

بسم الله الرحمن الرحيم

الباب الثالث

الكهرومغناطيسية Electromagnetism

1-3 قانون كولوم والمجالات الكهربائية Coulombs Law & Electric Fields

قانون كولوم:

افترض أن شحنتين نقطيتين في الفراغ q و q' تفصلهما مسافة r إذا كانت لهما نفس الإشارة فإن الشحنتين تتنافران، وإذا كانت لهما إشارتان متضادتان فإنهما تتجاذبان. القوة التي تتأثر بها إحدى

الشحنتين نتيجة للشحنة الأخرى تسمى (قوة كولوم) أو القوة الكهربائية وتعطى بقانون كولوم على

الصورة التالية:

$$F_E = K \frac{qq'}{r^2} \quad (3-1) \quad \text{في الفراغ}$$

وكما هو الحال دائماً في نظام الوحدات العالمية، المسافات تقاس بالامتار والقوى بالنيوتن، ووحدة

الشحنة في النظام الدولي هي الكولوم (C). ثابت التناسب K في قانون كولوم قيمته هي:

$$K = 8.988 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \quad (3-2)$$

وسوف تستخدم عادة مقربة إلى القيمة $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ وغالباً يستبدل الثابت K بالمقدار

$1/4\pi\epsilon_0$ حيث $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ تسمى سماحية الفضاء الحر أو سماحية الفراغ وبذلك

$$\text{يصبح قانون كولوم: } F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} \quad (\text{في الفراغ})$$

عندما يكون الوسط المحيط ليس الفراغ، فإن القوى التي تسببها الشحنات الموجودة في المادة تقلل من القوة بين الشحنتين النقطيتين. فإذا كان (ثابت العزل) لمادة ما هو K ، فإن ϵ_0 في قانون كولوم يجب استبدالها بالمقدار $K\epsilon_0 = \epsilon$ حيث يسمى ϵ سماحية المادة وبناءً على ذلك يكون:

$$F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qq'}{r^2} = \frac{k}{K} \frac{qq'}{r^2} \quad (3-3)$$

وبالنسبة للفراغ $k=1$ ، وللهواء $k=1.0006$. ويطبق قانون كولوم أيضاً على الكرات المشحونة بانتظام أو أغلفة الشحنة الكروية المنتظمة. في هذه الحالة تكون r هي المسافة بين مركزي الكرتين. ويجب أن تكون أكبر من مجموع نصفي قطري الكرتين.

مثال:

شحنة نواة الهيليوم تساوي $+2e$ ونواة النيون تساوي $+10e$ ، حيث $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$. احسب قوة التناثر بينهما إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما تساوي 3 nm ؟

الحل:

$$\begin{aligned} F &= k \frac{qq'}{r^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times (2 \times 1.6 \times 10^{-19}) \times (10 \times 1.6 \times 10^{-19})}{(3 \times 10^{-9})^2} \\ &= 5.12 \times 10^{-10} \text{ N} \end{aligned}$$

2-3 كم الشحنة Charge is Quantized

يرمز إلى مقدار أصغر شحنة يمكن قياسها بالحرف e ويسمى (كم الشحنة) حيث $e = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$. كل الشحنات الحرة، وهي الشحنات التي يمكن عزلها وقياسها. هي مضاعفات صحيحة لكم الشحنة e . شحنة الإلكترون تساوي $-e$ بينما شحنة البروتون هي $+e$.

3-3 حفظ الشحنة Conservation of Charge

المجموع الجبري للشحنات في النظام المعزول ثابت. عندما ينشأ جسيم شحنته $+e$ فإن جسيماً شحنته $-e$ ينشأ بالقرب منه في نفس اللحظة. وعندما يختفي جسيم شحنته $+e$ ، فإن جسيماً شحنته $-e$ يختفي أيضاً بالقرب منه. وبناء على ذلك فإن الشحنة المحصلة للنظام المعزول تظل ثابتة.

4-3 شحنة الاختبار

هي شحنة صغيرة جداً يمكن إستخدامها في إجراء قياسات على نظام كهربي. يفترض أن مثل هذه الشحنة يمكن إهمال تأثيرها على الوسط المحيط بها، حيث أنها صغيرة جداً من حيث المقدار والحجم الفيزيائي على حد سواء.

5-3 المجال الكهربي Electric Field

يقال أن مجالاً كهربياً موجود عند أي نقطة في الفضاء عندما تتأثر شحنة إختبار موجودة عند تلك النقطة بقوة كهربية. ويكون اتجاه المجال الكهربي عند نقطة ما هو نفس اتجاه القوة التي تؤثر على شحنة اختبار موجبة عند تلك النقطة.

6-3 خطوط المجال الكهربي Electric Field Lines

يمكن إستخدامها لتخطيط المجالات الكهربية. الخط المار بنقطة يكون له نفس اتجاه المجال الكهربي عند هذه النقطة. وحيثما تكون خطوط المجال أقرب ما يمكن من بعضها فإن المجال الكهربي يكون أكبر ما يمكن. خطوط المجال تخرج متباعدة من الشحنات الموجبة (لأن الشحنة الموجبة تتنافر مع شحنة إختبار موجبة، بينما تتجمع في إتجاه الشحنات السالبة) لأنها تتجاذب مع شحنة الاختبار (الموجبة).

7-3 شدة المجال الكهربي عند نقطة Strength of the electric field

تساوي القوة المؤثرة على وحدة شحنة إختبار موجبة موجودة عند تلك النقطة وبما أن شدة المجال الكهربائي عبارة عن قوة لكل وحدة شحنة فإنها إذن كمية متجهة. وحدات شدة المجال هي N/C أو V/m . إذا وضعت شحنة q عند نقطة شدة المجال فيها نتيجة شحنات أخرى هي \vec{E} ، فإن الشحنة

$$\vec{F}_E = q\vec{E} \text{ تعطي بالمعادلة:}$$

إذا كانت q سالبة فإن \vec{F}_E تكون في عكس إتجاه \vec{E} .

8-3 المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية Electric field due to a point charge

لإيجاد E (مقدار وإشارة المتجه \vec{E}) الناتج عن شحنة نقطية q ، تستخدم قانون كولوم. إذا وضعت شحنة نقطية q' على بعد r من الشحنة q فإنها تؤثر عليها بقوة:

$$F_E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} = q' \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \right) \quad (3-4)$$

لكن إذا وضعت الشحنة النقطية q' حيثما يكون مقدار المجال الكهربائي هو E فإن القوة المؤثرة على q' عندئذ هي :

$$F_E = q'E \quad (3-5)$$

بمقارنة هاتين المعادلتين نجد أن:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (3-6)$$

هذا هو المجال الكهربائي عند مسافة r من شحنة نقطية q نفس العلاقة تطبق على نقط خارج شحنة كروية محدودة q . وعندما تكون q موجبة فإن E تكون موجبة و \vec{E} تتجه قطرياً إلى الخارج بعيداً عن q ، أما عندما تكون q سالبة فإن E تكون سالبة و \vec{E} تتجه إلى الداخل.

9-3 قاعدة التراكب Superposition Principle

القوة المؤثرة على شحنة نتيجة شحنات أخرى تساوي المجموع المتجهي لقوى كولوم المؤثرة عليها
نتيجة هذه الشحنات الأخرى. بالمثل ، شدة المجال الكهربائي \vec{E} عند نقطة نتيجة عدة شحنات هي
مجموع متجهات شدة المجال الناشئة عن كل شحنة على حده.

مثال:

ما مقدار الشغل W اللازم لنقل شحنة $5 \times 10^{-8} \text{ C}$ من نقطة في الهواء تبعد 50 cm عن شحنة $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ إلى نقطة تبعد عنها مسافة 10 cm ؟

الحل:

$$\begin{aligned} \text{فرق الجهد بين النقطتين} \times \text{الشحنة} &= \text{الشغل} \\ &= (5 \times 10^{-8}) \times (9 \times 10^9) \times \left(\frac{2 \times 10^{-6}}{0.1} - \frac{2 \times 10^{-6}}{0.5} \right) \\ &= 7.2 \times 10^{-3} \text{ J} \end{aligned}$$

10-3 الجهد والسعة Potential and Capacitance

1-10-3 فرق الجهد Potential Difference

الجهد الكهربائي هو الشغل الذي يكفي لإخراج شحنة كهربائية من المجال إلى خارجه. فرق الجهد بين نقطة A ونقطة B هو الشغل المبذول ضد القوى الكهربائية لنقل وحدة شحنة الاختبار الموجبة من A إلى B . نمثل فرق الجهد بين A و B على الصورة $V_B - V_A$ أو بالرمز V . ووحداته هي وحدات الشغل لكل شحنة (جول/ كولوم) وتسمى (فولت).

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$$

ونظراً لأن الشغل كمية قياسية، فإن فرق الجهد أيضاً كمية قياسية وفرق الجهد، مثل الشغل يمكن أن يكون موجباً أو سالباً. الشغل W المبذول في نقل شحنة q من نقطة A إلى نقطة أخرى B هو:

$$W = q(V_B - V_A) = qV \quad (3-7)$$

حيث تلحق الإشارة المناسبة (+ أو -) بالشحنة. إذا كان كل من $(V_B - V_A)$ و q موجباً (سالباً)، فإن الشغل المبذول يكون موجباً. أما إذا كان $(V_B - V_A)$ و q لهما إشارتان متضادتان، فإن الشغل المبذول يكون سالباً.

2-10-3 Absolute Potential الجهد المطلق

الجهد المطلق عند نقطة هو الشغل اللازم بذله ضد قوى الكهربية للمجال لنقل وحدة شحنة الاختبار الموجبة من ما لانهاية حتى تلك النقطة. وبذلك يكون الجهد المطلق عند نقطة B هو الفرق في الجهد من $A=\infty$ إلى B .

اعتبر شحنة نقطية q في الفراغ ونقطة P على بعد r من الشحنة النقطية. الجهد المطلق عند P نتيجة الشحنة q هو:

$$V = K \frac{q}{r} \quad (3-8)$$

حيث $K=8.99 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ هو ثابت كولوم. والجهد المطلق عند ما لانهاية (عند $r=\infty$) يساوي صفرًا.

وإستناداً إلى مبدأ التراكب والطبيعة القياسية لفرق الجهد، فإن الجهد المطلق عند نقطة نتيجة عدد من الشحنات النقطية هو:

$$V = K \sum \frac{q_i}{r_i} \quad (3-9)$$

حيث r_i هي المسافات التي تبعتها الشحنات q_i عن النقطة قيد الإعتبار. تعزى الحدود السالبة في الجهد إلى الشحنات q السالبة، بينما تعزى الحدود الموجبة إلى شحنات q موجبة. الجهد المطلق نتيجة كرة مشحونة بانتظام عند نقط (خارج) الكرة أو على سطحها هو $V = K \frac{q}{r}$ حيث q هي

الشحنة التي تحملها الكرة. هذا الجهد هو نفس الجهد الناتج عن شحنة نقطية q موضوعة عند مركز الكرة.

3-10-3 طاقة الوضع الكهربائي Electric Potential Energy

لنقل شحنة q من ما لانهاية إلى نقطة يكون عندها الجهد المطلق هو V ، فإن شغلاً مقداره qV يجب أن يبذل على الشحنة. يظهر هذا الشغل على هيئة طاقة وضع كهربائية (EPE) مخزنة في الشحنة.

بالمثل عندما تنقل شحنة q خلال فرق جهد V فإن كمية شغل qV يجب بذلها على الشحنة. هذا الشغل يؤدي إلى تغيير مقداره qV في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة. في حالة (زيادة) الجهد، تكون V موجبة وتزيد طاقة الوضع الكهربائية إذا كانت q موجبة ولكن في حالة نقصان الجهد تكون V سالبة وتنقص طاقة الوضع إذا كانت q موجبة.

افتراض أنه في منطقة معينة يوجد مجال كهربائي منتظم في اتجاه X . ليكن مقداره E_x . وحيث أن E_x هي القوة المؤثرة على وحدة شحنة الاختبار الموجبة، فإن الشغل اللازم بذله لنقل شحنة

$$\text{الاختبار خلال مسافة } X \text{ هو } (W=F_x X) \text{ إلى } W=E_x X$$

4-10-3 المجال بين لوحين معدنيين كبيرين متوازيين، متعاكسي الشحنة، منتظم.

ويمكننا بذلك استخدام هذه المعادلة لربط المجال الكهربائي E بين اللوحين بالمسافة الفاصلة بينهما d

$$\text{وفرقتجهما } V \text{ . بالنسبة للوحين متوازيين: } V=Ed$$

الشغل المبذول لنقل شحنة $+e$ (كولوم) خلال فرق جهد 1 فولت تماماً يعرف باسم 1 (الالكترون فولت) أي أن :

$$1 \text{ eV} = (1.602 \times 10^{-19} \text{ C})(1\text{V}) = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (3-10)$$

وبصيغة مكافئة :

الشغل أو الطاقة (بوحدة eV) = (الشغل بالجول)/e

11-3 المكثفات Capacitors

1-11-3 المكثف :

يستخدم لتخزين الشحنة، ويتكون في الغالب، وليس دائماً، من موصلين تفصلهما مادة عازلة

كهربياً. وتعرف السعة (C) لمكثف بأنها:

السعة = مقدار الشحنة على أحد الموصلين / مقدار فرق الجهد بين الموصلين

وإذا كانت وحدات q بالكولوم وV بالفولت فإن C تكون بالفاراد F .

سعة المكثف ذو اللوحين المتوازيين الذي تفصل لوحيه المتقابلين مسافة صغيرة d ، ومساحة كل لوح

A تعطى بالمعادلة:

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (3-11)$$

حيث $K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ هو ثابت العزل (بدون أبعاد) لمادة غير موصلة (عازلة) بين اللوحين، وقيمة ϵ_0 هي:

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

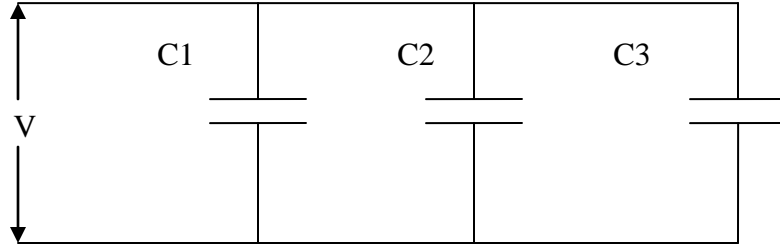
في حالة الفراغ $K=1$ وبناء على ذلك فإن المكثف ذا اللوحين المتوازيين الذي بين لوحيه مادة عازلة

تكون سعته أكبر K مرة من نفس المكثف عندما يكون بين لوحيه فراغ هذه النتيجة صحيحة لمكثف

بأي شكل اختياري. تجمع السعات للمكثفات الموصلة على التوازي، بينما تجمع مقلوبات السعات

للمكثفات الموصلة على التوالي كما في الشكلين.

2-11-3 توصيل المكثفات على التوازي:

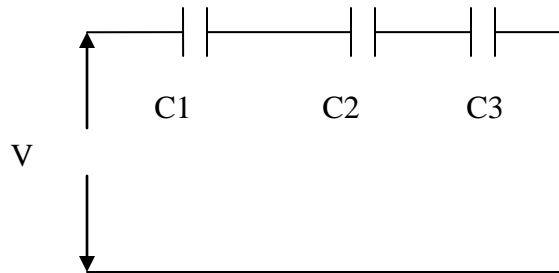


$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

3-11-3 توصيل المكثفات على التوالي:



$$Q = q_1 = q_2 = q_3$$

$$V = v_1 + v_2 + v_3$$

$$1/C_{eq} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$$

الطاقة المخزنة في مكثف Energy Stored in A Capacitor

الطاقة EPE المخزنة في مكثف سعته C وشحنته q وفرق جهده V هي:

$$EPE = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \quad (3-12)$$

مثال:

مكثف هوائي سعته $8\mu F$. أحسب السعة عندما يستبدل الهواء بالزجاج . علماً بأن السماحية للزجاج تساوي 6 ؟

الحل:

السعة تتغير طردياً مع السماحية النسبية والسماحية للهواء تساوي الواحد.

$$48\mu F = 6 \times 8\mu F = \text{المكثف}$$

مثال:

مكثف سعته $300PF$ وفرق الجهد بين لوحيه $1000 V$. أحسب الشحنة على كل لوح ؟

الحل:

$$q = CV = (3 \times 10^{-10}) \times (1000) = 3 \times 10^{-7} C$$

مثال:

شحن موصل بشحنة مقدارها $6 \times 10^{-9} C$ وأصبح جهده $200 V$. كم تكون سعة المكثف المكون

من هذا الموصل والوسط المحيط به ؟

الحل:

السعة = مقدار الشحنة / فرق الجهد

$$C = \frac{q}{V} = \frac{6 \times 10^{-9} C}{200V} = 3 \times 10^{-11} F$$

12-3 التيار والمقاومة وقانون أوم Current, Resistance , and Ohm's Law

1-12-3 Current التيار

التيار الكهربائي I يوجد في منطقة ما عندما تنتقل شحنة كهربائية محصلة من نقطة إلى أخرى في تلك المنطقة. افترض أن شحنة كهربائية تتحرك خلال سلك. إذا نقلت شحنة q عبر مساحة مقطع معينة من السلك خلال زمن t فإن التيار المار خلال السلك هو :

$$I = \frac{q}{t} \quad (3-13)$$

وحدات q بالكولوم و t بالثواني و I بالأمبير $1 \text{ A} = 1 \text{ C/S}$

اصطلح على أن يؤخذ اتجاه التيار في اتجاه سريان الشحنة الموجبة. وبناءً على ذلك فإن إنسياب الإلكترونات جهة اليمين يناظر تياراً كهربياً في اتجاه اليسار.

مثال:

أحسب مقدار الشحنة q التي تنتقل في دقيقة واحدة خلال موصل معدني يمر به تيار مطرد أو مستقر شدته 5 A ؟

الحل:

$$q = It = 5 \times 60 = 300 \text{ C}$$

3-12-2 البطارية Battery

هي مصدر طاقة كهربائية. إذا لم يحدث أي فقد للطاقة الداخلية في البطارية، فإن فرق الجهد بين طرفيها يسمى (القوة الدافعة الكهربائية electro motive force) للبطارية. سوف يفترض، إذا لم ينص على ذلك، إن فرق الجهد الطرفي لبطارية يساوي قوتها الدافعة الكهربائية. وحدة القوة الدافعة الكهربائية هي نفس وحدة فرق الجهد، وهي الفولت.

3-12-3 المقاومة Resistance

المقاومة R لسلك أو أي جسم آخر هي مقياس لفرق الجهد V اللازم توصيله عبر الجسم ليُجعل تياراً شدته أمبير واحد يمر خلال الجسم.

$$R = \frac{V}{I} \quad (3-14)$$

وحدة قياس المقاومة هي الأوم ويرمز لها بالرمز Ω $1\Omega = 1\frac{V}{A}$

3-12-4 قانون أوم Ohm's Law

قانون أوم يتضمن في الأصل قسمين : أما القسم الأول منه فهو ببساطة معادلة تعريف المقاومة $V=IR$ وغالباً ما نشير إلى هذه المعادلة على أنها قانون أوم. نص أيضاً على أن R هو مقدار ثابت لا يعتمد على V و I . القسم الأخير من القانون صحيح فقط بصورة تقريبية. يمكن تطبيق العلاقة $V=IR$ على أي مقاوم، حيث V هو فرق الجهد بين طرفي المقاومة و I التيار المار خلاله، و R مقدار مقاومة المقاوم تحت تلك الظروف.

3-12-5 فرق الجهد الطرفي Terminal Potential Difference

فرق الجهد الطرفي أو الفولتية الطرفية لبطارية أو مولد عندما يرسل تياراً I يرتبط بالقوة الدافعة الكهربائية \mathcal{E} والمقاومة الداخلية r للبطارية أو المولد كما يلي:

1 عند إرسال تيار (في حالة التفريغ):

فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربائية - الهبوط في فولتية المقاومة الداخلية

$$V = \mathcal{E} - Ir \quad (3-15)$$

2 عند إنتقال تيار (في حالة الشحن):

فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربائية + الهبوط في فولتية المقاومة الداخلية

$$V = \mathcal{E} + Ir \quad (3-16)$$

3 - عندما لا يمر تيار:

فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربائية للبطارية أو المولد.

6-12-3 المقاومة (أو المقاومة النوعية) Resistivity

المقاومة R لسلك طوله L ومساحة مقطعه A هي:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3-17)$$

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (3-18)$$

حيث ρ مقدار ثابت يسمى (المقاومة النوعية). وهي خاصية مميزة للمادة المصنوع منها السلك. وعندما تكون L بوحدات المتر m ، A بالمتر المربع m^2 و R بالاوم Ω ، فإن وحدات ρ تكون $\Omega \cdot m$.

7-12-3 تغير المقاومة مع درجة الحرارة:

إذا كانت مقاومة سلك عند درجة حرارة T_0 هي R_0 ، فإن مقاومته R عند درجة حرارة T هي:

$$R = R_0 + \alpha R_0 (T - T_0) \quad (3-19)$$

حيث α هو معامل المقاومة الحراري لمادة السلك. تتغير α عادة مع درجة الحرارة، وهذه العلاقة قابلة للتطبيق في مدى صغير فقط لدرجة الحرارة. وحدات α هي K^{-1} أو C^{-1} .

توجد علاقة مماثلة لتغير (المقاومة النوعية) مع درجة الحرارة. فإذا كانت ρ_0 و ρ هما قيمتين

المقاومية عند T_0 و T على الترتيب فإن:

$$\rho = \rho_0 + \alpha \rho_0 (T - T_0) \quad (3-20)$$

8-12-3 تغيرات الجهد Potential Changes

فرق الجهد عبر مقاومة R ينساب خلالها تيار I هو حسب قانون أوم هو IR . طرف المقاوم الذي يدخل عنده التيار هو الطرف الأعلى جهداً. ينساب التيار دائماً منحدرًا من جهد عال إلى جهد منخفض خلال المقاوم. الطرف الموجب للبطارية يكون دائماً عالي الجهد، إذا أهملت المقاومة الداخلية للبطارية، أو كانت هذه المقاومة صغيرة.

مسائل محلولة:-

1- يتحرك الكترون ذرة الهيدروجين في مدار دائري نصف قطره $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ بسرعة مقدارها $2.2 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$ أحسب تردده f والتيار I في المدار ؟

الحل:

$$f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{2.2 \times 10^6}{2\pi(5.3 \times 10^{-11})} = 6.6 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

الشحنة تعبر كل نقطة من المدار 6.6×10^{15} مرة كل ثانية.

$$I = \frac{q}{t} = \frac{q}{\frac{1}{f}} = qf = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.6 \times 10^{15} = 1.06 \times 10^{-3} \text{ Amp} = 1.06 \text{ mA}$$

2- أحسب التيار المار في مكواة كهربائية ساخنة مقاومتها 22Ω عندما توصل عبر خط جهده 110 V ؟

الحل:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{110}{22} = 5 \text{ Amp}$$

3- ما هو الهبوط في الجهد عبر سلك لوح تسخين مقاومته 24Ω عندما يسحب من الخط تياراً شدته 5 Amp ؟

الحل:

$$V = IR = 5 \times 24 = 120 \text{ V}$$

4- عمود جاف قوته الدافعة الكهربية 1.52 V ، أوجد مقاومته الداخلية r إذا كان تيار تقصير الدائرة هو 25 Amp ؟

الحل:

$$r = \frac{\epsilon}{I} = \frac{1.52}{25} = 0.061 \Omega$$

5- مولد تيار مستمر يعطي قوة دافعة كهربية 120 V عندما تكون الدائرة مفتوحة وعند توصيل حمل يسحب تياراً شدته 20 amp فإن فرق الجهد الطرفي يهبط إلى 115 V .

أ - ماهي المقاومة الداخلية r للمولد؟

ب كم يصبح فرق الجهد الطرفي عندما يوصل حمل يسحب تياراً شدته 40 Amp ؟

الحل:

أ - القوة الدافعة الكهربية - فرق الجهد الطرفي $= Ir$ الهبوط في الجهد عبر المقاومة الداخلية

$$120 \text{ V} - 115 \text{ V} = 20 \text{ A} \times r$$

$$r = 5/20 = 0.25 \Omega$$

ب- فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربية - Ir

$$120 \text{ V} - 40 \text{ A} \times 0.25 = 110 \text{ V}$$

3-12-9 الشغل الكهربائي Electrical Work

الشغل الكهربائي (بالجول) اللازم لنقل شحنة q (بالكولوم) خلال فرق جهد V (بالفولت) يعطى

بالمعادلة:

$$W = qV \quad (3-21)$$

عندما تعطى q و V بإشارتيهما السليمة (ارتفاعات الجهد موجبة والهبوط سالب)، فإن الشغل سيكون بإشارته السليمة. وبناءً على ذلك فإنه يجب بذل كمية شغل موجبة على الشحنة الموجبة لنقلها خلال ارتفاع جهد.

10-12-3 القدرة الكهربائية

القدرة الكهربائية (بالواط) المعطاة بواسطة مصدر طاقة أثناء نقل شحنة q (بالكولوم) خلال ارتفاع جهد V (بالفولت) في زمن t (بالثواني) هي:-
القدرة = الشغل / الزمن

$$P = qV/t \quad (3-22)$$

وحيث أن $I = q/t$ فإن هذه المعادلة تكون:- $P = VI$

فقد القدرة في مقاوم نحصل عليه بإحلال IR محل V في VI ، أو بإحلال V/R محل I في VI ويكون :-

$$P = VI = I^2R = V^2/R \quad (3-23)$$

الطاقة الحرارية المتولدة في مقاوم كل ثانية تساوي فقد القدرة في المقاوم. $P = VI = I^2R$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 0.239 \text{ cal/s} = 0.738 \text{ ft.lb/s}$$

$$1 \text{ KW} = 1.341 \text{ hp} = 56.9 \text{ Btu/min}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W} = 33000 \text{ ft.lb/min} = 42.4 \text{ Btu/min}$$

$$1 \text{ KW.hr} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$$

مثال:

أحسب الشغل ومتوسط القدرة اللازمين لنقل شحنة C 96000 في ساعة واحدة خلال فرق جهد قيمته 50 V ؟

الحل:

$$W = qV = 96000 \times 50 = 4.8 \times 10^6 \text{ J} \quad \text{الشغل هو:}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{4.8 \times 10^6}{60 \times 60} = 1.33 \text{ KW} \quad \text{القدرة هي:}$$

مثال:

محرك كهربى يسحب تياراً شدته 5 Amp. من خط فرق جهده 110 V ، أحسب القدرة والطاقة

بوحداث الجول والكيلووات ساعة، المعطاة للمحرك في ساعتين؟

الحل:

$$P = IV = 5 \times 110 = 550 \text{ W} = 0.55 \text{ KW} \quad \text{القدرة هي:}$$

$$W = Pt = IVt = 550 \times 2(3600 \text{ s}) = 3.96 \times 10^6 \text{ J}$$

$$0.55 \text{ KW} \times 2 \text{ hr} = 1.1 \text{ KW/hr} \quad \text{هي: الطاقة بالكيلووات ساعة}$$

3-12-11 المقاومة المكافئة والدوائر البسيطة وقانونا كيرشوف

3-12-11-1 توصيل المقاومات على التوالي:

عندما يسري تيار كهربى في مسار واحد فقط، كأن يسري خلال مقاومتين أو أكثر في خط واحد،

فإن هذه المقاومات تكون موصلة على التوالي. وبعبارة أخرى عندما يتم توصيل أحد طرفي مقاوم

مباشرة بطرف واحد فقط لمقاوم آخر فإن المقاومتين تكونان موصلتين على التوالي ويمر خلالهما

نفس التيار.

$$R_1 + R_2 + R_3 + \dots = R \quad \text{المقاومة المكافئة} \quad (3-24)$$

التيار المار في كل مقاومة هو نفس المار خلال المقاومات الأخرى.

هبوط الجهد الكلي عبر المجموعة يساوي مجموعة فروق الجهد عبر كل موصل على حدة. المقاومة المكافئة في حالة التوصيل على التوالي تكون دائماً أكبر من أكبر مقاومة في المجموعة.

3-11-12-2 توصيل المقاومات على التوازي:

يكون توصيل عدة مقاومات بين عقدتين (على التوازي) إذا وصل طرف واحد من كل مقاوم باحدي العقدتين ووصل الطرف الآخر من كل مقاوم بالعقدة الاخرى.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3-25) \quad \text{المقاومة المكافئة تعطى:}$$

المقاومة المكافئة في حالة التوصيل على التوازي تكون دائماً أقل من أصغر مقاومة في المجموعة. توصيل مقاومات إضافية على التوازي يقلل المقاومة الكلية (R_{eq}) للمجموعة. لاحظ أن المقاومات الموصلة على التواز تكون مجموعة مماثلة لحالة المكثفات الموصلة على التوازي.

فرق الجهد V عبر مقاوم في مجموعة مقاومات موصلة على التوازي يكون هو نفس فرق الجهد عبر مقاوم آخر في المجموعة، التيار المار خلال المقاوم رقم n هو $I_n = V/R_n$ والتيار الكلي الداخل إلى المجموعة يساوي مجموع التيارات الفرعية.

3-11-12-3 قانون كيرشوف

قاعدة عقدة (وصلة) كيرشوف:

مجموعة كل التيارات الداخلة نحو عقدة (أي وصلة مشتركة لثلاثة أطراف توصيل حاملة لتيار كهربى) يجب أن يساوي مجموع التيارات الخارجة من تلك العقدة.

قاعدة عروة (دائرة) كيرشوف:

بالنسبة لدائرة كهربية مغلقة، المجموع الجبري لتغيرات الجهد فيها يساوي صفراً. وفي عملية الجمع هذه، ارتفاع الجهد يكون موجباً وهبوط الجهد يكون سالباً. ينساب التيار دائماً من الجهد الأعلى إلى الجهد الأقل خلال المقاوم. فعند التحرك خلال المقاوم في اتجاه التيار، يكون تغير الجهد سالباً لأنه هبوط جهد. الطرف الموجب لمصدر قوة دافعة كهربية خالصة يكون دائماً طرفاً ذا جهد أعلى، لا يعتمد اتجاه التيار خلال مصدر القوة الدافعة الكهربية.

مجموعة المعادلات الناتجة باستخدام قاعدة عروة كيرشوف تعتبر مستقلة علماً بأن كل معادلة عروة جديدة تحتوي على تغير جهد غير موجود في معادلة سابقة.

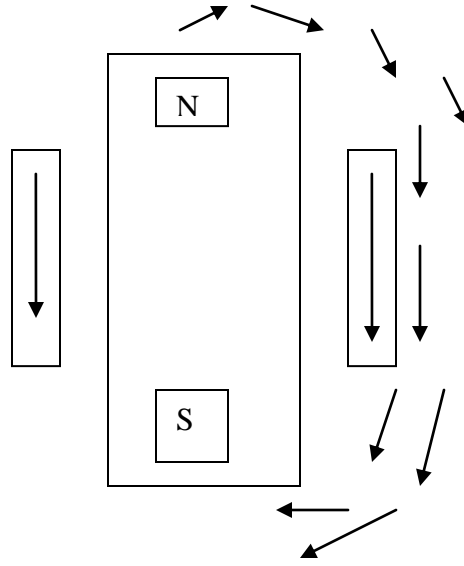
13-3 المجالات المغناطيسية Magnetic Fields

1-13-3 المجال المغنطيسي:

هو الحيز في المكان الذي إذا تحركت فيه شحنة كهربائية أثرت عليها قوى غير كهربائية وغير ثقالية. والمجال المغنطيسي \vec{B} يوجد في منطقة خالية من الفراغ إذا تأثرت شحنة متحركة خلال هذه المنطقة بقوة شحنة حركتها. كثيراً ما يكتشف المجال المغنطيسي عن طريق تأثيره على ابرة بوصلة (قضيبي مغناطيسي صغير). إبرة البوصلة تأخذ اتجاه المجال المغناطيسي. اتجاه المجال هو الاتجاه الذي إذا تحركت فيه الشحنة لم تؤثر عليها قوى.

2-13-3 خطوط المجال المغناطيسي

خطوط المجال المغنطيسي المرسومة في منطقة ما تعتبر وسيلة لبيان الاتجاه الذي ستشير إليه إبرة بوصلة موضوعة في تلك المنطقة. يوضح الشكل طريقة لتحديد خطوط المجال بالقرب من قضيب مغناطيسي. وقد أُصطلح على أن يكون اتجاه إبرة البوصلة هو اتجاه المجال.



شكل (3-1)

3-13-3 المغناطيس Magnet

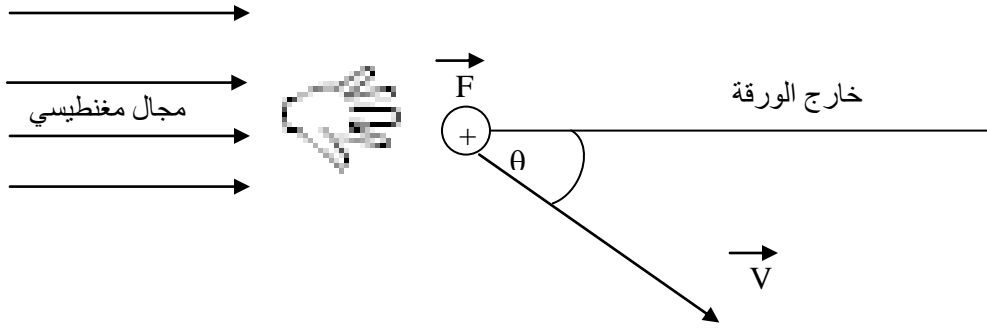
المغناطيس يجب أن يكون له على الأقل (قطب شمالي) واحد (قطب جنوبي) واحد. وحيث أن إبرة البوصلة تشير بعيداً عن القطب الشمالي N ونحو القطب الجنوبي S ، فإن خطوط المجال المغناطيسي تخرج من الأقطاب الشمالية وتدخل الأقطاب الجنوبية. الأقطاب المغناطيسية المتماثلة التي لها نفس النوع (شمال أو جنوب) تتنافر مع بعضها والأقطاب المختلفة تتجاذب مع بعضها.

4-13-3 الشحنة المتحركة في مجال مغناطيسي

الشحنة المتحركة في مجال مغناطيسي تتأثر بقوة ناتجة عن المجال، بشرط أن لا يكون متجه سرعتها على طول خط المجال المغناطيسي. الشحنات q المتحركة بسرعة \vec{v} في مجال مغناطيسي

اتجاهه كما هو موضح في الشكل. اتجاه القوة \vec{F} على كل شحنة موضحة في الرسم. لاحظ أن اتجاه القوة المؤثرة على شحنة موجبة لها نفس السرعة.

اتجاه القوة المؤثرة على شحنة $+q$ متحركة في مجال مغناطيسي يمكن تحديده باستخدام قاعدة اليد اليمنى



شكل (2-3)

أبسط اليد اليمنى. اجعل أصابعها تشير إلى اتجاه المجال، وجه الإبهام في اتجاه سرعة شحنة موجبة. عندئذ تكون راحة اليد (من المعصم إلى أطراف الأصابع) في اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة. اتجاه القوة على الشحنة السالبة يكون في عكس اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة الموجبة من المفيد غالباً أن تلاحظ أن خط المجال خلال الجسيم ومتجه سرعة الجسيم يحددان مستوى الصفحة. متجه القوة يكون دائماً عمودياً على هذا المستوى.

مقدار القوة المؤثرة على شحنة متحركة في مجال مغناطيسي يعتمد على حاصل ضرب أربعة عوامل:

- 1- الشحنة q بالكولوم.
- 2- مقدار سرعة الشحنة V (m/s)

3- شدة المجال المغناطيسي B $\sin\theta$ حيث θ هي الزاوية بين خطوط المجال والسرعة \vec{v} .

3-13-5 المجال المغناطيسي عند نقطة

يمثل بمتجه \vec{B} متنوع الاسماء مثل (الحث المغناطيسي) أو (كثافة الفيض المغناطيسي) أو ببساطة (المجال المغناطيسي). ونعرف مقدار \vec{B} ووحداته بواسطة المعادلة:

$$F_M = qVB \sin \theta \quad (3-26)$$

حيث F_M بالنيوتن، q بالكولوم، V بوحدات m/s و B المجال المغناطيسي بوحدة (تسلا T). تعرف تسلا أيضاً بوحدات (وبر لكل متر مربع) $1 T = 1 \text{ Wb/m}^2$. ووحدة النظام الفرنسي للمجال هي (جاوس G) حيث: $1 G = 10^{-4} T$

المجال المغناطيسي للأرض يساوي بضعة أعشار الجاوس. أيضاً لاحظ أن:

$$1T = 1 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C(m/s)}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{Am}} \quad (3-27)$$

3-13-6 القوة المؤثرة على تيار في مجال مغناطيسي

حيث أن التيار الكهربائي ببساطة عبارة عن انسياب شحنات موجبة فإن التيار يتأثر بقوة ناتجة عن

المجال المغناطيسي ويحدد اتجاه القوة بقاعدة اليد اليمنى. حيث يحل اتجاه التيار محل متجه

السرعة، المقدار ΔF_M للقوة المؤثرة على طول صغير ΔL من سلك يحمل تيار I يعطى بالمعادلة:

$$\Delta F_M = I(\Delta L)B \sin \theta \quad (3-28)$$

حيث θ هي الزاوية بين اتجاه التيار I و اتجاه المجال. وفي حالة سلك مستقيم طوله L في مجال

مغناطيسي منتظم، تصبح المعادلة هي:

$$F_M = ILB \sin \theta \quad (3-29)$$

لاحظ أن القوة تساوي صفراً إذا كان السلك على خط في اتجاه خطوط المجال. القوة تكون أقصى ما يمكن إذا كانت خطوط المجال عمودية على السلك. وبالقياس على حالة شحنة متحركة، تكون القوة عمودية على المتوى المحدد بالسلك وخطوط المجال.

مسائل محلولة:-

1- جلفانومتر مقاومته الكلية $R_1=7\ \Omega$ وصل معه على التوازي سلك مقاومته $R_2=3\ \Omega$ كم من التيار الكلي يمر في الجهاز وكم منه يمر في المجزئ؟

الحل:-

اعتبر $I_1 =$ التيار في الجلفانومتر و $I_2 =$ التيار في المجزئ

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} I = \frac{3}{7+3} I = 0.3I$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1+R_2} I = \frac{7}{7+3} I = 0.7I$$

2- أحسب كثافة الفيض المغناطيسي في الهواء عند نقطة تبعد 5 سم عن سلك مستقيم طويل يحمل تياراً شدته 15 أمبير؟

الحل:-

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1} \times 15\text{A}}{2\pi \times (5 \times 10^{-2} \text{ m})} = 6 \times 10^{-5} \text{ Wbm}^{-2} = 6 \times 10^{-5} \text{ Tesla}$$

3- ملف دائري عدد لفاته 40 لفة وقطره 32 سم ومقطعه يمكن إهماله. ما هو التيار الذي يمر في الملف ليعطي كثافة فيض قيمتها $3 \times 10^{-4} \text{ T}$ عند مركزه؟

الحل:-

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r}$$

$$3 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40I}{2(0.16\text{m})}$$

$$I = \frac{3 \times 10^{-4} \times 2 \times 0.16}{4\pi \times 10^{-7} \times 40} = \frac{30}{3.14 \times 5} = 1.9\text{A}$$

4- أحسب كثافة الفيض عند مركز قلب هوائي لملف حلزوني طويل عدد لفاته 9 لفة كل سنتيمتر

من الطول ويحمل تياراً شدته 6 A ؟

الحل:-

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = 4\pi \times 10^{-7} \text{WbA}^{-1}\text{m}^{-1} \times \frac{9}{10^{-2}} \times 6A = 6.8 \times 10^{-3} T$$

5- تتحرك شحنة قيمتها $4 \times 10^{-6} \text{ C}$ بمعدل 15 دورة في الثانية في دائرة نصف قطرها 20 سم

كم تكون كثافة الفيض المغناطيسي عند مركز الدائرة ؟

الحل:-

التيار المار في الدائرة هو :

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{4 \times 10^{-6} \text{ C}}{1/15 \text{ s}} = 6 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2r} = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{(1)(6 \times 10^{-5})}{2 \times 0.2 \text{ m}} = 1.88 \times 10^{-10} T$$

الباب الرابع

الضوء والليزر

1-4 طبيعة الضوء:

الضوء مثل الصور الأخرى للاشعاع الكهرومغناطيسي عبارة عن كيان أساسي والكثير من العلماء يبحثون في معرفة و فهم طبيعته. على المستوى المنظور، يظهر الضوء سلوكين يبدوان متناقضين ويفسران ببساطة عن طريق الموجه والجسيم. وعادة ما تكون كمية الطاقة كبيرة جداً لدرجة أن الضوء يبدو في سلوكه كما لو كان موجه مثالية متصلة، موجه ذات مجالين متعامدين على بعضهما: كهربي ومغناطيسي. تفاعل الضوء مع العدسات والمرايا والمناشير والفتحات الضيقة وغيرها يمكن فهمه بصورة مرضية عن طريق نموذج الموجه شريطة ألا نتعمق كثيراً في فحص ما يحدث على المستوى المجهري. من ناحية أخرى عندما ينبعث الضوء أو يمتص بواسطة ذرات مادة ما، فإن هذا يحدث بإفتراض أن الطاقة الإشعاعية عبارة عن دقات دقيقة متمركزة محددة الإتجاه، أي أن الضوء عبارة عن سيل من الجسيمات الدقيقة. ولحسن الحظ دون ما اهتمام بالطبيعة الخاصة جداً للضوء، يمكننا التنبؤ بسلوكه في مدى عريض من الحالات العملية.

2-4 إنعكاس الضوء:

1-2-4 قوانين الإنعكاس:

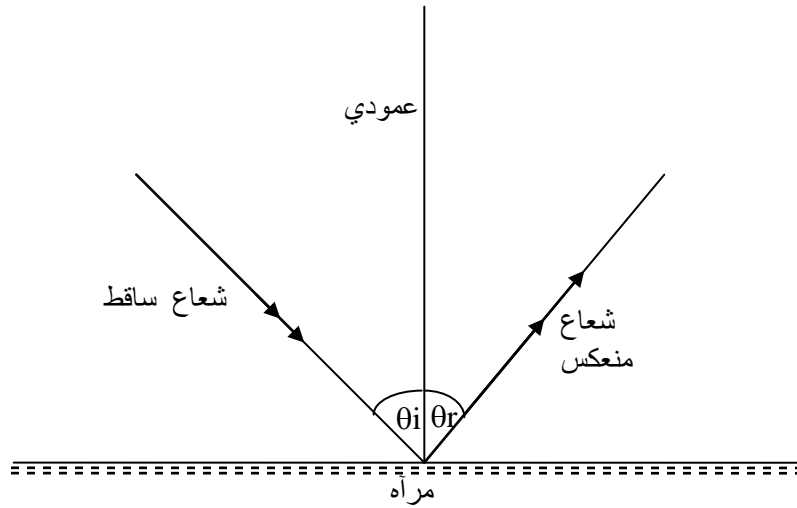
الشعاع هو خط مرسوم عمودياً على جبهات الموجه الضوئية، وهو يبين إتجاه إنتشار الطاقة الكهرومغناطيسية. في الإنعكاس المنطاري أو (المرآوي).

2-2-4 القانون الأول:

تكون زاوية الانعكاس مساوية لزاوية السقوط.

3-2-4 القانون الثاني:

الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمودي على السطح في نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد يسمى (مستوى السقوط).



شكل (4-1)

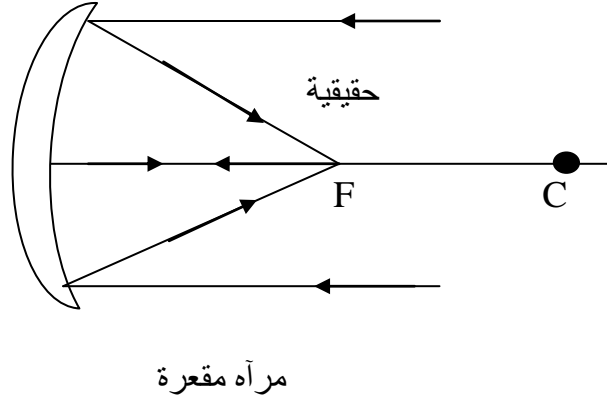
3-4 المرايا المستوية:

تكون صوراً معتدلة لها نفس حجم الجسم وتبعد خلف السطح العاكس بقدر بعد الجسم أمامه. مثل هذه الصورة تكون (تقديرية). أي أن الصورة لا تظهر على حائل موضوع في مكان تكونها لأن الضوء لا يتجمع هناك.

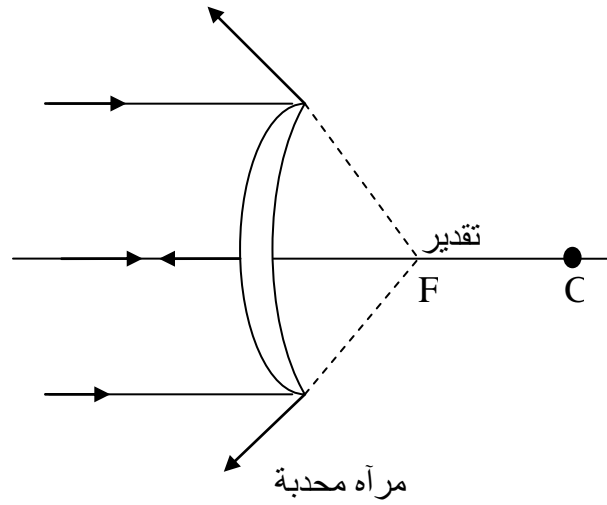
4-4 المرايا الكرية

البؤرة الرئيسة لمرآة كرية هي النقطة F التي عندها تتجمع أشعة موازية للمحور الرئيسي أو البصري للمرآة وقريبة جداً منه. هذه البؤرة تكون حقيقية لمرآة مقعرة وتقديرية لمرآة محدبة. وهي تقع على

المحور البصري عند منتصف المسافة بين مركز التكور C والمرآة. كما هو موضح في الاشكال أدناه.



شكل (4-2)



شكل (4-3)

1-4-4 المرآيا المقعرة:

تكون صوراً حقيقية ومقلوبة للأجسام التي توضع بعيداً عن البؤرة الرئيسية. أما إذا كان الجسم موجوداً بين البؤرة الرئيسية والمرآة فإن الصورة تكون تقديرية معتدلة ومكبرة.

2-4-4 المرآيا المحدبة:

تكون فقط صوراً تقديرية معتدلة للأجسام التي أمامها. الصورة تكون مصغرة في الحجم (أي أصغر من الجسم).

معادلة المرآة لكل من المرآيا الكرية المقعرة والمحدبة هي:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R} = \frac{1}{f} \quad (4-1)$$

حيث s_o هي بعد الجسم عن المرآة.

s_i هي بعد الصورة عن المرآة.

R هي نصف قطر تكور المرآة.

f هي البعد البؤري للمرآة وتساوي $R/2$.

ملحوظة:

s_o تكون موجبة عندما يكون الجسم أمام المرآة.

s_i تكون موجبة عندما تكون الصورة حقيقية، أي تتكون أمام المرآة.

s_i تكون سالبة عندما تكون الصورة تقديرية، أي تتكون خلف المرآة.

R و f تكون موجبة للمرآة المقعرة وسالبة للمرآة المحدبة.

حجم الصورة المتكونة بواسطة مرآة كرية هو:

$$\left| \frac{s_i}{s_o} \right| = \text{التكبير الخطي} = \text{طول الصورة} / \text{طول الجسم} = \text{بعد الصورة عن المرآة} / \text{بعد الجسم عن المرآة}$$

4-5 إنكسار الضوء

سرعة الضوء كما تقاس عادةً تتغير من مادة لأخرى. والضوء عندما يعالج على المستوى العياني

(ماكروسكوبياً)، ينتشر بسرعة أكبر في الفراغ، حيث تكون سرعته $C=3 \times 10^8$ m/s. أما سرعته

في الهواء فتساوي $C/1.0003$ ، وفي الماء تساوي $C/1.33$ ، وفي الزجاج العادي حوالي $C/1.5$

، وبالرغم من ذلك، فإن الضوء على المستوى المجهري يتكون من فوتونات، والفوتونات توجد فقط بسرعة C . ينشأ التباطؤ الظاهري في الأوساط المادية نتيجة عملية إمتصاص وإعادة إنبعاث أثناء مرور الضوء من ذرة إلى أخرى.

4-5-1 معامل الإنكسار (n):

يعرف معامل الإنكسار (الإنعطاف) المطلق لمادة ما بالعلاقة:

معامل الإنكسار = سرعة الضوء في الفراغ / سرعة الضوء في المادة

$$n = C/V \quad (4-2)$$

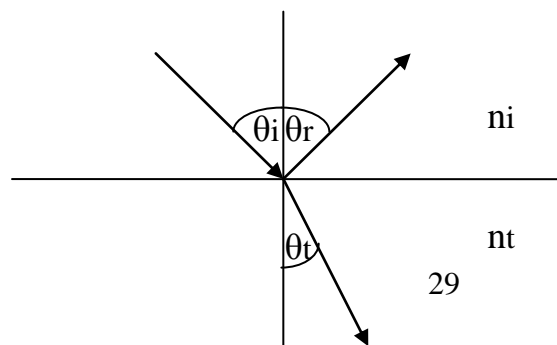
وبالنسبة لأي مادتين، يكون معامل الإنكسار النسبي للمادة 1، بالنسبة للمادة 2، هو :

$$n_1/n_2 = \text{المعامل النسبي}$$

حيث n_1 و n_2 هما معامل الإنكسار المطلق للمادتين.

الإنكسار:

عندما ينتقل شعاع ضوئي مائل خلال الحد الفاصل بين مادتين معامل إنكسار الضوء لهما مختلفان، فإن الشعاع ينعطف مغيراً اتجاهه. هذه الظاهرة تسمى إنكساراً أو إنعطافاً. إذا كان $n_t > n_i$ فإن الشعاع ينكسر كما هو موضح في الشكل 4-7 أي ينعطف نحو العمود. من ناحية أخرى إذا كان $n_t < n_i$ فإن الشعاع ينكسر بعيداً عن العمود. وهذه هي الحالة الموضحة في الشكل إذا ما عكس اتجاه الشعاع. وفي كلتا الحالتين يقع الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمودي الناظم كلها في مستوى واحد. الزاويتان θ_i و θ_t في الشكل تسميان زاوية السقوط وزاوية الإنكسار أو الإنتقال



على الترتيب.

شكل (4-4)

4-5-2 قانون سنيل Snell Law

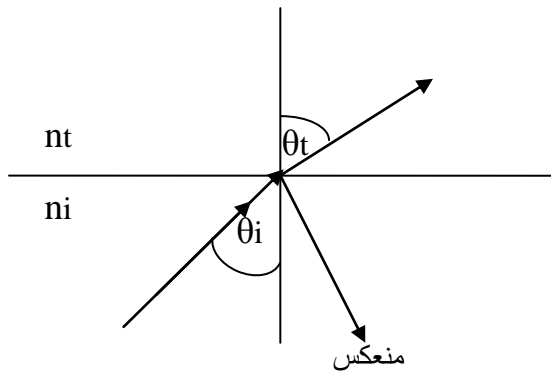
الطريقة التي ينكسر بها شعاع ضوئي عند السطح الفاصل بين مادتين معامل الانكسار لهما n_i و n_t يعبر عنها بقانون سنيل على الصورة:

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t \quad (4-3)$$

حيث θ_i و θ_t كما هو موضح في الشكل. وحيث أن هذه المعادلة قابلة للتطبيق على الضوء المنتشر في أي الإتجاهين على طول الشعاع، فإن الشعاع الضوئي يتبع نفس المسار عندما يعكس إتجاهه.

4-5-3 الزاوية الحرجة للانعكاس الداخلي الكلي:

عندما ينعكس الضوء من سطح فاصل حيث $n_i < n_t$ فإن هذه العملية تسمى الانعكاس الخارجي، وعندما تكون $n_i > n_t$ فإنها تسمى الانعكاس الداخلي. افترض ان شعاعاً ضوئياً يمر من مادة ذات معامل انكسار أكبر إلى مادة ذات معامل انكسار أقل كما هو موضح في الشكل. ينكسر جزء من الشعاع الساقط وينعكس جزء عند السطح الانفصال وحيث أن θ_t يجب أن تكون أكبر من θ_i فإنه يمكن جعل θ_i كبيرة بدرجة تكفي لجعل $\theta_t = 90^\circ$. وعندما تزيد θ_i عن ذلك الحد فإن جميع الأشعة تنعكس ولا يوجد أي شعاع منكسر.



شكل (4-5)

شروط حدوث إنعكاس كلي هو أن تزيد θ_i عن الزاوية الحرجة θ_c حيث :

$$n_i \sin \theta_c = n_t \sin 90^\circ \quad (4-4)$$

وبما أن $\sin 90^\circ = 1$ فإن المعادلة تصير:

$$\sin \theta_c = \frac{n_t}{n_i} \quad (4-5)$$

وبما أن جيب الزاوية لا يمكن أن يزيد عن الواحد، فإن هذه العلاقة تؤكد أن الإنعكاس الداخلي الكلي

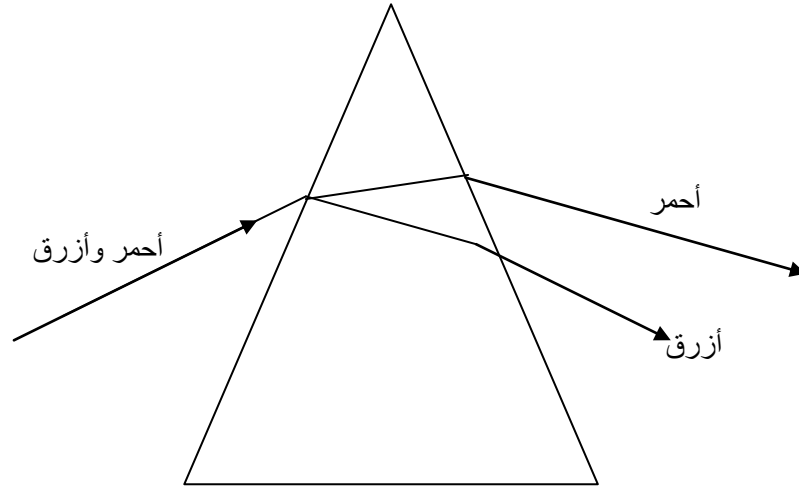
يحدث فقط إذا كان $n_i > n_t$.

6-4 المنشور:

يمكن استخدامه لتفريق الضوء إلى ألوانه المختلفة. وحيث أن معامل إنكسار مادة ما يتغير مع

الطول الموجي فإن ألوان الضوء المختلفة تنكسر في مسارات مختلفة وفي جميع المواد تقريباً يكون

اللون الأحمر الأقل إنكساراً بينما يكون اللون الأزرق هو الأعلى إنكساراً.



شكل (4-6)

4-7 العدسات الرقيقة

أنواع العدسات:

4-7-1 العدسات اللامة:

هي العدسات الموجبة، المحدبة الشكل التي يكون سمكها عند منتصفها أكبر من عند حافتها. وهي تجمع حزمة الأشعة المتوازية في بؤرة حقيقية.

4-7-2 العدسات المفرقة:

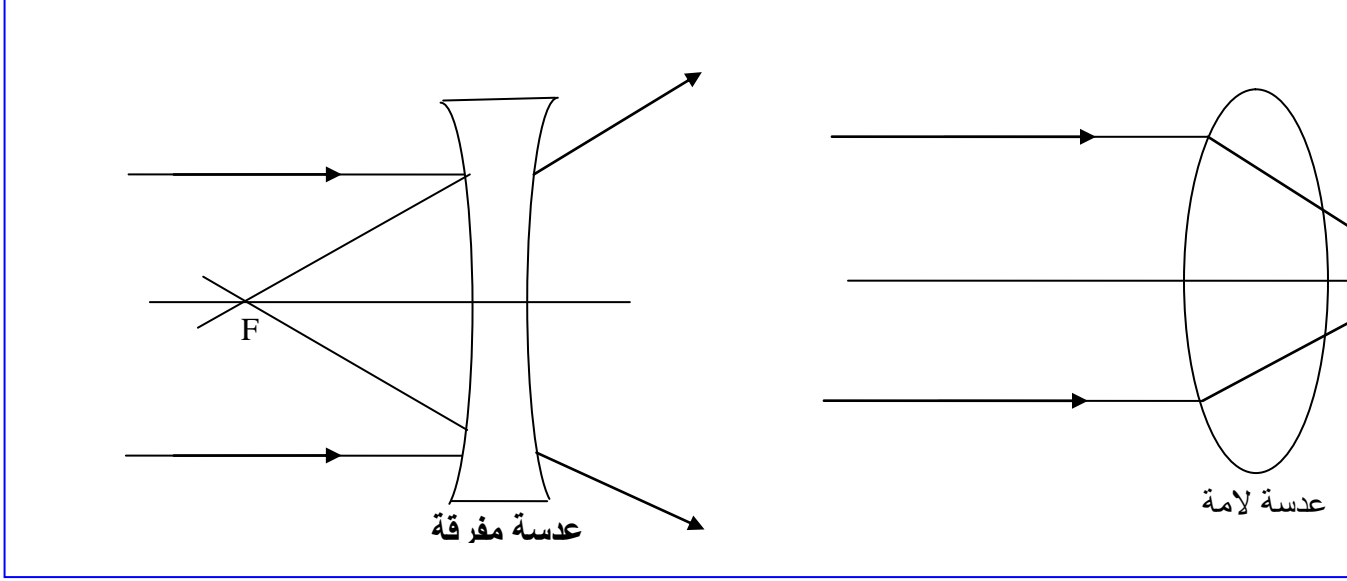
هي العدسات السالبة، المقعرة الشكل وتكون عند المنتصف أرق من عند الحافة. وتفرق حزمة الأشعة المتوازية في بؤرة تقديرية.

4-7-3 البؤرة الرئيسة:

هي النقطة البؤرية لعدسة رقيقة سطحها كرويان، وهي النقطة F التي تتجمع فيها الأشعة الموازية للمحور الرئيس أو المحور البصري والقريبة منه. وهذه البؤرة تكون حقيقية للعدسة اللامة وتقديرية للعدسة المفرقة.

4-7-4 البعد البؤري (f):

هو المسافة بين البؤرة الرئيسة والعدسة، وحيث أن كل من العدستين يمكن عكس موضعهما دون تبديل الأشعة فإنه يوجد لكل عدسة نقطتان بؤريتان متماثلتان.



شكل (4-7)

العلاقة بين الجسم والصورة للعدسات اللامة والمفرقة هي:

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f} \quad (4-6)$$

4-7-5 معادلة صانع العدسات:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \quad (4-7)$$

حيث n معامل إنكسار مادة العدسة، r_1 و r_2 هما نصف قطر انحناء سطحي العدسة، هذه المعادلة

صحيحة لجميع أنواع العدسات الرقيقة. نصف قطر الانحناء r يكون موجباً عندما يقع مركز التكور

على يمين السطح، وسالباً عندما يقع مركز التكور على يسار السطح.

إذا غمرت عدسة معامل إنكسار مادتها n_1 في مادة معامل إنكسارها n_2 فإن n في معادلة صانع

العدسات يجب أن تستبدل بالنسبة (n_1/n_2) .

قوة العدسة بالديوبتر (m^{-1}) تساوي $(1/f)$ حيث f هو البعد البؤري. وإذا كان البعد البؤري هو f_1, f_2

فإن البعد البؤري f للمجموعة يعطى بالمعادلة التالية:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (4-8)$$

بالنسبة للعدسات المتلاصقة، قوة المجموعة تساوي مجموع قوى العدسات.

4-8 الأجهزة البصرية

تتكون من مجموعة من العدسات الرقيقة .

لتحديد موضع صورة مكونة بواسطة عدستين تعملان كمجموعة:

1 أحسب موضع الصورة التي تكونها العدسة الأولى وحدها بصرف النظر عن العدسة الثانية.

2 ثم أعتبر هذه الصورة كأنها جسم بالنسبة للعدسة الثانية وعين موضع صورته التي تكونها

العدسة الثانية وحدها. هذه الصورة الأخيرة هي الصورة النهائية المطلوبة.

إذا كانت الصورة التي تكونها العدسة الأولى وحدها خلف العدسة الثانية، فإن تلك الصورة تكون

حينئذ جسماً تقريبياً بالنسبة للعدسة الثانية ويعتبر بعدها عن العدسة الثانية سالياً.

4-8-1 العين:

تستخدم عدسة متغيرة البؤرة لتكون صورة على الشبكية في مؤخرة العين. النقطة القريبة من العين

ويرمز لها بالحرف d_n هي أقرب مسافة من العين يمكن عندها رؤية الجسم بوضوح. وبالنسبة للعين

العادية تكون d_n حوالي 25 سم. الأشخاص الذين عندهم طول نظر يستطيعون أن يروا بوضوح تلك

الأجسام البعيدة عن العين، بينما يستطيع أولئك المصابون بقصر النظر أن يروا الأجسام بوضوح

عندما تكون فقط قريبة من العين.

4-8-2 العدسة المكبرة:

هي عدسة لامة تستخدم لتكوين صورة تقديرية معتدلة مكبرة لجسم موضوع داخل نقطتها البؤرية. درجة التكبير بواسطة عدسة مكبرة بعدها البؤري f هي $(d_n/f) + 1$ إذا كانت الصورة عند النقطة القريبة للعين. أما إذا تكونت الصورة في ما لا نهاية فإن درجة التكبير تساوي (d_n/f) .

3-8-4 الميكروسكوب:

يتكون من عدستين لامتين، عدسة شبيئية بعدها البؤري f_o ، وعدسة عينية بعدها البؤري f_e ، ويكون تكبيره كالأتي:-

$$M = \left(\frac{d_n}{f_e} + 1\right) \left(\frac{q_o}{f_o} - 1\right) \quad (4-9)$$

حيث q_o هي المسافة بين العدسة الشبيئية والصورة التي تكونها وعادة ما تكون q_o قريبة من 18 سم.

4-8-4 التلسكوب:

هو المقراب، والذي يتكون من عدسة أو مرآة شبيئية بعدها البؤري f_o ، وعدسة عينية بعدها البؤري f_e ، ويعطي تكبيراً:-

$$M = \frac{f_o}{f_e}$$

مسائل محلولة:-

1- ما هو نوع المرآة الكرية التي يجب استخدامها لتعطي صورة معتدلة ومصغرة إلى $\frac{1}{5}$ حجم

الجسم الموضوع على بعد 15 سم أمامها. أحسب أيضاً نصف قطر تكور المرآة؟

الحل:

الصورة المعتدلة التي تتكون بواسطة مرآة كرية تكون تقديرية وعلى ذلك يكون:

$$S_i = \frac{-S_0}{5} = -\frac{15}{5} = -3cm \text{ و حيث أن الصورة التقديرية أصغر من الجسم، فإن المرآة اللازمة تكون}$$

محدبة. ويعطى نصف قطر تكورها من المعادلة:

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_0} = \frac{1}{15} - \frac{1}{3} = \frac{1-5}{15} = \frac{-4}{15}$$

$$-4R = 30$$

$$R = \frac{-30}{4} = -7.5cm$$

2- سرعة الضوء في الم اء تساوي $\frac{3}{4}C$. ما تأثير الانتقال على تردد الضوء وطوله الموجي

عندما يمر من الفراغ أو الهواء إلى الماء. أحسب معامل انكسار الماء؟

الحل:

نفس عدد قمم الموجات التي تترك الهواء في الثانية سوف تنتقل إلى الماء. ولهذا فإن التردد لا يتغير

في المادتين. وحيث أن الطول الموجي $= c/f$ فان الطول الموجي في الماء يساوي ثلاثة أرباع

الطول الموجي في الهواء.

معامل الانكسار المطلق للماء هو:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\frac{3}{4}c} = \frac{4}{3} = 1.33$$

3- شخص معين قصير النظر لا يستطيع رؤية الاجسام بوضوح عندما تبعد أكثر من 80سم عن

عينه. ما هي القوة بالديوبتر لعدستي النظارة التي تمكنه من رؤية الاجسام البعيدة بوضوح؟

الحل:

الصورة يجب ان تتكون على نفس الجانب من العدسة الذي يوجد فيه الجسم البعيد (ولذلك فإن الصورة تكون تقديرية و $S_i = -80 \text{ cm}$) وتكون أقرب من الجسم للعدسة (ولهذا تستخدم عدسة مفرقة أو سالبة). كلما كان الجسم بعيداً جداً، كانت S_0 كبيرة جداً $1/S_0$ تساوي الصفر عملياً.

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{1}{f},$$

$$0 - \frac{1}{80} = \frac{1}{f}$$

$$f = -80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0.8} = -1.25 \text{ D}$$

القوة بالدايوبتر تساوي -1.25 ديوبتر

4- أين يوضع جسم بالنسبة لمرآة كرية مقعرة نصف قطرها 1.8 m لكي تتكون له صورة في نصف حجمه؟

الحل:

حجم الصورة = $1/2 \times$ حجم الجسم أي أن : $S_i = S_0/2$

$$\frac{1}{s_o} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{s_o} + \frac{2}{s_o} = \frac{2}{1.8}$$

$$\frac{3}{s_o} = \frac{2}{1.8}$$

$$S_0 = 2.7 \text{ m}$$

يوضع الجسم على بعد 2.7 متر من المرآة.

5- أين يقف رجل أمام مرآة كرية مقعرة نصف قطرها 120 سم لكي يرى صورة لوجهه معتدلة ومكبرة أربع مرات؟

الحل:

الصورة المعتدلة يجب أن تكون تقديرية، أي أن S_i تكون سالبة $S_0 = 4S_i$

$$\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{s_0} - \frac{1}{4s_i} = \frac{2}{120}$$

$$s_0 = 45\text{cm} = 0.45\text{m}$$

يقف على بعد 45 سم من المرآة.

6- ما نوع المرآة الكرية التي تستخدم لتعطي صورة معتدلة ومصغرة إلى 1/5 حجم الجسم الموضوع

على بعد 15 سم منها. أحسب نصف قطر تكورها؟

الحل:

الصورة المعتدلة التي تتكون بواسطة مرآة كرية تكون تقديرية، وعلى ذلك يكون:

$$s_i = -\frac{s_0}{5} = -\frac{15}{5} = -3\text{cm}$$

وحيث أن الصورة التقديرية أصغر من الجسم، فإن المرآة اللازمة تكون

محدبة.

$$\frac{1}{s_0} + \frac{1}{s_i} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{15} - \frac{1}{3} = \frac{2}{R}$$

$$R = -7.5\text{cm}$$

7- ضبط ميكروسكوب ليرى علامة ما يوضح، ثم وضعت شريحة زجاجية سمكها 4.8 ملم فوق

العلامة واستلزم ذلك رفع الميكروسكوب مسافة 1.8 ملم لاستعادة وضوح الصورة. ما هو معامل

انكسار الزجاج؟

الحل:

معامل انكسار الزجاج = العمق الحقيقي للزجاج / العمق الظاهري للزجاج

$$n = \frac{4.8}{(4.8-1.8)} = 1.6$$

8- معامل انكسار الماس هو 2.42 ماهي الزاوية الحرجة i_c للضوء عندما ينتقل من الماس إلى

الهواء؟

الحل:

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{2.42} = 0.413$$

and

$$i_c = 24.4^\circ$$

9- منشور ثلاثي زاوية رأسه 60° وزاوية النهاية الصغرى للانحراف هي 48° بالنسبة لشعاع

ضوئي أحادي اللون. أحسب معامل انكسار مادة المنشور لهذا الطول الموجي؟

الحل:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(A+D)}{\sin \frac{1}{2}A} = \frac{\sin \frac{1}{2}(60^\circ + 48^\circ)}{\sin \frac{1}{2}(60^\circ)} = \frac{\sin 54^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0.809}{0.500} = 1.62$$

9-4 تداخل وحيود الضوء

المجموعات المتلازمة هي الموجات التي لها نفس الشكل والتردد وفرق طوري ثابت، أي أن المقدار

الذي تسبق أو تتخلف به قمم موجة ما قمم موجة أخرى لا يتغير مع الزمن.

الطور النسبي لموجتين تنتشران معاً على نفس الخط يحدد موضعيهما النسبي ذلك الخط. إذا وقعت

قمم موجة ما على قمم موجة أخرى كانت الموجتان متطاورتين. أما إذا وقعت قمم موجة ما على

قيعان موجة أخرى فإن الموجتين تكونان متفاوئتين في الطور بمقدار 180° (أي نصف الطول

الموجي).

تأثيرات التداخل تحدث عندما تتراكب موجتان متلازمتان أو أكثر إذا تراكبت موجتان متلازمتان لهما نفس السعة، فإن تداخلاً كلياً هداماً (ظلاماً، تلاشي الإضاءة) يحدث عندما يكون فرق الطور بينهما 180^0 . ويحدث تداخل بناءً تام (إضاءة، تقوية) عندما تكون الموجتان متطاورتين.

4-9-1 تداخل الضوء: Interference of Light

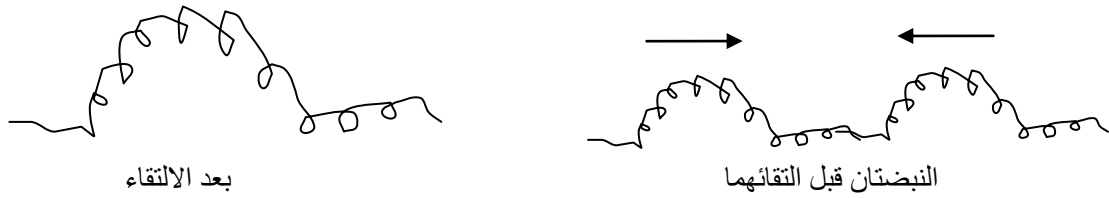
ظاهرة التداخل تتلزم عادة مع حركة الأمواج، حيث نعتبر الضوء حركة موجية، وعندما تتراكب عدة أمواج في نقطة معينة فالتأثير الناتج يتعلق باطوار ويسعات الأمواج المتلاقية، ويدعى هذا الجزء من الضوء بالضوء الفيزيائي.

يرجع التداخل الى حالة تلاقي وتراكب موجتين أو أكثر في نقطة من الفراغ، فالأمواج المستقرة المتولدة في سلك مشدود تتشكل من تراكب موجتين متحركتين بجهتين متعاكستين، وفي مثل هذه الحالة فان الازاحة الآنية لأية نقطة تخضع لمبدأ التركيب الخطي والذي ينص على أنه عندما تتداخل موجتان أو أكثر، فالازاحة الآنية الكلية في أي نقطة تنتج من إضافة الازاحات الآنية لتلك النقطة الناتجة عن كل موجة بمفردها.

الموجات التي تتشكل على سطح الماء عند سقوط جسم في بركة الماء تبدو في شكل دوائر تنتسج باستمرار وهي موجات مستعرضة وكل موجة منها تتكون من قمة وقعر كاملين ولها تردد معين كما أن لها إتساع معين.

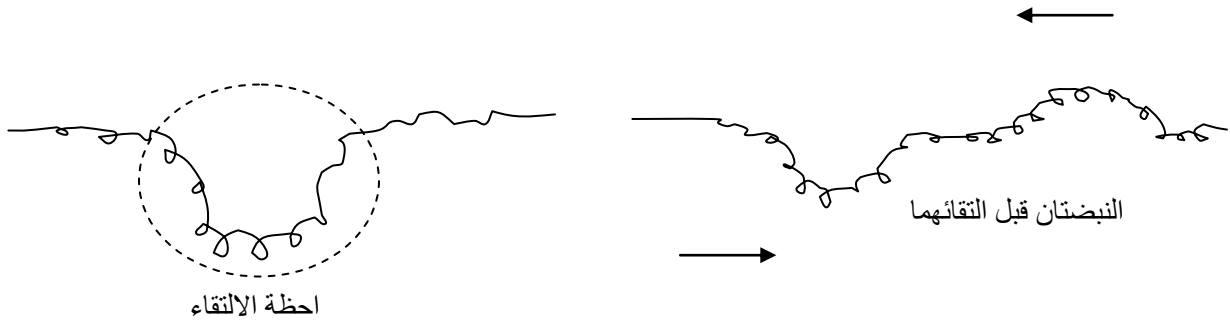
ولو أسقطنا حجرين في الماء في آن واحد في موضعين مختلفين، فإن الموجات الدائرية ستتطلق وتنتشر حول موضعي السقوط في كافة الإتجاهات، فلا بد لها أن تلتقي في منطقة ما، ان ظاهرة التقاء الموجات هذه ينتج عنها ما يعرف بالتداخل والتداخل ليس مقتصرًا على موجات الماء، بل هو

ظاهرة عامة تتعرض لها جميع الموجات، إذا توفرت لها ظروف مناسبة. وعند إلتقاء موجتين في نقطة معينة قد ينتج ما يسمى بالتداخل البناء، وهو تعبير يدل على أن الموجتين تقوي أحدهما الأخرى، والتداخل البناء ينتج من إلتقاء قمتين معاً أو قعرين معاً.



شكل (7-4)

والنوع الآخر هو ما يسمى بالتداخل الهدام وهو تعبير يدل على أن الموجتين تضعف احدهما الأخرى. وفي موجات الماء ينتج مثل هذا التداخل إذا إلتقى قعر مع قمة أو قمة مع قعر.



4-9-2 مفهوم التداخل:

هو تراكب موجتين أو أكثر وتكون المحصلة الكلية عبارة عن مجموع الإزاحات لكل الموجات التي ينجم عنها التداخل. وما يحدث في موجات الضوء مشابه تماماً لما بيناه، بحيث يمكننا مشاهدة التداخل الضوئي بين موجتين إذا توفرت شروط معينة وهي:-

1 - أن ترتبط الموجتان بعلاقة طور ثابت.

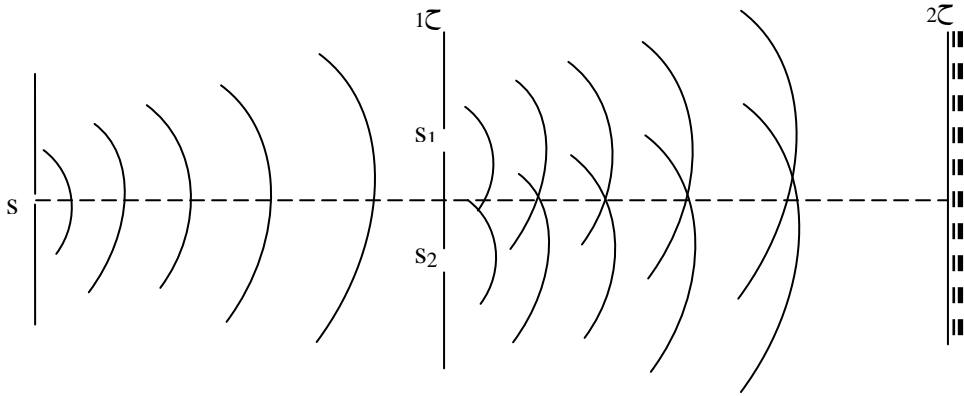
2 - أن يكون للموجتين التردد نفسه.

3 - أن يكون لهما حالة الإستقطاب نفسها.

وإذا سارت الموجتان بحيث تتلاقيان عند نقطة معينة في الفضاء، فإنهما تتداخلان بحيث يكون التداخل إما بناءً أو هداماً.

3-9-4 التداخل من مصدرين نقطيين (تداخل شقي يونج)

لنفرض ضوء ذا طول موجي ثابت ينفذ من فتحة صغيرة (S) والضوء الخارج من هذه الفتحة يصل الى فتحتين مستطيلتين نقطيتين (S_1, S_2) ولهما نفس البعد عن (S) والمسافة بينهما صغيرة 1 ملم مثلاً أو أقل وإذا سمح للضوء الخارج من الفتحتين (S_1, S_2)، أن يسقط على حاجز ($2ح$) وهذا النمط عبارة عن مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة ولكن كيف حدث التداخل في هذه التجربة.



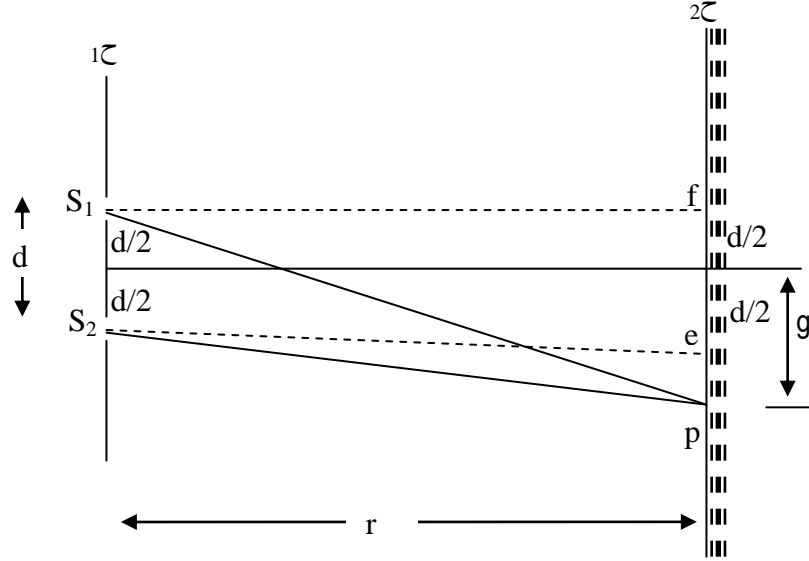
شكل (4-8)

عند وصول مقدمة الموجة الضوئية من الفتحة (S) إلى الفتحتين (S_1, S_2)، فإن هاتين الفتحتين تسلكان وكأنهما مصدران للضوء، فتصدران موجات بنفس الإتجاه، وبنفس الطور والتردد والإتساع

وحالة الإستقطاب. وعند إنتقاء الموجات القادمة من المصدرين (S_2)، (S_1) على مناطق الحاجز

المختلفة، فإن تداخلاً بناءً يحدث في قسم من هذه المناطق، كما يحدث تداخل هدام في القسم

الآخر. ونلاحظ أن هناك مناطق مضيئة وأخرى معتمة وإذا لاحظنا الشكل 10-7:-



شكل (9-4)

نلاحظ في هذا الشكل أن الموجه القادمة إلى النقطة P من S_1 تقطع المسافة (S_1P)، في حين

تقطع الموجه القادمة من S_2 المسافة (S_2P) في مسافة أكبر، فإذا كان الفرق في المسار الضوئي

بين الموجه من (S_1) والموجه من (S_2) عدداً صحيحاً من الموجات فإن التداخل بين هاتين

الموجتين سيكون بناءً ، أي أنه في حالة التداخل البناء: $S_2P - S_1P = n\lambda$

حيث λ الطول الموجي للضوء المستخدم و (n) صفر أو عدد صحيح، أي أنها تأخذ القيم 0،1،2،3

أما إذا كان الفرق في المسار الضوئي يأخذ عدداً فردياً مضروباً في نصف الطول الموجي، فإن

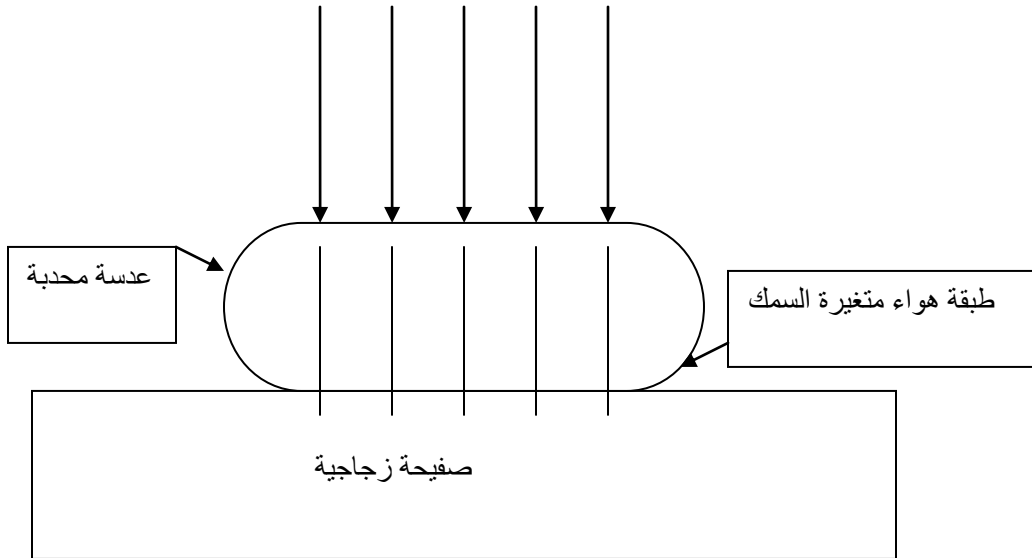
التداخل سيكون هداماً، أي أنه في حالة التداخل الهدام: $S_2P - S_1P = n(\lambda/2)$

حيث (n) عدد صحيح فردي، أي يأخذ القيم 1, 3, 5, 7,

4-9-4 حلقات نيوتن:

عندما توضع عدسة محدبة مستوية على تماس مع صفيحة زجاجية مستوية كما هو موضح في الشكل أدناه، تتشكل طبقة رقيقة سمكها صغير جداً عند نقطة التماس ويزداد سمكها تدريجياً بإزدياد البعد عن نقطة التماس، وان المحلات الهندسية للنقاط المتساوية السمك عبارة عن دوائر متحدة المركز يقع في نقطة التماس.

عندما تضاء الطبقة ناظماً فإننا نرى مركزاً معتماً كما في حالة طبقة صابون رقيقة، ونحصل على حلقات مضيئة ومظلمة متناوبة في حالة سقوط ضوء وحيد اللون وتدعى هذه الحلقات بحلقات نيوتن نسبة للعالم نيوتن الذي هو أول من درسها



شكل (4-10)

4-9-6 الحيود

الحيود يعني حيود الضوء عن الإنتشار في خط مستقيم وهو يناظر عادةً إنعطاف وإنتشار موجات الضوء حول حواف الفتحات الضيقة والعوائق. الحيود يحد من حجم التفاصيل التي يمكن ملاحظتها بصرياً.

4-9-7 الحيود من فتحة واحدة:

عندما يسقط شعاعان ضوئيان متوازيان طولهما الموجي λ عمودياً على فتحة عرضها D فإنه يلاحظ تكون نموذج حيود، خلف الفتحة. وتلاحظ الظلمة التامة عند زوايا θ للحيود عن المسار المستقيم حيث:

$$m\lambda = D \sin \theta \quad (4-10)$$

هنا $m=1,2,3,\dots$ هي رتبة حيود الشريط المظلم.

4-9-8 حدود التحليل لجسمين نتيجة الحيود:

إذا نظر إلى جسمين من خلال جهاز بصري، فإن نماذج الحيود التي تسببها فتحة الجهاز تحد من قدرتنا على تمييز الأشياء عن بعضها. وبالنسبة للقدرة على التمييز، فإن الزاوية θ المقابلة عند الفتحة بواسطة الأجسام يجب أن تكون أكبر من زاوية حرجة θ_c تعطى بالمعادلة التالية:

$$\sin \theta_c = (1.22) \frac{\lambda}{D} \quad (4-11)$$

4-9-9 معادلة محزوز الحيود:

محزوز الحيود عبارة ترتيب تكراري لفتحات صغيرة أو عوائق تغير سعة أو طور الموجة، وهو يتكون عادة من عدد كبير من الخدوش أو الحزوز المتوازية على أبعاد متساوية والمسافة بين الفتحات أو الشقوق تسمى المسافة البينية للمحزوز، عندما تسقط موجات طولها الموجي λ عمودياً

على محزوز ذي مسافة بينية a ، فإن النهايات العظمى لشدة الإستضاءة تلاحظ خلف المحزوز عند زوايا θ_m بالنسبة للعمودي، حيث:

$$m\lambda = a \sin \theta_m \quad (4-12)$$

هنا $m=1,2,3,\dots$ هي رقم الرتبة في نموذج الحيود. تطبق نفس هذه العلاقة على النهايات العظمى الرئيسية في نماذج التداخل حتى لو كانت لشقين أو ثلاثة. لكن في هذه الحالات لا تكون النهايات العظمى محددة بوضوح تام تقريباً كما في حالة المحزوز الذي يحتوي على مئات الحزوز. ويمكن أن توجد نماذج حيود بالغة التعقيد إذا كانت الحزوز عريضة لدرجة تسمح بظهور عدة نهايات صغرى في نماذج حيود الفتحة الواحدة لكل حز.

4-9-10 حيود الأشعة السينية:

حيود الأشعة السينية ذات الطول الموجي λ بالإنعكاس من بلورة يوصف بمعادلة (براج) تلاحظ الإنعكاسات القوية عند زوايا سقوط ϕ_m (حيث ϕ هي الزاوية بين سطح البلورة والشعاع المنعكس) وتعطى بالمعادلة التالية:

$$m \lambda = 2d \sin \phi_m \quad (4-13)$$

حيث d هي المسافة بين المستويات العاكسة في البلورة. و $m=1,2,3,\dots$ هي رتبة الإنعكاس.

4-9-11 طول المسار البصري:

في نفس الوقت الذي يقطع فيه شعاع ضوئي مسافة d في مادة معامل إنكسارها n ، يمكن لهذا الشعاع أن يقطع مسافة nd في الهواء أو الفراغ. ولهذا السبب يعرف nd بأنه طول المسار البصري للمادة.

4-10 مبادئ الليزر:

4-10-1 مقدمة: -

أول من وصف شعاع الليزر هو الروائي الغربي ويلز سنة 1898م في روايته المثيرة (حرب الكواكب) حيث تصور جيشاً من الفضائيين القادمين لغزو الأرض من كواكب الكون الأخرى والمدججين بأسلحة فريدة ، تطلق شعاع رهيب قادر على تفجير الصخور ، وحرق الأشجار ، وقطع المعادن والحديد كأنها من الورق وسمي هذا الشعاع الوهمي في روايته الخيالية بشعاع الموت . وفي عام 1917م اكتشف العالم الفيزيائي البرت اينشتاين بأنه تحت شروط معينة ، تستطيع الذرات والجزيئات وهي المكونات الأساسية لكل المواد امتصاص الضوء أو أي طاقة أخرى ، ومن ثم يمكن حث هذه الذرات على بعث ما استعادتته من طاقة على شكل جسيمات ضوئية . وعلى اثر ذلك وبين عام 1950 و 1958م اقترح كل من الدكتور شارلي تاونس وأرثر شالون تكبير إشعاعات هذه الجسيمات الضوئية بطريقة الانبعاث المحثث ، وقد صمم جهازاً لهذا الغرض ، استخدم فيه مادة غاز الامونيا للحصول على أول شعاع ليزري في منطقة الميكرويف ، عرف هذا الجهاز آنذاك باسم الميزر ونالوا عليه جائزة نوبل للفيزياء سنة 1964م.

وفي عام 1960م نجح العالم ثيدور ميمان في استعمال مادة الياقوت الصناعي لإنتاج شعاع ليزري في المنطقة المرئية في الطيف وعرف هذا الجهاز بالروبي ليزر وهو يبعث شعاعاً فريداً من نوعه يفوق الشمس بريقاً ومنذ ذلك الحين واسم الليزر لم يتوقف عن التشعب المذهل في التصميم والقدرات ، جازفاً معه الكثير من الباحثين والعلماء وفتحاً المجال لعدد لا يحصى من التطبيقات والأعمال .

*تعريف :-

كلمة LASER هي لفظة مشتقة من الأحرف الأولى للعبارة التالية :-

Light Amplification by stimulated Emission of Radiations

ومعناها التكبير الضوئي بواسطة الإشعاع المنبعث المحتث.

4-10-2 خواص شعاع الليزر .

- أحادي اللون أي ذو عرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد مفرد نقي، وهذه الصفة الموجية كانت تتميز بها الأشعة الراديوية دون سواها.
- توازي الحزم الضوئية أي يكاد التشتت أو التفرقي في الحزمة يكون معدوماً ، كما أنها بطبيعتها مركزة دون حاجة لاستخدام عدسات ، وقطرها قد يصل الى اقل من قطر الدبوس ، ويمكنها أن تنتقل إلى مسافات طويلة بفقد قليل من الطاقة خصوصاً إذا إنعدم وجود مواد ممتصة في مسارها .
- الترابط بين الموجات للحزمة الواحدة مكانياً وزمانياً يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات في تقوية بعضها البعض لتعطي طاقة وقدرة عالية للحزمة الواحدة .

4-10-3 العناصر الأساسية لليزر:-

أن العنصر الليزري يحمل في طاته القدرة على النفاذ في أغوار المواد سواء كانت غازية ، أو صلبة أو سائلة - ذراتها أو جزيئاتها وحث كل منهما أو تحفيزهما لانتاج وبعث شعاع فريد في صفاته الفيزيائية ، وحيد في مميزاته التطبيقية ، فائق الجودة في خواصه يتألف من دقائق ضوئية تسمى الفوتونات ، ذات ترددات أو أطوال موجية معتمدة على نوع المادة المحتثة

والطريقة المستخدمة في الحث ، هذا الشعاع قد يكون مرئياً للإنسان أو غير مرئي ، مستمر التدفق أو منقطع . وهناك ثلاث عناصر رئيسة مشتركة هي :-

1-الوسطي المادي :-

هو توافر المادة الفعالة بالكمية المناسبة ، وقد تكون مكونة أو محاطة بالمرنن ومن أمثلتها الشائعة الاستعمال :-

- أ/ البلورات الصلبة :- مثل الياقوت الصناعي وعقيق الألمونيوم والزجاج المسمي بالياج .
- ب/ المواد الغازية مثل خليط غاز الهليوم والنيون وخليط غاز الهليوم والكاديوم وبخار الماء .
- ج/ الغازات المتأينة مثل غاز الأرجون وغاز الكر بتون .
- د/ الجزيئات الغازية مثل غاز أول أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكربون .
- هـ/ الصبغات السائلة وهي صبغات كيميائية عضوية مختلفة مذابة في الماء .
- و/ المواد الصلبة نصف الموصلة مثل أرسنيك الجاليوم .

2/ مصدر الطاقة :-

وهو الذي يحدد طريقة الحث لإثارة المادة الفعالة وحثها على بعث إشعاع الليزر وتتنوع مصادر الطاقة المستخدمة ومنها.

أ -الطاقة الكهربائية وتتمثل في استعمال الطاقة الكهربائية المباشرة بأسلوبين :-

1 -استخدام مصادر للترددات الراديوية كطاقة داخلية .

2 -أو استخدام التفريغ الكهربائي في التيار المستمر .

ب- الطاقة الضوئية والمعروفة باسم الضخ الضوئي ويمكن أن تتبعث من مصدرين رئيسين .

1 -استخدام المصابيح الوهاجة ذات القدرة الكبيرة كما في ليزر الياقوت .

2 -استخدام شعاع الليزر كمصدر طاقة لليزر آخر كما في ليزرات الصبغات السائلة .

ج- الطاقة الحرارية :-

يمكن أن يتسبب كل من الضغط الحركي للغازات والتغيرات في درجات الحرارة في حث وإثارة

المواد لتبعث أشعة الليزر .

د- الطاقة الكيميائية :-

تعطي التفاعلات الكيميائية بين مزيج من الهيدروجين والفلور طاقة مسببة لحث هذه الجزيئات

على بعث الإشعاع الليزري وكذلك مع خليط فلوريد الديتريوم وثاني أكسيد الكربون .

3. المرين: هو الوعاء الحاوي والمنشط لعملية التكبير وهو نوعين :-

1/ مرين خارجي وهو مرأتان متوازيتان في نهاية الأنبوب الحاوي للمادة الفعالة وتكون

الانعكاسات المتعددة بينهما هي الأساس في عملية التكبير الضوئي كما في الليزرات الغازية

2/ مرين داخلي ويتمثل في طلاء نهايات المادة الفعالة لتعمل عمل المرآة ، كما في ليزر بلورات

الياقوت وليزر عقيق الألمونيوم والزجاج وفي الليزرات الصلبة بصورة عامة . وفي كلا الحالتين

تكون إحدى المرأتين عاكسة كلياً للفوتونات الضوئية والأخرى تسمح بالنفاذ الجزئي لكي يتسنى

لشعاع الليزر الخروج منها خارج المرين .

4-10-4 شروط الانبعاث الليزري :-

للحصول على أشعة الليزر لابد من توفر ثلاثة شروط أساسية هي :-

1 -حدوث التعداد المعكوس . 2-توفر الانبعاث المحتث. 3- التكبير الضوئي .

[1] الانبعاث المحث .

تحت الظروف الطبيعية تكون غالبية الذرات في مستوى الطاقة الأقل وعدد قليل منها يكون في المستويات العليا والذرات التي تكون في حالة تهيج أي في مستويات طاقة عالية تبعث الفوتونات الضوئية تلقائياً ، للتخلص من حالة التهيج ، أي الطاقة الزائدة والنزول الى مستويات طاقة أقل ومثل هذه العملية تكون عشوائية الحدوث والفوتونات المنبعثة لاتكون مترابطة مع بعضها البعض ، أي لاتكون بنفس الطور . والانبعاث المحث هو عند اصطدام فوتون طاقته مساويه للفرق بين مستويين للطاقة مع ذرة في مستوي طاقة عليا ، يعمل هذا الفوتون على حث الذرة في بعث فوتون آخر يملك نفس طاقة الفوتون الأول ويكون في حالة ترابط طوري معه . وقد يحدث الانبعاث المحث في ظروف طبيعية عادية ولكن في حالات نادرة جداً ، يرجع ذلك لقلة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا تحت هذه الظروف ومن ثم فاحتمال الانتقال يكون صغير .

(2) التعداد المعكوس :-

يتطلب انبعاث أشعة الليزر العمل على زيادة عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا أي زيادة تعدادها عن الحالة الطبيعية فيها باستخدام طاقة خارجية مثلاً . وعندما يكون عدد الذرات في مستويات الطاقة العليا اكثر من عدد الذرات في مستويات الطاقة الدنيا نستطيع القول بأنه حصل انقلاب التعداد في أو عكس التعداد وهو ما سميناه بالتعداد المعكوس وتحت هذه الشروط يكون احتمال حدوث الانبعاث المحث كبير ويمكن الحصول على فوتونات مترابطة في الطور مع بعضها البعض .

(3) التكبير الضوئي :-

عندما تكون مجموعة من الذرات أو الجزيئات في وضع متهيح أي تملك طاقة عالية بمعنى آخر الحصول على تعداد كثيف في مستويات الطاقة العليا، فإن انبعاث فوتون مفرد خلال انتقال الذرة أو الجزيئة الى مستوي اقل سوف يحدث غالبية الذرات الموجودة في نفس مستويات الطاقة للانتقال وبعث الطاقة الزائدة على شكل فوتون .

4-10-5 أنواع الليزر :-

1- الليزر الغازية وليزر الاكسايمر :-

وتسمى الأجهزة الليزرية التي تبعث الإشعاعات من الأوساط الغازية والتي تكون طرق الحث فيها بالتفريغ الكهربائي عادة ، الليزر الغازية وتستخدم هذه الليزر غازات مثل الهليوم والنيون والأرجون والكريتون والزينون وكذلك المركبات غير المستقرة لهذه العناصر مثل فلوريد الأرجون وفلوريد الزينون ومزيج فلوريد الهيدروجين وفلوريد الديتريوم المعروفة بليزر الاكسايمر وتوضح هذه المركبات في أنبوب تحت المجال الكهربائي للحصول على التفريغ الكهربائي وبعد الإشعاع تتحلل الى اشكال عناصرها المؤلفة لها ومن أنواع الاكسايمر بعض الليزر التي يكون شعاعها مركز لاستخدامها في تجارب الاندماج الذرى .

(2) ليزرات المواد الصلبة :-

هي الياقوت والعقيق الياج والزجاج والهليوم المطعم والاربيوم المطعم والاكسندرايت وما يماثلها وكل ليزرات المواد الصلبة مصدر طاقتها ضوئي ، أي بالضخ الضوئي باستخدام الإضاءة المتوهجة مثل الزينون او التتجستون وتتراوح محتويات المواد المطعمة ما بين واحد وثلاثة بالمئه

ويبدأ الحث من الإضاءة المتوهجة فيها عادة ثم ينتقل للمادة نفسها ومن ثم يعطي الانبعاث المحتث الليزري.

تعمل طاقة شعاع الياقوت على شكل انبعاثات ضوئية وتتراوح ما بين واحد و50 جول في النبضة الواحدة في الثانية . كما يعمل الليزر في صورة موجات مستمرة ، أو انبعاث معدل تكرارها 50 نبضة في الثانية أو أكثر أما ليزر الزجاج والمواد المطعمة فيعمل في صورة موجات مستمرة .

(3) ليزرات أنصاف النواقل :-

ويعرف باسم الليزر المحقون وتوجد أمثلة كثيرة لهذا النوع الشائع الاستعمال منها ارسنيك الجاليوم ويقع شعاعه في المنطقة تحت الحمراء ، كما يبعث أشعاه ما بين 820 و 905 نانومتر ، يمكن تشغيل هذه الليزرات في درجة حرارة الغرفة ، كما أن غالبية استخداماتها في مجالات الاتصالات اللاسلكية ، وقد تصل قدرتها إلى عشرات الواطات من نبضات ضوئية، أما ما يعمل في نمط الانبعاث المستمر فقدراته اقل وبتحده المي واط . وكلا النوعين يستخدمان في أغراض تجارية مثل الفيديو القرصي وأجهزة الاتصالات باستخدام الألياف الزجاجية .

(4) ليزرات الصبغات السائلة :-

في هذه الليزرات يكون الوسط أو المادة الفعالة هي صبغة من مواد عضوية مذابة في مذيب عضوي مثل الايثانول وتكمن فائدة ليزر الصبغات في إمكان تغيير الطول الموجي للانبعاث الليزري للحصول على منطقة كبيرة من الترددات تتراوح بين 190 و1100 نانومتر باستخدام صبغات مختلفة في المحاليل التي تأخذ طاقتها من الضخ الضوئي بواسطة المصابيح المتوهجة

أو ليزرات أخرى مثل ليزر النيتروجين أو الأرجون أو الياج أو الياقوت أو الكريبتون أو أيونات النحاس .

تعمل هذه الليزرات على شكل نبضات ضوئية وتعمل الأخرى على شكل إشعاع مستمر . وعادة نجد أن قدرة الليزر المستمرة . أما طاقة الليزر المستمرة فهي الأكبر .

يمكن التطبيق الرئيسي لليزر الصبغة في المجالات الطبية وفي أبحاث علم الطيف في الفيزياء والكيمياء وفي الطيف الذري لمعرفة الانتقالات الدقيقة للذرات ومن دراسة فصل النظائر المشعة.

(5) ليزرات الغازات الجزيئية :-

تستعمل غازات كثيرة لهذا النوع منها أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون ، غاز الامونيا ، خليط الديتريوم و التريتيوم ويمثل ثاني أكسيد الكربون اكثر هذه الليزرات من حيث الأهمية التجارية لكفاءته العالية ويستعمل هذا الغاز كخليط مع غازات أخرى وهو يتكون من 4.5% ثاني أكسيد الكربون 13.5% نيتروجين .

الطول الموجي :- هي المسافة بين نقطتين على جبهة الموجة تملكان نفس الطول ، تقاس بوحدة القياس المترية .

الواط :- وحدة القدرة أو التدفق الضوئي ويساوي جول في الثانية.

4-10-6 التطبيقات في الليزر :-

ظهر الليزر كحل مثالي للمشاكل التي لم تجد لها حلاً حتى عام 1955م .

فالليزر ذات الطاقة العالمية تستطيع أن تدمر الطائرات وهي في الجو وتقطع المعادن كما يقطع الجبن الطري ، والليزر الدقيقة تستخدم كأداة في يد الجراحين .

والانواع الصغيرة منها تستخدم في المحال التجارية لقراءة اسعار البضائع ، وأنواع أخرى منها لقياس المسافات بدقة ، والسيطرة على أنواع التفاعلات الذرية ، والاندماج النووي للحصول على مصادر جديدة واقتصادية للطاقة .

التطبيقات الطبية :-

تبرز الاستفادة الحالية من شعاع الليزر من وجهة النظر الطبية في طاقته الحرارية العالية والمتركزة في قطر ضيق جداً ، وهذا الليزر قد اثبت كفاءة عالية في الجراحة بصورة عامة ، وفي الجراحة الدقيقة بصورة خاصة . كما اصبح اليوم شائع الاستخدام في أفرع طبية عدة منها :-

جراحة الأنف والأذن والحنجرة -أمراض النساء-الأسنان و أمراض الفم - الأمراض الجلدية - جراحة التجميل والتقويم -جراحة العظام وجراحة الأعصاب وغيرها .

• أهمية الليزر في العلوم الطبية ومميزاته:-

أ -تقليل هدم الانسجة بهدف الالتئام السريع تمتص المواد العضوية بالخلية الحية حزمة ثاني أكسيد الكربون عند تركيزها على الانسجة . يؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة ماء الخلية الداخلي والخارجي المحتفظ بطاقة الحزمة إلى 55 درجة مئوية وبذلك يحصل قطع الانسجة المراد إزالتها ، علماً بان التأثير على الانسجة المحيطة لا يزي قطر عن 0.55 ميكروبات من نقطة الاتصال مما يجعل فترة الالتئام قصيرة وبالتالي مدة أقل من العناية بعد الجراحة .

ب- جراحة بدون دماء :-

أن شعاع ليزر ثاني أكسيد الكربون قادر على لحم الأوعية الدموية التي يقل قطرها عن نصف ملم تلقائياً عن طريق تخثير الدماء في النهايات المفتوحة . وهذا التأثير يجعل الجراحة بالليزر في مجال جاف تقريباً ، ولذلك فوائد كثيرة منها التقليل من نقل الدم خلال الجراحة بالإضافة إلى توفير الرؤية الجيدة للجراح .

ج- تقليل الالتهاب ما بعد العملية الجراحية :-

لا تتأثر الخلايا القريبة من نقاط تماس الشعاع وذلك لكون قطر الشعاع صغيراً جداً (في حدود 1ملم) مما يجعل استرجاع حيوية الخلايا المقطوعة سريع .

د- تقليل الآلام الناتجة عند الجراحة :-

شعاع الليزر قادر على غلق نهايات الأعصاب الدقيقة المقطوعة بسبب الجراحة هذا من شأنه تخفيف الآلام لدرجة انه في بعض الأحيان لا حاجة للتخدير .

هـ - الدقة المتناهية :-

حيث أن المستخدم لليزر يستطيع السيطرة الكاملة على عمق الاختراق من قبل الحزمة ، والتي بدورها تعتمد على قدرة الليزر ومدة التعرض . وبالاستعانة بالمجهر يستطيع الجراح التحكم في موقع الحزمة بكل دقة ، ولكون الليزر يعمل من مسافة فهذا يعطي للجراح مجال رؤية اكبر .

و- لا تأثير ميكانيكي :-

لاوجود لخطورة الحركة الميكانيكية للخلايا الحية التي تنتج عن الضغط ، وذلك بسبب انعدام الضغط عند استخدام شعاع الليزر .

ز - التعقيم :-

لاخطورة من التلوث لعدم وجود ملامسة بين أدوات الجراحة ، والأنسجة المعالجة ، بالإضافة ألي أن الشعاع الليزري قادر على تبخير الجراثيم المرضية القريبة من موقع الجراحة .

*العناصر الرئيسية التي تحدد تأثير أشعة الليزر على الأنسجة :-

أ -النوع الأول :- عناصر أشعة الليزر وهي :-

1 -قدرة شعاع الليزر مقدرة بوحدات الواط .

2 -زمن أو مدة التعرض لأشعة الليزر مقدرة بالثواني .

3 -الطول الموجي لحزمة الليزر مقدرة بالأمتار واجزائها.

4 -كثافة القدرة ، وهي القدرة في وحدة المساحة .

ب - النوع الثاني :- عناصر خصائص الانسجة وتقبلها لأشعة الليزر :-

1 -قابلية امتصاص أو معامل امتصاص الأنسجة لطول موجي معين في أشعة الليزر

(حيث أن الامتصاص يعتمد على الطول الموجي للإشعاع) .

2 -حجم النسيج المتأثر بأشعة الليزر .

3 -قابلية أو معامل التشتيت لأشعة الليزر في النسيج .

4 -كثافة قدرة الإشعاع علي النسيج .

5 -التوصيل الحراري في الأنسجة .

6 -تأثير التبريد في الأنسجة ، أي جريان الدم في الأوعية الدموية في النسيج المعين

*طاقة الليزر الممتصة في الأنسجة هي حاصل ضرب قدرة الليزر وزمن تعرض النسيج للأشعة.

وزمن أو مدة التعرض مهمة كونها تحدد عنصرين رئيسيين هما :-

أولاً : إما تبخير الأنسجة المرغوب فيها .

ثانياً : التتام حراري للأنسجة بسيطرة تامة .

*الأخطار العامة لأشعة الليزر في الجراحة :-

كل تقنية جديدة تتطلب الحرص والمتابعة لدراء الأخطار التي قد تأتي منها .وعادة تسجل الملاحظات عنها ويعمل على تلافئها . وفيما يلي بعض الإخطار المحتملة الحدوث .

1 -أخطار تماس أشعة الليزر مع غازات قابلة للاحتراق في مادة التخدير العام - وقد تسبب

الانفجار .

2 -أخطار انعكاس أشعة الليزر على الأجسام المعدنية المختلفة وبالتالي إصابة الأشخاص .

في مناطق حساسة في الجسم - قد تسبب الحروق الجلدية أو العمي عند أصابتها للعين .

3 -أخطار تلوث الهواء المحيط نتيجة تبخير الأنسجة الحية في الجسم .

4 -أخطار الصعقات الكهربائية - كنتيجة لوجود جهد كهربائي عالي في تشغيل أجهزة الليزر .

5 -أخطار اخري قد تتأتى نتيجة لعدم اتباع إرشادات السلامة والامان في استعمال أجهزة

الليزر .

*أ- الحماية من الاحتراق الداخلي والخارجي من مواد التخدير .

1. تجنب الغازات القابلة للاشتعال عند استعمال مادة التخدير .

2. حماية الأنابيب الناقلة لهذه الغازات بقطع قماشية مشبعة بالمياه المالحة في حالة ليزر ثاني أكسيد الكربون .
3. استخدام أنابيب معدنية لا تعكس ضوء الليزر لنقل غازات التخدير خصوصاً داخل الأنبوب الرغامي .
4. عدم استعمال الأغشية الورقية لاحتمالية اندلاع الحرائق فيها عند تماسها بأشعة الليزر ويستعاض عنها بأغشية قماشية خاصة لهذه الغاية .
5. الفحص الدقيق للأغشية المحتوية على مادة الاسبستوس أو أي مادة فحمية .
والتأكد من عدم تطاير جسيمات صغيرة منها قد تعلق في الأنسجة المحيطة وتسبب التلوث أو تعمل على امتصاص أشعة الليزر وتشتيته .
6. ينصح استعمال الإسفنج المعقم والمنقع بمادة ملحية خصوصاً مع ليزر ثاني أكسيد الكربون .

ب- الحماية الشخصية ضد انعكاسات الليزر من الأدوات :-

- 1 - تفحص غرفة عمليات الليزر بدقة للتأكد من عدم وجود أجسام عاكسة لضوء الليزر ، وستعمل أدوات جراحية مطلية أو مغطاة من الخارج لمنع انعكاس الأشعة منها ودرء احتمالية إصابة الأشخاص العاملين . وينتبه الى أن نوعية الطلاء أو الغطاء تعتمد على طول موجة الليزر .
- 2 - تغطي الأنابيب المطاطية أو الفولاذية المستعملة في نقل الغازات المتنوعة بقطع قماشية خاصة لمنع الانعكاس ، أو اختراق الأشعة لهذه الأنابيب .

3 - يجب استعمال واقيات النظر الخاصة بنوعية الليزر لجميع العاملين في غرفة العمليات ..

4 - تحمي عين المريض بقطع قماشية سميكة بعد وضع غطاء بلاستيكي مطلي بالفضة على كرة العين .

ج- الحماية من التلوث الهوائي الناتج من تبخير الانسجة :-

1 - تؤدي عملية تبخير الانسجة الحية الى تلوث الهواء المحيط ، ويجب استخدام ساحبات هواء جيدة للتخلص من التلوث .

2 - الحماية من الجهد الكهربائي العالي لأجهزة الليزر :-

1 - تعتمد أجهزة الليزر بصورة عامة على مصدر كهربائي ذي جهد عال فيجب اخذ احتياطات السلامة الكهربائية المزودة لمثل هذه الأجهزة لتفادي حصول الصعقات الكهربائية للعاملين .

هـ - التأكد من سلامة أجهزة وأشعة الليزر :-

1 - يجب التأكد قبل أي استعمال من خواص الشعاع الليزري مثل تطابق أشعة

الليزر غير المرئية مع الأشعة المرئية الموجهة ، وكذلك قيمة قدرة الشعاع

وكثافته في نقطة تماسه مع النسيج ، واتجاه الحزمة الليزرية ، ونقطة تركيز

الأشعة ، ومقدار طاقة الشعاع .

2 - العمل على وجود فني متدرب على استخدام أجهزة الليزر ، وخواص شعاعه للفحص الدوري النوعي للأجهزة والشعاع والتأكد من سلامتها وصحة خواصها المطلوبة .

3 - عدم السماح للأشخاص غير المدربين على الليزر باستخدامه .

4 - تقليل تحريك الأجهزة من غرفة الى اخرى ما أمكن ذلك ، للمحافظة على التطابق الهندسي لأشعتها .

5 - يفضل تخصيص إحدى غرف العمليات لأجهزة الليزر ، لضمان وجود تعليمات السلامة وتطويرها الدائم لهذه التقنية الحديثة .

6 - يجب التأكد بصورة عامة من نوع الجراحة المزمع القيام بها ، مثل قطع الأنسجة أو تبخيرها ، أو التئامها مع بعض وتوافقها مع الليزر المستخدم ، بالإضافة الى اختيار كثافة القدرة ، المناسبة للأنسجة المزمع العمل عليها . حيث أن علاقة نوع الليزر مع خواص النسيج الضوئية لها كل الأساس في إعطاء الكفاءة المطلوبة بأقل ضرر للأنسجة المحيطة .

7 - وضع سجل خاص لاستعمالات الليزر في الجراحة يكتب فيه كافة التفاصيل الضرورية من نوع الليزر ، وقدرته ، وطاقته وكثافة القدرة ونوع الأنسجة والعمل الجراحي سواء كان قطع أو تبخير . أو التئام الأنسجة ، ونتيجة العملية والمتابعة كل ذلك تفاصيل ضرورية لتطور الاستخدام الأمثل لليزر .

8 - وضع إشارة ضوئية خاصة خارج أبواب غرفة العمليات للتحذير من نوع الليزر

وصنفه ، ولبس الواقيات اللازمة وعدم الدخول لغير الأشخاص المصرح لهم .

9 - المراجعة الدورية المنتظمة لاستعمال الليزر وتعليمات السلامة والامان لكل نوع

منه والمتجددة دوماً .

الباب الخامس

الفيزياء الحديثة

5-1 الفيزياء الكمية والميكانيكا الموجية

5-1-1 كمات الإشعاع:

كل صور الإشعاع الكهرومغناطيسي المختلفة، بما فيها الضوء، ذات طبيعة مزدوجة وعندما تنتقل خلال الفضاء فإنها تتصرف كموجات وتسبب تأثيرات التداخل والحيود لكن عندما يتفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الذرات والجزيئات فإن الشعاع يعامل على أنه تيار من جسيمات طاقة دقيقة تسمى (فوتونات أو كمات ضوء).

طاقة كل فوتون (E) تعتمد على تردد الإشعاع (f) أو على طوله الموجي (λ):

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (5-1)$$

حيث $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J.S هو ثابت طبيعي يسمى (ثابت بلانك).

5-1-2 التأثير الكهروضوئي:

عندما يسقط إشعاع كهرومغناطيسي على سطح فلزات معينة فإن الإلكترونات يمكن أن تنبعث تحت شروط معينة. اعتبر أن فوتوناً طاقته hf ينفذ في مادة ويمتص بواسطة إلكترون. إذا أتاحت طاقة كافية فإن الإلكترون سوف يرتفع الى السطح وينبعث بطاقة حركة $\frac{1}{2} mv^2$.

الإلكترونات المنبعثة تكون طاقة حركتها في مدى يعتمد على عمقها داخل المادة، ولتكن ϕ هي

الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون من السطح وتسمى (دالة الجهد).

بالنسبة للإلكترونات القريبة من السطح تكون كمية الطاقة المتاحة ($hf - \phi$) وهي أقصى طاقة حركة يمكن أن تكتسبها الإلكترونات المنبعثة. وتبعاً لذلك فإن معادلة (أنيشتاين) للإنبعاث الكهروضوئي هي :

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = hf - \phi \quad (5-2)$$

يمكن إيجاد طاقة الإلكترون المنبعث بتعيين فرق الجهد اللازم لتسليطه لإيقاف حركته، عندئذ يكون

$$hf - \phi = V_s e \quad \text{، وبالنسبة للإلكترون ذي الطاقة الأعلى يكون:} \quad \frac{1}{2}mV^2 = V_s e$$

حيث V_s يسمى (جهد الإيقاف).

بالنسبة لأي سطح يجب أن يكون الطول الموجي للإشعاع قصيراً بدرجة تكفي لأن تكون طاقة الفوتون hf كافية لقذف الإلكترون. عند الطول الموجي للعتبة (أو تردد العتبة) تساوي طاقة الفوتون تماماً مع دالة الجهد. وبالنسبة للفولتات العادية يقع الطول الموجي للعتبة في مدى الضوء المرئي وفوق البنفسجي. الأشعة السينية تستطيع دائماً أن تبعث فوتوالكترونات، بينما الأشعة تحت الحمراء لا تستطيع ذلك.

5-1-3 كمية تحرك الفوتون:

حيث أن $E^2 = m^2c^4 + P^2c^2$ عندما يكون $m=0$ و $E=Pc$ ،

وبما أن $E=hf$ فإن : $E=Pc=hf$ أو $h/\lambda = P=hf/\lambda$

إذن كمية تحرك الفوتون هي : $P=h/\lambda$

5-1-4 تأثير كمبتون:

يمكن أن يصطدم فوتون بجسيم كتلته m ، مثل الإلكترون. وإذا حدث ذلك فإن الفوتون المشتت

يمكن أن تكون له طاقة جديدة، وكمية تحرك جديدة. وإذا تصادم فوتون طوله الموجي الابتدائي λ_i

مع إلكترون طليق ثابت كتلته me ، وانحراف بزاوية θ ، فإن الطول الموجي المشتت له يزداد إلى λ_s ، حيث:

$$\lambda_s = \lambda_i \frac{h}{m_e} (1 - \cos \theta) \quad (5-3)$$

التغير النسبي في الطول صغير جداً إلا في حالة الإشعاع ذي الطاقة العالية مثل الأشعة السينية أو أشعة جاما.

5-1-5 موجات دي برولي:

إذا تحرك جسيم كتلته m بكمية تحرك P فإنه يكون مصحوباً بطول موجي دي برولي:

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv} \quad (5-4)$$

شعاع الجسيمات يمكنه أن يحدد وأن يحدث ظواهر تداخل. هذه الخصائص شبه الموجية للجسيمات يمكن حسابها بفرض أن الجسيمات لها سلوك مماثل للموجات (موجات دي برولي) ذات الطول الموجي دي برولي.

6-1-5 رنين موجات دي برولي:

الجسيم المحجوز في منطقة محددة من الفضاء يقال أنه جسيم (مقيد). ومن الأمثلة النموذجية لمجموعات الأجسام المقيدة جزيئ الغاز الموجود في حيز مغلق والإلكترون الموجود في الذرة. موجة دي برولي التي تمثل جسيم مقيد تحدث رنيناً داخل المنطقة المحددة إذا كان الطول الموجي موافقاً تماماً في المنطقة. ونطلق على كل شكل رنيني ممكن اسم (الحالة الثابتة للمجموعة). ويرجح وجود الجسيم في مواقع بطون موجة الرنين، ولا يمكن أبداً أن يوجد في مواقع العقد. الطاقات الكمية للجسيمات المقيدة تنشأ لأن كل حالة رنينية تكون مصحوبة بطاقة محددة. وحيث أن الجسيم يفضل أن يكون موجوداً فقط في حالة رنين، فإن طاقاته الملاحظة تكون محددة (مكممة).

فقط في حالة مجموعات الجسيمات الذرية (أو مادونها) يمكن بسهولة ملاحظة فروق الطاقة بين حالات الرنين.

5-1-7 ذرة الهيدروجين:

ذرة الهيدروجين قطرها حوالي 0.1 nm ، وهي تتكون من بروتون كنواة (نصف قطرها حوالي 10^{-15} m) وإلكترون وحيد.

5-1-8 مدارات الإلكترون:

أول نموذج رائع للذرة قدمه (نيلز بور) في عام 1913م. وعلى الرغم من أن ميكانيكا الكم قد تفوقت عليه إلا أن العديد من نتائجه البسيطة لا يزال صحيحاً. أول تصور لنموذج بور عن تركيب الذرة هو دوران الإلكترونات في مدارات دائرية حول النواة، وبذلك كانت ذرة الهيدروجين عبارة عن إلكترون واحد يدور حول بروتون وحيد. ولكي تحدث موجة دي برولي رنيناً أو (تتوافق) في مدار نصف قطره r ، فإنه يجب أن تكون العلاقة التالية صحيحة:

$$mv_n r_n = \frac{nh}{2\pi} \quad (5-5)$$

حيث n عدد صحيح. الكمية $mv_n r_n$ هي كمية التحرك الزاوي للإلكترون في المدار رقم n .
وسرعة الإلكترون هي v وكتلته هي m و h ثابت بلانك وقيمه تساوي 6.63×10^{-34} J.s .
القوة الجاذبة المركزية التي تبقى على الإلكترون في مداره تعطي تجاذب كولوم بين النواة والإلكترون.

$$\text{ولذا فإن } F = \frac{ke^2}{r^2} = ma = \frac{mv_n^2}{r_n} \text{ ويكون } \frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{Ke^2}{r^2}$$

الحل الآتي لهاتين المعادلتين يعطي أنصاف أقطار المدارات المستقرة $r_n = (0.053 \text{ nm})n^2$.
طاقة الذرة عندما تكون في الحالة n (أي عندما يكون إلكترونها يشغل المدار n في تركيبها) هي:

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV \quad (5-6)$$

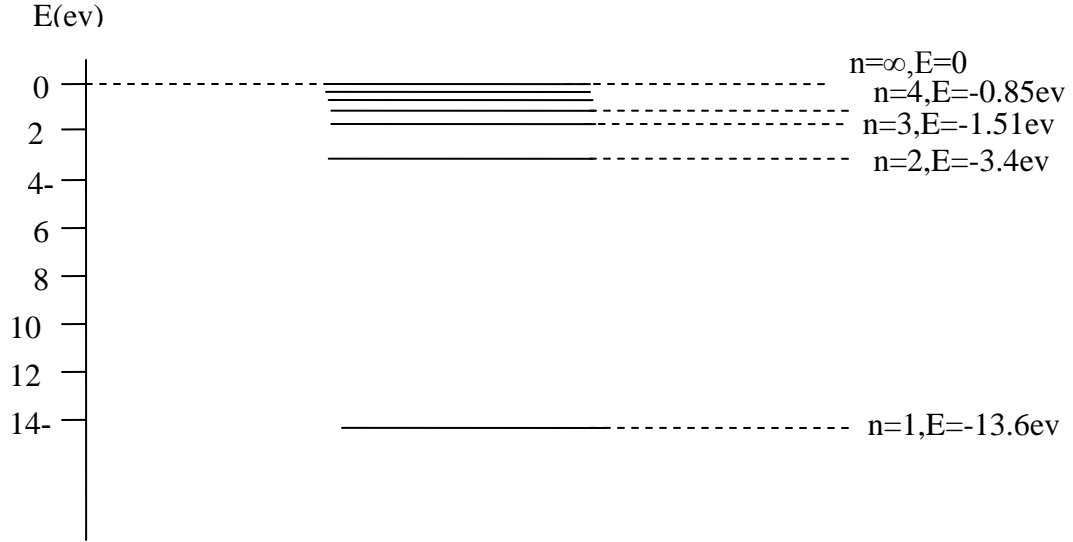
الطاقة مكممة لأن التركيب المستقر يناظر الشكل الرنيني للنظام المقيد. وبالنسبة لنواة شحنتها Ze ويدور حولها إلكترون وحيد، فإن العلاقات المناظرة هي:

$$E_n = \frac{13.6Z^2}{n^2} eV, r_n = (0.053nm) \left(\frac{n^2}{Z}\right) \quad (4-7)$$

حيث يسمى Z العدد الذري للنواة.

9-1-5 الرسوم التخطيطية لمستويات الطاقة

تلخص الطاقات المسموحة في نظام ما، حيث تبين الطاقات المسموحة على مقياس طاقة رأسي بواسطة خطوط أفقية، الشكل (4-1) يوضح رسماً تخطيطياً لمستويات طاقة ذرة الهيدروجين. كل خط أفقي يمثل طاقة حالة رنينية للذرة. خط الطاقة الصفري يمثل الذرة المتأينة، أي الحالة التي يكون فيها نصف قطر مدار الذرة مالانهاية. وكلما يسقط الإلكترون قريباً إلى النواة، فإن طاقة جهده تنقص من المستوى الصفري، وبذلك تكون طاقة الذرة سالبة كما هو موضح. أقل حالة ممكنة، عندما تكون $n=1$ ، تناظر الإلكترون في أصغر مدار ممكن له، وتسمى (الحالة الأرضية) أو الأساسية.



شكل (5-1)

5-1-10 إنبعاث الضوء :

عندما تسقط ذرة معزولة من مستوى طاقة إلى مستوى طاقة آخر أقل، فإن فوتوناً سينبعث، هذا الفوتون يحمل الطاقة المفقودة بعيداً بواسطة الذرة في إنتقالها إلى مستوى الطاقة الأقل. ويعطي كل من الطول الموجي والتردد للفوتون من العلاقة:

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = \text{الطاقة المفقودة بالنظام} \quad (5-8)$$

الإشعاع المنبعث يكون له طول موجي محدد ويتسبب عنه (خط طيفي) واحد في طيف الإنبعاث للذرة. من المناسب أن نتذكر أن الفوتون ذا الطول الموجي 1240 nm له طاقة 1 eV ، وطاقة الفوتون تتغير عكسياً مع الطول الموجي.

5-1-11 الخطوط الطيفية:

الخطوط الطيفية المنبعثة من ذرات هيدروجين منبعثة معزولة مثارة تظهر على شكل سلسلات، ويوضح الشكل (4-2) نموذجاً للسلسلة التي تظهر في منطقة الأطوال الموجية للضوء المرئي، وتسمى (سلسلة بالمر). وتوجد سلسلات أخرى، احداها في منطقة الأشعة فوق البنفسجية وتسمى (سلسلة ليمان). وهناك في منطقة الأشعة تحت الحمراء توجد سلسلة (باشن باخ) الأقرب إلى الجزء المرئي من الطيف.

الاطوال الموجية لهذه السلسلات تعطى بمعادلات بسيطة هي:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right), n = 2, 3, \dots \quad \text{سلسلة ليمان}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), n = 3, 4, \dots \quad \text{سلسلة بالمر}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), n = 4, 5, \dots \quad \text{سلسلة باشن}$$

حيث $R = 1.0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ ويسمى ثابت ريدبرج.

5-1-12 السلاسل الطيفية:

تتشأ خطوط سلسلة عندما ينتقل إلكترون في الذرة من مستويات طاقة أعلى إلى مستويات طاقة أقل ، فالانتقال من $n=3$ إلى $n=2$ يعطي طاقة فوتون $\Delta E_{3,2} = 1.89 \text{ eV}$ وهي تكافئ طولاً موجياً قدره 656 nm ويمثله الخط الأول في السلسلة. أما الخط الثاني فينشأ نتيجة الانتقال من $n=4$ إلى $n=2$ أما خط حد السلسلة فيتمثل في الانتقال من $n=\infty$ إلى $n=2$.

بالمثل تنشأ سلسلة ليمان من الإنتقالات التي تنتهي عند $n=1$. وتنشأ سلسلة باشن من الإنتقالات التي تنتهي عند الحالة $n=3$.

5-1-13 إمتصاص الضوء:

الذرة في حالتها الأساسية تستطيع أن تمتص فوتوناً في عملية تسمى (إمتصاص الرنين) فقط إذا كان ذلك الفوتون سيرفع الذرة إلى أحد مستويات طاقتها المسموحة.

مثال:

ما هو الطول الموجي الذي تبعث به ذرة هيدروجين عندما ينتقل إلكترونها المثار من الحالة $n=5$ إلى الحالة $n=2$ ؟

الحل:-

$$E_n = -13.6 / n^2 \text{ eV}$$

$$E_5 = -13.6/25 = -0.54 \text{ eV}$$

$$E_2 = -13.6/4 = -3.4 \text{ eV}$$

$$E_5 - E_2 = -0.54 - (-3.4) = 2.86 \text{ eV}$$

وبما أن 1240 nm تناظر 1.0 eV

$$\therefore \lambda = 1.0 \times 1240 / 2.86 = 434 \text{ nm}$$

5-1-14 الذرات عديدة الإلكترونات

الذرة المتعادلة التي تحمل نواتها شحنة موجبة مقدارها Ze تحتوي علي Z إلكترونات . وعندما تكون الإلكترونات لها أقل طاقة ممكنة فإن الذرة تكون في حالتها الأرضية(الأساسية). وتميز حالة الذرة بأرقام كمية لإلكتروناتها.

الأعداد الكمية:

تستخدم لتحديد بارمترات إلكترون ذري هي كما يلي:-

1- العدد الكمي الرئيسي n والذي يحدد المدار، أو الغلاف الذي يوجد فيه الإلكترون. وهو في ذرة الهيدروجين يحدد طاقة الإلكترون عن طريق

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV \quad (5-9)$$

2- العدد الكمي المداري l والذي يحدد كمية التحرك الزاوي L للإلكترون في مداره:

$$L = \left(\frac{h}{2\pi}\right) \sqrt{l(l+1)} \quad (5-10)$$

حيث h ثابت بلانك و $n=1$ و $l=1, 2, 3, \dots$

3- العدد الكمي المغنطيسي ml والذي يصف وجهة متجه كمية التحرك الزاوي المداري بالنسبة لإتجاه Z ، إتجاه المجال المغنطيسي المسلط:

$$= \left(\frac{h}{2\pi}\right) (m_l) L_z \quad (5-11)$$

حيث $ml=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$

4- العدد الكمي للف الإلكترون m_s وقيمتاه المسموحتان هما $\pm 1/2$.

5-1-15 مبدأ الإستبعاد لباولي:

يعني أنه لا يوجد إلكترونان في نفس الذرة يمكن أن يشتركا في نفس الأعداد الكمية مجتمعة. وبتعبير آخر، لا يمكن لأي إلكترونين أن يكونا في نفس الحالة.

مثال:

كم عدد البروتونات والنيوترونات والالكترونات الموجودة في:-

أ- ^3He ب- ^{12}C ج- ^{206}Pb

الحل:-

أ - العدد الذري للهليوم هو 2 لذلك عدد البروتونات هو 2 ، ومجموع النيوترونات والبروتونات

هو 3 و هناك نيترون واحد. وعدد الالكترونات هو نفس العدد الذري 2 .

ب - العدد الذري للكربون هو 6 ، والذرة تحتوي على 6 بروتونات، وعدد النيوترونات هو 6

والالكترونات هو 6 .

ج- العدد الذري للرصاص 82 ، وعدد البروتونات هو 82 والالكترونات كذلك 82، لذا عدد

النيوترونات يصبح $206 - 82 = 124$.

مثال:

طاقة الترابط لكل نيوكليون في نواة ^{238}U هي حوالي 7.6 Mev بينما تساوي 8.6 Mev

بالنسبة لأنوية لها نصف هذه الكتلة. إذا انشطرت نواة ^{238}U الى نواتين متساويتين في

الحجم . فكم تكون كمية الطاقة المتحررة في هذه العملية؟

الحل:-

تشتمل النواة على 238 نيكلون وعندما تتعرض النواة للإنقسام فإن كل نيوكليون سيحرر - 8.6

7.6 = 1 Mev من الطاقة. وبذلك تكون الطاقة الكلية المحررة حوالي 238 Mev او 240

. Mev

2-5 النشاط الإشعاعي

في 1896م لاحظ بيكريل فلورة املاح اليورانيوم عند تعرضها لاشعة الشمس واعتقد ان هذه الفلورة ناتجة عن إنبعاث الاشعة السينية التي اكتشفها رونتجن في عام 1895م . لكن التجارب قادتته الى ان هذه الظاهرة ليس سببها ضوء الشمس حيث ان الفلورة يمكن رؤيتها في الظلام وتعتمد على تركيز اليورانيوم في النماذج. وفي عام 1898م وضع بيركوري بأن هذه الاشعاعات ظاهرة ذرية خاصة بالعنصر وليس لها علاقة بالحالة الفيزيائية أو الكيميائية وان هذه المواد تبعث بشكل تلقائي إشعاعات مستمرة تعتمد على نوع العنصر وسميت هذه العناصر بالعناصر المشعة.

مصادر الاشعاع الطبيعي:

الاشعاع الذي يحيط ببيئة الانسان بشكل طبيعي ومستمر يسمى بالخلفية الاشعاعية لأن هذا الاشعاع يشمل سكان العالم كافة وان التعرض يحدث بمعدل ثابت نسبياً وعلى مدى فترات زمنية طويلة. وتعتبر الخلفية الاشعاعية كمستوى مرجعي للمقارنة بين مصادر الاشعاع المؤين التي يتعرض لها الانسان من المصادر الطبيعية.

يعتبر بعض الباحثين ان الخلفية الاشعاعية ذات فائدة كبيرة للانسان حيث ان نسبة من الطفرات الوراثية المفيدة والتي سببت تطوراً للانسان ناتجة عن الخلفية الاشعاعية. والدليل على ذلك ان الخلفية الاشعاعية في بعض مناطق العالم كبيرة مثل كيرالا في الهند ومع ذلك فإن اكثر المعمرين في العالم في هذه المنطقة. وفي الارجننتين حيث ان الخلفية الاشعاعية لبعض المناطق كبيرة جداً وبالرغم من ذلك تقام في هذه المناطق المصحات لامراض كثيرة.

وقسم آخر من الباحثين يعتبر بأن سبب زيادة السرطان في العالم ناتج من الخلفية الاشعاعية ولا توجد ادلة مؤكدة على صحة رأي أي من الفريقين.

أهم المصادر المشعة الطبيعية:

1 - الأشعة الكونية (Cosmic Ray)

في عام 1912م لاحظ الفيزيائي النمساوي هس في دراسة سبب تفرغ كشاف كهربي Electroscop مشحون، فقد وجد أن انفراج ورقتي الذهب في الكشاف يزول دليلاً على ضياع شحنته الكهربائية والتي تنشأ عن تأين الهواء الملامس لقرص الكشاف وتسرب شحنتها الكهربائية الساكنة على الرغم من احاطة الكشف بدروع سميكة من الرصاص. وقد لوحظ في الايام الأولى لقياس النشاط الاشعاعي ان عدادات كايكر ميلر تتحسس بالاشعاع بالرغم من عدم وجود مصدر مشع قريباً منها وقد فسر ذلك بوجود عناصر مشعة في باطن الارض. ووجد ان شدة الاشعاع تزداد كلما ارتفعنا عن سطح الارض. مما دعى العلماء عام 1926م إلى تسمية هذا الاشعاع بالاشعاع الكوني.

وتقسم الاشعة الكونية الى ثلاثة اقسام:-

أ-الاشعة الكونية الاولية: تشير الدراسات والبحوث العلمية بأن 90% من الاشعة الكونية التي تصل إلى الأرض تنشأ من المجرات، كما أن خصائصها تدل على أنها نشأت عن انفجار نووي حراري في بعض النجوم. وتتكون الاشعة الكونية الاولية حين تصل إلى أعالي

الغلاف الجوي من 87% من البروتونات ذات طاقة عالية جداً تصل إلى حوالي 200 ميغا إلكترون فولت و 12% من جسيمات الفا وحوالي 1% من بعض نوى الذرات الثقيلة مثل الكربون والأكسجين والنتروجين والكالسيوم والحديد. وتكون الأشعة الكونية الأولية حوالي 20% من مجموع الأشعة الكونية عند مستوى سطح البحر وخط العرض الجيومغناطيسي 50^0 وتزداد نسبة الأشعة الكونية بالارتفاع عن سطح الأرض وتكون سائدة على ارتفاع 50 كلم فأكثر. أن هذه الشدة تنخفض بنسبة 10% عند خط الاستواء مقارنة لشدتها عند القطبين. وأمكن تعليل ذلك عن طريق التفاعل المتبادل بين الجسيمات الأولية المشحونة والمجال المغناطيسي الأرضي. فالجسيم المشحون الذي يصل أحد قطبي الأرض لا يعاني أي انحراف، في حين يعاني الجسيم المشحون الواصل باتجاه خط الاستواء انحرافاً عمودياً على كل من منحنى حركته ومنحنى المجال المغناطيسي الأرضي مما يقلل من فرصة بلوغه الغلاف الجوي الخارجي وبالتالي من فرصة تفاعله مع ذرات الهواء وتوليد أشعة كونية ثانوية نتيجة لذلك.

ب- الأشعة الكونية الثانوية: الأشعة الناتجة عن تفاعل الأشعة الكونية الأولية أو تصادمها بالنوى الذرية الموجودة في الطبقات العليا من مكونات الغلاف الجوي للأرض ينشأ عن هذه التفاعلات تحول جزء من طاقة مكونات الأشعة الكونية الأولية إلى جسيمات تحت ذرية تتكون من مكونات خفيفة مثل الإلكترونات والميزونات (وهي جسيمات مشحونة تشبه الإلكترونات) والفوتونات ومكونات ثقيلة مثل النيوترونات والبروتونات يتصادم عدد من الجسيمات الجديدة بالنوى الأخرى في الغلاف الجوي منتجة المزيد من الجسيمات. وتنتج

مثل هذه التصادمات المتتالية أيضاً من الأشعة الكونية الثانوية التي تحتوي على كافة أنواع الجسيمات تحت الذرية.

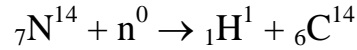
ج-الأشعة الكونية الشمسية : هي الأشعة ذات الصلة بالبقع والانفجارات الشمسية. والبقع الشمسية مساحات داكنة تظهر كتجمعات تدوم عدة أسابيع وتكون حولها مجالاً مغناطيسياً قوياً أما الانفجارات الشمسية فهي مناطق متوهجة تتكون بصورة مفاجئة وتصل إلى أقصى شدة لها بزمن يتراوح بين 5 - 10 ثانية ثم تنتضائل بعد ذلك ويبقى تأثيرها لمدة 48 ساعة وتؤثر بجرع تعرض عالية على رواد المركبات الفضائية. وتصدر عن الشمس أثناء التوهج الشمسي. ويحدث أثناء فترات النشاط العالي في دورة الكلف الشمسي. وتتراوح طاقة الجسيمات المنبعثة في هذه التوهجات بين بضعة ميكا إلكترون فولت إلى بضعة فيكا إلكترون فولت. وأكثر الأشعة هي بروتونات تتدفق خارجة من الشمس عقب التوهج الشمسي تظهر على هيئة بلازما تتحرك بعيداً عن الشمس بسرعة تتراوح بين 350 - 700 كلم في الساعة، تسمى هذه البلازما الرياح الشمسية والذي يصاحبها مجال مغناطيسي له تحذب يسمى لسان البلازما. يبدأ من الشمس ويتحرك بسرعة تتراوح بين 100 - 200 كلم في الساعة حتى يقترب من سطح الأرض، جزء من هذه الأشعة تكون طاقته كبيرة بحيث تكفي لإحداث تغيرات على سطح الأرض لذلك يمكن كشفها. ويتكون بعضها من جسيمات أخرى ذات طاقة عالية في الفضاء. تصل طاقة بعض هذه الجسيمات المتحركة بسرعة في الغلاف المغناطيسي الأرضي إلى بضعة ميكا إلكترون فولت. ولكل كوكب من الكواكب غلاف مغناطيسي تتسارع فيه الجسيمات لطاقة تبلغ عدة ميكا إلكترون فولت، لكن معظم الجسيمات

تظل ضمن الغلاف المغنطيسي للكواكب مكونة أحزمة من الإشعاع حوله تسمى الرياح الشمسية وعند إصطدامها بالأشعة الكونية الشمسية تعمل على تسارع الجسيمات إلى طاقات عالية.

العناصر المشعة طبيعياً:

أ-العناصر المشعة ذات الأصل الكوني: Cosmogenic Nuclides

هي عناصر تتولد في الجو نتيجة للتفاعل النووي بين مركبات الأشعة الكونية ونوى وذرات العناصر المستقرة، مثل الكربون 14 والذي يتكون من عملية تفاعل نيتروجين الهواء الجوي من نيوترونات الأشعة الكونية ويؤثر C^{14} بجرعة إشعاعية خارجية ضئيلة جداً ولكن جرعته الاكبر تكون عند تكونه داخل جسم الإنسان:



وتقوم الكائنات الحية، باستمرار بإدماج الكربون بما في ذلك الكربون المشع، في خلاياها. ونظراً لأن الكربون الإشعاعي يتحلل بمعدل ثابت، ويمكن قياس عمر المواد من خلال الكمية المتبقية من الكربون المشع في المادة.

جدول بين العناصر المشعة ذات الأصل الكوني:

النشاط الإشعاعي	كيف تتولد	عمر النصف	الرمز	النويدات
6pCi/g (0.22 Bq/g) في المواد العضوية	تفاعل الأشعة الكونية مع النيتروجين	5730 سنة	C ¹⁴	الكربون 14
0.032pCi/Kg (1.2×10 ⁻³ Bq/Kg)	تفاعل الأشعة الكونية مع النيتروجين والاكسجين أو ينبعث من الأشعة الكونية	12.3 سنة	H ³	التريتيوم
0.27pCi/kg (0.01 Bq/kg)	تفاعل الأشعة الكونية مع النيتروجين والاكسجين	53.28 يوم	Be ⁷	البريليوم

ب-العناصر المشعة ذات الأصل البدائي: Primordial Nuclides

تنتشر المواد المشعة الطبيعية انتشاراً واسعاً في القشرة الأرضية ونظراً لنصف عمرها الطويل

فإنها تكونت مع تكون الأرض وهذه المواد تتكون من أربعة سلاسل هي:

1 سلسلة اليورانيوم 238 : ويتواجد ونواتج انحلاله في الطبيعة بشكل مختلف من مكان لآخر

وعمر النصف لليورانيوم 238 يساوي 4.5×10^9 سنة ويتحلل بشكل طبيعي حتى يصل إلى

عنصر الرصاص المستقر. ويتواجد اليورانيوم في الطبيعة بتراكيب كيميائية مختلفة وفي

مواقع جيولوجية متنوعة.

- 2 سلسلة الثوريوم²³²: وهو أكثر انتشاراً من اليورانيوم في الطبيعة وعند انحلال هذه السلسلة فإنه بعد إشعاع ست من جسيمات ألفا وأربعة من جسيمات بيتا يتكون الرصاص المستقر .
- 3 سلسلة الاكتينيوم: تبدأ هذه السلسلة باليورانيوم²³⁵ وتنتهي بالرصاص المستقر .
- 4 سلسلة النبتونيوم: تبدأ هذه السلسلة بالنبتونيوم (عمر النصف 2.2×10^6 سنة) وتنتهي بالرصاص ونظراً لأن عمر النصف لها قليل مقارنة بعمر الأرض، لذلك فإن ما يتبقى من سلسلة النبتونيوم كمية لا يمكن قياسها. ولم يكن معروفاً من عناصر هذه المجموعة سوى سبعاص موجودة بكميات ضئيلة جداً في القشرة الأرضية وكذلك الناتج النهائي البزموت(وزنه الذري 209).

في أثناء الحرب العالمية الثانية استخدم العلماء النشاط الإشعاعي الصناعي لإنتاج نظائر مختلفة لكل العناصر وأمكنهم بذلك تحضير عناصر المجموعة الرابعة التي لم تكن موجودة في الطبيعة ويعتبر البلوتونيوم العنصر الوالد لهذه المجموعة ولذلك فهي تعرف بمجموعة البلوتونيوم. عدد كبير من عناصر هذه السلاسل يدخل في تركيب الصخور والمواد الأولية المستخدمة في البناء. لذلك يتعرض سكان البنايات المنشأة من الكونكريت والحجر إلى جرع إضافية خارجية تزيد من التعرض.

المصادر الإشعاعية الطبية:

يحتل التعرض الناتج عن المصادر الإشعاعية المستخدمة في الطب المرتبة الأولى بين مصادر التعرض البشري للمصادر الصناعية. حيث يستخدم الإشعاع للأغراض التشخيصية والعلاجية.

وتتراوح الجرعة التي يتعرض لها المريض عند التشخيص بين 1 ملي سيفرت/ سنة الى 50 ملي سيفرت/ سنة. أما استخدام الاشعاع في العلاج فانه يعرض المريض الى جرعة تزيد آلاف المرات عن جرعة التشخيص ولكن هذه الجرعة في العموم يتعرض لها عضو معين وليس عموم الجسم وتجزأ هذه الجرعة الى عدد من المرات.

تعتمد الجرعة الناتجة عن التشخيص الطبي بالإشعة السينية على نوع الأشعة السينية المستخدمة، زمن التعرض، طاقة الاشعاع، نوع النسيج المشع وحجم الاشعاع الساقط. وقد شاع في السنوات الاخيرة استخدام بعض المواد الصيدلانية المشعة لأغراض التشخيص أو العلاج، وان استخدام مثل هذه المواد يزداد كل عام.

ان أخطر أنواع التعرض للاشعاع هو تعرض الجنين في المراحل الاولى من الحمل وخاصة في الاسبوعين الثاني وحتى السادس. وأكثر الأنسجة تعرضاً للتشخيص الطبي هو نخاع العظم لارتباطه بالاصابة باللوكميا والغدد التناسلية نتيجة للطفرات الوراثية وعادة ما توضع مستويات ارشادية للتعرض الطبي وأن تكون هذه المستويات مؤشراً معقولاً للجرعات للمرضى وللكادر الطبي وتضعها الهيئات المهنية ذات الصلة بالتشاور مع الهيئة الرقابية واستخدام هذه المستويات بمرونة للسماح بالتعرضات العالية إذا كانت الآراء الطبية السليمة تشير بذلك.

اسس تفاعل الاشعاع مع المادة:

تكمّن أسس تفاعل الاشعاع مع المادة للأسباب التالية:

1 معرفة ماذا يحصل للإشعاع عند مروره في المادة وكيف يتفاعل الإشعاع مع الخلايا الحية.
2 -الأسس الفيزيائية للكشف عن الإشعاع لان كواشف الإشعاع تتكون من مادة صلبة ، سائلة وغازية وتفاعل الإشعاع مع مادة الكشف يكون مفيداً لمعرفة اختيار نوع الأشعاع وتصميم الكاشف. وهذا التفاعل قد يحصل بين الإشعاع وإلكترونات الذرة، أو بين الإشعاع ونواة الذرة، وأخيراً بين الإشعاع والذرة بأجمعها. أن نوع التفاعل وقدرة اختراق الإشعاع للمادة يعتمد على نوع وطاقة ذلك الإشعاع وطبيعة المادة التي يتفاعل معها الإشعاع.

المقصود بالتفاعل بين الإشعاع والذرات أو الجزيئات أو الإلكترونات هو القوة الكهربائية المتبادلة بين الغشعاع والمادة والتي تتضمن قوة تجاذب أو تنافر وليس المقصود بها التماس الميكانيكي بين الإشعاع والمادة. وينتج عن ذلك ظاهرة التأين أو التهيج وتنتقل الطاقة إلى المادة والتي يتحول معظمها إلى حرارة نتيجة لاهتزاز الذرات والجزيئات. وتقسم التفاعلات إلى قسمين أساسيين هما تفاعل الإشعاع مع الجسيمات المشحونة وتفاعله مع الفوتونات.

تفاعل الجسيمات المشحونة ذات الطاقة العالية مثل جسيمات الفا (α) وجسيمات بيتا (β) عند تفاعلها مع المادة فانها تفقد طاقتها نتيجة لهذا التفاعل وتحصل ظاهرة التأين أو التهيج. ونتيجة لذلك تنبعث إلكترونات بأشكال مختلفة حيث تكون بشكل جسيمات بيتا الموجبة أو السالبة أو تفاعل التحول الداخلي أو إلكترونات أو جسيمات وبالإضافة إلى ذلك فان الإلكترونات تتولد عند تفاعل أشعة قاما والأشعة السينية مع المادة وتقسم جميع هذه التفاعلات إلى ما يلي:

أ-التأين: عندما تتفاعل جسيمات بيتا مع المادة فان طاقتها تستمر للتغلب على طاقة ربطها بالذرة والباقي من الطاقة يكون بشكل طاقة حركية لهذه الإلكترونات (الإلكترونات الثانوية)، وإذا كانت طاقة الإلكترونات الثانوية كبيرة فانها قد تؤين ذرات أو جزئيات أخرى من الوسط وتسمى مثل هذه الإلكترونات بأشعة الدلتا.

ب-التهيج: يحصل هذا التفاعل عندما تكون طاقة جسيمات بيتا غير كافية لحصول ظاهرة التأين. لذلك فان الإلكترونات المدارية ترتفع من مستوى استقرارها إلى مستوى استقرار أعلى فتكون الذرة في حالة تهيج. وتفقد الذرة طاقة التهيج بشكل اهتزاز للجزيئات ونتيجة لذلك تنبعث أشعة تحت الحمراء، أشعة مرئية أو أشعة فوق البنفسجية.

ج-التفاعل مع مجال النواة: عندما تكون طاقة جسيمات بيتا كبيرة فان الجسيمات المشحونة تخترق الغيمة الغلكترونية وتقرب من المجال الكهربائي للنواة. وذلك يؤدي إلى تباطئ الجسيمات المشحونة وفقدانها للطاقة فتبعث هذه الجسيمات الطاقة المفقودة بشكل إشعاعات كهرومغناطيسية تسمى بإشعاعات الكبح أو الحد من السرعة (Bremsstrahlung) ان طاقة إشعاعات الكبح تتراوح بين الصفر (عندما يكون تباطئ الجسيمات قليلاً) الى أعظم ما يمكن من الطاقة والذي يساوي طاقة الجسيمات المشحونة الساقطة وتسمى هذه التفاعلات بتفاعلات فقدان الاشعاع.

تفاعل جسيمات الفا (α) مع المادة:

كما نعلم فان جسيمات α لها شحنة موجبة مضاعفة لذلك تتأثر بقوة تجاذب مع الإلكترونات الخارجية للذرات المارة قريبا ونتيجة لذلك يقتلع الالكترتون من مداره وتتولد الايونات ويحصل مايلي:

1 يكون اختراق جسيمات α للمادة قليلاً وذلك بسبب كبر كتلتها وتسمى المسافة التي تخترقها الجسيمات المشحونة داخل المادة بالمدى. ولثقل جسيمات α فان انحرافها يكون قليل جداً عند تفاعلها مع إلكترونات المادة ويكون مداها مستقيماً وذات قيمة ثابتة تقريباً. وبسبب هذا المدى القليل فانها تمتص بعد بضع سنتيمترات من الهواء وبضع ميكرون في الانسجة الحية.

2 جسيمات α المنبعثة من المصادر المشعة تكون طاقتها ثابتة دائماً لكل نظير فمثلاً الراديوم 221 يبعث جسيمات α بطاقة تساوي 6.71 Mev أي ان كل جسيم من α يبعث من الراديوم بنفس الطاقة.

3 تمتاز جسيمات α بأن ضررها البيولوجي للأنسجة الحية كبير جداً لذلك فان النظائر المشعة الباعثة لجسيمات α لا تستخدم في الدراسات التشخيصية لسلوك النظائر المشعة داخل الجسم الحي.

تفاعل جسيمات (β) مع المادة:

بسبب الشحنة السالبة لها فإنها تتجذب نحو نوى ذرات المادة التي تتفاعل معها وتتناثر مع إلكتروناتها عند مرورها قريباً من المادة. ويحصل نتيجة للتفاعل ما يلي:

- 1 مدى الجسيمات لا يكون ثابتاً ويختلف من عنصر إلى آخر حتى وإن كانت إلكترونات الجسيمات لها نفس الطاقة ونفس الوسط الماص. والسبب في ذلك هو صغر كتلة جسيمات β (الإلكترون). لذلك يكون المدى متعرجاً (Zigzag) على العكس من مدى جسيمات α والتي يكون مداها ثابتاً وبشكل مستقيم.
- 2 عند تفاعل جسيمات β مع إلكترونات المادة فإنها تنتشت أي تستطار والاستطارة الحاصلة في مدى الإلكترون نتيجة للتفاعلات النووية أو تولد أشعة سينية مستمرة (Bremstrahlung) (تؤدي إلى إنحراف الإلكترون بزوايا كبيرة أو إيقافه كلياً.
- 3 طاقة جسيمات β المنبعثة من المصادر المشعة تكون غير ثابتة (عكس جسيمات α) وتكون طيفاً يمتد من الصفر إلى القيم العظمى E_{max} . وسبب إختلاف طاقة جسيمات β يعود إلى أساس تولدها من داخل النواة حيث ان النيوترون ينحل إلى جسيمات β وجسيمات أخرى خواصها غير معروفة بشكل تفصيلي سماها فيرمي بالانتي نيوترينو. في بعض انحلال النيوترينو تقوم جسيمات β بحمل طاقة الانحلال بأجمعها فتكون طاقتها عظمى E_{max} . في معظم الحالات فان طاقة الانحلال يشارك في حملها الانتي نيوترينو وجسيمات β التي تكون لها معدل الطاقة E_{mean} .
- 4 تمتاز جسيمات β بان ضررها البيولوجي للأنسجة الحية كبير نسبياً لذلك فان النظائر المشعة الباعثة لجسيمات β لا تستخدم في الدراسات التشخيصية لسلوك النظائر المشعة داخل الجسم الحي.
- تفاعل أشعة قاما مع المادة:

يختلف تفاعل الفوتونات (أشعة قاما والأشعة السينية) عن تفاعل الجسيمات المشحونة مع المادة

حيث أن الفوتونات لا تستطيع تأين ذرات الوسط مباشرة كما هو الحال للجسيمات المشحونة.

لأنها أشعة مؤينة بصورة غير مباشرة أي ان الفوتونات تقوم بقذف احد الإلكترونات للذرات

القريبة من الوسط أو الوسط نفسه. تقوم الألكترونات أو الازواج الأيونية بتأين جزيئات الوسط

لذلك يبني عمل الكشف عن الإشعاعات المؤينة أو التأثير البيولوجي لها على هذا الأساس،

بالإضافة الى ذلك فإن تفاعل الجسيمات المشحونة مع المادة يؤدي الى إمتصاصها وإيقافها كلياً

عندما يكون سمك الحاجز كافياً لذلك فيكون لها مدى محدد داخل المادة. ولكن الفوتونات

تتناقص في الشدة بزيادة سمك الوسط الماص ولكن الشدة لا تصبح صفراً لذلك يكون لها مدى

غير محدد في المادة.

عند تفاعل الفوتونات مع المادة فان طاقة الاشعاع(الفوتون) تنتقل نتيجة للتفاعل الى

الالكترونات المدارية. هذه الاشعاعات لها القدرة على إختراق النسيج الحي لذلك فهي مهمة

للتصوير في الطب أو الصناعة والذي يحصل عندما تكون طاقة الاشعاع كافية للنفوذ أو

الانبعاث من جسم المريض.

نواة الذرة عبارة عن كيان مشحون بشحنة موجبة عند مركز الذرة، نصف قطر النواة حوالي

10^{-15} m ، وهو أصغر من نصف قطر الذرة بحوالي 10^5 مرة. وذرة الهيدروجين هي أخف وأبسط جميع الذرات، نواتها عبارة عن بروتون وحيد. أما جميع الأنوية الأخرى فتشتمل على بروتونات ونيوترونات. البروتونات والنيوترونات معاً يطلق عليها اسم (نيوكلونات). وبالرغم من أن البروتونات الموجبة الشحنة تتنافر مع بعضها، إلا أن هناك (قوة نووية) أشد قصيرة المدى (تؤكد وجود قوة أساسية أشد) هي التي تحفظ النواة مجتمعة. القوة النووية الجاذبة بين النيكلونات التي تفصلها مسافة أكبر من 5×10^{-5} m .

الشحنة النووية والعدد الذري:

كل بروتون داخل النواة يحمل شحنة $+e$ ، في حين أن النيوترونات لا تحمل أي شحنة كهربائية. إذا اشتملت النواة على عدد Z بروتوناً فإن الشحنة عليها عندئذ تساوي Ze ، ونسمي Z (العدد الذري للنواة). وحيث أن الذرات متعادلة كهربياً، فإن الذرة تحتوي Z إلكترونات خارج النواة. هذا العدد من الإلكترونات Z يحدد السلوك الكيميائي للذرة. ونتيجة لذلك فإن جميع ذرات نفس العنصر الكيميائي لها نفس قيمة Z . على سبيل المثال، جميع ذرات الهيدروجين لها $Z=1$ ، بينما كل ذرات الكربون لها $Z=6$.

وحدة الكتل الذرية (u):

إستخدمت في الحسابات النووية وحدة كتلة تسمى (وحدة الكتل الذرية) (u)، وحسب

التعريف، $1u$ يساوي بالضبط $1/12$ من كتلة ذرة النظير الشائع للكربون على الأرض. ويكون :

$$1u = 1.66065 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931.494 \text{ Mev}/c^2$$

جدول يضم قائمة بكتل بعض الانوية والجسيمات الشائعة بالإضافة إلى شحناتها.

الرمز	الكتلة u	الشحنة	الجسيم
${}^1_1H p,$	1.007276	+e	بروتون
$n, {}^1_0n$	1.008665	0	نيوترون
$e^-, \beta^-, {}^0_{-1}e$	0.0005486	-e	إلكترون
$e^+, \beta^+, {}^0_{+1}e$	0.0005486	+e	بوزيترون
$d, {}^2_1H$	2.01355	+e	ديوترون
$\alpha, {}^4_2He$	4.0015	+e	جسيم ألفا

العدد الكتلي (A) : لذرة ما يساوي عدد النيوكلونات (النيوترونات + البروتونات) في نواة الذرة.

وحيث أن كل نيوكلون له كتلة قريبة من 1u فإن العدد الكتلي A يساوي تقريباً الكتلة النووية معبراً

عنها بوحدات الكتلة الذرية. ايضاً ، A تساوي تقريباً كتلة الذرة بوحدات الكتلة الذرية لأن

الالكترونات الذرية لها كتلة صغيرة.

النظائر:

عدد النظائر في النواة ذو تأثير ضئيل جداً على السلوك الكيميائي لكل الذرات، فيما عدا

أخفها. وفي الطبيعة غالباً ما توجد ذرات لنفس العنصر (نفس Z) تحتوي على أعداد مختلفة من

النيوترونات في أنويتها. مثل هذه الذرات تسمى (النظائر) بعضها. على سبيل المثال، يتكون

الايوكسجين العادي من ثلاثة نظائر أعدادها الكتلية هي 16,17,18 والعدد الذري لكل من هذه

النظائر هو Z=8 ، أو ثمانية بروتونات في النواة وبناءً على ذلك فإن هذه النظائر تحتوي في

أنويتها على الاعداد التالية من النيوترونات : $16-8=8$, $17-8=9$, $18-8=10$ ويرمز لهذه النظائر عادة على الصورة ${}^{16}_8O$, ${}^{17}_8O$, ${}^{18}_8O$ أو للتبسيط ${}^{16}O$, ${}^{17}O$, ${}^{18}O$ ، على أن يكون مفهوماً أن العدد الذري للاكسجين دائماً هو $z=8$.

بالإضافة إلى هذا الترميز، يعبر عن النواة التي عددها الكتلي A وعددها الذري Z كالتالي :
الرمز الكيميائي AZ .

طاقة الترابط:

إن كتلة الذرة لا تتساوى مع مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات والالكترونات. فإذا تصورنا تفاعلاً تتحد فيه الالكترونات الحرة والبروتونات والنيوترونات لتكوين ذرة ما، فإننا سوف نجد في مثل هذا التفاعل أن كتلة الذرة (أقل قليلاً) من كتلة الاجزاء المكونة لها، وأن كمية هائلة من الطاقة ستنتقل عند حدوث التفاعل. هذا الفقد في الكتلة يساوي تماماً الكتلة المكافئة للطاقة المحررة طبقاً لمعادلة اينشتين $\Delta E = (\Delta m)c^2$. وبطريقة عكسية نفس هذه الكمية من الطاقة ΔE يجب إعطاؤها للذرة لتفكيكها تماماً إلى الجسيمات المكونة لها. تسمى (ΔE طاقة الترابط) للذرة. الفقد الكتلي للكمية $\Delta m = lu$ يكافئ طاقة ترابط مقدارها:

$$(1.66 \times 10^{-27} \text{ kg})(2.99 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 1.49 \times 10^{-10} \text{ J} = 931 \text{ Mev}$$

نسبة (الفقد) في الكتلة تختلف من نظير لآخر في العنصر.

جدول يبين الكتل الذرية لبعض النظائر الخفيفة. هذه الكتل بالنسبة للذرات المتعادلة وتشتمل

على الالكترونات المدارية.

الذرة المتعادلة	الكتلة الذرية (U)	الذرة المتعادلة	الكتلة الذرية (U)
1_1H	1.00783	7_4Be	7.01693

2_1H	2.01410	9_4Be	9.01219
3_1H	3.01604	${}^{12}_6C$	12.00000
4_2He	4.00260	${}^{14}_7N$	14.00307
6_3Li	6.01513	${}^{16}_8O$	15.99491
7_3Li	7.01600		

النشاط الإشعاعي :

الانوية الموجودة في الطبيعة بعدد ذري أكبر من العدد الذري للرصاص 82، تكون غير مستقرة أو (مشعة). العديد من العناصر التي يتم إنتاجها صناعياً بأعداد ذرية صغيرة تكون مشعة. النواة المشعة تشع تلقائياً جسيماً أو أكثر في عملية التحول إلى نواة مختلفة .

يقاس ثبات النواة المشعة ضد التحلل التلقائي بمعرفة (العمر النصفى) $t_{1/2}$ لها. ويعرف العمر النصفى بأنه الزمن الذي يتحلل فيه نصف أي عينة كبيرة من أنوية متماثلة. العمر النصفى عدد ثابت لكل نظير.

التحلل الإشعاعي عملية عشوائية. لا يهم أن يبدأ المرء بملاحظة مادة، فنصف المادة فقط سوف يبقى دون تغيير بعد مرور $t_{1/2}$ وبعد مرور زمن $t_{1/2}$ سوف يبقى فقط $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ من المادة دون تغيير ، وبعد مرور n ضعفاً للعمر النصفى، فإن $(\frac{1}{2})^n$ فقط سوف يبقى دون تغيير.

توجد علاقة بسيطة بين عدد الذرات N الموجودة في مادة مشعة والعدد ΔN الذي سيتحلل في زمن قصير Δt ، هذه العلاقة هي:

$$\Delta N = \lambda N \Delta t \quad (5-12)$$

حيث λ : ثابت التحلل ، يرتبط بالعمر النصفى Δt بالعلاقة:

$$\lambda t_{1/2} = 0.693 \quad (5-13)$$

الكمية $\Delta N / \Delta t$ ، وهي معدل التفتت تسمى (نشاط العينة) وتساوي λN . بناءً على ذلك

فإن العينة تتناقص بانتظام مع الزمن. وحدة النشاط الإشعاعي في النظام الدولي للوحدات هي

$$1\text{Bq} = 1\text{decay} / \text{s}$$

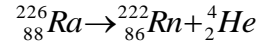
المعادلات النووية :

في المعادلة المتزنة يجب أن يكون مجموع الأرقام الدليلية السفلي (الأعداد الذرية)

متساوي على جانبي المعادلة. كذلك يجب أن يكون مجموع الأرقام الدليلية العليا (الأعداد

الكتلية) متساوياً على جانبي المعادلة. وبناءً على ذلك فإن معادلة النشاط الإشعاعي الأولى للراديو

هي :



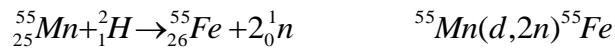
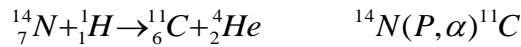
يمكن الدلالة على العديد من العمليات النووية بطريقة مختصرة، حيث يرمز فيها لجسيمات التصادم

الخفيفة وجسيمات النواتج الخفيفة برموز بين قوسين، ويوضع القوسان بين رمز نواة هدف التصادم

ونواة الناتج النهائي. وتستخدم الرموز $\gamma, e^-, \alpha, d, p, n$ للدلالة على النيوترون ، البروتون ،

الديترون (${}_1^2\text{H}$) ، الفا ، إلكترون ، أشعة جاما (فوتونات) على التوالي. وفيما يلي ثلاثة أمثلة للرموز

المفصلة وما يناظرها للرموز المختصرة.



والنيوترون البطيء يعتبر عاملاً كافياً لحدوث التحولات، حيث أنه لا يحمل شحنة موجبة، ومن ثم يستطيع أن يقترب من النواة دون أن يتعرض لقوة تنافر. على العكس من ذلك، الجسيم الذي يحمل شحنة موجبة مثل البروتون يجب أن تكون طاقته عالية لكي يستطيع أن يحدث تحولات. ونظراً لأن كتلة الإلكترونات صغيرة جداً، فإن الإلكترونات، حتى وإن كانت طاقتها عالية جداً، تعتبر غير قادرة نسبياً على إحداث تحولات.

3-5 الفيزياء النووية التطبيقية

1-3-5 طاقات الترابط النووية:

تختلف عن طاقات الترابط الذرية لكمية طاقة صغيرة نسبياً تربط الإلكترونات الى النواة. طاقة الترابط لكل نيوكليون (الطاقة الكلية المحررة عند تجميع النواة، مقسومة على عدد البروتونات والنيوترونات) تكون أكبر ما يمكن بالنسبة للأنوية القريبة من $Z=30$ ($A=60$) ومن ثم فإن الأنوية الموجودة عند طرفي جدول العناصر يمكنها تحرير طاقة إذا أمكن تحويلها بطريقة ما إلى أنوية متوسطة الحجم.

2-3-5 تفاعل الإنشطار:

النواة الكبيرة جداً، مثل نواة ذرة اليورانيوم تحرر طاقة عند إنشطارها إلى نواتين أو أكثر متوسطتي الحجم. ويمكن تحفيز مثل هذا التفاعل الإنشطاري عن طريق قذف نواة كبيرة بنيوترون منخفض أو متوسط الطاقة. والتفاعل الإنشطاري ينتج عنه نيوترونات إضافية تسبب بدورها مزيداً من عمليات الإنشطار ومزيداً من النيوترونات. إذا ظل عدد النيوترونات ثابتاً أو زاد مع الزمن فالعملية تتواصل ذاتياً في ((تفاعل متسلسل)).

3-3-5 تفاعل الإنصهار:

في تفاعل الإنصهار (أو الإندماج) تندمج أنوية صغيرة معاً، مثل أنوية الهيدروجين أو الهيليوم. لتكون أنوية أكثر كثافة، محررة عندئذ قدرًا من الطاقة.

عادة ما يصعب بدء هذا التفاعل واستمراره، لأن الأنوية يجب أن تتصهر مع بعضها حتى لو تنافرت مع بعضها بفعل قوة كولوم. ويساعد على ذلك فقط أن تتحرك الجسيمات نحو بعضها بطاقة عالية جداً تمكنها من الإقتراب الكافي لتأثير القوة النووية الشديدة التي تربط هذه الجسيمات معاً. وتفاعل الإنصهار يمكن أن يحدث في النجوم بسبب الكثافات الكبيرة وطاقت الحرارة العالية للجسيمات في هذه الأجرام بالغة السخونة.

5-3-4 جرعة الإشعاع:

تعرف بأنها كمية الطاقة المشعة التي تمتص في وحدة الكتلة من المادة. وتستقبل مادة ما جرعة قدرها (جراري واحد Gy) عندما يمتص في كل كيلوجرام منها إشعاع طاقته جول واحد:

الجرعة بالجراري = الطاقة الممتصة بالجول / كتلة المادة الماصة بالكيلوجرام

وبذلك يكون الجري هو 1 J/Kg ومع أن الجري هو وحدة جرعة الإشعاع في النظام الدولي

للوحدات، إلا أن هناك وحدة أخرى تستخدم كثيراً (راد) $1 \text{ rad}=0.01 \text{ Gy}$

5-3-5 جهد الإلتلاف الإشعاعي:

كل نوع أو طاقة من الإشعاع يسبب درجة مميزة له من الإلتلاف للأنسجة الحية. هذا الإلتلاف يختلف أيضاً باختلاف أنواع الأنسجة. ويعبر عن تأثيرات الجهد الاتلافي لنوع معين من الإشعاع بما يسمى (عامل الجودة QF) للإشعاع. ويحدد الجهد الاتلافي اختياراً بالنسبة للإلتلاف الناشئ عن أشعة سينية طاقتها 200 Kev .

عامل الجودة QF = التأثير البيولوجي لجرعة جراي واحد من الاشعاع / التأثير البيولوجي لجرعة جراي واحد من أشعة سينية طاقتها 200 Kev .

على سبيل المثال، اذا سبب 10 جراي من إشعاع معين إتلافاً أكثر 7 مرات من الاتلاف الذي يحدثه 10 جراي من أشعة سينية طاقتها 200 Kev . فإن عامل الجودة لذلك الاشعاع QF هو 7 . وغالباً ما تستخدم وحدة RBE (الفعالية البيولوجية النسبية) بدلاً من معامل الجودة. الاصطلاحان متكافئان.

5-3-6 الجرعة الاشعاعية الفعالة(المكافئة):

هي جرعة الإشعاع المعدلة للتعبير عن الإتلاف الإشعاعي للانسجة الحية، ووحداتها في النظام الدولي للوحدات تسمى(سيفرت Sv)، وتعرف بأنها حاصل ضرب الجرعة بالجراي وعامل الجودة للإشعاع:

$$\text{الجرعة الفعالة(Sv)} = \text{الجرعة بالجراي} \times \text{QF}$$

على سبيل المثال، افترض أن نوعاً معيناً من الأنسجة قد تعرض لجرعة إشعاع مقدارها 5 جراي وكان عامل الجودة للإشعاع هو 3 . عندئذ تكون الجرعة بوحدات سيفرت هي $3 \times 5 = 15 \text{ Sv}$. وبالرغم من أن السيفرت هو وحدة النظام الدولي، إلا أن هناك وحدة أخرى تسمى (ريم) rem (المكافئ الإشعاعي للإنسان) أكثر استخداماً. وترتبط الوحدتان بالعلاقة $1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$.

5-3-7 معجلات الطاقة العالية:

يمكن تعجيل الجسيمات المشحونة إلى طاقات عالية يجعلها تسلك مساراً دائرياً متكرراً. ففي كل مرة يدور في الجسم (ذي الشحنة q) حول هذا المدار فإنه يقع خلال فرق جهد v . وبعد n رحلة حول المسار فإن طاقته تصبح $q(nV)$.

تستخدم مجالات مغناطيسية لتوليد القوة الجاذبة المركزية اللازمة لحفظ الجسيم متحركاً في دائرة.

بمساواة القوة المغناطيسية qVB مع القوة الجاذبة المركزية mv^2/r ينتج أن: $mV=qBr$

في هذه المعادلة، m هي كتلة الجسيم الذي يتحرك بسرعة V على دائرة نصف قطرها r عمودياً على مجال مغناطيسي B .

5-3-8 كمية تحرك جسيم:

تكون مرتبطة بطاقة حركته، حيث أن الطاقة الكلية لجسيم هي مجموع طاقة حركته وطاقة سكونه

$$E=KE+mC^2 \text{ وبمعلومية أن } E^2=m^2C^4+P^2C^2 \text{ فإنه ينتج أن:}$$

$$KE = \sqrt{P^2C^2 + m^2C^4} - mC^2$$

5-4 النظرية النسبية الخاصة

5-4-1 ظاهرة دوام الحال(القصور) وأطر دوام الحال:

لدراسة حركة الاجسام: فإنه قد يحتاج لمعرفة بعض من الكميات: الازاحة، السرعة، التسارع والشكل

الهندسي للمسار. وفي بعض الاحيان نحتاج لمعرفة القوة. قديماً ظن الناس أن الارض ساكنة وأن

حالة الجسم الطبيعية هي السكون، ولكن هذا المفهوم قاد الى صعوبات: لم تستطيع العلماء شرح

لماذا يسير الجسم بعد نهاية تأثير القوة عليه: لماذا يستمر الحجر في الحركة بعد قذفه. وبالطبع لا

تستطيع النظرية شرح لماذا تدور الكواكب حول الشمس. ورأى العلماء أن القوى المؤثرة على الجسم

على سطح الارض هي: قوى التناقل الكوني وقوى الاحتكاك. ولا يمكن التخلص منها. وبالتجربة وجد أنه إذا دفعنا جسم على سطح أفقي فإنه سيتحرك ولكن بعد مسافة سيقف. فإذا كان السطح املس فإنه سيقف بعد مسافة أطول من المسافة الأولى. ويقف لأن هناك قوى تؤثر عليه(قوى الاحتكاك). فإذا انعدمت هذه القوة فإن الجسم سيستمر في الحركة بسرعة ثابتة وفي اتجاه ثابت(حركة منتظمة). وهذا هو قانون التحريك الاول- قانون دوام الحال(القصور الذاتي): ويمكن كتابة القانون في الصيغة الآتية:

في الاطر التي يتحرك فيها جسم حر(جسم لا يتفاعل مع جسم آخر ولا تؤثر عليه أي قوى حركة منتظمة- وتعرف باطر دوام الحال(اطر قصوريه)) فإن قوانين الحركة تكون متماثلة: أي أن القوانين الاساسية للتحريك تحكم حركة الاجسام في هذه الاطر. والكون كله في حالة حركة مستمرة.

5-4-2 النظرية النسبية التقليدية(نظرية جاليلو):

إذا كان هناك قطار يسير بسرعة ثابتة فإذا أفقلت النوافذ فإن الراكب لن يشعر بالحركة ولا يمكن أن يحدد أهو متحرك أم ثابت؟ إذا كانت السرعة منتظمة. فإذا فتح النوافذ فسيرى الاشياء تتحرك وحينئذ يشعر بالحركة. وإذا كان هناك قطاران يسيران بنفس السرعة ف اتجاه مختلف فعندما يتقابلان يرى كل منهما القطار الآخر يسير بسرعة عالية وهذه هي نسبية الحركة ولشرح هذه الظواهر تقدم العالم جاليلو بنظريته النسبية(النظرية النسبية التقليدية).

5-4-3 النظرية النسبية الخاصة:

نظرية النسبية الخاصة تعنى بالأجسام التي تتحرك حركة منتظمة بالنسبة لبعضها. وقد وضع أنشتاين الفرضين التاليين:

1 كل الحركة نسبية. ومن المستحيل تعيين حركة مطلقة.

2 سرعة الضوء المقاسة في الفضاء الطليق ثابتة ولا تعتمد على حركة المصدر أو حركة

الراصد.

تغير الكتلة متوقع طبقاً للنظرية الخاصة. كتلة الجسم المتحرك تكون أكبر من كتلته عند السكون.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-V^2/C^2}} \quad (5-14)$$

حيث m هي الكتلة أثناء الحركة، و m_0 هي الكتلة عند السكون. V هي سرعة الجسم بالنسبة

للراصد و C هي سرعة الضوء $3 \cdot 10^8$ m/s .

الجسم الكتلي لا يستطيع أن يتحرك بسرعة تبلغ سرعة الضوء، لأن كتلة عندئذ سوف

تؤول إلى ما لا نهاية وسوف يحتاج إلى قوة لا نهائية لتعجيله حتى هذه السرعة.

المادة والكتلة متكافئتان: إذا كانت كتلة السكون لجسم هي m_0 وكانت كتلته وهو يتحرك بسرعة v

هي m ، فإن طاقة حركته تكون:

$$W_K=(m-m_0)C^2 \quad (5-15)$$

حيث $m = m_0 \sqrt{1-V^2/C^2}$ وعلى ذلك فإن طاقة حركة جسيم تساوي التغير في كتلته مضروباً

في مربع سرعة الضوء. وعموماً فإن الكتلة m ، والطاقة W يمكن تحويل كل منهما للأخرى طبقاً

للمعادلة:

$$W=mc^2 \quad (5-16)$$

وهكذا فإن 1 Kg من كتلة يعادل طاقة قيمتها $J (3 \cdot 10^8)^2$.

نظرية النسبية العامة تعني بالأجسام التي تعجل بالنسبة لبعضها وهي تؤدي إلى مفهوم جديد للجاذبية الأرضية و إضافة تصحيحات لقانون نيوتن الثاني. هذه التأثيرات يمكن ملاحظتها فقط في الظواهر الفلكية واسعة النطاق.

4-4-5 اشتقاق معادلة شرودنجر العامة

لقد اعتمد العالم النمساوي شرودنجر باشتقاق معادلته المشهورة باسمه على المعادلة العامة لحركة الموجة استناداً إلى أن للإلكترون صفة الموجة كما أن له صفة الدققة ايضاً ثم ادخل بها معادلة دي برولي بعد أن فصل متغيراتها. المعادلة العامة لحركة الموجة تتمثل بالمعادلة الآتية:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \text{-----(1)}$$

(u) سعة الموجة نسبة إلى الاحداثي (x) و (t) الزمن (v) سرعة الطور، حيث أن سعة الموجة دالة المتغيرين هما (x) و (t) يجب التخلص من سرعة الطور (v) والزمن (t) لان الأنظمة الكيميائية أنظمة ثابتة لا تعتمد على الزمن. افترض شرودنجر لفصل متغيرات المعادلة (1) الدالة (W) كدالة للمتغير (x) فقط وتمثل سعة الموجة، والدالة (e^{2πivt}) كدالة للزمن (t) فقط أي:

$$u(x,t) = W_x e^{2\pi i v t} \text{-----(2)}$$

ان تفاضل (u) بالمعادلة (2) مرتين نسبة إلى المتغير (x) بثبوت (t) ومرتين نسبة للمتغير (t) بثبوت (x) يؤدي إلى الحصول على قيم $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)$ بدلالة الدالة (W) و $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}\right)$ بدلالة الدالة (e^{2πivt}) . فبتعويض هذه القيم الجديدة بالمعادلة العامة لحركة الموجة المعادلة (1) ثم حذف الحدود المتشابهة من المعادلة الناتجة ينتج الاتي:

$$\frac{d^2 W}{dx^2} + \frac{4\pi^2 v^2}{v^2} W = 0 \text{-----(3)}$$

تدعى المعادلة (3) معادلة الموجه غير المعتمدة على الزمن ويمثل فيها (W) سعة الموجه التى تكافئ بالضبط سعة الموجه (u) بالمعادلة (1) . تدخل الان معادلة دي برولي ($\lambda = \frac{h}{p}$) بالمعادلة (3) للتخلص من التردد (u) بالمعادلة (3) وإحلال تعبير الطاقة بدله، ولكن قبل عمل ذلك تجرى بعض التعديلات على معادلة دي برولي وعلى النحو التالي:

$$E = T + V \text{ -----(4)}$$

حيث (E) الطاقة الكلية للنظام و (T) الطاقة الحركية ($\frac{mv^2}{2}$) بدلالة الزخم أي $\frac{p^2}{2m} = \frac{M}{m} \frac{mv^2}{2}$ حيث يمثل (P) الزخم.

والآن تكتب المعادلة (4) بوضعها الجديد الاتي:

$$E = \frac{p^2}{2m} + V$$

$$P^2 = 2m(E - V) \text{ -----(5)}$$

من معادلة دي برولي وتعويض $\frac{v}{\lambda} = \lambda$:

$$P^2 = \frac{h^2}{\lambda^2} = \frac{h^2 v^2}{\lambda^2} \text{ -----(6)}$$

بتساوي المعادلتين (5) و (6) وحذف الحدود المتساوية وابدال الرمز (W) بالرمز (ψ) نحصل على الاتي:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \Psi_x = 0 \text{ -----(7)}$$

تدعى المعادلة (7) معادلة شرودنقر لبعده واحد . تمثل (ψ) في المعادلة (7) سعة الموجه وتكافئ بالضبط كل من (u) و (W) .

للحصول على معادلة شرودنقر لثلاثة أبعاد يدخل عامل لابلاس ∇^2 بالمعادلة (7) الذي يساوي

$$\frac{\partial^2}{x^2} + \frac{\partial^2}{y^2} + \frac{\partial^2}{z^2} \text{ وكالاتي:}$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \Psi_{xyz} = 0 \text{ -----(8)}$$

ويمكن كتابة المعادلة (8) كالآتي أيضاً:

$$\nabla^2 \Psi + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \Psi_{xyz} = 0 \text{ -----(9)}$$

تدعى المعادلة (8) و (9) بمعادلة شرودنغر لثلاثة أبعاد . أما الهيئة العامة لمعادلة شرودنغر فيمكن

صيغتها إذا ضربت المعادلة (9) بالمقدار $\left(-\frac{h^2}{8\pi^2 m}\right)$ وترتيب المعادلة الناتجة كالآتي:

$$\left(-\frac{h^2}{8\pi^2 m} \nabla^2 + V\right) \Psi = E \Psi \text{ -----(10)}$$

بعد تعويض المقدار $\left(-\frac{h^2}{8\pi^2 m} \nabla^2 + V\right)$ بالمعادلة (10) بالعامل الهاملتوني الرياضي \hat{H} ، تصبح

المعادلة (10) بهيئتها العامة الآتية:

$$\hat{H} \Psi = E \Psi \text{ -----(11)}$$

تدعى المعادلة (11) بمعادلة شرودنغر العامة.

المراجع

- 1 - دانييل شوم ، ترجمة: د. عمر الفاروق بدوي و د. أحمد فؤاد باشا، فيزياء السنة الأولى الجامعية، الدار الدولية للنشر والتوزيع - القاهرة - مصر 1997م.
- 2 - د. رأفت كامل واصف ، أساسيات الفيزياء الكلاسيكية والمعاصرة، دار النشر للجامعات، القاهرة 2003م.
- 3 - فريدريك ج بوش وهشت، ترجمة : أ.د. أحمد فؤاد باشا ، الفيزياء الجامعية 2000م.
- 4 - بوش هشت، ترجمة: أحمد فؤاد باشا، الفيزياء العامة 2000م.
- 5 - ألقت هالبرت، ترجمة: فايز فوق العادة ، الفيزياء، أكاديمية انترناشونال، بيروت، لبنان 1996م.
- 6 - بوش ، أساسيات البصريات.
- 7 - ايجن هيكيث ، ترجمة: د. محمد عبد الحميد عثمان و د. علي عبد الحميد عثمان، البصريات.الدار الدولية للإستثمارات الثقافية- مصر 2000م.
- 8 - معجم الفيزياء، اعداد لجنة النشر، مجموعة النيل العربية، مراجعة: د.محمود محمد النحاس و د. أحمد يونس غالي، 2004م.
- 9 - عذاب طاهر الكناني، الفيزياء النووية والطبية، دار الفجر للنشر والتوزيع 2009م.
- 10- Serway Jewett, Physics for scientists and engineers, Thomson Brooks, 2004, 6th edition.
- 11- Benjamin Crowell. The Modern Revolution in Physics.
- 12- Benjamin Crowell. Optics.
- 13- Benjamin Crowell. Vibration & Wave.
- 14- F. Tyler, A laboratory Manual of Physics, fifth edition, 1981.