بسم الله الرحمن الرحيم

المجلس القومي للتعليم التقني و التقاني

كتاب الفيزياء للصف الثاني

الثانوي التقني

إعداد :

البروفيسور مبارك درار عبدالله جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

الأستاذ محمد شمس الدين عثمان وزارة التربية ولاية الخرطوم

مراجعة عامة :

دكتور: زين العابدين حسن محجوب جامعة بحري

المقدمة

عزيزي المعلم و الطالب :

يسرنا أن نقدم بين يديكم كتاب الفيزياء للصف الثاني الثانوي التقني والذي خصصناه لظواهر الموجات والحركة التوافقية البسيطة والانعكاسو الانكسار بالإضافة علوم الكهرباء والذرة . كما تناولنا بعض التطبيقات التقنية الخاصة بهذه الظواهر مثل الأجهزة البصرية الأشعة السينية والأشعة الليزر والطاقة النووية .

ولقد حرصنا على تبسيط المادة الأقصى مدى ممكن وذلك حتى نمكن كل تخصصات الثانوي التقني من الإلمام بالمبادئ الأساسية لعلم الفيزياء وذلك لان تطبيقات الفيزياء أصبحت تقريباً موجودة في كل المجالات كما ان النظم التعليمية الحديثة أصبحت تأخذ بنظام المعرفة المتكاملة بعد أن زالت الحواجز بين العلوم والمعارف المختلفة .

ولتمكين الطالب من فهم المواضيع الفيزيائية وتطبيقاتها التقنية فقد استعنا بالأمثلة المحلولة والرسوم البيانية التوضيحية بالإضافة للمعادلات الرياضية المبسطة ما أمكن . وأملنا كبير أن يساهم هذا الكتاب في تمكين الطلاب من معرفة المبادئ العامة للفيزياء مع تطبيقاتها التقنية في المجالات التي طرحت . ونأمل في الأخوة المعلمون والطلاب أن يمدونا بملاحظاتهم والكمال لله وحده .

المعدين

الفهرست

البيان	الصفحة
الوحدة الأولى: الكهربية الساكنة	1
الوحدة الثانية: الكهربية التياريه	10
الوحدة الثالثة: الحركة التوافقية البسيطة والموجات	21
الوحدة الرابعة: الانعكاس و الانكسار	36
الوحدة الخامسة: المرايا الكريه و العدسات	50
الوحدة السادسة: الذرة والنواة والإشعاع	71

الوحدة الأولى

الكهربية الساكنة

الأهداف:

بعد دراسة الطالب لهذا الوحدة يتوقع أن يستطيع ان :

١. يعرف طبيعة الكهربية الساكنة.

٢. يميز بين الشحنة السالبة والموجبة .

٣. يفسر ظاهرة التكهرب في ضوء النظرية الذرية.

٤. يوضح طرق تكهرب الأجسام.

٥. يعرف كل من : المجال الكهربي ، شدة المجال الكهربي، فرق الجهد الكهربي، الفيض الكهربي.

٦. يستنتج قانون أوم.

٧. يحسب القوى المتبادلة بين الشحنات الكهربية.

٨. يعدد التطبيقات المختلفة للكهرباء الساكنة.

(١.١) الكهربية الساكنة و التياريه:

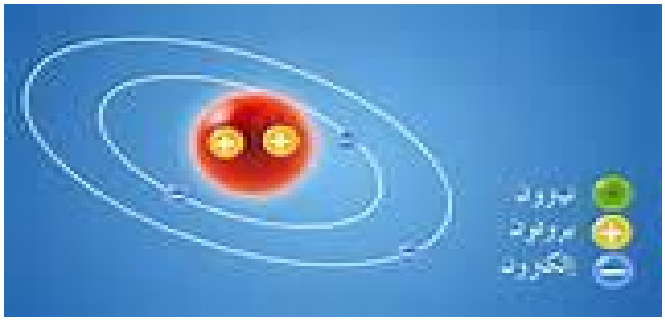
تلعب الكهربية دوراً مهماً في الحياة اليومية المعاصرة حيث أنها تستخدم في نطاق واسع لأغراض الإنارة كما تستخدم في تشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية مثل: الثلاجات و أجهزة الاستقبال الإذاعي والمرئي هذا بالإضافة في استخداماتها في تشغيل أجهزة الاتصالات والمصانع و القطارات الكهربائية و يرجع اكتشاف الكهربية إلي عصور ما قبل الميلاد حيث لوحظ ان دلك بعض العوازل بشعر الرأس يجعلها قادرة علي جذب قصاصات صغيرة من الورق كما مبين بالشكل (١-١) ولم يفهم العلماء سر هذه القوى الجاذبة إلا عندما ظهرت النظرية الذرية الحديثة.

شكل(١-١) شخص يجذب قصاصات ورق بمشط

(٢.١) النظرية الذرية:

أن كل مادة لعنصر معين مثل الحديد و النحاس، تتكون من وحدات بنائية صغيرة متماثلة تتلاصق بعضها البعض بأعداد كبيرة جداً لتكون جسم معين لعنصر معين.

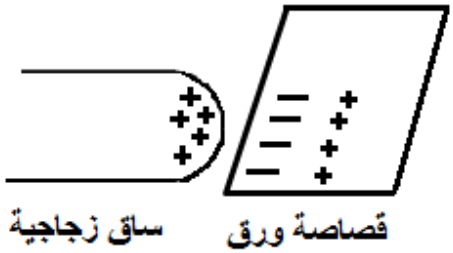
تتكون ذرات أي عنصر من مئات من الملايين من الجسيمات المتناهية الصغر تسمى بالالكترونات وهي جسيمات**سالبة الشحنة** ، كما يوجد في أي ذرة نواة **موجبة الشحنة** توجد بها بروتونات ونيوترونات وتدور الالكترونات سالبة الشحنة حول هذه النواة كما بالشكل (١-٢) بحيث يكون عدد الإلكترونات مساوياً لعدد البروتونات.



الشكل(١-٢) نموذج الذرة كما تصوره العلماء

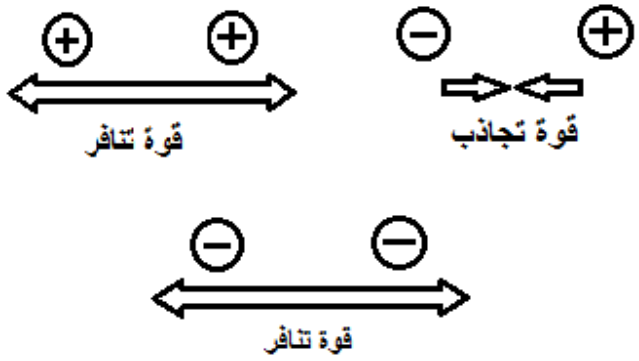
(٣.١) تفسير ظاهرة التكهرب علي ضوء النظرية الذرية:

مكنت النظرية الذرية العلماء من تفسير ظاهرة جذب بعض المواد لقصاصات الورق عند دلكها فحسب النظرية الذرية يؤدي دلك بعض المواد بالصوف أو الحرير لفقدها أو اكتسابها الكترونات فإذا فقد الجسم المدلك الكترونات فإنه يصبح موجب الشحنة أما إذا أكتسب الجسم المدلك إلكترونات فإنه يصبح سالب الشحنة كما في الشكل (١-٣) وعليه توجد شحنتان كهربيتان هما الشحنة الموجبة والشحنة السالبة. وقد وجد العلماء أن الشحنات المتشابهة تتنافر أما الشحنات المختلفة تتجاذب.



شكل(٣.١) ساق زجاجي مشحون بشحنة موجبة

ويجذب ساق الزجاج الموجب قصاصات الورق بجذبه للالكترونات الموجودة في ذرات الورق التي تقترب من سطح الورق القريب من ساق الزجاج ثم يجذب ساق الزجاج هذه الالكترونات نحوه فتنجذب قصاصة الورق والتي بها الالكترونات نحو ساق الزجاج. كما في الشكل (١-٣)



شكل (١-٤) تنافر الشحنات المتشابهة وتجاذب الشحنات المختلفة

وأكتشف العلماء أن قوة التجاذب أو التنافر تزداد كلما إقترب الجسمان من بعضهما.

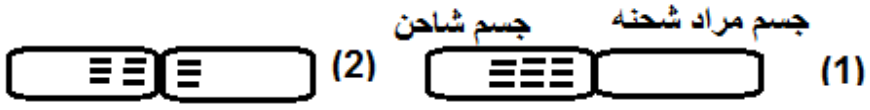
طرق التكهرب:

يكتسب الجسم شحنة كهربية سالبة أو موجبة بعدة طرق هي: كما في الشكل (١-٥)

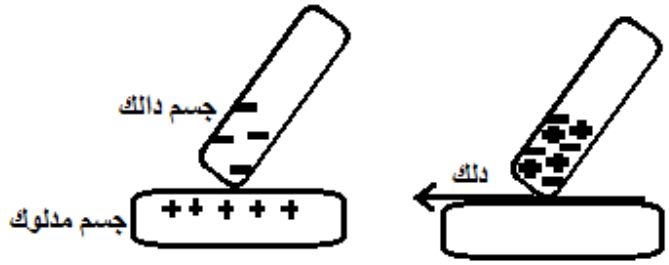
١- **الشحن باللمس:** في هذه الحالة يلامس الجسم المشحون الجسم المراد شحنه فيكتسب نفس الشحنة.

٢- **الشحن بالدلك:** في هذه الحالة يدلك جسمان فيكتسب الجسم الدالك شحنه مخالفة للجسم المدلك فيفقد احدهما الكترونات بينما يكتسب الآخر هذه الالكترونات.

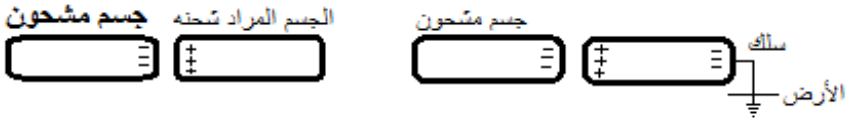
٣- **الشحن بالتأثير:** وفي هذا النوع من الشحن يقترب جسم مشحون من الجسم المراد شحنه فيجذب الجسم المشحون شحنة مخالفة له في الطرف القريب للجسم المراد شحنه. ويوصل هذا الجسم المراد شحنه بالأرض فتتسرب الشحنة المشابهة للجسم المشحون.



الشحن باللمس



الشحن بالدلك



الشحن بالتأثير

شكل (١-٥) طرق التكهرب

١.٤ قانون كولوم:

إذا وضعنا شحنتان مقدارهما ش١ ، ش٢ علي بعد ف من بعضهما فإن:

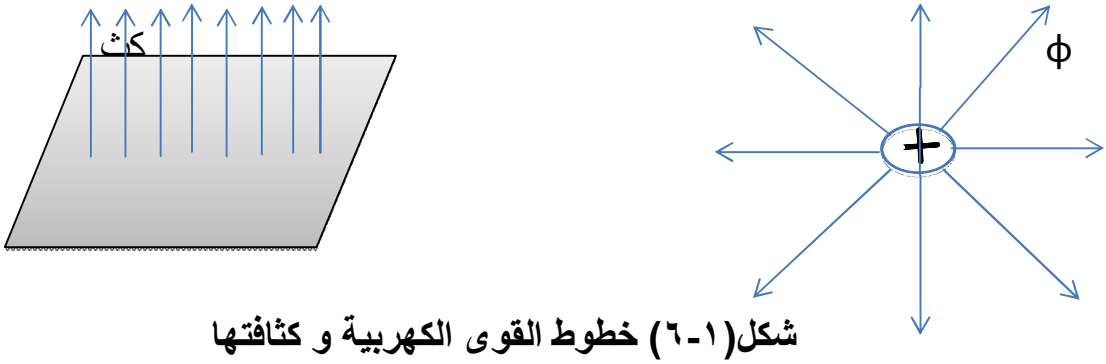
قوة التنافر أو التجاذب = ق = $\frac{\text{ث}_{ك} \text{ ش}_{١} \text{ ش}_{٢}}{\text{ف}^{٢}}$ ق = $\frac{١}{\text{سك } \omega\pi ٤} \frac{\text{ش١ش٢}}{\text{ف}^{٢}}$

حيث ث$_{ك}$ = ثابت الوسط = ٩x$١٠^{٩}$نيوتن.متر^{٢}.كولوم$^{-٢}$

سك = السماحية الكهربية = ٨.٨٥x$١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢}.نيوتن$^{-١}$.متر$^{-٢}$

١.٥ الفيض و كثافة الفيض الكهربي:

إذا وضعنا شحنة كهربية موجبة فإن خطوط القوى الكهربية ستنتشر منها في المنطقة التي حولها. وتسمى عدد خطوط القوى هذه بالفيض الكهربي ونرمز له بالرمزØ. ونسمى عدد خطوط القوى التي تخترق عمودياً مساحة مقدارها وحدة المساحة بكثافة الفيض الكهربي و نرمز لها بالرمز كث.فإذا مر فيض قدرهØ عبر سطح مساحته س فإن كثافة الفيض تساوي :



شكل(١-٦) خطوط القوى الكهربية و كثافتها

(٦.١) شدة المجال الكهربي:

إذا نظرت إلي توزيع خطوط القوى الكهربية فستلاحظ أن كثافتها تكون عالية قرب الشحنة ثم تقل هذه الكثافة تدريجياً كلما ابتعدنا من الشحنة. و هذا يعني أن شدة المجال الكهربي مـك يجب أن تكون عالية أيضاً قرب الشحنة لان لها علاقة مع كثافة خطوط القوى الكهربية. و تُعرّف شدة المجال الكهربي مـك عند نقطة ما بأنها هي القوى المؤثرة علي وحدة الشحنات الموجبة عند تلك النقطة و هي تساوي كثافة الفيض مقسوماً علي سماحية الوسط. أي أن كثافة الفيض كـث تساوي مـك مضروباً في سك (السماحية)، حسب العلاقة:

كـث= سـك x مـك= سـك مـك

و يمكن إيجاد شدة المجال الكهربي لشحنه مقدارها ش عند نقطة تبعد عنها مسافة ف حسب قانون كولوم. حيث نجد أن:

$$ق = \frac{ش_1 ش_2}{ف^2} \times \frac{1}{4\pi سك}$$

و لان القوة تؤثر علي وحدة الشحنات بواسطة ش فإن

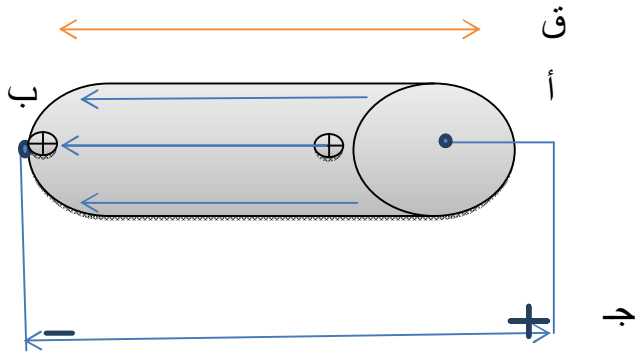
ق= مـك ش١= ش ش٢= ١ كولوم

إذن

(٧.١) فرق الجهد جـ :

إذا وضعنا جسم شحنته موجبة و تساوي ش في مجال كهربي منتظم (أي شدته مـك ثابتة) فإنه يتحرك بفعل قوة المجال الكهربي و هذه الحركة تزيد بزيادة شدة المجال الكهربي الذي يحرك هذه الشحنة لتبذل شغلاً بفعل المجال. و يسمى الشغل المبذول بفعل المجال لتحريك و حدة الشحنات الموجبة مسافة قدرها ف بفرق الجهد الكهربي ونرمز له بالرمز جـ فإذا كانت شدة المجال الكهربي ثابتة (منتظمة) كما في الشكل (١-٧) وتساوي مـك فإن فرق الجهد يساوي:

جـ = مـك ف



شكل(١-٧) حركة الشحنات في الموصل

أمثلة

مثال(١)

وضع جسم شحنته ٨ كولوم علي بعد ٢سم من شحنة أخرى مقدارها ٣كولوم فإذا كان ثابت الفراغ يساوي ٩×١٠^{٩} نيوتن. متر^{٢}/كولوم^{٢}فاوجد شدة المجال الناتجة من الشحنة ٨كولوم

الحل

إيجاد شدة المجال مـك:

ش$_{١}$= ٨ كولوم ف= ٢سم = ٢×١٠$^{-٢}$ متر ثك=٩×١٠^{٩} نيوتن.متر^{٢}.كولوم$^{-٢}$

ف=٢×١٠$^{-٢}$م ش$_{١}$

مك$_{١}$=ثك ش$_{١}$/ف^{٢}

لإيجاد القوة الكهربية

ق = مك.ش = مك × ٣ كولم.

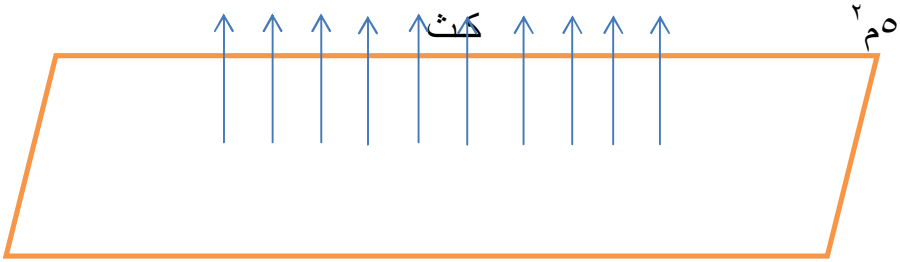
مثال(٢):

مرت خطوط قوى كهربية عددها ٥٠٠٠ خط خلال سطح مساحته ٥م^{٢} أوجد كثافة الفيض الكهربي و كذلك شدة المجال الكهربي، علماً بأن سماحية الفراغ هي:

سك=٨،٨٥x١٠$^{-١٢}$كولوم^{٢}.نيوتن$^{-١}$.متر$^{-٢}$

الحل

س=٥م^{٢} كث



Ø=٥٠٠٠خط

إذن كثافة الفيض الكهربي تساوي:

$$\text{كث} = \frac{\text{Ø}}{\text{س}} = \frac{5000}{5} = ١٠٠٠$$

وعليه تكون شدة لمجال الكهربي

مثال(٣)

موصل شدة المجال بداخله ٣٠٠ نيوتن/كولوم و طوله ٧سم. أوجد فرق الجهد بين طرفيه

الحل

مـك ٣٠٠ نيوتن/كولوم

ف=٧x١٠$^{-٢}$م

جـ =فرق الجهد = مـك ف =٣٠٠x٧x١٠$^{-٢}$=٢١ فولت

تمـريـن الوحدة الأولى

١.بين الفرق بين الشحن باللمس و بالدلك و بالتأثير

٢. عرف المصطلحات الآتية:

(أ) الفيض الكهربي (ب) كثافة الفيض الكهربي

(ج) شدة المجال الكهربي (د) فرق الجهد الكهربي

٣. جد شدة المجال الكهربي عند نقطة تبعد مسافة ٣ متر من شحنة مقدارها ٢ كولوم.

٤. جد قوة الجذب الكهربي بين شحنتين مقدارهما ٧كولوم و ٢كولوم و المسافة بينهما ٣٠سم.

٥.موصل فرق الجهد بين طرفيه ١٢ فولت فإذا كان طوله ٦سم فأوجد شدة المجال بداخله.

الوحدة الثانية

الكهربية التياريه

الأهداف:

بعد دراسة الطالب لهذا الوحدة يتوقع أن يستطيع ان :

١. يوضح المقصود بالكهربية التياريه.

٢. يعرف معنى المصطلحات: شدة التيار، المقاومة الكهربية، القوة الدافعة الكهربية.

٣. يعرف عناصر الدائرة الكهربية.

٤. يصمم تجربة لتوصيل دائرة كهربية.

٥. يستنتج قوانين الكهربية التياريه .

٦. يبين تطبيقات الكهربية التياريه.

٧. يعرف قانون أوم للدائرة الكاملة.

٨. يوضح علاقة الكهربية والمغناطيسية.

٩. يبين طرق توصيل المقاومات الكهربية.

١٠. يشرح طبيعة المجال المغناطيسي المتولد من المجالات الكهربية.

(١.٢) تمهيد:

تعتبر الكهربية عصب الحياة المعاصرة فهي تستخدم في أغراض الإنارة وتشغيل أجهزة التلفاز والمراوح والثلاجات والمصانع، ومعروف لدينا أن الكهرباء هي الظاهرة التي تسري فيها الالكترونات الحرة في مواد معينة تسمى بالموصلات. وهناك مواد مثل الخشب والمطاط لا تسمح بمرور تيار الالكترونات الكهربي وهي تسمى بالعوازل وهناك مواد عازلة و لكنها تسمح بمرور التيار الكهربي عند تسخينها أو عند إضافة مواد معينة لها وتسمى بأشباه الموصلات. و السؤال الذي يطرح نفسه هو كيف تتولد الكهرباء؟ هذا ما سنجيب عليه في البند التالي.

(٢.٢) الخلايا الكهروكيميائية و القوة الدافعة الكهربية:

إذا أحضرنا محلول كهروكيميائي (و هو ذلك الذي يتفكك لايونات موجبة و أخرى سالبه في الماء) ثم غمرنا لوحين معدنيين من مادتين مختلفتين. فإن الأيونات الموجبة تتفاعل مع احد اللوحين لينزع منه الكترونات سالبه فيصبح موجب الشحنة و يسمى بالقطب الموجب لتراكم الشحنات الموجبة به. و تتجه الايونات السالبة نحو اللوح الثاني و تمنحه الكترونات تتراكم به فيصبح سالب الشحنة و يسمى باللوح السالب.

ويصبح اللوح الموجب ذو جهد موجب و السالب ذو جهد سالب. و يسمى فرق الجهد بين اللوحين بالقوة الدافعة الكهربية و نرمز له بالرمز ق.د.ك .

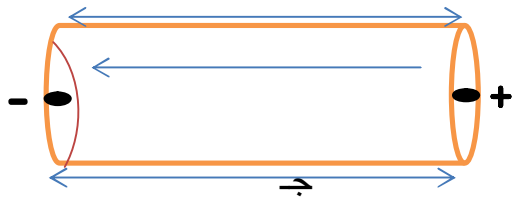
(٣.٢) فرق الجهد و شدة التيار الكهربي:

إذا وصلنا القطبين الموجب و السالب للخلية الكهروكيميائية بسلك معدني فإن تياراً من الالكترونات يسري من القطب السالب إلي القطب الموجب للخلية ويسمى هذا التيار بالتيار الالكتروني وهو يؤدي لنقصان الشحنات السالبة في القطب السالب وكذلك نقصان الشحنات الموجبة في القطب الموجب. ويمكن النظر لنقصان الشحنات الموجبة في القطب الموجب بأنه ناتج من سريان شحنات موجبة منها للقطب السالب. ويسمى هذا التيار بالتيار الكهربي ونرمز للخلية الكهربية بخطين رأسيين متوازيين (‖) الأول كبير لأن جهده كبير ويرمز للقطب الموجب و الأخر صغير لأن جهده صغير. و يودي فرق الجهد بين القطبين لسريان التيار

الكهربي من القطب الموجب للقطب السالب.و يعرّف فرق الجهد بأنه هو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة بين نقطتين. فإذا كان البعد بين النقطتين يساوي ل و كانت شدة المجال الكهربي كما في الشكل (٢-١) هي مـك فإن فرق الجهد بين النقطتين يساوي:

جـ = مـك ل

ل



الشكل (٢-١)

ويؤدي هذا الفرق في الجهد لسريان تيار كهربي من الجهد العالي إلي الجهد المنخفض. وهذا التيار ناتج من سريان الشحنات الموجبة وله شدة معينة.وتعرّف شدة التيار الكهربي ت بأنها هي مقدار الشحنة التي تمر عبر مقطع معين في الثانية (وحدة الزمن). فإذا مرت شحنة مقدارها ش عبر مقطع معين في زمن قدره ن ثانية فإن شدة التيار تساوي:

و يقاس فرق الجهد بوحدة الفولت نسبة للعالم فولتا. وهي تساوي:

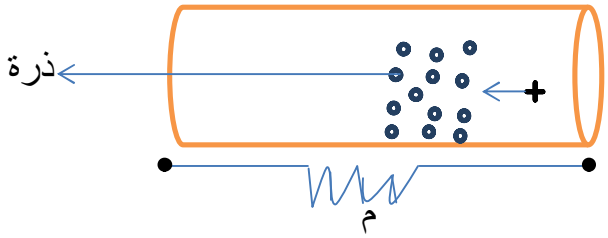
$$\text{جـ} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}} = \frac{\text{ق} \times \text{ف}}{\text{ش}}$$

١فولت= نيوتن.متر/كولوم

في حين تقاس شدة التيار بوحدة الأمبير وهي منسوبة للعالم أمبير. وهي تساوي: كولوم /الثانية

(٤.٢) قانون أوم و المقاومة الكهربية:

عند مرور الشحنات خلال مادة فإنها تصطدم بذرات المادة التي تقاوم و تعرقل حركتها و تبطئ حركتها. و تسمى ممانعة المادة لمرور التيار بمقاومة المادة و يرمز لها بالرمز م. و نرمز للمقاومة في الدائرة الكهربية كما بالشكل أدناه:



الشكل (٢-٢) المقاومة الكهربية

و تمثل هذه المقاومة ثابت التناسب بين الجهد و شدة التيار كما اكتشف ذلك العالم أوم الذي وجد شدة التيارات و فرق الجهد جـ بين طرفي موصل. و ينص قانون أوم علي أن: (شدة التيار ت المار عبرموصل معين يتناسب تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة الحرارة).

$$\text{جـ} \propto \text{ت}$$

$$\text{جـ} = \text{م ت}$$

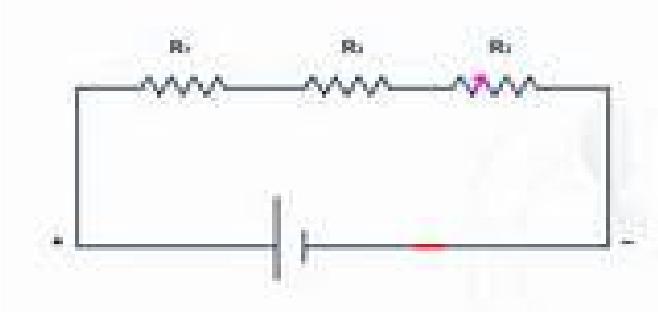
حيث يمثل م ثابت التناسب و يعبر عن المقاومة الكهربية.

وتتناسب المقاومة م لأي مادة أو موصل أو جسممع طوله ل تناسباً طردياً في حين تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع س. ويسمى ثابت التناسب بالمقاومة النوعية م ن وعليه تكون

(٥.٢) طرق توصيل المقاومات:

توصل المقاومات مع بعضها بطريقتين هما: التوصيل علي التوالي و التوصيل علي التوازي.

ففي التوصيل علي التوالي يوصل الطرف الأيمن لمقاومة مع الطرف الأيسر كما في الشكل (٢-٣).



شكل(٢-٣) توصيل المقاومات علي التوالي

للمقاومة الأخرى كما بالرسم بحيث يسري فيها تيار شدته واحدة و تساوي ت فإذا رمزنا للمقاومات بالرمز م١ ،م٢، م٣ فإن فرق الجهد الكلي جـ لهم يساوي مجموع فرق الجهد بين المقاومات الثلاث. أي أن:

$$جـ = جـ_{١} + جـ_{٢} + جـ_{٣} = م_{١}.ت + م_{٢}.ت + م_{٣}.ت$$

$$جـ = (م_{١} + م_{٢} + م_{٣})ت$$

ويمكن استبدال المقاومات م١، م٢ م٣ بمقاومة واحدة قيمتها م تكافئها بحيث يظل فرق الجهد الكلي هو جـ و شدة التيار ت . أي أن

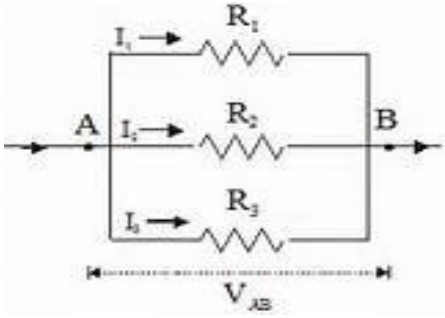
$$جـ = م\ ت$$

وتسمى م بالمقاومة المكافئة. و بمقارنة المعادلتين أعلاه نجد أن:

$$م = م_{١} + م_{٢} + م_{٣}$$

أي أن المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات.

وتوصل المقاومات علي التوازي كما في الشكل (٢-٤) عندما نصل الأطراف اليمنى كلها مع بعضها ونصل الأطراف اليسرى كلها مع بعضها بحيث يكون فرق الجهد لها نفس القيمة لكل المقاومات.



شكل(٢-٤) توصيل المقاومات علي التوازي

وتكون شدة التيار الكلي ت في هذه الحالة مساوية لشدة تيار المقاومات ت١ و ت٢ وت٣. أي أن

ت =ت١ + ت٢ + ت٣ ← (١)

ويمكن استبدال المقاومات الثلاث بمقاومة واحدة مكافئة لهم قيمتها م بحيث يكون فرق الجهد الكلي جـ و التيار الكلي ت كما هو. أي أن:

جـ = م ت ← (٢)

وحسب علاقة فرق الجهد مع شدة التيار وبالنظر للشكل (٢-٤) نجد أن:

جـ = م١ ت١، جـ = م٢ ت٢ ، جـ = م٣ ت٣

و منها نجد أن:

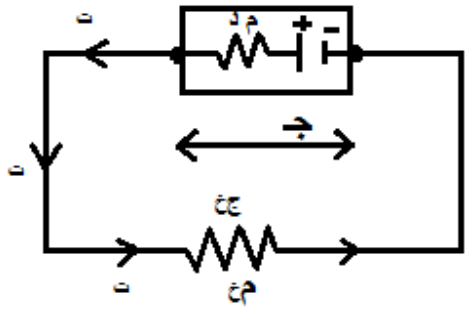
بتعويض(٢-٥-٢) و (٢-٥-١) في اعلاه نجد أن :

إذن

أي أن مقلوب المقاومة المكافئة تساوي مجموع مقلوبات المقاومات المتصلة علي التوازي.

(٦.٢) القوة الدافعة الكهربية و قانون أوم للدائرة الكاملة:

عند توصيل خلية كهروكيميائية قوتها الدافعة الكهربية ق.د.ك (قـك) بموصل مقاومته م فإن تيار شدته ت سيسري في الدائرة.



وعندما يسري التيار الكهربي داخل الخلية فإنه يسري من القطب السالب للموجب ويواجه التيار الكهربي مقاومة من المحلول داخل الخلية و تسمى هذه المقاومة بالمقاومة الداخلية و نرمز لهذه المقاومة بالرمز م د و عليه تكون القوة الدافعة قـك مساوية لمجموع فرق الجهد داخل الخلية جـ و فرق الجهد جـ خ خارج الخلية. أي أن:

$$قـك = جـ + جـ_{خ} = م_{د} ت + م_{خ} ت$$

$$قـك = (م_{د} + م_{خ}) ت$$

حيث أن فرق الجهد بين طرفي م خ يساوي:

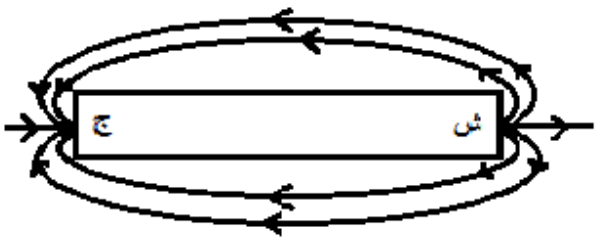
$$جـ_{خ} = م_{خ} ت$$

أما فرق الجهد بين طرفي البطارية و يساوي:

$$جـ = قـك - م_{د} ت$$

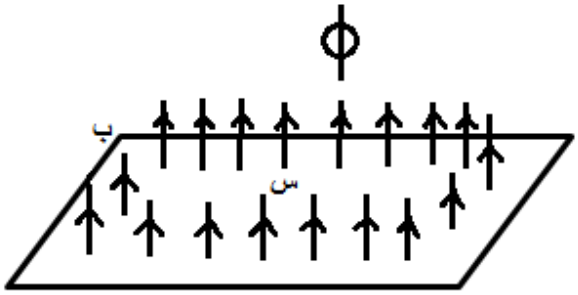
(٢-٧) المجال المغنطيسي والكهربي والحث الكهرومغناطيسي:

إذا أحضرنا مغنطيس له قطب شمالي وجنوبي ونثرنا برادة حديد حول المغنطيس فإن برادة الحديد تصطف في مسارات تسمي بخطوط القوى المغنطيسية. ويسمى عدد الخطوط الكلي بالفيض المغنطيسي ونرمز له بالرمز Ø.



شكل(٢-٦-١) القوى المغنطيسية

بينما تسمى كثافة الخطوط بكثافة الفيض المغنطيسي و نرمز له بالرمز ب. فإذا كانت خطوط القوى المغنطيسية عمودية علي سطح مساحته س فإن كثافة الفيض المغنطيسي تساوي:



شكل (٢-٦-٢) الفيض وكثافة الفيض المغنطيسي

ويستخدم المجال المغنطيسي في توليد الطاقة الكهربية. حيث يؤدي تغير خطوط القوى المغنطيسية Ø داخل دائرة كهربية لتوليد تيار كهربي يسمى بالتيار الكهربي الحثي. كما تؤدي لتوليد قوة دافعة كهربية تسمى بالقوة الدافعة الكهربية الحثية. فإذا تغيرت خطوط القوة الدافعة المغنطيسية بمقدار Ø في زمن قدره ن فإن القوة الدافعة الكهربية المتولدة تساوي:

و يسمى هذا القانون بقانون فراداي.

و يقاس الفيض المغنطيسي بوحدة تسمى الوبر حيث أن:

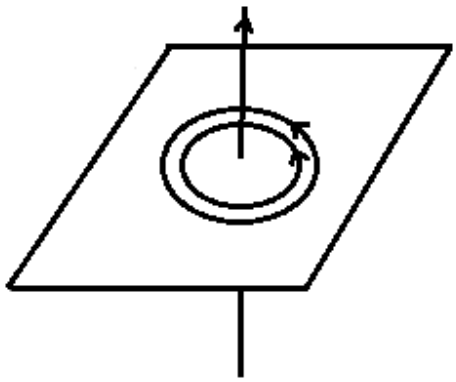
١وبر=١٠^{٨} خط مغنطيسي

كما تقاس كثافة الفيض بوحدة تسلا حيث أن:

١تسلا=١وبر/متر^{٢}

٨.٢ المجال المغنطيسي المتولد بالتيار الكهربي:

إذا قربنا بوصلة مغنطيسية من سلك يمر به تيار كهربي مما يدل علي أن التيار الكهربي يولد مجال مغنطيسي حوله. و قد أكتشف هذه الظاهرة العالم اورستد.

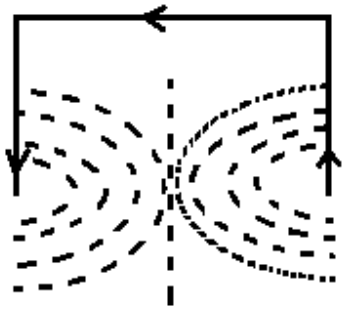


و لمعرفة مسارات خطوط القوى قم بنثر برادة حديد علي سطح ورقة وقوى يخترقه السلك عمودياً .و لمعرفة اتجاه خطوط القوى المغنطيسية تستخدم(قاعدة اليد اليمنى لأمبير). حيث نقبض علي السلك باليد اليمنى بحيث يشير الإبهام لاتجاه التيار الكهربي فتشير باقي الأصابع لإيجاد خطوط القوى المغنطيسية. و تكون خطوط القوى المغنطيسية لسلك مستقيم في شكل دوائر متحدة المركز مركزها يقع علي السلك نفسه وتكون كثافة الفيض ب عند نقطة تبعد عنها مسافة ف من سلك مستقيم يحمل تيار كهربي شدته ت هي:

حيث تمثلμ النفاذية المغنطيسية. وهي تساوي في لفراغ

μ=٤π×١٠$^{-٧}$نيوتن.أمبير$^{-٢}$

و تكون خطوط القوى في سلك دائري أو ملف لولبي مستقيمة عند محور السلك او الملف وتنطبق عليه. في حين تكون منحنية يزيد انحناءهاتدريجياً كلما ابتعدنا عن محور الملف.



تمـريـن الوحدة الثانية

(١) مرت شحنة مقدارها ١٥ كولوم خلال مقطع موصل في زمن قدره ٣ ثواني. أوجد شدة التيار. (ت=٥ أمبير)

(٢) مر تيار شدته ٢ أمبير عبر موصل مقاومته ٧ أوم. جد فرق الجهدبين طرفي الموصل. (جـ=١٤ فولت)

(٣) موصل مقاومته ٣ أوم و فرق الجهد بين طرفيه ١٢ فولت. جد شدة التيار المار عبره. (ت= ٤ أمبير)

(٤) موصل فرق الجهد بين طرفيه ١٦ فولتو يمر به تيار شدته ٢ أمبير. جد مقاومته. (٨ أوم)

(٥) سلك نحاس مقاومته النوعية $١,٧ \times ١٠^{-٨}$ أوم. متر، طوله ١٠سم و مساحة مقطعه ١٧مم^{٢}.جد مقاومته. (م=$١٠^{-٣}$ أوم)

(٦)وُصلت مقاومتان مقدارهما ٥ أوم و ٧ أوم علي التوالي بحيث يمر فيهما تيار شدته ٢ أمبير. جد المقاومة المكافئة و فرق الجهد لكل مقاومة و فرق الجهد الكلي.

(م=١٢ أوم ،جـ$_{١}$=١٠ فولت ،جـ$_{٢}$=١٤ فولت ، جـ=٢٤ فولت)

(٧)وُصلت مقاومتان مقدارهما ٣ أوم و ٦ أوم علي التوازي بحيث يكون فرق الجهد الكلي ١٢ فولت. جد المقاومة المكافئة و شدة التيار الكلي و شدة التيار في كل مقاومة. (م=٢ أوم ، ت=٦ أمبير، ت$_{١}$=٤ أمبير ، ت$_{٢}$=٢ أمبير)

(٨) وصلت بطارية قوتها الدافعة ٢٠ فولت و مقاومتها الداخلية ٣ أوم مع مقاومة خارجية قدرها ٧ أوم. أوجد شدة التيار و فرق الجهد بين طرفي البطارية و فرق الجهد عبر المقاومة الخارجية. (ت=٢ أمبير جـخ=١٤ فولت جـ=١٤ فولت)

(٩) مرت خطوط قوى مغنطيسية عددها ٣٠٠ خط عبر سطح مساحته ٥٠سم^{٢}. أحسب كثافة الفيض المغنطيسي. (ب=٦x١٠^{٥}خط)

(١٠) سلك كهربي في هيئة مربع تغيرت خطوط القوى المغنطيسية من١٠٠٠ خط إلي ٥٠٠٠ خط في زمن قدره ١٠ ثواني.أحسب القوة الدافعة المتولدة. (قـك=٤٠٠خط/ثانية)

(١١) أوجد كثافة الفيض المغنطيسي الناتج من سلك مستقيم يمر به تيار شدتة ٣ أمبير علي بعد ٢سم من السلك. (ب = ٣x١٠$^{-٥}$ تسلا)

الوحدة الثالثة

الحركة التوافقية البسيطة والموجات

الأهداف:

بعد دراسة الطالب لهذا الوحدة يتوقع أن يستطيع ان :

١. يعرف الحركة التوافقية البسيطة.

٢. يصف حركة البندول البسيط.

٣. يوضح العلاقات الرياضية للحركة التوافقية البسيطة.

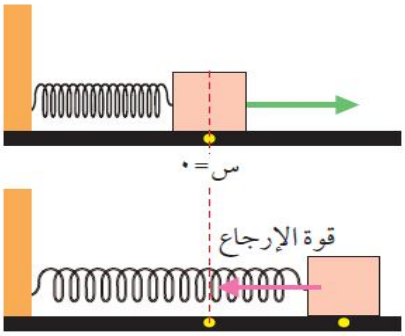
٤. يحل مسائل الحركة التوافقية البسيطة.

٥. يوضح المقصود بمصطلح الطيف الكهرومغناطيسي.

٦. يصف المكونات الرئيسة للطيف الكهرومغناطيسي.

١.٣ تمهيد:

في هذا الوحدة سوف نتعرف علي أنماط أخرى من الحركة التي تتكرر في فترات زمنية متساوية، مثل حركة وتر عند العزف عليه و حركة الأرجوحة و حركة جزيئات الهواء عندما تنتشر منها موجة صوت، فما الشرط اللازم حتى يسلك الجسم اياً من هذه الأنماط من الحركة؟ و ما الذي يجعل الجسم يكرر حركته؟ هذه الأسئلةو أُخري غيرها سنتمكن من الإجابة عنها بعد دراسة هذا الفصل



شكل رقم ٣- ١ حركة كتلة مربوطة بنابض

(٣-٢) حركة كتله مربوطة بنابض:

يبين الشكل (١) كتله مربوطة بطرف نابض مثبت طرفه الآخر راسي، علي سطح مستوى عديم الاحتكاك. عند سحب الكتلة عن موضع اتزانها (س=٠) فإن الكتله ستتحرك إزاحة مقدارها (س) عن هذا الموضع، و عند ترك الكتلة فإنها تتحرك حركة اهتزازية حول موضع الاتزان بحيث تكرر هذه الحركة نفسها في فترات زمنية متساوية.

وقد وجد أن القوة التي يؤثر بها النابض علي الكتلة (قوة الإرجاع) تتناسب مع الإزاحة و تعطى بالعلاقة التالية

$\vec{ق} = -$ أ $\vec{س}$ حيث

$\vec{ق}$ = قوة إرجاع النابض ، و تقاس بوحدة النيوتن

أ = ثابت المرونة للنابض و يقاس بوحدة النيوتن / المتر

$\vec{س}$ = إزاحة الكتلة عن موضع الاتزان و تقاس بوحدة المتر

نلاحظ هنا ان إشارة السالب في العلاقة السابقة تعني أن قوة الإرجاع تكون يعكس اتجاه الإزاحة. و ينطبق قانون نيوتن الثاني علي حركة الكتلة المربوطة بالنابض.

$$\overleftarrow{ق} = ك\overleftarrow{ت}$$

حيث نجد أن:

$$او \quad -\overleftarrow{أس} = ك\overleftarrow{ت}$$

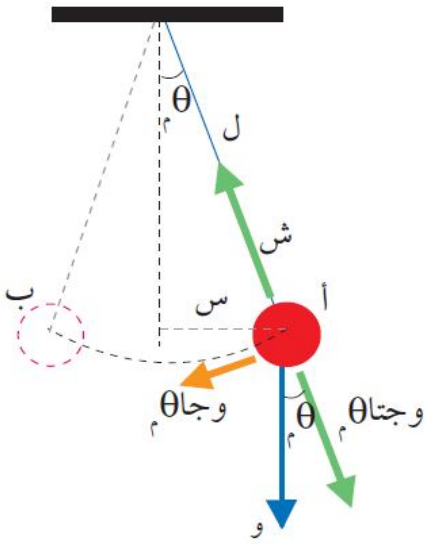
أي أن تسارع الكتلة يتناسب طردياً مع مقدار الإزاحة، و يعاكسها في الاتجاه ، و يسمى هذا النوع من الحركة بالحركة التوافقية البسيطة.

و تعرّف الحركة التوافقية البسيطة بأنها هي حركة اهتزازية في خط مستقيم يتناسب فيها تسارع الكتلة طردياً مع مقدار الإزاحة، و يعاكسها في الاتجاه.

(٣-٣) حركة البندول البسيط:

يتكون البندول البسيط من كتله مربوطة بخيط مثبت علي حامل أفقي كما في الشكل (٢.٣). عند إزاحة الكتلة بزاوية صغيرة مقدارها($\theta_م$) عن الوضع الرأسي و تركها فإنها تتحرك متذبذبة علي الجانبين.

عندما تكون الكتلة في أعلي موضع لها عند النقطة (أ) فإن سرعتها تساوي صفر، و تكون الكتلة تحت تأثير مركبة الوزن و(جا $\theta_م$) التي تعمل علي تحريكها، أما فيما يتعلق بمركبة الوزن (جتا $\theta_م$) فإنها تعمل علي نفس خط قوة الشد في الخيط. عندما تتحرك الكتلة فإن الزاوية (θ) تتناقص حتى تصبح صفر في الوضع الرأسي ثم تبدأ بالزيادة حتى تصل إلي أكبر قيمة ($\theta_م$) عند النقطة (ب) في الجهة المقابلة.



الشكل (٣-٢) البندول البسيط

و بالتعويض في قانون نيوتن الثاني نجد أن محصلة القوة في اتجاه الحركة هي:

أي أن: وجاθ=- ك ت

و حيث أن وزن الكتلة و يساوي:

و= ك جـ حيث جـ هي تسارع الجاذبية الأرضية، فإن:

ك جـ جاθ = - ك ت أي أن: ت=- جـ جاθ

و بما أن ($\theta_م$) زاوية صغيرة (θ<<١٠°) فإن جاθ=θ بالتقدير الدائري أي أن:

ت = - جـ θ و حيث ان الزاوية (θ) بالتقدير الدائري = $\frac{\text{القوس طول}}{\text{القطر نصف}} \approx \frac{س}{ل}$

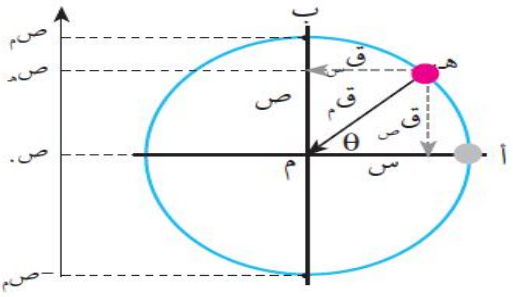
حيث س تمثل طول القوس بينما ل تمثل نصف القطر

إذن فإن: $\overleftarrow{ت} = -\frac{جـ}{ل}\overleftarrow{س} \Longleftarrow \overleftarrow{ت} \propto -\overleftarrow{س}$

لاحظ أن مقدار تسارع البندول يتناسب طردياً مع مقدار الإزاحة و يعاكسها في الإتجاه، أي أن البندول البسيط يتحرك حركة توافقية بسيطة.

٤.٣ العلاقة بين الحركة الدائرية و الحركة التوافقية البسيطة:

نفترض أن جسماً يسير في مسار دائري نصف قطره (نق) و مركزه (م) كما في الشكل (٣.٣) و أن هذا الجسم بداء في الحركة من النقطة (أ) علي محور السينات ماراً بالنقطة (هـ) بعكس اتجاه عقارب الساعة.



شكل رقم ٣- ٣ الحركة الدائرية

إن القوة المؤثرة علي الجسم تكون دائما باتجاه المركز ولنفترض أن هذه القوة تساوي ق$_م$، نحلل هذه القوة إلي مركبتين متعامدتين ق$_ص$، ق$_س$.

من الشكل نلاحظ أن ق$_ص$= ق$_م$ جـاθ

و اتجاهها إلي الأسفل، و بما أن:

فإن:

$$ق_{ص} = - ق_{م} \frac{ص}{نق}$$

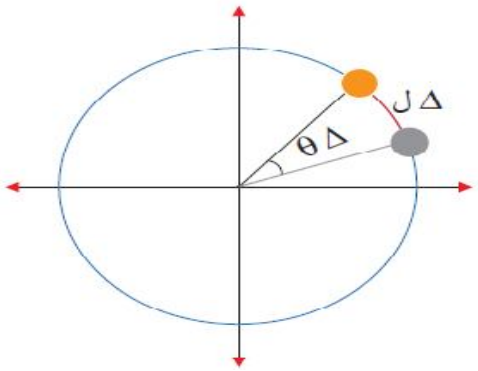
وبقسمة طرفي المعادلة علي الكتلة نحصل علي:

$$ت_{ص} = - ت_{م} \frac{ص}{نق} = - \frac{ت_{م}}{نق} ص$$

أي أن تسارع الجسم في الاتجاه الصادي يتناسب طردياً مع الإزاحة، وعليه فإن مسقط حركة الجسم علي المحور الصادي هي حركة توافقية بسيطة. وينطبق الحديث نفسه علي مسقط حركة الجسم علي المحور السيني (وضح ذلك). أي أن الحركة في الاتجاه السيني هي أيضاً حركة توافقية بسيطة.

٥.٣ السرعة الزاوية:

عندما يقطع جسم يسير في حركة دائرية منتظمة زاوية مقدارها $\Delta\theta$ في زمن قدره Δز ، فإنه يقطع قوساً طوله Δل= نق$\Delta\theta$ أنظر الشكل (٤.٣)



شكل رقم ٣- ٤ إيجاد السرعة الزاوية

و لحساب مقدار سرعته نقسم طول القوس علي الفترة الزمنية، أي أن:

وتعرّف السرعة الزاوية (ω) بأنها مقدار الزاوية التي يقطعها الجسم لإثناء الحركة الدائرية في وحدة الزمن، أي أن:

و بناءً عليه فإن السرعة الخطية تساوي:

ع= نقω

التسارع المركزي"العجلة المركزية" في حركة دائرية منتظمة

و الآن يمكننا كتابة معادلة التسارع للحركة التوافقية البسيطة كالأتي:

و السرعة الزاوية ω تساوي حاصل قسمة الزاوية الكلية التي يقطعها الجسم في دورة كاملة و تساوي 2πعلي زمن دورة (ن) أي أن:

ومنه التردد (د) يساوي:

مثال(١):

يتحرك جسم بسرعة ثابتة مقداراً في مسار دائري منتظم نصف قطره ٢ متر، وكان يقطع زاوية مقدارها $\frac{\pi}{2}$ كل ثلاث ثواني ، أحسب:

أ- السرعة الزاوية ب= السرعة الخطية جـ - التردد د- الزمن الدوري

الحل

أ-السرعة الزاوية :

ب-السرعة الخطية:

جـ- التردد:

د- الزمن:

٥.٣ معادلات الحركة التوافقية البسيطة:

توصلنا في البند السابق إلي العلاقات التي تربط تسارع الأجسام في الحركة التوافقية البسيطة مع الإزاحة، سواء في النابض "الزنبرك" أو البندول أو الحركة في مسار دائري منتظم فكانت علي النحو التالي:

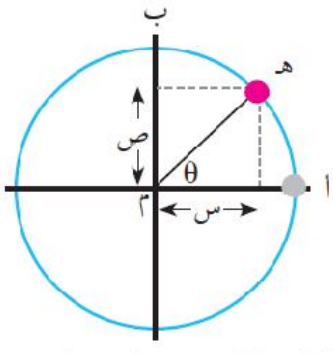
في النابض

و منه

ب)في البندول

ج) في الحركة الدائرية

$س_ت = -\frac{م_ت}{نق} س$ أو $س_ت = -\omega^2 س$



الشكل (٣-٥) مركبات الحركة الدائرية

نلاحظ أن قيمة السرعة الزاوية ω تعتمد علي:

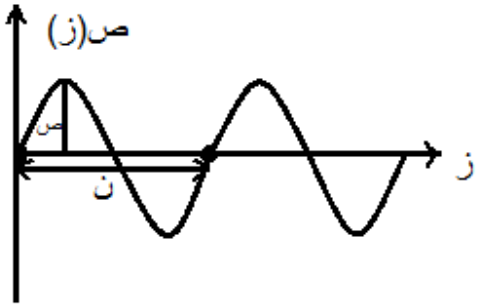
١- ثابت المرونة و كتلة الجسم في النابض.

٢- تسارع الجاذبية و طول الخيط في البندول.

٣- تسارع الجسم و نصف قطر المدار في الحركة الدائرية.

في الشكل (٣-٥) أعلاه عندما يكون الجسم في النقطة (هـ) فإنه يقطع مسافة (ص)لاعلي المحور الصادي و حيث أن: ص=نق جـا θ

فإن إزاحة الجسم الذي يتحرك حركة توافقية بسيطة تتغير كدالة جيبيه بتغير الزاوية θ كما في الشكل التالي:



الشكل (٣-٦)

وبما أن الزاوية θ هي الزاوية التي يقطعها الجسم في الزمن (ز) فإن:

θ=ωز ، و بشكل عام يمكن كتابة معادلة الإزاحة في الحركة التوافقية البسيطة كمايلي:

ص(ز)=ص$_م$ جـا(ωز+Ø)

حيث ص$_م$: أقصى إزاحة ممكنة للكتلة عن نقطة الاتزان وتساوي نق

ز: الزمن بوحدة الثانية

Ø: زاوية الطور و هي تحدد موضع الجسم عندما يكون الزمن يساوي صفرو تحسب من معرفة الجسم و سرعته عند لحظه معينة

نلاحظ في الشكل السابق أن ص$_م$ تمثل سعة الاهتزازة، و تساوي البعد بين نقطة الاتزان أو بعد نقطة ممكنة الحركة، و أن الزمن الدوري (ن) هو الفترة الزمنية التي تفصل مرور الجسم في نقطتين متماثلتين في الطور من حيث موضع واتجاه الحركة.

مثال (٢)

كتلة مقدارها ٢كجم، ربطت بطرف نابض طرفه الأخر مثبت في حائط و معامل مرونته ٢٠٠نيوتن/م ، إذا تحركت الكتلة علي سطح أملس حركة توافقية بسيطة جد السرعة الزاوية، الزمن الدوري، التردد.

أ-السرعة الزاوية :

$$\text{السرعة الزاوية } \omega = \sqrt{\frac{أ}{ك}} = \sqrt{\frac{٢٠٠}{٢}} = ١٠ \text{ راد/ ث}$$

ب- الزمن الدوري :

جـ- التردد :

مثال(٣)

جسم يتحرك وفق العلاقة

إذا كانت (ص) تقاس بالسنتمتر، و الزمن بالثانية أحسب:

أ- سعة الاهتزازية ب- التردد جـأرسم العلاقة رسماً بيانياً

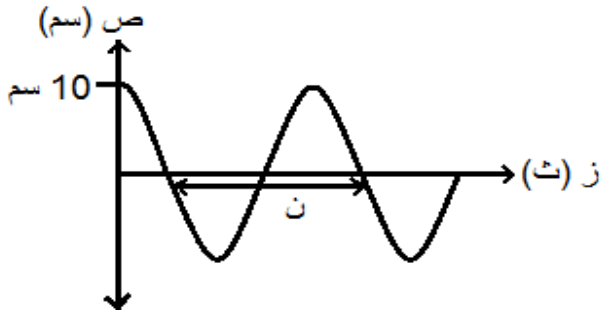
<u>الحل</u>

أ- سعة الاهتزازية هي أكبر قيمة ل ص(ز) و يتتم الحصول عليها عندما يساوي المقدار

سعة الاهتزازية ص$_م$ = ٢٠سمجا$(\pi ز + \frac{\pi}{٦})$

ب- التردد

جـ- لرسم العلاقة يجب معرفة سعة الاهتزازة عند زاوية الطور فقط قبل بدء الحركة



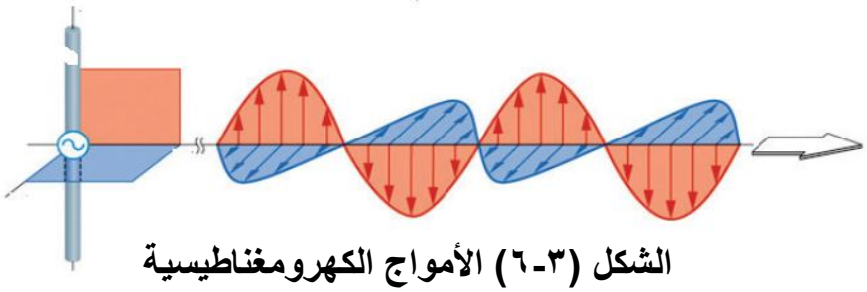
٣-٦ الموجات الكهرومغناطيسية

حاول الفلاسفة و العلماء منذ القدم فهم طبيعة الضوء وتفسير الظواهر المرتبطة به وبقيت النظرية الجسيمية (أي أن الضوء جسيمات متناهية الصغر) التي تبناها العالم الفيزيائي إسحاق نيوتن حتى بداية القرن التاسع عشر هي الأساس الذي أعتمد عليه الفيزيائيون في تفسير معظم سلوك الضوء كالانعكاس والانكسار نجد أن هذا النموذج فشل في تفسير بعض الظواهر الضوئية الأخرى و وضع علماء الفيزياء أمام تحد لتعديل أو استبداله حتى جاء العالم كريستيان هيجنيز وأقترح النموذج الموجي للضوء وأستطاع تفسير ظاهرتي الانعكاس والانكسار حسب هذا النموذج ثم جاء بعدهم العالم ينغ وأثبت بالتجربة (تجربة الشق المزدوج لقياس هدب التداخل) وأثبت أن الضوء ذو طبيعة موجية.

في عام١٨٦٥م أثبت العالم ماكسويل أن الضوء أمواج كهرومغناطيسية تتكون الأمواج الكهرومغناطيسية من مجالين أحدهما كهربائي والأخر مغناطيسي يتغيران مع الزمن ومتعامدان علي بعضهما البعض وعمودياً علي خط انتشار الموجة وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء بسرعة ثابتة وهي ٣×١٠^{٨}متر/ثانية وهي سرعة الضوء وسرعة جميع الموجات الكهرومغناطيسية، دلت التجارب بعد هذا أن كلا النموذجين يصلح لتفسير

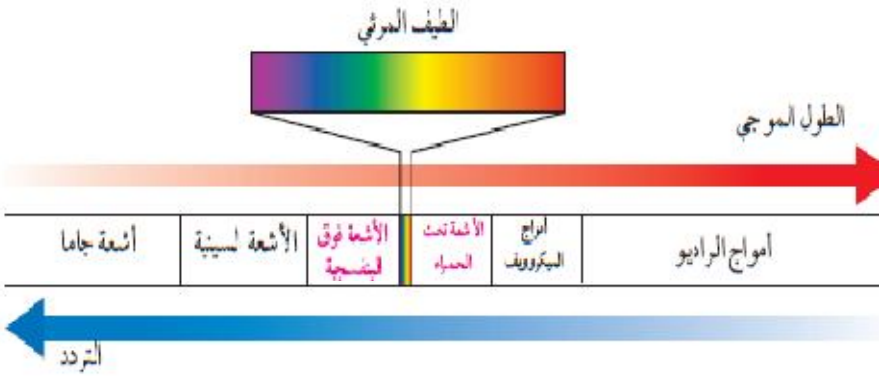
بعض السلوكيات للضوء، أي أن للضوء طبيعة مزدوجة فهو أحياناً يسلك سلوك الموجات وسلوك الموجات.

شكل الأمواج الكهرومغناطيسية



الشكل (٣-٦) الأمواج الكهرومغناطيسية

الضوء عبارة عن أحد عناصر الطيف الكهرومغناطيسي فما هو الطيف الكهرومغناطيسي؟



الشكل رقم (٣-٧) طيف الأمواج الكهرومغنطيسي

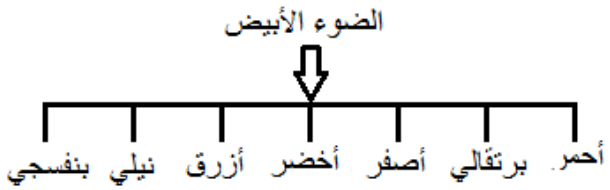
تستخدم كلمة طيف للتعبير عن مدى معين من التغييرات التي تخص صفة ما و يشمل الطيف الكهرومغناطيسي الترددات المختلفة للأمواج الكهرومغناطيسية كأمواج الراديو و المايكروويف و أمواج الضوء المرئي و أمواج الضوء تحت الحمراء "الأشعة تحت الحمراء" و لذلك فوق البنفسجية و الأشعة السينية و أشعة جاما التي تنطلق من نوى بعض العناصر الثقيلة و أخيراً الأشعة الكونية. تتفق كل هذه الموجات في أنها موجات أنها موجات كهرومغناطيسية و ما ينطبق علي الضوء من خصائص عليها لكن الاختلاف الوحيد في أن لكل منها تردده المختلف و طوله الموجي المختلف لكن جميعها لها نفس السرعة $٣x١٠^{٨}$متر/ثانية.

أ- **أمواج الراديو:** يتراوح طولها الموجي من ٣٠٠سم إلي ٣كلم وهي الموجات التي تستخدم في البث الإذاعي و التلفزيوني.

ب-**أمواج المايكروويف:** و هي تلي أمواج الراديو مباشرة من قصر الطول الموجي، يتراوح طولها الموجي من٣٠٠سم إلي ٣سم و تستخدم في الاتصالات و الاستشعار عن بعد إضافة لطهي الطعام و تسخينه.

ت-**الأشعة تحت الحمراء:** تقع بين الطيف المرئي و أمواج المايكروويف و يطلق علي الجزء الأول منها الأمواج الحرارية و تستخدم في التصوير الليلي بينما تستخدم الأمواج الأقصر طولاً في التحكم عن بعد مثل التحكم في قنوات التلفاز باستخدام الريموت.

ث-**الضوء المرئي:** تحس به العين ويسبب الإبصار يتراوح طوله الموجي بين٣٥٠ إلي ٧٥٠ نانومتر والضوء المرئي الذي يصلنا من الشمس ضوء مركب من الألوان جميعها وكل لون له طول موجي خاص به.



ج- **الأشعة فوق البنفسجية:** تلي الضوء المرئي وهي أقصر من حيث الطول الموجي و لا تستطيع العين البشرية الإحساس بها لكن قد تستطيع أعين بعض الحشرات كالنحل مثلاً الإحساس بها. تستطيع بعض هذه الأمواج النفاذ من الغلاف الجوي و الوصول لسطح الأرض و هي أشعة ضارة بصحة الإنسان و تقوم طبقة الأوزان بامتصاص الجزء الأكبر منها. استخدمها العلماء في التصوير الفلكي للمجرات و النجوم. أيضاً تستخدم في التعقيم في غرف العمليات كما لها استخدامات طبية أخرى.

ح- **الأشعة السينية:** اكتشفها العالم الألماني رونتجن مصادفة عام١٨٩٥م عندما كان يجري تجارب علي أنابيب التفريغ، تزداد طاقة هذه الأشعة كلما نقص طولها الموجي لكن طاقتها لا تمكنها من اختراق الغلاف الجوي للأرض لسماكته،و هي تستخدم في مجالات عدة كتصوير العظام الكشف عن المعادن.

خ- **أشعة جاما:** هي أقصر الأمواج الكهرومغناطيسية و أعلاها طاقة، مصدرها ذرات العناصر المشعة و الانفجار النووي، كما لها تأثير مدمر علي الخلايا الحية لذا يستخدمها اختصاصي الطب النووي في علاج السرطان.

<u>تمرين الوحدة الثالثة</u>

السؤال الأول: ضع دائرة حول رقم الإجابة الصحيحة.

١- لنظام نابض-كتله موضوع علي سطح أفقي أملس و يتحرك حركة توافقية بسيطة، فإن الزمن الدوري للحركةيتناسب طردياً من الجذر التربيعي لـ؟

أ- الكتلة ب- ثابت النابض جـ- تسارع الجاذبية د- سعة الاهتزازية

٢-في حركة البندول البسيط يتناسب التردد عكسياً مع الجذر التربيعي لـ؟

أ-الكتلة ب- طول البندول جـ-تسارع الجاذبية د-سعة الاهتزازية

٣- في الحركة الدائرية المنتظمة تكون قيمة المركبة السينية للتسارع؟

أ-ثابتة القيمة والاتجاه ب- متغيرة في القيمة والاتجاه

جـ- متغيرة في القيمة و ثابتة الاتجاه د-ثابتة في القيمة و متغيرة في الاتجاه.

٤- إذا كان تسارع الجاذبية علي القمر يساوي ١،٦ متر/ثانية^{٢} فإن الزمن الدوري لبندول نفسه علي سطح القمر مقارنه مع الزمن الدوري علي سطح الأرض؟

أ- يزداد ب- يقل جـ- لا يتأثر د-يصبح صفراً

٥- تتكون الأمواج الكهرومغناطيسية من مجالين أحدهما كهربي و الأخر مغنطيسي بحيث يتصفان بـ ؟ أ. متعامدان علي بعضهما البعض ب- متوازيان

جـ- لهما نفس السعه د- بحاجة لوسط ينتقلان من خلاله.

٦- من أجزاء الطيف الكهرومغناطيسيو هي الأعلى تردداً ؟

أ- الأشعة المرئية ب- أشعة جاما جـ- المايكروويف د- الأشعة السينية

السؤال الثاني ماذا نعني بكل مما يأتي:

الحركة التوافقية البسيطة - الطول الموجي – التردد – الأتساع

السؤال الثالث:

وضح بالرسم طيف الأمواج الكهرومغنطيسية.

السؤال الرابع:

أحسب التردد الذي تتحرك به كل من الأمواج الكهرومغناطيسية الآتية:

أ- ميكروويف طولها الموجي ١سم

ب- أمواج تحت الحمراء طولها الموجي ١ ميكرومتر

جـ- أمواج فوق البنفسجية طولها الموجي ١٠٠ إنجستروم

د- أشعة سينية طولها الموجي ٣ إنجستروم

السؤال الخامس:

إذا كان المجال الكهربي لموجة كهرومغناطيسية يعطي بالعلاقة م=١٠٠جـا(١٠^{٧}س-ωز).

جد: أ-سعة المجال المغناطيسي لهذه الموجة ب- الطول الموجي جـ- التردد د-هل نستطيع الرؤية بواسطة هذا المجال؟

السؤال السادس:

كتله مقدارها ٠.٢ كجم مربوطة بنابض علي سطح أفقي أملس ضغط النابض ١٠سم عن موضع اتزانه، و ركبت الكتلة لتتحرك حركه توافقية بسيطة مكان ترددها ٥ هيرتز. جد

أ- ثابت المرونة للنابض ب- أقصى تسارع ممكن و أين يحصل.

الوحدة الرابعة

الانعكاس و الانكسار

الأهداف:

بعد دراسة الطالب لهذا الوحدة يتوقع أن يستطيع ان :

١- يعرف المصطلحات المستخدمة في انعكاس الضوء.

٢- يعرف المصطلحات المستخدمة في انكسار الضوء.

٣- يشرح قوانين انعكاس وانكسار الضوء.

٤- يحل مسائل انعكاس وانكسار الضوء.

٥- يعين الأفكار الرئيسة في الانعكاس الكلى الداخلي.

٦- يوضح تطبيقات انعكاس الضوء في المجال التقني.

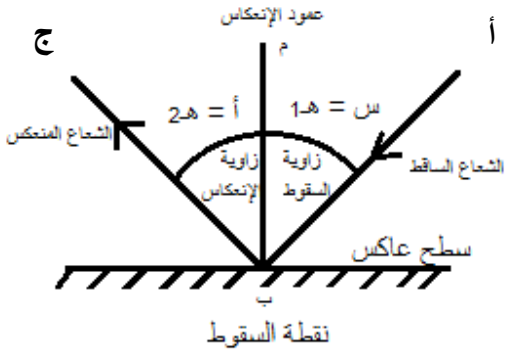
٧- يوضح تطبيقات انكسار الضوء في المجال التقني

(٤-١) تمهيد

الضوء مهم جدا لحياة الإنسان فهو ضروري لرؤية الأجسام التي حولنا. و هو يساعدنا علي السير و القراءة و يساعد الطبيب عند فحص المريض أو إجراء العمليات الجراحية كما يساعد الضوء النبات علي القيام بعملية التمثيل الضوئي التي تساعده علي النمو و ينتشر الضوء خلال المواد الشفافة كالزجاج و الماء في خطوط مستقيمة في جميع الاتجاهات بدليل تكون الظل وشبه الظل لأي جسم يعترض طريق الأشعة الضوئية.

(٤-٢) انعكاس الضوء:

انعكاس الضوء هو ارتدادالأشعة الضوئية في نفس الوسط عندما تقابل سطحاً عاكساً .
و يحدث الانعكاس عند سقوط شعاع علي سطح عاكس مثل المرأة.
الشعاع الساقط هو الشعاع الذي يصل إلي سطح العاكس من مصدر أو من أي جسم ليسقط علي السطح العاكس مثل الشعاع (أ ب) في (الشكل ٤-١). و يقوم السطح العاكس بعكس الشعاع ليرتد مرة أخرى لنفس الوسط و الشعاع الذي يرتد عن السطح العاكس مثل الشعاع (ب جـ) في الشكل ادناه يسمى بالشعاع المنعكس. و يلتقي الشعاع الساقط و المنعكس عند نقطة تسمى نقطة السقوط و تسمى الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط و العمود المقام من نقطة السقوط علي سطح العاكس بزاوية السقوط و يوضح الشكل (٤-١) ان الزاوية (أ ب م) هي زاوية السقوط. أما زاوية الانعكاس و العمود المقام من نقطة السقوط علي السطح العاكس مثل الزاوية (جـ ب م).



شكل (٤-١) انعكاس أشعة من مرآة مستقيمة

عندما ينعكس الضوء فإنه يخضع لقوانين تسمى بقوانين الانعكاس.

القانون الأول: الضوء ينعكس بحيث تكون زاوية السقوط مساوية لزاوية الانعكاس.

أي أن: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس ∴ س = أ

القانون الثاني : أن الشعاع الضوئي الساقط و الشعاع الضوئي المنعكس و العمود المقام من نقطة السقوط علي السطح العاكس تقع جميعها في مستو واحد عمودي علي السطح العاكس.

و يمكن التحقق من قانوني الانعكاس باستخدام مرآة مستوية و دبابيس:

خطوات العمل هي:

١- ضع مرآه مستوية رقيقة بحيث تكون رأسية و تنطبق حافتها السفلى علي المستقيم (هـ و) (الشكل ٤-٢).

٢أرسم خطاً مائلاً يمثل شعاعاً ساقطاً على المرآة و ثبت دبوسين (أ/ ،ب/).

٣- ضع دبوسين (جـ،د) على استقامة صورتي الدبوسين (أ/ ،ب/).

٤- أرفع المرآة والدبابيس ثم مد (أ،ب) و (د،جـ) فيتلاقيا عند سطح المرآة في نقطة (س) و يكون (أ س) هو الشعاع الساقط (س د) هو الشعاع المنعكس.

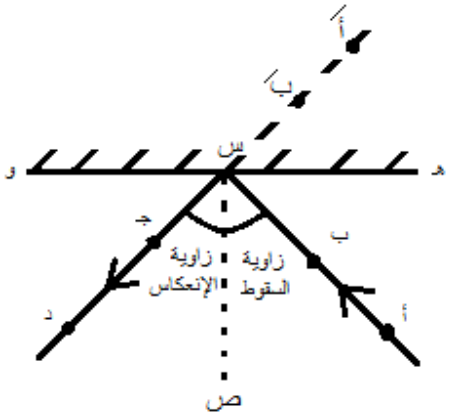
٥- أقم العمود (س ص) من نقطة السقوط (س) على سطح المرآة العاكس (هـ و).

٦- قس زاوية السقوط (أس ص)، و زاوية الانعكاس (د س ص).

٧-كرر العمل السابق عدة مرات مع تغيير قيمة زاوية السقوط تجد دائماً ان:

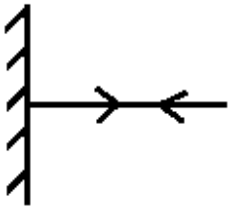
(أ) زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

(ب)الشعاع الساقط (أ س) و الشعاع الضوئي المنعكس (س د) و العمود(س ص) تقع جميعها في مستو واحد عمودي علي السطح العاكس للمرآة (هـ و).



شكل ٤-٢

ملاحظه مهمة:



إذا سقط شعاع ضوئي علي سطح عاكس و كان عمودياً عليه فإنه ينعكس علي نفسه لأن كلا من زاويتي السقوط والانعكاس= صفر (الشكل ٤-٣).

شكل (٤-٣)

(٣-٣) تكون الصور بالمرايا المستوية:

يمكن بالرسم تعيين صوره الجسم (أ ب) في مرآه مستوية كما يأتي:

١- تعيين صوره النقطة (أ) باستخدام شعاعين:

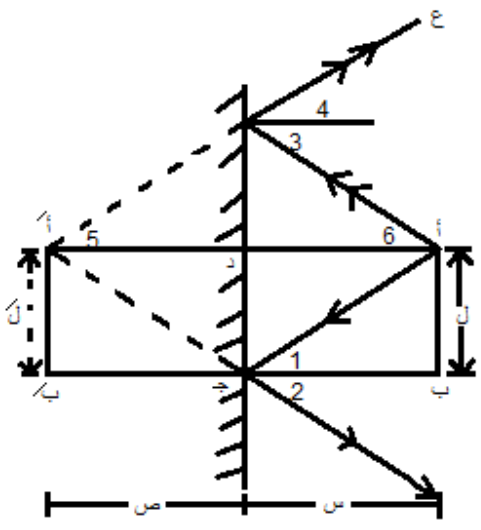
(أ)الشعاع (أ جـ) ينعكس في الاتجاه (جـ هـ) بحيث تكون زاوية السقوط (١) = تساوي زاوية الانعكاس (٢).

(ب) الشعاع (أ و) ينعكس في الاتجاه (و ع) و تكون

<٣=٤>

(جـ) تكون النقطة (أ/) و هي نقطة تلاقي امتداد الشعاعين (جـ هـ ، و ع) هي موضع صورة النقطة (أ) في المرآة المستوية.

٢-بنفس الطريقة تعين صوره النقطة (ب) في المرآة المستوية و



شكل (٤-٤) تكون صورة للجسم أ بواسطة مرآة مستوية

تكون (أ/ ب/) هي صوره (أ ب) في المرآة (الشكل ٣-٢-٤).

موضع الصورة:

(١) تكون الصورة خلف المرآة المستوية أي أنها صوره وهميه (تقديرية).

(٢) يكون بعد الجسم عن المرآة (س) = بعد الصورة عن المرآة (ص).

البرهان:

لاحظ ان <٣=<٦ بالتبادل، <٤=<٥ بالتناظر

إذن:

<٥=<٦ ، من تطابق المثلثين و أ د ،و أ/ د نجد أن أ د = أ/ د

العلاقة بين طول الصورة و طول الجسم في المرآة المستوية:

يكون طول الصورة (ل/) = طول الجسم (ل)

البرهان:

من تطابق المثلثين أ ب جـ ، و أ ب/ جـ نجد أن

أ ب = أ/ ب/

التكبير الخطي (العرضي): في المثلثين أ ب جـ ، أ ب/ جـ

نجد أن:

وتسمى هذه النسبه (التكبير الخطي أو العرضي) ويرمز له بالرمز ت

وعليه يمكن تعريف التكبير الخطي بأنه هو النسبة بين طول الصورة المتكونة بالقطعة الضوئية و طول الجسم. أو هو النسبة بين بعد الصورة عن القطعة الضوئية و بعد الجسم.

قاعدة الإشارات:

١- أمام المرآة: هي المنطقة التي توجد بها الأشعة الساقطة و المنعكسة و هي يمين المرآة في الشكل(٤-٤)

٢- خلف المرآة: هي المنطقة التي لا توجد بها أشعة وهي شمال المرآة .

-يكون بعد الجسم س موجباً إذا كان الجسم حقيقي و يقع أمام المرآة.

-يكون بعد الجسم سالباً إذاكان خيالياً و يقع خلف المرآة.

- يكون بعد الصورة (ص)موجباً إذا كانت الصورة حقيقية و تقع أمام المرآة.

-يكون سالباً إذا كانت الصورة خيالية (تقديرية) و تقع خلف المرآة.

التكبير في المرآة المستوية:

(٢) يلاحظ أن: س موجبه، ص سالبه لأن الصورة تقديرية.

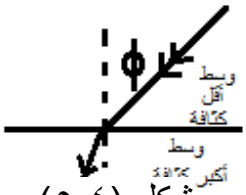
إذن ت=-١

و الإشارة السالبة لا تؤثر علي القيمة العددية للتكبير.

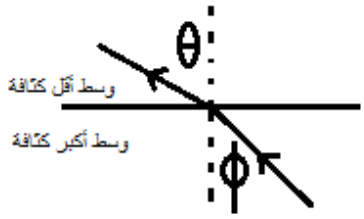
أي أن الصورة في المرآة المستوية معتدلة تقديرية مساوية للجسم.

(٤.٣) انكسار الضوء:

إذا انتقل شعاع ضوئي من وسط (مثل الهواء) إلي وسط آخر (مثل الماء) فإنه يجتاز السطح الفاصل بين الوسطين و يغير اتجاهه عند الوسط الثاني. و تسمى ظاهرة تغير اتجاه الضوء هذه بالانكسار كما في الشكل (٤-٥) ، (٤-٦).



شكل (٤-٥)



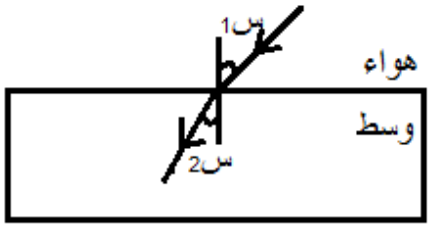
شكل (٤-٦)

تعريف الانكسار:

وعليه يعرف انكسار الضوء بأنه هو تغير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين في مادتها. و تعتمد درجة الانكسار على الكثافة الضوئية لوسط ما وهي عبارة عن قدرة الوسط علي كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه. و ينكسر الضوء عادة عند السطح الفاصل و هو السطح الذي يفصل بين وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية. ويحدث الانكسار للشعاع الضوئي الساقط وهو الشعاع المتجه إلي السطح الفاصل و يقابله في نقطة السقوط. و يصنع هذا الشعاع مع العمود المقام زاوية تسمى زاوية السقوط و هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط و العمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل و يسمى الشعاع الذي يجتاز السطح الفاصل منتقلاً للوسط الثاني بالشعاع الضوئي المنكسر. و هو المسار الجديد للشعاع الضوئي في الوسط الثاني بعد نفاذه من السطح الفاصل. ويصنع هذا الشعاع زاوية مع العمود تسمى بزاوية الانكسار و هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل. و هناك قانونان يحكمان ظاهرة الانكسار هما:

القانون الأول:

النسبة بين جيب زاوية السقوط أو الانكسار في الهواء إلي جيب زاوية السقوط (او الانكسار) في الوسط نسبة ثابتة تسمى بمعامل الانكسار م لذلك الوسط فإذا كانت زاوية الهواء هي س١ و زاوية الوسط هي س٢ فإن معامل الانكسار المطلق لهذا الوسط تساوي



شكل (٤-٧) الانكسار من الهواء للوسط

قانون سنل:

أن حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق وجيب زاوية السقوط (أو الانكسار) س١ في وسط معامل انكساره المطلق م١ يساوي حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق م٢ وجيب زاوية الانكسار (أو السقوط) س٢ في الوسط الثاني.أي أن:

م١جاس١ = م٢جاس٢

القانون الثاني:

ينص هذا القانون على أن الشعاع الساقط و الشعاع المنكسر و العمود المقام في نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح الفاصل بين الوسطين.

أمثله محلولة

مثال(١)

سقط شعاع ضوئي علي السطح الفاصل بين الهواء ووسط شفاف فإذا كانت زاوية السقوط في الهواء ٦٠درجة و زاوية الانكسار ٣٠ درجة فأوجد معامل الانكسار المطلق.

الحل

مثال(٢)

شعاع ضوئي يسقط بزاوية قدرها $48^o\ 3\grave{6}$ درجة على أحد أوجه متوازي مستطيلات من الزجاج معامل انكساره ١،٥.جد زاوية الانكسار.

<u>الحل</u>

$$\text{م} = \frac{\text{جا}_1\text{س}}{\text{جا}_2\text{س}} = ١,٥ \quad \theta_1 = 48^o 3\grave{6}$$

إذن: $\frac{\text{جا}\ 48^o\ 3\grave{6}}{\text{جا}\theta_2} = ١,٥$

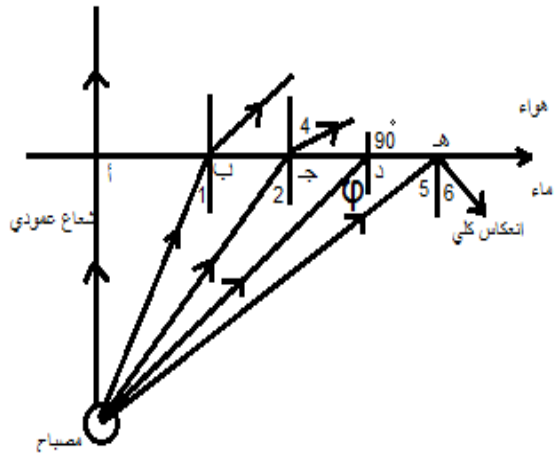
مثال(٣):

سقط شعاع ضوئي بزاوية سقوط قدرها ٥٨ درجة على سطح لوح من الزجاج معامل إنكساره١،٦ فانعكس جزء منه و انكسر الجزء الآخر. أوجد الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر و الشعاع المنعكس.

<u>الحل</u>

$$\text{م} = \frac{\text{جا}\theta_1}{\text{جا}\theta_2}$$

إذن:



زاوية الإنكسار $س_2 = 32^o$

الزاوية المتممة لزاوية الانكسار =٩٠-٣٢ = ٥٨

الزاوية المتممة لزاوية الانعكاس =٩٠-٥٨ = ٣٢

إذن الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر و الشعاع المنعكس=٥٨+٣٢=٩٠

(٥.٤) الانعكاس الكلي و الزاوية الحرجة:

إذا وضعنا مصباح في قاع حوض به ماء فإن الشعاع م أ يسقط عمودياً على السطح الفاصل بين الماء و الهواء فينفذ دون أن يعاني أي انكسار. أما الشعاع م ب فهو قد انتقل من وسط أكبر كثافة ضوئية (الماء) إلي وسط أقل كثافة ضوئية (مثل الهواء) لذا ينكسر مبتعداً عن العمود المقام.

و كلما زادت زاوية السقوط للشعاع تزداد زاوية الانكسار فيقترب الشعاع المنكسر تدريجياً من السطح الفاصل كما يحدث للشعاع (م جـ). و عندما تصل زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة (الماء) إلي قيمه معينه فإن الشعاع يخرج منطبقاً على السطح الفاصل أي تكون زاوية الانكسار ٩٠ درجة كما يحدث للشعاع (م د)م تسمى زاوية السقوط في هذه الحالة بالزاوية (الحرجة بين الماء و الهواء) و يرمز لها بالرمز ح. و يمكن إيجاد علاقة الزاوية الحرجة ح و معامل انكسار الوسط بتطبيق قانون سنل أو قانون الانكسار الأول.

فمن قانون الانكسار نجد أن:

إذن:

الزاوية الحرجة:

و عليه تعرّف الزاوية الحرجة بأنها هي زاوية سقوط (أو انكسار) في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية انكسار(او سقوط) في الوسط الأقل كثافة ضوئية مقدرها ٩٠ درجة.

ما معنى أن الزاوية الحرجة للماء=٤٩ درجة؟

معنى ذلك أنه إذا سقط شعاع ضوئي من الماء إلي الهواء و كانت زاوية السقوط في الماء =٤٩ فإن الشعاع يخرج منطبقاً على السطح الفاصل بينهما و تكون زاوية الانكسار في الهواء =٩٠. و تحدث ظاهرة الانعكاس الكلي إذا انتقل شعاع ضوئي من وسط أكبر كثافة ضوئية إلي وسط أقل كثافة ضوئية و كانت زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة فغن الشعاع لا ينفذ إلي الوسط الأقل كثافة بل يرتد إلي نفس الوسط الأول بحيث تكون:

زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

س١=س٢

مثل الشعاع (م هـ) و يقال إن الشعاع انعكس انعكاس كلي.

أمثلة محلولة

مثال(٤):

إذا كان معامل الانكسار المطلق للماء هو ١،٣٣ فأحسب قيمة الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء.

الحل

مثال(٥):

إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء هي ٤٥درجة فإن معامل الانكسار لهذا الوسط هو

(أ) ١،٥(ب) ٢ (جـ) ١،٧

(د) $\sqrt{٢}$

الحل

ح=٤٥

مثال(٦):

إذا كان معاملا الانكسار للزجاج و الماء هما ١،٦ ، ١،٣٣ على الترتيب . فأحسب قيمة الزاوية الحرجة لنفاذ الضوء من الزجاج إلي الماء.

الحل

بالتعويض في قانون سنل

م١xجاح=م٢xجا٩٠

وباستخدام الآلة الحاسبة نجد أن الزاوية التي جيبها=٠،٨٣١٣ هي ٥٦

إذن الزاوية الحرجة هي ح =٥٦

و تستخدم ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي في الألياف الضوئية. الليف الضوئي عبارة عن عمود من الزجاج الشفاف أو البلاستيك في أي هيئة كما في الشكل الجانبين.

عندما يدخل الضوء من أحد طرفي في الليفة (أ) تكون زاوية السقوط على أي جزء من الجدار أكبر من الزاوية الحرجة لذا ينعكس الشعاع انعكاسكلياً من جدار الي جدار حتى يخرج من الطرف الأخر. يمكن استخدام الألياف الضوئية في نقل الضوء و توجيهه إلي الأماكن التي يصعب الوصول إليها مثل الأجزاء الداخلية للمعدة. كما تستخدم الألياف الضوئية حالياً مع أشعة الليزر في الفحوص الطبية و العلاج و الاتصالات الهاتفية. حيث تنقل الألياف ضوء الليزر الحامل للمكالمات أو المعلومات عبرها من المرسل للمستقبل.

تمرين الوحدة الرابعة : الانعكاسو الانكسار :

١/ ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ ثم صححها :

أ) النسبة بين (جيب زاوية سقوط الضوء) في الوسط الأول إلى (جيب زاوية الانكسار) في الوسط الثاني نسبة ثابتة لهذين الوسطين .

ب) معامل الانكسار المطلق لوسط هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الهواء أو الفراغ وجيب زاوية الانكسار في الوسط .

ج) معامل الانكسار المطلق هو نسبة سرعة الضوء في الوسط إلى سرعة الضوء في الفراغ .

د) معامل الانكسار النسبي بين وسطين (أ ، ب) هو النسبة بين جيب زاوية السقوط في الوسط (أ) إلى جيب زاوية الانكسار في الوسط (ب).

هـ) الانعكاس هو ارتداد الأشعة الضوئية في الوسط عندما تقابل سطح كاسر .

و) الشعاع الضوئي الساقط والمنعكس والعمود المقام عند نقطة الانكسار جميعها تقع على السطح العاكس .

٢/ علل :

أ- معامل الانكسار المطلق لوسط ما دائماً أكبر من لواحد الصحيح؟

ب- يمكن استخدام الألياف الضوئية في نقل الضوء إلى الأماكن التي صعب الوصول إليها ؟

٣/ إذا سقط شعاع ضوئي على سطح لوح زجاجي معامل إنكساره (١.٥) بزاوية سقوط٣٠ °

أحسب زاوية الانكسار ؟

٤/ إذا كان معامل الانكسار المطلق للماس $\frac{5}{2}$ وللزجاج $\frac{3}{2}$ فأوجد معامل الانكسار النسبي من الزجاج إلى الماس ومن الماس إلى الزجاج ؟

٥/إذا سقط شعاع ضوئي على سطح لوح زجاجي معامل انكساره (١.٥) بزاوية سقوط ٣٠ °

فأوجد الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر وسطح الزجاج ؟

٦/ سقط شعاع ضوئي على سطح لوح زجاجي فانعكس جزء منه وانكسر جزء آخر ووجد أ، الزاوية بين الشعاعين المنعكس والمنكسر تساوي ٩٠ ° فإذا كانت زاوية السقوط ٥٨ ° أوجد معامل انكسار الزجاج ؟

٧/ سقط شعاع ضوئي في الهواء على مادة بزاوية سوط ٦٠ ° فانعكس جزء منه وانكسر الباقي أوجد الزاوية الواقعة بين الشعاع المنعكس والمنكسر إذا كان معامل انكسار المادة ٣

٨/ حوض سباحة عمقه ٢ متر مملوء بالماء على بعد ٤ متر في حافة الحوض عمود ارتفاعه ٣ متر ووضع أعلى العمود مصباح كهربائي يضئ قاع الحوض فإذا كان قاع الحوض مكون من بلاط مربع الشكل طول ضلع كل بلاطة ١٠سم فوجد عدد البلاط المختفي عن ضوء المصباح علماً بأن معامل انكسار الماء يساوي $\frac{4}{3}$

الوحدة الخامسة

المرايا الكريه و العدسات

الأهداف:

بعد دراسة الطالب لهذا الوحدة يتوقع أن يستطيع ان :

١. يعرف مصطلحات المرايا الكريه.

٢. يعرف مصطلحات العدسة.

٣. يوضح بالرسم الصور المتكونة بواسطة المرايا الكريه والعدسة.

٤. يستخدم القانون العام للمرايا الكريه والعدسة.

٥. يبحث في بعض استخدامات المرايا الكريه والعدسات.

٦. يقارن بين الصور المتكونة بواسطة المرايا المقعرة والمحدبة.

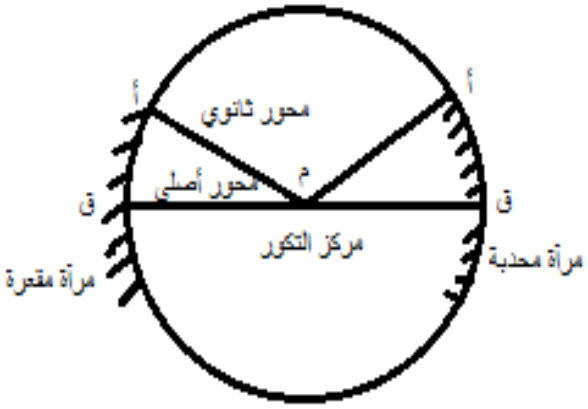
٧. يحل مسائل المرايا الكريه والعدسات.

(٥-١) تمهيد:

تستخدم المرايا الكريه و العدسات على نطاق واسع في كثير من التطبيقات. فالمرايا الكريه تستخدم ليرى بها السائق العربات التي توجد خلفه و بجانبه. كما تستخدم في كشافات السيارات و أماكن التصوير و الملاعب. و تستخدم العدسات في النظارات الطبية التي تستخدم لعلاج عيوب النظر. وهي تستخدم أيضاً في المجاهر التي تفحص بها العينات و الأنسجة بالإضافة لاستخداماتها في المناظير الفلكية التي تستخدم في الأغراض العسكرية. و تستخدم أيضاً لرصد الأجرام الفلكية.

(٢.٥) المرايا الكريه:

المرايا الكريه هي جزء من سطح كرة طلي سطحها الخارجي أو الداخلي بالفضة ليصبح عاكساً، و هناك نوعان من المرايا الكريه هما كما في الشكل (٥-١):



شكل (٥-١) المرايا الكريه

أ-المرآة المقعرة(المجمعة):

وهي التي يكون سطحها العاكس جزاءً من السطح الداخلي للكرة كما في الشكل

ب- المرآة المحدبة (المفرقة):

و هي التي يكونسطحها العاكس جزءً من السطح الخارجي للكرة.

و لفهم كيفية عمل هذه المرايا يجب معرفة بعض المصطلحات و هي:

(١) مركز تكور المرآة الكريه:

هو مركز الكرة التي تكون المرآةجزءاً منها مثل النقطة (م) و واضح من الشكل أن مركز التكور في المرآة المقعرة يكون أمام السطح العاكس و في المرآة المحدبة فيكون خلف السطح العاكس.

(٢) **قطب المرآة ق :** هي نقطة تقع في منتصف المرآةتماماً .

(٣) **نصف قطر تكور المرآة الكريه:**

هو المسافة بين مركز التكور المرآة و قطب المرآة ق.

(٤) المحور الأصلي للمرآة الكريه:

هو المستقيم المار بمركز تكور المرآة و قطبها مثل المستقيم (م ق).

(٥) المحور الثانوي للمرآة الكريه:

هو المستقيم المار بمركز تكور المرآة و أي نقطة في سطحها غير القطب مثل المستقيم (م أ)

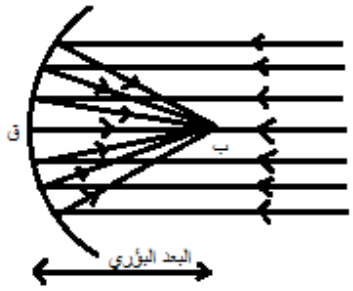
بؤره المرآة الكريه

أولاً : البؤرة الأصلية (ب) إذا سقطت أشعة متوازية و موازية للمحور الأصلي علي سطح مرآه كريه يحدث الأتي:

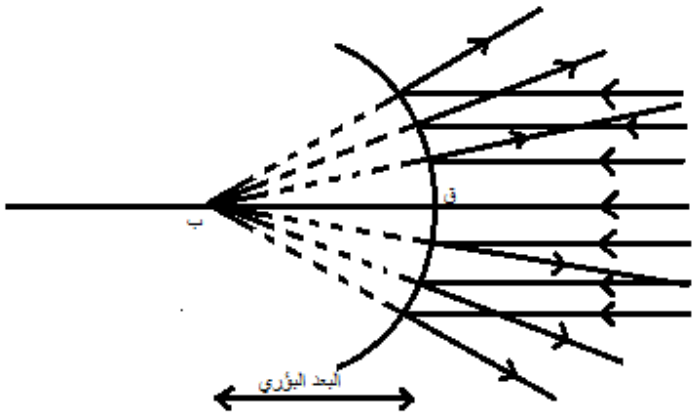
(أ) إذا كانت المرآة مقعرة: تسقط الأشعة الموازية وتنعكس لتتجمع في نقطة علي المحور الأصلي تسمى البؤرة الأصلية كما في الشكل (٥-٢أ).

و يلاحظ أن هذه النقطة لها وجود حقيقي يمكن استقبالها على حائل لذا تسمى (بؤره حقيقية).

(ب) إذا كانت المرآة محدبه: تسقط الأشعة المتوازية و تنعكس لتتجمع امتداداتها في نقطة علي المحور الأصلي خلف المرآةفي نقطة تسمى أيضاً بالبؤرة و يلاحظ أن هذه النقطة لا يمكن استقبالها علي حائل و لو أنها موجودة لذا تعتبر بؤره خيالية (تقديرية) و عليه يمكن تعريف البؤرة الأصلية للمرآة الكريه: بأنها هي نقطة تجمع الأشعة المنعكسة عن المرآة الكريه (أو امتداداتها) بعد سقوطها علي سطح المرآة متوازية و موازية للمحور الأصلي.



شكل (٥-٢أ) بؤرة المرآة المقعرة



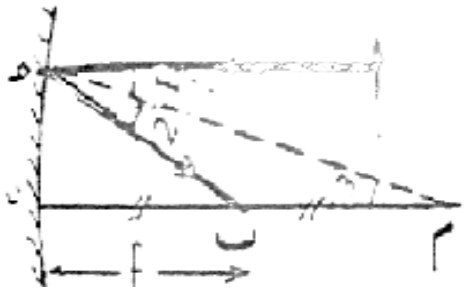
شكل (٥-٢ب) بؤرة المرآة المحدبة

وهناك بؤرة ثانوية تتكون إذا سقطت أشعة متوازية و غير موازية للمحور الأصلي لتنعكس علي سطح المرآة و تتجمع هي أو امتداداتها في نقطة تسمى (البؤرة الثانوية) مثل النقطة (ب) في الشكل أعلاه الشكل (٥-٢ب).

ويمكن تغيير ميل الأشعة المتوازية الساقطة على المرآة لتتكون عدة بؤر ثانوية و تتجمع البؤرة الأصلية و البؤر الثانوية في مستوى واحد يسمى (المستوى البؤري).

و عليه تعرف البؤرة الثانوية للمرآة الكريه بأنها هي نقطة تجمع الأشعة المنعكسة علي المرآة الكريه بعد سقوطها على سطح المرآة متوازية و غير متوازية للمحور الأصلي أما المستوى البؤري هو المستوى العمودي علي المحور الأصلي و تقع عليه البؤرة الأصلية و جميع البؤر الثانوية مثل المستوى (ب ب/).

يعرف البعد البؤري بأنه المسافة بين البؤرة و قطب المرآة ونرمز له بالرمز ع. و يكون المستقيم المار بمركز تكور المرآة عمودياً علي سطحها العاكس لأنه يمثل نصف القطر وهناك علاقة بين البعد البؤري ع و نصف قطر تكور المرآة نق. ولإيجادها نفرض



(١)أن (أ جـ)شعاع ساقط على مرآه مقعرة بحيث يكون موازياً للمحور الأصلي فينعكس ماراً بالبؤرة (ب) و تكون : زاوية السقوط <١ = زاوية الانعكاس <٢

لكن <١=<٣ (بالتبادل)

إذن:<٢=<٣ إذن ب م = ب جـ

(٢) إذا كان الشعاع (أ جـ)قريباً جداً من المحور الأصلي فإنه يمكن اعتبار أن ب/جـ/=ب/ق/

أذن ب م =ب ق= البعد البؤري

لكن ب م+ب ق = نصف قطر التكور

إذن: نق=٢ع

ملحوظه: البعد البؤري للمرآة المستوية = مالا نهاية، لأن نصف قطر تكورها لا نهائي و هناك بعض الأشعة المهمة و اتجاه انعكاسها علي المرآة المقعرة و هي:

(١)شعاع يوازي المحور الأصلي ينعكس ماراً بالبؤرة الأصلية(ب).

(٢)شعاع يسقط ماراً بالبؤرة الأصلية ينعكس للمحور الأصلي.

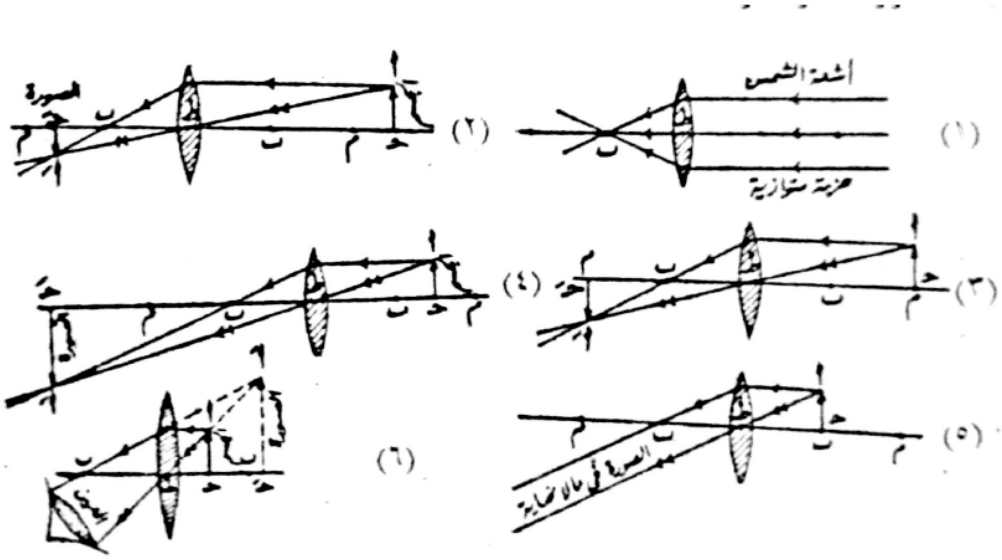
(٣) شعاع يسقط ماراً بمركز التكور(م) ينعكس على نفسه لأنه عمودياً علي سطح المرآة.

الصورة المتكونة في المرآة مقعرة (مجمعة) يختلف موضع الصورة و صفاتها باختلاف موضع الجسم بالنسبة للمرآة كما في الجدول الأتي:

و يمكن استخدام خواص هذه الأشعة المهمة لمعرفة كيفية تكون الصور بواسطة المرآة المقعرة

يسمى بعد الجسم أ جـ عن المرآة ببعد الجسم م نرمز له بالرمز بينما يسمى بعد الصورة أ/ ج/ عن المرآة ببعد الصورة و ترمز لها بالرمز س. أي أن

جـ ق=س جـ/ق=ص



الشكل (٥-٤) يوضح موضع الجسم والصورة

موضع الجسم	موضع الصورة	وصف الصورة
١-عيد جداً (في ما لا نهاية)	عند البؤرة الأصلية	حقيقية- مقلوبة- صغره جداً
٢-أبعد من مركز التكور	بين البؤرة و مركز التكور	حقيقي- مقلوبة- مصغرة
٣-عند مركز التكور	عند مركز التكور	حقيقية-مقلوبة-مساوية للجسم
٤-بين البؤرة و مركز التكور	أبعد من مركز التكور	حقيقية-مقلوبة-مكبره
٥-عند البؤرة الأصلية	في مالا نهاية	بقعة مضيئة ثابتة المساحة
٦-بين البؤرة و قطب المرآة	خلف المرآة	تقديرية-معتدلة-مكبره

يمكن باستخدام شعاعين فقط من الأشعة الثلاثة السابقة تعيين مواضع الصور

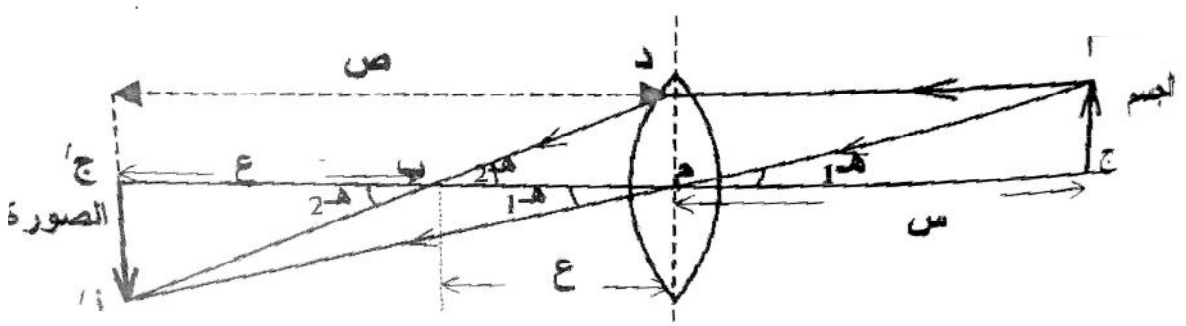
أما الأشعة المنعكسة بواسطة مرآه محدبه(مفرقه): يستخدم الشعاعين الآتيين:

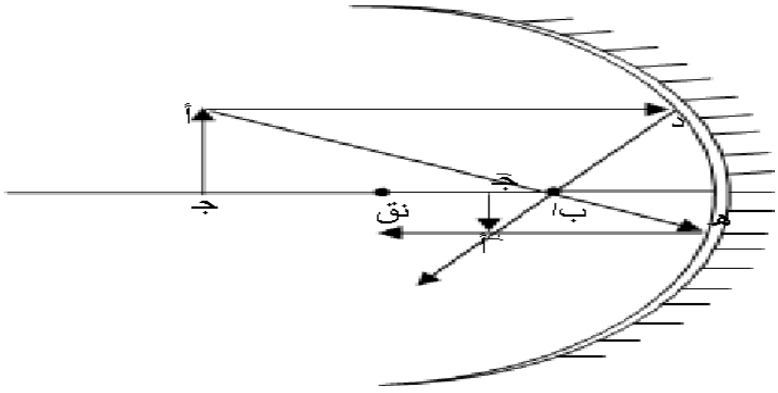
(١) شعاع يوازي المحورالأصلي ينعكس متفرقاً، أي مبتعداً عن المحور الأصلي بحيث يمر امتداده بالبؤرة خلف المرآة المقعرة.

(٢) شعاع يسقط علي المرآة بحيث يمر امتداده بمركز التكور(م)فيكون الشعاع عمودياً على سطح المرآة و ينعكس على نفسه وضع الجسم على أي أبعد من المرآة المحدبة فإن موضع الصورة يكون خلف المرآة بين البؤرة و قطب المرآة. و تكون الصورة تقديرية و معتدلة و مصغره.

(٣.٥) قانون المرايا الكريه و العدسات :

إذا وضعنا جسم مثل أ ب طوله ل١فإن شعاع سيسقط موازياً للمحور الأصلي فيمر بالبؤرة. و سيسقط شعاع آخر على القطب ق بحيث تكون زاوية السقوط هـ١ مساوية لزاوية الانعكاس هـ١=المثلث جـ/ق أ/. و يتجمع الشعاعان





الشكل (٥-٥)

عند النقطة أ/ التي تمثل رأس الصورة.

بالنظر لـΔ أ جـ ق وΔ أ/ جـ/ ق نجد أن

إذن:

و بالنظر لـ Δ جـ ق ب و Δأ/جـ/ب نجد أن

زاوية

أ/ب جـ/= زاوية ل ب ق= هـ٢ بالتقابل بالرأس

إذن المثلثان متشابهان لوجود زاوية قائمة عند جـ/ و عند ق و تساوي زاويتين

إذن:

من المعادلتين (١.٣.٥) و (٢.٣.٥) نجد أن

بقسمة الطرفين علي س نجد أن

(٤.٥) العدسات:

العدسة هي وسط شفاف كاسر للضوء محدود بسطحين كرين أو سطح كري و آخر مستو.

و هناك نوعان من العدسات هما:

(١)العدسة المحدبة اللامة أو المجمعة: تكون سميكة في الوسط و رقيقة عند الطرفين و العدسة المحدبة إما تكون محدبة الوجهين أو محدبه مستوية أو محدبه مقعرة (هلاليه) ويمكن اعتبار العدسة المحدبةالوجهين جزءاً شفافاً محصوراً بين كرتين متداخلتين.

الشكل (٥-٦)

(٢) العدسة المقعرة (المفرقة): تكون رقيقة عند الوسط وسميكة عند الطرفين والعدسة المقعرة أما تكون: مقعرة الوجهين أو مقعرة مستوية أو مقعرة محدبه ويمكن اعتبار العدسة المقعرة الوجهين جزءاً شفافاً محصوراً بين كرتين متباعدتين.

الشكل (٥-٧)

تفسير عمل العدسات:

(١)العدسة المحدبة: يمكن اعتبارها مكونه من منشورين رقيقين متعاكسين تتقابل قاعدتها على سطح معين، فإذا سقطت أشعة ضوئية متوازية على هذين المنشورين فإنها تنفذ منكل منهما منحرفة نحو قاعدته و تتجمع عند نقطة معينه أي أن العدسة المحدبة تعمل على تجميع الأشعة لذا تسمى (عدسه لامه أو مجمعه).

(٢) العدسة المقعرة: يمكن اعتبارها مكون من منشورين رقيقين يتقابل رأسهما عند نقطة معينه أو سطح معين، فإذا سقطت عليها أشعه متوازية فإنها تنفذ من كل منها منحرفة نحو القاعدة أي مبتعدة عن بعضها و متفرقة لذا تعتبر العدسة المقعرة (عدسه مفرقه).

وهناك بعض المصطلحات التي لابد تعريفها لفهم عمل العدسة و هي:

(١) المركز البصري للعدسة م:

و هي نقطة تقع في منتصف العدسة تماماً .

(٢) مركزي تكور العدسة م١،م٢:

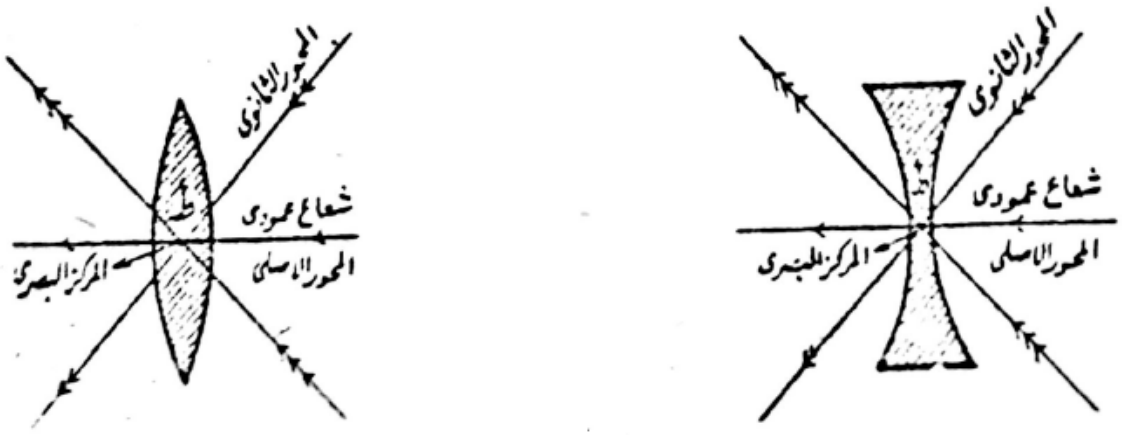
هي مراكز تكور الكرتين اللتين يكون و جها العدسة جزءاً منها.

(٣) المحور الأصلي للعدسة:

هو المستقيم المار بالمركز البصري م و مركزي التكور م١، م٢.

(٤) بؤرة العدسة ب:

هي النقطة التي تتجمع عندها الأشعة الخارجة أو النافذة أو امتداداتها و التي سقطت موازية للمحور الأصلي. حيث تتجمع الأشعة الخارجة " أو النافذة" من العدسة المحدبة عند البؤرة. في حين تتجمع امتدادات الأشعة الخارجة من العدسة المقعرة عند بؤرتها كما في الشكل.



شكل رقم (٥ – ٨): اجزاء العدسة

و تسمى المسافة بين البؤرة و المركز البصري للعدسة بالبعد البؤري و نرمز له بالرمز ع.

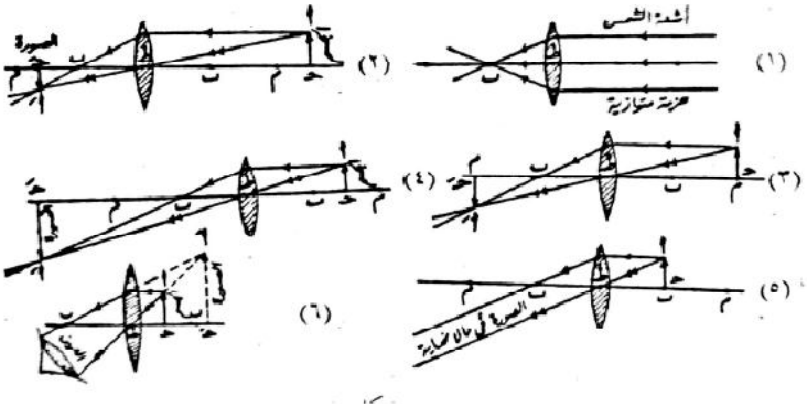
الأشعة المهمة و كيفية نفاذها من العدسة:

(١) شعاع يوازي المحور الأصلي ينفذ بحيث يمر ببؤرة العدسة المحدبة شكل[١] أو يمر امتداده ببؤرة العدسة المقعرة شكل[٢].

(٢) شعاع يمر بالمركز البصري للعدسة و ينفذ على استقامته دون أي انحراف كالشكل أعلاه.

الصور المتكونة بواسطة العدسة المحدبة: تتكون الصورة من تجمع الأشعة الخارجة من العدسة يمكن باستخدام الأشعة السابقة رسم الحالات المختلفة للصور المتكونة بواسطة العدسة المحدبة الأشكال السابقة و يلاحظ أن موضع و صفات الصورة يختلف باختلاف موضع الجسم بالنسبة للعدسة كما في الجدول التالي:

موضع الجسم من العدسة	موضع الصورة من العدسة	وصـف الصورة
١- بيداً جداً (في مالا نهاية)	عند البؤرة	حقيقية- مقلوبة- صغره جداً
٢- أبعد من ضعف البعد البؤري	بين البؤرة و ضعف البعد البؤري	حقيقية- مقلوبة- مصغره
٣-عند ضعف البعد البؤري	عند ضعف البعد البؤري	حقيقية-مقلوبة-مساويه للجسم
٤- بين البؤرة و ضعف البعد البؤري	أبعد من ضعف البعد البؤري	حقيقية- مقلوبة- مكبره
٥- عند البؤرة الأصلية	في مالا نهاية	بقعه مضيئة ثابتة المساحة
٦- على أقل من البعد البؤري	في نفس جهة الجسم	تقديرية – معتدلة – مكبره



الشكل (٥-٨) يوضح موضع الصورة وموضع الجسم

الصورة المتكونة بواسطة العدسة المقعرة:

يمكن تعيين موضع صورة الجسم (جـ د) باستخدام الشعاعين الآتيين في الشكل أدناه:

(١)شعاع يوازي المحور الأصلي ينفذ متفرقاً بحيث يمر امتداده بالبؤرة (ب).

(٢) شعاع يمر بالمركز البصري للعدسة ينفذ على استقامته.

و تكون (جـ/ د/) هي صورة الجسم (جـ د).

فإذا وضع الجسم علي أي بعد من العدسة المقعرة يكون موضع الصورة و في نفس الجهة الموجود بها الجسم و على بعد من العدسة أقل من بعدها البؤري. و تكون هذه الصورة تقديريه معتدلة مصغرة.

مقارنه بين خواص الصور الحقيقية و الصور التقديرية:

خواص الصور الحقيقية	خواص الصور التقديرية
١-تنتج عن تلاقي أشعة متجمعة	١- تنتج عند تلاقي امتداد أشعة متفرقة
٢- يمكن استقبالها على حائل	٢. لا يمكن استقبالها على حائل
٣-تقع أمام المرآة و خلف العدسة	٣- تقع خلف المرآة و أمام العدسة
٤-تكون مقلوبة بالنسبة للجسم	٤- تكون معتدلة بالنسبة للجسم

(٥.٥) القانون العام للعدسات:

يطلق هذا الاسم على العلاقة التي تربط بين بعد الجسم و بعد الصورة و البعد البؤري حيث أن بعد الجسم هو المسافة بين الجسم و المركز البصري للعدسة و رمزه (س) و بعد الصورة هو المسافة بين الصورة المركز البصري للعدسة و رمزه(ص). و البعد البؤري و هو البعد بين البؤرة الأصلية و المركز البصري للعدسة. و يرمز له بالرمز (ع).

استنتاج:

نفرض أن لدينا جسماً (أ د)موضوعاً علي بعد مناسب من عدسه محدبة الوجهين) و لتعيين موضع صورته (أ/ د/) نستخدم الشعاعين الآتيين:

١-شعاع (أ جـ) يوازي المحور الأصلي ينكسر ماراً بالبؤرة الأصلية (ب).

٢- شعاع (أ ط) يسقط على العدسة فينفذ على استقامته دون أي انكسار.في الشكل التالي:

من تشابه المثلثين (أ/ ط د/) (أ ط د)

نجد أن:

من تشابه المثلثين (أ د ب) (و ط ب)

نجد أن:

لكن القوس(جـ ط) =أ د

إذن

ومن (١) و(٢) ينتج أن

وبقسمة كل من طرفي المعادلة على (ص) ينتج أن

و هذا هو القانون العام للمرايا و العدسات. أي أن:

قاعدة الإشارات: عند تطبيق القانون العام للمرايا و العدسات على أي نقطة ضوئيه (مرآه أو عدسه) فقد إتفق على إعطاء إشارة معينة لكل بعد كما في الجدول الأتي (وهو مثال من عدة قواعد للإشارات):

البعد	**+**	**-**
بعد الجسم (س)	الجسم حقيقي	الجسم التقديري
بعد الصورة (ص)	الصورة حقيقية	الصورة تقديرية
البعد البؤري (ع)	القطعة الضوئية لامه	القطعة الضوئية المفرقه

التكبير: هو النسبة بين طول الصورة إلي طول الجسم

(٢) في الشكلين السابقين نجد من تشابه المثلثين أ/ د/ ط ، أ د ط أن:

إشارة التكبير: إذا فرضنا أن الجسم حقيقي دائماً فإن الجسم (س) يكون موجباً و علي ذلك تختلف إشارة التكبير باختلاف إشارة بعد الصورة(ص) كما يلي:

(١) إذا كانت الصورة حقيقية (ص موجبه) يكون التكبير(ت) موجباً و عندئذ تكون الصورة مقلوبة.

(٢) إذا كانت الصورة تقديرية (ص سالبه) يكون التكبير(ت) سالباً و عندئذ تكون الصورة معتدلة.

قوانين التكبير: يلاحظ من العلاقة (٣) أن:

إذن:

مع مراعاة إعطاء كل بعد إشارته وصف الصورة

يمكن وصف الصورة المتكونة للقطعة الضوئية الواحدة بمعرفة كل مما يأتي:

(١) إشارة بعد الصورة (ص)	+	الصورة حقيقي
	–	الصورة تقديرية
(٢) إشارة التكبير	+	الصورة مقلوبة
	–	الصورة معتدلة
(٣) القيمة العددية للتكبير	أكبر من ١	الصورة مكبره
	تساوي١	الصورة مساوية للجسم
	أصغرمن١	الصورة مصغرة

أمثلة محلولة:

مثال(١)

وضع سهم طوله ٨سم أمام مرآه مقعرة بعدها البؤري ١٢سمو على بعد ١٠سم منها. عين موضع صورته و طولها ثم صفها.

الحل

إذن: ص= -٦٠سم

ص سالبه(-) إذن الصورة تقديرية

إذن التكبير سالب ، الصورة معتدلة

طول الصورة تقديرية معتدلة مكبره و طولها ٤٨سم.

مثال(٢):

وضع جسم طوله ٥سم أمام مرآه كريه على بعد٥٠سم منها فتكونت له صوره على بعد ١٠سم خلف المرآة. عين نوع المرآة و نصف قطر تكورها و طول الصورة.

الحل

بما أن الصورة خلف المرآة إذن الصورة تقديرية حيث (ص) سالبه

إذن:

بما أن ع (البعد البؤري) سالبه إذن المرآة مفرقة(محدبه) و بعدها البؤري=١٢،٥سم

نصف قطر التكور (نق)=٢ع=٢x١٢،٥=٢٥سم

إذن الصورة معتدلة

مثال(٣):

وضع جسم على بعد معين من مرآه فتكونت له صوره ثلاثة أمثاله في الطول علي بعد ٢٠سم من المرآة. فما نوع المرآة وما بعدها البؤري؟

(أولاً): إذا كانت الصورة حقيقية.

(ثانياً)إذا كانت الصورة تقديرية.

أوجد بعد الجسم في كل من الحالتين

الحل

(أولاً) الصورة حقيقية

بما أن ص موجبة و تكون الصورة مقلوبة إذن التكبير موجب

إذن ع(البعد البؤري)=٥سم و المرآة لامه.

(ثانياً) الصورة تقديرية إذن ص سالبه و تكون الصورة معتدلة و ت سالبه.

إذن (البعد البؤري)=١٠سم و المرآة لامه.

مثال(٤):

وضع جسم طوله١٠سم علي بعد ٦٠سم من عدسة بعدها البؤري٢٠سم أوجد كل خواص الصورة.

(أ) إذا كانت العدسة محدبه (ب) إذاكانت العدسة مقعرة (مفرقه)

<u>الحل</u>

(أ) العدسة محدبه (لامه):

بما أن ص=+٣سم موجبه إذن الصورة حقيقية

بما ان التكبير موجب إذن الصورة مقلوبة

إذن الصورة حقيقية مقلوبة مصغره طولها ٥سم علي بعد ٣٠سم من العدسة.

(ب) العدسة مقعرة(مفرقة):

بما أن ص=-١٥سم ص سالبه إذن الصورة تقديرية

بما أن التكبير سالب إذن الصورة معتدلة

طول الصورة= تxطول الجسم

إذن الصورة تقديرية معتدلة مصغره طولها ٢،٥سم علي بعد ١٥سم من العدسة.

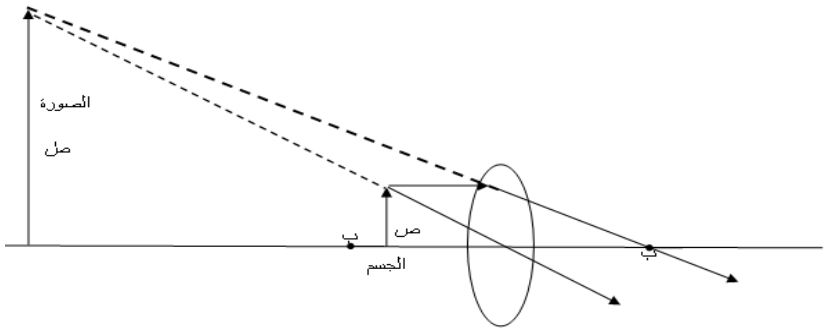
(٦.٥) الأجهزة البصرية:

الأجهزة البصرية هي أجهزة تهدف عادة إلي مساعدة العين في الرؤية الواضحة للأجسام و يعتمد وضوح الرؤية على نوع الأجهزة البصرية.

المجهر البسيط:

الغرض منه تكبير المرئيات الصغيرة. وهو جهاز يتركب من عدسه محدبه بعدها البؤري صغير نسبياً . و يوضع الجسم على بعد من العدسة أقل من بعدها البؤري فتكون العدسة لهذا الجسم صوره تقديرية معتدلة مكبره علي بعد منها يساوي بعد النقطة القريبة للعين أي على بعد ٢٥سم حتى تصبح الصورة واضحة و مكبره

لكن:

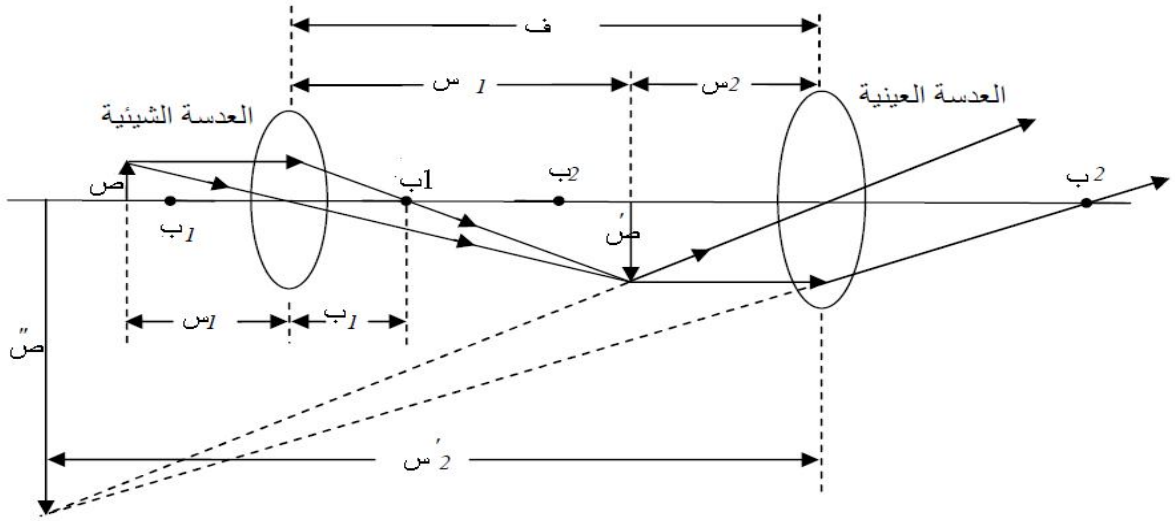


الشكل (٥-٩)

المجهر المركب:

هو جهاز يستخدم لرؤية الأجسام المتناهية في الصغر في عينات الدم و غيرها مثل الكائنات الدقيقة لأنه يعمل علي زيادة قو التكبير عن الميكروسكوب البسيط.

وهو يتركب من عدستين هما الشيئية و هي قريبة من الشيء المراد فحصه وهي عدسة لامه ذات بعد بؤري صغير (ع١). أما العدسة العينية في قريبة من العين. وهي عبارة عن عدسة لامه ذات بعد بؤري كبير نسبياً (ع٢). و تركب العدسات الشيئية و العينية في انبوبة معدنية تسمى القصبة. و يوضع الجسم المراد فحصه فوق فتحه صغيره تتوسط لوحه ثم يثبت بواسطة ماسكين. و يضأ الجسم بالضوء المنعكسة عن المرآة مقعرة.



الشكل (٥-١٠)

طريقة عمل المجهر المركب:

يوضع الجسم (أ جـ) المراد فحصه و طوله (ل) على بعد من الشيئية أكبر قليلاً من بعدها البؤري فتكون صوره له حقيقية مقلوبة مكبره (أ١ جـ١) طولها (ل١). تقع الصورة (أ١ جـ١) على من العينية اقل من بعدها البؤري فيتكون لها صوره أخرى تقديريه معتدلة مكبره (أ٢ جـ٢) مقلوبة بالنسبة للجسم الأصلي (أ جـ) أي أن العينية في المجهر المركب تعمل كمجهر بسيط بالنسبة للصورة الأولى (أ١ جـ١).

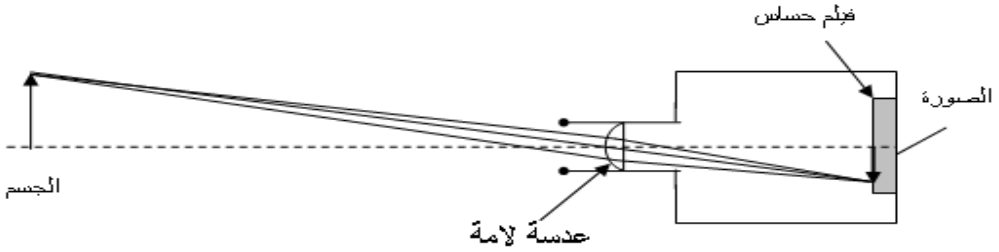
ملاحظات:

(١) تزداد قوة التكبير في الميكروسكوب المركب كلما قل البعد البؤري للعدسة الشيئية.

(٢) طول قصبه الميكروسكوب=ص١+س٢.

آلة التصوير

آلة التصوير عبارة عن عدسة لامة ، وصندوق معتم ، وفيلم حساس ، ويكون بعد الجسم المراد تصويره اكبر من البعد البؤري ، وتتكون له صورة مقلوبة على الفيلم كما في الشكلالتالي

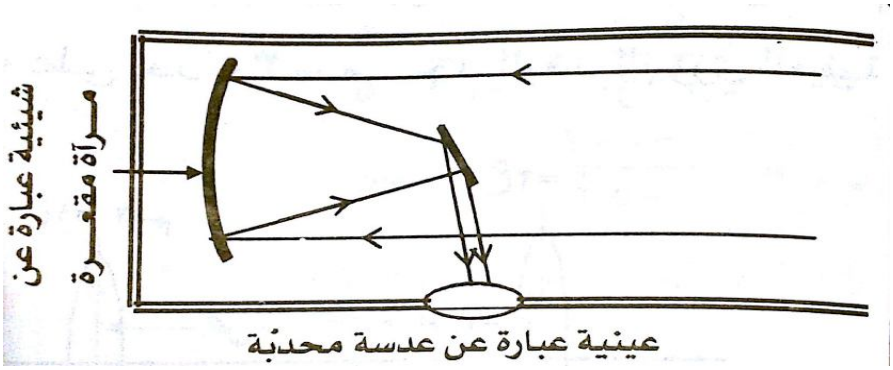


آلة التصوير

الشكل (٥-١١)

المنظار الفلكي (المرقب): الانعكاسي

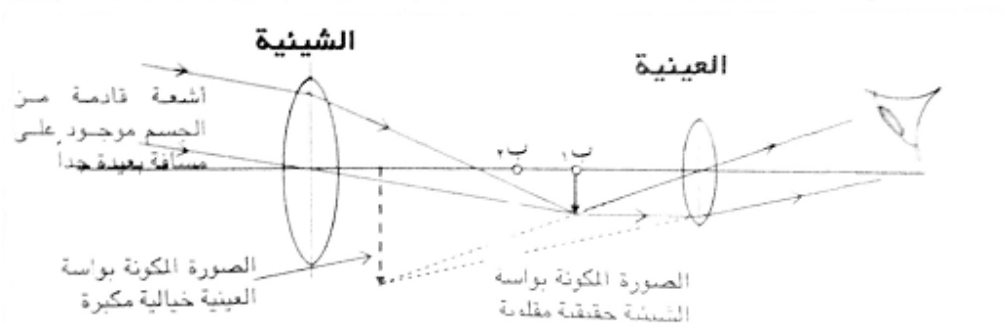
يستخدم لرؤية الأجسام البعيدةجداً و الأجرام السماوية مثل النجوم و القمر. و يتركب المنظار الفلكي من عدسة و مراة مقعرة. تسقط الاشعة من الاجرام السماوية فتتكون لها صورة على بؤرة هذه المرآة ، لرؤية هذا الصورة و تكبيرها يتم وضع مراة مستوية عاكسة تعكس الاشعة لتمر إلى العدسة العينية و هي عدسة محدبة . سمي إنعكاسي لانه يستخدم المرايا و المرايا تعمل على مبدءا انعكاس الضوء



الشكل (٥-١٢)

المنظار الفلكي (المرقب): الانكساري

يتركب من عدستين لامتين الاوله هي الشيئية و الاخرى هي العينية ، العدسة الشيئية عبارة عن عدسة محدبة ذات بعد بؤري كبير تكون صورة حقيقية مقلوبة مصغرة جدا تقع في بؤرتها هذه الصورة اما العدسة العينية تكون صورة خيالية معتدلة و مكبرة . سمي بالمنظار الانكساري لانه يستخدم العدسات و العدسات تعمل على مبداء انكسار الضوء



الشكل (٥-١٣) يوضح المنظار الفلكي (الإنكساري)

علل لما يأتي:

يفضل التلسكوب العاكس علي التلسكوب (المرقب) الكاسر عند استخدامه في الفلك؟

لأن التلسكوب العاكس يحتوي على مرايا مقعرة كبيره القطر يمكنها تجميع أكبر كميه من الضوء خاصة عندما تكون الأجرام السماويةبعيده جداً وإضاءتها ضعيفة.

ملحوظة:

تم بناء تلسكوب عاكس علي جبل بالومار بكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥١م يبلغ قطر مرآته ٢٠٠ بوصة في حين أن قطر أكبر تلسكوب كاسر في العالم يساوي ٤٠ بوصة فقط.

علامات التكبير لعدسة:

العدسات المستخدمة في الآت الإبصار يكتب عليها رقمان مثل (٣٥x٧) و يسمى هذان الرقمان بعلامات التكبير للعدسة و يجب ملاحظه أن:

(أ) يرمز الرقم الأول (٧) إلي التكبير.

(ب) يرمز الرقم الثاني (٣٥) إلي (قطر العدسة بالمليمتر).

تمرين الوحدة الخامسة المرايا والعدسات:

١-ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ ثم صححها :

أ- قطب المرآة الكريه هو النقطة التي تتوسط السطح العاكس للمرآة الكريه .

ب- البعد البؤري للمرآة الكريه يساوي ضعف قطر تكورها .

ج-الأشعة الساقطة على المرآة اللامة مارة بمركز تطورها تنعكس موازية للمحور الأصلي .

د- البؤرة الأصلية للمرآة المقعرة هي نقطة تجمع الأشعة الضوئية المتوازية والساقطة على المرآة موازية للمحور الأصلي بعد انعكاسها .

هـ- المحور الأصلي للعدسة هو المستقيم المار بمركزي تكور وجهيها.

و- عندما يكون بعد الجسم عن العدسة المحدبة أكبر من البعد البؤري وأقل من ضعف البعد البؤري تتكون له صورة حقيقية مقلوبة مصغرة على بعد يساوي ضعف البؤري .

ز- العدسة المقعرة تكون للأجسام صورة تقديرية معتدلة مصغرة جهة الجسم وعلى بعد من العدسة أقل من بعدها البؤري .

ح- بعد الصورة عن القطعة الضوئية يكون دائماً أكبر من بعد الجسم .

٢- علل :

- لا تصلح العدسة المقعرة لتكوين ميكروسكوب بسيط ؟

- يفضل التلسكوب العاكس على التلسكوب الكاسر عند استخدامه في علم الفلك ؟

- الشعاع الضوئي الساقط ماراً بالمركز البصري للعدسة لا يعاني إنكسار ؟

٣- عدسة محدبة بعدها البؤري ١٥سم وضع أمامها جسم على بعد ٦٠ سم أوجد بعد الصورة المتكونة ونوعها ثم أوجد التكبير ؟

٤- عدسة مقعرة بعدها البؤري ١٥ سم وضع أمامها جسم على بعد ٦٠سم أوجد بعد الصورة المتكونة ونوعها ثم أوجد التكبير ؟

٥- عدسة محدبة بعدها البؤري ١٥سم أوجد موضع ونوع الصورة المتكونة بواسطتها لجسم يقع عل بعد ٣٠سم منها وأحسب التكبير ؟

٦- وضع جسم على بعد ٣٠سم من عدسة فتكونت له صورة تقديرية معتدلة مصغرة في نفس الجهة التي يوجد بها الجسم وعلى بعد ٢٠سم من العدسة أوجد البعد البؤري للعدسة وبين نوعها ثم أحسب التكبير ؟

الوحدة السادسة

الذرة والنواة والإشعاع

الأهداف:

بعد دراسة الطالب لهذا الوحدة يتوقع يستطيع ان :

١. يعرف نماذج الذرة و يصف أطيافها.

٢. يشرح نظرية ماكس بلانك.

٣. يصف الظاهرة الكهروضوئية ويجرى تجربة لبيانها.

٤. يشرح نظرية بور.

٥. يعرف الأشعة السينية ويوضح استخداماتها.

٦. يعرف الليزر ويعدد خصائصه واستخداماته في المجالات المختلفة.

٧. يصف العناصر الأساسية لتركيب جهاز الليزر.

٨. يقارن بين الانبعاث التلقائي والانبعاث المستحث.

٩. يفسر ظاهرة النشاط الإشعاعي وأثره على البيئة.

١٠. يقارن بين دقائق ألفا وبيتا وأشعة جاما.

(٦-١) تمهيد:

منذ أن خلق الله آدم عليه السلام وعمرت ذريته الأرض بدأ تفكير الإنسان في طبيعة المادة لتوظيفها لعبادة الله وتعمير الأرض. ولا يعرف العلماء على وجه التحديد بداية نظريات المادة واستخداماتها التقنية. ولكن بعض الدراسات تدل على أن حضارة كرمة السودانية هي من أقدم الحضارات التي وظفت خواص المواد لاستخداماتها المختلفة. فاستخدمت النار لحرق الطين لصنع الفخار. كما استخدمت النار لصهر الحديد ولازالت آثار هذه الحضارة العظيمة موجودة شمال مدينة دنقلا في منطقة الدفوفة القريبة من كرمة.

وساد الاعتقاد في قديم الزمان أن المادة تتكون من أربعة عناصر هي الهواء والماء والتراب والنار. ثم اهتدى العلماء بعد ذلك إلى أن المادة تتكون من وحدات بنائية متماثلة سميت بالذرات. وقد أشار القرآن لوجود جسيمات أصغر وأورد كلمة الذرة التي تبين بعض التفاسير أنها أصغر شيء في قوله تعالى في **سورة الزلزلة «فمن يعمل مثقال ذرة خيراً يره ومن يعمل مثقال ذرة شراً يره».**

كما ورد في سورة يونس الآية (٦١) **«... وما يعزب عن ربك من مثقال ذرة في الأرض ولا في السماء ولا أصغر من ذلك ولا أكبر الا في كتاب مبين».**

وقد نزلت هذه الآيات في القرن الخامس الميلادي أي قبل أربعة عشر قرناً من اكتشاف أوروبا للذرة. وقد أوضحت هذه الآية أن هناك جسيمات أصغر من الذرة (ولا أصغر من ذلك). وهو عين ما اهتدى له العلماء في القرن العشرين الميلادي.

وتحدث عن الذرة بمعنى أصغر لبنة في المادة أبو الهذيل (١٣١هـ - ٧٤٨م) وكذلك هاشم الفوطى وإبن حزم.

وقد بدأت الدراسة العلمية للذرة عن طريق الكيميائيين في القرن ١٩ الذين وضعوا النظرية الذرية في النصف الثاني من القرن ١٩ ثم بدأ الفيزيائيين في الربط بين طبيعة الذرة وطبيعة الكهرباء حيث كان معروفاً منذ القرن ١٨ أن هناك كهرباء موجبة وأخرى سالبة وحوالي العام ١٩١٠ أجرى رذرفورد مجموعة من التجارب اتفق بعدها الفيزيائيين على إعتبار الذرة مجموعة شمسية تقوم فيها النواة بدور الشمس والإلكترونات بدور الكواكب.

(٦-٢) نماذج الذرة :

أصبح معروفا للعلماء أن أي مادة تتكون من وحدات بنائية متماثلة أسموها بالذرات. ثم أكتشف الألماني هيتورف عام ١٨٦٩م وجود دقائق صغيرة سالبة الشحنة عرفت فيما بعد بالالكترونات ثم تبع ذلك اكتشاف البروتون وهو جسيم موجب الشحنة وجسيم ثالث لا يحمل شحنة كهربية واسمه النيوترون. وأصبح معروفا أن أي ذرة تحوي إلكترونات سالبة الشحنة وبروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة.

ويعتبر نموذج طومسون للذرة من أوائل النماذج الذرية.ووفق هذا النموذج تعتبر الذرة عبارة عن كرة مصمتة متجانسة نوعا ما بحيث تتوزع الإلكترونات والبروتونات بداخلها. ولإختبار هذا النموذج قام رزرفورد عام ١٩١١م بتجربة سلط فيها إشعاع ذري على غشاء رقيق من الذهب. وأوضحت التجربة أن الذرة بها نواة موجبة تتركز فيها معظم كتلة الذرة وأن الإلكترونات توجد خارج النواة منتشرة في الفراغ الكبير المحيط بالنواة. وفي عام ١٩١١م أقترح بوهر نموذجا بين فيه أن الذرة بها نواة موجبة الشحنة بها البروتونات والنيوترونات وتدور حول هذه النواة الالكترونات كما تدور الكواكب حول الشمس.

(٦-٣) الأطياف الذرية وطبيعة الضوء

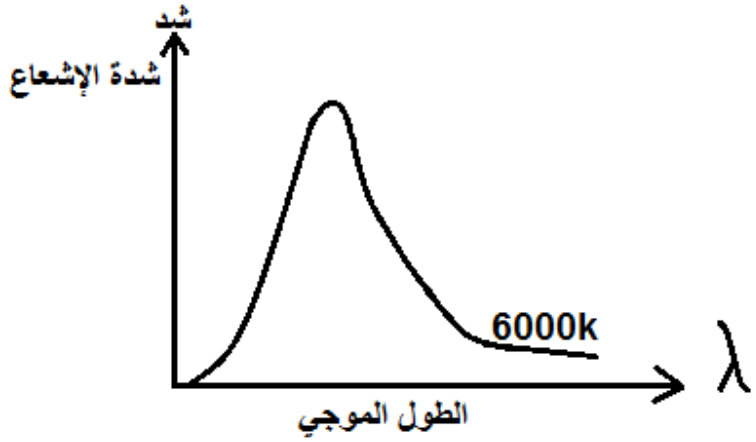
إذا أحدثنا تفريغ كهربي أو مرت شرارة كهربائية خلال غاز أو بخار جسم صلب بواسطة قطبين كهربائيين فرق الجهد بينهما عالٍ فإن ضوءاً يصدر بألوان طيف مختلفة من الغاز أو البخار بحيث يستخدم منشور أو محزوز حيود لفصل ألوان الطيف.

ورغم أن تركيب الذرة لم يكن معروفا قبل العام ١٩١١م إلا أن العلماء كانوا يعرفون الأطياف الصادرة عن الذرات مثل ذرة الأيدروجين (الهيدروجين) الذي يحوي اللون الأحمر والأخضر والأزرق والبنفسجي. وقد قام العالم بالمر بوضع صيغة رياضية لحساب الأطوال الموجية لألوان الطيف التي تصدر من ذرة الأيدروجين في الصورة

حيث تمثل ٨ الطول الموجي بينما يمثل ر مقدار ثابت يسمى بثابت ريدبرج. أما عد فهو عدد صحيح يمكن أن يأخذ القيم التالية

عد= ٣، ٤، ٥، .....

وكان العلماء يعرفون أيضا أن تسخين جسم معين يجعله يحمر أولاً لأنه يصدر ضوء بلون أحمر ثم تصدر ألوان الضوء ذات الترددات الأعلى تباعاً حيث تصدر الألوان الزرقاء والبنفسجية عند درجات الحرارة العالية. وتدل الرسوم البيانية للمنحنيات التي توضح علاقة طول موج الضوء وطاقته الإشعاعية المسماة بشدة الاستضاءة أن تشكل هذه المنحنيات واحد كما في الشكل (٦-٣-١)



شكل (٦-٣-١)علاقة شدة الإشعاع بالطول الموجي لجسم ساخن

وقد حاول العلماء تفسير هذه العلاقة باعتبار الضوء موجات إلا أن كل محاولاتهم باءت بالفشل. حتى تمكن ماكس بلانك من تفسير هذه العلاقة عام ١٩٠١م.

(٦-٤) نظرية ماكس بلانك الكمية :

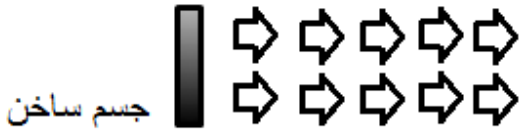
في عام ١٩٠١م استطاع العالم ماكس بلانك تفسير سلوك الضوء الصادر من الأجسام الساخنة. حيث أفترض أن ذرات المادة الساخنة تتذبذب لتشع الضوء في شكل دقائق متقطعة من الطاقة تسمى بالكمات. وسميت كل كمة فيما بعد بالفوتونات حيث تكون طاقة الفوتون هي

ط = طاقة الفوتون

هـ = $6{,}625 \times 10^{-34}$جول.ثانية = ثابت بلانك

ذ = تردد الضوء (الذبذبة)

ووجد العلماء أيضاً أن كمية حركة الفوتون (الاندفاع) يساوي



شكل (٦-٤-١) الفوتون كما تخيله بعض العلماء

ويقاس طول الموج بوحدات الأنجستروم والنانو حيث أن

1 أنجستروم $= 10^{-10}$ م، 1 نانو $= 10^{-9}$ م ، م≡ متر

أمثلة محلولة

مثال ١:

فوتون تردده 10^{18} هيرتز. أوجد طوله الموجي وطاقته علماً بأن

عـ = سرعة الضوء في الفراغ = 3×10^{8} م/ث

هـ = ثابت بلانك = $6{,}625 \times 10^{-34}$ جول.ثانية

الحل

من علاقة طول الموج والسرعة نجد أن

عـ = $\lambda \times$ ذ = 3×10^{8} م/ث ذ = 10^{18} هيرتز

طول الموج $\lambda = \frac{\text{عـ}}{\text{ذ}} = \frac{3 \times 10^{8}}{10^{18}} = 3 \times 10^{-10}$ متر $= 3$ أنجستروم

حيث أن 1 أنجستروم $= 10^{-10}$ م

ط = الطاقة = هـ ذ = 10^{18} $6{,}6 \times 10^{-34}$ = × $6{,}6 \times 10^{-16}$ جول

مثال (٢)

فوتون طول موجته ٣٠٠ أنجستروم. أوجد تردده وإندفاعه وطاقته .

الحل

طول الموج $\lambda = ٣٠٠ \times 10^{-10}$ م، عـ $= 3 \times 10^{8}$ م/ث ،هـ $= 10 \times ^{-34}$

6,6جول.ثانية

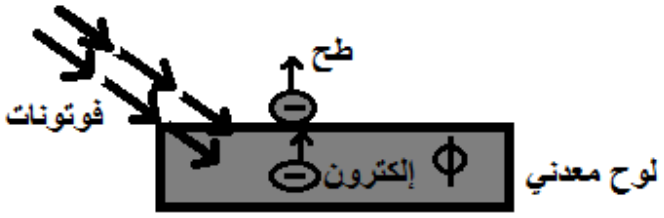
ذ = التردد = $\frac{عـ}{\lambda} = \frac{^{8}10\times3}{^{-10}10\times300} = 10^{16}$ هيرتز

كح = الاندفاع = $\frac{هـ}{\lambda} = \frac{^{-34}10\times6,6}{^{-10}10\times300} = 22 \times 10^{-27}$ كجم.م/ث

(٦-٥) الظاهرة الكهروضوئية

لاحظ العالم الألماني هيرتز عام ١٨٨٧م أن سقوط أشعة فوق بنفسجية على سطح معدن يؤدي لانبعاث إلكترونات من سطح هذا المعدن. ولاحظ العالم هولواش أيضاً أن لوح الزنك المشحون بشحنات سالبة يفقد شحنته عند إضاءته بأشعة فوق بنفسجية وقد تمكن ألبرت آينشتاين من تفسير هذه الظاهرة على ضوء نظرية بلانك الكمية وتسمى هذه الظاهرة بالظاهرة الكهروضوئية لأن بعض الالكترونات التي تولد الكهرباء تنبعث بفعل الضوء.

وقد بين آينشتاين أن الفوتون الساقط على سطح معدن يتم امتصاصه بواسطة إلكترون. حيث يمتلك الإلكترون طاقة الفوتون ويستنفذ جزء منها في التحرر من سطح المعدن وتسمى هذه الطاقة طاقة الربط بينما يتحول الجزء الباقي من طاقة الفوتون لطاقة حركية للإلكترون.



شكل (٦-٥-١) الظاهرة الكهروضوئية

وحسب قانون حفظ الطاقة فإن

طاقة الفوتون = طاقة الربط + طاقة حركة الإلكترون

هـ ذ = ∅ + طح

حيث تمثل

∅ = طاقة ربط المعدن (دالة الشغل)

طح = $\frac{1}{2}$ ك$ع^2$ = طاقة حركة الإلكترون

ك = كتلة الإلكترون

ع = سرعة الإلكترون

أمثلة محلولة

مثال (١)

دالة شغل الصوديوم تساوي ٢ إلكترون فولت أحسب طاقة حركة الإلكترون عندما يضاء الصوديوم بأشعة طولها الموجي ١٥٠ نانومتر.

الحل

معطى: ١ إلكترون فولت = ١,٦ × 10^{-19} جول

∅= دالة الشغل = ٢ إلكترون فولت = ٢ × ١,٦ × 10^{-19} = ٣,٢ × 10^{-19} جول

λ = طول الموج = ١٥٠ نانومتر = ١٥٠ × 10^{-9} م

هـ = ثابت بلانك = 6,6 ×10^{-34} جول.ثانية

مطلوب: طح = طاقة حركة الإلكترون

البرهان: من قانون الكهروضوئية هـ ذ = ϕ + طح

ذ = $\frac{ع}{\lambda}$ = $\frac{3\times10^{8}}{150\times10^{-9}}$ = $10^{16}\times\frac{1}{5}$ = $10^{15}\times\frac{10}{5}$ = ٢×10^{15} هيرتز

طح = هـ ذ - ϕ = 6,6 ×10^{-34} × 10^{15} × 2 − 3,2 × 10^{-19}

= 13,2 × 10^{-19} − 3,2 × 10^{-19} = 10 × 10^{-19} جول

مثال (٢)

أضيء معدن السيزيوم بضوء طوله الموجي $4,5 \times 10^{-7}$ م فإذا كانت طاقة حركة الإلكترون الصادر منه هي $1,4 \times 10^{-19}$ جولفأوجد دالة الشغل (طاقة ربط) السيزيوم.

الحل

$4,5 \times 10^{-7}$ م = λ ، طح = $1,4 \times 10^{-19}$ جول

عـ = 3×10^{8} م/ث ، هـ =$6,6 \times 10^{-34}$ جول.ثانية

إيجاد التردد:

10^{15} هيرتز

هـ ذ = طح + Ø إذن

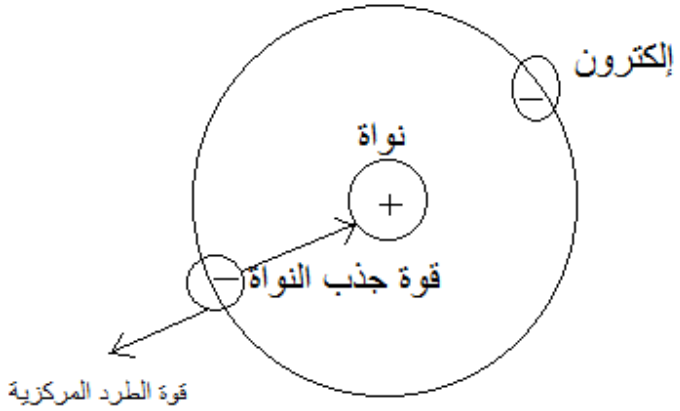
ϕ = هـ ذ − طح = $6,6 \times 10^{-34} \times \frac{2}{3} \times 10^{15} - 1,4 \times 10^{-19}$

$= 4,4 \times 10^{-19} - 1,4 \times 10^{-19} = 3 \times 10^{-19}$ جول

$\emptyset = \frac{3 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,9$ إلكترون فولت

(٦-٦) نظرية بوهر الذرية والأطياف

طرح نيلز بوهر نموذج جديد للذرة عام ١٩١٣م . ووفق نموذجه تتكون الذرة من نواة موجبة بها بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة. وتدور حول النواة إلكترونات سالبة الشحنة عددها يساوي عدد البروتونات.



شكل (٦-٦-١) الذرة وفق نموذج بوهر

وتدور هذه الإلكترونات حول النواة في مدارات ثابتة معينة لها طاقة معينة حيث تكون طاقة المستوى عد في الصيغة

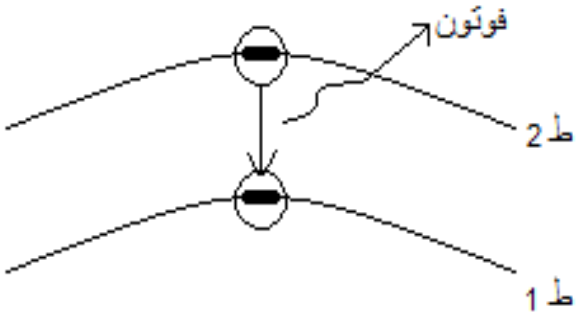
$ط_{عد}$ = طاقة المستوى عد .

حيث تمثل

عد = z =العدد الذري =عدد البروتونات

عد = ١,٢,٣،..... (عدد صحيح موجب يسمى العدد الكمي المداري).

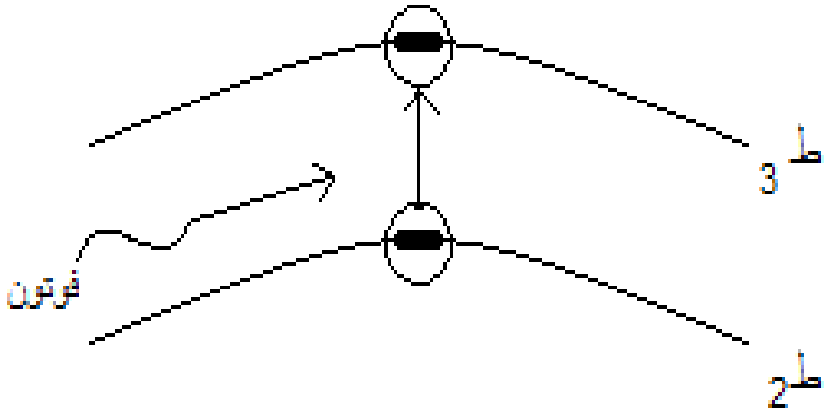
وافترض بوهر أن الإلكترون لا يشع أو يمتص طاقة طالما كان في مداره. ولكنه يشع فوتون عندما ينتقل من مستوى طاقة أعلى مثل $ط_2$ لمستوى طاقة أدنى مثل $ط_1$



شكل (٦-٦-٢) إلكترون يشع فوتون عند انتقاله من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى أدنى

وتكون طاقة الفتون مساوية للفرق في لبطاقة بين المستويين. أي أن

وينتقل الإلكترون من مستوى طاقة أدنى مثل $ط_2$ لآخر أعلى مثل $ط_3$ عندما يمتص فوتون طاقة تساوي



شكل (٦-٦-٣) إلكترون يمتص فوتون لينتقل من**ط2** إلى**ط3**

وقد استطاعت نظرية بوهر تفسير ظاهرة أطياف الذرات وهي مجموعة من الفوتونات أو الألوان ذات الترددات المختلفة التي تظهر في شاشة المنشور أو المحزوز في هيئة خطوط ملونة تسمى بطيف الذرة.

فالمعروف أن ذرة أي عنصر لها مستويات طاقة معينة مختلفة عن مستويات طاقة ذرات العناصر الأخرى. لذا فإن انتقال الإلكترونات من المستويات العليا للدنيا لأي عنصر

يؤدي لإصدار فوتونات بترددات وألوان تميز كل عنصر عن بقية العناصر. وتسمى هذه الألوان والترددات للعنصر بطيف ذلك العنصر.

وقد استفاد العلماء من ظاهرة الطيف الذري في عمليات استكشاف الثروات المعدنية التي يزخر بها كوكب الأرض. حيث تقوم آلات تصوير خاصة باستقبال الأطياف الصادرة من ذرات المعادن الموجودة في الأرض ليتم معرفة أطوالها الموجية. ثم تتم مقارنتها مع الأطوال الموجية التي تتنبأ النظرية الذرية الكمية بصدورها من ذرة كل عنصر وبعد ذلك تتم معرفة المعادن الموجودة في منطقة معينة عن طريق هذه الآلات التي تركب في طائرات أو أقمار اصطناعية خاصة. وتسمى هذه العملية بالاستشعار عن بعد.

واستفاد العلماء أيضاً من نظرية الإشعاع الفوتوني الذري في توليد الضوء في المصابيح الكهربائية التوهجية (النيون) حيث تصطدم إلكترونات التيار الكهربي بمزيج من ذرات الأرجوان والزئبق فتنتقل إلكتروناتها من المستوى الأرضي لمستوى إثارة أعلى. ويهبط هذا الإلكترون بعد فترة للمستوى الأرضي فيصدر فوتونات فوق بنفسجية لتمتصها ذرات مادة توهجية يطلى بها جدار أنبوب المصباح فتنتقل إلكتروناتها للمستوى المثار وعند هبوطها للمستوى الأرضي تشع ضوء مرئي.

أمثلة محلولة

مثال ١:

أوجد قيمة طاقة المستوى الأول والثاني لذرة الأيدروجين.

الحل

ذرة الأيدروجين تحوي بروتون واحد عد = Z = ١

وعليه تكون صيغة الطاقة

$$ط_{عد} = -\frac{13,6 \times عد^2}{عد^2} = ط_{عد} = -\frac{13,6}{عد^2} \text{ إ.ف}$$

إ.ف = إلكترون فولت

طاقة المستوى الأول عد = ١

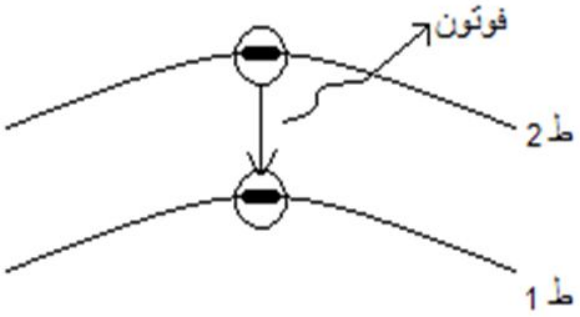
$$ط_1 = -\frac{13,6}{(1)^2} = -13,6 \text{ إ.ف}$$

$ط_2 = -\frac{13,6}{(2)^2} = -\frac{13,6}{4} = -3,4$ إ.ف

مثال (٢)

أحسب تردد وطول موج الفوتون الصادر من انتقال الإلكترون من المستوى الثاني للمستوى الأول.

$ط_1 = -13,6$إ.ف $ط_2 = -3,4$ إ.ف



$= 10,2 \times 1,6 \times 10^{-19}$ جول

التردد $= ذ = \frac{10^{-19} \times 1,6 \times 10,2}{10^{-34} \times 6,6} = 24 \times 10^{14}$ هيرتز

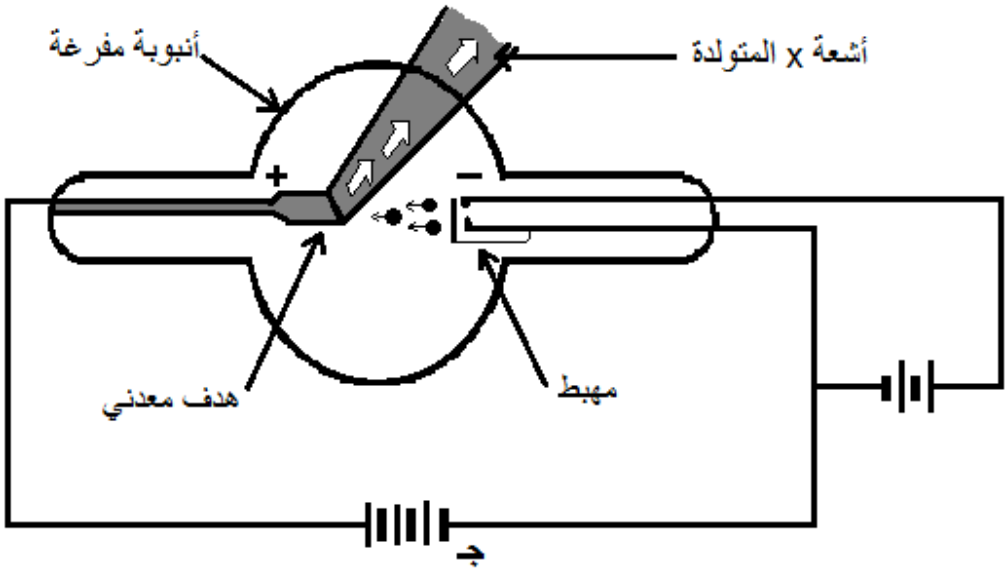
طول الموج $= \frac{ع}{ذ} = \frac{3 \times 10^{8}}{24 \times 10^{14}} = \frac{1}{8} \times 10^{-6} = \frac{100 \times 10}{8} \times 10^{-9}$

$= 25 \times 5 \times 10^{-9} = 125 \times 10^{-9} = 125$ نانومتر

(٦-٧) أشعة X

في عام ١٨٩٥م لاحظ وليام رونتجن أشعة مجهولة قوية تتولد عندما تصطدم إلكترونات سريعة بجسم مادي وتتميز هذه الأشعة بأنها تتحرك في خط مستقيم ولا تتأثر بالمجال الكهربي والمغنطيسي وطبقاً لهذه الخصائص فإنه يمكن اعتبار أشعة X موجات كهرومغناطيسية. وهذا يتفق مع النظرية الكهرومغناطيسية والتي تنص على أن الجسيمات

المشحونة التي تسير بعجلة تصدر موجات كهرومغناطيسية. وفي حالتنا هذه فإن الإلكترونات السريعة تتوقف وتسكن عندما تصطدم بهدف معدني وبالتالي ستكسب عجلة تناقصية. كما يمكن فهم تولد الأشعة السينية على ضوء قانون بقاء الطاقة حيث أن الإلكترون السريع المتحرك عندما يسكن عند اصطدامه بهدف فإن الطاقة التي يفقدها الإلكترون تظهر في صورة أشعة X.وسميت هذه الأشعة المجهولة بأشعة X لأن المقدار المجهول نرمز له في علم الرياضيات بالرمز X.



شكل (٦-٧-١) جهاز توليد أشعة X

ويتركب جهاز توليد الأشعة السينية من قطب سالب يقذف سيلاً من الإلكترونات من المهبط وهو معدن يقوم بقذف الإلكترونات عندما يتم تسخينه بواسطة فتيل (وهو سلك مثل سلك التنجستين المستخدم في المصابيح) ويعمل فرق الجهد المسلط جـ بين القطب السالب والهدف المعدني على تحريك وتعجيل الإلكترون بسرعة عالية نحو الهدف الذي يصطدم به الإلكترون ويتوقف لتتحول طاقته الحركية لطاقة على شكل أشعة سينية كما بالرسم.

وتفسر ظاهرة تولد الأشعة السينية على ضوء النظرية الكمية باعتبار أن تولد الأشعة السينية ناتج من تحول الطاقة الحركية للإلكترون إلى طاقة كهرومغناطيسية تظهر في شكل فوتون

تردده ذ ويعبر عن أشعة X حيث يتولد فوتون واحد تردده ذ عندما يعطي الإلكترون الساقط كل طاقته لهذا الفوتون في هذه الحالة تكون:

طاقة الفوتون = طاقة الإلكترون الحركية

ويكتسب الإلكترون طاقته من الشغل و البطارية ذات الجهد جـ لتحريك الإلكترون ذو الشحنة ش$_{إ}$ وعليه تكون

ويستفاد من أشعة X في التصوير الطبي لمعرفة مواضع كسور العظام. وهناك تقنية جديدة تسمى بأشعة X المقطعية تستخدم في تشخيص الأمراض ببعض الأنسجة الرخوة بالجسم والتي تتكون من الشحوم واللحم. كما تستخدم أشعة X في التعرف على العيوب الموجودة في المعادن والأجهزة والمنشآت. كما تستخدم في المطارات لفحص الأمتعة والحاويات.

مثال (١)

أوجد فرق الجهد اللازم لتوليد أشعة سينية بطول موجي ٣ أنجستروم. علما بأن

هـ $= 6{,}6 \times 10^{-34}$ ش$_{إ}$ $= 1{,}6 \times 10^{-19}$ جول.ثانية عـ $= 3 \times 10^{8}$ م/ث

وأوجد طاقة حركة الإلكترون.

الحل

$= 4{,}1 \times 10^{3}$ فولت $= 4100$ فولت

(٦- ٨) أشعة الليزر

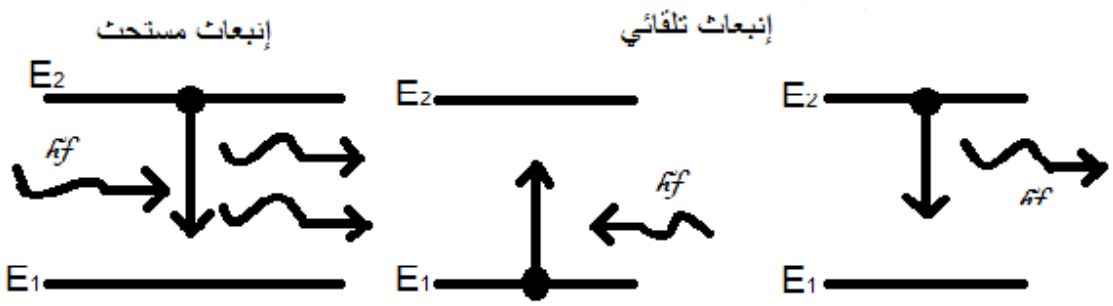
في عام ١٩١٧م بين آينشتاين نظرياً أن إسقاط فوتون على ذرة مثارة (بفعل وجود إلكترون في مستوى مثار) يجبر الذرة على إشعاع فوتون بنفس تردد و اتجاه الفوتون الساقط بشرط أن تكون طاقة الفوتون الساقط مساوية للفرق بين طاقة المستوى المثار (الأعلى) والمستوى الأرضي (الأدنى). وهذا يعني أن سقوط مثل هذا الفوتون على ذرة مثارة سيجبرها على إصدار فوتون بنفس تردد واتجاه الفوتون الساقط. وعند سقوط هذين الفوتونين على ذرتين يصدر منهما فوتونان آخران. فتسقط هذه الأربعة فوتونات على أربعة ذرات لتخرج في النهاية ثماني فوتونات وهكذا يستمر تضاعف عدد الفوتونات حتى يصبح عددها كبير جداً مكوناً أشعة ذات طاقة عالية سميت بأشعة الليزر فيما بعد والذي تم توليده أول مرة بعد أكثر من ٣٠ عام من فرضية آينشتاين. كلمة ليزر تمثل الحروف الأولى من كلمات الجملة التالية:

Light **A**mplification of **S**timulated **E**mission of **R**adiation (LASER).

وتعني تقوية الضوء بانبعاث الإشعاعي المستحث (المنشط). وأشعة الليزر هي حزمة رفيعة من الأشعة بالغة الشدة والكثافة تحتفظ بشدتها مركزة لمسافات بعيدة. وتتولد أشعة الليزر بواسطة الذرات التي عندما تمتص كمية من الطاقة تنتقل من الحالة المستقرة (المستوى الأرضي E_1) التي تمكث فيه زمناً طويلاً إلى الحالة المثارة حيث تنتقل إلى مستويات طاقة أعلى مثل E_2 وE_3 وهي تسمى بمستويات الإثارة ولا يمكث الإلكترون فترة طويلة في هذه المستويات بل يمكث فترة معينة من الزمن تسمى بالعمر الزمني للمستوى وتتميز بعض مستويات الإثارة بأن لها عمر زمني أطول وتسمى (مستويات شبه مستقرة) وتتم إثارة الذرة عندما تمتص فوتونات أو تصطدم بذرة أخرى تحوي فائضاً من الطاقة ومن نفس النوع أو بإمرار فيض من الإلكترونات وعندما تعود الذرة المثارة إلى حالتها المستقرة فإنها تتخلص من طاقة الإثارة بإشعاعها على شكل فوتون وهناك نوعان من الإشعاعات الصادرة من الذرة المثارة هما

أ- الإشعاع التلقائي عند قذف الذرة بفوتون فإنه ينتقل من المستوى الأرضي لأحد مستويات الإثارة وعندما تعود الذرة للمستوى الأرضي فإنها تشع فوتون له نفس تردد الفوتونات الساقطة ويسمى هذا الإشعاع بالإشعاع التلقائي.

ب- الإشعاع المستحث: إذا أسقطنا فوتون طاقته تساوي طاقة الإثارة على ذرة مثارة فعلاً فإن هذا الفوتون يجبر الذرة على إشعاع فوتون بنفس تردد واتجاه وطور الفوتون الساقط فتتولد موجتان متطابقتان لهما نفس التردد والاتجاه والطور تنتج عنهما موجة قوية أي ضوء قوي ويسمى هذا بالإشعاع المستحث وهذه الأشعة القوية هي أشعة الليزر.



شكل (٦-٨-١) الإنبعاث التلقائي والمستحث

(٦ – ٩) ليزر الياقوت المطعم بالكروم

يتركب من ثلاثة أجزاء رئيسية :

١- المجموعة العاكسة: وهي قاعدتي الأسطوانة طليت إحداها بالفضة لتعمل كمرآة عاكسة وطليت الأخرى بطبقة رقيقة من الفضة لتعمل كمرآة نصف عاكسة.

٢- المادة المنشطة : وهي بلورات ياقوت اسطوانية من أكسيد الألمنيوم المطعم بالكروم بكمية صغيرة.

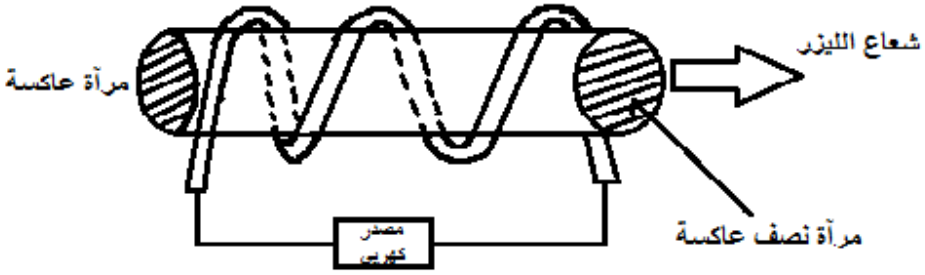
٣- مجموعة الإثارة: عبارة عن أنبوبة تفريغ غازي حلزونية تحيط بالياقوت وسبب إختيار الكروم هو أن مستويات الطاقة E_3 و E_4 فيها عبارة عن أشرطة عريضة مما يعني أن الكروم يمكن إثارته باستخدام قيم عديدة للطاقة. كما أن المستوى E_2 شبه مستقر لذا يأخذ فيه الإلكترون زمن أطول.

طريقة عمل ليزر الياقوت:

يعمل الضوء الأبيض الصادر من أنبوب التفريغ على إثارة ذرة الكروم إلى المستويين E_3 و E_4 ثم تهبط الالكترونات تلقائياً للمستوى شبه المستقر E_2 وتعطي طاقتها للبلورة فتظهر على شكل طاقة حرارية ثم يسقط عدد قليل من الإلكترونات من المستوى E_2 للمستوى الأرضي E_1

تلقائياً فيتولد بالإشعاع التلقائي بعض الفوتونات التي يكون اتجاه بعضها غير موازي لمحور الاسطوانة وهذه تمتصها البلورة.

أما الفوتونات الموازية لمحور الأنبوبة فإنها تنعكس من قاعدتي الاسطوانة وتعبر الاسطوانة جيئة وذهابا إلى أن يصطدم إحداها بأيون كروم فيستحثه ليتولد فوتونات لها نفس التردد والاتجاه وتستحث الفوتونات أيونين أخريين من الكروم فينتج أربعة فوتونات متحدة في الطور والاتجاه وهكذا تقوى الأشعة بالانبعاث المستحث وتخرج نسبة منها خلال المرآة نصف العاكسة مكونة أشعة الليزر.



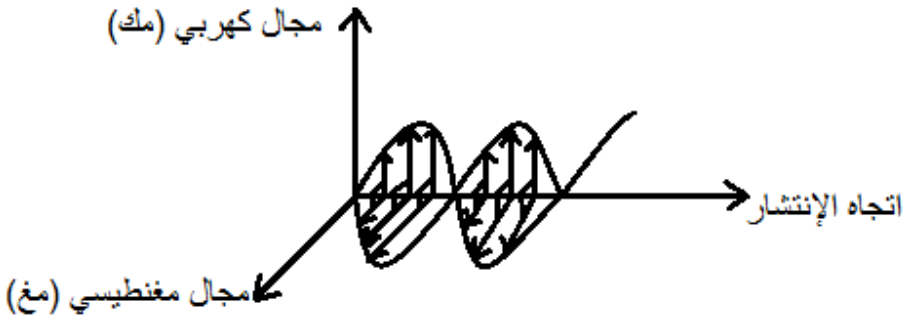
شكل (٦-٨-٢) جهاز توليد أشعة الليزر

وقد أشار الرسول (ص) في حديث ورد في كتاب كنز العمال لأشعة تنطبق خصائصها على شعاع الليزر. حيث تحدث عن أن: (الحجر والمقام من يواقيت الجنة ولولا أن طمس الله نورهما لأضاء مابين المشرق والمغرب).

(٦-٩)الأشعة الكهرومغناطيسية

يؤدي انتقال الإلكترونات من مستويات الطاقة العليا للمستويات الدنيا في الذرات لصدور فوتونات وموجات كهرومغناطيسية منها وهذه الموجات الكهرومغناطيسية تقع في نطاق الضوء المرئي. ويؤدي تذبذب الإلكترونات داخل الموصلات الى تولد نوع آخر من أنواع الموجات الكهرومغناطيسية يسمى بموجات الراديو وهي ذات طول موجي كبير.

وتنقسم الموجات الكهرومغناطيسية لعدة أنواع حسب طولها الموجي وترددها. وسميت هذه الموجات بالموجات الكهرومغناطيسية لأنها عبارة عن أمواج من المجال الكهربي تتعامد عليها أمواج من المجال المغنطيسي كما بالشكل أدناه.



شكل (٦-٩-١) الأمواج الكهرومغناطيسية

وتنقسم الموجات الكهرومغناطيسية للأنواع الآتية:

١- أشعة غاما(γ) وطولها الموجي يقل عن 10^{-11} متروترددها يزيد عن 10^{19} هيرتز.

٢- أشعة X ويتراوح ترددها بين 10^{15} إلى 10^{19} .

٣- الأشعة المرئية: ويتراوح ترددها بين 10^{14} و 10^{15} هيرتز وما يزيد ترددها عن 10^{15} مباشرة يسمى بالأشعة فوق البنفسجية، أما ما يقل تردده مباشرة عن 10^{14} فيسمى بالأشعة تحت الحمراء.

٤- موجات الراديو: وتشمل موجات الراديو والموجات الدقيقة (المايكروويف) ويتراوح ترددها بين 10^{8} إلى 10^{12} هيرتز.كما يشمل موجات الراديو القصيرة وطولها الموجي يتراوح بين 10^{-1} و 10^{2} متر والموجات المتوسطة وطولها الموجي يتراوح بين ٢٠٠ إلى ٥٠٠ متر أما الموجات الطويلة فطولها الموجي بالكيلو مترات.

(٦ -١٠) تركيب النواة

توجد النواة في مركز الذرة وهي موجبة الشحنة وتحتوي النواة على نوعين أساسين من الجسيمات الأولية هي البروتون (Proton) والنيوترون (Neutron) ويطلق على جسيمات النواة إسم النيوكلونات (Nucleons) أو نويات فالبروتون يسمى نيوكلون وكذلك التيوترون يسمى نيوكلون أو نوية لأنها من مكونات النواة.

وتكون الذرة في حالتها العادية متعادلة كهربياً . وهذا يعني أن عدد البروتونات مساوي لعدد الإلكترونات ولكي نعبر عن مكونات النواة بصورة رياضية فإننا نستخدم بعض الرموز للتعبير عن مقاديرها الفيزيائية المختلفة وهي:

i. عدد النيكلونات في النواة ونرمز له بالرمز A ويسمى (A) بعدد الكتلة (mass number)

عدد البروتونات + عدد النيوترونات = A.

ii. عدد البروتونات في النواة ونرمز له بالرمز Z ويعبرZ عن شحنة النواة ويسمى بالرقم الذري. عدد البروتونات = Z

iii. عدد النيوترونات ونرمز له بالرمز N

ومن هذه التعريفات نجد أن

$$A= N+Z$$

فإذا فرضنا أن الرمز الكيميائي للعنصر هو فإن نواة ذرة هذا العنصر يمكن كتابتها في الصيغة ويوضح الجدول أدناه بيانات تخص أنويه عدد من العناصر .

العنصر	رمزه الكيميائي	الرقم الذري Z	عدد الكتلة A	رمز النواة
هليوم	He	2	4	
كربون	Co	27	57	
يورانيوم	U	92	235	

وهناك تشابه بين بعض الأنوية في الخواص مما يتوجب إعطاءها مسميات خاصة ومثال ذلك

i. النظائر المتماثلة (Nuclides) هي الأنوية التي تشترك في تركيب خاص للنيوترونات والبروتونات.

ii. النظائر (Isotopes) هي الأنوية التي لها نفس الرقم الذري Z كما في نظائر $^{17}_{8}O$ و $^{16}_{8}O$ الأوكسجين الخفيف والثقيل.

iii. النظائر الكتلية (Isobars) هي الأنوية التي لها نفس عدد الكتلة A وتختلف في الرقم الذري Z مثال نواة ذرة الأوكسجين $^{17}_{8}O$ مع نواة ذرة الفلور $^{17}_{9}F$.

iv. النظائر النيوترونية (Isotones) هي الأنوية التي لها نفس عدد النيوترونات N وتختلف في عدد الكتلة A مثال $^{19}_{9}F_{8}$ ، $^{16}_{8}O_{8}$.

وقد وجد العلماء أن هناك أنويه مستقرة لا تصدر عنها أشعة وهي موزعة في الطبيعة كالاتي:

i. أنويه يكون فيها عدد البروتونات زوجي (زوجي=Z)وعدد النيوترونات زوجي أيضاً أي أن (زوجي=N) وعدد هذه الأنوية ١٦٣ نواة.

ii. أنويهيكون فيها عدد البروتونات زوجياً (زوجي=Z) بينما عدد النيترونات فرديا أي ان (فردي=N) وعدد هذ الأنوية حوالي ٥٧ نواة.

iii. أنوية يكون فيها عدد البروتونات فردياً (فردي=Z)وعدد النيوترونات زوجياً (زوجي=N) وهي حوالي ٥٠ نواة.

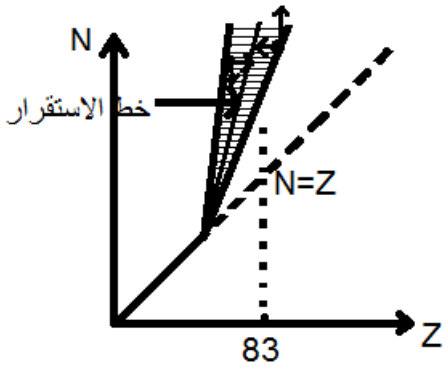
iv. أنوية يكون فيها عدد البروتونات فردياً (فردي=Z)وعدد النيوترونات فردياً (فردي=N) وعددها حوالي ٤ أنوية .

v. برغم ذلك فالأنوية تختلف في درجة الاستقرار فقد وجد أن الأنوية (زوجي – زوجي) أكثر استقراراً من أنوية (زوجي – فردي) وأنوية (فردي – زوجي) كما وجد أن النواة تكون أكثر استقراراً ولها درجة ثبات أكبر إذا كان عدد البروتونات أو عدد النيوترونات أحد الأرقام الزوجية ٢,٨,٢٠.٢٨,٥٠,٨٢,١٢٦

وقد سميت الأرقام بالأرقام السحرية (Magic numbers) فمثلاً نواة الكريبتون $^{86}_{36}Kr_{٥٠}$. هي أكثر ثباتاً واستقراراً من نواة النظير الآخر $^{84}_{36}Kr_{٤٨}$ لإحتواء رمز نواة الكريبتون على الرقم السحري ٥٠وهكذا فإن الأنوية المستقرة تماماً هي التي تحتوي على رقمين سحريين كما في نواة الهيليوم $^{4}_{2}He_{٢}$ ونواة الأوكسجين $^{16}_{8}O_{٨}$ ونواة الكالسيوم $^{40}_{20}Ca_{٢٠}$. ونواة الرصاص $^{208}_{92}Pb_{١٢٦}$.

وإذا رسمنا علاقة بيانية بين عدد البروتونات (Z) على محور السينات وعدد النيوترونات (N) على محور الصادات لجميع الأنوية المستقرة المعروفة فإننا نجد أن جميع الأنوية تقع على أو

(قريبة من) خط ينحرف قليلاً إلى أعلى كلما زادت Z عن الخط الذي يمثل N=Z كما في الشكل الأتي:



حيث نلاحظ أن:

(١) النسبة بين عدد النيوترونات الى عدد البروتونات تزداد على خط الإستقرار من ١ الى ١٠٥ عندما تصبح Z = 100 ، N = 150 .

(٢) عند القيم الصغيرة للرقم الذري Z نلاحظ أن الأنوية الثابتة تحتوي على عدد من البروتونات مساوياً لعدد النيوترونات ومثال ذلك نواة الهيليوم (^4_2He) .

وهذا الخط يسمى بخط الاستقرار (Line of stability) حيث أن جميع الأنوية التي تقع عليه أو قريبة منه تكون ثابتة ومستقرة. أما الأنوية التي تقع فوق هذا الخط أو تحته فهي أنوية غير ثابتة (أي غير مستقرة) وتنحل بواسطة الإنحلال الإشعاعي ، أما الأنوية التي تقع بعيدة جدا عن هذا الخط فهي لا توجد في الطبيعة ويلاحظ أن خط الإستقرار ينتهي عندما Z=83 . أما الأنوية التي لها رقم ذري كبير فهي عادة ما تكون غير مستقرة وتنحل بواسطة الإنحلال الإشعاعي.

ويمكننا تفسير الانحلال الإشعاعي للأنوية غير المستقرة من خط الثبات حيث أن الأنوية التي لا تقع على خط الثبات هي إما :

(أ) تقع على الجانب الأيسر من خط الثبات وهذا يعني أنها تحتوي على نيوترونات زائدة فهي أنويه غير ثابتة (مشعة) ويمكنها أن تصبح ثابتة إذا ما تحول أحد النيوترونات الى بروتون حيث يقل في هذه الحالة عدد النيوترونات N بمقدار واحد في الوقت الذي يزداد فيه عدد البروتونات Z بمقدار واحد.

(ب) أنويه تقع على الجانب الأيمن من خط الثبات تحتوي بروتونات زائدة ويمكن أن تصبح مستقرة إذا ما تحول البروتون الى نيوترون.

(٦ – ١١) النشاط الإشعاعي

يعتبر النشاط الإشعاعي من الاكتشافات الخطيرة التي أدت لتطور معلومات الذرة وتركيبها. وقد تم اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي على يد هنري بيكرل في أوائل العام ١٨٩٦م وهذه الظاهرة ناتجة من انطلاق إشعاعات من ال١رة النشطة. وكان أول من أطلق هذا الإسم هي مدام كوري عام ١٨٩٨م وقد كان اهتمام الباحثين حينهاموجهاً لمعرفة طبيعة هذه الإشعاعات وقد أتبعت طريقتين للتميز بين الإشعاعات وهما قياس انحراف الإشعاعات بتأثير المجالين المغنطيسي والكهربي ثم اختبار مقدرة الإشعاعات على اختراق المواد المختلفة. وقد دلت هذه الاختبارات على أن هناك ثلاث إشعاعات مختلفة تنطلق من المواد المشعة هي دقائق ألفا α ودقائق بيتا β وأشعة غاما γ.

وتحدث ظاهرة النشاط الإشعاعي في الأنوية ذات الكتل الكبيرة فتتخلص النواة من الكتلة الزائدة بالإشعاع كما تحدث في الأنوية المثارة ذات الطاقة الزائدة وتحدث ظاهرة النشاط الإشعاعي أيضا في أنويه الذرات ذات التي تكون نسبة عدد البروتونات إلى النيوترونات كبيرة وبالتالي تصبح النواة غير المستقرة وللوصول لحالة الاستقرار فإنها تطلق إشعاع يساوي عدد البروتونات والنيوترونات ولهذه الإشعاعات ثلاثة أنواع :

١- دقائق ألفا α:

وتنطلق هذه الدقائق من الأنوية ذات الكتل الزائدة وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وتحتوي بروتونين ونيوترونين وعندما تنبعث أشعة ألفا من نواة مثل $_{Z}X^{A}$ فإنها تتحول لنواة أخرى $_{Z-2}Y^{A-4}$ وتكتب معدلة الإنحلال الإشعاعي للنواة الأصلية (الأم) في الصورة:

حيث أن:

A = عدد الكتلة

عدد البروتونات + عدد النيوترونات = A

N = النيوترونات

وهذا يعني أنه بانطلاق أشعة α من النواة المختارة ${}_{Z}X^{A}$ فإن النواة الناتجة ${}_{Z-2}Y^{A-4}$ ينقص عددها الذري بمقدار ٢ وعددها الكتلي بمقدار ٤ ومثال لذلك انحلال اليورانيوم الى ثورييوم

٢- دقائق بيتا β^{-} و β^{+} :

دقائق بيتا السالبة عبارة عن إلكترونات ويحدث إطلاق لأشعة بيتا في النواة التي يوجد بها عدد كبير من النيوترونات يزيد عن عدد البروتونات فيها ولكي تصل النواة لحالة الاستقرار فلابد أن يقل عدد النيوترونات وهذا يتم بتحول النيوترون n لبروتون p وإلكترون ويبقى البروتون بالنواة بينما ينطلق إلكترون خارج النواة في صورة أشعة تسمى بأشعة بيتا. وذلك حسب المعادلة :

وهناك جسيم ينطلق أيضاً مع الإلكترون يسمى زوج النيوترين و$\bar{\upsilon}$ وتنحل النواة X والتي تشع دقائق بيتا β^{-} لتتحول لنواة أخرى Y تسمى بالابن وتكون معادلة الانحلال في الصورة

حيث أن $\beta^{-} = e^{-}$

ومثال ذلك التحلل

حيث يؤدي تحول النيوترون إلى بروتون لزيادة العدد الذري من Z الى Z-1

أما دقائق بيتا الموجبة β^+ فيتم فيها إطلاق بوزيترون (زوج الإلكترون e^+) ويحدث هذا الانحلال في الأنوية التي توجد بها عدد كبير من البروتونات ويتم التخلص منها بتحول البروتون P الى نيوترون nوبوزيترون e^+ ونيوترينو υ أي أن :

وعندما تشع النواة الأم دقيقة فإنها تتحول للنواة الابن كما بالمعادلة الآتية :

حيث أن $e^+ = \beta^+$

ومثال ذلك تحول عنصر N الى عنصر C حيث

٣- أشعة غاما γ

أشعة غاما γ هي عبارة عن فوتونات تحمل الطاقة الكهرومغناطيسية وتنبعث عادة من الأنوية المثارة التي تحمل طاقة زائدة وبالتالي تكون في مستوى طاقة مثار أكبرمن المستوى الأرضي . فعندما تطلق النواة المثارة أشعة غاما γ تصبح نواة مستقرة نرمز لها بالرمز X وتكون معادلة الانحلال في الصورة

فإذا فرضنا طاقة النواة المثارة تساوي E_2 وأن هذه النواة انتقلت إلى الحالة الأرضية التي طاقتها E_1 عندما أطلقت أشعة غاما بتردد مقداره f فإن

(٦-١٢) طاقة الترابط النووي

تتكون أي نواة من مجموعة من البروتونات والنيوترونات.، وقد لاحظ العلماء أن كتلة تكون أقل من مجموع كتل البروتونات والنيوترونات المكونة لها.فإذا أخذنا نواة الهيليوم التي تتكون من بروتونين ونيوترونين كمثال، فنجد أن مجموع كتل البروتونين والنيوترونين يساوي 4.013190 u في حين نجد أن كتلة الهيليوم تساوي 4.00015 u وهذا يدل على أن جزءاً مقداره 0.03040 u من كتل البروتونات والنيوترونات قد فقد عند تجمعها لتكون نواة

الهيليوم ويعتقد العلماء أن هذا الجزء المفقود ذهب لربط مكونات النواة مع بعضها. وتسمى هذه الطاقة بطاقة الترابط النووي.

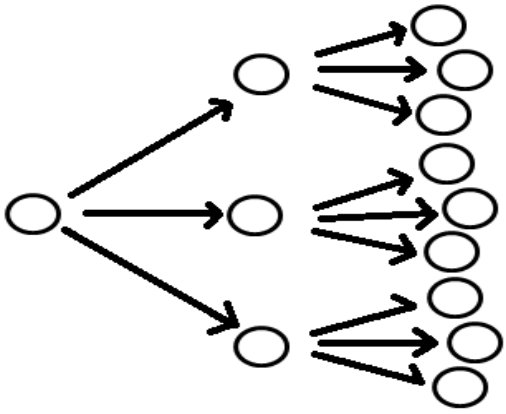
فإذا كانت كتلة النواة الكلية تساوي ك وكتلة البروتون هي كب وكتلة النيوترون هي كن وعدد البروتونات هو عب وعدد النيوترونات هو عن ، فإن طاقة الترابط النووي طت تساوي:

$$\text{طت} = (\text{ك}_\text{ب}\ \text{ع}_\text{ب} + \text{ك}_\text{ن}\ \text{ع}_\text{ن})\text{ع}^2 - \text{ك}\ \text{ع}^2$$

$$= (\text{ك}_\text{ب}\ \text{ع}_\text{ب} + \text{ك}_\text{ن}\ \text{ع}_\text{ن} - \text{ك})\ \text{ع}^2$$

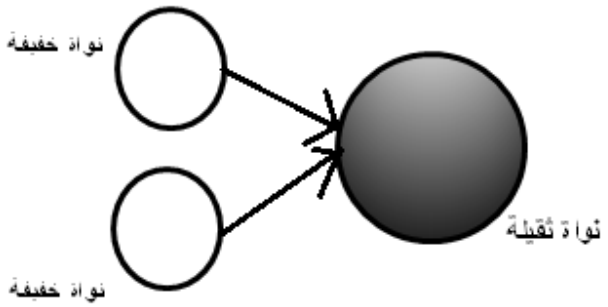
(٦-١٣) الانشطار والاندماج النووي

في عملية الانشطار النووي تنشطر نواة ذرة الى نواتين أو أكثر وتتولد طاقة نووية في هذه الحالة. فعند قصف نواة اليورانيوم ٢٣٥ بنيوترون بطيء فإنها تنشطر لنواتي عنصري الباريوم والكريبتون وتنطلق طاقة نووية وثلاثة نيوترونات بعد الانشطار لتسقط هذه الثلاث نيوترونات على ثلاث أنوية يورانيوم فتخرج من كل واحدة ثلاث نيوترونات ليصبح العدد الكلي ٩ نيوترونات تسقط بدورها على ٩ أنوية وتخرج منها كلها ٢٧ نيوترون . وهطذا يتضاعف عدد النيوترونات وعدد أنوية اليورانيوم المنشطرة ويسمى هذا التفاعل بالتفاعل المتسلسل. وتنطلق من هذا التفاعل طاقة نووية تتولد منها طاقة حرارية تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية من مفاعلات نووية.



شكل (٦-١٣-١) التفاعل المتسلسل

وهناك عملية أخرى تندمج فيها أنويه خفيفة لإنتاج نواة واحدة ثقيلة كتلتها أقل من مجموع كتل الأنوية المندمجة ليظهر الفرق في الكتلة في شكل طاقة نووية وتحدث عملية الاندماج النووي في الشمس التي تعتبر مفاعل اندماجي رباني يمد كوكبنا الأرض بالطاقة الضوئية والحرارية.



شكل (٦-١٣-٢) الاندماج النووي

تمارين

ش$_{أ}$ $= 1,6 \times 10^{-19}$ ، هـ $= 6,6 \times 10^{-34}$ جول.ثانية ، $\times 10^{8}$ م/ث

عـ $= 3$

تمرين الوحدة السادسة :

١. عرِّف الطيف الذري ولماذا يختلف من عنصر لآخر؟
٢. ما هي الظاهرة التي قادت ماكس بلانك لافتراض النظرية الكمية ؟
٣. أكتب نص نظرية بلانك الكمية (ملحوظة: أكتب القانون وعرِّف رموزه وأرفق الرسم)؟
٤. تحدث باختصار عن الظاهرة الكهروضوئية مستعيناً في ذلك بالرسم والمعادلات؟
٥. أوجد طاقة واندفاع فوتون تردده ١٠^{١٨} هيرتز وأوجد كذلك طوله الموجي.
٦. فوتون اندفاعه ٢٢x١٠$^{-٢٥}$ كجم.متر/ث أوجد طوله الموجي وتردده.
٧. استخدم ضوء تردده ٥x١٠^{١٤}هيرتز لإضاءة معدن كانت طاقة حركة الإلكترون هي ١,٢x١٠$^{-١٩}$ جول أحسب دالة شغل المعدن. ϕ = ٢,١x١٠$^{-١٩}$ جول.
٨. إلكترون طاقة حركته ٨ x١٠$^{-١٩}$جول صدر عندما أضيء بضوء فما طول موجة الضوء إذا كانت دالة شغل المعدن ١,٨ إ.ف؟

٩. أوجد قيمة المستوى الثالث والرابع لذرة الأيدروجين (عد=١) وأوجد كذلك طول موج وتردد الفوتون.

١٠.أوجد الجهد اللازم لتوليدأ شعة X بطول موجي ٠,٣ أنجستروم.

١١.أوجد طول موج وتردد أشعة X الصادرةعن جهد قدره ٤٠٠٠ فولت.

١٢.عرِّف: أ- الانبعاث التلقائي ب- الانبعاث المستحث.

١٣.أذكر ثلاثة من خواص أشعة الليزر.

١٤.كيف يعمل ليزر الياقوت لتوليد شعاع ليزر؟

١٥.ما هي دقيقة : أ- ألفا ب- بيتا السالبة جـ- بيتا الموجبة د- غاما ؟

١٦. أكمل معادلات الانحلال الآتية :

١٧.عرف طاقة الترابط النووي معرفاً تطبيقاتها في توليد الكهرباء.

١٨.عرف: أ- الاندماج النووي ب- الانشطار النووي