو في الشكل (5-3).



شكل 3-5 يبين قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن

2- **حزم الطاقة في المواد شبه الموصلة:** إن المواد شبه الموصلة عند درجات الحرارة المنخفضة مثل صفر كلفن $k(0)$ وفي انعدام الضوء فهي تسلك سلوك المواد العازلة، كما هو في الشكل (4-5).



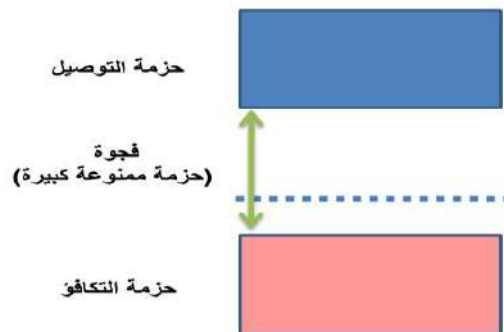
شكل 4-5 يبين حزم الطاقة في المواد شبه موصلة

لذا فتكون فيها حزم الطاقة بالشكل الآتي:

- a- حزمة التكافؤ تكون مملوءة بالإلكترونات التكافؤ.
- b- حزمة التوصيل خالية من الإلكترونات.
- c- فجوة الطاقة المحظورة ضيقة نسبياً.

3- حزم الطاقة في المواد العازلة:

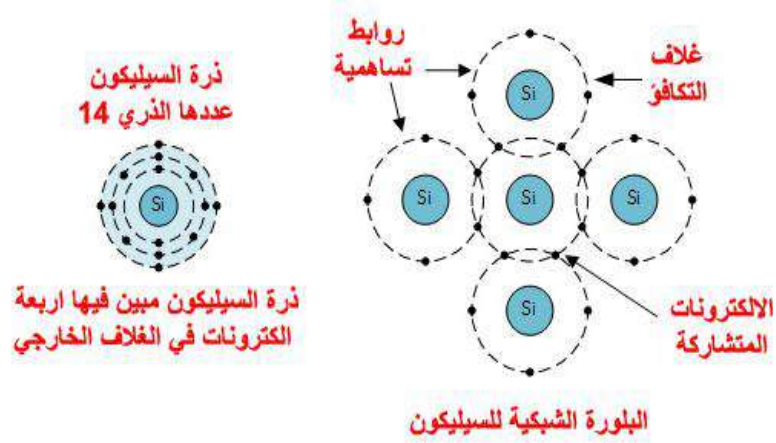
- a- حزمة التكافؤ مملوءة بالإلكترونات التكافؤ.
- b- حزمة التوصيل خالية من الإلكترونات.
- c- فجوة الطاقة المحظورة واسعة نسبياً، كما في الشكل (5-5).



شكل 5-5 يبين حزم الطاقة في المواد العازلة

2-5 المواد شبه الموصلة نوع N ونوع P:

إن التأثير الحراري في شبه الموصل النقي يعمل على زيادة قابلية التوصيل الكهربائي. لكن لعدم إمكانية السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقية بطريقة التأثير الحراري لذا يتطلب عملياً إيجاد طريقة أفضل للتحكم في التوصيل الكهربائي وهذا يتم من خلال إضافة ذرات عناصر ثلثية التكافؤ أو خماسية التكافؤ تسمى بالشوائب، كما هو في شكل (5-6). ويتم ذلك بعناية وبمعدل مسيطر عليه بنسبة واحد لكل (10^8) تقريباً وبدرجة حرارة الغرفة وبنسب قليلة ومحددة في بلورة شبه موصل نقية وهذه العملية تسمى بالتطعيم. وعليه فبعملية التطعيم يكون بالامكان السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل وزيادتها بنسبة كبيرة نتيجة لازدياد حاملات الشحنة (الإلكترونات والفجوات) بالبلورة مقارنة مع ما يحصل في التأثير الحراري.



شكل 5-6 يوضح هيكل ذرة السيليكون

ومن المعروف أن السيليكون والجرمانيوم من أهم أشباه الموصلات والتي تستعمل أوسعاً في التطبيقات الالكترونية وهي من العناصر اللافلزية رباعية التكافؤ ولها تركيباً بلورياً وذراتها ترتبط مع بعضها في أواصر تساهمية ولغرض تحويل هذه العناصر شبه موصلة الى موصلة يتطلب تطعيم هذه الأواصر وزيادة عدد الالكترونات المنتقلة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ويتم ذلك بطريقتين:

1- التأثير الحراري:

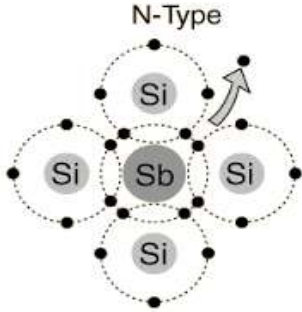
في درجة حرارة (0°C) وغياب الضوء يكون شبه الموصل النقي عازلاً للكهربائية، حيث تكون كل الالكترونات التكافؤ (الاربعة) مرتبطة ببعضها داخل هيكل بلوري فلا نلاحظ وجود الكترونات حرة ولكن عند ارتفاع درجة الحرارة الدرجة حرارة الغرفة $(27^\circ \text{C} - 300 \text{ K})$ تتحطم بعض الاواصر التساهمية وتكتسب بعض الالكترونات طاقة حركية كافية لانتقالها من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل مجتازة بها فجوة الطاقة المحصورة فتترك مكانها خالية (فجوة) فيتكون ما يسمى (الالكترون- فجوة)، وتعد هذه الطريقة صعبة في التحكم بخواص الكهربائية للمواد شبه موصلة من الناحية العلمية.

2- التطعيم أو التشويب (إضافة شوائب):

يتم فيها إضافة شوائب من عناصر معينة الى مواد شبه الموصل النقية وذلك بزيادة التوصيل الكهربائي لشبه الموصل عبر زيادة حاملات الشحنة (الالكترونات والفجوات). ولهذه العملية نوعان من المواد الشبه الموصلة غير النقية هي مواد شبه موصلة نوع N ومواد شبه موصلة نوع P.

1-2-5 المواد شبه الموصلة نوع (N) Negative-type :

للحصول على شبه موصل نوع N يتطلب إضافة ذرة شوائب خماسية التكافؤ مثل الزرنيخ أو الفسفور أو الانتيمون في البنية البلورية لها لاجل جعلها بلورة موصلة للكهرباء، مثلاً نأخذ ذرة الانتيمون خماسي التكافؤ (Sb) الى بلورة السيليكون النقي رباعي التكافؤ (Si)، اذ ترتبط كل ذرة انتيمون مع اربع ذرات سيليكون فيبقى الالكترون الخامس لذرة الانتيمون حر الحركة يمكن أثارته بسهولة بطاقة صغيرة وأنتقله الى حزمة التوصيل لكي يساهم في عملية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل المطعمة **ويدعى هذا النوع من الشائبة خماسية التكافؤ بالذرة المانحة (Donor atom)** والتي تصبح أيوناً موجباً مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً مع الهيكل البلوري والذي ليس له دور في التوصيل الكهربائي، وعليه فإن شبه الموصل نوع N تكون فيه الالكترونات حاملة للتيار ولكل منها شحنة سالبة ولذلك يشار اليها بمادة النوع السالب مع تسمية الالكترونات (حاملات الشحنة الرئيسية) في حين الفجوات التي تولدت نتيجة انتقال الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل تدعى (حاملات الشحنة) لانها أقل عدداً من الالكترونات، بالتالي تكون المادة شبه الموصلة **من النوع السالب عندما تكون كثافة المانح أكبر من كثافة القابل؛ لذلك فإن شبه الموصل من النوع السالب تكون فيه الإلكترونات أكثر من الفجوات، كما هو في الشكل (5-7).**



هل تعلم:

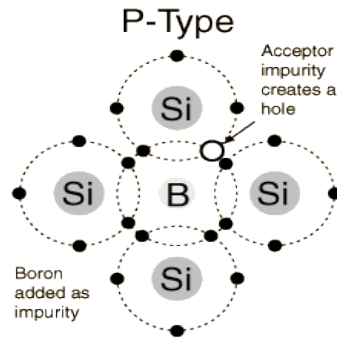
- يعتمد المعدل الزمني لتوليد الأزواج (الالكترون - فجوة) في شبه الموصل على:
- 1- درجة حرارة شبه الموصل.
- 2- نوع مادة شبه الموصل.

شكل 5-7 يوضح شبه الموصل من النوع السالب

2-2-5 المواد شبه الموصلة نوع P (Positive-type) :

أما اذا أدخلنا شوائب ثلاثية التكافؤ (3 الكترون) في التركيب البلوري مثل البورون أو الانديوم أو الألمنيوم حيث تتاح ثلاثة الكترونات تكافؤ فقط للرابطة التساهمية، وهذا يعني أن الرابطة الرابعة لايمكن أن تتشكل. نتيجة لذلك فإن التوصيل الكامل غير ممكن، مما يعطي للمادة شبه الموصل وفرة من حاملات الشحنة الموجبة المعروفة بالفجوات في هيكل البلورة، **فمثلاً للحصول على شبه موصل نوع P يتطلب إضافة شوائب ثلاثية التكافؤ مثل البورون (B) الى بلورة السيلكون (Si)**، اذ ترتبط الكترونات التكافؤ الثلاثة لذرة البورون مع ثلاث ذرات سيليكون مجاورة باواصر تساهمية. ولكن هذه الشائبة الثلاثية التكافؤ تترك أصرة تساهمية تفتقر الى الكترون واحد لذلك تتولد فجوة، وهذه الفجوة تحاول اقتناص الكترون من ذرة سيليكون مجاورة وهكذا.

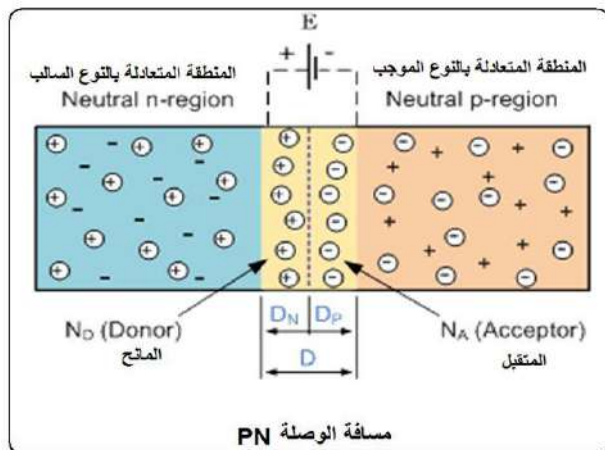
تسمى الشوائب الثلاثية التكافؤ بالذرة القابلة (Acceptor atom) والتي تصبح ايوناً سالباً مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً مع الهيكل البلوري والذي ليس له دور في التوصيل الكهربائي. **وعليه فإن شبه الموصل نوع P تكون فيه الفجوات في حزمة التكافؤ هي (حاملات الشحنة الرئيسية)، أما الإلكترونات في حزمة التوصيل فتسمى (حاملات الشحنة الثانوية).** إضافة البورون يبين ان التوصيل يتكون أساساً من حاملات شحنة موجبة وتنتج مادة من النوع الموجب وتسمى الفجوات الموجبة حاملات الموجب عندما تكون كثافة القابل أكبر من كثافة المانح لذلك فإن شبه الموصل **من النوع الموجب به فجوات أكثر من الإلكترونات، كما هو في الشكل (8-5).**



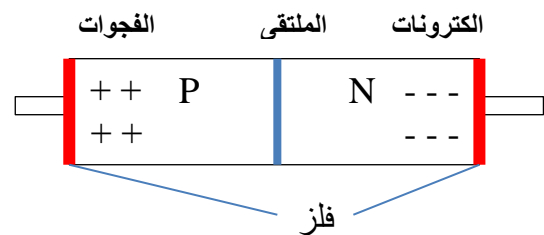
شكل 8-5 يوضح شبه الموصل من نوع الموجب

3-5 الثنائي (PN) diode/ PN:

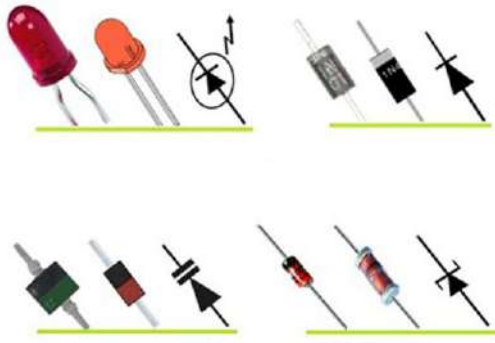
بعد ان عرفنا في الفقرة السابقة كيفية عمل مادة شبه موصلة من النوع السالب بعد إضافة الانتيمون إليها وكذلك كيفية عمل مادة شبه موصلة من النوع الموجب بعد إضافة البورون إليها. وبما أن مواد اشباه الموصلات من النوع الموجب ومن النوع السالب هي متعادلة كهربائياً فهي لاتفعل الا القليل من تلقاء نفسها، لذا **يمكن الحصول على الثنائي PN بتشويب (تطعيم) بلورة (السلكون أو الجرمانيوم) النقية بنوعين من الشوائب احدهما ثلاثية التكافؤ (مثل البورون) والاخرى خماسية التكافؤ (مثل الانتيمون) ويسمى السطح الفاصل بين المنطقتين بالمفروق أو الملتقى (Junction)** من ملاحظتنا للشكل (9-5) نجد أن الكترونات المنطقة N والقريبة من المفروق PN تنتقل متجهة الى المنطقة P تاركة خلفها أيونات موجبة ونفس الحال بالنسبة الى فجوات المنطقة P والقريبة من المفروق PN تنتقل متجهة الى المنطقة N تاركة خلفها ايونات سالبة ونتيجة لهذه العملية تنشأ منطقة رقيقة على جانبي المفروق تحتوي على أيونات موجبة في المنطقة N وايونات سالبة في المنطقة P تسمى منطقة الاستنزاف (Depletion).



شكل 9-5 مسافة الوصلة PN



الثنائي البلوري



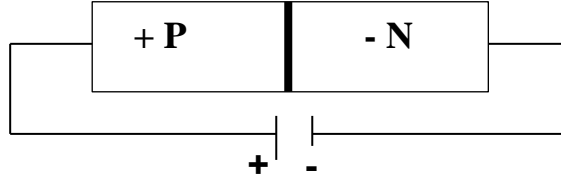
شكل 5-10 بعض انواع الدايمود الثنائي

وباستمرار تكوين أيونات موجبة وسالبة على جانبي المفرق في هذه المنطقة حول الوصلة تسمى **طبقة الاستنفاد أو النضوب** وبذلك سوف تحدث حالة من التوازن (**حالة متعادلة كهربائياً**) يتولد منها مجال كهربائي يعمل فرق الجهد الكهربائي الناتج عن هذا المجال على منع عبور الكترونات اضافية عبر المفرق PN يسمى (**بالحاجز الجهدي**) وبذلك تتوقف عملية انتشار الالكترونات، لذا يتطلب تسليط فرق جهد كهربائي يسمى (**بفولتية الانحياز**) لتوفير ظروف مناسبة لعمل الثنائي PN.

وهناك نوعان من الانحياز:

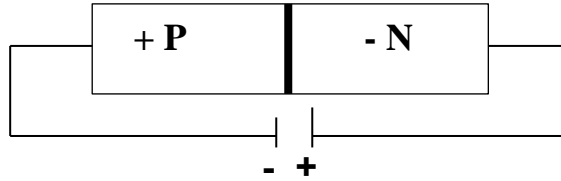
1- الانحياز الامامي للوصلة الثنائية PN: عند ربط P (الموجب) بالقطب الموجب للبطارية والمنطقة N (السالب) بالقطب السالب للبطارية يكون الثنائي متحيزاً بالاتجاه الامامي أي ينساب تيار كبير خلال المفرق (الملتقى) يسمى بالتيار الامامي لأن مقاومة الثنائي PN صغيرة.

الانحياز الامامي



2- الانحياز العكسي (الخلفي) للوصلة الثنائية PN: عند ربط المنطقة P (الموجب) بالقطب السالب للبطارية (المصدر) والمنطقة N (السالب) بالقطب الموجب للبطارية يكون الثنائي PN متحيزاً بالاتجاه العكسي أي ينساب تيار صغير جداً خلال المفرق PN يسمى بالتيار العكسي يمكن أهمله لأن مقاومة الثنائي PN تكون مقاومة كبيرة.

الانحياز العكسي



هل تعلم؟

أن مقدار حاجز الجهد في الثنائي (PN) عند درجة حرارة الغرفة (300 K) يساوي (0.7 V) للمصنوع من السيليكون و (0.3 V) للمصنوع من الجرمانيوم. هناك عدد من الثنائيات منها:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| a- الثنائي المتحسس للضوء | b- ثنائي الخلية الضوئية |
| c- الثنائي الباعث للضوء | d- الثنائي المعدل للتيار |

ثنائي الوصلة (الدايمود) هو واحد من أبسط أجهزة أشباه الموصلات والتي لها خاصية تمرير التيار في اتجاه واحد. إن التأثير السابق وصفه يتحقق من دون أي جهد خارجي على الوصلة الفعلية والنتيجة ان تكون الوصلة في حالة من التوازن. ومع ذلك اذا تم توصيل كل من طرفي المادة السالبة

والمادة الموجبة بمصدر بطارية عندئذ يتواجد مصدر طاقة إضافي للتغلب على الحاجز، وهذا يؤدي الى ان الالكترونات الحرة تكون قادرة على عبور منطقة النضوب (الاستنزاف) من أحد الجانبين الى الجانب الاخر. إن طبقة النضوب (الاستنزاف) تتسع مع زيادة الجهد العكسي المسلط ويرجع ذلك الى الاختلاف في الخواص الكهربائية على جانبي الوصلة وينتج تعديل للتيار المتناوب مثلاً الى تيار معدل باتجاه واحد.

4-5 الترانزستور Transistor:

بعد محاولات وتجارب عديدة قام بها العلماء وللتخلص من عيوب الصمام الالكتروني تم اختراع الترانزستور عام 1947م على يد ثلاثة من الفيزيائيين الامريكيين العاملين في مختبرات (بيل الامريكية) وهم جون باردين وولتر براتين ووليم شوكلي والذين حصلوا على جائزة نوبل عام 1956م تقديراً لجهودهم على هذا الانجاز العظيم والذي خدم الانسانية جمعاء.

والترانزستور هو عنصر إلكتروني فعال مصنوع من مواد شبه موصلة كالجرمانيوم والسيليكون وله ثلاثة أقطاب كما هو الحال مع الصمام الثلاثي ولكن بدون دائرة تسخين. ويتميز الترانزستور عن الصمام الالكتروني بصغر حجمه الذي لايتجاوز اذا ما صنع منفردا حجم حبة الحمص أما إذا كان في دوائر متكاملة فإنه بالامكان تصنيع ملايين الترانزستورات على شريحة لايتجاوز مساحتها السنتيمتر المربع الواحد، ما أدى الى تقليص بالغ في أحجام وأوزان الاجهزة الكهربائية. ويتميز كذلك بأنه يعمل على جهد كهربائي منخفض لايتجاوز عدة فولطات وبقلة استهلاكه للطاقة الكهربائية التي تقاس بالملي واط في الترانزستورات المنفردة والميكروواط وحتى النانو واط في الدوائر المتكاملة، مما أدى الى تصنيع اجهزة كهربائية مختلفة تعمل بالبطاريات الصغيرة وفترات طويلة من الزمن. ويتميز بصلاوته فهو جسم مصمم من مواد شبه موصلة حيث لا توجد في داخله اجزاء متحركة ولذلك فهو لا يتأثر بالصدمات والاهتزازات الميكانيكية كما هو الحال مع الصمام الالكتروني ولذا يمكن وضعه في الاجهزة المحمولة. ويتميز كذلك بطول عمره التشغيلي الذي يمتد لعشرات السنوات وبإمكانية عمله ضمن نطاق واسع من درجات الحرارة. وبإمكانية انتاجه بكميات كبيرة جداً وبأسعار منخفضة جداً.

ومع اختراع الترانزستور الذي يعده العلماء أعظم اختراع في القرن العشرين تجددت آمال المهندسين والفنيين والمنتجين في صنع معدات وأجهزة إلكترونية صغيرة الحجم وقليلة الاستهلاك للطاقة كالحواسيب الرقمية والتلفزيونات الملونة والراديوات الصغيرة والهواتف المحمولة والالات الحاسبة المكتبية واليدوية وأصبح بالامكان أستعمالها في مختلف المركبات والصواريخ العابرة للقارات وفي المركبات الفضائية والاقمار الصناعية... الخ

1-4-5 ترانزستور الوصلة ثنائية القطبية

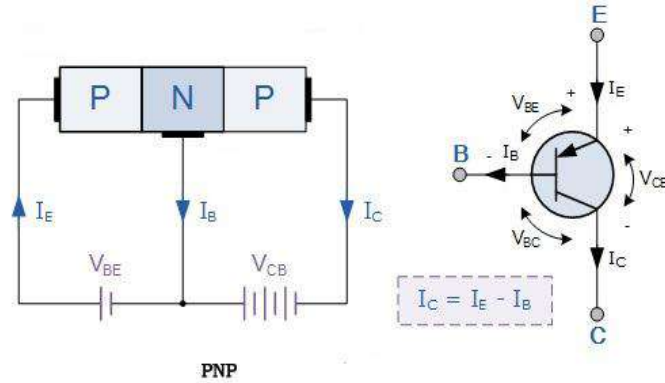
يتم تصنيع هذا النوع من الترانزستور من خلال تطعيم ثلاث مناطق متجاورة على بلورة نقية من السيليكون بحيث يكون التطعيم اماً على شكل (سالب - موجب - سالب) (NPN) او على شكل (موجب - سالب - موجب) (PNP) ويتم توصيل أقطاب معدنية بهذه المناطق الثلاث حيث يسمى القطب الموصل بالمنطقة الوسطى بالقاعدة (Base) (B) بينما تسمى الاقطاب الموصلة بالمنطقتين الخارجيتين بالباعث (Emitter) (E) والجامع (Collector) (C). يطلق على هذا النوع من الترانزستور بثنائي القطبية وذلك بسبب وجود وصلتين فيه وكذلك بسبب مساهمة الفجوات والالكترونات في حمل التيار الذي يسري داخل الترانزستور. الشكل (5-11) يتطلب عمل هذا النوع من الترانزستور وجود وصلتين يكون في الغالب وضع الانحياز لاحدهما أمامي وللأخرى عكسي، ما يعني أن الوصلة

المنحازة أمامياً ستسمح بمرور التيار بينما لا تسمح الوصلة المنحازة عكسياً بمروره ولكن إذا ماتم تصنيع الترانزستور بحيث يكون عرض منطقة القاعدة قليل جداً بحيث إن المنطقة المنضبة المستنزفة للوصلة المنحازة عكسياً تغطي معظم أجزائها فإن الإلكترونات أو الفجوات التي تصل إلى منطقة القاعدة من تيار الوصلة المنحازة أمامياً سيقع في أسر المجال الكهربائي للمنطقة المنضبة المنحازة عكسياً وسيمر تياراً عالياً فيها رغم إنها منحازة عكسياً من العدد الكلي المتولد في الوصلة المنحازة أمامياً.

إن هذه الآلية في طريقة عمل الترانزستور تمكن تياراً ضعيفاً يمر في القاعدة من التحكم بتيار قوي يمر بين الباعث والجامع **ويطلق على نسبة تيار الجامع أو الباعث على تيار القاعدة بربح الترانزستور ويمكن زيادة ربح الترانزستور من خلال تقليل عرض منطقة القاعدة ويمكن الحصول على ربح قد يصل لعدة مئات.**

إن العيب الرئيسي للترانزستور ثنائي القطبية هو أن القاعدة تستعمل التيار الكهربائي للتحكم بعمل الترانزستور، مما يستدعي استعمال دائرة كهربائية خارجية دقيقة لضبط قيمة تيار القاعدة والذي قد يؤدي أي انحراف في قيمته إلى تغيير مكان نقطة التشغيل التي يعمل عندها الترانزستور.

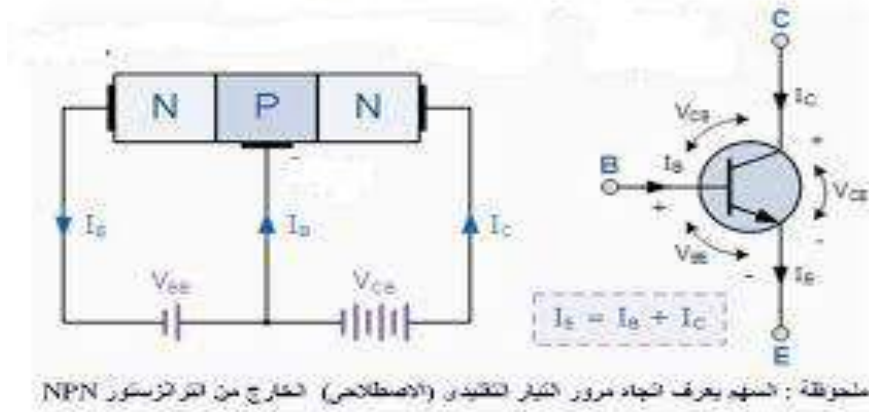
- هل تعلم/
- 1- أن العمل الأساسي للترانزستور هو تضخيم الإشارة الداخلة فيه ومن هذه المضخمات المضخم (PNP) ذو القاعدة المشتركة (قاعدة مؤرضة) والمضخم (PNP) ذو الباعث المشترك.
 - 2- أن أهم استعمالات الترانزستور هي:-
- 1- يستعمل كمفتاح إلكتروني.
 - 2- يستعمل كمكبر أو تكبير للإشارات الصغيرة.



شكل 11-5 ترانزستور نوع (PNP)

ويتم تصنيع الترانزستور من نوع (NPN) بالطريقة السطحية من خلال تطعيم منطقة محدودة بذرات مانحة لتنتج منطقة سالبة بعمق معين على سطح السيليكون وفي داخل هذه المنطقة السالبة يتم تطعيم جزء منها بذرات مستقلة لتحولها إلى منطقة موجبة. وفي داخل هذه المنطقة الموجبة يتم تطعيم جزء منها بذرات مانحة لتحولها إلى منطقة سالبة وبهذا تتكون ثلاث مناطق (منطقتين سالبتين وبيتينها منطقة موجبة) ويتم وصل القاعدة بالمنطقة الموجبة والباعث بالمنطقة السالبة الأقرب من السطح والجامع بالمنطقة السالبة الأبعد عن السطح. الشكل (5-12) وبسبب أن مساحة وصلة الباعث أقل منها بكثير من مساحة وصلة الجامع في عملية التصنيع هذه فإن الربح في تيار الباعث منه أكبر بكثير منه في حالة تيار الجامع ولذا يجب أن يراعى ذلك عند تصميم المضخمات؛ فالترانزستور غير متمثل في مثل هذه الطريقة من التصنيع. ويتم تصنيع أنواع لا حصر لها من الترانزستور بعضها يعمل عند الترددات

المنخفضة وبعضها يعمل عند الترددات العالية وبعضها لاغراض القدرات المنخفضة وبعضها للقدرات العالية وذلك لتلبي حاجة التطبيقات المختلفة. ويحمل كل ترانزستور على سطحه رمزاً مكوناً من عدد من الاحرف والارقام ويمكن استخلاص بعض المعلومات من هذه الرموز كنوع مادة الترانزستور ان كانت من السيليكون أو ألجرمانيوم أو كمدى الترددات التي يعمل عندها ومقدار الجهد أو التيار أو القدرة الكهربائية التي يتحملها.



شكل 5-12 ترانزستور نوع (NPN)

شروط عمل الترانزستور:

- يجب ان يتوفر شرطان لكي يعمل الترانزستور هما:-
- 1- يجب ان تزود الوصلة بين القاعدة والباعث بالانحياز الامامي.
 - 2- يجب ان تزود الوصلة بين الجامع والقاعدة بالانحياز العكسي.

هل تعلم؟

أن تيار الجامع (I_C) يكون دائماً اقل من تيار الباعث (I_E) بمقدار تيار القاعدة (I_B) وذلك بسبب حصول عملية إعادة الالتحام التي تحصل في منطقة القاعدة بين الفجوات والالكترونات. تيار القاعدة يكون صغيراً جداً نسبة الى التيار الباعث (I_E) لان منطقة القاعدة رقيقة ونسبة تطعيمها بالشوائب قليلة. اذا كان تيار القاعدة (I_B) يساوي مثلاً 1% من تيار الباعث (I_E) فيكون تيار الجامع (I_C) قرابة 99 % من تيار الباعث.

5-5 البث الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Broadcasting):

من المعروف أن الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات لا تحتاج بالضرورة الى وسط مادي لانتقالها، وتكون موجات مستعرضة وهي تتولد من تذبذب الالكترونات الحرة في الموصل حيث إن أصل نشوء هذه الموجات هو الشحنات الكهربائية المتذبذبة، وينتج عن هذا التذبذب مجالان كهربائي ومغناطيسي متغيران مع الزمن ومتلازمان ومتعامدان مع بعضهما على خط انتشارهما حيث تنتشر هذه الموجات في الفراغ بسرعة الضوء.

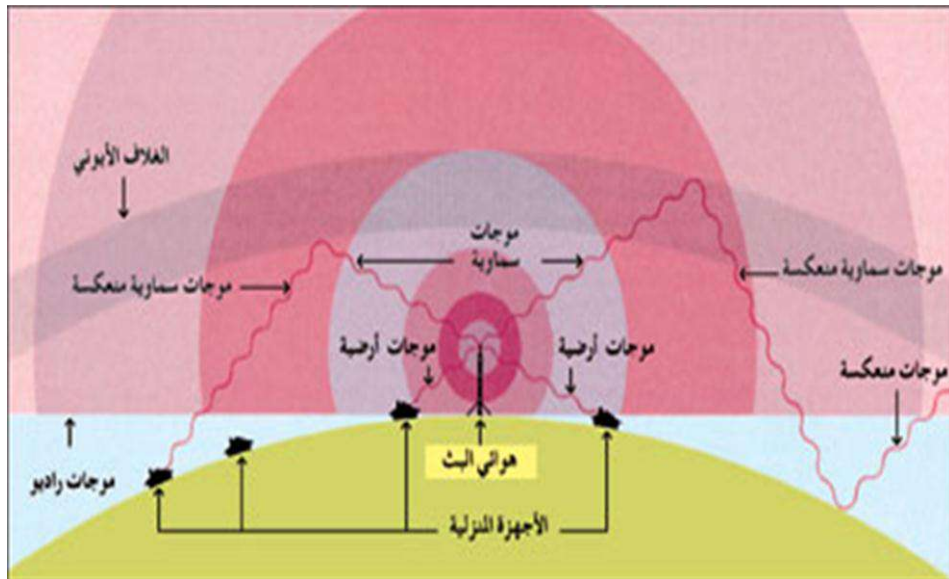
الطيف الكهرومغناطيسي: يتكون من نطاقات من الاطوال الموجية المختلفة ومن أهمها أشعة كاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والموجات الدقيقة والموجات الراديوية.

إن الموجات الراديوية تستعمل في الاذاعة المسموعة والمرئية. وبصورة عامة يعتمد الاستخدام التقني للموجات الكهرومغناطيسية على السهولة التي يمكن بها معرفة الاطوال الموجية المختلفة وانتاجها. ويرتبط الطول الموجي بمعدل اهتزاز الالكترونات في مصدر الطاقة فكلما كان الاهتزاز ابطأ ازداد الطول الموجي وهكذا.

1-5-5 الموجة الارضية والموجة السماوية:

ان الارض تقريبا كروية ونصف قطرها قرابة (6400 km) ومحيط اكبر دائرة لها حوالي (40000 km). يزيد الارتفاع بين نقطتين والمسافة بينهما قرابة (250 km) على (1 km). وهذا الارتفاع يمثل عائقاً كبيراً يمنع انتشار الموجات بين النقطتين، ومع ذلك يمكن تحقيق الاتصال بين نقاط بينهما حاجب ناتج عن انحناء سطح الارض أو عدم انتظام سطح الارض إذا ماتوافر أحد الشروط الآتية:-

- 1- الموجات تتحرك في مسارات تتبع انحناء سطح الارض وتعرجاتها.
 - 2- تعليق كل من هوائي الارسل وهوائي الاستقبال على ارتفاعات مناسبة يوفر خط الرؤية المباشرة بين الهوائيين.
 - 3- توفير محطات إعادة إذاعة وسطية بين محطة الارسل ومحطة الاستقبال تمثل تعرجات سطح الارض التي يقارن ارتفاعها بالطول الموجي للموجة المنتشرة عائقاً بالنسبة إلى الموجات التي تتحرك بالقرب من سطح الارض وتكون عملية بث الموجات الراديوية بطريقتين:
- الطريقة الاولى:-** حيث تسمى الموجات **بالموجات الارضية (ground waves)** وتنتقل فوق سطح الارض مباشرة (قريبة من سطح الارض) الا أنها بسبب انتشارها بخطوط مستقيمة تكون غير قادرة على تأمين الاتصالات الا لمسافات قصيرة نسبياً نتيجة لتحدب الارض.
- الطريقة الثانية:-** انها تتم بوساطة موجات غير مباشرة تدعى **بالموجات السماوية (sky waves)** حيث تستطيع تأمين الاتصالات بين مكانين بعيدين وليس واقعين على خط مباشر واحد ويعتمد هذا النوع من الاتصالات على وجود طبقة الايونوسفير في الغلاف الجوي بالدرجة الاولى والتي تعكس الموجات غير المباشرة الى الارض.



شكل 13-5 صورة انتشار الموجات الراديوية

ففي اثناء الليل وبسبب غياب أشعة الشمس تختفي الطبقة السفلى من طبقة الايونسفير والتي تسمى (D-layer) والمسؤولة عن توهين الموجات الراديوية والتي تظهر في اثناء النهار.

الطريقة الثالثة:- حيث تسمى الموجات **بالموجات الدقيقة (Microwaves)** المستثمرة في عمليات الارسال في التلفاز تكون قادرة على اختراق طبقة الايونسفير ولاينعكس منها الا الشيء القليل وهنا ما يجعل بث موجات التلفاز مقتصرًا على المسافات القريبة فقط. وقد تم التغلب على ذلك بواسطة الاقمار الصناعية؛ اذ توضع في مدارات ثابتة حول الارض.

إن المدار الثابت هو كل مدار يدور فيه التابع بسرعة دوران الارض نفسها وينتمي الى مسطح يحتوي على خط الاستواء، مما يتيح له البقاء في مكانه بالنسبة إلى الارض ويستطيع أي تابع موجود في مدار ثابت النقاط أية إشارة ثابتة من محطة إرسال وإعادة بثها من جديد الى محطة واقعة ضمن الرقعة الجغرافية للتابع.

5-6 الرادار (Radar) :

إن كلمة رادار هي مختصر لعبارة (Radio Detection and Ranging) وتعني الكشف وتعيين المدى باللاسلكي. وإن أساس عمل الرادار يعتمد على ظاهرة الاهتزاز الكهربائي والحصول على الصدى الكهرومغناطيسي.

ويعرف الرادار بأنه نظام إلكتروني دقيق وكفوء يستعمل لكشف أهداف متحركة وثابتة وتحديد مواقعها واتجاهها ويمكن للرادار تحديد حركة واتجاه أهداف بعيدة عن رؤية العين البشرية وتحديد مسافتها وارتفاعها مهما كانت صغيرة الحجم سواء أكانت بحجم الحشرة أم كانت بحجم وضخامة الجبال ويعمل الرادار بكفاءة عالية في الليل وحتى في اثناء سوء الاحوال الجوية مثل الضباب الكثيف والمطر أو الثلوج وله القابلية في تنفيذ عدة مهام تجعله مفيداً لاجراض مختلفة وواسعة في حياتنا اليومية؛ إذ يعتمد الطيارون على الرادار في هبوط طائراتهم بأمان في المطارات المزدحمة حيث يتم ارشادهم من قبل العاملين عليه بطرق خاصة وتعريفهم بالمسارات المناسبة لاقلاعهم أو هبوطهم كما يستخدمه الملاحون في الطقس الرديء لقيادة سفنهم عند اقتراب القوارب منها والاهداف الخطرة. ويستعمل الرادار في الكثير من الدول لاجراض الحراسة والرصد من هجمات فجائية من طائرات الاعداء وصواريخه كما يمكن الرادار المشتغلين والمختصين بأحوال الطقس والرصد الجوي والزلالي من تتبع العواصف المقترية والمعلومات المهمة عنها وكذلك يستعمله العلماء لاستقصاء جو الارض ودراسة الكواكب الاخرى وأقمارها.



شكل 5-14 صورة للرادار

5-6-1 أجزاء ومكونات الرادار:

- 1- المذبذب.
- 2- المضمن.
- 3- المرسل.
- 4- مفتاح الارسل والاستقبال.
- 5- الهوائي.
- 6- المستقبل.
- 7- معالج الإشارة.
- 8- العارض (الشاشة).
- 9- المؤقت.

5-6-2 كيف يعمل الرادار:

تختلف مجموعات الرادار في التصميم وفي الغرض والشكل الا أنها جميعاً تعمل على المبادئ العامة نفسها وذات أجزاء أساسية واحدة ولكل جهاز مرسل لانتاج الاشارات الرادارية وهوائي لبثها الى الخارج ويجمع الهوائي نفسه في معظم أنواع الرادار الموجات المرتدة من الهدف. حيث يقوم الرادار بارسال موجات راديوية باتجاه الهدف واستقبال الموجات التي تنعكس منه ويدل الزمن الذي تستغرقه الموجات المنعكسة لتعود على مدى الهدف وكم يبعد وأتجاهه وأرتفاعه.

ويقوي المستقبل الموجات المنعكسة التي تدعى الاصداء (أو النبضات) بحيث يمكن رؤيتها على شاشة الرادار أنبوب الصورة في جهاز التلفاز (الشاشة) الا أنها غالباً ما تكون دائرية بدلاً من أن تكون مستطيلة وتظهر الاصداء نقاطاً من الضوء أو خيالا للهدف المشاهد ومن هذه النقاط يمكن للمشغل للجهاز معرفة المعلومات المطلوبة منه.

5-6-3 أنواع الرادارات:

لقد تعددت اشكال وأنواع الرادارات ولكنها تكاد تكون متشابهة من حيث العمل والاعراض والاجزاء ومن هذه الانواع:

- 1- الرادار البسيط:- وهو أبسط أنواع الرادارات وفي هذا النظام يقوم المحول بأرسال إشارات كهربائية متقطعة بفواصل زمني معين. وفي هذه الفواصل يقوم باستقبال صدى الموجات المنعكسة من الاجسام.
 - 2- الرادار المستمر (الموجة المتصلة):- هو منظومة رادارية يتم فيها ارسال طاقة موجية راديوية ثابتة مستمرة ثم يستقبل جزء منها لدى إنعكاسها من الجسم بسبب حركة الجسم الذي تصطدم به الموجة.
 - 3- رادار النظام المرحلي:- وهذا الرادار يحتوي على عدد من الهوائيات الصغيرة وكل منها يستطيع أن يدور حول نفسه دورة كاملة فبعد تحديد اتجاه كل هوائي يقوم المستقبل بأستقبال إشارات كل هوائي ثم جمعها لتكوّن إشارة واحدة.
 - 4- الرادار الفرعي:- وهو نوع آخر يعمل مثل الرادار الاساسي لكن بالاضافة الى أنه يقرأ موجات الرادار المشفرة. فيرسل موجات مشفرة للطائرات وهي عبارة عن أسئلة رقمية ويستقبل من الطائرة أجوبة خاصة مثل هوية الطائرة ومن أي دولة والغرض من القدوم وغيرها من المعلومات.
 - 5- رادار التصويب:- وهذا الرادار يستخدم في تقفي الاهداف الارضية من الجو.
- كما وهناك أسماء أخرى للرادار وكل حسب صناعته واغراضه وربما نفس الرادار يحمل اسماً آخرأ في بلد مصنع آخر ومن هذه الرادارات هي (الرادار النبضي، رادار دوبلر، الرادار ذو الموجة المستمرة، رادار المصفوفة الطورية).

5-6-4 أهم تطبيقات واستعمالات الرادار:

- 1- يستعمل الرادار في الملاحة الجوية بشكل كبير لضمان سلامة الطائرات وركابها من الحوادث والكوارث. حيث تكون حركة الطائرات بشكل كثيف قرب المطارات لذلك أستخدم مراقبو المرور المدربون على الرادار في جميع مطارات العالم لتوجيه التدفق المستمر للطائرات القادمة والمغادرة حيث يبين الرادار موضع كل طائرة في الجو.
- 2- في الملاحة البحرية شاع استعمال الرادار على نطاق واسع بوصفه مساعداً مهماً للملاحة في أنواع عديدة من القوارب والسفن الصغيرة الى ناقلات النفط الضخمة. حيث يمكن للرادار العمل في الظروف الجوية الرديئة وتحديد أماكن السفن الأخرى والصخور والجبال الثلجية وغيرها لتجنب الاصطدام بها. كما ويمكن لمحطات حرس الشواطئ تتبع أثار السفن من خلال المراقبة الرادارية والبحث عن السفن المفقودة.
- 3- أستخدم الرادار بشكل واسع في القوات المسلحة في الدفاعات الجوية والدفاع الصاروخي والمراقبة الجوية والاستطلاع وقياس المدى والتحكم في نيران الأسلحة وغيرها. ومعرفة أختراق الطائرات والصواريخ المعادية قبل دخولها للحدود أو عند دخولها مباشرة وتحديد مساراتها واتجاهاتها وبعدها.
- 4- أستخدم الرادار في المراقبة الفضائية والكشف عن الاقمار الاصطناعية وتتبعها وتحديد مداراتها في الفضاء.
- 5- يستعمل الرادار في رسم الخرائط حيث يمكن أجراؤها من طائرة خاصة. وفي الاستطلاع وتجميع المعلومات وقياس المدى.
- 6- أستخدم الرادار في التحكم في سير المركبات في الطرقات وبيان سرعتها لغرض تطبيق قواعد المرور والخاصة في تحديد سرعة المركبات وضبطها. حيث يمكن للرادار معرفة وتحديد سرعة السيارات التي تسير في الطرقات وتحديد اتجاهاتها وأوقاتها وهذا ما يساعد رجال المرور في السيطرة على حركة السير وضبطها وتقليل الاعتماد على الجهد البشري.
- 7- يستعمل الرادار في إكتشاف الثروات المعدنية والخامات وتجمعات الاسماك لصالح أعمال الصيد في اعماق البحار.



اسئلة الفصل الخامس

- س1/ ما المقصود بالترانزستور؟ وما أنواعه مع الرسم؟ وما أهم استعمالاته؟
- س2/ لماذا يمتاز الترانزستور عن الصمام الالكتروني؟
- س3/ كيف يتم الحصول على شبه الموصل نوع (N) وشبه الموصل نوع (P)؟
- س4/ عرف المادة المانحة والقابلة مع ذكر الامثلة.
- س5/ وضح تأثير ارتفاع درجة الحرارة في قابلية التوصيل الكهربائي في كل من المواد الآتية:-
- a - الموصلة
b- شبه الموصلة النقية.
- س6/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:-
- 1- في بلورة السليكون النقية وعند درجات الحرارة الاعتيادية يكون الآتي:-
- a- عدد الالكترونات الحرة اكبر من عدد الفجوات.
b- عدد الالكترونات الحرة اصغر من عدد الفجوات.
c- عدد الالكترونات الحرة يساوي عدد الفجوات.
d- ليس أي مما سبق.
- 2- حاملات الشحنة في شبه الموصل هي:-
- a- الكترونات حرة وفجوات.
b- فجوات فقط.
c- الالكترونات الحرة فقط.
d- الايونات الموجبة والسالبة معا.
- س7/ عدد أنواع حزم الطاقة. وبين مميزات وخواص حزم الطاقة في المواد الموصلة وشبه الموصلة والعازلة.
- س8/ كيف يتم توليد الموجات الكهرومغناطيسية ؟
- س9/ وضح كيف يتم انتشار الموجات الراديوية.
- س10/ ما ذا تعني كلمة رادار؟ وما هو أساس عمل الرادار؟
- س11/ عدد ثلاثة من استخدامات الرادار.
- س12/ ما أهم استعمالات الوصلة الثنائية PN؟

الفصل السادس الليزر والبلازما

مفردات الفصل :



- 1-6 الليزر والميزر
- 2-6 خصائص أشعة الليزر
- 3-6 أسس عمل الليزر
- 4-6 مكونات أجهزة الليزر
- 5-6 منظومات مستويات الليزر
- 6-6 أنواع الليزر
- 7-6 بعض تطبيقات الليزر
- 8-6 البلازما
- 9-6 بعض تطبيقات البلازما

اسئلة الفصل

الاغراض السلوكية :

بعد دراسة الفصل ينبغي للطالب ان يكون قادرا على الآتي:



- يعرف الليزر والميزر.
- يميز بين الانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز.
- يتعرف على مفاهيم (الوسط الفعال، المرنان، تقنية الضخ).
- يتعرف على منظومة الليزر .
- يعدد انواع الليزرات.
- يذكر بعض تطبيقات الليزر.
- يتعرف على البلازما.

6-1 الليزر والميزر Laser and Maser:

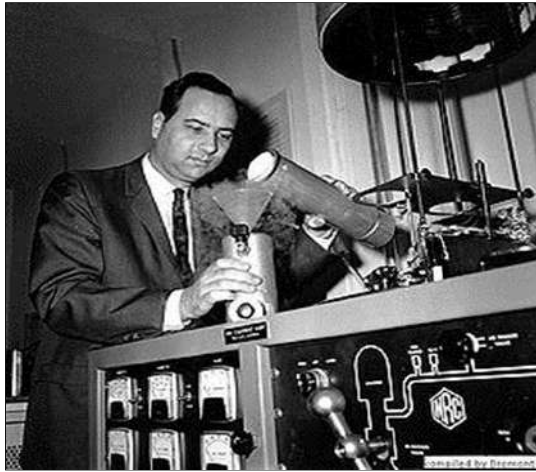
تُعد تكنولوجيا الليزر من العلوم المتطورة التي دخلت في العديد من التطبيقات والابحاث العلمية فنجدها عنصراً أساسياً في أجهزة تشغيل الاقراص المدمجة وفي صناعة الالكترونيات وقياس المسافات بدقة وخاصة الاجسام الفضائية، أو في معدات قطع ولحام المعادن، أو في آلات الاسنان وغيرها التي سيتم معرفة بعض منها في محور تطبيقات الليزر. ولكن ما الليزر وما الذي يميزه عن المصادر الضوئية الاخرى .

جاءت تسمية الليزر (Laser) من الاحرف الاولى للكلمات من الجملة :

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

وتعني (تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحفز

للالشعاع) حيث وضع العالم البرت اينشتاين في عام 1917 الاساس النظري لعملية الانبعاث المحفز، وقد صمم أول جهاز في عام 1960 من قبل العالم ميمان (T.H maiman) باستعمال بلورة الياقوت Ruby Laser، لاحظ الشكل (1-6).



الشكل 1-6 جهاز ليزر

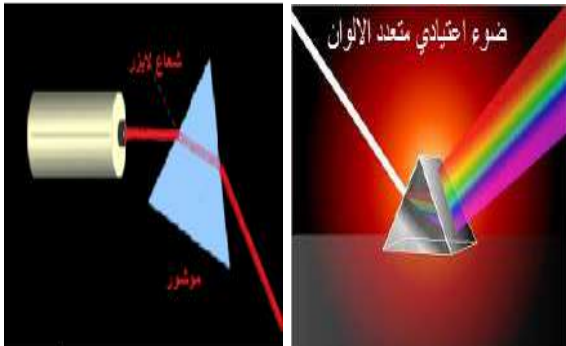
ولكن قبل إنتاج الليزر تم تحقيق انبعاث أشعة كهرومغناطيسية مضخمة ومنبعثة بالتحفيز في طيف الاشعة الدقيقة سميت ميزر (maser) والتي جاءت من الأحرف الأولى لفكرة عمل الميزر في العبارة التالية

Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation

وتعني (تضخيم الموجات الدقيقة بواسطة الانبعاث المحفز للاشعاع)

أن العالم تاونس تمكن من تصميم أول جهاز يقوم بتضخيم الموجات الدقيقة باستعمال تقنية الانبعاث المحفز وإنتاج ميزر الامونيا عام 1954 .

هل تعلم؟



الشكل 2-6 الضوء الاعتيادي واشعة الليزر

6-2 خصائص أشعة الليزر Properties of Laser:

يتصف شعاع الليزر بالميزات الاساسية الآتية:

1. أحادي الطول الموجي (أحادي اللون)

monochromatic يتميز الليزر بنقاوة الضوء الصادر من مصدر ضوء اعتيادي متعدد اللونية (الطيفية) التي تفوق أي مصدر آخر في حين يكون الالوان بأطوال موجية مختلفة، لاحظ الشكل (2-6).

2. الاتجاهية directionality

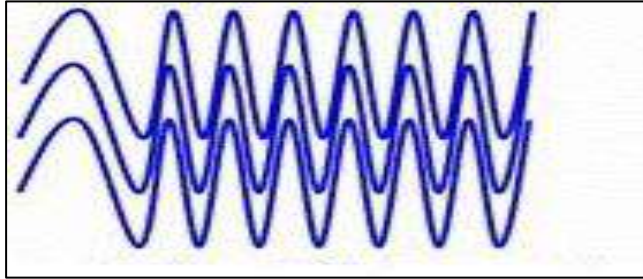


الشكل 3-6 الليزر الاتجاهي ومصادر الضوء غير الاتجاهية

تسير أشعة الليزر مسافات كبيرة بحزم متوازية ذات انفراجية قليلة بينما ينتشر الضوء الصادر من مصباح الاضاءة الاعتيادي أو الشمس بشكل عشوائي بالاتجاهات كافة، لاحظ الشكل (3-6).

فإذا أرسلت الى القمر حزمة ذات شدة ضوئية كافية من أشعة الليزر على بعد (384000 km) عن سطح الارض تقريباً فإنها تفسر على سطح القمر بقعة مضاءة لا يزيد قطرها عن (1 km) في حين أنه إذا ارسل الضوء الاعتيادي ووصل، فرضاً، الى سطح القمر فان قطر البقعة المضاءة يصل الى (4376 km) تقريباً.

3. التشاكه coherency



الشكل 4-6 ضوء ليزر متشاكه

لأشعة الليزر صفات متماثلة من حيث الطور والاتجاه والطاقة وبهذا يمكن أن تتداخل الموجات فيما بينها تداخلا بناءً، لاحظ الشكل (4-6).

4. السطوع Brightness



الشكل 5-6 سطوع الليزر

أشعة الليزر ذات لمعان وسطوع عالٍ جداً يفوق سطوع أشعة الشمس بمليون مرة وذلك نتيجة تركيز طاقة موجات الليزر المنبعثة في حزم ضيقة قليلة الانفراج، لاحظ الشكل (5-6).

وعلى سبيل المثال فإن شدة الاشعة المنبعثة من مصباح التتكستن ذي قدرة (100 watt) تبلغ قرابة (2000 watt/cm²) في حين تبلغ اشعة الليزر بالقدرة نفسها قرابة (2×10⁹ watt/ cm²) أي

أعلى بمقدار مليون مرة من شدة الاشعة الصادرة من مصباح التتكستن الاعتيادي.

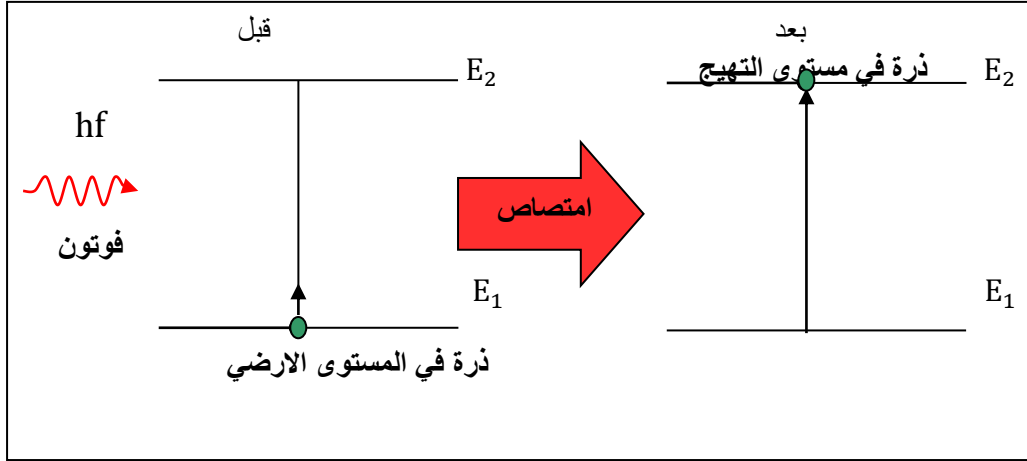
3-6 أسس عمل الليزر The Foundation of The Laser Working :

هنالك ثلاث عمليات تكتسب أهمية كبيرة في الاسس الفيزيائية لتوليد الليزر هي :
(الامتصاص المحث، الانبعاث التلقائي، الانبعاث المحفز)

1- الامتصاص المحث Induced Absorption

هو انتقال الذرة من مستوى طاقة واطئ (E_1) الى مستوى طاقة متهيج (E_2) وذلك بامتصاص فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين، لاحظ الشكل (6-6)، أي ان

$$hf = E_2 - E_1$$



شكل 6-6 يوضح الامتصاص المحث

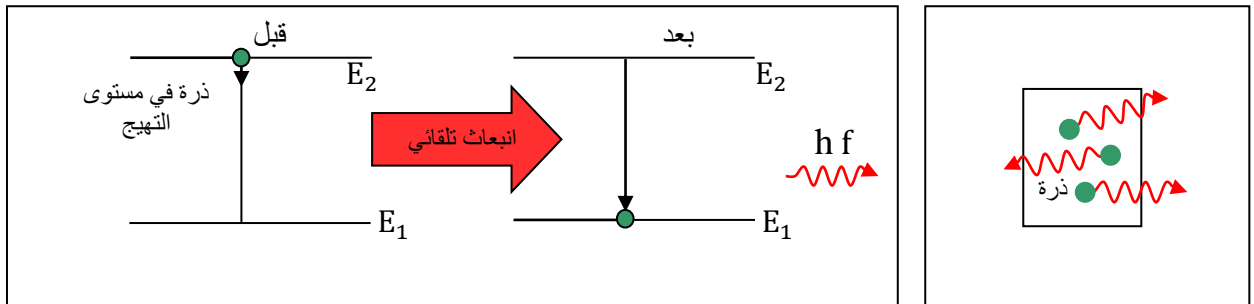
حيث إن (h) ثابت بلانك ويساوي (6.63×10^{-34} J.S) جول .ثا
(f) تردد الضوء الساقط بوحدة (Hz) هيرتز
(E_2, E_1) مستويات الطاقة بوحدة (eV) الكترون . فولت

2- الانبعاث التلقائي Spontaneous Emission

عندما تصبح الذرة في مستوى الطاقة الاعلى (مستوى التهيج) تميل دائماً الى حالة الاستقرار فتعود تلقائياً بعد فترة زمنية قصيرة تسمى العمر الزمني لمستوى التهيج الى المستوى الارضي ويصاحب هذا الانتقال انبعاث فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين

$$hf = E_2 - E_1$$

(ويسمى هذا الانتقال بالانبعاث التلقائي)، لاحظ الشكل (7-6).
وتكون فوتونات هذا الانتقال مختلفة من حيث الطور والاتجاه فتنبعث في جميع الاتجاهات كما في الضوء الاعتيادي، لاحظ الشكل (8-6).



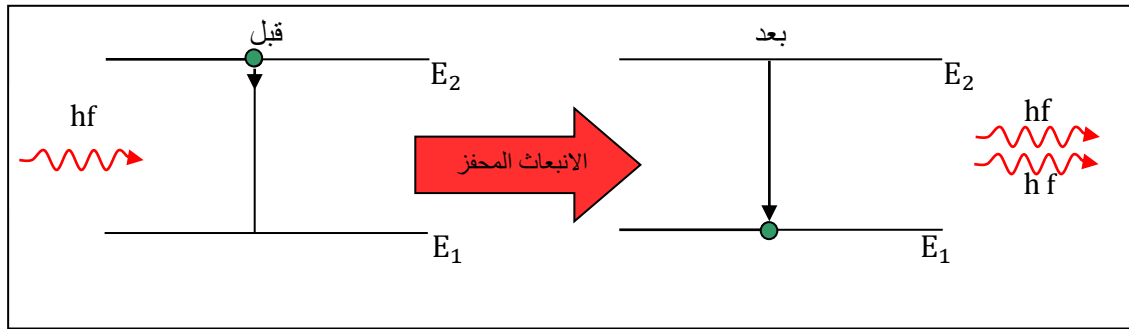
الشكل 7-6 الانبعاث التلقائي

الشكل 8-6 فوتونات منبعثة تلقائياً ومختلفة من حيث الطور والاتجاه

هل تعلم؟ أن العمر الزمني للمستوى: هو فترة زمنية قصيرة جداً يمكنها الإلكترون في مستوى الطاقة الأعلى الذي ينتقل إليه في الذرة المثارة.

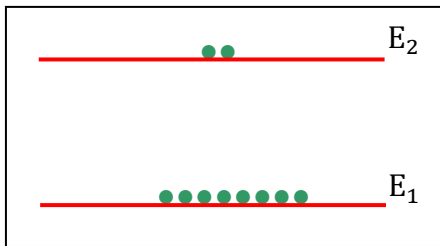
3- الانبعاث المحفز Stimulated Emission

عندما يصطدم فوتون بذرة موجودة في مستوى التهيج (E_2) بحيث تكون طاقته مساوية تماماً لفرق الطاقة بين المستويين ($E_2 - E_1$) فإنه سوف يحفز الذرة لتنتقل من المستوى (E_2) إلى المستوى الأوطأ (E_1) ما يؤدي إلى انبعاث فوتون جديد مماثل من حيث (الطاقة والتردد والطور والاتجاه) للفوتون الذي اصطدم بالذرة (ويسمى هذا النوع من الانتقال بالانبعاث المحفز)، لاحظ الشكل (9-6).



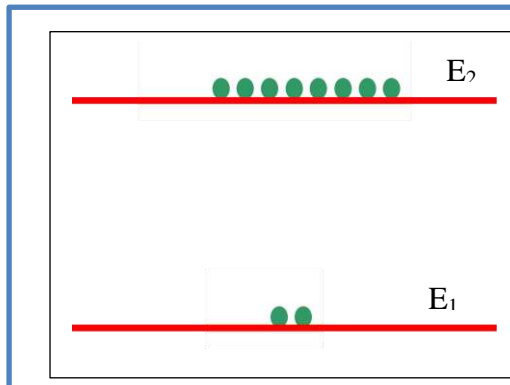
الشكل 9-6 الانبعاث المحفز

تذكر للحصول على الانبعاث المحفز يجب الحصول على الانبعاث التلقائي أولاً.



في حالة الظروف القياسية (حالة الاتزان الحراري) لاية مادة فإن معظم الذرات تكون في المستويات الواطئة للطاقة والنسبة الأقل من الذرات تكون متهيجة في المستويات العليا للطاقة، لاحظ الشكل (10-6).

الشكل 10-6 النظام الذري عند الاتزان الحراري



هل تعلم؟

لزيادة احتمالية (الانبعاث المحفز) يجب أن تكون عدد الذرات المتهيجة في المستويات العليا للطاقة أكبر من عدد الذرات في المستويات الواطئة للطاقة أي أن توزيع الذرات يكون بشكل معكوس، لذا تسمى هذه العملية (بالتوزيع المعكوس).

4-6 مكونات جهاز الليزر Constituents of Laser

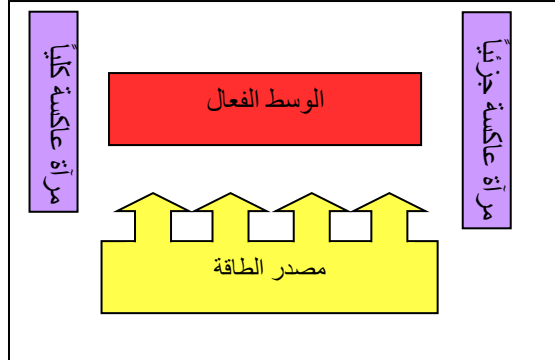
يوضح الشكل (6-11) المكونات الأساسية التي يشترط وجودها في أجهزة الليزر وهي:

1 - الوسط الفعال

2 - المرنان

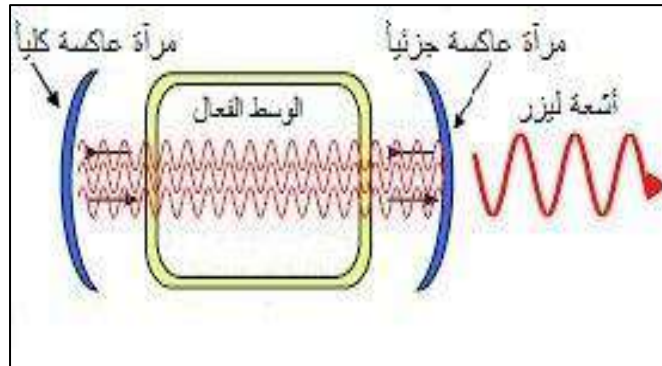
3 - تقنية الضخ

1- **الوسط الفعال Active medium**: وهي مجموعة من ذرات أو جزيئات أو أيونات بحالة (صلبة أو سائلة أو غازية) والتي يمكن أن يحصل فيها التوزيع المعكوس من خلال تجهيز الوسط الفعال بالشدة اللازمة لتثيجه .



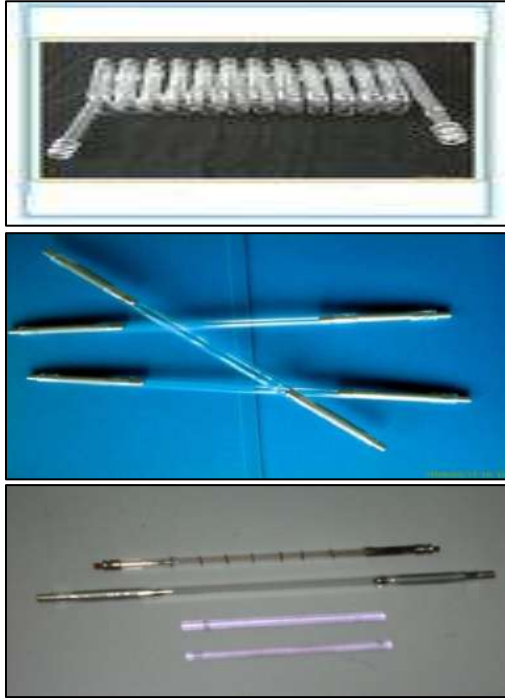
2- **المرنان Resonator**: وهو وعاء ذو تصميم مناسب يتكون من مرأتين، توضع المادة الفعالة بينهما وتصمم المرأتان بحيث تكونان متقابلتين إحداهما عاكسة كلياً للضوء والثانية عاكسة جزئياً، لاحظ الشكل (6-12).

الشكل 6-11 مخطط لمكونات جهاز الليزر



الشكل 6-12 المرنان

لذا فالشعاع الساقط على إحداهما ينعكس موازياً للمحور الأساس للمرأتين ثم يسقط على المرآة الأخرى وينعكس عنها وهكذا تتعاقب انعكاسات الأشعة داخل المرنان فتحصل عملية الانبعاث المحفز فيزداد عدد الفوتونات المتولدة بالانبعاث المحفز بعدد هائل فيحصل التضخيم وتسمح المرآة ذات الانعكاس الجزئي بنفاذ نسبة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان وتنعكس بقية الضوء مرة أخرى داخل المرنان لغرض إدانة عملية التضخيم .



الشكل 6-13 مصابيح الضخ

3- تقنية الضخ Pumping: وهي التقنية المسؤولة عن تجهيز ذرات الوسط الفعال بالطاقة اللازمة لاثارتها ونقلها من مستوى الاستقرار الى مستوى التهيج وتحقيق حالة التوزيع المعكوس وتوليد الليزر، وتوجد ثلاثة أنواع من تقنية الضخ هي:

1- تقنية الضخ الضوئي Optical Pumping.

2- تقنية الضخ الكهربائي Electrical Pumping.

3- تقنية الضخ الكيميائي Chemical Pumping.

5-6 منظومات مستويات الليزر Laser Levels System:

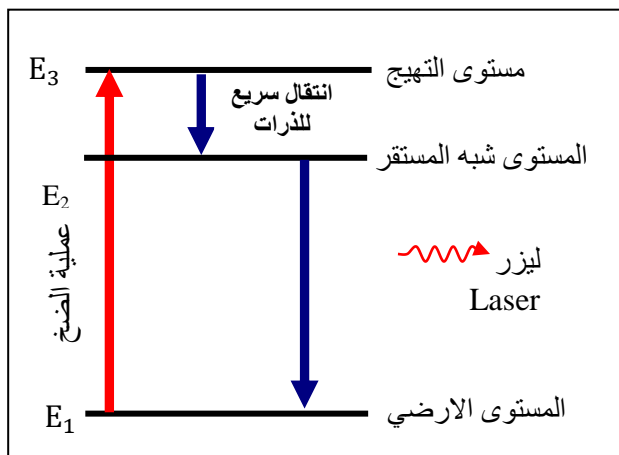
يمكن تصنيف منظومات توليد الليزر تبعاً لمستويات الطاقة الى منظومتين :

- المنظومة ثلاثية المستوى three – level system
- المنظومة رباعية المستوى four – level system

1- المنظومة ثلاثية المستوى:

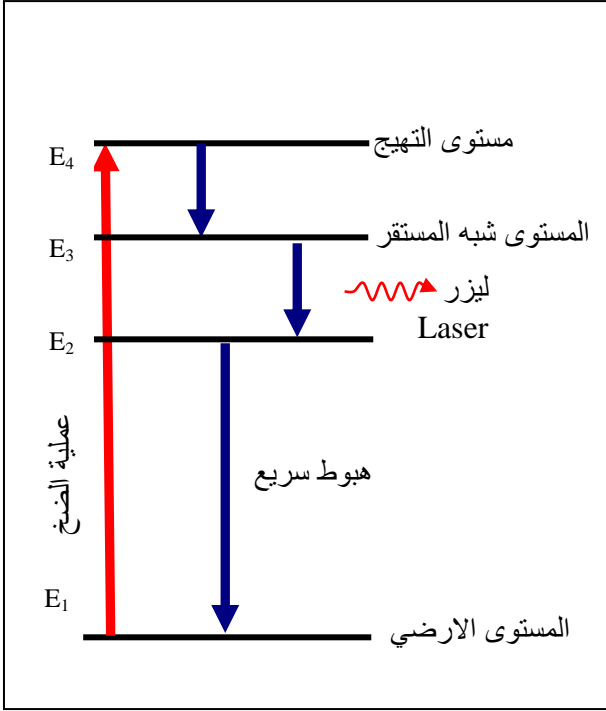
في هذه المنظومة توجد ثلاثة مستويات للطاقة، هي: مستوى الطاقة الأرضي E_1 ومستوى الطاقة الوسطي E_2 (وهو المستوى شبه المستقر) ومستوى الطاقة الأعلى E_3 (مستوى متهيج)، لاحظ الشكل (6-14).

عندما تكون معظم الذرات في المستوى الأرضي للطاقة E_1 فإن الوسط الفعال يكون في حالة الاستقرار ولكن عند استعمال إحدى تقنيات الضخ المناسبة سوف يؤدي الى تهيج الوسط الفعال وانتقال الذرات من المستوى الأرضي E_1 الى المستوى الأعلى E_3 وسرعان ما تهبط هذه الذرات بسرعة الى المستوى E_2 (حيث يكون زمن عمر المستوى E_3) أي زمن بقاء الذرات فيه أقل من زمن عمر المستوى E_2 وبذلك تتجمع الذرات في المستوى E_2 وبعدد اكبر من المستوى E_1 فيتحقق التوزيع المعكوس بين هذين المستويين عندها يولد الانتقال من المستوى E_2 الى المستوى E_1 (أشعة الليزر).



الشكل 6-14 منظومة ثلاثية المستوى

2- المنظومة رباعية المستوى:



الشكل 15-6 منظومة ليزر رباعية المستوى

تشارك في هذه المنظومة أربعة مستويات للطاقة (E_4, E_3, E_2, E_1)، لاحظ الشكل (15-6). حيث يتم ضخ ذرات المنظومة من المستوى الارضي للطاقة (E_1) الى مستوى الطاقة (E_4) ثم يحصل هبوط سريع للذرات من المستوى (E_4) الى المستوى شبه المستقر (E_3) عندها يتحقق التوزيع المعكوس بين مستوى الطاقة (E_3) ومستوى الطاقة (E_2) وتوليد شعاع الليزر حتى لو كان عدد الذرات في المستوى (E_3) بسيطاً لان المستوى (E_2) يكون شبه فارغ بسبب الهبوط السريع للذرات منه الى المستوى (E_1) وهذا يعني أن هذه المنظومة تتطلب طاقة ضخ أقل لتحقيق التوزيع المعكوس مقارنة مع المنظومة الثلاثية المستوى.

لماذا يتحقق التوزيع المعكوس في المنظومة رباعية المستوى أسهل مما هو عليه في المنظومة الثلاثية المستوى .

فكر

6-6 انواع الليزر Types of Laser:

يصنف الليزر تبعاً لنوع مادة الوسط الفعال الى أنواع مختلفة من امثلتها

1- ليزر الحالة الصلبة Solid-State Laser: (مثل ليزر الياقوت Ruby وليزر النيدميوم).



الشكل 16-6 الليزر الغازي

2- **ليزر الحالة الغازية Gas Laser**: مثل ليزر الهيليوم- نيون وليزر غاز ثنائي أوكسيد الكربون، لاحظ الشكل (16-6).

3- **ليزر الاكسامير Excimer Laser**: وهي الليزر التي يمكن الحصول عليها باستعمال الغازات النبيلة مثل غاز الاركون والكربتون والزينون ويعد الليزر الناتج عنها من الاصناف المهمة والمفيدة وذات الاطوال الموجية في مدى الاشعة فوق البنفسجية، لاحظ الشكل (17-6).



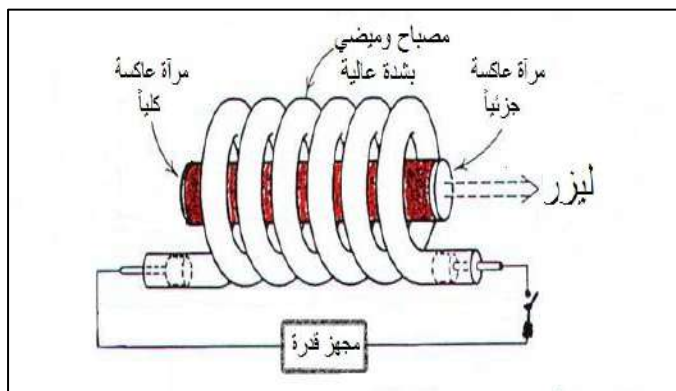
الشكل 17-6 ليزر الاكسامير

4- **ليزر الحالة السائلة Liquid State Laser**: مثل ليزر الصبغة العضوية وهي الليزر التي يكون فيها الوسط الفعال بحالة سائلة من محاليل مركبات معينة لصبغة عضوية مثل صبغة الرودامين (Rhodamine 6G) والتي ينتج عنها ليزر يمكن التحكم بالطول الموجي الصادر عنه.

5- **ليزر أشباه الموصلات Semiconductor Laser**: مثل ليزر زرنيخ.
6- **الليزر الكيميائي Chemical Laser**: هو الليزر الذي ينتج عن طريق التفاعل الكيميائي مثل ليزر فلوريد الديتيريوم .

1-6-6 الليزر الصلبة :

- **ليزر الياقوت**: تم استعمال الياقوت كوسط فعال في أول جهاز عام 1960 والياقوت بلورة تتواجد في الطبيعة بلونها الاحمر الفاتح، لاحظ الشكل (18-6) وتتكون من أوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) المطعم بأيونات الكروم الثلاثية التآين (Cr^{+3}) التي تعطي البلورة اللون الاحمر الفاتح ويعمل جهاز الليزر هذا بنظام المستويات الثلاثة ويتم الضخ فيها بواسطة المصباح الوميضي، لاحظ الشكل (19-6).



الشكل 19-6 جهاز ليزر الياقوت



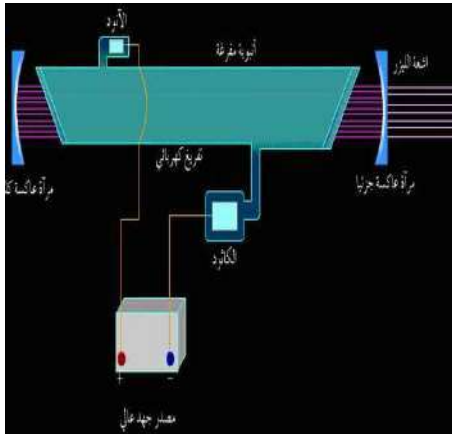
الشكل 18-6 بلورة ياقوت

- ليزر النيديميوم ياك (Nd:YAG) هو الليزر الذي يتألف الوسط الفعال فيه من مادة أوكسيد اليتريوم المنيوم ($Y_3Al_5O_{12}$) وتسمى مختصراً بالياك (YAG) والمطعمة بنسبة معينة من أيونات النيديميوم (Nd^{+3}) ويعمل بنظام المستويات الرباعية.

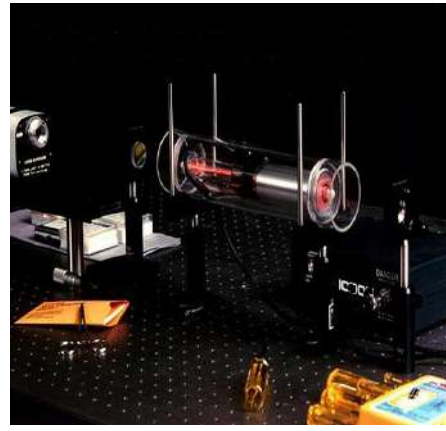
2-6-6 الليزر الغازية

- ليزر الهليوم نيون He-Ne laser

هو الليزر الذي تم اكتشافه نهاية عام (1960) من قبل العالم جافان ويتكون الوسط الفعال فيه من مزيج بنسب معينة من غاز النيون (Ne) وغاز الهليوم (He) موضوعين في أنبوبة زجاجية وتحت ضغط (8-12) torr (1mm Hg)، لاحظ الشكل (20-6) ويستعمل التفريغ الكهربائي في إثارة الوسط الفعال بتسليط فولتية عالية تتراوح من (2-4) kV على طرفي الأنبوبة الزجاجية، لاحظ الشكل (21-6).



الشكل 21-6 التفريغ الكهربائي في ليزر الهيليوم نيون



الشكل 20-6 جهاز ليزر الهيليوم نيون

- ليزر ثنائي أوكسيد الكربون

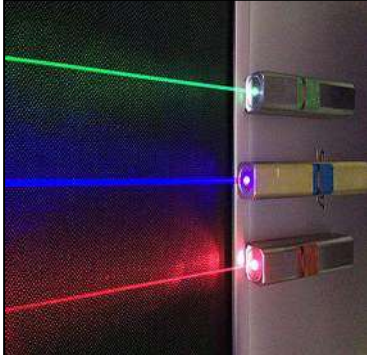
وهو من أهم الليزر الغازية بسبب كفاءته العالية التي تصل الى حدود (30%) وقدرته العالية، ويتكون الوسط الفعال فيه من خليط بنسب معينة من غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) وغاز النيتروجين (N_2) وغاز الهليوم (He) حيث تساعد الغازات المضافة في زيادة قدرته وكفاءته وتستخدم تقنية التفريغ الكهربائي في ضخ هذا الليزر.

3-6-6 ليزر شبه الموصل

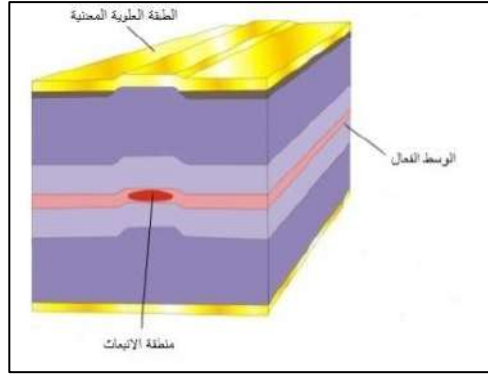
هو الليزر الذي يكون الوسط الفعال فيه من مواد شبه موصلة مانحة (n-type) وقابلة (p-type) وتمثل حزمة التوصيل مستوى الليزر العلوي وحزمة التكافؤ مستوى الليزر السفلي، لاحظ الشكل (22-6).

وتتم عملية الضخ من خلال تيار كهربائي يحرك الإلكترونات والفجوات بين هاتين الحزمتين ويقترن توليد الليزر بالتوزيع المعكوس الذي يزداد بازدياد مقدار التيار المار وتتحقق عملية التوزيع المعكوس عندما تزداد الإلكترونات في حزمة التوصيل وتزداد الفجوات في حزمة التكافؤ، لاحظ الشكل (23-6).

وتعد مادة زرنيخ الكاليوم (GaAs) من المواد شبه الموصلة التي تستخدم كقاعدة لتصنيع ليزرات أشباه الموصلات.



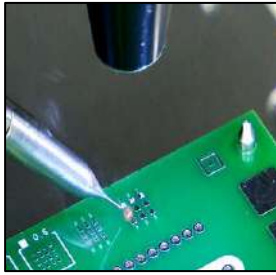
الشك 6-23 أطراف الليزر شبه الموصل



الشكل 6-22 مكونات الوسط الفعال في ليزر أشباه الموصلات

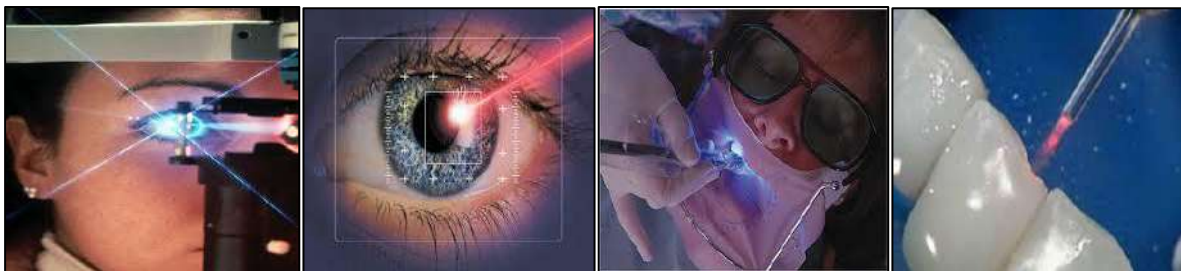
7-6 بعض تطبيقات الليزر Applications of Laser:

1- **التطبيقات الصناعية:** نظراً للحرارة التي يولدها الليزر وإمكانية حصر حرارته في بقع صغيرة جداً لذا يعتبر الليزر أداة فعالة لصناعة وتهذيب الكثير من المكونات الالكترونية مثل المقاومات والمتسعات والترانزستورات وعمل أقنعة الدوائر المتكاملة وفي تنقيب وقطع ولحام المعادن حتى الصلبة منها وتستطيع أشعة الليزر الكثيفة الضيقة المركزة أن تفتح ثقباً قطره ($5 \mu m$) خلال ($200 \mu s$) في أشد المواد صلابة مثل التيتانيوم والماس والياقوت الاحمر دون ان يرافق العملية تغيير في طبيعة المادة أو حدوث ضوضاء، لاحظ الشكل (6-24).



الشكل 6-24 بعض تطبيقات الليزر الصناعية

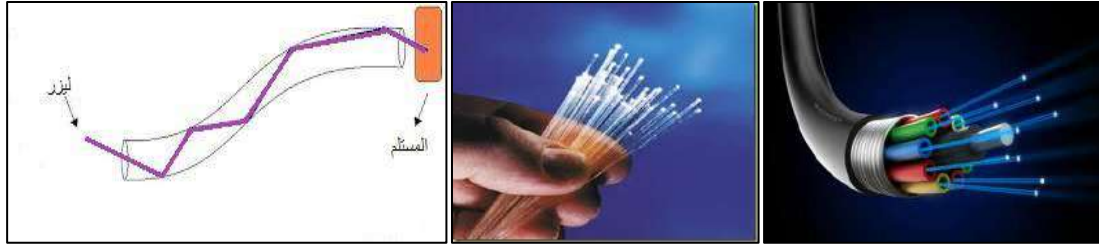
2- **التطبيقات الطبية:** دخلت أشعة الليزر ميدان الجراحة والتجميل وطب وجراحة الفم والاسنان ومعالجة أمراض العيون وأمراض القلب والاستئصال واستعمال الليزر كمشرط جراحي في إجراء العمليات الجراحية، ويعد ليزر ثنائي أكسيد الكربون من أهم وأشهر الليزرات المستعملة في الجراحة العامة، ويمتاز بالامكانية العالية والدقة لتبخير وقطع الانسجة الحية. وبما أن أشعة ليزر CO_2 غير مرئية لذا تستعمل معها حزمة الهيليوم نيون الاحمر لتسهيل عملية التحكم في استعمال الشعاع من حيث الموقع والاتجاه والانتقال الى أي نقطة في جسم الانسان، لاحظ الشكل (6-25).



الشكل 6-25 بعض التطبيقات الطبية لأشعة الليزر

3- في مجال العلوم النووية: لفصل النظائر المشعة ومجال التفاعلات الاندماجية النووية لما يتميز به من القدرة الهائلة وامكانية السيطرة على تردده أو طوله الموجي.

4- في الاتصالات الليزرية: ويتم استعمال الليزر في البث المباشر في الجو للاتصالات القريبة ولمسافات محدودة بسبب ظاهرة التشتت والامتصاص التي تحصل لشعاع الليزر عند مروره في الجو وما يحويه من غبار وبخار ماء ومطر وضباب وبعض المواد الاخرى، لذا تم استعمال شعاع الليزر في نقل المعلومات عبر الفضاء الخارجي لمسافات بعيدة بواسطة الاليف البصرية (Optical Fibers) والمصممة لتوجيه الضوء للسير خلالها لاحظ الشكل (6-26).



الشكل 6-26 الاليف البصرية

أن الليف البصري هو تركيب من مادة الزجاج المطعم بأيونات معينة يستعمل لنقل الاشارة الضوئية (الليزر) من نقطة إلى أخرى دون فقدانها أو إتلافها أو تشويهها.

تذكر

5- التطبيقات التجارية: يستعمل الليزر في الطابعات الليزرية والاعلانات الضوئية وقارئات الاقراص الليزرية، لاحظ الشكل (6-27).



الشكل 6-27
بعض التطبيقات
التجارية لاشعة

6- يستعمل لقياس تلوث البيئة: لقد أثار استخدام الليزر في هذا المجال الفرصة للقياس السريع لتراكيز الملوثات وتحديد نسبها بدقة كاستعمال ليزر الياقوت للكشف وقياس نسبة وجود بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون وثنائي أكسيد الفسفور.



الشكل 6-28 جهاز قياس المسافات بين الجدران

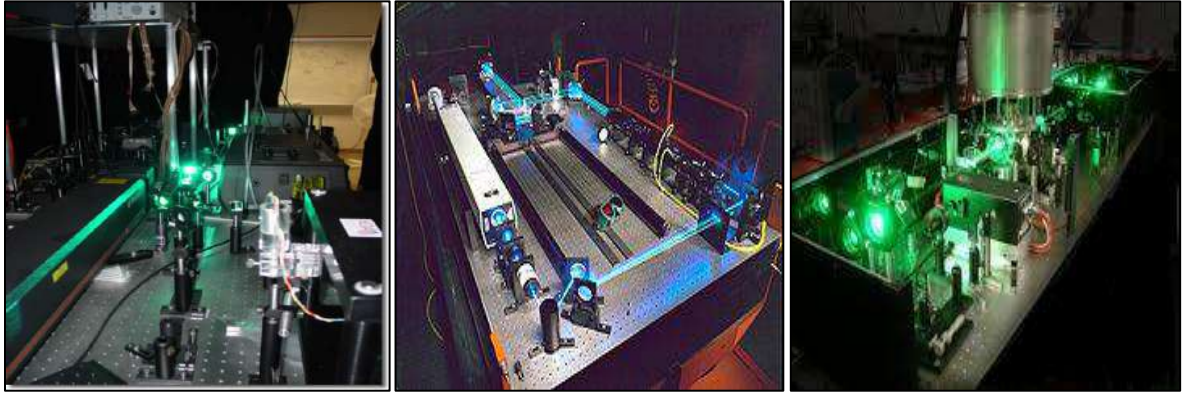
7- يستعمل في عمليات المسح والترصيف: للأعمال الهندسية المتمثلة بتشديد المباني والعمارات والانشاءات الميكانيكية بالإضافة الى استعماله في رصف الانابيب وشق القنوات والانفاق والطرق ومسح الاراضي وتسويتها ومسح المحيطات والتخطيط الزلزالي والمسوحات الجغرافية وتعيين مدارات التوابع الارضية واستعماله في إيجاد الانحرافات في سطوح السدود والجسور، لاحظ الشكل (6-28).



الشكل 6-29 آلة النقش

8- يستعمل في النقش والنحت (الحفر): الأبعاد في النقش والنحت كالنحت على الزجاج والكريستال وصناعة الجوائز والميداليات ، معلقات الكريستال ، القلادات ... إلخ، لاحظ الشكل (6-29).

9- استعمال الليزر في مختبرات البحوث التطبيقية، لاحظ الشكل (6-30).



الشكل 6-30 مختبرات البحوث التطبيقية لاشعة الليزر

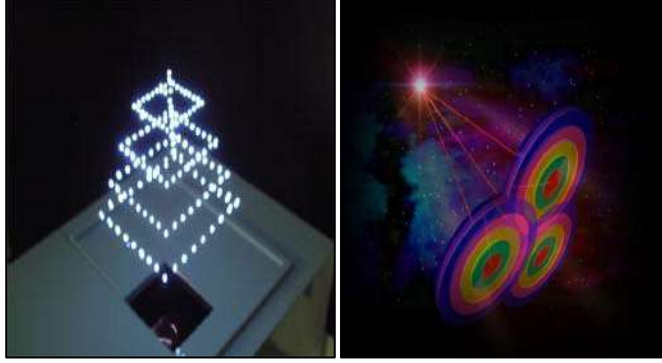
10- يستعمل شعاع الليزر في التعرف على الرموز: سواء كانت مصطلحات مخفية أم كانت كتابات معينة أم كانت رموزاً تجارية وأخذ صورة دقيقة بواسطة اجهزة خاصة عن ماهية تلك المعلومات، وعندما تربط هذه الاجهزة بالكمبيوتر استطاع الشعاع آلياً برمجة عمله وإعطاء كشف واضح أو نسخ ونقل المعلومات، لاحظ الشكل (6-31).



الشكل 6-31 جهاز كشف المعلومات

11- يستعمل الليزر في التصوير المجسم الهيلوغرافي (Holography): للحصول على صورة مجسمة وذات ثلاثة أبعاد (طول وعرض وارتفاع). ويعتبر التصوير المجسم من

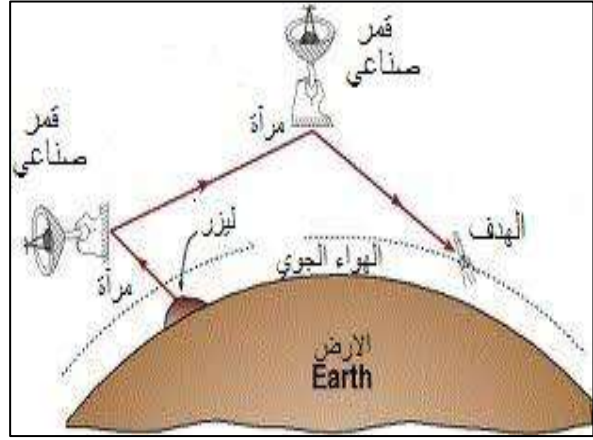
أفضل تقنيات فن التصوير وأكثرها كفاءة، حيث يتم تسجيل السعة والطور للموجات الضوئية المنعكسة من الجسم فتظهر جميع تفاصيل شكل الجسم على شبكة العين بحيث تتم رؤية الجسم من كل الاتجاهات بينما التصوير الاعتيادي يسجل شدة الاشعة فقط، لاحظ الشكل (6-32).



الشكل 6-32 صور ثلاثية الابعاد

12- **التطبيقات العسكرية:** يعتبر الليزر السلاح السريع والشديد الفاعلية ذات التأثير الموضعي الدقيق كأداة دفاعية أو هجومية حيث يستعمل في التوجيه والتتبع وقياس المسافات بدقة متناهية من خلال أجهزة مقدره المدى.

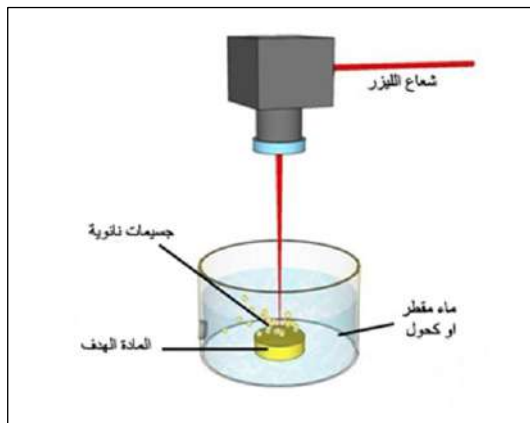
ومن أنواع الليزر في هذا المضمار ليزر النيدميوم - ياك وليزر ثنائي أوكسيد الكربون وقدرتهما العالية في النفاذ في الجو والكشف عن الاهداف داخل مياه البحار، لاحظ الشكل (6-33).



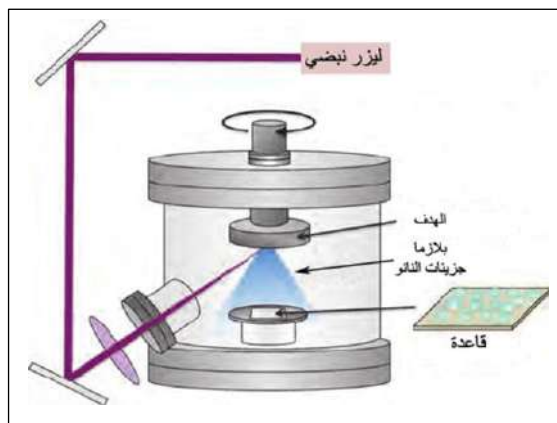
الشكل 6-33 بعض التطبيقات العسكرية لأشعة الليزر

13- **يستعمل في تحضير مواد النانو بالاستئصال الليزري**
المقياس النانوي يعادل جزء واحد من المليار ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)، **والمواد النانوية عبارة عن مواد كيميائية متناهية في الصغر (اقل من 100 nm)** تستعمل بجودة عالية في العديد من التطبيقات الصناعية كالاتصالات والإلكترونيات والمجالات الطبية لاحتوائها على العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية، ويتم تحضيرها بعدة طرق تشترك جميعها باعتمادها على المقياس الذري أي ذرة اتجاه ذرة أخرى للحصول على نتائج مرغوبة، وكلما اختلف مقياس الحجم لكتلة المادة اختلفت الفعالية الكيميائية بمعنى كلما صغر المقياس زادت الفعالية الكيميائية للمادة. ويعتبر الاستئصال الليزري احد تطبيقات الليزر لتحضير المواد بالاحجام النانوية من خلال تعريض

المادة إلى ليزر نبضي ذي طاقة عالية جداً، بحيث يتفاعل شعاع الليزر مع الهدف مما يؤدي إلى تطاير جزيئات المادة وتكوين البلازما التي تترسب على القاعدة وتكون أغشية أفلام رقيقة، كما في الشكل (6-34)، وفي حالات أخرى توضع العينة الهدف داخل وعاء زجاجي يحتوي الماء أو الكحول، كما في الشكل (6-35)، وبعد قصف العينة بالشعاع الليزري تنتشت الجسيمات النانوية ويتكون عالق بحيث يمكن جمع المساحيق اما بتجفيف العالق او بالترسيب على قاعدة زجاجية.



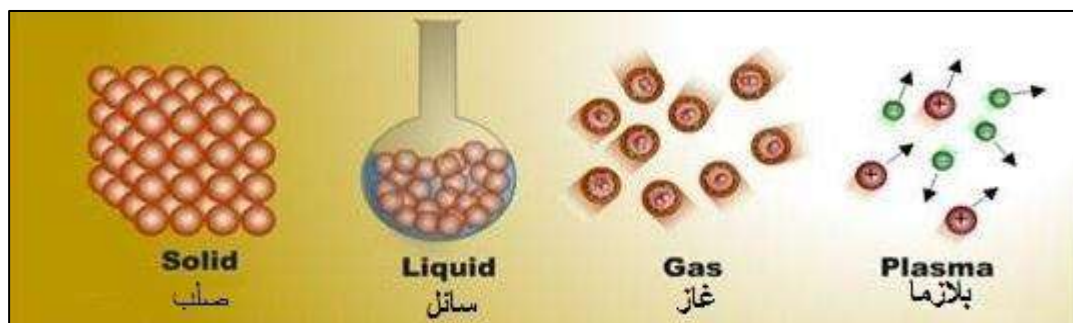
شكل 6-35 تحضير جسيمات نانوية بالاستئصال بالليزر وبطريقة التشتيت في العالق.



شكل 6-34 تحضير جسيمات نانوية بالاستئصال بالليزر وبطريقة ترسيب البلازما.

8-6 البلازما plasma :

إذا علمنا ان المادة توجد في الطبيعة في ثلاث حالات هي (الصلبة، السائلة، الغازية) فإنه يمكن تصنيف البلازما على إنها الحالة الرابعة للمادة وتتميز عن غيرها من الحالات بالطاقة الهائلة التي تمتلكها وهي ذات صفات مقاربة للحالة الغازية ويمكن وصفها بانها غاز متأين يحتوي على أعداد متساوية من الايونات موجبة الشحنة والالكترونات سالبة الشحنة حيث تكون الالكترونات حرة وغير مرتبطة بذرة أو بجزيء، لاحظ الشكل (6-36).



الشكل 6-36 حالات المادة

وتنتج البلازما من خلال التأثير على حجم معين من الغازات بعامل ما من عوامل التأين، مما يؤدي الى خروج الإلكترونات من داخل الذرات والجزيئات ومن هذه العوامل (الحرارة) كما هو في الشمس والنجوم وهما كرات هائلة من البلازما، (المجالات المغناطيسية) كما هو في الفراغات البينية بين النجوم والكواكب، (المجالات الكهربائية) كما هو في المصابيح البلازمية، (الطاقة الكهرومغناطيسية) كما في البرق الذي يصل تفرغه الى $(3 \times 10^4 \text{ A})$ و (10^8 V) ويصدر عنها الضوء والموجات الراديوية والاشعة السينية وحتى أشعة كاما وقد تصل درجة حرارة البلازما بالبرق الى (28000 K) لاحظ الشكل (6-37).

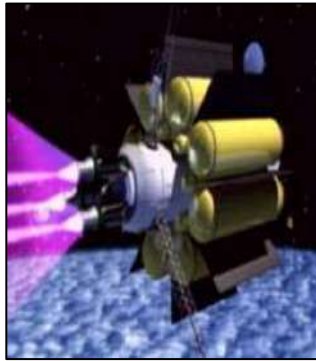


الشكل 6-37 بعض صور البلازما

وقد بينت الابحاث ان (99%) من الكون في حالة بلازما بدءاً من الشمس والنجوم والرياح الشمسية، وتظهر البلازما في الطبقة العليا للغلاف الجوي بسبب التأين الذي تسببه الاشعة فوق البنفسجية وأشعة (X) الشمسية وتكون أعلى كثافة للالكترونات والايونات في طبقة الايونسفير التي تظهر في الغلاف الجوي عند ارتفاع (50 km) ممتدة حتى نهايته.

9-6 بعض تطبيقات البلازما:

1. تصنيع شاشات العرض التلفزيونية.
2. البلازما في المصابيح حيث يوجد هناك من حيث المبدأ نوعان من المصابيح التي تعتمد البلازما مصدرها، الأول هو مصابيح النيون والثاني مصابيح الفلورسنت.
3. الحصول على الطاقة من خلال الاندماج النووي الحراري للبلازما.
4. الطلاء بالبلازما التي تفيد بالتقليل من تأثير درجات الحرارة المرتفعة على سطوح وسائط النقل وخصوصاً الطائرات حيث ترش البلازما بواسطة الانسان الالى بدرجات حرارة عالية لتشكيل طبقات العزل الحراري للمركبات الفضائية والطائرات والمحركات.
5. معالجة النفايات المنزلية والصناعية من خلال فرز العناصر المكونة لها.
6. تستعمل بعض المركبات الفضائية والاقمار الصناعية صواريخ البلازما للحركة في الفضاء أو لتعديل موقعها.
7. تطبيقات طبية: حيث يتم استخدام الامواج المتولدة في البلازما في مجال تفتيت الحصى الكلوية بواسطة جهاز الموجات الصادمة ، التعقيم الطبي ، تصنيع السيراميك الطبي وتطبيقات اخرى.
8. البلازما مادة كيميائية جيدة لتنظيف السطوح ويستعمل أيضاً في التحليل الكيميائي.
9. الاقواس الكهربائية في لحام المعادن وقطعها وشغلها .. الخ لاحظ الشكل (6-38).



الشكل 6-38 بعض تطبيقات البلازما

أنه يمكن استعمال أشعة الليزر المركزة لإنتاج البلازما عند درجات حرارة عالية جدا داخل المختبر وبكلفة قليلة ولهذا النظام العديد من التطبيقات في مجال فيزياء الفلك.

هل تعلم؟

أن أكثر مصادر الطاقة في وقتنا الحاضر هي مصادر (الفحم والبتروول) هناك تزايد عالمي في طلبها ويتوقع أن تقع هذه المصادر في العجز عن تلبية هذا الطلب مع حلول منتصف القرن الحادي والعشرين الحالي، من هنا تتضح الحاجة الى مصدر نظيف وآمن ويستمر لفترة طويلة من الزمن ولعل أحد أهم هذه المصادر هو طاقة البلازما والتي مصدرها من (طاقة الاندماج النووي).

هل تعلم؟

اسئلة الفصل السادس

س1 : اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية:

1- يمكن استعمال عملية الضخ الكهربائي عندما يكون الوسط الفعال في الحالة:

a. الصلبة.

b. السائلة.

c. الغازية.

d. ليس أي مما سبق.

2- يحدث الفعل الليزري عند حدوث انبعاث

a. تلقائي فقط.

b. محفز فقط.

c. تلقائي ومحفز.

d. محفز وتلقائي.

3- تعتمد عملية قياس المدى باستعمال أشعة الليزر على أحد خواصه وهي:

a. الاستقطاب.

b. الاتجاهية.

c. التشاكه.

d. أحادي الطول الموجي.

4- في نظام المستويات الاربعة المستعمل في إنتاج الليزر يتحقق التوزيع المعكوس بين المستويين

a. (E_4 ، E_3).

b. (E_2 ، E_1).

c. (E_3 ، E_2).

d. (E_3 ، E_1).

5- تستعمل طريقة الضخ الضوئي في إنتاج ليزر

- a. الياقوت.
- b. شبه الموصل.
- c. الكيميائي.
- d. الهيليوم نيون.

6- تكون قدرة الضخ عالية عندما تعمل منظومة الليزر بنظام :

- a. مستويين.
- b. ثلاثة مستويات.
- c. اربعة مستويات.
- d. أي عدد من المستويات.

7- في نظام ثلاثة مستويات المستعملة في إنتاج الليزر يكون فيه المستوى شبه المستقر هو المستوى:

- a. E_3
- b. E_2
- c. E_1
- d. كل الاحتمالات السابقة ممكنة.

س2 : ما خصائص شعاع الليزر؟

س3 : علل ما يأتي:

1. لا يتحلل ضوء الليزر عند إمراره خلال موشور زجاجي.
2. لماذا يفضل نظام المستويات الأربعة على نظام المستويات الثلاثة في الليزر.
3. لماذا توضع المادة الفعالة بين مرآتين، إحداهما ذات انعكاسية جزئية والاخرى كلية.

س4 : ما التصوير المجسم (الهولوجرافي) وبماذا يتميز عن التصوير العادي؟

س5: كيف تصنف الليزرات وما انواعها؟

س6: اذكر خمسة من تطبيقات البلازما.

س7: ما الليزر الالهم الذي يستعمل في المجال الطبي؟

س8: مالمقصود بـ

- 1- التوزيع المعكوس.
- 2- التضخيم.
- 3- الليف البصري.

الباب الثاني - الكيمياء

الفصل السابع

النفط الخام

مفردات الفصل:-

- 1-7 النفط الخام
- 2-7 أنواع النفط الخام حسب التصنيف العالمي
- 3-7 التركيب الكيميائي للنفط الخام (خليط ومكونات)
- 4-7 إستخراج النفط الخام
- 5-7 نواتج التكرير
- أسئلة الفصل

الاهداف السلوكية:-

- بعد اكمال هذا الفصل سيكون الطالب قادراً على الآتي:-
- 1- أن يعرف أهمية النفط في الاقتصاد العراقي والعالمي
 - 2- أن يعرف أنواع النفط المستخرج وطبيعته
 - 3- أن يعرف دور التقنيات الصناعية في تكرير النفط وتحويله الى مشتقاته المختلفة



1-7 النفط الخام:

البتترول يوصف بأنه وقود أحفوري؛ لانه استغرق ملايين السنين ليتكون وهو من مصادر الطاقة غير المتجددة، مما يعني أنه لا يمكن تعويضه عند استنفاده، ومع استمرار الطلب عليه لن يستمر الوقود الاحفوري لزمان طويل، ولهذا يتم حالياً البحث وبإلحاح عن مصادر بديلة للبتترول والغاز الطبيعي، ويُعدُّ البايوغاز (الغاز الحيوي) بديلاً محتملاً للبتترول.

البتترول (النفط الخام) عبارة عن سائل كثيف قابل للاشتعال، بني غامق أو بني مخضر يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية. ويتكون من خليط معقد من الهيدروكربونات وخاصة من سلسلة الألكانات، كما هو مبين في الشكل (1-7).



شكل 1-7 النفط الخام (البتترول)

يستعمل في إنتاج الطاقة الكهربائية وتشغيل المصانع وتحريك السيارات، وهو المادة الخام لعدد من المنتجات الكيميائية، بما فيها الأسمدة، ومبيدات الحشرات، والكثير من الأدوات البلاستيكية، والرقائق والانابيب والاقمشة والنايلون والحريير الاصطناعي والجلود الاصطناعية والأدوية.

7-2 أنواع النفط الخام حسب التصنيف العالمي:

يطلق على النفط الخام بالبتترول والذي يسمى أيضاً الزيت المعدني هو المصدر الرئيسي للهيدروكربونات وهي مركبات عضوية تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين. يوجد النفط الخام (البتترول) في أماكن متعددة على مستوى العالم من الخليج العربي الى الشرق الاوسط الى نيجيريا في أفريقيا، ومن روسيا في آسيا الى فنزويلا في امريكا الجنوبية، وحتى القطب الشمالي يحوي مخزوناً من البتترول. ويلاحظ مهندسو البتترول، ان المخزون الذي يسهل العثور عليه الآن قد يستنفذ، وأن البحث عن البتترول أصبح يتم في أماكن نائية جداً مثل الصحارى والتلوج والمناطق القطبية.

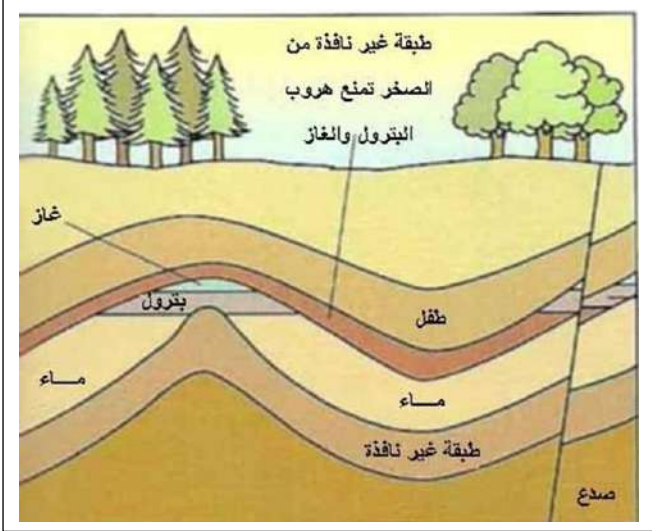


شكل 7-2 اهم منابع النفط الخام في العالم

يصنف النفط الخام تبعاً لمكان المنشأ (مثلاً برنت) أو عن طريق كتلته النوعية أو أن يصنف حسب كثافته، الى نفط ثقيل (Heavy) ونفط خفيف (Light)، وترجع خاصية اختلاف كثافة البتترول الى نسبة الهيدروكربونات الثقيلة فيه، فكلما زادت هذه النسبة زادت كثافة النفط، ويُعدُّ النفط الخفيف

الأكثر طلباً والأعلى سعراً وذلك بسبب إمكانية الحصول على كميات كبيرة من المشتقات البترولية منه وبالأذات الكازولين (Gasoline) والذي يُعد المشتق البترولي الأكثر طلباً في العالم. كما يمكن تصنيف البترول **الى بترول حلو (Sweet)** تكون نسبة الكبريت فيه منخفضة وبترول مر (Bitter) وتكون نسبة الكبريت عالية فيه، والنوع الأول الأكثر طلباً في السوق العالمية.

7-3 التركيب الكيميائي للنفط الخام (خليط ومكونات):



شكل 3-7 يبين وجود النفط الخام داخل قشرة الأرض

تكوّن الوقود الأحفوري والذي يشمل البترول والفحم منذ ملايين الأعوام من كائنات عضوية ميكروسكوبية تسمى القشريات (Crustaceans) كانت تعيش في البحر، وبعد موتها استقرت أجسامها في قاعه، وتغطت على مدار السنوات بالطين، ما أدى إلى كبسها وعصارتها لتكوين البترول. ينحجز البترول بعد ذلك بين طبقات الصخور، وتسببت حركة القشرة الأرضية في طي تلك الطبقات بحيث أصبح البترول محجوزاً في جيوب، كما في الشكل (3-7)، وفي كثير من الأحيان ومع استمرار التحلل يتجمع غاز فوق البترول، ويتكون من 90% ميثان ويسمى الغاز الطبيعي، وهو وقود قيم جداً.

هل تعلم؟

أن الغاز الطبيعي يُعدّ وقوداً جيداً لأنه:

- 1 - يعطي عند احتراقه 25% كربون أقل من البترول المحترق.
- 2- لا يبعث أي كبريت إلى الهواء على عكس مكونات البترول الأخرى.
- 3 - ينتج غاز CO_2 وبخار الماء عند احتراقه.

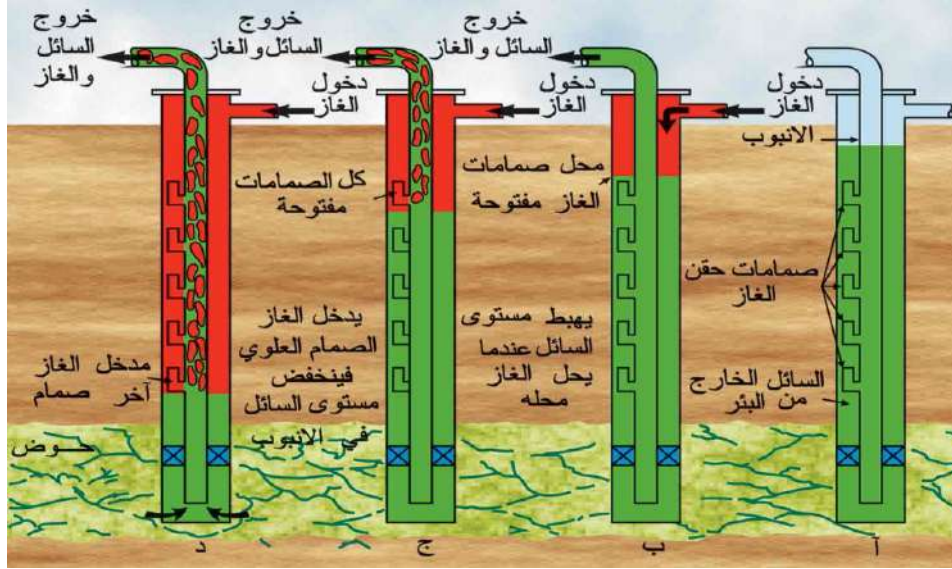
7-4 استخراج النفط الخام:

يتم استخراج البترول أو النفط الخام بواسطة حفر بئر ليصل إلى مستودعات البترول تحت الأرض وتكون بطريقتين، إما الحفر بالدق وهي طريقة قديمة توقف استخدامها منذ فترة طويلة وتتم بحفر ثقب في الأرض بدقها دق متواصل بأداة ثقيلة حادة الطرق، كما هو مبين في الشكل (4-7).



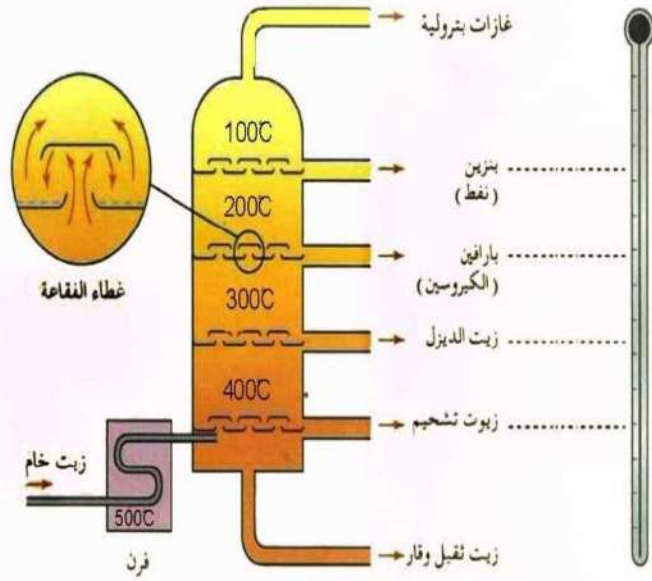
الشكل 4-7 كيفية استخراج النفط الخام قديماً بواسطة الدق

والطريقة الثانية طريقة الحفر الرحوي وهي طريقة حديثة ومشابهة الى مثقب النجار عند ثقب الخشب حيث يتم الحفر بواسطة آلة تدعى الحفارة تشق طريقها في أثناء دورانها بحركة طاحنة إلى أعماق متزايدة من تحت سطح الارض ، كما هو مبين في الشكل (5-7).



الشكل 5-7 كيفية استخراج النفط الخام بطريقة الحفر الرحوي

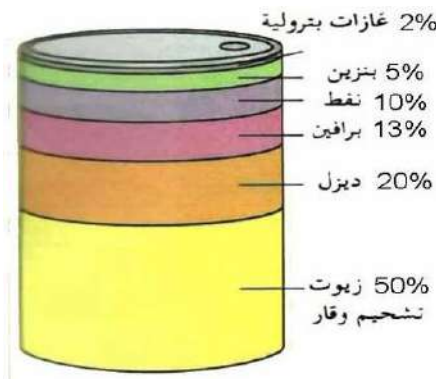
هناك بعض الآبار يصل النفط فيها للسطح بطريقة طبيعية، وبعض الآبار يتم ضخ الماء أو البخار أو خليط الغازات المختلفة للمستودع لإبقاء معدلات الاستخراج الاقتصادية مستمرة. وعند زيادة الضغط تحت الأرض في مستودع الغاز بحيث يكون كافياً، عندها يبدأ النفط الخام بالخروج الى السطح تحت تأثير هذا الضغط، أما الوقود الغازي أو الغاز الطبيعي فغالباً ما يكون متواجداً تحت ضغطه الطبيعي تحت الأرض. في هذه الحالة يكون الضغط كافياً لوضع عدد من الصمامات على رأس البئر بشبكة الانابيب للتخزين، ويسمى هذا استخلاص النفط المبدئي، وخلال فترة حياة البئر يقل الضغط وعندما يقل الضغط الى حدود معينة لا يكون كافياً لدفع النفط الى السطح، عندئذ يتم استخراج الجزء المتبقي في البئر بطرائق استخراج النفط الإضافية التي يتم فيها استعمال تقنيات مختلفة. وهناك طريقة لاستخراج النفط تعتمد على تقليل كثافة النفط لتعمل على زيادة الانتاج وتستخدم بعد التأكد من جدوى استعمال هذه الطريقة اقتصادياً وما اذا كان النفط الناتج سيغطي تكاليف الانتاج والارباح المتوقعة من البئر أم لا يغطي ذلك. وهي طريقة استخراج النفط حرارياً، وتعتمد على تسخين النفط وجعله أسهل للاستخراج ويكون حقن البخار هو أكثر التقنيات استخداماً في هذه الطريقة وغالباً ما يتم استخراج النفط حرارياً عن طريق التوليد المزدوج . فكرة عمل التوليد المزدوج هي استخدام توربين (مولد) لانتاج الكهرباء واستخدام الحرارة الناتجة عنها لانتاج البخار الذي يتم حقنه للمستودع. ولكي يستفاد من النفط الخام يجب فصل مكوناته الى المركبات التي يتكون منها حيث ان لكل مركب خصائصه واستعمالاته، وتعرف عملية الفصل هذه بتكرير النفط ولمعرفة المبدأ الذي تقوم عليه عملية فصل مكونات النفط وكيف تتم هذه العملية في مصفاة النفط الخام، نجري النشاط الآتي.



شكل 7-7 برج التكرير

شكل 6-7 مخطط لبرج التكرير

لوتأملنا الشكلين (6-7)، (7-7) الذي يوضح مخططاً لبرج التكرير في مصفاة النفط، نلاحظ أنه يتم تسخين النفط الخام أسفل البرج الى درجة حرارة اعلى من 400°C بمعزل عن الهواء فيتبخّر ويتجزأ الى مقتطعات، ويحدث ذلك في أثناء صعود الابخرة الى أعلى العمود. تكون درجات غليان المقتطعات الثقيلة كزيوت التشحيم أعلى، ومن ثم تكون باردة بدرجة كافية للتحويل مرة أخرى الى سوائل، وتتم مساعدة ذلك التكثيف بإستعمال أغشية الفقاعة التي تسمح بتكثف الابخرة ذات درجات الغليان العالية، وصعود الابخرة ذات درجات الغليان المنخفضة الى أعلى البرج، وكلما صعدت الابخرة المقتطعات الاعلى كانت أخف، وفي البنزين يكون الخفيف لونه اصفر باهت، وهو سائل يحترق بسهولة بلهب نظيف. وبالمقارنة يكون لون المقتطعات الثقيلة (ذات درجات الغليان الاعلى) بنيّاً قاتماً، وتكون هذه المواد لزجة يصعب اشتعالها وتحترق بلهب ملوث بالسناج (جسيمات دقيقة للكاربون). يبين الشكل (8-7) الكميات النسبية لمقتطعات النفط الخام المختلفة.



الشكل 8-7 الكميات النسبية لمقتطعات النفط الخام المختلفة

5-7 نواتج التكرير:

إن نواتج التكرير الاولية هي خليط من عدة مركبات متقاربة في درجات الغليان ويمكن إعادة تقطيرها تجزيئياً للحصول على مشتقات لها استعمالات محددة. وتعتبر بعض المركبات التي نحصل عليها بالتكرير أكثر فائدة من غيرها، حيث يوجد سوق أكبر لمركبات البنزين والديزل وزيوت التشحيم والقار، لاحظ جدول (1-7).

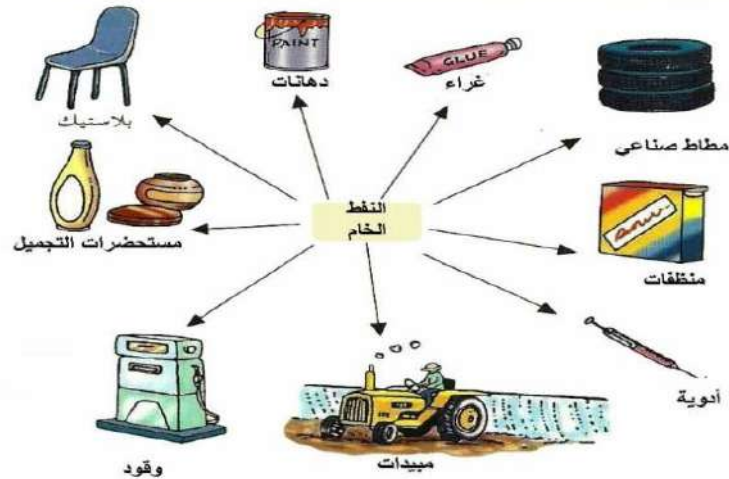
جدول 1-7 نواتج تكرير البترول واستعماله اليومي

المشتقات النفطية	النسب التقريبية	
	المشتق	استخدامه اليومي
الغازات البترولية	2	5
البنزين	5	25
النفط	10	5
البرافين	13	10
الديزل	20	25
زيت التشحيم	20	15
القار	30	15

لذلك طورت شركات البترول طرائق تمكنهم من تحويل الزيوت الثقيلة التي تتكون من جزيئات ضخمة الى مشتقات خفيفة وأكثر فائدة مثل الكازولين والمواد الاولية لصناعة البلاستيك، لاحظ جدول (2-7).

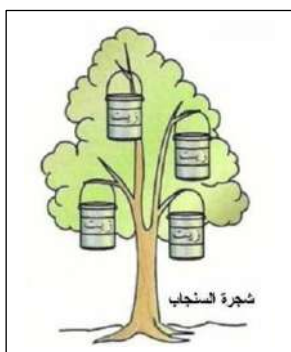
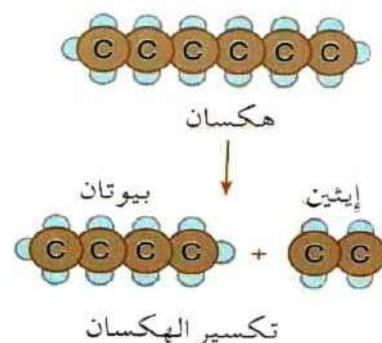
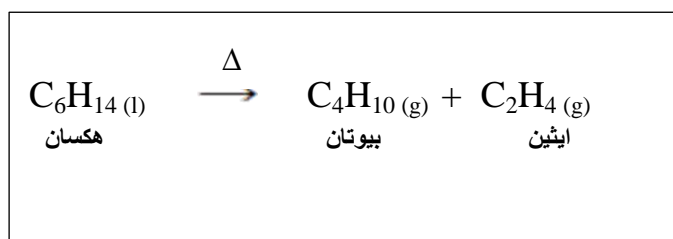
جدول 2-7 يوضح نواتج تكرير النفط الخام وبعض استعمالتها.

المشتق	درجة الغليان (°C)	حجم الجزيء	الاستخدامات
غازات بترولية	أدنى من 40	حتى أربع ذرات كربون	الميثان للطهي والبيوتان لغاز المشعومات
بنزين وبنزول	40 - 130	4 - 12 ذرة كاربون	النفط للوقود الاخف
زيت برفين (كروسين)	150 - 200	10 - 16 ذرة كاربون	البنزين للسيارات والبرافين للتسخين ووقود النفاثات
زيت ديزل	225 - 300	14 - 25 ذرة كاربون	وقود لسيارات النقل والسفن
زيت تشحيم	300 - 400	20 - 70 ذرة كاربون	تشحيم الماكينات والمحركات
قار	أعلى من 400	راسب	يسخن القار مع الرمل والحصى ليصبح قطراناً لرصق الطرق



وتسمى تلك العملية تكسيراً وتتم فقط بالتسخين (التكسير الحراري)، أو بمساعدة عامل محفز أو مساعد (التكسير المحفز) وهو الأكثر شيوعاً، ومن العوامل المحفزة هي مسحوق أوكسيد الالمنيوم Al_2O_3 أو أوكسيد السليكون SiO ، توفر تلك المواد مساحة سطحية ساخنة كبيرة لتسريع عملية التكسير دون أن تستهلك هي نفسها في العملية.

وتُعدُّ الالكانات من أكثر المركبات المكونة للنفط الخام، لذلك تستخدم في عملية التكسير الحراري لإنتاج مركبات أخرى، فمثلاً الهكسان وهو الكان يتكون من ست ذرات كاربون فيتكون عادة عند تكسير هذا الجزيء الضخم المشبع، جزيء مشبع أصغر كالبيوتان وجزيء غير مشبع كالإيثين، ويتكون في كثير من الأحيان غاز الهيدروجين؛ لذلك تعتبر عملية التكسير مصدراً مهماً للهيدروجين وهو مهم جداً كوقود عن طريق خلايا الوقود.



هل تعلم؟

أن هناك نوعاً من الأشجار (أشجار يوفوربيا) تحتوي ثلث عصارتها على هيدروكربونات ويمكن ان تستعمل تلك الهيدروكربونات في إنتاج البنزين والديزل والبلاستيك، سميت هذه الأشجار بأسم شجرة السنجاب لان حيوان السنجاب يبتعد عن عصارتها الزيتية.

اسئلة الفصل السابع

- س1/ اختر الاجابة الصحيحة فيما يأتي:
- 1 - البترول هو وقود أحفوري لانه:
a - تكون منذ ملايين السنين.
b - تكون من كائنات حية ميكروسكوبية تسمى القشريات.
c - يحتوي على قطع صغيرة من عظام الحفريات.
d - يوجد بالقرب من حفريات النباتات والحيوانات.
 - 2 - البترول أو النفط الخام هو:
a - مركب كيميائي معقد .
b - خليط من مركبات عضوية متنوعة.
c - محلول مشبع لغازات عضوية متعددة مذابة في النفط.
d - محلول مشبع لمواد صلبة عضوية متعددة مذابة في النفط.
 - 3 - أي مما يلي يعتبر وقوداً متجدداً:
a - البايوغاز. b - الفحم.
c - الغاز الطبيعي. d - البترول.
 - 4 - يمكن فصل النفط الخام الى مكوناته المختلفة بالتقطير التجزيئي لانها:
a - ممتزجة. b - عديمة اللون.
c - تذوب في الماء. d - لها درجات غليان مختلفة.
 - 5 - أي من المركبات التالية يستعمل لرصف الطرق، بعد أن يسخن مع الحصى والرمل:
a - البنزين. b - القار.
c - زيت التشحيم. d - زيت الديزل.
- س2/ يستعمل البترول كمصدر للطاقة (وقود) أو كمادة خام كيميائية.
- a - اذكر أربعة مصادر للطاقة (وقود) من البترول.
 - b - أي من مكونات الخام الكيميائية الرئيسية للنفط الخام.
 - c - اذكر أربعة استعمالات للمواد الكيميائية المصنعة من هذا المكون.
- س3/ اذكر ثلاثة انواع من الوقود الاحفوري.
- س4/ ما المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، وأين يتواجد؟ ولماذا يعتبر وقوداً جيداً وأفضل من البترول؟
- س5/ عرف ما يأتي:
- 1 - البترول. 2 - التكسير الحراري. 3 - تكرير النفط.
- س6/ تأمل المكونات الآتية:
- النفط، البارافين، الغازات البترولية، القار، الديزل، زيت التشحيم. أي تلك المكونات يلائم الصفات التالية:
- 1 - له أقل درجة غليان.
 - 2 - يستعمل لرصف الطرق.
 - 3 - له أطول سلسلة كاربونية.
 - 4 - الاسهل اشتعالاً.
 - 5 - يستعمل كوقود للطائرات.

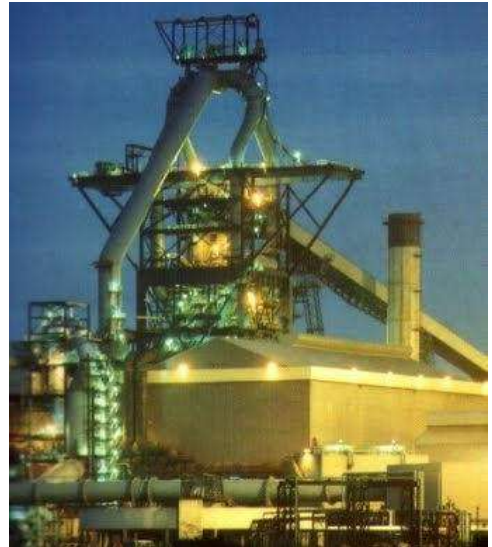
الفصل الثامن الفلزات والسبائك

مفردات الفصل:

- 1-8 الفلزات
- 2-8 الطرائق والاجهزة المستعملة في أستخلاص الفلزات
- 3-8 الطرائق والاجهزة المستعملة في تنقية الفلزات
- 4-8 السبائك
- 5-8 أنواع السبائك
- 6-8 طرائق صنع السبائك
- 7-8 أستعمالات السبائك
- 8-8 بعض أنواع السبائك في البيئة العراقية
- أسئلة الفصل

الاهداف السلوكية:

- بعد إكمال هذا الفصل سيكون الطالب قادراً على الآتي:-
- 1- أن يعرف طرائق استخراج الفلزات وطرائق تنقيتها.
 - 2- أن يعرف الأجهزة المستعملة بعملية الاستخلاص.
 - 3- أن يعرف بعض الامثلة اللازمة لعملية تنقية بعض الفلزات.
 - 4- أن يقارن بين طرائق الاستخراج.
 - 5- معرفة السبائك وخصائصها وانواعها
 - 6- التمييز بين السبائك
 - 7- معرفة طرائق صناعة السبائك
 - 8- معرفة بعض أنواع السبائك في حياتنا اليومية



8-1 الفلزات:

هي عناصر كيميائية تميل الى فقدان الالكترونات أثناء التفاعل الكيميائي وتكون أيونات موجبة هذه الايونات تسمى كاتيونات وتحمل شحنة موجبة تساوي عدد الالكترونات التي تفقدها. تتواجد الفلزات في الجدول الدوري بصفة رئيسية في الزمرة الاولى (I) والثانية (II) ومجموعة العناصر الانتقالية، وتزداد الخواص الفلزية كلما اتجهنا أسفل هذا الجدول، أي بزيادة العدد الذري للعناصر، كما هو في الشكل (8-1).

(I) دورة 1

الزمرة الأولى
الفلزات القلوية

2

3

4

5

6

7

(II) الزمرة الثانية
فلزات الاتربة القلوية

الفلزات الانتقالية

Al

لافلزات

خط متعرج

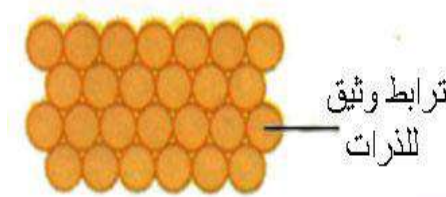
1	2																					1
Li	Be																					
Na	Mg																					
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge									
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb								
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi								
Fr	Ra	Ac													Po							

الشكل 8-1 الفلزات في الجدول الدوري

مثلاً عرفت سابقاً أن هناك صفات تميز الفلزات وتجعلها مهمة من الناحية الصناعية ومن هذه الصفات أنها تكون:

1- ذات كثافة مرتفعة ودرجة انصهار عالية.

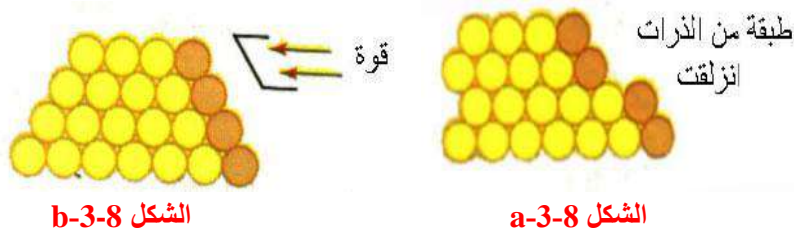
سبب الكثافة العالية للفلزات الترابط بين ذراتها بأواصر قوية تدعى أواصر سكما (σ) تحتاج الى طاقة عالية لتتكسر وهذا يفسر سبب ارتفاع درجات انصهارها، كما هو في الشكل (8-2).



الشكل 8-2

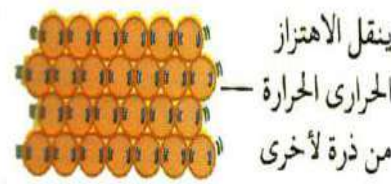
2- قابلية الطرق والسحب.

تكون قوى التجاذب بين ذرات الفلز قوية، غير أنها ليست صلبة وإنما مرنة تسمح للذرات بالانزلاق فوق بعضها بعضاً عند استعمال قوة مع الفلز، ولذلك يكون الفلز قابلاً للطرق والسحب، كما هو في الشكل (8-3).



3- قابلية التوصيل الحراري.

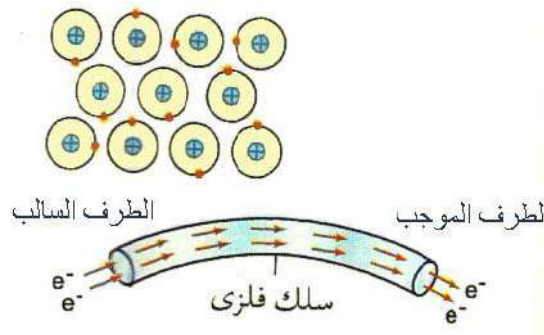
يمكن ان تنتقل الطاقة الحرارية من ذرة الى الذرة التي تليها بالاهتزاز، حيث تكون الذرات قريبة من بعضها الآخر، مما يجعل الفلزات موصلاً جيداً للحرارة، وتساعد إلكترونات التكافؤ الحرة على توصيل الحرارة أيضاً، كما هو في الشكل (4-8).



الشكل 4-8

4 - قابلية التوصيل الكهربائي.

كما عرفت أن الكهربائية هي سيل متحرك من الإلكترونات، فعند توصيل فلز في دائرة كهربائية تتحرك الإلكترونات التكافؤ الخارجية الحرة للفلز نحو الطرف الموجب ويحل محلها إلكترونات من الطرف السالب، وهذا يبين قابلية التوصيل الكهربائي للفلزات، كما هو في الشكل (5-8).



الشكل 5-8

أكثر من 75% من عناصر الجدول الدوري فلزات، وهي تتميز عموماً بأنها صلبة وقوية وموصل جيد للحرارة والكهربائية ولها ايضاً بريقاً معدنياً، وتوجد عناصر استثنائية مع معظم الصفات الفلزية، ومع ذلك فإن الصفة الوحيدة المشتركة لكل الفلزات أنها تكون ايونات موجبة. والجدول (1-8) و (2-8) و (3-8) تبين بعض خواص الفلزات، (للاطلاع فقط).

جدول 8-1

الخواص الطرفية في الفلزات	
الأخف	الليثيوم (Li) كثافته 0.53g/mL
الأثقل	الأوزمونيوم (Os) كثافته 22.48g/mL
الأكثر هشاشة	المنغنيز (Mn) والكروم (Cr) هما الأكثر قابلية للتقصيف
أدنى درجة انصهار	الزئبق (Hg) درجة انصهاره -38.9°C
أعلى درجة انصهار	تنتستن (W) درجة انصهاره $+3410^{\circ}\text{C}$
الأكثر ثمنًا	بلاتين (Pt) له أعظم قيمة تجارية
الأكثر ندرة	راديوم (Ra) أندر فلز طبيعي في الأرض
الأكثر وفرة	المننيوم (Al) يشكل أكثر من 8% من القشرة الأرضية

جدول 8-2

الخاصية الفلزية	المعنى	أفضل أمثلة
الفلزات أعلى:		
كثافة	كتلة لكل وحدة حجم	Pb, Hg
قوة شد	قوة الفلز تحت الضغط	Fe, Cr
قوة تحمل	مقاومة الفلز للتآكل	Zn, Al
قابلية للطرق	إمكانية تحويله إلى شرائح	Cu, Ag
قابلية للسحب	إمكانية تحويله إلى أسلاك	Cu, Mg
قابلية لتوصيل الحرارة	إمكانية توصيله للحرارة	Na, Al
قابلية لتوصيل الكهرباء	إمكانية توصيله للكهرباء	Cu, Ag
رنين	إمكانية إنتاج صوت عند طرقه	Cu, Ag

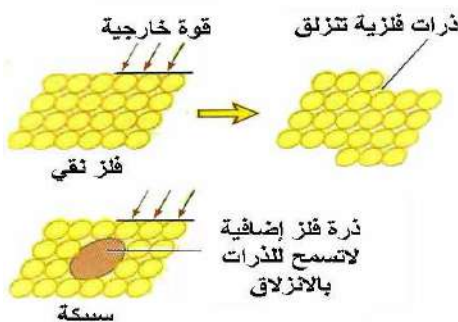
جدول 8-3

بعض خواص الفلزات						
الفلز	الحالة	درجة الانصهار $^{\circ}\text{C}$	درجة التليين $^{\circ}\text{C}$	الكثافة g/mL	قابلية التوصيل الكهربائية	الأيون المتكون
Al المننيوم	S	660	2470	2.7	0.38	Al^{3+}
Ca كالسيوم	S	850	1487	1.5	0.22	Ca^{2+}
Cu نحاس	S	1083	2595	8.9	0.59	Cu^{2+}
Au ذهب	S	1063	2970	19.3	0.42	Au^{+}
Fe حديد	S	1535	3000	7.9	0.10	Fe^{2+}
Pb رصاص	S	327	1744	16.3	0.05	Pb^{2+}
Mg مغنيسيوم	S	650	1110	1.7	0.22	Mg^{2+}
Hg زئبق	S	-39	357	13.6	0.01	Hg^{2+}
Ni نيكل	S	1453	2730	8.9	0.16	Ni^{2+}
Pt بلاتين	S	1769	4530	21.4	0.09	Pt^{3+}
K بوتاسيوم	S	64	774	0.86	0.14	K^{+}
Ag فضة	S	961	2210	10.5	0.62	Ag^{+}
Na صوديوم	S	98	890	0.97	0.22	Na^{+}
Sn قصدير	S	232	2270	7.3	0.08	Sn^{2+}
Zn خارصين	S	420	907	7.1	0.17	Zn^{2+}

هل تعلم؟

إن أطول قطعة فلز متصلة هي كابل من النحاس طوله 5000 km تم مده تحت المحيط الاطلسي عام 1886، وكان بداية الاتصال التلغرافي المباشر بين بريطانيا وأمريكا.

ويمكن في كثير من الاحيان تحسين أو تغيير خواص فلز معين عن طريق خلطه مع فلز آخر. تدعى مخاليط الفلزات هذه بالسبائك (Alloys)، كما هو في الشكل (6-8).



الشكل 6-8 تركيب الفلزات والسبائك



الشكل 7-8 سلسلة النشاط للفلزات

تعتمد استقرارية المركبات الفلزية على سلسلة النشاط للفلزات، حيث تترتب فيها الفلزات الأكثر نشاطاً عند القمة والاقبل عند القاعدة. فتميل الفلزات النشيطة الى تكوين أيونات موجبة بسهولة، كما هو في الجدول (4-8). وذلك بفقدائها إلكترونات وتكوين مركبات، أما الفلزات غير النشيطة فتفضل البقاء في صورة غير متحدة كصورة العنصر نفسه. لاحظ الشكل (7-8) الذي يبين سلسلة النشاط للفلزات.

الجدول 4-8 سلسلة الفاعلية (النشاط) الكيميائية للفلزات (للأطلاع فقط)

الفلز	الفلز مع الماء أو البخار	الفلز مع الحامض
بوتاسيوم صوديوم كاليوم	يتفاعل مع الماء البارد	يتفاعل بشدة مع الأحماض المخففة
مغنيسيوم المنيوم خارصين حديد	يتفاعل مع البخار	يتفاعل مع الأحماض المخففة بسهولة متناقضة
رصاص هيدروجين نحاس زئبق فضة بلاتين	لا يتأثر بالماء أو البخار	يتفاعل فقط مع الأحماض المركزة

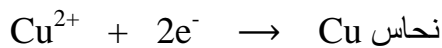
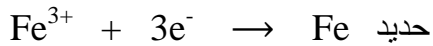
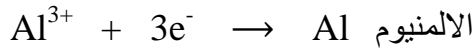
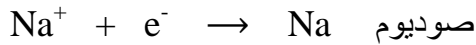
8- 2 الطرائق والاجهزة المستعملة في استخلاص الفلزات:

لقد سبق اكتشاف الفلزات الموجودة في أدنى سلسلة النشاط (الاقل نشاطاً) في الطبيعة يكون استعمالها من قبل البشرية، والفلزات في أعلى السلسلة النشاط (الأكثر نشاطاً). فالفلزات الاقل نشاطاً مثل الذهب والفضة والنحاس تتواجد حرة في الطبيعة وبالتالي تم اكتشافها مبكراً. في حين أن معظم الفلزات الاخرى مثل الصوديوم Na والكالسيوم Ca والالمنيوم AL تتواجد متحدة مع عناصر أخرى على شكل مركبات في الصخور المكونة للقشرة الارضية، مما أدى الى تأخر اكتشافها.

إن الصخر الذي يحوي كمية كافية من مركبات الفلز تجعل استخلاصه مُجدياً اقتصادياً يدعى خاماً. وتعد تفاعلات الاستبدال (الإحلال) وتفاعلات التأكسد والاختزال (فقدان واكتساب الاوكسجين) من الطرائق المهمة المستعملة في استخلاص بعض الفلزات من مركباتها، حيث يطرُد فيها الفلز الأكثر نشاطاً من الفلز الاقل نشاطاً من مركباته، فينفصل هذا الفلز بهيئة عنصر حر، ولكي تكون هذه العملية مجدية اقتصادياً فانه يشترط أن يكون الفلز الانشط رخيص الثمن (اي أرخص من الفلز المراد استخلاصه).

فمثلاً برغم أن الالمنيوم ينتزع الحديد على شكل فلز حر في تفاعل الثرميت الا أن الالمنيوم أغلى ثمناً من الحديد، ما يجعل استخدام هذا التفاعل في استخلاص الحديد من خاماته غير مجدٍ اقتصادياً. استخلاص الفلزات من خاماتها مهم جداً في التقدم الصناعي. ومن أهم الفلزات المستخدمة حالياً في الصناعة الصوديوم والحديد والالمنيوم والنحاس والمنغنيز. ولا تقتصر عملية استخلاص الفلزات على تفاعلات الاستبدال او الاكسدة والاختزال للاوكسجين وإنما هناك طرائق أخرى اعتماداً على موقع الفلز في سلسلة النشاط التي ذكرت آنفاً.

وبما أن مركب أي فلز (الخام) في أعلى السلسلة يكون أكثر من أي فلز آخر في أسفلها، لذلك يكون استخلاص الصوديوم من كلوريد الصوديوم أصعب من استخلاص النحاس من خام النحاس. يكون كلوريد الصوديوم مستقر جداً عند التسخين ويتحول الى كلوريد صوديوم منصهر عند قرابة 801°C يحدث ذلك لان ايونات الصوديوم تكون مستقرة للغاية. ولكن يمكن الحصول على فلز الزئبق بمجرد تسخين خامه لان أيونات الزئبق ليست مستقرة تماماً. في كل مرة يستخلص فيها الفلز من خامه، يتضمن ذلك اختزال الفلز لان الفلز يكون بهيئة أيون في الخام. ولكي يستخلص كفلز يجب أن يكتسب إلكترونات وهو ما يسمى بالاختزال. كما توضح ذلك المعادلات أدناه.



تتطلب الفلزات الموجودة أعلى سلسلة النشاط اختزالاً قوياً لأكاسيدها ويتحقق ذلك عادةً بالتحليل الكهربائي. يمكن اختزال العناصر الموجودة وسط السلسلة كالحديد بالتسخين الشديد مع عامل مختزل كفحم الكوك، ويسمى ذلك بالصهر، ويتم استخلاص الفلزات الاقل نشاطاً كالزئبق بمجرد التسخين. ويعطي الجدول (5-8) ملخصاً لتلك المعلومات.

جدول 5-8 كيفية استخلاص الفلزات من خاماتها

الفلز	الخام الرئيسي	المكون الكيميائي الرئيسي	طريقة الاستخلاص
البوتاسيوم	كارناليت	$KMgCl_3$	استخلاص
الصوديوم	ملح الصخور	$NaCl$	إلكتروليتي؛ يترسب
الكالسيوم	طباشير، حجر جيري	$CaCO_3$	الفلز على الكاثود
المغنسيوم	دولوميت	$CaMg(CO_3)_2$	
الألمنيوم	بوكسيت	Al_2O_3	
الخارصين	رصاص الخارصين	ZnS	الاستخلاص
الحديد	هيماتيت	Fe_2O_3	بالنسخين مع فحم
القصدير	حجر القصدير	SnO_2	الكوك في فرن
الرصاص	الجالتينا	PbS	
النحاس	بهرت النحاس	$CuFeS_2$	
الزئبق	سيتاباز	HgS	تحميص الخام
			بالنسخين فقط

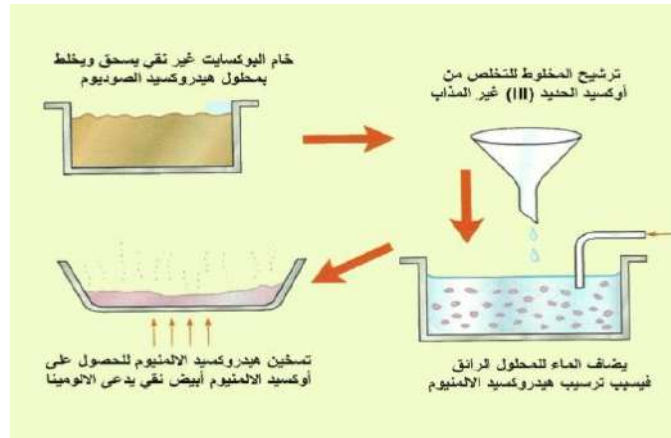
8-3 الطرائق والاجهزة المستعملة في تنقية الفلزات:

نظراً لمحدودية موارد بعض الخامات ولكون الكثير من الخامات الباقية من نوعية رديئة، يكون من الضروري في كثير من الاحيان تركيز الخام ليصبح استخلاص الفلز ذا جدوى اقتصادية وأكثر نقاوة. انظر الجدول (6-8).

جدول 6-8 موارد بعض الفلزات

الفلزات	السنوات التقديرية لها إذا تم تعدينها بالمعدل الحالي	% الفلز في الخام
الألمنيوم	225	28
النحاس	45	0.5
الذهب	25	90
الحديد	195	60 - 30
الخارصين	27	30 - 10

فالبيوكسايت هو الخام الرئيسي لاستخلاص الألمنيوم منه، ولكن يجب تنقيته أولاً قبل استخلاص الألمنيوم بالتحليل الكهربائي، حيث يُنقى خام البيوكسايت بعد تعدينه وإذابته في هيدروكسيد الصوديوم. كما هو في الشكل (8-8).



الشكل 8-8 طرائق استخلاص الألمنيوم من خامه

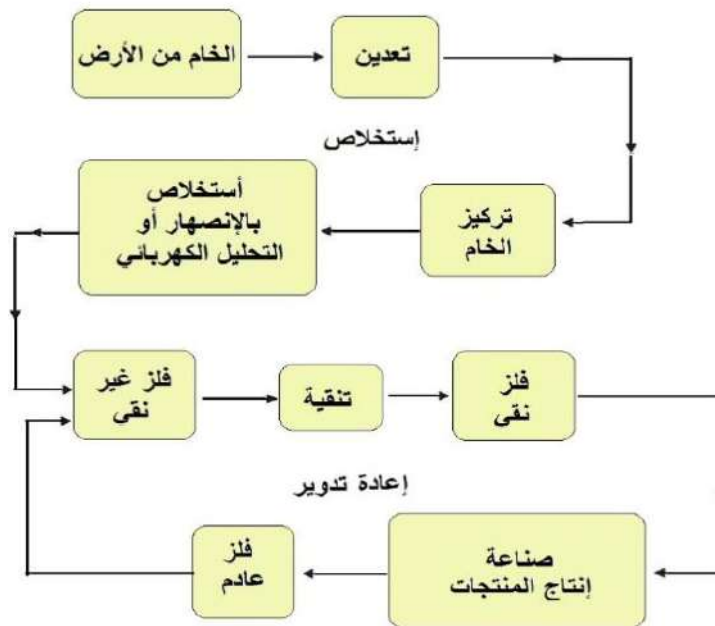
أما الشوائب فلا تذوب بل يتم ترشيحها والتخلص منها. يترسب أكسيد الألمنيوم الذائب بعد ذلك كهيدروكسيد الألمنيوم عن طريق التخفيف بالماء، ثم يتم تسخينه ليتكون أكسيد الألمنيوم (ألومينا) أبيض ونقي والذي يستخلص الألمنيوم منه بعد ذلك بالتحليل الكهربائي.

إن معظم خامات النحاس تكون ذات نوعية رديئة تحوي نسبة صغيرة من المعدن المطلوب. تسمى إحدى طرائق تركيز خامات النحاس (تعويم الزبد) والتي تتضمن سحق الخام الرديء وخلط المسحوق مع الزيوت والماء. وبما أن خام النحاس يكون أخف من الشوائب فإنه يتعلق بالزبد المتكون ويطفو على السطح حيث يمكن قشده. وتغوص الشوائب الأثقل إلى القاع حيث يتم التخلص منها كمواد فائضة. ولكن هذه العملية تستهلك كميات ضخمة من الماء يتوجب التخلص منها. فيستخدم 500 طن ماء لإنتاج طن واحد من النحاس النقي.

هل تعلم؟.

الفرن النفاخ يعمل 24 ساعة يومياً أي 365 يوماً في السنة. ويمكن ان ينتج 10000 طن حديد يومياً. كما يجب تجديد بطانة الفرن كل ثلاث سنوات وهو الوقت الوحيد الذي يُغلق فيه الفرن.

ويمكن معرفة كيفية استخلاص بعض الفلزات، وإعادة تدوير الفلزات من خلال المخطط الموضح في الشكل (8-9) الذي يوفر كلاً من الطاقة والموارد الطبيعية.



الشكل 8-9 مخطط كيفية استخلاص الفلزات وإعادة تدويرها

4-8 السبائك:

عرفت عزيزي الطالب في دراستك السابقة الفلزات وخصائصها واختلافها من الناحية الفيزيائية والكيميائية، وهنا سوف تعرف نوعاً آخر هي السبائك وأنواعها.

فالسبيكة هي عبارة عن خليط متكون من فلز وعنصر آخر واحد على الأقل حيث تحتوي معظم السبائك على كمية كبيرة من الفلز الرئيسي أو الفلز الأساس وكميات أقل من المكونات الأخرى التي قد تكون فلزات أو لافلزات مثل الكربون والسيليكون.

اكتشف الانسان السبائك في الطبيعة خلال عصور ما قبل التاريخ واشتملت هذه السبائك على نيازك الحديد وخليط الذهب والفضة في قاع الانهار، اذ يعتقد أن أول سبيكة صنعها الانسان هي البرونز والتي تتكون من النحاس والزرنيخ ثم اكتشف بعد ذلك القصدير ووضع مع النحاس فننتج نوعاً جيداً من البرونز ثم بدأت صناعة الادوات والحلي والاسلحة حيث تمتاز سبيكة البرونز بأنها أصلب من النحاس وأكثر قابلية للصهر والقولبة بأشكال مفيدة.

إن طرائق تكوين السبائك مختلفة من سبيكة إلى أخرى حيث تعتمد هذه الطرائق على درجة انصهار المواد المتكونة منها وكذلك على درجة انجمادها حيث يمكن التحكم في خواص المواد المكونة للسبيكة بواسطة المعاملات الحرارية لكل مادة.

5-8 أنواع السبائك:

بما أن السبائك تتكون من بلورات دقيقة تسمى بالحبيبات حيث تتراص ذرات كل حبيبة في ترتيب هندسي معين لذلك قسمت الى نوعين .

1- **سبائك الطور الواحد:** حيث تتكون من حبيبات ذات تركيب متشابه، يذوب فلز في فلز آخر بنفس الطرائق التي يذوب فيها الملح مع الماء مثل سبيكة النحاس والنيكل بخلطهما بنسب معينة في طور واحد.

2- **السبائك المتعددة الاطوار:** تتكون هذه السبائك من عدة أنواع من الحبيبات ممتزجة بعضها ببعض حيث تتربط الذرات المختلفة معاً لتكوين مركبات قوية ومستقرة مثل الفولاذ .

تمتاز السبائك بالخصائص الآتية:

- 1- أنها أقوى وأصلب (أصلد) من الفلزات المكونة لها.
- 2- ذراتها تمتاز بدرجات انصهار أقل من درجات انصهار الفلزات النقية (حيث يصعب طرقها الى أشكال مختلفة أو طيها على شكل ألواح أو سحبها على شكل اسلاك).
- 3- معظم السبائك أقل قابلية للتشكل ولكن هناك بعض السبائك الفائقة اللدونة ذات قابلية كبيرة للتشكل .
- 4- القليل من السبائك تكون جيدة التوصيل للكهرباء ولكن تم صنع سبائك فائقة التوصيل للكهربائية.

6-8 طرائق صنع السبائك :

هناك طريقتان لصناعة السبائك وهي:

- a- **الطريقة المباشرة:** وذلك بمزج منصهرات الفلزات المراد صنع السبيكة منها مع بعضها مباشرة فتتصلب هذه المنصهرات وتكون السبيكة المطلوب صناعتها. وهي الطريقة الاسهل نوعاً ما.
- b- **الطريقة غير المباشرة:** وتقسم هذه الطريقة الى الآتي:-

1- **الطريقة ذات المرحلة الواحدة:-** وفيها يصهر الفلز الاساس الموجود بنسبة كبيرة في السبيكة أولاً ثم بعد ذلك يضاف اليه الفلزات الاخرى، والتي يجب أن تذاب في منصهر الاساس كلياً ولكن اذا تعسر الذوبان فلا يمكن صنع السبيكة بهذه النسب. ومثال على هذه الطريقة هي سبيكة اللحام (القلالي) حيث يتم صهر الرصاص أولاً ثم يذاب فيه فلز القصدير ويمزجان جيداً ثم يصب هذا المزيج على شكل وهيئة قضبان.

2- **الطريقة ذات المرحلتين:-** وتقتضي هذه الطريقة بتصنيع سبيكة اولية بنسب معينة لها درجة انصهار معينة ومن ثم تتم إضافة وزن معين ومعلوم من منصهر الفلز المراد إدخاله لتصنيع السبيكة النهائية والحصول على النسب المرغوبة. وتخضع السبيكة الناتجة بعد الانتهاء من صنعها

ومهما كانت طريقة صنعها الى تحليل كيميائي دقيق قبل عرضها للاسواق لتعيين نسب مكوناتها لغرض التأكد من مطابقتها للمواصفات المطلوبة.

هل تعلم ؟

أن هناك طريقة متطورة في صناعة السبائك حيث تم من خلالها التوصل الى سبائك ذات خصائص مثالية.



شكل 8-10 بعض الحلي المصنوعة من السبائك

7-8 أستمعالات السبائك:

- 1- تستعمل بعض السبائك في صناعة صمامات دائرة التبريد وأنظمة الكشف عن الحرائق.
- 2- تستعمل سبائك معينة في مجال الطب مثل الحشوات والجسور في صناعة الاسنان وجهاز السلك الطبي الموجه.
- 3- تستعمل بعض السبائك في صناعة هياكل الطائرات.
- 4- تستعمل السبائك في صناعة الدعامات في بعض الابنية وهياكل الجسور.
- 5- تستعمل بعض السبائك في صناعة الادوات المطبخية ومعدات الصناعات النفطية ومحطات توليد الكهرباء.

ومن أمثلة بعض السبائك الشائعة هي:

- 1- سبائك الحديد مثل الفولاذ وهي من أشهر السبائك المستعملة.
- 2- سبائك النحاس والنيكل أو النحاس والقصدير والكوبلت.
- 3- سبيكة الرصاص مع القصدير.
- 4- سبيكة الالمنيوم والنحاس والمنغنيز والمغنيسيوم (المستعملة في صناعة هياكل الطائرات).

8-8 بعض أنواع السبائك المستعملة في البيئة العراقية:

- 1- تستعمل السبائك في تصنيع النقود كما كان متداولاً فيها بالعراق قبل سنوات مثل (عملة فئة 5 فلوس وتتكون من النحاس والنيكل بنسب معينة وبوزن معين) و (عملة فئة 10 فلوس وتتكون سبيكتها من النحاس والنيكل بنسب معينة وبوزن معين أيضاً) و(عملة فئة 25 فلوساً وتتكون سبيكتها من الفضة والنحاس بنسب متساوية وبوزن معين).
- 2- سبيكة الرصاص والتي تستعمل في صناعة اللحام وصناعة البطاريات السائلة ومكابس السوائل وفي صناعة أحرف الطباعة.
- 3- الفولاذ المقاوم للصدأ وهي سبيكة تستعمل بنطاق واسع في محطات توليد الطاقة الكهربائية والصناعة النفطية والصناعات الكيميائية وللأواني والمعدات المنزلية.

هل تعلم؟

أن الحديد في حالته النقية أكثر ليونة من الالمنيوم وتزداد صلابته بإضافة العناصر السبائكية كالكربون بنسب معينة فتتكون سبيكة الصلب وهي أقوى بألف مرة من الحديد النقي.



شكل 8-11

اسئلة الفصل الثامن

- س1/ أختَر العبارة الصحيحة من العبارات الآتية:
- 1- الفلز الذي يمكن استخلاصه من خامه بالتسخين هو:
 - a - الصوديوم
 - b - الزئبق
 - c - الألمنيوم
 - d - الكالسيوم.
 - 2- أي الأكاسيد التالية يمكن اختزاله بالكربون ؟
 - a - أكسيد الألمنيوم.
 - b - أكسيد الرصاص.
 - c - أكسيد الكالسيوم.
 - d - أكسيد المغنسيوم.
 - 3- الفلز الذي يوجد عند قمة سلسلة النشاط:
 - a - يفقد إلكترونات بسهولة.
 - b - يكون مركبات غير ثابتة.
 - c - يحترق لتكوين أكسيد حامضي.
 - d - يكون أكسيداً من السهل اختزاله بالكربون.
 - 4- عند التحليل الكهربائي لمنصهر كلوريد الصوديوم NaCl، فإن ما يحدث عند الأنود هو:
 - a - تأكسد Cl^-
 - b - اختزال Cl^-
 - c - تأكسد Na^+
 - d - اختزال Na^+
 - 5- استخلاص الفلزات من خاماتها (تحويلها من أيونات الى عناصر) يتضمن دائماً:
 - a - أكسدة
 - b - اختزال
 - c - تحليل كهربائي
 - d - تسخين مع الفحم.
 - 6- السبائك تتكون من الآتي:
 - a - الفلزات فقط
 - b- الفلزات ولافلزات
 - c- الفلزات والماء
 - 7- الفولاذ أحد سبائك:
 - a- القصدير
 - b- الكربون
 - c- الحديد
 - 8- السبيكة تكون:
 - a- أقل صلابة من مكوناتها
 - b- أكبر صلابة من مكوناتها
 - c- ليس لها صلابة
 - 9- تستخدم سبيكة الألمنيوم في صناعة الآتي:
 - a - الكيمياءويات
 - b- المواد البتروكيميائية
 - c- هياكل الطائرات
 - 10- السبيكة تتكون من مواد:
 - a- صلبة
 - b- سائلة
 - c - غازية
- س2/ عرّف السبيكة وأعطِ مثالاً لها؟
- س3/ عدد استعمالات السبائك.
- س4/ ما هي مميزات السبائك؟
- س5/ ما هي أنواع السبائك؟
- س6/ ما هي سبيكة البرونز؟
- س7/ ما طرائق صنع السبائك.
- س8/ أذكر نوعين من السبائك المستعملة في البيئة العراقية مع ذكر مكان أستعمالها؟
- س9/ أذكر الصفات العامة للفلزات والتي تجعلها مهمة من الناحية الصناعية.
- س10/ أي الفلزات تستخدم بصورة أكثر من غيرها؟
- س11/ هل يمكن إعادة تدوير الفلزات ؟ اذكر المراحل الخاصة بذلك.