

2023

الشامل في الفيزياء

الاستاذ سعيد محي تومان

السادس التطبيقي

بسمه تعالى

مقدمة :

بتوفيق من الله سبحانه وتعالى تم انجاز الشامل في الفيزياء لهذا العام ليكون عوناً ومساعداً في تذليل الصعوبات والمعوقات التي قد تواجهكم في الكتاب المنهجي ابنائي واحبائي طلبة السادس العلمي التطبيقي وهذه الطبعة فيها الكثير من الاختلاف عن سائر الطباعات للأعوام السابقة فقد تم حذف بعض المواضيع وازافة اخرى وكذلك تحديث لبعض الواجبات والملاحظات من خلال تغيير بعضها وحذف البعض الاخر منها فضلاً عن ابواب الشامل الثابتة وهي شريحات الكتاب بصيغة سؤال وجواب والقوانين المتعلقة بكل فصل من الفصول مع الخطوات التفصيلية المبسطة في الية حل المسائل كما يتضمن هذا الشامل حلول اسئلة ومسائل الكتاب وامثلة خارجية محلولة واخرى غير محلولة **(واجبات بينية)** وهي بالتأكيد تغنيكم وتثريكم بالافكار لاستيعاب المادة وفهمها فهما جيداً وميسراً كما يحتوي الاسئلة الوزارية الخاصة بكل فصل وللأعوام من (2013 – 2021) وبكافة الادوار مع اسئلة التمهيدي . ابنائي واحبائي نصيحتي لكم الابتعاد عن حل الاثرائيات المعقدة والبعيدة عن افكار الكتاب لان فيها مضیعة للوقت والجهد ولكن ان كان هنالك متسع من الوقت فلا بأس من الاطلاع على اثرائيات خارجية افكارها قريبة للكتاب وبعيدة عن التعقيد . واخيراً ان كان هنالك خطأ او سهوا فالعيب مني فلا يوجد كامل الا الله سبحانه وتعالى ونحن بشر نصيب مرة ونخطئ مرات لذا نستميحكم عذراً .

نسأل الله العلي القدير ان تعم الفائدة والمنفعة للجميع وان يقدرنا على مساعدتكم خدمة لوطننا الجريح والله ولي التوفيق . نسالكم الدعاء . **بمكنكم التواصل معي على**



سعيد محي تومان

مدرس الفيزياء في اعدادية الرميثة للبنين

وثانوية انوار فاطمة الاهلية للبنات

Mobile : 07801081592

telegram : @saeedmuhi2

instagram : saeedmuhi

facebook : saeedmuhi4@

or

www.facebook.com/saeedmuhi



اولا : جدول يوضح اهم البادئات ورموزها وقيمتها الاسية :

البادئة	رمزها	قيمتها الاسية
كِيْكََا	G	10^9
مِيْكََا	M	10^6
كِيْلُو	K	10^3
دِيْسِي	D	10^{-1}
سِنْتِي	C	10^{-2}
مِلِي	m	10^{-3}
مِيْكَرو	μ	10^{-6}
نَانُو	n	10^{-9}
بِيْكَو	P	10^{-12}
فِيْمَتُو	F	10^{-15}

ملاحظات :

- 1- هذه البادئات بالامكان استخدامها مع الوحدات المختلفة.
- 2- عند التحويل من البادئة (صغيرة او كبيرة) الى الوحدة (نضرب في قيمة تلك البادئة) وعند التحويل من وحدة القياس الى البادئة (نقسم على قيمة تلك البادئة).
- 3- كل بادئة قيمتها الاسية سالبة فهي بادئة صغيرة وكل بادئة قيمتها الاسية موجبة فهي بادئة كبيرة.
- 4- سميت الرموز في الجدول اعلاه بالبادئات لانها تسبق الوحدات .
- 5- عندما تكون بعض رموز أي قانون من القوانين بنفس البادئة فالتحويل من البادئة الى الوحدة ليس ضروريا مالم يكن التحويل شرطا في السؤال .

ثانيا : التناسب الطردي والتناسب العكسي :

بصورة عامة :

- عندما (y) تتناسب طرديا مع (x) أي عندما $(y \propto x)$ فان : $(\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1})$
- عندما (y) تتناسب عكسيا مع (x) أي عندما $(y \propto \frac{1}{x})$ فان : $(\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_1}{x_2})$

ثالثا : الاسس :

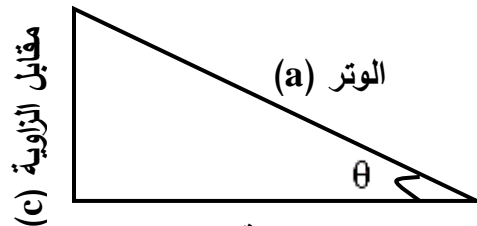
اصفار العدد مع الاس الموجب للاساس عشرة يمكن ان تحذف من العدد وتضاف الى الاس الموجب بعدد الاصفار المحذوفة اما مع الاس السالب فيقل الاس بعدد الاصفار المحذوفة. يمكن التخلص من المراتب العشرية لاي عدد وذلك من خلال اضافتها الى الاس السالب او طرحها من الاس الموجب .

يمكن ان نحول الكسر العشري الى اس سالب للاساس عشرة وبعدد مراتب الكسر العشري وكذلك يمكن ان نحول العدد الصحيح الى اس موجب للاساس عشرة وبعدد اصفار العدد الصحيح وكما في الجدول ادناه :

التحويل الى الاس الموجب	العدد الصحيح	التحويل الى اس سالب	الكسر العشري
10^1	10	10^{-1}	0.1
10^2	100	10^{-2}	0.01
10^3	1000	10^{-3}	0.001
10^4	10000	10^{-4}	0.0001
10^5	100000	10^{-5}	0.00001
10^6	1000000	10^{-6}	0.000001

رابعا : المثلث القائم الزاوية :

في كل مثلث قائم الزاوية بالامكان تطبيق مبرهنة فيثاغورس (مربع الوتر يساوي مجموع مربع الضلعين القائمين) كما يمكن ان نطبق الدوال المثلثية وهي (\sin و \cos و \tan) وكما يلي :



مجاور الزاوية (b)

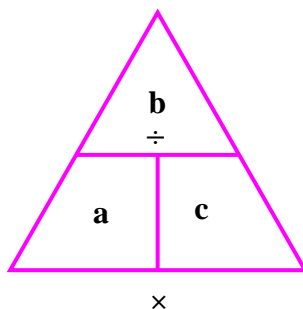
اولا : مبرهنة فيثاغورس:

$$a^2 = b^2 + c^2 \quad \text{(الوتر)}^2 = \text{(المجاور)}^2 + \text{(المقابل)}^2 \quad \text{أي ان :}$$

ثانيا : النسب المثلثية :

من مبرهنة فيثاغورس يمكن معرفة أي ضلع من الاضلاع بمعرفة الضلعين الاخرين وكذلك من الدوال المثلثية بمعرفة ضلعين يمكن معرفة قيمة الدالة ومن قيمة الدالة نستنتج الزاوية وكذلك من معرفة احد الضلعين والزاوية يمكن معرفة أي ضلع اخر من اضلاع المثلث.

خامسا : لاي قانون رياضي مثل ($a = \frac{b}{c}$) بالامكان الاستعانة بالمثلث ادناه لايجاد العلاقة بين رموز هذا القانون وكما يلي :



الفيزياء – السادس العلمي التطبيقي

الفصل الاول

المتسعات

س (وزاري): هل يمكن؟ مع التوضيح: ان يستعمل الموصل الكروي المنفرد المعزول لتخزين الشحنات الكهربائية.

(او نادرا ما يستخدم الموصل المنفرد لتخزين الشحنات الكهربائية؟)

ج: كلا . لأنه يخزن كمية محددة من الشحنات الكهربائية وان الاستمرار باضافة الشحنات له سيؤدي الى زيادة جهده الكهربائي على بعد معين (r) عن مركز الشحنة وفقا للعلاقة ($V = k \frac{Q}{r}$) وبالتالي سوف يزداد فرق الجهد بينه وبين الهواء فيزداد المجال الكهربائي الى الحد الذي قد يحصل عنده التفريغ الكهربائي خلال الهواء المحيط به .

س: ماذا يحصل؟ ولماذا؟ عند الاستمرار بإضافة الشحنات الى الموصل الكروي المنفرد المشحون المعزول؟

ج: يحصل تفريغ كهربائي خلال الهواء المحيط به . لان الاستمرار باضافة الشحنات يتسبب بزيادة الجهد الكهربائي للموصل على بعد معين (r) عن مركز الشحنة وفقا للعلاقة ($V = k \frac{Q}{r}$) وبالتالي يزداد فرق الجهد الكهربائي بينه وبين الهواء وعندها يزداد مقدار المجال الكهربائي الى الحد الذي يحصل عنده التفريغ الكهربائي.

س (وزاري): الموصل الكروي المنفرد المعزول يمكنه تخزين كمية محدودة من الشحنات الكهربائية ، علل ذلك.

ج: لان الاستمرار باضافة الشحنات يتسبب بزيادة الجهد الكهربائي للموصل على بعد معين (r) عن مركز الشحنة وفقا للعلاقة ($V = k \frac{Q}{r}$) وبالتالي يزداد فرق الجهد الكهربائي بينه وبين الهواء وعندها يزداد مقدار المجال الكهربائي الى الحد الذي يحصل عنده التفريغ الكهربائي خلال الهواء المحيط به.

س: هل يمكن صنع جهاز يستعمل لخرن مقادير كبيرة من الشحنات الكهربائية وتختزن فيه الطاقة الكهربائية؟

ج: نعم باستعمال نظام يتألف من موصلين (بأي شكلين كانا) معزولين يفصل بينهما عازل (اما الفراغ او الهواء او مادة عازلة كهربائيا) . فيكون بإمكانه اختزان شحنات موجبة على احد الموصلين وشحنات سالبة على الموصل الآخر وهذا ما يسمى بالمتسعة .

س: ما المقصود بـ؟ المتسعة .

ج: هي جهاز يستعمل لتخزين الشحنات الكهربائية والطاقة الكهربائية في المجال الكهربائي بين صفيحتيها حيث تتكون من زوج او اكثر من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل .

س: ما الغرض من المتسعة؟ وما هي انواع المتسعات من حيث الشكل الهندسي؟

ج: تستعمل لخرن الشحنة الكهربائية والطاقة الكهربائية في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

اما انواعها فهي: 1- المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين . 2- المتسعة ذات الاسطوانتين المتمركزتين .

3- المتسعة ذات الكرتين المتمركزتين .

المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين:**س : مم تتألف المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟****ج :** تتألف هذه المتسعة من صفيحتين موصلتين مستويتين متماثلتين متقاربتين معزولتين عن بعضهما ومتوازيتين ومساحة كل منهما (A) وتبعدان عن بعضهما بالبعد (d) تكون الصفيحتين ابتداءً غير مشحونتين وبعد شحن المتسعة تظهر على الصفيحتين شحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً.**س : كيف يتم شحن المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟****ج :** يتم شحن المتسعة وذلك بربطها بين قطبي بطارية بحيث تربط احدى صفيحتيها الى القطب الموجب الى البطارية فتظهر عليها شحنة موجبة (+Q) وتربط الصفيحة الاخرى الى القطب السالب للبطارية فتظهر عليها شحنة سالبة (-Q) مساوية لها بالمقدار.**س : اين تقع ؟ ولماذا ؟ الشحنات الموجبة والسالبة في المتسعات ؟****ج :** تقع الشحنات على السطحين المتقابلين للصفيحتين . بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات.**س (وزاري): علل . صافي الشحنة على صفيحتي المتسعة المشحونة يساوي صفراً ؟****ج :** لان كلا من صفيحتيها تحملان شحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً .**س : علل . يهمل عدم انتظام المجال الكهربائي عند الحافات في المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟****ج :** لان البعد بين الصفيحتين صغير جداً مقارنةً بابعاد الصفيحة الواحدة .**س : متى يعد المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مجالاً كهربائياً منتظماً ؟****ج :** اذا كان البعد بين الصفيحتين صغير جداً بالمقارنة مع ابعاد الصفيحة الواحدة .**س : ميز بين شحنة المتسعة والشحنة الكلية للمتسعة ؟****ج :** المقصود بشحنة المتسعة هي شحنة واحدة من صفيحتيها الموجبة او السالبة ، اما الشحنة الكلية للمتسعة فهي شحنة الصفيحتين معا الموجبة والسالبة ومقدارها يساوي صفر .**فكر/ يقول صديقك ان المتسعة المشحونة تحتزن شحنة مقدارها كذا ، وانت تقول ان المتسعة المشحونة تكون شحنتها الكلية تساوي صفر ، ومدرسك يقول ان كلا منكما قوله صحيح! وضح ذلك ؟****ج :** ان شحنة المتسعة تعني شحنة واحدة من صفيحتيها اما شحنة الصفيحة الموجبة او شحنة الصفيحة السالبة . اما الشحنة الكلية للمتسعة فتعني شحنة الصفيحتين الموجبة والسالبة لذلك فان الشحنة الكلية تساوي صفر حيث : $(Q_T = +Q + (-Q) = 0)$.**س : (علل) جميع نقاط الصفيحة الواحدة للمتسعة المشحونة بجهد متساو ؟****ج :** وذلك لان صفيحتي المتسعة مصنوعتان من مادة موصلة ومعزولتان .**♦ ان الرمز المعبر عن المتسعة في الدوائر الكهربائية هو ||-|| او +|| وينطبق هذا الرمز على جميع المتسعات.**

السعة:

- بعد شحن المتسعة يتولد فرق جهد كهربائي (ΔV) بين الصفيحة ذات الجهد الاعلى (الجهد الموجب) والصفيحة ذات الجهد الاوطأ (الجهد السالب) . لقد وجد عمليا ان فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة (Q) على اي من صفيحتيها وهذا يعني ان ازدياد مقدار الشحنة يتسبب في ازدياد مقدار فرق الجهد بين الصفيحتين .

س : ما المقصود بسعة المتسعة ؟ وما هي وحدة قياسها ؟

- ج :** هي نسبة الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها الى مقدار فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين .
تقاس سعة المتسعة بوحدة الفاراد .

- ♦ بموجب تعريف السعة وعلى فرض ان العازل بين صفيحتي المتسعة الفراغ او الهواء فان العلاقة بين سعة المتسعة (C) والشحنة المختزنة على أي من صفيحتيها (Q) وفرق الجهد بين الصفيحتين (ΔV) يعبر عنها كما يلي:

$$\left(C = \frac{Q}{\Delta V} \right) \quad \text{(اذا كان العازل بين الصفيحتين الفراغ او الهواء)}$$

- ♦ تقاس سعة المتسعة بالفاراد ورمزه (F) او اجزاءه وتقاس الشحنة بالكولوم ورمزه (C) او اجزاءه ويقاس فرق الجهد بالفولط ورمزه (V) لذلك ($F=C/V$) .
- ♦ اجزاء الفاراد او اجزاء الكولوم هي الملي (m) والميكرو (μ) والنانو (n) والبيكو (P) وتسمى هذه الاجزاء بادئات القياس حيث : $\langle m = 10^{-3} , \mu = 10^{-6} , n = 10^{-9} , P = 10^{-12} \rangle$.
- ♦ في حال استخدام قانون السعة بموجب التعريف $\left\langle C = \frac{Q}{\Delta V} \right\rangle$ فان التحويل من البادئة الى الوحدة ليس ضروريا فبادئة الشحنة هي بادئة السعة وبادئة السعة هي بادئة الشحنة.
- ♦ بثبوت سعة المتسعة ($C=\text{constant}$) ان فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة (Q) المختزنة على أي من صفيحتي المتسعة . اي ان:

$$(\Delta V \propto Q , C = \text{constant}) \Rightarrow \frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$

س : ما المقصود بالفاراد؟

- ج :** هو سعة متسعة تختزن شحنة مقدارها كولوم واحد وفرق الجهد بين طرفيها فولط واحد .

س : ما المقصود بان سعة متسعة ($2\mu F$) ؟

- ج :** يعني ذلك بان كمية الشحنة اللازمة لرفع فرق جهد المتسعة واحد فولط تساوي ($2\mu C$) .

س : علل . المتسعة ذات السعة الأكبر تستوعب شحنة أكبر؟

- ج :** لان سعة المتسعة هي مقياس لمقدار الشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتي المتسعة لتوليد فرق جهد كهربائي معين بينهما .

س : عند مضاعفة فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة ، وضع ماذا يحصل لكل من مقدار :

a- الشحنة المختزنة (Q) في أي من صفيحتيها ؟

b- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين

ج : a- تتضاعف الشحنة لأنها تتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت السعة وفقا للعلاقة التالية

(Q=C×ΔV) . b- الطاقة المختزنة تصبح أربعة أمثال ما كانت عليه لان الطاقة المختزنة تتناسب

طرديا مع مربع فرق الجهد بثبوت سعة المتسعة وفقا للعلاقة (PE = $\frac{1}{2}$ C.ΔV²) .

س : متسعة مشحونة ، فرق الجهد بين صفيحتيها عاليا جدا (على الرغم من انها مفصولة عن مصدر الفولطية) . تكون

مثل هذه المتسعة ولفترة زمنية طويلة خطرة عند لمسها باليد . ما تفسيرك لذلك ؟

ج : لان فرق جهدها كبير فان مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها ستكون كبيرة جدا

(Q=C.ΔV) وعند لمس هذه المتسعة باليد مباشرة تتفرغ من شحنتها لان اليد مادة موصلة بين

الصفيحتين .

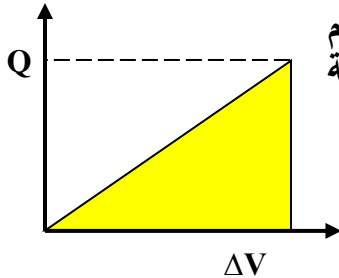
س : ما المقصود بالمجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المشحونة ؟ وما هي وحدة قياسه ؟

ج : هو نسبة فرق الجهد (ΔV) بين صفيحتي المتسعة إلى البعد (d) بين الصفيحتين . بوحدة (V/m) .

♦ من تعريف المجال الكهربائي وعندما يكون العازل بين الصفيحتين فراغ او هواء فان العلاقة بين

المجال الكهربائي (E) وفرق الجهد (ΔV) والبعد بين الصفيحتين (d) هي : $E = \frac{\Delta V}{d}$.

الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة:



♦ يمكن حساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة من خلال رسم مخطط بياني يوضح العلاقة الطردية (الخطية) بين الشحنة (Q) المختزنة على أي من صفيحتي المتسعة وفرق الجهد الكهربائي (ΔV) بينهما وذلك من خلال حساب مساحة المثلث رياضيا اذ ان :

$$\text{(مساحة المثلث)} = \frac{1}{2} \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$$

حيث : (القاعدة تمثل ΔV)، (الارتفاع يمثل الشحنة Q)، (مساحة المثلث تمثل الطاقة المختزنة PE) لذلك يعبر عن الطاقة المختزنة وفقا للعلاقات الاتية :

$$PE_{\text{electric}} = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q \quad \text{or} \quad PE_{\text{electric}} = \frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2 \quad \text{or} \quad PE_{\text{electric}} = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

تقاس الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة بالجول (J) عندما تكون الشحنة بالكولوم (C) وفرق

الجهد بالفولط (V) والسعة بالفارد (F) .

$$\left\langle \text{Power}(P) = \frac{PE_{\text{electric}}}{\text{time}(t)} \right\rangle$$

♦ القدرة التي نحصل عليها من تفريغ المتسعة تعطى كما يلي:

وحدة قياس القدرة (P) هي الواط (watt) عندما تكون الطاقة بالجول (J) والزمن بالثانية (sec).

س: ماذا يتطلب لنقل كمية من الشحنات من موقع الى اخر؟

ج: يتطلب انجاز شغل على تلك الشحنات وهذا الشغل يخزن بشكل طاقة كامنة كهربائية ($PE_{electric}$) في المجال الكهربائي بين الموقعين.

العازل الكهربائي:

س: ما المقصود بـ؟ المواد العازلة كهربائيا.

ج: هي مواد غير موصلة للكهربائية (عازلة) عند الظروف الاعتيادية اذ تعمل على تقليل مقدار المجال الكهربائي الموضوعة فيه.

نصنف المواد العازلة كهربائيا الى نوعين :

النوع الأول: العوازل القطبية مثل الماء النقي .

س: بماذا تمتاز العوازل القطبية ؟

ج: تمتاز بما يلي: 1- تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية ثنائية القطب دائمية (تسمى الجزيئة دايبول) .

2- يكون التباعد بين مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة ثابتا في الجزيئة الواحدة .

3- تصطف معظم جزيئاته بموازاة المجال الكهربائي المؤثر عند ادخال هذا العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة.

4- يتولد مجالا كهربائيا داخل العازل اتجاها معاكسا للمجال الخارجي المؤثر واقل منه مقدارا فيقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

س: ماذا يحصل عند إدخال عازل قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟

ج: ان المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة سيؤثر في هذه الدايبولات ويجعل معظمها يصطف بموازاة المجال ونتيجة لذلك يتولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) اتجاها معاكسا لاتجاه المجال الخارجي المؤثر (E) واقل منه مقدارا وبالنسبة يقل المجال الكهربائي المحصل (E_K) بين صفيحتي المتسعة

س: ما تأثير المجال الكهربائي للمتسعة في المواد العازلة القطبية عند ادخالها بين صفيحتي المتسعة المشحونة ؟

ج: سيؤثر في الدايبولات ويجعل معظمها يصطف بموازاته ونتيجة لذلك يتولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) اتجاها معاكسا لاتجاه المجال الخارجي المؤثر (E) واقل منه مقدارا وبالنسبة يقل المجال الكهربائي المحصل (E_K) بين صفيحتي المتسعة

النوع الثاني: العوازل غير القطبية مثل الزجاج والبولي ثيلين .

س: بماذا تمتاز العوازل غير القطبية ؟ ج: تمتاز بما يلي :

1- تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية (دايبولات) مؤقتة بطريقة الحث الكهربائي عند ادخاله بين صفيحتي متسعة مشحونة حيث يعمل المجال الكهربائي بين الصفيحتين على ازالة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة.

2- يكون التباعد بين مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة غير ثابت في الجزيئة الواحدة.

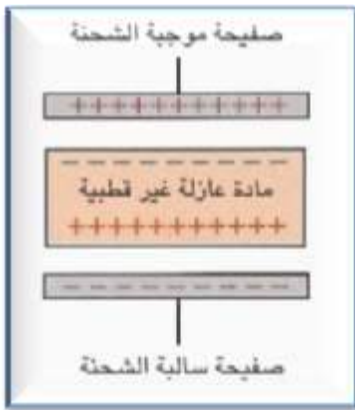
3- تظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفحة السالبة للمتسعة وتظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفحة الموجبة (ولكن يبقى العازل متعادل كهربائياً).

4- يصبح العازل مستقطباً والشحنتان السطحيّتان على وجهي العازل تولدان مجالا كهربائياً داخل العازل يعاكس المجال الخارجي المؤثر فيعمل على إضعافه وبالنسبة يقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

س (وزاري): ما تأثير المجال الكهربائي المنتظم في المواد العازلة غير القطبية الموضوعة بين صفيحتي متسعة مشحونة؟

ج: يعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة وهذا يعني أنها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء إلى دايبول كهربائي يصطف باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المؤثر ويصبح العازل مستقطب .

س: ماذا يحصل عند إدخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة؟



ج: بإدخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة سيعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة وهذا يعني أنها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء إلى دايبول كهربائي يصطف باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المؤثر فتظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفحة السالبة للمتسعة بينما تظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفحة الموجبة (ولكن يبقى العازل متعادل كهربائياً) وبالتالي يصبح العازل مستقطباً والشحنتان السطحيّتان على وجهي العازل تولدان مجالا كهربائياً (E_d) داخل العازل يعاكس في اتجاهه اتجاه المجال المؤثر بين الصفيحتين (E) فيعمل على إضعاف المجال الكهربائي الخارجي المؤثر فيقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

س: اذكر فائدتين عمليتين تتحققان من إدخال مادة عازلة كهربائياً تملأ الحيز بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيين بدلا من الفراغ؟

ج: 1- زيادة سعة المتسعة وفقا للعلاقة : ($C_k = k C$) .

2- منع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين صفيحتيها عند تسليط فرق جهد كبير بين صفيحتيها.

س: ما تأثير المجال الكهربائي للمتسعة في المواد العازلة القطبية عند ادخالها بين صفيحتي المتسعة المشحونة؟

ج: سيؤثر في الدايبولات ويجعل معظمها يصطف بموازاته ونتيجة لذلك يتولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) اتجاهه معاكسا لاتجاه المجال الخارجي المؤثر (E) واقل منه مقدارا وبالنسبة يقل المجال الكهربائي المحصل (E_k) بين صفيحتي المتسعة.

س (وزاري): ما الفرق بين العوازل القطبية والعوازل غير القطبية ؟

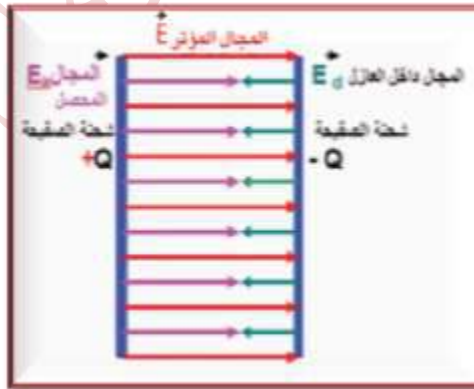
ج:

ت	العوازل القطبية	العوازل غير القطبية
1	تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية ثنائية القطب دائمية مثل الماء النقي .	تكتسب الجزيئات عزوما كهربائية ثنائية القطب بصورة مؤقتة بطريقة الحث مثل الزجاج والبولي ثيلين .
2	التباعد ثابت بين شحناتها الموجبة والسالبة.	لا يوجد تباعد ثابت بين شحناتها الموجبة والسالبة.
3	عند ادخال هذا النوع من العوازل بين صفيحتي متسعة مشحونة سيعمل المجال الكهربائي للمتسعة على ازاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة ويصطف بموازاة المجال المؤثر وبالنتيجة تظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفحة السالبة للمتسعة في حين تظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفحة الموجبة ، وعندئذ يصبح العازل مستقطبا فيتولد داخل العازل مجالا كهربائيا معاكسا للمجال الخارجي المؤثر فيعمل على اضعافه لذا يقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.	عند ادخال هذا العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة سيعمل المجال الكهربائي للمتسعة على ازاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة ويصطف بموازاة المجال المؤثر وبالنتيجة تظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفحة السالبة للمتسعة في حين تظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفحة الموجبة ، وعندئذ يصبح العازل مستقطبا فيتولد داخل العازل مجالا كهربائيا معاكسا للمجال الخارجي المؤثر فيعمل على اضعافه لذا يقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

♦ في كلا نوعي العازل فان المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي متسعة تحتوي على عازل سيكون:

$$E_k = E - E_d$$

يكون اتجاه المجال المحصل باتجاه المجال الأصلي



حيث:

E_k : المجال الكهربائي المحصل بوجود العازل، E : المجال الكهربائي المؤثر بين الصفيحتين بوجود الفراغ
 E_d : المجال الكهربائي داخل العازل ، أي ان المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي متسعة مشحونة

ومنفصلة عن المصدر (البطارية) يقل بنسبة ثابت العزل (k) فيكون: $\left\langle E_k = \frac{E}{k} \right\rangle$

- ♦ وبما ان العلاقة بين فرق الجهد (ΔV) والمجال الكهربائي (E) طردية بثبوت البعد بين الصفيحتين (d) لذلك فان ادخال العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة ومنفصلة عن المصدر (**البطارية**) سيقلل فرق الجهد بين الصفيحتين (ΔV_k) بنسبة ثابت العزل (k) عن قيمته بالفراغ او الهواء اي ان:
- $$\left\langle \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} \right\rangle$$

$$\left\langle \Delta V = E d \Rightarrow \Delta V_k = E_k d \Rightarrow \Delta V_k = \frac{E d}{k} \Rightarrow \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} \right\rangle$$

- ♦ وحيث ان العلاقة عكسية بين سعة المتسعة وفرق الجهد بين صفيحتيها عند ثبوت مقدار الشحنة (تثبت الشحنة اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل بين صفيحتيها) فان إدخال العازل بين صفيحتي المتسعة سيؤدي إلى زيادة سعتها بنسبة ثابت العزل الكهربائي (k) عن سعتها بوجود الفراغ او الهواء اي ان $\langle C_k = k C \rangle$.

$$\left\langle C_k = \frac{Q_k}{\Delta V_k} = \frac{Q}{\frac{\Delta V}{k}} = k \frac{Q}{\Delta V} \Rightarrow C_k = k C \right\rangle$$

- ومنها فان : $\left\langle k = \frac{C_k}{C} \right\rangle$ حيث : C_k : سعة المتسعة بوجود العازل ، C : سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء . ، k : ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة وهو السماحية النسبية للمادة .

خلاصة العلاقات التي تستخدم بوجود العازل بين صفيحتي المتسعة:

الكمية	إذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة	إذا فصلت المتسعة وادخل العازل
السعة	$(C_k = k C)$	$(C_k = k C)$
الشحنة	$(Q_k = k Q)$	$(Q_k = Q)$
فرق الجهد	$(\Delta V_k = \Delta V)$	$(\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k})$
المجال الكهربائي	$(E_k = E)$	$(E_k = \frac{E}{k})$
الطاقة المختزنة	$(PE_k = k PE)$	$(PE_k = \frac{PE}{k})$

- س (وزاري): في أي نوع من انواع العوازل الكهربائية تظهر شحنات سطحية على وجهيها ؟ ذاكرا العلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المتولد من هذه الشحنات .

- ج: العوازل غير القطبية . $(E_k = E - E_d)$.

س (وزاري): ما تأثير المجال الكهربائي المنتظم في المواد العازلة غير القطبية الموضوعة بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟
ج: يعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على ازالة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة وهذا يعني انها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء الى دايبول كهربائي يصطف باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المؤثر ويصبح العازل مستقطب .

س: ما المقصود بثابت العزل الكهربائي ؟ وما هي وحدة قياسه ؟ وعلام يعتمد ؟

ج: هو نسبة سعة المتسعة بوجود العازل الى سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء وهو صفة مميزة للوسط العازل . وهو عدد مجرد من الوحدات ويعتمد على نوع المادة العازلة .

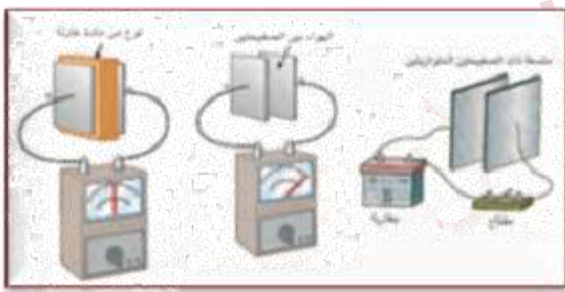
س (وزاري): اشرح نشاط يبين تأثير إدخال العازل الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية في مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما (تجربة فرادي) ، وما تأثيره في سعة المتسعة ؟

ج: أدوات النشاط :

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين (العازل بينهما هواء) غير مشحونة ، بطارية فولطيتها مناسبة ، جهاز فولطميتر (V) ، أسلاك توصيل ، لوح من مادة عازلة كهربائيا (ثابت عزلها K) .

خطوات النشاط :

- نربط احد قطبي البطارية باحدى الصفيحتين ثم نربط القطب الآخر بالصفيحة الثانية ستنشحن إحدى الصفيحتين بالشحنة الموجبة (+Q) والأخرى بالشحنة السالبة (-Q) .
 - نفصل البطارية عن الصفيحتين.



- نربط الطرف الموجب للفولطميتر (V) بالصفيحة الموجبة ونربط طرفه السالب بالصفيحة السالبة نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة ويعني ذلك تولد فرق جهد كهربائي (ΔV) بين صفيحتي المتسعة المشحونة في الحالة التي يكون فيها الهواء هو العازل بينهما .

- ندخل اللوح العازل بين صفيحتي المتسعة المشحونة نلاحظ حصول نقصان في قراءة الفولطميتر (ΔV) .

الاستنتاج :

نستنتج من النشاط إدخال مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتسبب في إنقاص فرق الجهد الكهربائي بينهما بنسبة مقدارها ثابت العزل (k) فتكون ($\Delta V_k = \frac{V}{k}$) ونتيجة لنقصان فرق الجهد بين الصفيحتين تزداد سعة المتسعة طبقا للمعادلة ($C = \frac{Q}{\Delta V}$) بثبوت مقدار الشحنة (Q) أي ان سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي تزداد بالعامل (k) فتكون ($C_k = kC$) .

س: اذكر العلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المحصل اتجاها ومقدارا بين صفيحتي متسعة وضع عازل بينهما ؟

ج: اتجاها فان: ($\vec{E}_k = \vec{E} + \vec{E}_d$) اما مقدارا فان: ($E_k = E - E_d$)

عند ادخال لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها ($k > 1$) بين صفيحتي متسعة علينا مراعاة ما يلي:

1. السعة تزداد بالعامل (k) على وفق العلاقة $\langle C_k = k C \rangle$.
2. شحنتها تزداد بالعامل (k) على وفق العلاقة $\langle Q_k = k Q \rangle$ (اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية) ، اما (اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل بين صفيحتيها) فان شحنتها تبقى ثابتة (شحنتها بعد العازل تساوي شحنتها قبل العازل) $\langle Q_k = Q \rangle$.
3. فرق جهدها يبقى ثابت (فرق جهدها بعد العازل يساوي فرق جهدها قبل العازل) $\langle \Delta V_k = \Delta V \rangle$ (اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية) ، اما (اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل بين صفيحتيها) فان فرق جهدها سوف يقل بنسبة ثابت العزل على وفق العلاقة الاتية $\langle \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} \rangle$.
4. مجالها الكهربائي يبقى ثابت (المجال الكهربائي بعد العازل يساوي المجال الكهربائي قبل العازل) $\langle E_k = E \rangle$ (اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية) ، اما (اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل بين صفيحتيها) فان مجالها الكهربائي سوف يقل بنسبة ثابت العزل على وفق العلاقة الاتية $\langle E_k = \frac{E}{k} \rangle$.
5. الطاقة المخزنة في المجال الكهربائي للمتسعة تزداد بالعامل (k) (اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية) على وفق العلاقة الاتية: $\langle PE_k = k PE \rangle$ او تقل الطاقة المخزنة بنسبة ثابت العزل (اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل) على وفق العلاقة $\langle PE_k = \frac{PE}{k} \rangle$.

ملاحظات:

- المضروب في (k) من الكميات الفيزيائية الاتية ($C, Q, \Delta V, E, PE$) مقداره سيزداد ، اما المقسوم على (k) فان مقداره سيقبل اما اذا لم يكن مضروبا او مقسوما فان مقداره يبقى ثابتا.
- ان مقدار الزيادة في السعة بعد العازل يضاف الى السعة قبل العازل للحصول على السعة بعد العازل .
اي ان : $\langle C_k = C + \Delta C \rangle$
- اذا وردت في السؤال عبارة (ازدادت السعة بمقدار) او (كانت الزيادة في السعة) هذا يعني ان القيمة المعطاة بعد العبارة هي (ΔC) لذا يجب اضافتها الى السعة قبل العازل (C) للحصول على السعة بعد العازل (C_k) ، اما اذا وردت في السؤال عبارة (ازدادت السعة الى) هذا يعني ان القيمة المعطاة بعد العبارة هي (C_k).

- ان مقدار الشحنة وفرق الجهد لايتغيران في ان واحد بعد وضع العازل بين صفيحتي المتسعة ، فاما ان تتغير الشحنة (تزداد بالعامل k) ويثبت فرق الجهد (فرق الجهد بعد العازل يساوي فرق الجهد قبل العازل) (اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية) او يتغير فرق الجهد (يقل بنسبة ثابت العزل k) وتثبت الشحنة (الشحنة بعد العازل تساوي الشحنة قبل العازل) (اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل بين صفيحتيها).
- للمتسعة المتصلة بالبطارية اثناء دخول العازل فان سعتها تزداد وشحنتها تزداد ايضا وفرق جهده يبقى ثابت ومجالها الكهربائي يبقى ثابت ايضا اما الطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي فتزداد ايضا، اما اذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل العازل بين صفيحتيها فان سعتها تزداد وشحنتها تبقى ثابتة وفرق جهدها يقل ومجالها الكهربائي يقل ايضا والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي تقل ايضا.
- بعد ادخال العازل بين صفيحتي المتسعة فان كل من المساحة (A) والبعد (d) لا يتاثران بالعازل اي ان كل منهما يبقى ثابت. ($A = \text{ثابتة}$ ، $d = \text{ثابت}$).

س (وزاري): يلاحظ على كل متسعة كتابة تحدد مقدار اقصى فرق جهد كهربائي تعمل فيه المتسعة ، فهل ترى ذلك ضروريا؟ وضح ذلك؟

ج: نعم ضروريا جدا. لانه عند الاستمرار في زيادة مقدار فرق الجهد المسلط بين صفيحتيها يتسبب في ازدياد مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين الى حد كبير جدا قد يحصل عنده الانهيار الكهربائي للعازل نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ المتسعة من شحنتها وهذا يعني تلف المتسعة.

س: علل. يحدد مقدار اقصى فرق جهد كهربائي يمكن أن تعمل عنده المتسعة؟
ج: لمنع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين الصفيحتين نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ المتسعة من جميع شحنتها وهذا يعني تلف المتسعة.

س: ما تفسيرك لزيادة سعة المتسعة المشحونة والمفصولة عن المصدر بإدخال عازل قطبي بين صفيحتيها بدلا عن الهواء؟

ج: وذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل المادة العازلة (E_d) معاكس باتجاهه للمجال الأصلي بين صفيحتي المتسعة (E) نتيجة لاصطفاف جزيئات العازل الثنائية القطب بموازاة المجال فيضعف المجال المحصل بين الصفيحتين (E_k) حيث ($E_k = E - E_d$) ويقل فرق الجهد بين الصفيحتين لان البعد ثابت حيث ($\Delta V = E d$) فتزداد سعة المتسعة لانها تتناسب عكسيا مع فرق الجهد بين الصفيحتين .

س (وزاري): ما المقصود بـ؟ قوة العزل الكهربائي لمادة. وما هي وحدة قياسها ؟

ج: اقصى مقدار لمجال كهربائي يمكن ان تتحمله تلك المادة قبل حصول الانهيار الكهربائي لها . وتعد قوة العزل الكهربائي لمادة بانها مقياس لقابليتها في الصمود امام المجال الكهربائي المسلط عليها. وتقاس بوحدة (V/m).

س : علل . متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن البطارية ، لوماً الحيز بين صفيحتيها بالماء النقي بدلاً من الهواء . فإن مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها سينخفض . ما تعليل ذلك ؟

ج : بما ان المتسعة مفصولة عن المصدر فان ادخال العازل يسبب نقصان مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين بنسبة ثابت العزل (k) فيقل فرق الجهد بنسبة ثابت العزل (k) ايضاً لان

$$\left(E_k = \frac{E}{k} , \because \Delta V \propto E \quad (d = \text{constant}) \Rightarrow \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} \right)$$

س : متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازلاً بين صفيحتيها ، شحنت بواسطة بطارية ثم فصلت عنها ، وعندما ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله ($k=2$) بين صفيحتيها ، ماذا يحصل لكل من الكميات الآتية للمتسعة (مع ذكر السبب) : **a-** الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها . **b-** سعتها .

c- فرق الجهد بين صفيحتيها . **d-** المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

e- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

ج : **a-** الشحنة تبقى ثابتة لان المتسعة مفصولة عن البطارية .

b- السعة تصبح ضعف ما كانت عليه لان ($C_k = kC = 2C$) .

c- فرق الجهد بين صفيحتيها يقل إلى نصف ما كان عليه لان ($\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{1}{2} \Delta V$) .

d- يقل المجال الكهربائي إلى نصف ما كان عليه على وفق العلاقة : ($E_k = \frac{E}{k} = \frac{1}{2} E$) .

e- تقل الطاقة المختزنة إلى نصف ما كانت عليه لانها تتناسب طردياً مع فرق الجهد بثبوت الشحنة على

$$\text{وفق العلاقة : } (PE = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q)$$

س : متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازلاً بين صفيحتيها ، ربطت بين قطبي بطارية وعندما ادخل عازل كهربائي بين صفيحتيها ثابت عزله ($k=6$) والمتسعة ما زالت موصولة بالبطارية ، ماذا يحصل لكل من الكميات

الآتية للمتسعة (مع ذكر السبب) : **a-** فرق الجهد بين صفيحتيها . **b-** سعتها .

c- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها . **d-** المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

e- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

ج : **a-** يبقى فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابت لانها متصلة بالبطارية .

b- تزداد سعتها إلى ستة أمثال ما كانت عليه حيث $C_k = kC = 6C$.

c- تزداد الشحنة إلى ستة أمثال ما كانت عليه $Q_k = kQ = 6Q$.

d- المجال الكهربائي يبقى ثابت لان كل من فرق الجهد (ΔV) والبعد (d) ثوابت وفقاً للعلاقة التالية:

$$(E = \frac{\Delta V}{d})$$

e- تزداد الطاقة المختزنة بوجود العازل إلى ستة أمثال ما كانت عليه على وفق العلاقة :

$$\frac{PE_k}{PE} = \frac{\frac{1}{2} Q_k \cdot \Delta V}{\frac{1}{2} Q \Delta V} = \frac{6Q}{Q} = 6 \Rightarrow PE_k = 6PE \quad \left\langle PE = \frac{1}{2} Q \times \Delta V \right\rangle$$

العوامل المؤثرة في مقدار سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين:

س: ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة؟ اكتب علاقة رياضية توضح ذلك.

ج: تعتمد على: 1- المساحة السطحية (A) المتقابلة للصفيحتين وتتناسب معها طرديا ($C \propto A$).

2- البعد (d) بين الصفيحتين وتتناسب معه عكسيا ($C \propto \frac{1}{d}$).

3- نوع الوسط العازل بين الصفيحتين حيث تزداد سعة المتسعة باذخال عازل غير الفراغ او

$$\text{الهواء. } (C = k\epsilon_0 \frac{A}{d})$$

♦ عندما يكون العازل فراغ او هواء ($k=1$) فان سعة المتسعة وبموجب العوامل يعبر عنها كما

$$\text{يلي: } \left\langle C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \right\rangle$$

♦ عندما يكون العازل غير الفراغ او الهواء ($k > 1$) فان السعة وبموجب العوامل يعبر عنها كما

$$\text{يلي: } \left\langle C_k = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \text{ or } C_k = k C \right\rangle$$

حيث:

ϵ_0 : سماحية الفراغ ومقدارها : ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$)

C : سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء بوحدة (F) ، d : البعد بين صفيحتي المتسعة بوحدة متر (m)

A : المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين بوحدة (m^2) ، فاذا كانت الصفيحة مربعة الشكل فان ($A = \ell \cdot \ell$).

C_k : سعة المتسعة بوجود العازل. ، k: ثابت العزل الكهربائي وهو عدد مجرد من الوحدات.

س(وزاري): وضح عمليا كيف يتغير مقدار سعة المتسعة بتغير المساحة (A) السطحية المتقابلة للصفيحتين؟

ج: نربط متسعة مشحونة بشحنة (Q) ذات مقدار معين ومفصولة عن مصدر الفولطية بين طرفي فولتميتر

لقياس فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها:

♦ عندما تكون المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة تساوي (A) تكون قراءة الفولتميتر عند

تدرجة معينة فيكون فرق الجهد بين الصفيحتين (ΔV)

♦ نقل المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين إلى نصف ما كانت عليه ($\frac{1}{2} A$) وذلك بإزاحة إحدى

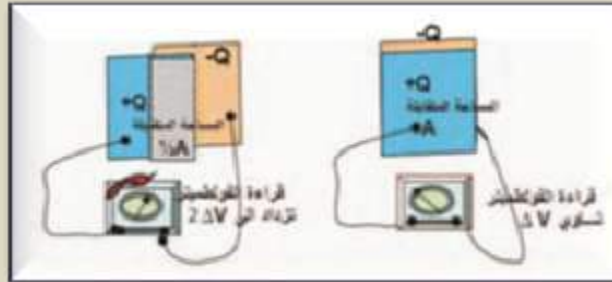
الصفيحتين جانبا (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا) نلاحظ ازدياد قراءة الفولتميتر إلى ضعف

ما كانت عليه ($2\Delta V$).

♦ وعلى وفق العلاقة ($C = \frac{Q}{\Delta V}$) تقل سعة المتسعة بازدياد فرق الجهد بين صفيحتيها بثبوت مقدار الشحنة

(Q)

الاستنتاج: نستنتج من ذلك ان سعة المتسعة تقل بنقصان المساحة المتقابلة للصفحتين والعكس صحيح ($C \propto A$) أي ان السعة (C) لمتسعة ذات الصفحتين المتوازيتين تتناسب طرديا مع المساحة (A) المتقابلة للصفحتين.

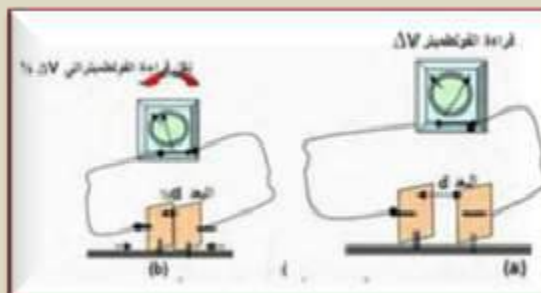


س (وزاري): وضح كيف يتغير مقدار سعة المتسعة ذات الصفحتين المتوازيتين عمليا بتغير البعد بين الصفحتين المتوازيتين d ؟

ج: نربط متسعة مشحونة بشحنة (Q) ذات مقدار معين ومفصولة عن مصدر الفولطية بين طرفي فولتميتر لقياس فرق الجهد الكهربائي بين صفحتيها:

- ♦ اذا كان البعد الابتدائي بين صفحتي المتسعة (d) تكون قراءة الفولتميتر تشير إلى مقدار معين لفرق الجهد (ΔV) بين الصفحتين المشحونتين بشحنة معينة (Q)
- ♦ عند تقريب الصفحتين إلى البعد ($\frac{1}{2}d$) (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا) نلاحظ ان قراءة الفولتميتر تقل إلى نصف ما كانت عليه ($\frac{1}{2}\Delta V$).
- ♦ على وفق العلاقة ($C = \frac{Q}{\Delta V}$) فان نقصان فرق الجهد بين صفحتي المتسعة يعني ازدياد مقدار سعة المتسعة (بثبوت مقدار الشحنة).

الاستنتاج: نستنتج من ذلك ان سعة المتسعة تزداد بنقصان البعد (d) بين الصفحتين والعكس صحيح ($C \propto \frac{1}{d}$). أي ان السعة (C) لمتسعة ذات الصفحتين المتوازيتين تتناسب عكسيا مع البعد بين الصفحتين (d).



ملاحظات حول التناسبات:

تأثير تغيير اي من العوامل (A) او (d) او (العازل) على كل من (C) ، (Q) ، (ΔV) ، (E) ، (PE) :
اولا : اذا لم يتغير اي من العوامل المؤثرة في سعة المتسعة فان السعة تبقى ثابتة لذلك :

(1) وفقا للعلاقة ($Q = C \cdot \Delta V$) تكون العلاقة طردية بين (Q) و (ΔV) بثبوت (C).

(2) وفقا للعلاقة ($E = \frac{\Delta V}{d}$) تكون العلاقة طردية بين (ΔV) و (E) بثبوت (d).

(3) وفقا للعلاقة [$PE = \frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2$] تكون العلاقة طردية بين (PE) و (ΔV^2) بثبوت (C).

(4) وفقا للعلاقة [$PE = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$] تكون العلاقة طردية بين (PE) و (Q^2) بثبوت (C).

ثانيا : اذا تغير اي من العوامل المؤثرة في سعة المتسعة :

(1) a- وفقا للعلاقة ($C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$) السعة تتغير (تزداد او تقل) وحسب العامل المتغير (A) او (d) اذ تتناسب (C)

طرديا مع (A) بثبوت البعد والعازل وتتناسب عكسيا مع (d) بثبوت المساحة والعازل.

b- وفقا للعلاقة ($C_K = KC$) السعة تزداد بالعامل (K) عند ادخال عازل غير الفراغ او الهواء.

(2) (Q) و (ΔV) لا يتغيران في ان واحد عند تغيير اي من العوامل المؤثرة في السعة فاما ان تتغير (Q) ويثبت (ΔV) او

يتغير (ΔV) ويثبت (Q) ذلك يعتمد على كون المتسعة مازالت متصلة بالبطارية عند تغيير اي من العوامل ام فصلت

عنها ثم تغير اي من العوامل وكما يلي :

a- اذا تغير اي من العوامل (والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية) فان (Q) تتغير بعلاقة طردية مع (C) ويثبت (ΔV)

وفقا للعلاقة ($C = \frac{Q}{\Delta V}$).

b- (اذا فصلت المتسعة عن البطارية) ثم تغير اي من العوامل فان (ΔV) يتغير بعلاقة عكسية مع (C) بثبوت (Q)

وفقا للعلاقة ($C = \frac{Q}{\Delta V}$).

(3) وفقا للعلاقة ($E = \frac{\Delta V}{d}$) فان (E) يتناسب طرديا مع (ΔV) بثبوت (d) او يتناسب عكسيا مع (d) عند ثبوت

(ΔV) ، اما اذا تغير كل من (ΔV) و (d) او عند ثبوت كل منهما فان (E) يبقى ثابت.

(4) وفقا للعلاقة [$PE = \frac{1}{2} (\Delta V) \cdot Q$] فان (PE) تتناسب طرديا مع (ΔV) بثبوت (Q) او تتناسب طرديا مع (Q)

بثبوت (ΔV).

س : متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر العازل بين صفيحتيها الهواء . وضع ماذا يحدث لكل من سعتها وشحنتها وفرق الجهد بين صفيحتيها إذا أبدل الهواء بين صفيحتيها بعازل آخر ؟

ج : السعة تزداد بالعامل (k) وفقا للعلاقة : ($C_k = k C$) والشحنة تبقى ثابتة لان المتسعة مفصولة عن

المصدر الشاحن اما فرق الجهد يقل بنسبة (k) وفقا للعلاقة : ($\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$).

س (وزاري) : ما تأثير ؟ ادخال عازل كهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومعزولة عن البطارية على كل من :

a- فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها . b- سعة المتسعة .

ج: a- يقل لان $(\Delta V_K = \frac{\Delta V}{k})$. **b-** تزداد لان $(C_K = k C)$.

س (وزاري): متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، الهواء عازل بين صفيحتيها ربطت بين قطبي بطارية . ادخل عازل

كهربائي بين صفيحتيها ثابت عزله $(k = 4)$ والمتسعة مازالت موصولة بالبطارية ماذا يحصل لكل من الكميات

الاتيئة للمتسعة مع ذكر السبب ؟ **a-** فرق الجهد بين صفيحتيها . **b-** سعتها .

ج: a- فرق الجهد بين صفيحتيها يبقى ثابت لانها متصلة بالبطارية.

b- تزداد سعتها الى اربعة امثال ماكانت عليه $(C_k = kC = 4C)$.

س (وزاري): ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ للطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة عند

مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة .

ج: الطاقة المختزنة تصبح أربعة أمثال ما كانت عليه لان الطاقة المختزنة تتناسب طرديا مع مربع فرق

الجهد بثبوت سعة المتسعة وفقا للعلاقة $(PE = \frac{1}{2} C \cdot \Delta V^2)$.

س (وزاري): ماذا يحصل (مع ذكر السبب) ؟ للطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين

المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن المصدر عند ادخل عازل كهربائي ثابت عزله (2) بين صفيحتيها .

ج: تصبح الطاقة المختزنة نصف ماكانت عليه وفقا للعلاقة : $\left(PE = \frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2 \right)$

$$\frac{PE_k}{PE} = \frac{\frac{1}{2} C_k (\Delta V_k)^2}{\frac{1}{2} C (\Delta V)^2} = \frac{2C \left(\frac{1}{2} \Delta V \right)^2}{C (\Delta V)^2} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \Rightarrow PE_k = \frac{1}{2} PE$$

س (وزاري): ماذا يحصل لمقدار المجال الكهربائي والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين

المتوازيتين ربطت صفيحتيها بين قطبي بطارية تجهز فرق جهد ثابت لو ابعدت الصفيحتان عن بعضهما قليلا مع بقاء

البطارية موصولة بهما .

ج: يقل المجال الكهربائي بزيادة البعد بين الصفيحتين ويقل مقدار الشحنة المختزنة في أي من الصفيحتين.

س: علل . يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها ؟

ج: وذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) معاكس للمجال الأصلي بين صفيحتي المتسعة (E)

فيكون المجال المحصل $(E_K = E - E_d)$ لذلك يقل بنسبة ثابت العزل للمادة $(E_K = \frac{E}{k})$.

س (وزاري): متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها ، ربطت بين قطبي بطارية وعندما ادخل

عازل كهربائي ثابت عزله $(k=6)$ والمتسعة مازالت موصولة بالبطارية ، ماذا يحصل للطاقة المختزنة في المجال

الكهربائي بين صفيحتيها ؟ (مع ذكر السبب) .

ج: الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها تصبح (6) امثال ماكانت عليه .

$$PE_k = \frac{1}{2} C_k \cdot (\Delta V_k)^2 = \frac{1}{2} (6C) \cdot (\Delta V)^2 = 6 \left[\frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2 \right] = 6 PE$$

س (وزاري): ماذا يحصل لمقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند ادخال مادة عازلة بين صفيحتيها؟ ولماذا؟
 او: ما تأثير ادخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر في المجال الكهربائي بين صفيحتيها؟

ج: يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتيها وذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) معاكس للمجال الأصلي بين صفيحتي المتسعة (E) فيكون المجال المحصل ($E_K = E - E_d$) لذلك يقل بنسبة ثابت العزل للمادة ($E_K = \frac{E}{k}$). او: يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتيها بسبب نقصان فرق الجهد بين الصفيحتين للعلاقة الطردية بينهما بثبوت البعد ($E_K = \frac{\Delta V_k}{d}$).

س: شحنت متسعة مؤلفة من صفيحتين متوازيتين العازل بينهما هواء حتى أصبح بين صفيحتيها فرق جهد معين. فإذا غمرت بعد ذلك في الزيت المستعمل للمحولات فما الذي سيحصل لشحنتها وسعتها و فرق الجهد بين صفيحتيها؟ ولماذا؟
 ج: شحنتها تبقى ثابتة لأنها مفصولة عن المصدر الشاحن اما سعتها تزداد لان $C_k = k C$ (ثابت عزل الزيت اكبر من ثابت عزل الهواء) و فرق الجهد يقل لأنه يتناسب عكسيا مع السعة عند ثبوت الشحنة.
 مثال 1 (كتاب): متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($10pF$) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($12V$) فإذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل بين صفيحتيها لوحا من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما. ما مقدار:

- 1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة. 2- سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي.
- 3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل.

الحل

$$1) Q = C \cdot \Delta V = 10 \times 12 = 120 pC$$

$$2) C_k = kC = 6 \times 10 = 60 pF$$

$$3) \Delta V_k = \frac{Q}{C_k} = \frac{120}{60} = 2V \quad \text{or} \quad \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{12}{6} = 2V$$

مثال 2 (كتاب): متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين البعد بين صفيحتيها ($0.5cm$) وكل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منها ($10cm$) ويفصل بينهما الفراغ (علما ان سماحية الفراغ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2 / N \cdot m^2$)
 ما مقدار: 1- سعة المتسعة.

- 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد ($10V$) بينهما.

الحل

$$1) A = 10cm \times 10cm = 100cm^2 = 100 \times 10^{-4} = 10^{-2} m^2, \quad d = 0.5cm = 0.5 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-3} m$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-3}} = 1.77 \times 10^{-11} F$$

$$2) Q = C \cdot \Delta V = 1.77 \times 10^{-11} \times 10 = 1.77 \times 10^{-10} C$$

ربط المتسعات (توازي ، توالي) :

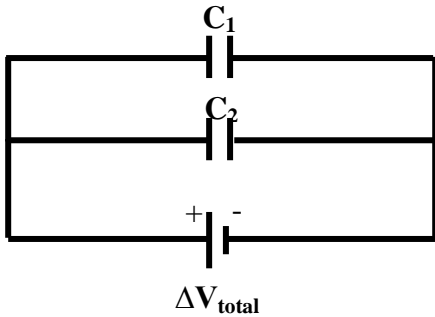
- تربط المتسعات اما على التوازي او على التوالي او ربطا مختلطا (توازي وتوالي) ولكل طريقة ربط خواص تميزها عن طريقة الربط الاخرى.
- تستبدل مجموعة المتسعات بمتسعة واحدة (مكافئة للمجموعة) اذ تعمل عمل المجموعة وتخضع الى نفس قوانين المتسعة المنفردة وكما يلي:

$$\left[C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T} , \quad PE_T = \frac{1}{2} \Delta V_T \cdot Q_T \quad \text{or} \quad PE_T = \frac{1}{2} C_{eq} \cdot (\Delta V_T)^2 \quad \text{or} \quad PE_T = \frac{1}{2} \frac{Q_T^2}{C_{eq}} \right] \text{سلطان}$$

أولا : خواص ربط المتسعات على التوازي :

في حالة ربط (n) من المتسعات على التوازي فان :

- 1- فرق الجهد متساوي على جميع المتسعات (ثابت) ويساوي فرق الجهد الكلي (فرق جهد البطارية) أي ان :



$$(\Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \dots \dots \Delta V_n)$$

- 2- الشحنة الكلية تساوي مجموع الشحنات على المتسعات (تتوزع) أي ان :

$$(Q_{total} = Q_1 + Q_2 + \dots \dots \dots Q_n)$$

- 3- السعة المكافئة (C_{eq}) تساوي مجموع سعات المتسعات وتكون اكبر من اكبر سعة في المجموعة أي ان :

$$(C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots \dots \dots C_n)$$

- 4- السعة المكافئة لمجموعة متسعات متماثلة (أي متساوية السعة) تساوي عدد المتسعات (n) في سعة واحدة منها . أي ان : $\langle C_{eq} = nC \rangle$.

- 5- الطاقة المخزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المكافئة لمجموعة التوازي تساوي مجموع الطاقة المخزنة في كل المتسعات . أي ان : $\langle PE_T = PE_1 + PE_2 + \dots \dots \dots PE_n \rangle$.

س : اشتق السعة المكافئة (C_{eq}) لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي .

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \Rightarrow C_{eq} \cdot \Delta V_{total} = C_1 \cdot \Delta V_1 + C_2 \cdot \Delta V_2$$

$$\because \Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$$

$$\therefore C_{eq} \cdot \Delta V = C_1 \cdot \Delta V + C_2 \cdot \Delta V \Rightarrow C_{eq} \cdot \Delta V = (C_1 + C_2) \cdot \Delta V \Rightarrow C_{eq} = C_1 + C_2$$

ولاكثر من متسعتين فان : $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \dots \dots C_n$

ج :

مثال 3 (كتاب) : أربع متسعات سعاتها حسب الترتيب $(4\mu F, 8\mu F, 12\mu F, 6\mu F)$ مربوطة مع بعضها على التوازي ، ربطت المجموعة بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(12V)$.
احسب مقدار **1-** السعة المكافئة للمجموعة . **2-** الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .
3- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة.

الحل

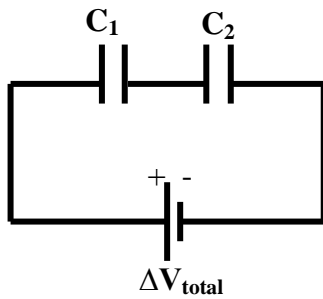
$$1 - C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 4 + 8 + 12 + 6 = 30\mu F$$

$$2 - \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V_4 = \Delta V_T = \Delta V = 12V$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 4 \times 12 = 48\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 8 \times 12 = 96\mu C$$

$$Q_3 = C_3 \cdot \Delta V = 12 \times 12 = 144\mu C \quad , \quad Q_4 = C_4 \cdot \Delta V = 6 \times 12 = 72\mu C$$

$$Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V = 30 \times 12 = 360\mu C$$



ثانياً : خواص ربط المتسعات على التوالي :

في حالة ربط (n) من المتسعات على التوالي فان :

1- مقدار الشحنة متساوي على جميع المتسعات ويساوي الشحنة الكلية أي ان :

$$(Q_{total} = Q_1 = Q_2 = \dots\dots\dots Q_n)$$

2- فرق الجهد الكلي (ΔV_{total}) يساوي مجموع فروق الجهد على المتسعات (يتوزع) أي ان :

$$(\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \dots\dots\dots \Delta V_n)$$

3- مقلوب السعة المكافئة للمجموعة يساوي مجموع مقلوب سعات المتسعات وبالتالي فان مقدار السعة

المكافئة (C_{eq}) يقل ويكون اصغر من اصغر سعة في المجموعة أي ان :

$$\left(\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots\dots\dots \frac{1}{C_n} \right)$$

♦ في حالة ربط متسعتين فقط على التوالي يمكن أن نحسب السعة المكافئة لهما من حاصل ضرب السعتين

$$\left\langle C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right\rangle \text{ : على مجموع السعتين وفقاً للعلاقة الآتية :}$$

4- السعة المكافئة لمجموعة متسعات متماثلة (أي متساوية السعة) تساوي سعة واحدة من المتسعات على

$$\text{عدد المتسعات } (n) \cdot \text{أي ان : } \left\langle C_{eq} = \frac{C}{n} \right\rangle$$

5- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المكافئة لمجموعة التوالي تساوي مجموع

$$\text{الطاقة المختزنة في كل المتسعات . أي ان : } \langle PE_T = PE_1 + PE_2 + \dots\dots\dots PE_n \rangle$$

س: اشتق السعة المكافئة (C_{eq}) لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي .

ج:

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 \Rightarrow \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

$$\therefore Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q$$

$$\therefore \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \Rightarrow \frac{Q}{C_{eq}} = Q \cdot \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) \Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\left(\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \dots \dots \frac{1}{C_n} \right) : \text{ولاكثر من متسعتين فان :}$$

مثال 4 (كتاب): ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب ($6\mu F, 9\mu F, 18\mu F$)

مربوطة مع بعضها على التوالي ، شحنت المجموعة بشحنة كلية ($300\mu C$) احسب مقدار:

1- السعة المكافئة للمجموعة .

2- الشحنة المخزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .

3- فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة

4- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .

الحل

$$1) \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3} , \therefore C_{eq} = 3\mu F$$

$$2) Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_T = 300\mu C , 3) \Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{3} = 100V$$

$$4) \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{300}{6} = 50V , \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{300}{9} = \frac{100}{3} V , \Delta V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{300}{18} = \frac{50}{3} V$$

س: لديك ثلاث متسعات متماثلة سعة كل منهما (C) ومصدر للفلولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ثابت المقدار .

ارسم مخططا لدائرة كهربائية تبين فيه الطريقة المناسبة لربط المتسعات الثلاث جميعها في الدائرة للحصول على اكبر

مقدار للطاقة الكهربائية يمكن اختزانه في المجموعة ، ثم اثبت ان الترتيب الذي تختاره هو الأفضل .

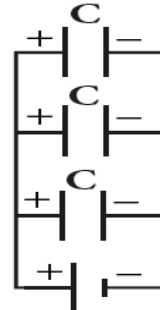
ج: نربط المتسعات على التوازي مع بعضها بين قطبي البطارية للحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار

$$C_{eq} = C + C + C = 3C$$

$$PE = \frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2 \Rightarrow PE \propto C$$

$$\therefore \frac{PE_T}{PE} = \frac{C_{eq}}{C} \Rightarrow \frac{PE_T}{PE} = \frac{3C}{C}$$

$$\frac{PE_T}{PE} = 3 \Rightarrow PE_T = 3PE$$



أي ان الطاقة المخزنة بين صفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة تصبح ثلاثة امثال الطاقة المخزنة للمتسعة الواحدة.

تنويه:

اولا: عند ربط متسعتين على التوازي (بدون مصدر) على ان تكون احدي المتسعتين مشحونة مسبقا والاخرى غير مشحونة فانه :

قبل التوصيل: تعامل المتسعة المشحونة على انها متسعة منفردة لذلك يمكن ايجاد سعتها او شحنتها او فرق جهدها او مجالها الكهربائي (على ان يكون البعد بين صفيحتيها معلوم في السؤال) او طاقتها المختزنة وذلك بتطبيق قوانين المتسعة المنفردة التي درستها سابقا . اما المتسعة الاخرى غير المشحونة فان كل من شحنتها وفرق جهدها ومجالها الكهربائي وطاقاتها المختزنة صفرا.

بعد التوصيل: لغرض ايجاد شحنة كل متسعة وطاقاتها المختزنة علينا ايجاد فرق جهد كل متسعة من خلال ايجاد فرق الجهد الكلي اذ ان $(\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}})$ وان $\langle C_{eq} = C_1 + C_2 \rangle$ اما $\langle Q_T \rangle$ هي نفسها شحنة المتسعة المشحونة (لان المتسعة الاخرى شحنتها تساوي صفر) ولكون الربط توازي فان $\langle \Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 \rangle$ بعد ذلك نستطيع ان نطبق قوانين المتسعة السابقة لإيجاد شحنة وطاقة كل متسعة.

ملاحظة: كل متسعة تعطى شحنتها او فرق جهدها او طاقتها المختزنة قبل التوصيل مع الاخرى على التوازي تعتبر مشحونة مسبقا.

ثانيا: عند ربط متسعتين على التوالي ثم يتم فصلهما عن بعضهما وعن البطارية دون حدوث ضياع بالطاقة ويعاد ربطهما على التوازي فانه :

من التوالي: نجد الشحنة الكلية اذ ان $\langle Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T \rangle$ حيث $\langle C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \rangle$ بعد ذلك ولكون الربط توالي فان $\langle Q_T = Q_1 = Q_2 \rangle$.

من التوازي: لغرض ايجاد شحنة كل متسعة وطاقاتها المختزنة علينا ايجاد فرق جهد كل متسعة من خلال ايجاد فرق الجهد الكلي اذ ان $(\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}})$ وان $\langle C_{eq} = C_1 + C_2 \rangle$ اما $\langle Q_T \rangle$ فتساوي جمع الشحنتين $\langle Q_T = Q_1 + Q_2 \rangle$ (اذا ربطت الصفائح المتماثلة الشحنة) او $\langle Q_T \rangle$ تساوي طرح الشحنتين $\langle Q_T = Q_1 - Q_2 = 0 \rangle$ (اذا ربطت الصفائح المختلفة الشحنة) بعد ذلك ولكون الربط توازي فان $\langle \Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 \rangle$ ومن ثم نستطيع ان نطبق قوانين المتسعة السابقة لإيجاد شحنة وطاقة كل متسعة.

س(وزاري) : ما الفرق بين الغرض من ربط مجموعة من المتسعات على التوالي والغرض من ربط مجموعة من المتسعات على التوازي؟

ج: الغرض من التوالي : لتقليل السعة المكافئة ليكون بإمكاننا وضع فرق جهد كهربائي أكبر على طرفي المجموعة المتواليّة قد لا تتحمّله أي متسعة من المجموعة لو ربطت منفردة.
الغرض من التوازي : الحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بواسطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ حيث لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة.

س(فكر) / ما طريقة ربط مجموعة من المتسعات ؟

(a) لكي نحصل على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بواسطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ ، لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة.
(b) لكي يكون بالإمكان وضع فرق جهد كبير عبر طرفي المجموعة قد لا تتحمّله المتسعة المنفردة.

ج: (a) نربط المجموعة على التوازي فتزداد السعة المكافئة للمجموعة (C_{eq}) وتصبح أكبر من أكبر سعة في المجموعة أما فرق الجهد الكلي (ΔV_T) فيكون ثابت ويساوي فرق جهد كل متسعة من المتسعات .
 $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$
 $\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$
(b) نربط المجموعة على التوالي فتقل سعتها المكافئة (C_{eq}) وتصبح أصغر من أصغر سعة في المجموعة أما فرق الجهد الكلي (ΔV_T) فهو مجموع فروق الجهد للمتسعات المتواليّة لذلك فهو أكبر من فرق الجهد على طرفي كل متسعة من المتسعات.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

$$\therefore \Delta V_T > \Delta V_1 , \Delta V_T > \Delta V_2 , \Delta V_T > \Delta V_3$$

س: ما التفسير الفيزيائي لكل من :

1- ازدياد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي؟
ج: وذلك بسبب زيادة المساحة السطحية المتقابلة لصفحتي المتسعة المكافئة للمجموعة المتوازية ($C \propto A$) بثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل .

2- نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي ؟

ج: وذلك بسبب زيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة المتواليّة ($C \propto \frac{1}{d}$) بثبوت المساحة السطحية المتقابلة ونوع العازل .

س: ربطت المتسعة (C_1) بين قطبي بطارية ، وضح ماذا يحصل ؟ لمقدار كل من فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة (C_1) والشحنة المختزنة فيها لو ربطت متسعة أخرى (C_2) غير مشحونة مع المتسعة (C_1) (مع بقاء البطارية في الدائرة). وكانت طريقة الربط :

أولاً : على التوازي مع (C_1) ثانياً : على التوالي مع (C_1)

ج: أولا: فرق الجهد بين صفيحتيها يبقى ثابت ، وبما ان سعتها ثابتة لذلك فالشحنة تبقى ثابتة لثبوت فرق الجهد والسعة وفقا للعلاقة $(Q_1 = C_1 \times \Delta V)$.

ثانيا: فرق الجهد بين صفيحتيها سيقبل لان فرق الجهد الكلي سيتوزع على المتسعتين

$$\Delta V_t = \Delta V_1 + \Delta V_2 \Rightarrow \Delta V_1 = \Delta V_t - \Delta V_2$$

شحناتها سوف تقل بسبب نقصان فرق جهدها على وفق العلاقة : $(Q_1 = C_1 \cdot \Delta V_1)$ حيث $Q_1 \propto \Delta V_1$ بثبوت السعة.

س: علل. مقدار الشحنة الكلية في ربط التوالي مساو الى مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة؟

ج: لان جهد الصفيحتين الوسطيتين متساو فهما صفيحتان موصولتان مع بعضهما بسلك توصيل لذلك يعدان موصلا واحدا فيكون سطحه هو سطح تساوي الجهد تظهر عليهما شحنتان متساويتان مقدارا ومختلفتان بالنوع بطريقة الحث.

في الربط المختلط (توازي وتوالي):

- ◆ عند ربط مجموعة من المتسعات على التوازي والتوالي (ربط مختلط) فيجب تطبيق خواص التوازي والتوالي معا وبما يناسب حل السؤال.
- ◆ تكون السعة المكافئة لمجموعة متسعات مربوطة ربط توازي او ربط مختلط (توازي وتوالي) هي اصغر من السعة المكافئة لمجموعة متسعات مربوطة ربط توازي.
- ◆ السعة المكافئة لمجموعة متسعات مربوطة توازي مع ثلاثة على التوازي اكبر من السعة المكافئة لمجموعة متسعات مربوطة توازي مع ثلاثة توازي.

مثال 5(كتاب): من المعلومات المثبتة في الشكل (a - 19) احسب مقدار:

1- السعة المكافئة للمجموعة . 2- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .

3- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .

الحل:

$$1 - C_{1,2} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12 \mu F$$

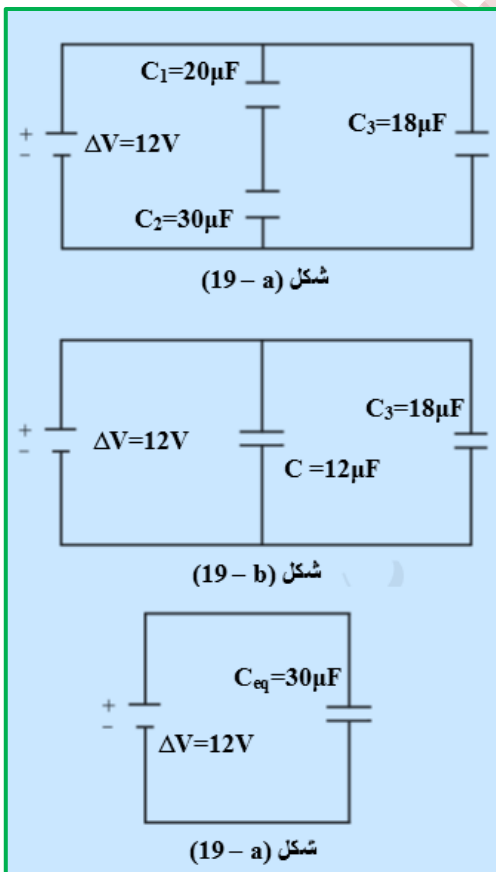
$$C_{eq} = C_{1,2} + C_3 = 12 + 18 = 30 \mu F$$

$$2 - Q_T = C_{eq} \times \Delta V_T = 30 \times 12 = 360 \mu C$$

$$3 - \Delta V_T = \Delta V_{1,2} = \Delta V_3 = 12 V$$

$$Q_{1,2} = C_{1,2} \cdot \Delta V = 12 \times 12 = 144 \mu C = Q_1 = Q_2$$

$$Q_3 = C_3 \cdot \Delta V = 18 \times 12 = 216 \mu C$$



س (فكر) :

إذا طلب منك ربط تسع متسعَات متماثلة سعة كل منها $(10\mu\text{F})$ جميعها مع بعض للحصول على سعة مكافئة مقدارها $(10\mu\text{F})$. وضح طريقة الربط وارسم مخططاً تبين فيه ذلك.

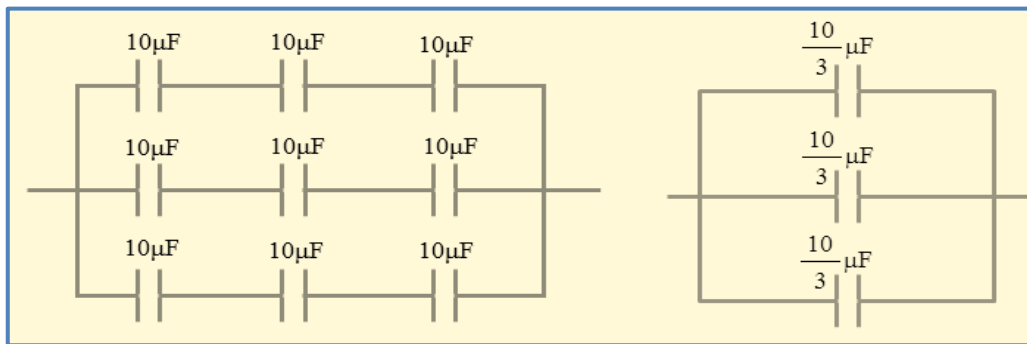
الجواب :

يمكن الحصول على ذلك بطريقتين :

الطريقة الأولى : ان نربط مجموعة المتسعَات بثلاث صفوف متوازية وفي كل صف ثلاث متسعَات متوالية .

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10} \Rightarrow C' = \frac{10}{3} \mu\text{F}$$

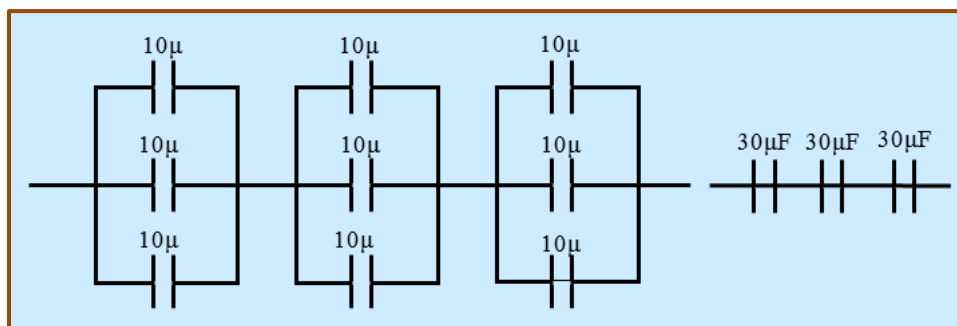
$$C_{eq} = C' + C' + C' = \frac{10}{3} + \frac{10}{3} + \frac{10}{3} = \frac{30}{3} = 10\mu\text{F}$$



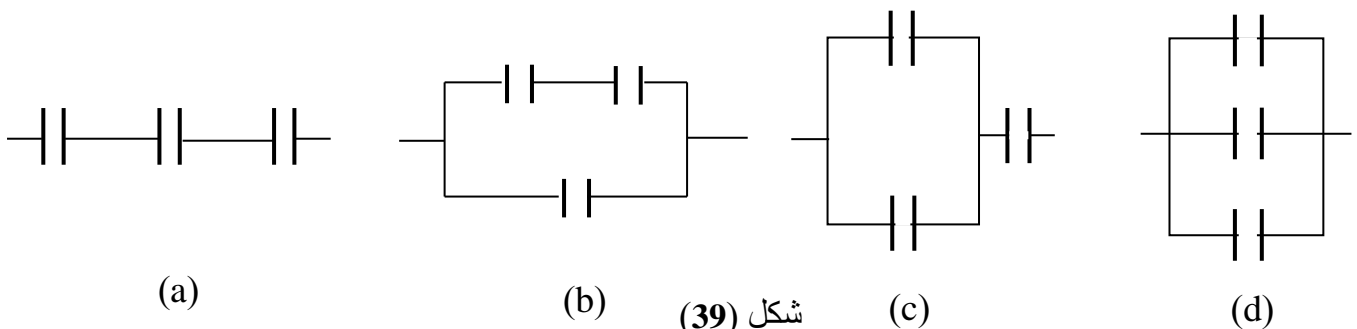
الطريقة الثانية : نربط كل ثلاث متسعَات على التوازي مع بعضها بثلاث مجاميع ثم نربط هذه المجموعات الثلاثة مع بعضها على التوالي .

$$C' = C_1 + C_2 + C_3 = 10 + 10 + 10 = 30\mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C'} + \frac{1}{C'} = \frac{1}{30} + \frac{1}{30} + \frac{1}{30} = \frac{3}{30} = \frac{1}{10} \Rightarrow C_{eq} = 10\mu\text{F}$$



س : في الشكل (39) المتسعَات الثلاث متماثلة ، رتب الأشكال الأربعة بالتسلسل من أكبر مقدار للسعة المكافئة للمجموعة إلى أصغر مقدار :



شكل (39)

ج : (d)>(b)>(c)>(a).

مثال 6(كتاب): ما مقدار الطاقة الكهربائية المخزنة في المجال الكهربائي لمتسعة سعتها $(2\mu F)$ إذا شحنت لفرق جهد كهربائي $(5000V)$ ، وما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمّن $(10\mu s)$ ؟

$$PE_{\text{electric}} = \frac{1}{2} C(\Delta V)^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} (5000)^2 = 10^{-6} \times 25 \times 10^6 = 25J$$

الحل

$$P = \frac{PE_{\text{electric}}}{t} = \frac{25}{10 \times 10^{-6}} = 25 \times 10^5 \text{ watt}$$

خطوات الحل بعد ادخال العازل

لمجموع من المتسعات مربوطة توازي أو التوالي وعلى فرض ان العازل ادخل على المتسعة الاولى.

اولاً : عندما يكون (k) معلوم في السؤال:

(a) خطوات ايجاد (ΔV_{Tk}) اذا كان الربط توازي منفصلة :

1- نجد C_{1k} من العلاقة : $[C_{1k} = k C_1]$.

2- نجد $C_{(eq)k}$ من مجموع السعات : $[C_{eqk} = C_{1k} + C_2]$.

3- نجد (ΔV_{Tk}) من القانون $(\Delta V_{Tk} = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqk}})$ مع العلم بان الشحنة الكلية ثابتة $(Q_{Tk}=Q_T)$.

(b) خطوات ايجاد (Q_{Tk}) اذا كان الربط توازي متصلة :

1- نجد C_{1k} من العلاقة : $[C_{1k} = k C_1]$.

2- نجد $C_{(eq)k}$ من خاصية الضرب على الجمع السعات : $\left[C_{eqk} = \frac{C_{1k} C_2}{C_{1k} + C_2} \right]$.

3- نجد (Q_{Tk}) من القانون $(Q_{Tk} = C_{eqk} \cdot \Delta V_{Tk})$ مع العلم بان فرق الجهد الكلي ثابت $(\Delta V_{Tk} = \Delta V_T)$.

ثانياً : عندما يكون (k) مجهول في السؤال:

1- نجد (C_{eqk}) من القانون $(C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}})$ مع الانتباه الى ان المجموعة فصلت عن البطارية ثم ادخل العازل حيث تبقى الشحنة الكلية ثابتة اي ان $(Q_{Tk}=Q_T)$ ام مازالت متصلة بالبطارية اثناء دخول العازل بين صفيحتيها حيث يثبت فرق جهد الكلي في هذه الحالة اي ان $(\Delta V_{Tk} = \Delta V_T)$.

2- نجد (C_{1k}) من خواص التوازي $[C_{eqk} = C_{1k} + C_2]$ او من خواص التوالي

$$\left[\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} \right] \text{ مع الانتباه الى ان المتسعة التي لم يدخل عليها عازل سعتها تبقى ثابتة.}$$

3- نجد (k) من العلاقة : $\left[K = \frac{C_{1k}}{C} \right]$.

ملاحظات:

- في التوازي متصلة فان فرق الجهد الكلي بعد العازل يساوي فرق الجهد الكلي قبل العازل وهو نفسه للمتسعة الاولى والثانية قبل وبعد العازل اي ان :
 $(\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = \Delta V_{Ik} = \Delta V_{2k} = \Delta V_1 = \Delta V_2)$
 الجهد الكلي بعد العازل يختلف عن فرق الجهد الكلي قبل العازل لذلك فان فرق الجهد الكلي بعد العازل هو نفسه للمتسعة الاولى والثانية بعد العازل اي ان :
 $(\Delta V_{Tk} = \Delta V_{Ik} = \Delta V_{2k})$ وان فرق الجهد الكلي قبل العازل هو نفسه للمتسعة الاولى والثانية قبل العازل اي ان :
 $(\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2)$
- في التوالي منفصلة فان الشحنة الكلية بعد العازل تساوي الشحنة الكلية قبل العازل وهي نفسها للمتسعة الاولى والثانية قبل وبعد العازل اي ان :
 $(Q_{Tk} = Q_T = Q_{Ik} = Q_{2k} = Q_1 = Q_2)$ اما اذا كانت المجموعة توالي متصلة فان الشحنة الكلية بعد العازل تختلف عن الشحنة الكلية قبل العازل لذلك فان الشحنة الكلية بعد العازل هي نفسها للمتسعة الاولى والثانية بعد العازل اي ان :
 $(Q_{Tk} = Q_{Ik} = Q_{2k})$ وان الشحنة الكلية قبل العازل هي نفسها للمتسعة الاولى والثانية قبل العازل اي ان :
 $(Q_T = Q_1 = Q_2)$
- يمكن الاستعانة بالعلاقة $(\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k})$ للمتسعة التي ادخل عليها عازل اذا كان الربط توالي منفصلة وكذلك العلاقة $(Q_k = kQ)$ للمتسعة التي ادخل عليها عازل اذا كان الربط توازي متصلة.

مثال 7 (كتاب) : متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1=3\mu F, C_2=6\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوالي . ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(24V)$ ، وكان الفراغ عازلا بين صفيحتي كل منهما إذا ادخل بين صفيحتي كل منهما لوحا من مادة عازلة ثابت عزلها (2) يملأ الحيز بينهما **(وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية)** فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة ، والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة في حالتين : **1- قبل إدخال العازل . 2- بعد إدخال العازل .**

الحل

$$1- C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\mu F, Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 2 \times 24 = 48\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{48}{3} = 16V, \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{48}{6} = 8V$$

$$PE_1 = \frac{1}{2} \Delta V_1 \cdot Q = \frac{1}{2} \times 16 \times 48 \times 10^{-6} = 384 \times 10^{-6} J \quad PE_2 = \frac{1}{2} \Delta V_2 \cdot Q = \frac{1}{2} \times 8 \times 48 \times 10^{-6} = 192 \times 10^{-6} J$$

$$2- C_{1k} = kC_1 = 2 \times 3 = 6\mu F, C_{2k} = kC_2 = 2 \times 6 = 12\mu F$$

$$C_{eqk} = \frac{C_{1k} \cdot C_{2k}}{C_{1k} + C_{2k}} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = \frac{72}{18} = 4\mu F, Q_{Tk} = C_{eqk} \cdot \Delta V_T = 4 \times 24 = 96\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q}{C_{1k}} = \frac{96}{6} = 16V, \Delta V_{2k} = \frac{Q}{C_{2k}} = \frac{96}{12} = 8V$$

$$PE_{1k} = \frac{1}{2} \Delta V_{1k} \cdot Q = \frac{1}{2} \times 16 \times 96 \times 10^{-6} = 768 \times 10^{-6} J,$$

$$PE_{2k} = \frac{1}{2} \Delta V_{2k} \cdot Q = \frac{1}{2} \times 8 \times 96 \times 10^{-6} = 384 \times 10^{-6} J$$

بعض انواع المتسعات:

س : اذكر بعض انواع المتسعات .

- ج : a- المتسعة ذات الورق المشمع . b- المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة .
c- المتسعة الالكتروليتيية .

س (وزاري) : ما مميزات المتسعة ذات الورق المشمع ؟ واين تستعمل ؟

ج : تمتاز : 1- بصغر حجمها 2- كبر مساحة صفائحها ، تستعمل في الاجهزة الكهربائية والالكترونية.

س : وضح المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة.

ج : تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل انصاف اقراص احدى المجموعتين ثابتة والاخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت وتربط المجموعتان بين قطبي بطارية عند شحنها وتكون هذه المتسعة مكافئة لمجموعة من المتسعات المتوازية الربط . وتتغير سعتها نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح ويفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي وتستعمل في دائرة التنعيم في اللاسلكي والمذياع.

س (وزاري) : مِم تتألف المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة ؟ واين تستعمل ؟

ج : تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل انصاف اقراص احدى المجموعتين ثابتة والاخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت ، تربط المجموعتان بين قطبي بطارية عند شحنها. تستعمل في دائرة التنعيم في اللاسلكي والمذياع.

س : علل . تكون المتسعة ذات الصفائح الدوارة متغيرة السعة ؟

ج : لأنه أثناء دوران مجموعة الصفائح المتحركة حول المحور الثابت تتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح ونتيجة لذلك تتغير سعة المتسعة .

س : ما العامل الذي يتغير في المتسعة ذات الصفائح الدوارة ؟ ولماذا ؟

ج : تتغير سعتها نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح.

س : علل . تتغير سعة المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة أثناء الدوران ؟

ج : وذلك بسبب تغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح.

س : هل المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة الموضحة في الشكل تكون مربوطة مع بعضها على

التوالي ؟ ام على التوازي ؟ وضح ذلك .



ج : على التوازي . اذ تتألف من مجموعتين من الصفائح احدهما ثابتة

والاخرى يمكن تدويرها حول محور وعندما يراد شحن المتسعة تربط

مجموعة الصفائح الثابتة باحد قطبي البطارية ومجموعة الصفائح الدوارة

تربط بالقطب الاخر فتكون احدى المجموعتين بجهد موجب والمجموعة

الاخرى بجهد سالب وهذه ميزة الربط على التوازي.

س (وزاري) : مِم تتألف المتسعة الالكتروليتيية ؟ وبماذا تمتاز ؟

ج : تتألف المتسعة الالكتروليتيية من صفيحتين إحدهما من الألمنيوم والاخرى عجينة الكتروليتية وتتولد

المادة العازلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الألمنيوم والالكتروليت وتلف الصفائح بشكل اسطواني .

تمتاز بأنها : 1- تتحمل فرق جهد كهربائي عالي . 2- توضع علامة على طرفيها للدلالة على قطبيتها.

س: (علل) توضع علامة على طرفي المتسعة الالكتروليتيّة؟

ج: للدلالة على قطبيتها من اجل ربطها في الدائرة الكهربائية بقطبية صحيحة .

دائرة تيار مستمر تتالف من مقاومة ومتسعة (RC-Circuit)

س (وزاري): ما الفرق الأساسي بين دائرة تيار مستمر تحتوي على مقاومة فقط ودائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة

ومتسعة (RC-Circuit)؟

ج: دائرة المقاومة يكون تيارها ثابتا (لا يتغير مع الزمن) لفترة زمنية معينة بينما دائرة المقاومة والمتسعة تيارها متغيرا مع الزمن .

س (وزاري): وضع نشاط مع رسم الدائرة الكهربائية لطريقة شحن المتسعة ، ثم وضع برسم بياني يمثل تيار الشحن.

ج: أدوات النشاط:

بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانومتر (G) صفره في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A&B) ، مفتاح مزدوج (K) ، مقاومة ثابتة (R) ، مصباحين (L_1 & L_2) ، أسلاك توصيل.

خطوات النشاط :

- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل بحيث يكون المفتاح (K) في الموقع (1) وهذا يعني ان المتسعة مربوطة إلى البطارية لكي تنشحن.

- نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانومتر لحظيا إلى احد جانبي صفر التدريجة (نحو اليمين مثلا) ويعود بسرعة إلى الصفر مع ملاحظة توهج المصباح

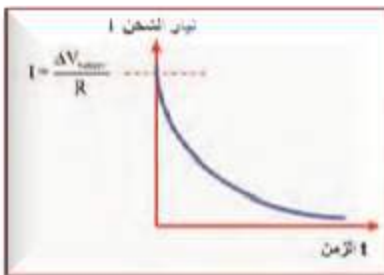
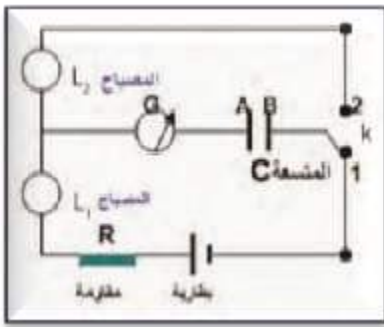
(L_1) بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ وكأن البطارية غير مربوطة بالدائرة .

- ان سبب رجوع مؤشر الكلفانوميتر (G) الى الصفر هو بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى جهد كل صفيحة مع قطب البطارية المتصل بها اي ان المتسعة اصبحت مشحونة بكامل شحنتها وعندها يكون فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية فينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفر. لذا تعد المتسعة مفتاح مفتوح في دائرة التيار المستمر. وبسبب كون صفيحتي المتسعة معزولتين عن بعضهما فالالكترونات تتراكم على الصفيحة (B) المربوطة بالقطب السالب للبطارية لذا تشحن بالشحنة السالبة ($-Q$) في حين تشحن الصفيحة (A) المربوطة بالقطب الموجب بالشحنة الموجبة ($+Q$) وبالمقدار نفسه بطريقة الحث.

وعمليا ان تيار الشحن (I) يبدأ بمقدار كبير لحظة اغلاق دائرة الشحن ومقداره يساوي ($I = \frac{\Delta V}{R}$) ويتناقص مقداره الى الصفر بسرعة عند اكتمال شحنها .

الاستنتاج :

ان تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة يسمى تيار الشحن يبدأ بمقدار كبير لحظة اغلاق الدائرة ويتناقص مقداره الى الصفر بسرعة بعد اكتمال شحن المتسعة. والمخطط البياني الموضح يبين العلاقة بين تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحن المتسعة .



س(وزاري) / اشرح نشاط يوضح كيفية تفريغ المتسعة مع رسم الدائرة الكهربائية اللازمة لإجراء النشاط ؟

ج/ أدوات النشاط :

بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانومتر (G) صفه في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A & B) ، مفتاح مزدوج (K) ، مقاومة ثابتة (R) ، مصباحين (L_1 & L_2) ، أسلاك توصيل.

خطوات النشاط:

نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل بحيث يكون المفتاح (K) في الموقع (2) وهذا يعني ربط صفيحتي المتسعة مع بعضهما بسلك موصل وبهذا تتم

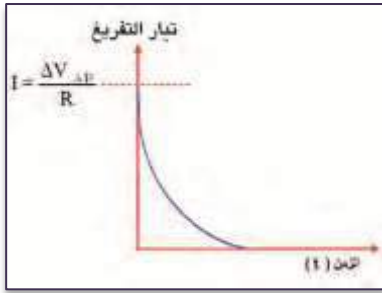
عملية تفريغ المتسعة من شحنتها أي تعادل شحنة صفيحتيها فنلاحظ انحراف مؤشر الكلفانومتر لحظيا الى الجانب الآخر من صفر التدريجة (نحو اليسار) ثم يعود الى الصفر بسرعة ونلاحظ توهج المصباح L_2

بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ . وقد وجد بالتجربة ان تيار التفريغ يبدأ بمقدار كبير ($I = \frac{\Delta V_{AB}}{R}$)

لحظة اغلاق الدائرة (لحظة ربط صفيحتي المتسعة ببعضهما بواسطة سلك موصل) ويهبط الى الصفر بسرعة بعد اتمام عملية التفريغ.

الاستنتاج /

ان تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة الكهربائية يسمى تيار التفريغ ويتلاشى بسرعة (يساوي صفرا) عندما لا يتوافر فرق جهد بين صفيحتي المتسعة أي عندما ($\Delta V_{AB}=0$).



المخطط البياني في الشكل يبين العلاقة بين تيار تفريغ المتسعة والزمن المستغرق لتفريغها.

س: علل. المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد مفتاحا مفتوحا ؟

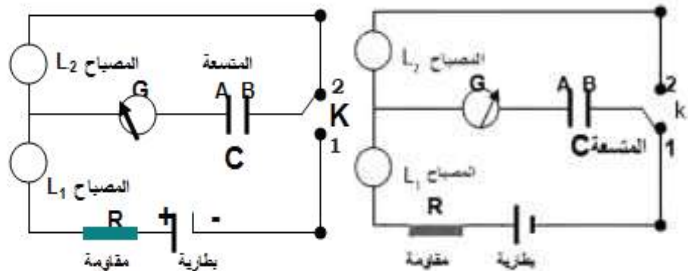
ج: لأنه بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى فرق الجهد بين صفيحتيها مع فرق جهد البطارية ($\Delta V_c = \Delta V_{battery}$) وهذا يجعل فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة يساوي صفر وعند ذلك يكون تيار الدائرة يساوي صفر.

فكر: المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد كمفتاح مفتوح .

الجواب: لانه بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى فرق الجهد بين قطبيها مع فرق جهد المصدر الشاحن فيعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل تيار الدائرة يساوي صفر.

س: ارسم مخططا لدائرة كهربائية (مع التاثير على اجزائها) توضح فيها :

a- عملية شحن المتسعة . b- عملية تفريغ المتسعة من شحنتها .



ج:

س : ما سبب رجوع مؤشر الكلفانوميتر (G) إلى الصفر :

1- في دائرة شحن المتسعة؟ **2-** في دائرة تفريغ المتسعة؟

ج: 1- لأنه بعد اكتمال عملية الشحن يصبح جهد كل صفيحة مساويا إلى جهد قطب البطارية المتصل به أي يصبح فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية وفي هذه الحالة ينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفر .

2- وذلك لانه بعد اتمام عملية تفريغ المتسعة يصبح فرق الجهد بين صفيحتيها يساوي صفر وهذا يجعل تيار الدائرة (تيار التفريغ) يساوي صفر .

طرائق ربط المتسعة في دوائر الشحن:

أولا : ربط المتسعة على التوالي مع مقاومة او مجموعة مقاومات :

بصورة عامة فان : $(\Delta V_{\text{battery}} = \Delta V_R + \Delta V_C)$ لذلك في هذا الربط فان :

- المقدار الاعظم لتيار الشحن (I) لحظة اغلاق المفتاح يحسب وفقا لقانون اوم وكما يلي : $(I = \frac{\Delta V}{R})$.
- بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) يصبح : $(\Delta V_C = \Delta V_{\text{battery}})$.
- وبمعرفة معلومة اخرى للمتسعة مثل (C) او (Q) او (PE) يمكن حل السؤال وذلك بتطبيق قوانين المتسعة السابقة .

ثانيا : ربط المتسعة على التوازي مع مقاومة من مجموعة مقاومات متوالية الربط :

تتألف هذه الدائرة من مصباح مقاومته (r) ومقاومة (R) وبطارية فرق جهدها (ΔV) على التوالي ، ومتسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها (C) يتم ربطها على التوازي مع المصباح.

خطوات الحل:

1- نجد تيار الدائرة (I) وفقا لقانون الدائرة المقفلة من العلاقة : $\left\| I = \frac{\Delta V}{r + R} \right\|$

2- نجد فرق جهد المصباح وفقا لقانون اوم : $(\Delta V_r = I r)$

3- بعد اكتمال شحن المتسعة يصبح فرق جهدها مساويا الى فرق جهد المصباح الذي ربطت معه على التوازي :

$$(\Delta V_C = \Delta V_r)$$

4- بمعرفة معلومة اخرى للمتسعة مثل (C) او (Q) او (PE) يمكن حل السؤال وذلك بتطبيق قوانين المتسعة التي درسناها سابقا .

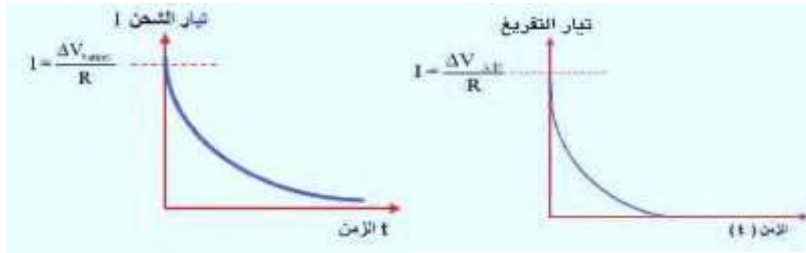
♦ في حالة ربط المتسعة على التوالي في الدائرة فانها بعد اكتمال شحنها تأخذ فرق جهد البطارية ، بينما عند ربطها على التوازي مع المصباح فانها لا تأخذ فرق جهد البطارية وانما تأخذ فرق جهد المصباح والذي هو جزء من فرق جهد البطارية ، كذلك في حالة التوالي فان ايجاد تيار الدائرة ليس شرطا مالم يكن مطلبا في السؤال ، بينما في التوازي فان ايجاد تيار الدائرة شرطا لحل السؤال حتى وان لم يكن مطلبا .

♦ في دائرة التفريغ نجد : تيار التفريغ يحسب وفقا لقانون اوم وكما يلي : $\left\langle I = \frac{\Delta V_C}{R} \right\rangle$

س / ارسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين :

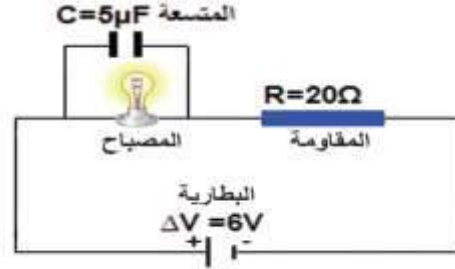
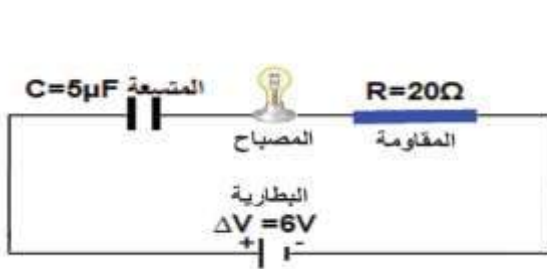
- 1- تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحنها . 2- تيار تفريغ المتسعة والزمن المستغرق لتفريغها .

ج :



مثال 8 (كتاب): دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته ($R=10\Omega$) ومقاومة مقدارها ($R=20\Omega$) وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V = 6V$) ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($5\mu F$) . ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة والطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي لو ربطت المتسعة: 1- على التوازي مع المصباح ، لاحظ الشكل (a - 31) . 2- على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها ، (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الأولى وإفراغها من جميع شحنتها) . لاحظ الشكل (b - 31).

الحل



$$1- I = \frac{\Delta V}{R+r} = \frac{6}{20+10} = \frac{1}{5} = 0.2A$$

$$\Delta V = I \cdot r = 0.2 \times 10 = 2V$$

$$\therefore Q = C \cdot \Delta V = 5 \times 2 = 10\mu C$$

$$PE = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q = \frac{1}{2} \times 2 \times 10 \times 10^{-6} = 10^{-5} J$$

$$2- \Delta V_C = \Delta V_{\text{battery}} = 6V$$

$$\therefore Q = C \cdot \Delta V_{\text{battery}} = 5 \times 6 = 30\mu C$$

$$PE = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q = \frac{1}{2} \times 6 \times 30 \times 10^{-6} = 90 \times 10^{-6} J$$

بعض التطبيقات العملية للمتسعة :

1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي (الFLASH) في آلة التصوير (الكاميرا) : اذ تشحن البطارية الموضوعة في المنظومة فيتوهج المصباح الومضي بصورة مفاجئة وبضوء ساطع اثناء تفريغ المتسعة من شحنتها.

2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية (Microphone) : حيث تكون إحدى صفيحتيها صلبة ثابتة والأخرى مرنة حرة الحركة والصفيحتان تكونان عند فرق جهد كهربائي ثابت فالموجات الصوتية تتسبب في اهتزاز الصفيحة المرنة إلى الأمام والخلف فيتغير مقدار سعة المتسعة تبعاً لتغير البعد بين صفيحتيها وبتردد الموجات الصوتية نفسه وهذا يعني تحول الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية .

3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب (The defibrillator) : يستعمل هذا الجهاز لنقل مقادير مختلفة ومحددة من الطاقة الكهربائية الى المريض الذي يعاني من اضطرابات في حركة عضلات قلبه . عندما يكون قلبه غير قادر على ضخ الدم الى الجسم فيحتاج الى استعمال صدمة كهربائية (**Electric Shock**) لتنشيط وتحفيز انتظام عضلة قلبه وهو جهاز علاجي لاعطاء صدمة كهربائية ذات مدة قصيرة وشدة عالية للمريض اذ يتم شحن متسعة لفرق جهد عال ثم تفريغ تلك المتسعة لمدة زمنية قصيرة جدا خلال القطب الذي يوضع على صدر المريض بحيث تحفز قلبه وتعيد انتظام عمله ، تعتمد كمية الطاقة الكهربائية في المتسعة المشحونة والموجودة في الجهاز والتي تتراوح طاقتها المخزونة بين (**10J – 360J**) على مفتاح الطاقة الموجود على واجهة الجهاز.

4- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب (Key board) : حيث توضع متسعة تحت كل حرف من الحروف في لوحة المفاتيح اذ يثبت كل مفتاح بصفيحة متحركة تمثل إحدى صفيحتي المتسعة والصفيحة الأخرى مثبتة في قاعدة المفتاح وعند الضغط على المفتاح يقل البعد الفاصل بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم ضغطه .

س: اذكر ثلاث تطبيقات عملية للمتسعة ، ووضح الفائدة العملية من استعمال تلك المتسعة في كل تطبيق .
ج: 1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير : تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوجهه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في أثناء تفريغ المتسعة
2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية : تعمل على تحويل الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه .

3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب : تحفز قلب المريض وتعيد انتظام عمله.

4- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب : عند الضغط على المفتاح يقل البعد بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه .

س (وزاري) : اذكر التطبيقات العملية للمتسعة .

ج: 1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير .

2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية .

3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب .

4- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب.

س : علام تعتمد كمية الطاقة الكهربائية في المتسعة المشحونة والموجودة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب ؟

ج: تعتمد على مفتاح الطاقة الموجود على واجهة الجهاز.

س: ما مصدر الطاقة الكهربائية المجزأة للجهاز الطبي (The defibrillator) المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز وإعادة انتظام عمل قلب المريض .

ج: الطاقة المخزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الموضوعة في الجهاز.

س: ما الفائدة العملية لكل من :

a- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير :

فائدتها : تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوجهه بضوء ساطع عند تفريغها من شحنتها .

b- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية :

فائدتها : تحول الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه .

c- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب .

فائدتها : تحفز قلب المريض وتعيد انتظام عمله .

س (وزاري): ما الفائدة العملية من وجود المتسعة في اللاقطة الصوتية وفي منظومة المصباح الومضي؟

ج: في اللاقطة الصوتية تحول الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه . اما في المصباح الومضي فهي تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوجهه بضوء ساطع عند تفريغها من شحنتها .

س (وزاري): ماذا يحصل عند الضغط على احد مفاتيح الحاسوب؟ وضح ذلك.

ج: يقل البعد بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه.

س : ما العامل الذي يتغير في المتسعة الموضوعة في لوحة المفاتيح في جهاز الحاسوب أثناء استعمالها ؟ وضح ذلك.

ج: البعد بين الصفيحتين (يقل البعد عند الضغط على المفتاح) فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه .

س (وزاري): المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية ، ممتثل؟

ج: تتألف من صفيحتين احدهما صلبة ثابتة والاخرى مرنة حرة الحركة والصفيحتان تكونان عند فرق جهد كهربائي ثابت.

س: كيف يمكن للدوائر الالكترونية الخارجية التعرف على المفتاح الذي تم ضغطه في لوحة مفاتيح الحاسوب ؟

ج: عند الضغط على المفتاح يقل البعد بين صفيحتي المتسعة المثبت بها المفتاح فتزداد سعتها مما يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح .

س : ما الفائدة من استعمال المتسعة في التطبيقات العملية بصورة رئيسة؟

ج: 1- قدرتها على تخزين مقادير كبيرة جدا من الطاقة الكهربائية.

2- امكانية تفريغ هذه الطاقة بسرعة كبيرة جدا وبكميات هائلة عند الحاجة اليها.

(قوانين الفصل)

اولاً : متسعة واحدة

1- القوانين :

♦ اذا كان العازل فراغ او هواء (قبل ادخال العازل) :

$$\left\langle \begin{aligned} C &= \frac{Q}{\Delta V} \quad \text{or} \quad C = \epsilon_0 \frac{A}{d}, \quad E = \frac{\Delta V}{d} \\ PE &= \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q \quad \text{or} \quad PE = \frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2 \quad \text{or} \quad PE = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} \end{aligned} \right\rangle$$

♦ اذا كان العازل غير الفراغ او الهواء (بعد ادخال العازل) :

$$\left\langle \begin{aligned} C_k &= \frac{Q_k}{\Delta V_k} \quad \text{or} \quad C_k = k \epsilon_0 \frac{A}{d}, \quad E_k = \frac{\Delta V_k}{d} \\ PE_k &= \frac{1}{2} \Delta V_k \cdot Q_k \quad \text{or} \quad PE_k = \frac{1}{2} C_k \cdot (\Delta V_k)^2 \quad \text{or} \quad PE_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_k^2}{C_k} \end{aligned} \right\rangle$$

2- العلاقات :

الكمية	اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة	اذا فصلت المتسعة وادخل العازل
السعة	$(C_k = k C)$	$(C_k = k C)$
الشحنة	$(Q_k = k Q)$	$(Q_k = Q)$
فرق الجهد	$(\Delta V_k = \Delta V)$	$(\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k})$
المجال الكهربائي	$(E_k = E)$	$(E_k = \frac{E}{k})$
الطاقة المختزنة	$(PE_k = k PE)$	$(PE_k = \frac{PE}{k})$

مجموعة متسعات متوازية او متوالية :

اولاً : الخواص

ت	ربط المتسعات على التوازي	ربط المتسعات على التوالي
1	السعة المكافئة للمجموعة تساوي مجموع سعات المتسعات أي ان : $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$	مقلوب السعة المكافئة للمجموعة يساوي مجموع مقلوب السعات أي ان : $\left\langle \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \right\rangle$
2	الشحنة الكلية تساوي مجموع شحنات المتسعات أي ان : $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$	الشحنة الكلية تساوي شحنة أي متسعة من المتسعات (الشحنة ثابتة) أي ان : $Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots + Q_n$
3	فرق الجهد الكلي يساوي فرق جهد أي متسعة من المتسعات	فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فرق الجهد للمتسعات أي ان : $\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \dots + \Delta V_n$

	(فرق الجهد ثابت) أي ان :	
	$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \dots \Delta V_n$	
$\langle PE_T = PE_1 + PE_2 + PE_3 + \dots \rangle$	$\langle PE_T = PE_1 + PE_2 + PE_3 + \dots \rangle$	4
لاي عدد من المتسعات المتماثلة السعة (المتساوية) فان : سعة المتسعة المكافئة = سعة أي متسعة / عدد المتسعات $\left(C_{eq} = \frac{C}{n} \right)$	لاي عدد من المتسعات المتماثلة السعة (المتساوية) فان : سعة المتسعة المكافئة = عدد المتسعات \times سعة أي متسعة $(C_{eq} = nC)$	5

ثانيا : القوانين

اذا كان العازل فراغ او هواء (قبل ادخال العازل) :

$$C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T}, \quad PE_T = \frac{1}{2} \Delta V_T \cdot Q_T \quad \text{or} \quad PE_T = \frac{1}{2} C_{eq} \cdot (\Delta V_T)^2 \quad \text{or} \quad PE_T = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_T^2}{C_{eq}}$$

اذا كان العازل غير الفراغ او الهواء (بعد ادخال العازل) :

$$C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}}, \quad PE_{Tk} = \frac{1}{2} \Delta V_{Tk} \cdot Q_{Tk} \quad \text{or} \quad PE_{Tk} = \frac{1}{2} C_{eqk} \cdot (\Delta V_{Tk})^2 \quad \text{or} \quad PE_{Tk} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q_{Tk}^2}{C_{eqk}}$$

$$\langle Q_{Tk} = Q_T \rangle \quad \text{or} \quad \langle \Delta V_{Tk} = \Delta V_T \rangle, \quad C_k = kC$$

طرائق ربط المتسعة في دوائر الشحن:

اولا : ربط المتسعة على التوالي مع مقاومة او مجموعة مقاومات :

- (a) لحظة اغلاق المفتاح تيار الشحن يحسب وفقا لقانون اوم : $\left[I = \frac{\Delta V}{R} \right]$
- (b) بعد مدة من غلق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) فان : $(\Delta V_C = \Delta V_{battery})$
- (c) نطبق قوانين المتسعة التي درسناها سابقا وحسب ما هو مطلوب في السؤال .

ثانيا : ربط المتسعة على التوازي مع مقاومة من مجموعة مقاومات متوالية الربط :**خطوات الحل:**

$$1- \text{ نجد تيار الدائرة (I) وفقا لقانون الدائرة المقفلة من العلاقة: } \left\| I = \frac{\Delta V}{r + R} \right\|$$

$$2- \text{ نجد فرق جهد المصباح وفقا لقانون اوم: } (\Delta V_r = I r)$$

3- بعد اكتمال شحن المتسعة يصبح فرق جهدها مساويا الى فرق جهد المصباح الذي ربطت معه على التوازي :

$$(\Delta V_C = \Delta V_r)$$

4- بمعرفة معلومة اخرى للمتسعة مثل (C) او (Q) او (PE) يمكن حل السؤال وذلك بتطبيق قوانين المتسعة التي

درسناها سابقا .

✓ تيار التفريغ يحسب وفقا لقانون اوم وكما يلي : $I = \frac{\Delta V_C}{R}$.

جدول يبين تأثير إدخال عازل بين صفيحتي متسعة او تغير البعد بين صفيحتيها (نقصان او زيادة) او تغير المساحة المتقابلة لصفيحتيها (نقصان او زيادة) على كل من سعتها وشحنتها وفرق الجهد بين صفيحتيها والمجال الكهربائي بين صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين في حالتين الأولى متصلة بالمصدر والثانية منفصلة عن المصدر.

المتسعة متصلة بمصدر		المتسعة منفصلة عن المصدر	
إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها			
1	السعة	تزداد لان $C_K = k C$	تزداد لان $C_K = k C$
2	الشحنة	تزداد لان السعة تزداد (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر
3	فرق الجهد	يبقى ثابت لوجود المصدر	يقل لان السعة تزداد (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة (Q)
4	المجال الكهربائي	ثابت لثبوت فرق الجهد والبعد بين الصفيحتين حيث : $(E = \frac{\Delta V}{d})$	يقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت البعد بين الصفيحتين (d)
5	الطاقة المختزنة	تزداد بسبب زيادة الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة (Q)
نقصان البعد بين صفيحتيها			
1	السعة	تزداد لان $(C \propto \frac{1}{d})$	تزداد لان $(C \propto \frac{1}{d})$
2	الشحنة	تزداد لان السعة تزداد (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر
3	فرق الجهد	يبقى ثابت لوجود المصدر	يقل لان السعة تزداد (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة (Q)
4	المجال الكهربائي	يزداد لنقصان البعد بين الصفيحتين (تناسب عكسي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	يبقى ثابت لان فرق الجهد يقل والبعد يقل وان $(E = \frac{\Delta V}{d})$
5	الطاقة المختزنة	تزداد بسبب زيادة الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة (Q)
زيادة البعد بين صفيحتيها			
1	السعة	تقل لان $(C \propto \frac{1}{d})$	تقل لان $(C \propto \frac{1}{d})$
2	الشحنة	تقل لان السعة تقل (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر
3	فرق الجهد	يبقى ثابت لوجود المصدر	يزداد لان السعة تقل (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة (Q)
4	المجال الكهربائي	يقل لزيادة البعد بين الصفيحتين (تناسب عكسي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	يبقى ثابت لان فرق الجهد يزداد والبعد يزداد وان $(E = \frac{\Delta V}{d})$

5	الطاقة المخزنة	تقل بسبب نقصان الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تزداد بسبب زيادة فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة (Q)
	المتسعة متصلة بمصدر	المتسعة منفصلة عن المصدر	
نقصان المساحة السطحية المتقابلة للصفحتين			
1	السعة	تقل لان ($C\propto A$)	تقل لان ($C\propto A$)
2	الشحنة	تقل لان السعة تقل (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر
3	فرق الجهد	يبقى ثابت لوجود المصدر	يزداد لان السعة تقل (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة (Q)
4	المجال الكهربائي	ثابت لثبوت فرق الجهد والبعد بين الصفحتين حيث : $(E = \frac{\Delta V}{d})$	يزداد بسبب زيادة فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت البعد بين الصفحتين (d)
5	الطاقة المخزنة	تقل بسبب نقصان الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تزداد بسبب زيادة فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة (Q)
زيادة المساحة السطحية المتقابلة للصفحتين			
1	السعة	تزداد لان ($C\propto A$)	تزداد لان ($C\propto A$)
2	الشحنة	تزداد لان السعة تزداد (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر
3	فرق الجهد	يبقى ثابت لوجود المصدر	يقل لان السعة تزداد (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة (Q)
4	المجال الكهربائي	ثابت لثبوت فرق الجهد والبعد بين الصفحتين حيث : $(E = \frac{\Delta V}{d})$	المجال الكهربائي : يقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت البعد بين الصفحتين (d)
5	الطاقة المخزنة	تزداد بسبب زيادة الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد (ΔV)	تقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة (Q)

أمثلة محلولة

مثال 1: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيين البعد بين صفيحتيها (5mm) ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (60μC) احسب :

- 1- سعة المتسعة. 2- المجال الكهربائي بين الصفيحتين. 3- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين.
الحل:

$$(1) C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{60}{12} = 5\mu F, \quad (2) E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{12}{5 \times 10^{-3}} = 2.4 \times 10^3 V/m$$

$$(3) PE = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q = \frac{1}{2} \times 12 \times 60 \times 10^{-6} = 360 \times 10^{-6} J$$

مثال 2: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيين سعتها (10μF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) ثم فصلت عن البطارية وادخل عازل بين الصفيحتين ثابت عزله (k=2) بحيث يملأ الحيز بينهما احسب :

- 1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة. 2- سعة المتسعة بعد ادخال العازل الكهربائي. 3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد ادخال العازل.
الحل:

$$1) Q = C \cdot \Delta V = 10 \times 12 = 120\mu C, \quad 2) C_k = kC = 2 \times 10 = 20\mu F$$

$$3) \Delta V_k = \frac{Q}{C_k} = \frac{120}{20} = 6V$$

مثال 3: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيين مقدار سعتها (C) ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) ثم ادخل عازل بين صفيحتيها بدلا من الهواء ثابت عزله الكهربائي (k=2.5) فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (600μC) فما مقدار؟

- 1- سعة المتسعة قبل العازل. 2- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة قبل وبعد العازل.
الحل:

$$(1) C_k = \frac{Q_k}{\Delta V} = \frac{600}{12} = 50\mu F, \quad C_k = kC \Rightarrow C = \frac{C_k}{k} = \frac{50}{2.5} = 20\mu F$$

$$(2) PE = \frac{1}{2} C \cdot (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} (12)^2 = 144 \times 10^{-5} J$$

$$PE_k = \frac{1}{2} C_k \cdot (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^{-6} (12)^2 = 3600 \times 10^{-6} = 36 \times 10^{-4} J$$

مثال 4: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيين مقدار سعتها (C) والبعد بين صفيحتيها (2mm) شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k=4) بين صفيحتيها فكانت الزيادة في سعتها (60μF) والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (240μC) ما فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة؟

- 1- قبل ادخال العازل. 2- بعد ادخال العازل.
الحل:

$$C_k = kC \Rightarrow C + 60 = 4C \quad 4C - C = 60 \Rightarrow 3C = 60 \Rightarrow C = 20\mu F$$

$$C_k = 4 \times 20 = 80\mu F$$

$$(1) \Delta V = \frac{Q}{C} = \frac{240}{20} = 12V, \quad (2) \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{12}{4} = 3V$$

مثال 5: المتسعتان ($C_1=12\mu F, C_2=3\mu F$) موصولتان مع بعضهما على التوازي ثم وصلت مجموعتهما الى بطارية فكانت الشحنة الكلية ($300\mu C$).

- 1- احسب الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة .
 - 2- اذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الثانية انخفض فرق جهد المجموعة الى ($10V$) فما مقدار ثابت العزل (k) ؟ وشحنة كل متسعة بعد العازل ؟
- الحل:**

$$1- C_{eq} = C_1 + C_2 = 12 + 3 = 15\mu F, \Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{15} = 20V$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V_1 = 12 \times 20 = 240\mu C, \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V_2 = 3 \times 20 = 60\mu C$$

$$2- C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V} = \frac{300}{10} = 30\mu F$$

$$C_{2k} = C_{eqk} - C_1 = 30 - 12 = 18\mu F, \quad k = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{18}{3} = 6$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V_1 = 12 \times 10 = 120\mu C, \quad Q_{2k} = C_{2k} \cdot \Delta V_{2k} = 18 \times 10 = 180\mu C$$

مثال 6: ربطت المتسعتان ($C_1=4\mu F, C_2=2\mu F$) على التوازي ثم شحنت المجموعة بمصدر وفصلت عنه فظهر فرق جهد على طرفي المجموعة ($40V$) ثم ادخلت مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة الثانية فاصبح فرق جهد المجموعة ($24V$) فما مقدار ثابت عزل المادة العازلة ؟ وما شحنة كل متسعة قبل وبعد وضع العازل ؟

الحل:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 2 = 6\mu F, \quad Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 6 \times 40 = 240\mu C$$

$$C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{240}{24} = 10\mu F$$

$$C_{eqk} = C_1 + C_{2k} \Rightarrow C_{2k} = C_{eqk} - C_1 = 10 - 4 = 6\mu F$$

$$\therefore k = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{6}{2} = 3$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V_1 = 4 \times 40 = 160\mu C, \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V_2 = 2 \times 40 = 80\mu C$$

$$Q_{1k} = C_1 \cdot \Delta V_{1k} = 4 \times 24 = 96\mu C, \quad Q_{2k} = C_{2k} \cdot \Delta V_{2k} = 6 \times 24 = 144\mu C$$

مثال 7: متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية ($C_1=4\mu F, C_2=6\mu F$) موصولتان مع بعضهما على التوازي ثم وصلت مجموعتهما الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20V$).

- 1- ما مقدار شحنة كل متسعة والشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .
- 2- اذا فصلت المجموعة عن البطارية ثم وضع عازل ثابت عزله ($k=6$) بين صفيحتي المتسعة الثانية بحيث يملأ الحيز بينهما فكيف يصبح مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ؟

الحل:

$$1) Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 4 \times 20 = 80\mu C, \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 6 \times 20 = 120\mu C$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 80 + 120 = 200\mu C$$

$$2) C_{2k} = kC_2 = 6 \times 6 = 36\mu F, \quad C_{eqk} = C_1 + C_{2k} = 4 + 36 = 40\mu F$$

$$\therefore \Delta V_k = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqk}} = \frac{200}{40} = 5V$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V_{1k} = 4 \times 5 = 20\mu C, \quad Q_{2k} = C_{2k} \cdot \Delta V_{2k} = 36 \times 5 = 180\mu C$$

مثال 8: المتسعة (2μF) يفصل بين لوحها الهواء وضعت مادة عازلة بدل الهواء بين صفيحتيها ثم وصلت على التوازي بالمتسعة (3μF) ثم شحنت المجموعة فكانت الشحنة الكلية (1800μC) وفرق الجهد بين طرفي المجموعة (120V). **جد 1:** ثابت العزل (k). **2-** الشحنة المخزنة في أي من صفيحتي كل متسعة.

الحل:

$$1) C_{eq} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{1800}{120} = 15\mu F$$

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2 \Rightarrow C_{1k} = C_{eqk} - C_2 = 15 - 3 = 12\mu F$$

$$k = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{12}{3} = 4$$

$$2) Q_{1k} = C_{1k} \cdot \Delta V_{1k} = 12 \times 120 = 1440\mu C, \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V_2 = 3 \times 120 = 360\mu C$$

مثال 9: المتسعتان (C₁=3μF, C₂=6μF) ربطتا على التوالي وشحنت المجموعة بمصدر ثم فصلت عنه فظهر فرق جهد على طرفي المجموعة (90V). **1-** احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة. **2-** واذا استعملت مادة عازلة ثابت عزلها (k=2) في المتسعة الاولى بدل الهواء فكيف يصبح فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة؟

الحل:

$$1) C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\mu F, \quad Q = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 2 \times 90 = 180\mu C$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{180}{3} = 60V, \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{180}{6} = 30V$$

$$2) C_{1k} = k C_1 = 2 \times 3 = 6\mu F, \quad \Delta V_{1k} = \frac{Q_k}{C_{1k}} = \frac{180}{6} = 30V, \quad \Delta V_2 = \frac{Q_k}{C_2} = \frac{180}{6} = 30V$$

مثال 10: المتسعتان (C₁=20μF, C₂=30μF) موصولتان على التوالي، وصلتا الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (50V). **1-** احسب لكل متسعة فرق الجهد بين صفيحتيها.

2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (6) بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال المادة العازلة؟

الحل:

$$1) C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\mu F, \quad Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 12 \times 50 = 600\mu C$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{600}{20} = 30V, \quad \Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{600}{30} = 20V$$

$$2) C_{1k} = k C_1 = 6 \times 20 = 120\mu F, \quad C_{eqk} = \frac{C_{1k} \cdot C_2}{C_{1k} + C_2} = \frac{120 \times 30}{120 + 30} = \frac{120 \times 30}{30(4 + 1)} = 24\mu F$$

$$Q_k = C_{eqk} \cdot \Delta V_{Tk} = 24 \times 50 = 1200\mu C$$

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q_{1k}}{C_{1k}} = \frac{1200}{120} = 10V, \quad \Delta V_2 = \frac{Q_k}{C_2} = \frac{1200}{30} = 40V$$

مثال 11: متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية (C₁=9μF, C₂=18μF) مربوطتان على التوالي وربطت مجموعتهما الى نضيدة فرق الجهد بين قطبيها (12V). **1-** احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة.

2- ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي المتسعة الأولى (مع بقاء البطارية متصلة بالمجموعة) فأصبحت الشحنة الكلية للمجموعة (144μC) احسب ثابت العزل الكهربائي وفرق جهد كل متسعة؟

الحل:

$$1) C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = \frac{9 \times 18}{9(1+2)} = 6\mu F, Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 6 \times 12 = 72\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{72}{9} = 8V, \Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{72}{18} = 4V$$

$$2) \Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 12V, C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{144}{12} = 12\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_{1k}} = \frac{1}{C_{eqk}} - \frac{1}{C_2} = \frac{1}{12} - \frac{1}{18} = \frac{3-2}{36} = \frac{1}{36} \Rightarrow C_{1k} = 36\mu F$$

$$k = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{36}{9} = 4, \Delta V_{1k} = \frac{Q_k}{C_{1k}} = \frac{144}{36} = 4V, \Delta V_2 = \frac{Q_k}{C_2} = \frac{144}{18} = 8V$$

مثال 12: دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي على مصباح كهربائي مقاومته ($r=5\Omega$) ومقاومة مقدارها ($R=20\Omega$) وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V=50V$) ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مقدار سعتها ($2\mu F$) . ما مقدار الشحنة المخزنة في اي من صفيحتي المتسعة والطاقة الكهربائية المخزنة في مجالها الكهربائي ، لوربطت المتسعة :

- 1) على التوازي مع المصباح.
- 2) على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها . (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الاولى وافراغها من جميع شحنتها).

الحل:

$$1) I = \frac{\Delta V}{r + R} = \frac{50}{5 + 20} = \frac{50}{25} = 2A, \Delta V_r = Ir = 2 \times 5 = 10V = \Delta V_C$$

$$Q = C \cdot \Delta V = 2 \times 10 = 20\mu C, PE = \frac{1}{2} \Delta V_C \cdot Q = \frac{1}{2} \times 10 \times 20 \times 10^{-6} = 10^{-4} J$$

$$2) \Delta V_C = \Delta V = 50V$$

$$Q = C \cdot \Delta V = 2 \times 50 = 100\mu C, PE = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q = \frac{1}{2} \times 50 \times 100 \times 10^{-6} = 25 \times 10^{-4} J$$

أسئلة الفصل

س1: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :

- 1- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، مشحونة ومفصولة عن البطارية ، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها . أدخلت مادة عازلة ثابت عزلها ($K=2$) فملأت الحيز بين الصفيحتين فان مقدار المجال الكهربائي (E_k) بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنة مع مقداره (E) في حالة الهواء يصير :

$$\frac{E}{2} \quad \checkmark$$

$$E \quad \times$$

$$2E \quad \times$$

$$\frac{E}{4} \quad \times$$

2- وحدة (Farad) تستعمل لقياس سعة المتسعة وهي لا تكافئ إحدى الوحدات الآتية :

$$\frac{J}{V^2} \quad \times$$

$$Coulomb \times V^2 \quad \checkmark$$

$$\frac{Coulomb}{V} \quad \times$$

$$\frac{Coulomb^2}{J} \quad \times$$

3- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، سعتها C ، قربت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينهما $(\frac{1}{3})$ ما كان عليه ، فان مقدار سعتها الجديدة يساوي :

$(\frac{1}{3}C)$ ☐ $(\frac{1}{9}C)$ ☐ $(3C)$ ☒ $(9C)$ ☐

4- متسعة مقدار سعتها $(20\mu F)$ ، لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها $(2.5J)$ يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي :

$150V$ ☐ $350V$ ☐ $500V$ ☒ $250KV$ ☐

5- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها $(50\mu F)$ ، الهواء عازلا بين صفيحتيها ، إذا ادخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار $(60\mu F)$ ، فان ثابت عزل تلك المادة يساوي :

0.45 ☐ 0.55 ☐ 1.1 ☐ 2.2 ☒

6- وأنت في المختبر تحتاج لمتسعة سعتها $(10\mu F)$ والمتوافر لديك مجموعة من المتسعات المتماثلة من ذوات السعة $(15\mu F)$ ، فان عدد المتسعات التي تحتاجها وطريقة الربط التي تختارها هي :

☐ العدد 4 تربط جميعها على التوالي .

☐ لعدد 6 تربط جميعها على التوازي

☐ العدد 3 اثنان منها تربط على التوالي ومجموعتهما تربطها مع الثالثة على التوازي .

☒ العدد 3 اثنان منها تربط على التوازي ومجموعتهما تربطها مع الثالثة على التوالي .

7- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ربطت صفيحتيها بين قطبي بطارية تجهز فرق جهد ثابت ، فإذا ابعدت الصفيحتين عن بعضهما قليلا مع بقاء البطارية موصولة بالصفيحتين فان مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين :

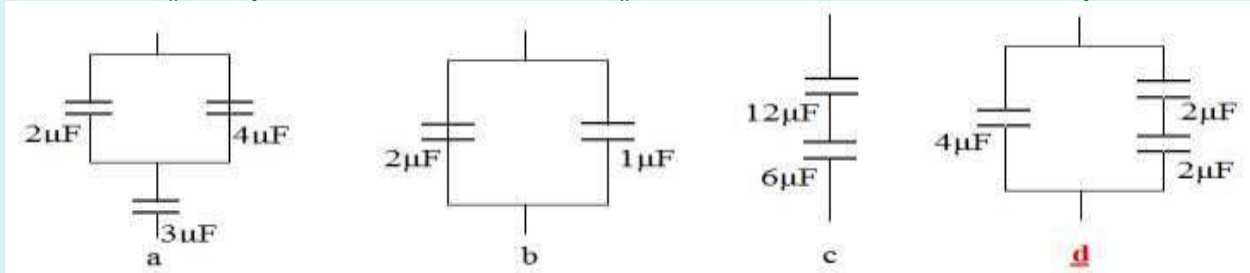
☐ يزداد والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تزداد .

☒ يقل والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تقل .

☐ يبقى ثابتا والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تبقى ثابتة .

☐ يبقى ثابتا والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها تزداد .

8- للحصول على أكبر مقدار سعة مكافئة لمجموعة المتسعات في الشكل (37) نختار الدائرة المربوطة في الشكل :



9- متسعتان (C_1, C_2) ربطتا مع بعضهما على التوالي ، ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية ، وكان مقدار سعة الأولى أكبر من سعة الثانية ، وعند مقارنة فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الأولى (ΔV_1) مع فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية (ΔV_2) نجد أن :

☐ ΔV_1 أكبر من ΔV_2 . ☒ ΔV_1 اصغر من ΔV_2 .

☐ ΔV_1 يساوي ΔV_2 . ☐ كل الاحتمالات السابقة ، يعتمد ذلك على شحنة كل منهما .

10- ثلاث متسعات (C_1, C_2, C_3) مربوطة مع بعضها على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية ، كان مقدار سعاتها ($C_1 > C_2 > C_3$) وعند مقارنة مقدار الشحنات (Q_1, Q_2, Q_3) المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ، نجد ان :

$Q_3 = Q_2 = Q_1$ ☒ $Q_1 > Q_2 > Q_3$ ☒ $Q_1 > Q_3 > Q_2$ ☒ $Q_3 > Q_2 > Q_1$ ☒

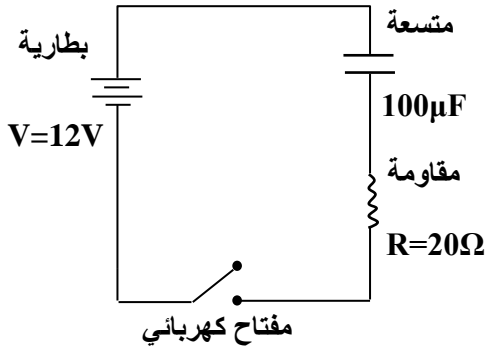
مسائل الفصل

س 1: من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية في الشكل (40) احسب :

a- المقدار الأعظم لتيار الشحن لحظة إغلاق المفتاح .

b- مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من إغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) .

c- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة . d- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة .



شكل (40)

الحل

$$(a) I = \frac{V}{R} = \frac{12}{20} = 0.6A$$

$$(b) \Delta V_C = 12V$$

$$(c) Q = C \cdot \Delta V = 100 \times 12 = 1200\mu C$$

$$(d) PE = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q = \frac{1}{2} \times 12 \times 1200 \times 10^{-6} = 72 \times 10^{-4} J$$

س 2: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($4\mu F$) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($20V$) ؟

1- ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .

2- اذا فصلت المتسعة عن البطارية وادخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها إلى ($10V$)

فما مقدار ثابت العزل للوح العازل ؟ وما مقدار سعة المتسعة في حالة العازل بين صفيحتيها ؟

الحل

$$1) Q = C \cdot \Delta V = 4 \times 20 = 80\mu C$$

$$2) k = \frac{\Delta V}{\Delta V_k} = \frac{20}{10} = 2, \quad C_k = k C = 2 \times 4 = 8\mu F$$

س3: متسعتان ($C_1=9\mu F, C_2=18\mu F$) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (12V).

a- احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها .

b- ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) ، فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد إدخال العازل .

الحل

$$a) C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = \frac{9 \times 18}{9(1 + 2)} = 6\mu F$$

$$Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 6 \times 12 = 72\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{72}{9} = 8V , \quad \Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{72}{18} = 4V$$

$$PE_1 = \frac{1}{2} \Delta V_1 \cdot Q_1 = \frac{1}{2} \times 8 \times 72 \times 10^{-6} = 288 \times 10^{-6} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2} \Delta V_2 \cdot Q_2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 72 \times 10^{-6} = 144 \times 10^{-6} J$$

$$b) C_{1k} = kC_1 = 4 \times 9 = 36\mu F$$

$$C_{eqk} = \frac{C_{1k} C_2}{C_{1k} + C_2} = \frac{36 \times 18}{36 + 18} = \frac{36 \times 18}{18(2 + 1)} = 12\mu F$$

$$Q_{Tk} = C_{eqk} \cdot \Delta V_{Tk} = 12 \times 12 = 144\mu C = Q_{1k} = Q_2$$

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q_{1k}}{C_{1k}} = \frac{144}{36} = 4V , \quad \Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{144}{18} = 8V$$

$$PE_{1k} = \frac{1}{2} \Delta V_{1k} \cdot Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 4 \times 144 \times 10^{-6} = 288 \times 10^{-6} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2} \Delta V_2 \cdot Q_2 = \frac{1}{2} \times 8 \times 144 \times 10^{-6} = 576 \times 10^{-6} J$$

س4: متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=16\mu F, C_2=24\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (48V). إذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها

(K) بين صفيحتي المتسعة الأولى وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية فكانت الشحنة الكلية للمجموعة

(3456μC) ما مقدار : a- ثابت العزل (K).

b- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد إدخال المادة العازلة .

الحل

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 48V , \quad C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V} = \frac{3456}{48} = 72\mu C$$

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2 \Rightarrow C_{1k} = C_{eqk} - C_2 = 72 - 24 = 48\mu C$$

$$k = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{48}{16} = 3$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 16 \times 48 = 768\mu C , \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 24 \times 48 = 1152\mu C$$

$$Q_{1k} = C_{1k} \cdot \Delta V = 48 \times 48 = 2304\mu C , \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 24 \times 48 = 1152\mu C$$

س5: متسعتان ($C_1=4\mu F$, $C_2=8\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ، فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية ($600\mu C$) بواسطة مصدر للفرق الجهد المستمر ثم فصلت عنه .

a- احسب لكل متسعة مقدار الشحنة المخزنة في أي من صفيحتيها والطاقة المخزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

b- ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فما مقدار الشحنة المخزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد والطاقة المخزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .

الحل

$$a- C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\mu F \quad , \quad \Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{600}{12} = 50V$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 4 \times 50 = 200\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 8 \times 50 = 400\mu C$$

$$PE_1 = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 200 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-3} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q_2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 400 = 10^{-2} J$$

$$b- C_{2k} = kC_2 = 2 \times 8 = 16\mu F \quad , \quad C_{eqk} = C_1 + C_{2k} = 4 + 16 = 20\mu F$$

$$Q_{Tk} = Q_T = 600\mu C \quad , \quad \Delta V = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqk}} = \frac{600}{20} = 30V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 4 \times 30 = 120\mu C \quad , \quad Q_{2k} = C_{2k} \cdot \Delta V = 16 \times 30 = 480\mu C$$

$$PE_1 = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q_1 = \frac{1}{2} \times 30 \times 120 \times 10^{-6} = 18 \times 10^{-4} J$$

$$PE_{2k} = \frac{1}{2} \Delta V \cdot Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 30 \times 480 \times 10^{-6} = 72 \times 10^{-4} J$$

س6: لديك ثلاث متسعات سعاتها ($C_1=6\mu F$, $C_2=9\mu F$, $C_3=18\mu F$) ومصدرا للفرق الجهد المستمر فرق الجهد بين قطبيه (6V). وضح مع رسم مخطط للدائرة الكهربائية ، كيفية ربط المتسعات الثلاث مع بعضها للحصول على :

a- اكبر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المخزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المخزنة في المجموعة .

b- اصغر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المخزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المخزنة في المجموعة .

الحل

a- توازي .

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 6 + 9 + 18 = 33\mu F$$

$$Q_1 = C_1 \Delta V_1 = 6 \times 6 = 36\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2 \Delta V_2 = 9 \times 6 = 54\mu C \quad , \quad Q_3 = C_3 \Delta V_3 = 18 \times 6 = 108\mu C$$

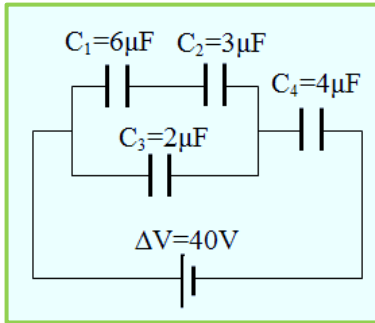
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 36 + 54 + 108 = 198\mu C$$

b- توازي .

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$$\therefore C_{eq} = 3\mu F$$

$$Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 3 \times 6 = 18\mu C = Q_1 = Q_2 = Q_3$$



س7: أربع متسعات ربطت مع بعضها كما في الشكل احسب مقدار:

a- السعة المكافئة للمجموعة .

b- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .

c- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (C₄) .

الحل:

$$a) C_{1,2} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

$$C_{1,2,3} = C_{1,2} + C_3 = 2 + 2 = 4\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{1,2,3}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \Rightarrow C_{eq} = 2\mu F$$

$$b) Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 2 \times 40 = 80\mu C = Q_4 = Q_{1,2,3}$$

$$\Delta V_{1,2,3} = \frac{Q_{1,2,3}}{C_{1,2,3}} = \frac{80}{4} = 20V = \Delta V_3 = \Delta V_{1,2}$$

$$Q_3 = C_3 \cdot \Delta V_3 = 2 \times 20 = 40\mu C, \quad Q_{1,2} = C_{1,2} \cdot \Delta V_{1,2} = 2 \times 20 = 40\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$c) \Delta V_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{80}{4} = 20V, \quad PE_4 = \frac{1}{2} \Delta V_4 \cdot Q_4 = \frac{1}{2} \times 20 \times 80 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-4} J$$

س8: متسعتان (6μF, 3μF) ربطتا على التوالي مع بعضهما ثم ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد

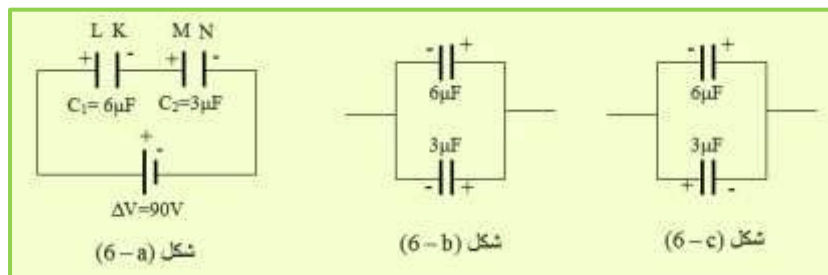
بينهما (90V) كما في الشكل (a - 6) . فإذا فصلت المتسعتان عن بعضهما وعن البطارية دون حدوث ضياع

بالطاقة ثم أعيد ربطهما مع بعض .

أولاً : كما في الشكل (b - 6) بعد ربط الصفائح المتماثلة الشحنة للمتسعتين مع بعضهما .

ثانياً : كما في الشكل (c - 6) بعد ربط الصفائح المختلفة الشحنة للمتسعتين مع بعضهما . ما مقدار الشحنة المختزنة

في أي من صفيحتي كل متسعة في الشكلين (b - 6) ، (c - 6) .



الحل:

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

$$Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 2 \times 90 = 180\mu C = Q_1 = Q_2$$

او لا:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 180 + 180 = 360\mu C, \quad C_{eq} = C_1 + C_2 = 6 + 3 = 9\mu F$$

$$\Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{360}{9} = 40V$$

$$Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 6 \times 40 = 240\mu C, \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 3 \times 40 = 120\mu C$$

ثابت يا:

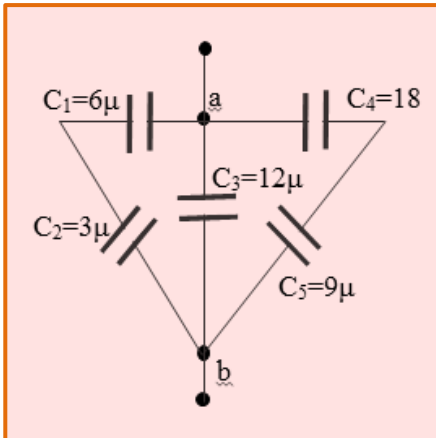
$$Q_T = Q_1 - Q_2 = 180 - 180 = 0$$

$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = 0, \quad Q_1 = C_1 \cdot \Delta V = 0, \quad Q_2 = C_2 \cdot \Delta V = 0$$

س9: في الشكل (7):

- 1- احسب مقدار السعة المكافئة للمجموعة .
- 2- إذا سلط فرق جهد كهربائي مستمر (20V) بين النقطتين (a) و (b) فما مقدار الشحنة الكلية المخزنة في المجموعة
- 3- ما مقدار الشحنة المخزنة في كل متسعة؟

الحل:



$$1) \quad C_{1,2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

$$C_{4,5} = \frac{C_4 \cdot C_5}{C_4 + C_5} = \frac{18 \times 9}{18 + 9} = 6\mu F$$

$$\therefore C_{eq} = C_{1,2} + C_3 + C_{4,5} = 2 + 12 + 6 = 20\mu F$$

$$2) \quad Q_T = C_{eq} \cdot \Delta V_T = 20 \times 20 = 400\mu C$$

$$3) \quad Q_{1,2} = C_{1,2} \cdot \Delta V = 2 \times 20 = 40\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$Q_3 = C_3 \cdot \Delta V = 12 \times 20 = 240\mu C$$

$$Q_{4,5} = C_{4,5} \cdot \Delta V = 6 \times 20 = 120\mu C = Q_4 = Q_5$$



الواجبات

مثال 1: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين البعد بين صفيحتيها (3mm) ، ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (600μC) احسب :

1- مقدار سعتها . 2- المجال الكهربائي بين صفيحتيها . 3- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين .
ج : (50μF , 4000V/m , $36 \times 10^{-4} \text{J}$)

مثال 2: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مقدار سعتها (C) ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (25V) ثم ادخل لوح من مادة عازلة كهربائي ثابت عزلها (k) بين صفيحتيها والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية فكانت الزيادة في سعتها (16μF) والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (600μC) جد ثابت العزل الكهربائي (k) والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد ادخال العازل .
ج : ($3 , 75 \times 10^{-4} \text{J}$)

مثال 3: دائرة متوالية الربط تتالف من مقاومة مقدارها (200Ω) ومتسعة سعتها (50μF) وبطارية فرق الجهد بين قطبيها (20V) ومفتاح لفتح وغلق الدائرة احسب :

- 1- المقدار الاعظم لتيار الشحن لحظة غلق المفتاح .
- 2- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) .
- 3- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .
- 4- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة .

ج : (0.1A , 20V , 1000μC, 0.01J)

مثال 4: متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين البعد بين صفيحتيها (0.3cm) والمساحة السطحية المتقابلة لصفيحتيها (100cm²) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) ثم فصلت عنها جد :

- 1- الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .
- 2- فرق الجهد بين صفيحتيها اذا قل البعد بين الصفيحتين الى (0.15cm) .

ج : ($354 \times 10^{-12} \text{C}$, $2124 \times 10^{-12} \text{J}$, 6V)

مثال 5: دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته (r=5Ω) ومقاومة مقدارها (R=10Ω)

وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها (ΔV=12V) ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (3μF) ، ما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي لو ربطت المتسعة : (1) على التوازي مع المصباح .

(2) على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الاولى

وافراغها من شحنتها) .

ج : ($12 \mu\text{C}$, $24 \times 10^{-6} \text{J}$, $36 \mu\text{C}$, $216 \times 10^{-6} \text{J}$)

مثال 6: دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته ($r=2\Omega$) ومقاومة مقدارها ($R=18\Omega$) وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V=60V$) ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($5\mu F$) ، ما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي لوربطت على التوازي مع المصباح؟ **ج:** ($30\mu C$, $90 \times 10^{-6} J$) .

مثال 7: متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=26\mu F, C_2=18\mu F$) مربوطتان على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($50V$) اذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى ومازالت المجموعة متصلة بالبطارية فكانت الشحنة الكلية للمجموعة ($3500\mu C$) ما مقدار؟

1- ثابت العزل (k) .

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة بعد ادخال المادة العازلة . **ج:** (2 , $2600\mu C$, $900\mu C$)

مثال 8: متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=3\mu F, C_2=4\mu F$) موصولتان مع بعضهما على التوازي ثم وصلتا الى بطارية وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها ($k=2$) بين صفيحتي المتسعة الاولى فكانت الشحنة المختزنة في المجموعة ($200\mu C$) احسب لكل متسعة الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها : (1) بعد العازل . (2) قبل العازل .

ج: ($120\mu C$, $80\mu C$, $12 \times 10^{-4} J$, $8 \times 10^{-4} J$, $60\mu C$, $80\mu C$, $6 \times 10^{-4} J$, $8 \times 10^{-4} J$)

مثال 9: المتسعتان ($C_1=4\mu F, C_2=8\mu F$) موصولتان على التوازي فاذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها ($600\mu C$) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه احسب :

1- الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة .

2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الثانية فاصبحت شحنتها ($480\mu C$) فما مقدار

ثابت العزل (k) . **ج:** ($200\mu C$, $400\mu C$, 2)

مثال 10: متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية ($C_1=4\mu F, C_2=6\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فكانت الطاقة المختزنة في المتسعة الاولى ($72 \times 10^{-6} J$) فاذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى انخفض فرق الجهد الكلي الى ($2V$) فما مقدار ثابت العزل (k) والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل؟

ج: (6 , $48\mu C$, $12\mu C$)

مثال 11: المتسعتان ($C_1=9\mu F, C_2=18\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($12V$) احسب :

1- احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها .

2- فاذا فصلت المتسعتان عن البطارية وادخل لوح عازل ثابت عزله ($k=4$) بين صفيحتي المتسعة الثانية فما فرق

الجهد على طرفي كل متسعة؟

ج: ($8V$, $4V$, $288 \times 10^{-6} J$, $144 \times 10^{-6} J$, $8V$, $1V$)

مثال 12: المتسعتان ($C_1=20\mu F, C_2=30\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($30V$) احسب :

- 1- احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها.
- 2- اذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها ($k=3$) بين صفيحتي المتسعة الاولى والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية فما فرق الجهد على طرفي كل متسعة بعد العازل؟

ج: ($18V, 12V, 324 \times 10^{-5}J, 216 \times 10^{-5}J, 10V, 20V$)

مثال 13: متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=6\mu F, C_2=12\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي . ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فكانت الشحنة المختزنة في المجموعة ($60\mu C$) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كان فرق الجهد بين صفيحتيها ($5V$) جد ثابت العزل الكهربائي (k) والطاقة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة بعد العازل . **ج:** ($4, 3 \times 10^{-4}J, 6 \times 10^{-4}J$)

مثال 14: ربطت المتسعتان ($C_1=3\mu F, C_2=6\mu F$) على التوالي ثم ربطتا الى بطارية ، فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى اصبح فرق الجهد بين صفيحتيها ($8V$) وفرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية ($16V$) جد ثابت العزل الكهربائي (k) وفرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة قبل ادخال العازل . **ج:** ($4, 16V, 8V$)

مثال 15: متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=9\mu F, C_2=18\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($6V$) ، ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي كل منهما ثابت عزله (2) والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية فما مقدار فرق جهد كل متسعة :
1- قبل العازل 2- بعد العازل . **ج:** ($4V, 2V, 4V, 2V$)

مثال 16: متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=4\mu F, C_2=12\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ، ربطت مجموعتهما الى بطارية فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها ($k=6$) بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كانت الشحنة المختزنة في المجموعة ($96\mu C$) . احسب : فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة قبل وبعد وضع العازل . **ج:** ($4V, 8V, 9V, 3V$)

مثال 17: متسعتان ($C_1=6\mu F, C_2=12\mu F$) موصولتان مع بعضهما على التوالي ثم وصلت مجموعتهما على التوازي مع متسعة ثالثة ($C_3=8\mu F$) وربطت المجموعة الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($15V$) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الثالثة (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كانت الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة ($300\mu C$) فما ثابت العزل (k) ؟ وما الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة بعد العازل؟ **ج:** ($2, 60\mu C, 60\mu C, 240\mu C$)

مثال 18: متسعتان ($C_1=2\mu F, C_2=4\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي وربطت مجموعتهما على التوالي مع المتسعة ($C_3=3\mu F$) ثم ربطت الى طرفي المجموعة بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($30V$) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الثالثة (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كان فرق الجهد بين صفيحتيها ($10V$) جد ثابت العزل (k) والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة الاولى والمتسعة الثانية قبل ادخال المادة العازلة . **ج:** ($4, 20\mu C, 40\mu C$)

الفصل الثاني

الحث الكهرومغناطيسي

س : ما الفائدة العملية من المغناطيس الكهربائي؟

ج: 1- رفع قطع الحديد الثقيلة.

2- في معظم الأجهزة الكهربائية مثل (المولد ، المحرك ، مولدة الصوت ، المسجل الصوتي والصوري ، القيثارة ،

الحاسوب ، الرنين المغناطيسي ، تسيير القطارات فائقة السرعة) .

س : أين تتولد المجالات المغناطيسية؟ ج: 1- تتولد حول الشحنات الكهربائية المتحركة

2- تتولد حول المغناطيس الدائمة.

تأثير كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة خلاله:

أولاً : تأثير المجال الكهربائي :

ان الجسيم المشحون بشحنة موجبة (+q) عندما يتحرك عمودياً على مجال كهربائي سوف يتأثر بقوة كهربائية (\vec{F}_E) تتجه باتجاه موازي لخطوط المجال الكهربائي (\vec{E}) وتعطى بالعلاقة الآتية : $\langle \vec{F}_E = q\vec{E} \rangle$.

س(وزاري) : ماذا يحصل؟ ولماذا؟ لجسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) عندما يتحرك

بسرعة مقدارها (\vec{V}) باتجاه عمودي على خطوط مجال كهربائي منتظم.

ج: سوف يتأثر هذا الجسيم بقوة كهربائية (\vec{F}_E) بمستوى مواز لخطوط المجال الكهربائي وفقاً للعلاقة الآتية:

$$(\vec{F}_E = q\vec{E})$$

ثانياً : تأثير المجال المغناطيسي :

ان الجسيم المشحون بشحنة موجبة (+q) عندما يتحرك بسرعة (\vec{v}) باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضيه (\vec{B}) سوف يتأثر بقوة مغناطيسية (\vec{F}_B) تتجه باتجاه عمودي على كل من متجه السرعة (\vec{v}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) وسينحرف الجسيم عن مساره الأصلي متخذاً مساراً دائرياً لكون القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) تؤثر باتجاه عمودي على متجه السرعة (\vec{v}).

• ان الصيغة الاتجاهية للقوة المغناطيسية تعطى بالعلاقة الآتية : $\langle \vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B}) \rangle$

• ان مقدار القوة المغناطيسية يعطى بالعلاقة الآتية : $\langle F_B = qvB \sin \theta \rangle$.

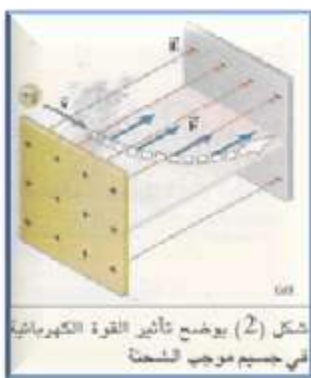
حيث :

F_B : القوة المغناطيسية بوحدة (N) حيث ($\vec{F}_B \perp \vec{v}, \vec{B}$) ، q : شحنة الجسيم بوحدة كولوم (C)

v : مقدار سرعة الجسيم بوحدة (m/sec) .

B : كثافة الفيض المغناطيسي (أو شدة المجال المغناطيسي) بوحدة تسلا (T) حيث ($T = \text{wb/m}^2$).

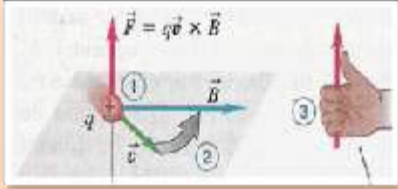
θ : الزاوية المحصورة بين متجه السرعة (\vec{v}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}).



ملاحظات:

* ان القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة السالبة هي باتجاه معاكس للقوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة الموجبة .

* ان القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) هي دائما عمودية على كل من متجه السرعة (\vec{v}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) أي ان: ($\vec{F}_B \perp \vec{v}, \vec{B}$) .



* يحدد اتجاه القوة المغناطيسية وذلك بتطبيق قاعدة الكف اليمنى (إذا دورت أصابع الكف اليمنى من متجه السرعة (\vec{v}) باتجاه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) فان الابهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) .

* عندما ($\vec{v} \perp \vec{B}$) فان ($\theta=90^\circ$) وان ($\sin 90^\circ=1$) لذلك يتاثر الجسيم المشحون والمتحرك داخل المجال المغناطيسي بأعظم قوة مغناطيسية .

* عندما تكون ($\vec{v} \parallel \vec{B}$) فان ($\theta=0^\circ$) وان ($\sin 0^\circ=0$) لذلك لا يتاثر الجسيم بأية قوة مغناطيسية في هذه الحالة .
* يعبر عن أي متجه عمودي على مستوي الورقة نحو الداخل (بعيد عن الناظر) بالرمز (X) اما اذا كان المتجه نحو الخارج (باتجاه الناظر) فيعبر عنه بالرمز (•) .

* ان اتجاه المجال الكهربائي (\vec{E}) يتجه من الشحنة الموجبة باتجاه الشحنة السالبة بينما خطوط المجال المغناطيسي (\vec{B}) تتجه من القطب الشمالي (N) الى القطب الجنوبي (S) خارج المغناطيس ثم تكمل دورتها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي الى القطب الشمالي .

س(وزاري): ماذا يحصل؟ ولماذا؟ اذا تحرك جسيم مشحون بشحنة (+q) باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيض (\vec{B}) ؟

ج: سوف يتحرك الجسيم على مسار دائري بتأثير قوة مغناطيسية عمودية على متجه السرعة للجسيم وفقا للعلاقة الاتية: $\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B})$.

س(وزاري): وضح كيف يتاثر جسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) عندما يقذف الجسيم باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيض (\vec{B}) بسرعة (v) ؟

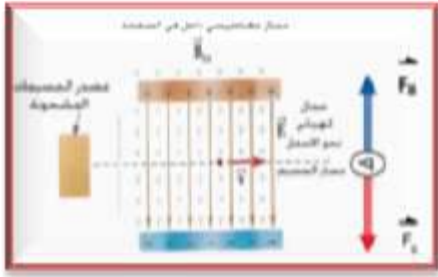
ج: عند قذف جسيم مشحون باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي سوف يتاثر بقوة مغناطيسية (\vec{F}_B) بمستوي عمودي على ذلك الفيض وسينحرف الجسيم عن مساره الاصلي ويتخذ مسارا دائريا لكون القوة المغناطيسية تؤثر باتجاه عمودي على السرعة (\vec{v}) .

س: ما شكل المسار الذي يتخذه الجسيم المشحون بشحنة موجبة عندما يتحرك عموديا على مجال مغناطيسي منتظم؟ ولماذا؟

ج: سوف يتخذ مسارا دائريا لان القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) تؤثر باتجاه عمودي على متجه السرعة (\vec{v}) .

س : علام تعتمد القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي ؟

- ج :** تعتمد على : 1- مقدار شحنة الجسيم (+q). 2- سرعة الجسيم المتحرك (v). 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B). 4- الزاوية (θ) المحصورة بين متجه السرعة (v) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (B).



ثالثا: عندما يقذف جسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) بسرعة (v) باتجاه عمودي على كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي المتعامدين مع بعضهما فان هذا الجسيم سيتأثر بقوتين إحداها كهربائية (F_E) التي يؤثر فيها المجال الكهربائي (E) حيث (F_E = qE) والأخرى قوة مغناطيسية (F_B) حيث (F_B = q(v × B)) وبما ان القوة المغناطيسية تكون عمودية على كل من (v) و (B) لذلك فهي اما ان تكون باتجاه القوة الكهربائية (F_E) او باتجاه معاكس لها **(لاحظ الشكل)**. ان محصلة القوتين الكهربائية (F_E) والمغناطيسية (F_B) تدعى قوة لورنز. **وتعطى وفقا للعلاقة الآتية:** $\vec{F}_{\text{Lorentz}} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$.

س(وزاري): ما المقصود بقوة لورنز؟ واين تستثمر؟

ج : هي محصلة قوتين كهربائية (F_E) ومغناطيسية (F_B) يؤثر فيها مجالين منتظمين ومتعامدين مع بعضهما أحدهما مجال كهربائي (E) والآخر مجال مغناطيسي (B) على جسيم يتحرك بصورة عمودية على المجالين. تستثمر في انبوبة الاشعة الكاثودية للتحكم في مسار الحزمة الالكترونية الساقطة على الشاشة.

س : علل. تكون القوة المغناطيسية باتجاه القوة الكهربائية او باتجاه معاكس لها اذا تحرك جسيم عموديا على مجالين

كهربائي ومغناطيسي متعامدين مع بعضهما ؟

ج : لان القوة المغناطيسية (F_B) تكون عمودية على كل من متجه السرعة (v) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (B).

س : وضح كيف يمكنك عمليا معرفة فيما اذا كان مجالا مغناطيسيا ام مجالا كهربائيا موجود في حيز معين؟

ج : يتم ذلك بقذف جسيم مشحون داخل المجال ، فاذا انحرف الجسيم بموازاة المجال فان المجال الموجود في الحيز هو مجال كهربائي اما اذا لم ينحرف الجسيم المشحون او انحرف باتجاه عمودي على المجال فان المجال الموجود هو مجال مغناطيسي .

س(وزاري): ماذا يحصل اذا تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة باتجاه عمودي على ؟

1- فيض كهربائي منتظم. 2- فيض مغناطيسي منتظم.

3- فيض كهربائي منتظم وفيض مغناطيسي منتظم في ان واحد ومتعامدان مع بعضهما.

ج : 1- يتأثر الجسيم بقوة كهربائية (F_E = qE) بمستوى مواز للفيض الكهربائي.

2- يتأثر الجسيم بقوة مغناطيسية (F_B = q(v × B)) بمستوى عمودي على الفيض المغناطيسي.

3- يتأثر الجسم بمحصلة القوتين (\vec{F}_B, \vec{F}_E) والتي تسمى قوة لورنتز.

الحث الكهرومغناطيسي:

س: علل . يعتبر اورستد اول من اوجد العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية.

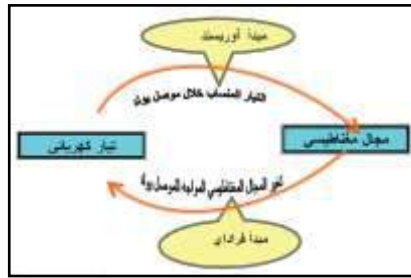
ج: لانه اكتشف ان التيار الكهربائي يولد مجالا مغناطيسيا.

س: ما هي الحقيقة المهمة التي توصل اليها فراداي وهنري كل على انفراد؟

ج: امكانية توليد تيار كهربائي في حلقة موصلة مغلقة او ملف من سلك موصل بوساطة مجال مغناطيسي متغير يواجه تلك الحلقة او الملف.

س: ارسم مخطط يوضح بان مبدأ اورستد ومبدأ فراداي يكملان بعضهما البعض.

ج:



س: وضح طريقة يستعمل فيها المجال المغناطيسي في توليد تيار كهربائي؟

ج: نأخذ ملف سلكي مربوط بين طرفي اميتر رقمي وساق مغناطيسية قطبها الشمالي يواجه احد وجهي الملف .

* عندما تكون الساق ساكنة نسبة إلى الملف فان قراءة الاميتر صفر بسبب عدم وجود تغير بالفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق الملف مع الزمن أي عدم توفر حركة نسبية بين المغناطيس والملف فلا ينساب تيار في الدائرة .

* نمسك الساق المغناطيسية باليد ونُدفعها نحو الملف وبموازاة محوره (اقترب المغناطيس من الملف) نجد ان الاميتر ينحرف مشيراً إلى مرور تيار كهربائي باتجاه معين بسبب حصول تزايد بالفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .

* نبعد الساق المغناطيسية والتي قطبها الشمالي مواجهها لأحد وجهي الملف وبموازاة محوره سيشير الاميتر إلى انسياب تيار باتجاه معاكس لحالة اقتراب المغناطيس من الملف وذلك بسبب حصول تناقص في الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .



س : ما هي العوامل المؤثرة في زيادة مقدار التيار المحتث المتولد نتيجة الحركة النسبية بين ملف سلكي وساق مغناطيسية؟

- ج : 1-** زيادة سرعة الحركة النسبية بين القطب المغناطيسي والملف .
2- زيادة عدد لفات الملف .
3- زيادة مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف .
4- زيادة النفوذية المغناطيسية لمادة جوف الملف (ادخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف بدلا من الهواء يتسبب في زيادة كثافة الفيض المغناطيسي).

اكتشاف فراداي:

س : اشرح تجربة لاثبات اكتشاف فراداي .

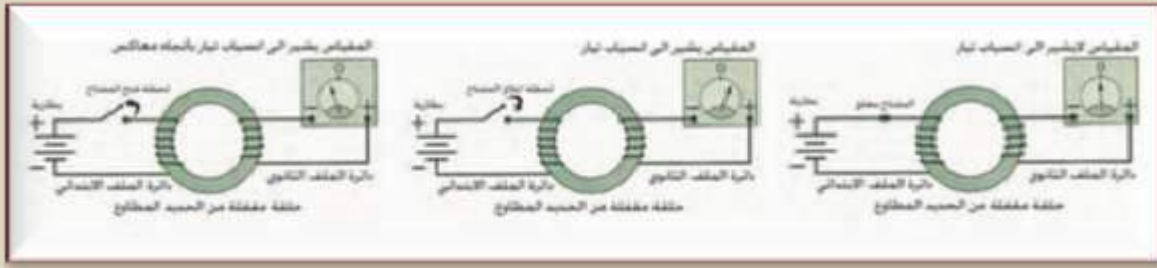
ج :

- ◆ نستعمل ملفين يتالفان من سلكين ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع اذ نربط احد الملفين على التوالي مع بطارية ومفتاح وتسمى هذه الدائرة بدائرة الملف الابتدائي ونربط الملف الآخر مع جهاز يتحسس بالتيارات صغيرة المقدار (**كَلَفَانُومِيْتَر**) صفره في وسط تدريجه وتسمى هذه الدائرة بدائرة الملف الثانوي.
- ◆ لاحظ فرداي لحظة إغلاق المفتاح المربوط مع الملف الابتدائي انحراف مؤشر المقياس المربوط مع الملف الثانوي إلى احد جانبي صفر التدريجة ثم رجوعه إلى تدريجة الصفر (**لاحظ الشكل**). مما يدل على انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي على الرغم من عدم توافر بطارية او مصدر للفولطية في الدائرة وذلك بسبب نمو تيار دائرة الملف الابتدائي والذي أدى إلى تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن.
- ◆ اما عودة مؤشر المقياس إلى تدريجة الصفر بعد إغلاق المفتاح كان بسبب ثبوت التيار المناسب في دائرة الملف الابتدائي وبالتالي لا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن
$$\left(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right)$$
- ◆ كما لاحظ فرداي انحراف مؤشر المقياس ثانياة لحظة فتح المفتاح ولكن إلى الجانب المعاكس للصفر في هذه المرة ثم عودته إلى تدريجة الصفر.
- ◆ والذي لفت انتباه فراداي ان هذا التأثير (**انسياب التيار في دائرة الملف الثانوي**) قد حصل فقط خلال مرحلتي نمو وتلاشي التيار في دائرة الملف الابتدائي . وبما ان عمليتي نمو وتلاشي التيار في دائرة الملف الابتدائي تتسببان في تزايد وتناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق قلب الحديد الملفوف حول الملفين . لذلك انتبه فراداي الى ضرورة توافر العامل الاساسي لتوليد التيار المحتث في دائرة مقفلة وهو حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .

الاستنتاج :

يتولد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة (**ملف سلكي او حلقة موصلة**) فقط عندما يحصل تغير في الفيض

المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن $\left(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right)$.



س : ما العامل الأساسي لتوليد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة ؟

ج : حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الدائرة لوحدة الزمن .

س : ما هو التفسير الفيزيائي الذي اعطاه فراادي لسبب فشل المحاولات العملية التي سبقت اكتشافه في توليد تيار

كهربائي محتث بواسطة مجال مغناطيسي ؟

ج : ذكر بان جميع تلك المحاولات كانت تعتمد على المجالات المغناطيسية الثابتة.

س وزاري : هل يمكن للمجال المغناطيسي ان يولد تيارا كهربائيا في حلقة موصلة مقفلة ؟ وضح ذلك .

ج : نعم عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة خلال وحدة الزمن.

س وزاري : وضح بنشاط ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ذاكرا الاستنتاج الذي توصلت اليه من خلال النشاط.

ج : أدوات النشاط :

ملفان سلكيان مجوفان مختلفان في أقطارهما (يمكن ادخال احدهما في الآخر) ، كلفانوميتر صفره في وسط التدرجة ، ساق مغناطيسية ، أسلاك توصيل ، بطارية ، مفتاح كهربائي .

خطوات النشاط :

أولا :

- نربط طرفي احد الملفين بواسطة أسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر.

- نجعل الساق المغناطيسية وقطبها الشمالي مواجهها للملف وفي حالة سكون نسبة للملف سنجد ان مؤشر الكلفانوميتر يبقى ثابتا عند صفر التدرجة أي لا يشير إلى انسياب تيار كهربائي في دائرة الملف (لاحظ الشكل).

- ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف (أي في حالة اقتراب من الملف) نجد ان المؤشر ينحرف باتجاه معين وعند سحب الساق بعيدا عن وجه الملف ينحرف المؤشر باتجاه معاكس وهذا يدل على انسياب تيار محتث في الحالتين (اقتراب او ابتعاد الساق عن وجه الملف) (لاحظ الشكل).

ثانيا :

نربط طرفي الملف الآخر (ويسمى بالملف الابتدائي) بين قطبي البطارية بواسطة أسلاك التوصيل للحصول على مغناطيسي كهربائي .

نحرك الملف المتصل بالبطارية (الملف الابتدائي) أمام وجه الملف الثانوي المتصل بالكلفانوميتر بتقريبه مرة من وجه الملف الثانوي وإبعاده مرة أخرى وبموازاة محوره سنجد ان مؤشر الكلفانوميتر سينحرف على احد جانبي الصفر مرة وباتجاه معاكس مرة أخرى وبالتعاقب مشيرا إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي ثم عودته إلى الصفر عند عدم توافر الحركة النسبية بين الملفين (لاحظ الشكل) .

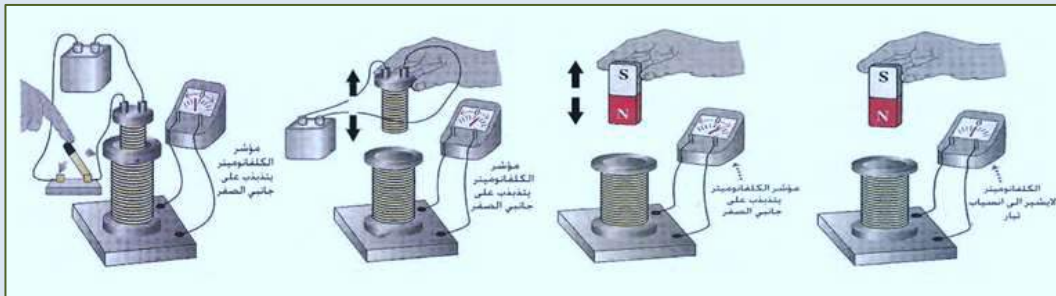
ثالثا :

نربط مفتاح كهربائي في دائرة الملف الابتدائي ونجعله مفتوحا .

ندخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي ونحافظ على ثبوت احد الملفين نسبة إلى الآخر فلا نلاحظ انحراف المؤشر في هذه الحالة وهذا يؤدي إلى عدم انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي .
نغلق ونفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي نجد ان مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب بانحرافه على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين فقط في لحظتي إغلاق وفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي وعلى التعاقب مشيراً إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي خلال تلك اللحظتين (لاحظ الشكل) .

الاستنتاج :

- 1- تُستحث قوة دافعة كهربائية (ϵ_{ind}) وينساب تيار محتث (I_{ind}) في دائرة كهربائية مغلقة (حلقة موصلة او ملف سلكي) فقط عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن على الرغم من عدم توافر بطارية في تلك الدائرة.
- 2- تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ϵ_{ind}) واتجاه التيار المحتث (I_{ind}) في الدائرة الكهربائية باتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها ويكونان باتجاه معاكس عند تناقص هذا الفيض.



القوة الدافعة الكهربائية الحركية:

س(وزاري): ما المقصود بـ : القوة الدافعة الكهربائية الحركية؟

ج: هي فرق الجهد الكهربائي المتولد على طرفي ساق موصلة تتحرك بسرعة (\bar{v}) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضيه (\bar{B}) وهي حالة خاصة من حالات الحث الكهرومغناطيسي.

س: وضح كيف يمكن الحصول على قوة دافعة كهربائية حركية محتثة؟

ج: عند تحريك ساق موصلة داخل مجال مغناطيسي منتظم تتأثر الشحنات الموجبة للساق بقوة مغناطيسية تؤثر باتجاه مواز لمحور الساق فتعمل هذه القوة على فصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة اذ تتجمع الشحنات الموجبة في احد طرفي الساق وتتجمع الشحنات السالبة في طرفها الاخر ويستمر تجمع الشحنات المختلفة في طرفي الساق مع استمرار حركتها داخل المجال المغناطيسي فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحركية.

◆ نحصل على القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة عند تحريك ساق موصلة داخل مجال مغناطيسي منتظم وتعد حالة خاصة من حالات الحث الكهرومغناطيسي. وتعطى طبقاً للعلاقة الآتية :

$$\epsilon_m = vB\ell \sin \theta$$

• اذا كانت حركة الساق الموصلة عمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي فان القوة الدافعة الكهربائية الحركية المتولدة على طرفي الموصل تعطى بالعلاقة الاتية : $\langle \epsilon_m = vB\ell \rangle$.

✓ عندما $(\vec{v} \perp \vec{B})$ فان $(\theta = 90^\circ)$ وان $(\sin 90^\circ = 1)$ لذلك تتولد اعظم قوة دافعة كهربائية محتثة حركية .

✓ عندما $(\vec{v} // \vec{B})$ فان $(\theta = 0)$ وان $(\sin 0 = 0)$ لذلك لا تتولد $(\epsilon_{\text{motional}})$ على طرفي الساق.

س(وزاري): علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحركية على طرفي ساق موصلة تتحرك عموديا على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي؟

ج: تعتمد على : 1- السرعة (v) التي تتحرك بها الساق. 2- مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B) . 3- طول الساق (ℓ) .

س(وزاري): علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحركية المتولدة على طرفي ساق موصلة تتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم؟

او : ما العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك نسبة الى مجال مغناطيسي في حالة سكون مع كتابة العلاقة الرياضية التي تبين ذلك؟

ج: تعتمد على : 1- السرعة (v) التي تتحرك بها الساق. 2- مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B) . 3- طول الساق (ℓ) .

4- وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي اي الزاوية (θ) المحصورة بين متجه السرعة (\vec{v}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) . $\langle \epsilon_{\text{motional}} = vB\ell \rangle$

س : اشتق علاقة رياضية لحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية المتولدة على طرفي ساق تتحرك عموديا داخل مجال مغناطيسي ؟

$$F_B = qvB, F_E = qE \quad \therefore F_E = F_B \Rightarrow qE = qvB \Rightarrow E = vB$$

$$\therefore E = \frac{\Delta V}{\ell} \Rightarrow \Delta V = E\ell \Rightarrow \Delta V = vB\ell \Rightarrow \epsilon_{\text{motional}} = vB\ell$$

ج :

التيار المحتث:

س: ما الاجراء العملي المطلوب اتخاذه لكي ينساب تيار محتث في الساق المتحركة داخل مجال مغناطيسي؟



ج: نضع الساق في دائرة كهربائية مغلقة وتتم هذه العملية بجعل الساق تنزلق بسرعة (v) نحو اليمين مثلا على طول سكة موصلة بشكل حرف (U) مربوط معها مصباح كهربائي على التوالي ونثبت السكة على منضدة أفقية (لاحظ الشكل) وبهذا الترتيب نجد ان الساق والسكة والمصباح يشكلان دائرة كهربائية مغلقة فإذا سلطنا مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) باتجاه

عمودي على مستوي تلك الدائرة (اتجاهه داخل الورقة مثلا) ستتأثر الشحنات الموجبة في الساق بقوة مغناطيسية تدفعها نحو احد طرفي الساق وتدفع الشحنات السالبة نحو الطرف الآخر وبما ان الدائرة مغلقة فان الشحنات تستمر في الحركة ولا تتجمع عند طرفي الساق ونتيجة لذلك ينساب تيار في الدائرة يسمى بالتيار المحتث ويدل على انسياب التيار في الدائرة توهج المصباح المربوط على التوالي مع السكة ولو

طبقنا قاعدة الكف اليمنى على الشحنة الموجبة سوف يكون اتجاه التيار المحتث في الدائرة معاكسا لاتجاه دوران عقارب الساعة .

- عندما تنزلق الساق الموصلة على سكة موصلة بشكل الحرف (U) باتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم بحيث تكون المقاومة الكلية للدائرة (R) سوف ينساب تيار محتث في هذه الدائرة بحسب وفقا

$$\text{لقانون اوم وكما يلي : } \left\| I_{\text{ind}} = \frac{\epsilon_{\text{motional}}}{R} \quad \text{or} \quad I_{\text{ind}} = \frac{vB\ell}{R} \right\|$$

- نتيجة لمرور التيار المحتث في الساق باتجاه عمودي على الفيض المغناطيسي سوف تتولد قوة مغناطيسية ثانية (F_{B2}) تؤثر باتجاه عمودي على الساق وباتجاه معاكس لاتجاه السرعة (حسب قاعدة الكف اليمنى) لذلك تعمل على عرقلة حركة الساق وتجعل الحركة متباطئة (غير منتظمة) وتحسب القوة المغناطيسية الثانية من العلاقة التالية : $\langle F_{B2} = IB\ell \rangle$.
- ولكي نجعل الساق تتحرك بسرعة ثابتة تحت هذه الظروف يتطلب تسليط قوة خارجية (F_{pull}) تسحب الساق وهي تساوي القوة المغناطيسية الثانية مقدارا وتعاكسها اتجاها أي ان : $|F_{\text{pull}} = F_{B2}|$ لذلك:

$$F_{\text{pull}} = IB\ell \quad \text{or} \quad F_{\text{pull}} = \frac{vB^2\ell^2}{R}$$

الحث الكهرومغناطيسي ومبدأ حفظ الطاقة:

- تطبيقا لقانون حفظ الطاقة فان المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق الموصلة خلال المجال المغناطيسي (القدرة المكتسبة في الدائرة) والقدرة المتبددة ($P_{\text{dissipated}}$) في المقاومة الكلية للدائرة بشكل حرارة او اي نوع من القدرة في الحمل (القدرة الضائعة) متساويتان لذلك فالقدرة تحسب وفقا للعلاقات الاتية :

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{or} \quad P = I \epsilon_{\text{motional}} \quad \text{or} \quad P = \frac{\epsilon_{\text{motional}}^2}{R}$$

الرمز	المعنى الفيزيائي	وحدة القياس
ϵ_m	القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة	V
v	السرعة التي تتحرك بها الساق داخل المجال المغناطيسي	m/s
B	كثافة الفيض المغناطيسي .	T
ℓ	طول الساق	m
θ	الزاوية المحصورة بين متجه السرعة ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي.	°
I	التيار المحتث المنساب في الحلقة.	A
R	المقاومة الكلية للدائرة .	Ω

N	القوة المغناطيسية الثانية.	F_{B2}
N	القوة الخارجية الساحبة للساق.	F_{Pull}
watt	القدرة المكتسبة او القدرة المتبددة او القدرة المجهزة.	P

س: (علل) تعد حركة الساق الموصلة والمربوطة الى دائرة كهربائية مقفلة داخل المجال المغناطيسي تطبيقا لقانون حفظ الطاقة ؟

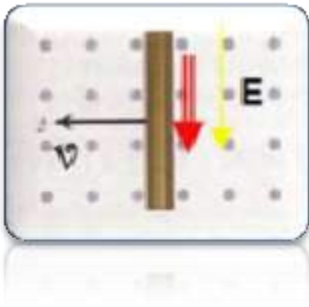
ج: لان المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق (القدرة المكتسبة في الدائرة) يساوي بالضبط القدرة المتبددة في المقاومة الكلية لهذه الدائرة بشكل حرارة او أي نوع من القدرة في الحمل .

س: اثبت رياضيا بان المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق الموصلة خلال المجال المغناطيسي يساوي القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.

ج:

$$P = \frac{w}{t} = \frac{F_{pull} \cdot x}{t} = F_{pull} \cdot v = IB \ell \cdot v = \frac{vB\ell}{R} B \ell v = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

$$P_{dissipated} = I^2 R = \frac{(vB\ell)^2}{R^2} \cdot R = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R} , \therefore P = P_{dissipated}$$



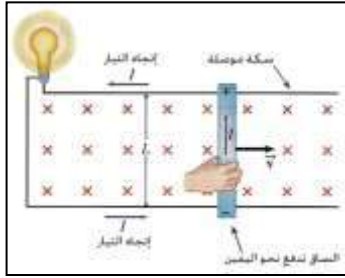
س: اذا تحركت الساق الموصلة (ab) في الشكل (72) ، في مستوي الورقة افقيا نحو اليسار داخل مجال مغناطيسي منتظم مسلط عموديا على الورقة متجها نحو الناظر ، يتولد مجال كهربائي داخل الساق يتجه نحو الطرف (b) ، اما اذا تحركت هذه الساق نحو اليمين وداخل المجال المغناطيسي نفسه ينعكس اتجاه المجال الكهربائي في داخلها باتجاه الطرف (a) ، فما تفسير ذلك؟

ج: عندما تكون حركة الساق نحو اليسار عموديا على الفيض المغناطيسي فان القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) تؤثر في الشحنات الموجبة يكون اتجاهها نحو الطرف (a) (على وفق قاعدة الكف اليميني) فتتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (a) للساق والسالبة في الطرف (b) . لذا يكون اتجاه المجال الكهربائي (E) من (a) الى (b) وبانعكاس اتجاه حركة الساق (نحو اليمين) ينعكس اتجاه (\vec{F}_B) ، لذلك تتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (b) والشحنات السالبة في الطرف (a) لذا يكون اتجاه (E) من (b) نحو (a) .

س (فكر): لو انعكس اتجاه حركة الساق او انعكس اتجاه المجال المغناطيسي هل تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية ($\epsilon_{\text{motional}}$) ؟

ج: نعم تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية ($\epsilon_{\text{motional}}$) المتولدة على طرفي الساق وذلك بسبب انعكاس اتجاه القوة المغناطيسية (\vec{F}_B) المؤثرة على الشحنات وفقا لقاعدة الكف اليميني .

مثال 1 (كتاب): افرض ان ساقا موصلة طولها (1.6m) انزلت على سكة موصلة بانطلاق (5m/s) باتجاه



عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8T)،

وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي

(128Ω) لاحظ الشكل (اهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة)

واحسب مقدار: 1- القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة.

2- التيار المحتث في الدائرة. 3- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.

الحل:

$$1) \varepsilon_m = vBl = 5 \times 0.8 \times 1.6 = 6.4V, \quad 2) I_{ind} = \frac{\varepsilon_m}{R} = \frac{6.4}{128} = 0.05A$$

$$3) P_{dissipated} = I^2 R = (0.05)^2 \times 128 = 0.32 \text{ watt}$$

الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق مساحة سطحية معينة ينتج من حاصل الضرب النقطي (القياسي) بين متجه المساحة (\vec{A}) (المستقيم العمود على المساحة) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) أي ان:

$$\Phi_B = \vec{A} \cdot \vec{B}$$

اما مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك المساحة فيحسب وفقا للعلاقة الآتية: $\Phi_B = AB \cos \theta$. وان $\theta = 90^\circ - \theta^1$ (عندما تكون الزاوية محصورة بين المستوي واتجاه كثافة الفيض المغناطيسي)، $A = \pi r^2$ (إذا كان السطح دائري).

حيث:

A : مساحة السطح (مستوي الحلقة او مستوي الملف) ووحدتها (m^2) .

r : نصف قطر الحلقة او الملف بوحدة (m).

Φ_B : الفيض المغناطيسي ووحدته هي Weber (wb) وهو كمية قياسية (مقدارية).

B : كثافة الفيض المغناطيسي (اوشدة المجال المغناطيسي) وهو من الكميات الاتجاهية ووحدته Tesla (T).

حيث $(T = wb/m^2)$.

$B \cos \theta$: مركبة كثافة الفيض المغناطيسي العمودية على مساحة السطح (A).

θ : هي الزاوية المحصورة بين متجه المساحة (العمود على المستوي) (\vec{A}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) .

θ : متممة الزاوية (θ) هي الزاوية المحصورة بين مستوي الحلقة او الملف (A) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) .

✓ لذلك اذا وردت في السؤال عبارة (مستوي الملف او الحلقة) فهذا يعني بان الزاوية المعطاة هي ليست (θ) وانما هي المتممة (θ^1) لذا يجب ان تطرح من (90°) للحصول على الزاوية (θ) : $\theta = 90^\circ - \theta^1$.

ملاحظات:

- 1- عندما $(\vec{A} // \vec{B})$ فان $(\vec{A} \perp \vec{B})$ لذا فان $(\theta = 90^\circ)$ وان $(\cos 90^\circ = 0)$ لذلك فان $(\Phi_B = 0)$ أي لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق السطح في هذه الحالة، وعندما $(\vec{A} \perp \vec{B})$ فان $(\vec{A} // \vec{B})$ لذا فان $(\theta = 0)$ وان $(\cos 0 = 1)$ لذلك فان $(\Phi_B = AB)$ اعظم ما يمكن .
- 2- للتحويل من (cm^2) إلى (m^2) نضرب المقدار في (10^{-4}) .

س : ما العامل الأساسي لتوليد قوة دافعة كهربائية محتثة في حلقة موصلة او ملف سلكي موضوع في مجال مغناطيسي؟

ج : حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الدائرة لوحدة الزمن $(\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t})$.

س وزاري : ماذا يحصل اذا تغير الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق حلقة موصلة ؟

ج : تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة .

س : علام يعتمد الفيض المغناطيسي الذي يخترق سطح ؟

ج : يعتمد على : 1- كثافة الفيض المغناطيسي . 2- مساحة السطح .

3- الزاوية بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي ومتجه مساحة السطح.

س : عدد طرائق تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة او ملف سلكي ؟

ج : 1- تغيير قياس الزاوية (θ) بين متجه المساحة (\vec{A}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) مثل دوران

ملف نواة المولد الكهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم.

2- تغيير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي (Φ_B) المنتظم وذلك بكبس الحلقة او شدها من

جانبيها المتقابلين فتقل بذلك مساحتها (A) .

3- بتحريك الحلقة الموصلة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي منتظم مثل دفع الحلقة لادخالها في

مجال مغناطيسي منتظم او سحبها لاجراجها منه.

مثال 2 (كتاب) : حلقة دائرية موصلة قطرها (0.4m) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافته فيضه $(B=0.5\text{T})$

ويبتجه باتجاه مواز لمتجه مساحة الحلقة \vec{A} .

a- احسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لاحظ الشكل (32 - a).

b- ما مقدار الفيض المغناطيسي على فرض ان الحلقة دارت باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة لحين صار متجه

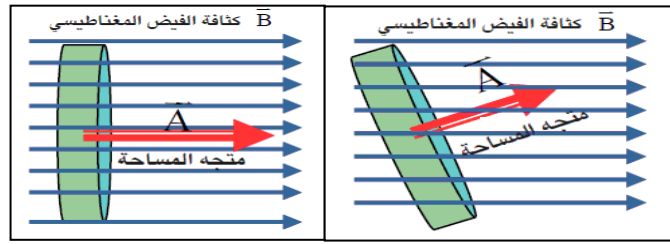
المساحة (\vec{A}) يصنع زاوية $(\theta=45^\circ)$ مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) . لاحظ الشكل (32 - b).

الحل

$$A = \pi r^2 = \pi (0.2)^2 = 0.04\pi \text{m}^2$$

$$a) \Phi_B = AB \cos \theta = 0.04\pi \times 0.5 \cos 0 = 0.02\pi \text{wb}$$

$$b) \Phi_B = AB \cos \theta = 0.04\pi \times 0.5 \cos 45^\circ = 0.02\pi \times 0.707 = 0.01414\pi \text{wb}$$



شكل (32 - a)

شكل (32 - b)

قانون فراداي:

س: ما نص قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي؟

ج: مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ϵ_{ind}) في حلقة موصلة يتناسب طرديا مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

♦ ان الصيغة الرياضية لقانون فراداي هي : $\left\langle \epsilon_{ind} = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right\rangle$

♦ اذا كان لدينا ملف سلكي عدد لفاته (N) بدلا من الحلقة فان قانون فراداي يعطى بالعلاقة

الاتية: $\left\langle \epsilon_{ind} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right\rangle$ وان : $\langle \Delta \Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1} \rangle$

♦ يتضح من قانون فراداي انه تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة بمقدار اكبر كلما كان المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة او الملف كبيرا.

♦ بما ان مقدار التغير بالفيض المغناطيسي ($\Delta \Phi_B$) يعطى بالعلاقة $\langle \Delta \Phi_B = \Delta (AB \cos \theta) \rangle$ لذلك اي تغير باحد العوامل الثلاث (كثافة الفيض المغناطيسي ، المساحة ، الزاوية) او جميعها مع الزمن تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة لذلك يمكن صياغة قانون فراداي وكما يلي:

$$\left\langle \epsilon_{ind} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta \quad \text{or} \quad \epsilon_{ind} = -NB \frac{\Delta A}{\Delta t} \cos \theta \right\rangle$$

وان: $[\Delta B = B_2 - B_1 \quad , \quad \Delta A = A_2 - A_1]$

حيث :

ϵ_{ind} : معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف السلبي او الحلقة وتكون باشارة سالبة عند نمو الفيض (عند الاقتراب) وتكون باشارة موجبة عند تلاشي الفيض (عند الابتعاد) ووحدتها فولط (V).

$\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$: المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي بوحدة (wb/s).

$\frac{\Delta B}{\Delta t}$: المعدل الزمني لتغير كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة (T/sec).

A: مساحة اللفة الواحدة بوحدة (m^2) ، B: كثافة الفيض المغناطيسي بوحدة التسلا (T).

θ : الزاوية المحصورة بين متجه المساحة ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي.

اما الإشارة السالبة في القانون فهي للدلالة على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وهي تعني ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعاكس التغير بالفيض المغناطيسي الذي سبب حثها او الذي ولدها وفقا لقانون لنز.

- عندما يكون الملف جزء من دائرة خارجية مغلقة مقاومتها الكلية (R) (وتمثل مجموع مقاومات الدائرة) فسوف ينساب تيار في هذه الدائرة يدعى بالتيار المحتث (I_{ind}) يحسب وفقا لقانون اوم وكما يلي :

$$I_{ind} = \frac{\epsilon_{ind}}{R}$$

س : علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في قانون فراداي والمتولدة على طرفي ملف ؟

ج : يعتمد على : 1- عدد لفات الملف . 2- المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي.

س : علام تعتمد قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في قانون فراداي ؟

ج : تعتمد على الفيض المغناطيسي فيما اذا كان متزايدا او متناقصا.

س : علام تدل الإشارة السالبة في قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي ؟

ج : تدل على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وهذه القطبية تحدد اتجاه التيار المحتث في الحلقة او الملف.

س(وزاري) : ماذا يعني وجود الإشارة السالبة في قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي ؟

ج : يعني ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعاكس التغير بالفيض المغناطيسي الذي سبب تولدها او الذي حثها.

س(وزاري) : ما الذي يتطلب توافره في دائرة مغلقة لتوليد ؟ a- تيار كهربائي . b- تيار محتث.

ج : a- يتطلب توافر مصدر للقوة الدافعة الكهربائية تجهزها بطارية مثلا او يجهزها مولد في تلك الدائرة.

b- توافر قوة دافعة كهربائية محتثة والتي تتولد بوساطة تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن.



س : افترض ان الملف والمغناطيس الموضح في الشكل (74) كل منهما يتحرك بالسرعة

نفسها نسبة إلى الأرض هل ان الملي اميتر الرقمي (او الكلفانوميتر) المرتبط مع

الملف . يشير إلى انسياب تيار في الدائرة؟ وضح ذلك.

ج : كلا ، لأنه لا ينساب تيار محتث في الدائرة وذلك لعدم توافر حركة نسبية

بين المغناطيس والملف تسبب تغيراً في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن .

مثال 3 (كتاب): الشكل (33) يوضح ملفا يتألف من (50) لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة (20cm^2)، فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من (0.0T) إلى (0.8T) خلال زمن (0.4s) احسب:

1- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ϵ_{ind}) في الملف .

2- مقدار التيار المنساب في الدائرة إذا كان الملف مربوط بين طرفي كلفانوميتر والمقاومة

الكلية في الدائرة (80Ω).

الحل



الشكل (33)

$$1) \Delta B = B_2 - B_1 = 0.8 - 0.0 = 0.8T, \quad A = 20\text{cm}^2 = 20 \times 10^{-4}\text{m}^2$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -50 \times 20 \times 10^{-4} \frac{0.8}{0.4} \cos 0 = -0.2V$$

$$2) I = \frac{\epsilon_{\text{ind}}}{R} = \frac{0.2}{80} = 0.0025A$$

قانون لنز:

س (وزاري): ما المقصود بقانون لنز؟ وما الفائدة العملية من تطبيقه؟

ج: التيار المحتث في دائرة كهربائية مغلقة يمتلك اتجاهها بحيث ان مجاله المغناطيسي المحتث يكون معاكسا بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار.

اما الفائدة العملية من تطبيقه فهي:

1- لتحديد اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مغلقة. 2- يعد قانون لنز تطبيقا لقانون حفظ الطاقة.

س: وضح عمليا كيف يمكن للتيار المحتث ان يولد مجالا مغناطيسيا محتثا يعاكس

بتأثيره للمسبب الذي ولده؟

ج: نعمل على تحريك ساق مغناطيسية بالقرب من وجه حلقة موصلة مغلقة وبموازاة محورها العمودي على وجهها والمار من مركزها .

1- عند تقريب القطب الشمالي من وجه الحلقة يزداد الفيض

المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} > 0$) فيزداد مقدار كثافة

الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$) ويكون اتجاه كثافة الفيض

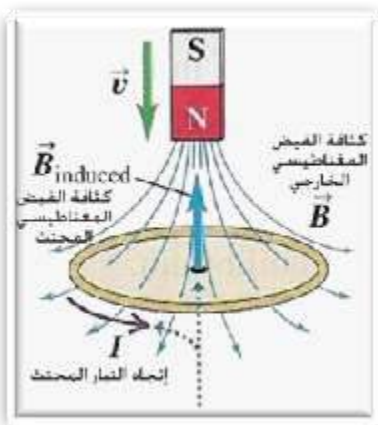
المغناطيسي (\vec{B}) المؤثر نحو الأسفل لذا يكون اتجاه التيار المحتث معاكسا لاتجاه دوران عقارب

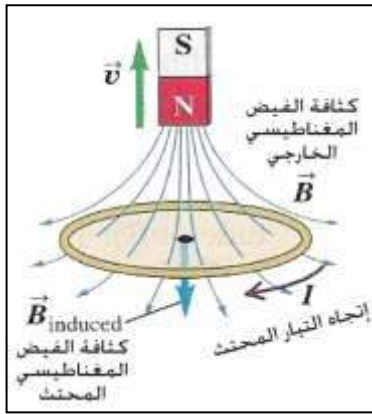
الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف) فيولد مجالا مغناطيسيا محتثا (\vec{B}_{ind}) اتجاهه نحو

الأعلى (لاحظ الشكل) معاكسا لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التزايد في

الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي (N)

قطبا شماليا (N) فيتنافر مع القطب الشمالي المقرب منه (على وفق قانون لنز) .





2- عند ابعاد القطب الشمالي من وجه الحلقة يتناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} < 0$) فيتناقص مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$) ويكون اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) المؤثر نحو الأسفل لذا يكون اتجاه التيار المحتث مع اتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليميني

للملف) فيولد مجالا مغناطيسيا محتثا (\vec{B}_{ind}) اتجاهه نحو الأسفل (لاحظ الشكل) باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التناقص في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي (N) قطبا جنوبيا (S) فيتجاذب مع القطب الشمالي (N) المبتعد عنه (على وفق قانون لنز).

ملاحظات على قانون لنز:

- عندما ينساب تيار محتث في حلقة او ملف سلبي نتيجة الاقتراب او الابتعاد فان هذا التيار سوف يولد مجال مغناطيسي محتث (\vec{B}_{ind}) في تلك الحلقة او الملف ويكون المجالان الخارجي المؤثر (\vec{B}) والمحتث في الحلقة او الملف (\vec{B}_{ind}) اما باتجاهين متعاكسين (في حالة الاقتراب) او يكونان باتجاه واحد (في حالة الابتعاد).
- بما ان المجالين الخارجي والمحتث متعاكسين عند الاقتراب لذلك يتولد في وجه الحلقة او الملف المقابل للقطب المؤثر قطبا مماثلا له ، فعندما يكون القطب المقرب شمالي يصبح الوجه المقابل له شمالي ايضا وعندما يكون القطب المقرب جنوبي يصبح الوجه المقابل له جنوبي ايضا لذلك تتولد بين القطبين الخارجي والمحتث قوة مغناطيسية معيقة للحركة هي قوة تنافر.
- بما ان المجالين الخارجي والمحتث باتجاه واحد عند الابتعاد لذلك يتولد في وجه الحلقة او الملف المقابل للقطب المؤثر قطبا مخالفا له فعندما يكون القطب المبتعد شمالي يصبح الوجه المقابل له جنوبي وعندما يكون القطب المبتعد جنوبي يصبح الوجه المقابل له شمالي لذلك تتولد بين القطبين الخارجي والمحتث قوة مغناطيسية معيقة للحركة هي قوة تجاذب.
- في كلا الحالتين عند الاقتراب او عند الابتعاد يتطلب انجاز شغل ميكانيكي للتغلب على قوة التنافر او للتغلب على قوة التجاذب وهذا الشغل الميكانيكي يتحول الى نوع اخر من الطاقة في الحمل.
- في حالة النظر الى احد وجهي حلقة موصلة وكان التيار المنساب فيه باتجاه دوران عقارب الساعة فان هذا الوجه سيصبح قطبا جنوبيا وهذه الحالة تحصل عند اقتراب قطب جنوبي من وجه الحلقة او ابتعاد قطب شمالي عنه.

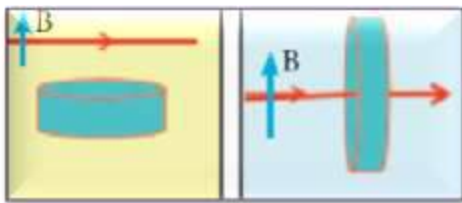
- وفي حالة النظر الى احد وجهي حلقة موصلة وكان التيار المنساب فيه باتجاه معاكس لاتجاه دوران عقارب الساعة فان هذا الوجه سيصبح قطبا شماليا وهذه الحالة تحصل عند اقتراب قطب شمالي من وجه الحلقة او ابتعاد قطب جنوبي عنه.

س(وزاري): (علل) يعد قانون لنز تطبيقا لقانون حفظ الطاقة؟

ج: لأنه في حالتي اقتراب المغناطيس او ابتعاده نسبة إلى الحلقة الموصلة يتطلب انجاز شغل ميكانيكي للتغلب اما على قوة التنافر **(في حالة الاقتراب)** او قوة التجاذب **(في حالة الابتعاد)** ويتحول هذا الشغل المنجز إلى نوع آخر من الطاقة في الحمل **(عندما تكون الحلقة مربوطة إلى حمل)**.

س: ميز بين كثافة الفيض المغناطيسي الخارجي (\vec{B}) وكثافة الفيض المغناطيسي المحتث (\vec{B}_{ind}) الذي يولده التيار المحتث؟

ج: **كثافة الفيض المغناطيسي الخارجي:** يتسبب التغير في فيضه في توليد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة وفقا لقانون فراادي في الحث الكهرومغناطيسي، اما **كثافة الفيض المغناطيسي المحتث:** الذي ولده التيار المحتث فهو يعاكس بتاثيره للتغير بالفيض المغناطيسي الخارجي **(العامل المسبب في توليد التيار المحتث)** على وفق قانون لنز.



س: في كل من الشكلين (75) و (76) سلك نحاسي وحلقة من النحاس مقفلة . في أي وضعية ينساب تيار محتث في الحلقة عندما يتزايد التيار الكهربائي المنساب في السلك في كل من الحالتين؟وضح ذلك.

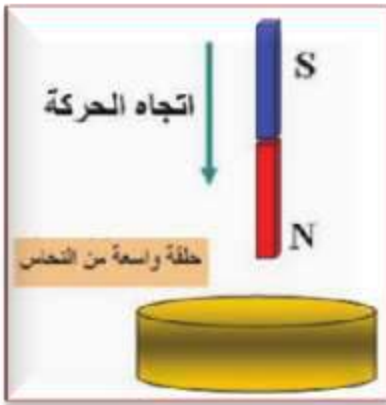
ج: في الشكل (75) لا ينساب تيار محتث في الحلقة لان كثافة

الفيض المغناطيسي (\vec{B}) يكون موازيا لمستوي الحلقة لذا فان الزاوية (θ) بين متجه المساحة (\vec{A}) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (\vec{B}) تساوي (90°) فيكون : $(\Phi_B = AB \cos \theta = AB \cos 90 = 0)$ ففي هذه الحالة لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق الحلقة . اما الشكل (76) يكون اتجاه التيار المحتث باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة لان المجال المغناطيسي حول السلك يخترق الحلقة ويكون اتجاهه نحو الاعلى ومتزايدا . $(\Phi_B = AB \cos \theta = AB \cos 0 = AB \times 1)$ لذلك $(\Phi_B = AB)$ (اعظم مقدار).

س(وزاري): ما تاثير المجال المغناطيسي الذي يولده التيار المحتث (المجال المغناطيسي المحتث) في العامل الاساس الذي ولد التيار؟

ج: عند تزايد الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} > 0$) يكون المجال المغناطيسي المحتث باتجاه معاكس للمجال المغناطيسي المؤثر الذي ولد التيار المحتث ، اما عند تناقص الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} < 0$) فان المجال المغناطيسي المحتث يكون بنفس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر الذي ولد التيار المحتث.

فكر: افرض ان ساقا مغناطيسية سقطت سقوطا حرا نحو الاسفل وهي بوضع شاقولي



وتحتها حلقة واسعة من النحاس مقلقة ومثبتة افقيا باهمال مقاومة الهواء .

1- انسقط هذه الساق بتعجيل يساوي تعجيل الجاذبية الارضية ام اكبر منه ؟ ام اصغر منه ؟

2- عين اتجاه القوة المغناطيسية التي تؤثر فيها الحلقة على الساق في اثناء اقتراب الساق من الحلقة.

ج: 1- تسقط الساق بتعجيل اقل من تعجيل الجاذبية الارضية .

بسبب تولد قطب مغناطيسي شمالي محتث في وجه الحلقة في اثناء اقتراب القطب الشمالي منها لذا تتأثر الساق بقوة تنافر تعرقل حركتها وفقا لقانون لنز فيقل تعجيلها.

2- يكون اتجاه القوة التي تؤثر بها الحلقة على الساق نحو الاعلى (قوة معرقلة للسبب الذي ولد التيار المحتث على وفق قانون لنز).

التيارات الدوامة :

س (وزاري): ما المقصود بالتيارات الدوامة ؟ وما سبب نشوءها ؟

ج: التيارات الدوامة: هي تيارات محتثة تتخذ مسارات دائرية مقلقة ومتمركزة تقع في مستوي كل صفيحة وبمستويات عمودية على الفيض المغناطيسي الذي سبب حثها.

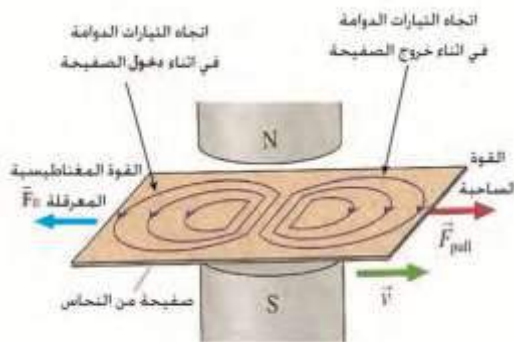
سبب نشوءها : نتيجة الحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة على وفق قانون فرادي في الحث الكهرومغناطيسي.

س : ما هي مضار التيارات الدوامة ؟ وكيف يمكن تقليلها ؟

ج: تتسبب في فقدان الطاقة بشكل حرارة في الأجهزة او في القلب الحديد للملفات التي تتولد فيها على وفق قانون جول. ولتقليل التيارات الدوامة يصنع القلب بشكل صفائح من الحديد المطاوع معزولة عن بعضها ومكبوسة كبسا شديدا وترتب بموازاة الفيض المغناطيسي (Φ_B) المتغير الذي يخترقها فتزداد بذلك المقاومة الكهربائية إلى حد كبير داخل تلك الصفائح ويقل تبعا لذلك مقدار التيارات الدوامة.

س : وضح ما سبب نشوء التيارات الدوامة في الموصلات ؟ وما تأثير

المجالات المغناطيسية التي تولدها ؟



ج: عند سحب صفيحة نحاسية افقيا بين قطبي مغناطيس كهربائي كثافة فيضه (\vec{B}) منتظمة تتجه نحو الاسفل ونتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة على

وفق قانون فرادي في الحث الكهرومغناطيسي ففي اثناء خروج الجزء الايمن للصفيحة من المجال المغناطيسي يتناقص الفيض المغناطيسي خلالها لذا يكون اتجاه التيارات الدوامة باتجاه دوران عقارب

الساعة لكي تولد فيضا مغناطيسيا محتثا كثافة فيضه (\vec{B}_{ind}) تعاكس المسبب الذي ولد تلك التيارات علي وفق قانون لنز فيكون اتجاه الفيض المغناطيسي المحتث نحو الاسفل لكي يعمل على تقوية المجال المغناطيسي المؤثر المتناقص . اما جزء الصفيحة الايسر فيكون اتجاه التيارات الدوامة فيه باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة للساعة للسبب نفسه . وبالنسبة تظهر قوة مغناطيسية (\vec{F}_B) تتجه نحو اليسار وتكون معاكسة للقوة الساحبة فهي قوة معرقة لاتجاه الحركة اي تعاكس القوة الساحبة (\vec{F}_{pull})

س(وزاري) اشرح نشاط يوضح كيفية تقليل تأثير التيارات الدوامة المتولدة في الموصلات، وماذا نستنتج من هذا النشاط ؟

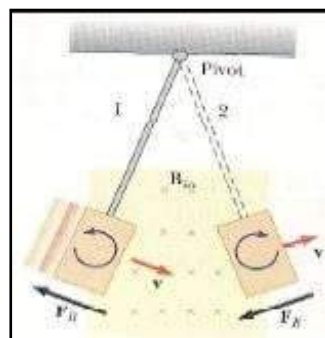
أدوات النشاط:

بندولان متماثلان كل منهما بشكل صفيحة مصنوعة من مادة موصلة ضعيفة التماغنط (ليست فيرومغناطيسية من الألمنيوم مثلا) مثبتة بطرف ساق خفيفة من المادة نفسها إحدى الصفيحتين مقطوعة بشكل شرائح معزولة عن بعضها مثل أسنان المشط والأخرى كاملة (غير مقطوعة) ، مغناطيس دائم قوي (كثافة فيضه عاليه) ، حامل .

خطوات النشاط:

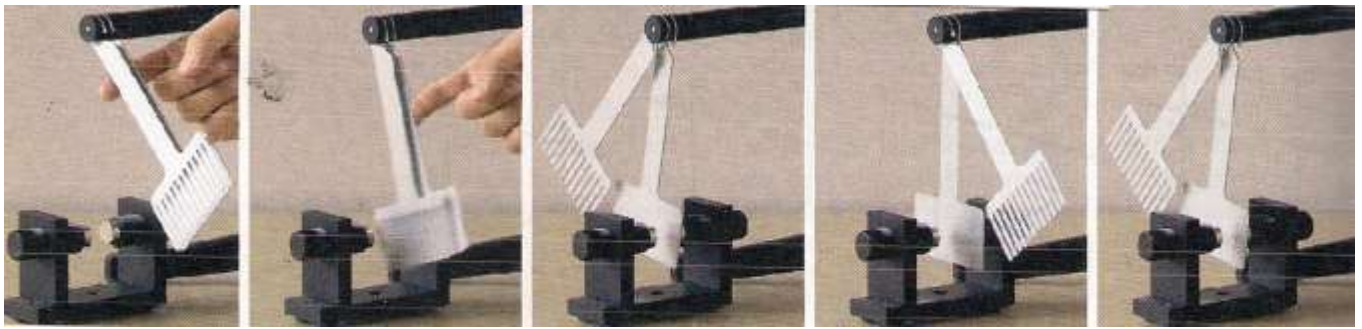
- * نزيح الصفيحتين بإزاحة متساوية إلى احد جانبي موقع استقرارهما .
- * نترك الصفيحتين تهتزان في ان واحد بحرية بين قطبي المغناطيس .
- * نجد ان البندول الذي يتألف من الصفيحة الكاملة (غير المقطوعة) يتوقف عن الحركة في أثناء مروره خلال الفجوة بين القطبين المغناطيسيين في حين الصفيحة المقطوعة بشكل أسنان المشط تمر بين القطبين المغناطيسيين وتعتبر إلى الجانب الآخر وتستمر بالاهتزاز على جانبي منطقة المجال المغناطيسي ذهابا وإيابا ولكن بتباطؤ قليل. (لاحظ الشكل).

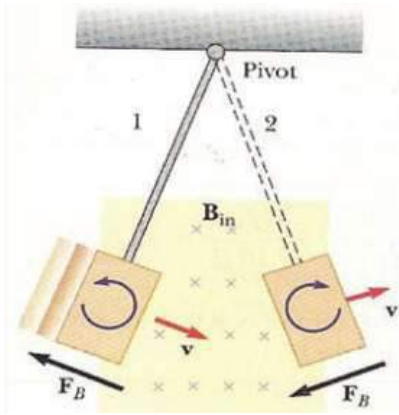
الاستنتاج:



تتولد تيارات دوامة كبيرة المقدار في الصفيحة غير المقطوعة في أثناء دخولها المجال المغناطيسي بين القطبين فتكون باتجاه معين نتيجة حصول تزايد في الفيض المغناطيسي الذي يخترقها لوحدة الزمن ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$) (على وفق قانون فارادي) وتكون باتجاه معاكس في أثناء خروجها من المجال نتيجة حصول

تناقص في الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$) فتتولد في الحالتين قوة مغناطيسية (\vec{F}_B) تعرقل حركة الصفيحة (على وفق قانون لنز) وبالنسبة تتلاشى سعة اهتزاز الصفيحة وتتوقف عن الاهتزاز لاحظ الشكل في حين ان التيارات الدوامة المتولدة في الصفيحة المقطوعة بشكل شرائح تكون صغيرة المقدار جدا فيكون تأثيرها في اهتزاز الصفيحة ضعيفا جدا.





س (فكر): ما مصير طاقة اهتزاز الصفيحة الكاملة (غير المقطعة) داخل مجال

مغناطيسي بعد توقفها عن الاهتزاز؟

الجواب: تتحول طاقة اهتزاز الصفيحة الى طاقة حرارية في الصفيحة

بسبب التيارات الدوامة المتولدة فيها (وفقا لقانون جول) والتي

تكون كبيرة المقدار.

س : كيف تعمل التيارات الدوامة على كبح اهتزاز الصفيحة المعدنية المهتزة عموديا على مجال مغناطيسي منتظم؟

ج : بسبب تولد التيارات المحتثة الدوامة في الصفيحة والتي تعمل على توليد مجال مغناطيسي محتث (\vec{B}_{ind})

معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر (\vec{B}) ونتيجة لذلك تتولد قوة تنافر مغناطيسية معرقة لاتجاه

حركة الصفيحة داخل المجال المغناطيسي فتعمل على كبح اهتزازها (على وفق قانون لنز) :



س : شريحة من النحاس وضعت بين قطبي مغناطيس كهربائي منتظم كثافة فيضه كبيرة وبمستوي شاقولي وكان مستوي

الصفيحة عموديا على الفيض المغناطيسي . وعندما سحبت الصفيحة افقيا بسرعة معينة لاجراجها من المجال وجد

ان عملية السحب تتطلب تسليط قوة معينة . ويزداد مقدار القوة الساحبة بازدياد مقدار تلك السرعة ما تفسير

الحالتين؟

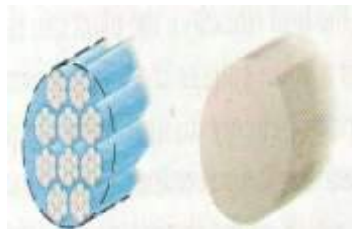
ج : نتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة

المعدنية على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة مغناطيسية F_B معرقة لاتجاه

حركة الصفيحة على وفق قانون لنز.

وبازدياد مقدار تلك السرعة تزداد القوة المغناطيسية (F_B) :

$$F_B = qvB \quad , \quad F_{pull} (\text{الساحبة}) = F_B (\text{المعرقة})$$



س : في معظم الملفات يصنع القلب بشكل سيقان متوازية من الحديد المطاوع معزولة عن

بعضها البعض عزلا كهربائيا ومكبوسة كبسا شديدا ، بدلا من قلب من الحديد

مصنوع كقطعة واحدة . لاحظ الشكل (69) ما الفائدة العملية من ذلك؟

ج : لتقليل تأثير التيارات الدوامة فتقل خسارة القدرة الناتجة عنها وبذلك تقل

الطاقة الحرارية الناتجة عنها. وهذا مما يزيد من كفاءة المحولة مثلا ولا

تسرع في تلفها.

المولدات الكهربائية :

س : ما المقصود بالمولد الكهربائي ؟ وما هي انواعه ؟

ج : المولد الكهربائي : هو جهاز يعمل على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بتأثير مجال مغناطيسي. اما انواعه فهي :

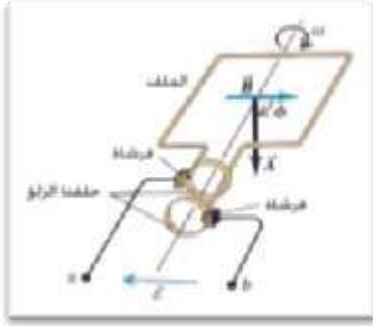
1- مولد التيار المتردد (ac) (أحادي الطور او ثلاثي الطور)

2- مولد التيار المستمر (dc)

1- مولد التيار المتردد (ac) (أحادي الطور او ثلاثي الطور) :

a- مولد التيار المتردد (ac) (أحادي الطور) :

أجزاء مولد التيار المتردد (ac) (أحادي الطور)



1- ملف النواة

3- فرشتان من الكربون

4- أقطاب مجال مغناطيسي.

حيث يربط طرفي ملف النواة إلى حلقتان معدنيتان تسميان حلقتي التزلز وتوصلان مع الدائرة الخارجية بواسطة فرشتان من الكربون .

* فعندما يدور ملف نواة المولد والذي عدد لفاته (N) ومساحة اللفة الواحدة (A) (بوحدة m^2) بسرعة زاوية (ω) منتظمة (بوحدة rad/sec) وفي مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B) منتظمة بوحدة (T) فان الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف يتغير دوريا مع الزمن لذلك ووفقا لقانون فارادي في الحث الكهرومغناطيسي سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة انية (لحظية) جيبية الموجة (بشكل موجة sine) يتغير مقدارها وينعكس اتجاهها دوريا مع الزمن بين $(+\epsilon_m)$ و $(-\epsilon_m)$ مرتين في الدورة الواحدة . ويعبر عنها رياضيا كما يلي : $\langle \epsilon_{ins} = \epsilon_{max} \sin(\omega t) \rangle$. وان : $\langle \epsilon_{max} = NA\omega B \rangle$.

حيث :

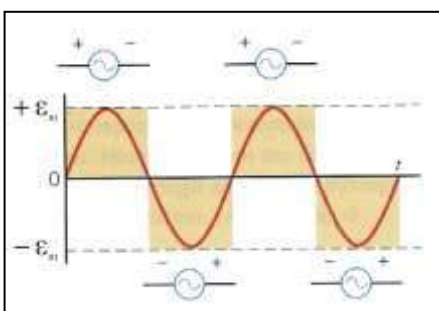
ϵ_{ins} : المقدار الآني للفولطية المحتثة (الفولطية المحتثة في أية لحظة) .

ϵ_{max} : المقدار الأعظم للفولطية (ذروة الفولطية) ويحسب من العلاقة الآتية :

t : الزمن بوحدة sec.

* وعندما يربط طرفي هذا الملف إلى دائرة خارجية مقاومتها الكلية (R) يتولد تيار محتث آني (لحظي) جيبية الموجة يدعى بالتيار المتردد والذي يمتاز بأنه متغير مقدارا واتجاها دوريا مع الزمن ويعطى

بالعلاقة التالية: $\langle I_{ins} = I_{max} \sin(\omega t) \rangle$. وحسب قانون اوم فان : $\langle I_{ins} = \frac{\epsilon_{ins}}{R}$, $I_{max} = \frac{\epsilon_{max}}{R} \rangle$



* اما القدرة العظمى (P_{max}) المجهزة للحمل المربوط مع المولد فتنتج من حاصل ضرب التيار الاعظم في الفولطية العظمى وكما يلي :

$$\langle P_{max} = I_{max} \epsilon_{max} \rangle$$

* توضيح المعادلة $\langle \epsilon_{ins} = \epsilon_m \sin(\omega t) \rangle$ ان الفولطية المحتثة الآنية

تتغير جيبيا مع الزمن فهي دالة جيبية (انظر الشكل) لذلك

خلال دورة واحدة نجد :

1- تتغير الفولطية من الصفر عندما تكون ($\omega t=0$) إلى مقدارها الاعظم بعد ربع دورة عندما تكون

$$\epsilon_{ins} = \epsilon_m \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow \epsilon_{ins} = \epsilon_{max} \quad . (\omega t=90^\circ=\pi/2)$$

2- تتناقص الفولطية الانية تدريجيا من المقدار الاعظم إلى الصفر مرة اخرى بعد نصف الدورة عندما

$$\epsilon_{ins} = \epsilon_m \sin \pi \Rightarrow \epsilon_{ins} = 0 \quad . (\omega t=\pi)$$

3- تزداد الفولطية تدريجيا بالاتجاه السالب حتى تصل مقدارها الاعظم بعد ثلاثة ارباع الدورة عندما تكون

$$\epsilon_{ins} = \epsilon_m \sin \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \epsilon_{ins} = -\epsilon_{max} \quad . (\omega t = 270^\circ = \frac{3\pi}{2})$$

4- تتناقص الفولطية الانية تدريجيا من المقدار الاعظم السالب إلى الصفر عندما يكمل الملف دورة

$$\epsilon_{ins} = \epsilon_m \sin 2\pi \Rightarrow \epsilon_{ins} = 0 \quad . (\omega t=2\pi)$$

س (وزاري): علام يعتمد مقدار ذروة الفولطية (الفولطية العظمى) المتولدة على طرفي ملف يدور بسرعة زاوية منتظمة داخل مجال مغناطيسي منتظم؟

ج: يعتمد على :

1- عدد لفات الملف (N)	2- مساحة اللفة الواحدة (A)
3- كثافة الفيض المغناطيسي (B)	4- السرعة الزاوية (ω)

س: ما الفائدة العملية من الفرشتين في المولد الكهربائي؟

ج: لغرض توصيل ملف نواة المولد مع الدائرة الخارجية.

س: متى تكون الفولطية المحتثة والمتولدة من تدوير ملف نواة المولد جيبيية الموجة؟

ج: 1- عندما تدور النواة بسرعة زاوية منتظمة 2- عندما تكون كثافة الفيض المغناطيسي منتظمة.

س: ماذا ينتج من تدوير ملف بسرعة زاوية منتظمة وداخل مجال مغناطيسي منتظم؟

ج: تنتج فولطية محتثة متناوبة جيبيية الموجة .

b- مولد التيار المتناوب ذي الأطوار الثلاثة :

س: مم يتألف مولد التيار المتناوب ذي الاطوار الثلاثة ؟ وما الفائدة العملية منه ؟ موضحا ذلك بالرسم .

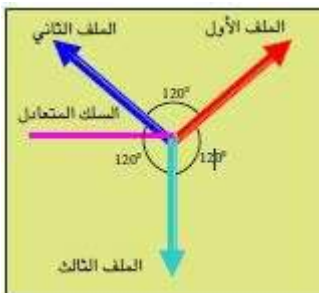
ج:

1- يتألف من ثلاث ملفات حول النواة تربط ربطا نجميا .

2- تفصل بين الملفات زوايا متساوية قياس كل منها 120° .

3- تربط احدى أطراف الملفات الثلاثة مع سلك يسمى بالسلك المتعادل او (الخط الصفري).

4- ينقل التيار الخارج من هذا المولد بثلاثة خطوط .



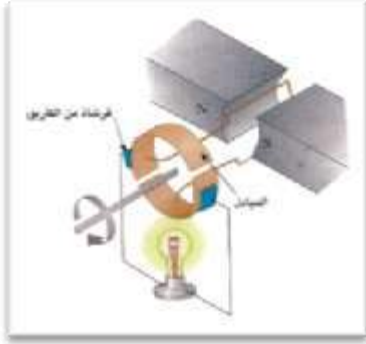
الفائدة العملية منه هي الحصول على تيار متناوب ذا مقدار أكبر من التيار الذي يجهزه مولد التيار المتناوب احادي الطور.

س : ما الفرق بين مولد التيار المتناوب ذو الاطوار الثلاثة ومولد التيار المتناوب ذو الطور الواحد من حيث التركيب؟

ج : مولد التيار المتناوب ذو الاطوار الثلاثة يتكون من دوران ثلاثة ملفات تفصل بينها زوايا متساوية القياس قياس كل منها (120) بينما مولد التيار المتناوب ذو الطور الواحد يتكون من دوران ملف واحد.

2- مولد التيار المستمر (dc) :

ويتركب من نفس أجزاء مولد التيار المتناوب (ملف النواة - أقطاب المجال - فرشتان من الكربون) ولكن باستبدال حلقتا الزلق بحلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين عن بعضهما عزلا كهربائيا تسميان المبادل .



س : ماذا يتطلب لكي نجعل التيار المناسب في الدائرة الخارجية لملف المولد باتجاه واحد (يحافظ على اتجاهه ثابت)؟

ج : يتطلب ان نرفع حلقتا الزلق ونضع في طرفي الملف حلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين عن بعضهما عزلا كهربائيا تسميان المبادل ويتماسان مع فرشيتين من الكربون لغرض ربط الملف مع الدائرة الخارجية ويكون عدد قطع المبادل ضعف عدد ملفات المولد.

س : ما المقصود بالمبادل في مولد التيار المستمر؟ وما الفائدة العملية منه ؟

ج : المبادل وهو عبارة عن حلقة معدنية واحدة تتألف من نصفين معزولين كهربائيا عن بعضهما ويتماسان مع فرشيتين من الكربون لغرض ربط الملف مع الدائرة الخارجية . يعمل على عكس اتجاه التيار المار في الدائرة الخارجية بعد نصف دورة ويجعله باتجاه واحد (تيار نبضي).

س : ما العلاقة بين عدد قطع المبادل وعدد ملفات المولد؟

ج : عدد قطع المبادل ضعف عدد ملفات المولد (عدد القطع = $2 \times$ عدد الملفات).

س : بماذا يمتاز التيار الذي يجهزه مولد التيار المستمر؟

ج : يمتاز بأنه تيار نبضي (متغير المقدار ثابت الاتجاه اي ذي اتجاه واحد) ومقداره المتوسط (I_{ave}) يساوي (0.636) من مقداره الأعظم.

س : كيف يمكن جعل التيار الخارج من مولد التيار المستمر ذي الملف الواحد اقرب إلى تيار النضيدة (ثابت المقدار تقريبا)؟

ج : وذلك بزيادة عدد الملفات حول النواة بحيث تحصر بينها زوايا متساوية القياس .

س (وزاري) : ما الغرض من زيادة عدد ملفات نواة المولد الكهربائي البسيط للتيار المستمر؟

ج : لجعل التيار الخارج منه اقرب الى تيار النضيدة أي ثابت المقدار تقريبا وبمتوسط قيمة اعلى من (0.636) من قيمته العظمى .

س : يتوافر لك سلك ذو طول ثابت وترغب في الحصول على مولد بسيط يجهزك بأعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية . أيتطلب منك ان تجعل السلك بشكل ملف ذي لفة واحدة دائرية الشكل ؟ ام ملف ذي لفتين دائريتين الشكل ؟ او ملف ذي ثلاث لفات دائرية الشكل ؟ عند تدوير الملف الذي تحصل عليه بسرعة زاوية معينة داخل مجال مغناطيسي منتظم ؟ وضع إجابتك.

ج:

$$\varepsilon_{\text{ind}} = NAB\omega \sin(\omega t)$$

$$\therefore \varepsilon_{\text{ind}} \propto NA \quad \omega, B \text{ ثابتان}$$

$$\frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = \frac{N_2 A_2}{N_1 A_1}$$

$$(N = 2)$$

$$\frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = \frac{2 \times \pi r_2^2}{1 \times \pi r_1^2} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = \frac{2 \times \left(\frac{1}{2} r_1\right)^2}{r_1^2} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \varepsilon_{\text{ind2}} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\text{ind1}}$$

أي ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تصبح نصف ما كانت عليه عندما يتضاعف عدد اللفات بثبات الطول.

$$N = 3$$

$$\frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = \frac{3 \times \pi r_2^2}{1 \times \pi r_1^2} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = \frac{3 \times \left(\frac{1}{3} r_1\right)^2}{r_1^2} \Rightarrow \frac{\varepsilon_{\text{ind2}}}{\varepsilon_{\text{ind1}}} = 3 \times \frac{1}{9} = \frac{1}{3}$$

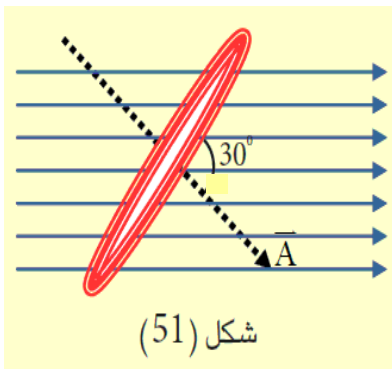
$$\therefore \varepsilon_{\text{ind2}} = \frac{1}{3} \varepsilon_{\text{ind1}}$$

أي ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تصبح $\left(\frac{1}{3}\right)$ ما كانت عليه.

لذلك نجعل السلك بشكل ملف ذي لفة واحدة دائرية ليتم تجهيز اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية.

مثال 4 (كتاب): في الشكل (51) ملف سلكي يتألف من 500 لفة دائرية قطرها (4cm) وضع بين قطبي مغناطيس ذي فيض مغناطيسي منتظم، عندما كان الفيض المغناطيسي يصنع زاوية 30° مع مستوي الملف، فإذا تناقصت كثافة الفيض المغناطيسي خلال الملف بمعدل (0.2T/s). احسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف.

الحل



شكل (51)

$$\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$A = \pi r^2 = \pi \times (2\text{cm})^2 = 4\pi \text{cm}^2 = 4\pi \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -500 \times 4\pi \times 10^{-4} (-0.2) \cos 60^\circ$$

$$= 2000\pi \times 10^{-4} \times 0.2 \times \frac{1}{2}$$

$$= 2\pi \times 10^{-2} = 2 \times 3.14 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2} \text{V}$$

س: ماذا ينتج من تدوير ملف بسرعة زاوية منتظمة وداخل مجال مغناطيسي منتظم؟

ج: تنتج فولتية محتثة متناوبة جيبيية الموجة.

س : عندما يدور ملف دائري حول محور شاقولي موازي لوجه الملف داخل مجال مغناطيسي كثافة الفيض منتظمة (B) افقية، تولد اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ϵ_{\max}). وعند زيادة عدد لفات الملف إلى ثلاثة أمثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف إلى ثلث ما كان عليه ومضاعفة التردد الدوراني للملف. فإن المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة سيكون ($\frac{2}{3} \epsilon_{\max}$).

ج :

$$N_2 = 3N_1, r_2 = \frac{1}{3}r_1 \Rightarrow A_2 = \pi r_2^2 = \pi \frac{1}{9}r_1^2 = \frac{1}{9}A_1, \omega_2 = 2\omega_1, B = \text{constant} \Rightarrow B_2 = B_1$$

$$\epsilon_{\max 2} = N_2 A_2 \omega_2 B_2 = 3N_1 \times \frac{1}{9}A_1 \times 2\omega_1 \times B_1 = \frac{2}{3}N_1 A_1 \omega_1 B_1 \Rightarrow \epsilon_{\max 2} = \frac{2}{3}\epsilon_{\max 1}$$

س : عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه (A) بسرعة زاوية (ω) داخل مجال مغناطيسي كثافة الفيض منتظمة (B) منتظمة. فإن الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف يعطى بشكل دالة جيب التمام $[\Phi_B = BA \cos(\omega t)]$ في حين تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي هذا الملف بشكل دالة جيبيية $[\epsilon_{\text{ind}} = NAB\omega \sin(\omega t)]$ وضح ذلك بطريقة رياضية.

ج :

$$\Phi_B = \vec{A} \cdot \vec{B} \Rightarrow \Phi_B = AB \cos \theta, \quad \therefore \theta = \omega t$$

$$\therefore \Phi_B = AB \cos(\omega t)$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{\Delta (AB \cos \omega t)}{\Delta t} = -NAB \frac{\Delta \cos \omega t}{\Delta t} = -NAB (-\sin \omega t)$$

$$\therefore \epsilon_{\text{ind}} = NAB \sin(\omega t)$$

الحركات الكهربائية للتيار المستمر :

المحرك الكهربائي : هو جهاز يعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بوجود مجال مغناطيسي.

بدلاً من التيار الذي تولده حلقة موصلة مقفلة تدور في مجال مغناطيسي، تزود هذه الحلقة بتيار كهربائي بوساطة مصدر للفلولطية (بطارية مثلاً).

س : مـ يتركب محرك التيار المستمر؟

ج : يتركب محرك التيار المستمر من نفس أجزاء مولد التيار المستمر إلا أنه يعمل عكس عمله إذ يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بتوافر مجال مغناطيسي.

القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة في المحرك (ϵ_{back}):

س : علل . المحرك الكهربائي يعمل عمل المولد الكهربائي في أثناء دوران نواته؟

ج : لأنه عند دوران ملف النواة داخل المجال المغناطيسي يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف وعلى وفق قانون فراي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف نواة المحرك تسمى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ϵ_{back}).

س (وزاري): ما المقصود بـ (ق . د . ك) المحتثة المضادة ($\mathcal{E}_{\text{back}}$) في المحرك الكهربائي؟ ولماذا سميت مضادة؟
ج: هي فولتية محتثة تتولد على طرفي ملف نواة المحرك أثناء دورانها داخل المجال المغناطيسي وتكون مضادة للفولتية الموضوعة طبقا لقانون لنز. وسميت مضادة لأنها معاكسة للمسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي على وفق قانون لنز.

س: ماذا يتولد عند دوران ملف نواة المحرك الكهربائي داخل المجال المغناطيسي؟

ج: تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة مضادة على طرفي ملف النواة.

س (وزاري): علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ($\mathcal{E}_{\text{back}}$) في المحرك الكهربائي للتيار المستمر؟

ج: يعتمد على: 1- سرعة دوران النواة (أي المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي لوحدة الزمن)

2- عدد لفات الملف.

س (وزاري): علام يعتمد مقدار التيار المناسب في دائرة المحرك الكهربائي للتيار المستمر؟

او (ما الذي يحدد مقدار التيار المناسب في دائرة المحرك)

ج: الفرق بين الفولتية الموضوعة والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة في المحرك حسب العلاقة:

$$I = \frac{V_{\text{app}} - \mathcal{E}_{\text{back}}}{R}$$

س: ارسم مخطط للدائرة الكهربائية للمحرك ينساب فيها تيار كهربائي؟

ج:



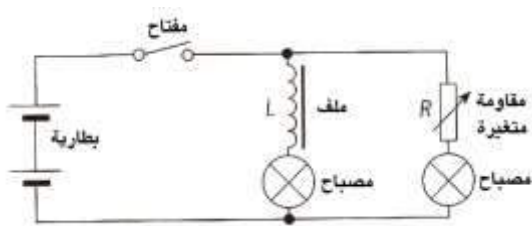
• ان القوة الدافعة الكهربائية المضادة في المحرك تحسب على وفق للعلاقة الرياضية الآتية:

$$\mathcal{E}_{\text{back}} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

المحاضرة:

س: هل ان التغير في الفيض المغناطيسي الناتج عن تغير التيار المناسب في الملف يمكنه توليد قوة دافعة كهربائية في

ذلك الملف؟ وضح ذلك مع رسم الدائرة الكهربائية.



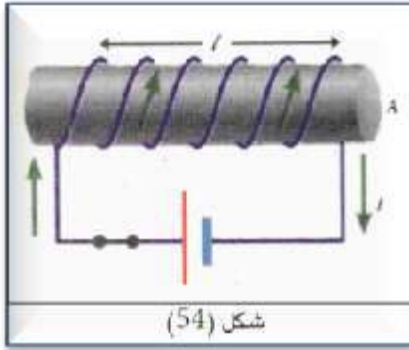
1- نربط مصباحين متماثلين على التوازي مع بطارية ثم نربط

مقاومة متغيرة (R) على التوالي مع احد المصباحين بحيث ان هذه المقاومة تمتلك مقدارا مساويا لمقدار مقاومة الملف (L) المربوط على التوالي مع المصباح الثاني والملف في جوفه قلب من الحديد المطاوع لزيادة كثافة الفيض المغناطيسي لكي يكون تأثيره واضحا .

2- بعد اغلاق المفتاح في الدائرة بمدة زمنية معينة نشاهد أن كلا المصباحين يتوهجان توهجا متساويا في الشدة بعد وصول التيار مقداره الثابت ولكن لا يصلان ذلك في آن واحد بل هنالك تأخر ملحوظ في الزمن اللازم لتوهج المصباح المربوط على التوالي مع الملف توهجا كاملا عن الزمن اللازم لتوهج المصباح المربوط على التوالي مع المقاومة المتغيرة توهجا كاملا .

3- ان التباطؤ الذي حصل في توهج المصباح المربوط مع الملف يعزى الى صفة الملف التي تسمى **تأثير المحاثية للملف** (او الحث الذاتي) ومثل هذا الملف يسمى بالمحث.

الحث الذاتي :



◆ نربط دائرة كهربائية مؤلفة من ملف وبطارية ومفتاح على التوالي.

◆ عند اغلاق الدائرة يتزايد التيار المار في الملف من الصفر (**لحظة اغلاق الدائرة**) الى مقداره الاعظم الثابت (**بعد اغلاق الدائرة**) .

◆ ان التغير في التيار المار في الملف يتسبب في حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف نفسه .

◆ التغير بالفيض المغناطيسي بدوره يولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية (ϵ_{ind}) على طرفي الملف تقاوم التغير بالتيار المناسب في الملف نفسه المسبب في توليدها على وفق قانون لنز وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحث الذاتي.

س(وزاري) : ما المقصود بـ ؟ ظاهرة الحث الذاتي .

ج : ظاهرة الحث الذاتي : هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف نتيجة للمعدل الزمني لتغير التيار المناسب في الملف نفسه.

حساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية (ϵ_{ind}) :

◆ ان معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية (ϵ_{ind}) المتولدة على طرفي الملف نتيجة لتغير التيار

المناسب فيه تتناسب طرديا مع المعدل الزمني لتغير التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) المار في الملف نفسه . وان الصيغة

$$\left\langle \epsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \right\rangle : \text{الرياضية لقانون الحث الذاتي هي :}$$

◆ فاذا انعكس اتجاه التيار المار بالملف فان التغير بالتيار يساوي سالب ضعف التيار اي ان :

$$\langle \Delta I = I_2 - I_1 , I_2 = -I_1 \text{ OR } \Delta I = -2I \rangle .$$

◆ ان الفيض المغناطيسي (Φ_B) الذي يخترق جميع لفات ملف ذي عدد لفات (N) يتناسب طرديا مع

مقدار التيار المستمر (I) المناسب في الملف لذلك فان العلاقة بين الفيض المغناطيسي والتيار هي :

$$N\Phi_B = LI$$

الطاقة المختزنة في المحث:

✓ ان الطاقة المغناطيسية (PE) المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث تتناسب طرديا مع مربع التيار

$$\left\langle PE = \frac{1}{2} LI^2 \right\rangle : \text{المناسب في المحث وتقاس بالجول (J) وتعطى وفقا للعلاقة الاتية :}$$

✓ من الجدير بالذكر بان المحث هو ملف مهمل المقاومة أي ان مقاومته تساوي صفر وهذا يعني ان المحث لا يتسبب في ضياع الطاقة.

س: علام تعتمد الطاقة المغناطيسية المخزنة في المجال المغناطيسي لمحث؟

ج: تعتمد على: 1- معامل الحث الذاتي للمحث (تناسب طردي) .

2- مربع التيار المار في المحث (تناسب طردي).

الدائرة الحثية:

معادلة الدائرة الحثية:

✓ في الدائرة الحثية وبصورة عامة فان: $\langle V_{app} = V_{net} + \epsilon_{ind} \rangle$

✓ حسب قانون اوم فان: $\langle V_{net} = I_{ins} R \rangle$ ، والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة فهي: $\langle \epsilon_{ind} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rangle$

وبالتعويض في المعادلة السابقة نحصل على: $\langle V_{app} = I_{ins} R + L \frac{\Delta I}{\Delta t} \text{ or } V_{app} = I_{ins} R + \epsilon_{ind} \rangle$

التيار الثابت المناسب في دائرة الملف بعد اغلاق الدائرة:

✓ وفقا لقانون اوم فان التيار الثابت المناسب في دائرة الملف يحسب كما يلي: $\langle I_{const} = \frac{V_{app}}{R} \rangle$

النسب المئوية للتيار الانبي والفولطية:

✓ قد يعطى التيار الانبي كنسبة مئوية من مقداره الثابت او قد تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة

كنسبة مئوية من الفولطية الموضوعة وكما يلي: $\langle I_{ins} = X\% I_{const} , \epsilon_{ind} = X\% V_{app} \rangle$

الطريقة البديلة:

✓ يمكن تغيير النسبة المئوية للتيار الانبي والمعطاة في السؤال الى نسبة مئوية للفولطية المحتثة وذلك بطرح

نسبة التيار المئوية من (100%) وضرب الناتج في الفولطية الموضوعة وكما يلي:

$$\langle \epsilon_{ind} = (100\% - X\%) V_{app} \rangle$$

بعد ذلك يمكن ايجاد المعدل الزمني لتغير التيار $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right)$ المار في الملف او ايجاد (L) بتطبيق قانون الحث الذاتي

$$\langle \epsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \rangle . \text{ اذا ان :}$$

V_{app} : الفولطية الموضوعة او الفولطية المطبقة او فولطية المصدر وهي فولطية مستمرة وتقاس بوحدة

فولط (V).

V_{net} : صافي الفولطية في الدائرة (فرق الجهد على طرفي المقاومة) وتقاس بوحدة فولط (V).

L: معامل الحث الذاتي للملف وهو خاصية من خواص كل ملف وهو ثابت للملف الواحد لا يتغير الا بتغير

احد العوامل المؤثرة فيه ويكون موجب دائما . ويقاس معامل الحث الذاتي (L) في النظام الدولي

للوحدات بوحدة الهنري (Henry) وتختصر (H) اذا ان (Henry = Volt. second/Ampere) وهناك

أجزاء الهنري مثل الملي هنري (mH) والميكروهنري (μH).

R: مقاومة الملف بوحدة اوم (Ω).

I_{const} : التيار الثابت المناسب في دائرة الملف بعد اغلاق الدائرة بوحدة امبير (**A**).

$(\frac{\Delta I}{\Delta t})$: المعدل الزمني لتغير التيار بوحدة (**A/s**). والذي يحسب اما من معادلة الدائرة الحثية بعد معرفة

(V_{app}, I_{ins}, R, L) او من قانون الحث الذاتي بعد معرفة (ϵ_{ind}, L) .

I_{ins} : التيار الانني (اللحظي) المناسب في الدائرة والذي تتغير قيمته من $(I_{ins}=0)$ (لحظة اغلاق الدائرة) الى

ان يصل مقداره الاعظم الثابت (بعد اغلاق الدائرة). ويقاس بالامبير (**A**). اي ان :

✓ التيار الانني قد يعطى في السؤال قيمة عددية $(I_{ins}>0)$ (لا يشترط ان تكون عدد صحيح) او قد

يعطى نسبة مئوية $(I_{ins}=x\%)$ من مقداره الاعظم الثابت.

ϵ_{ind} : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (الفولطية المحتثة) والتي تتغير من مقدارها الاعظم $(\epsilon_{ind}=V_{app})$

(لحظة اغلاق الدائرة) الى $(\epsilon_{ind}=0)$ عند ثبوت التيار بعد اغلاق الدائرة.

✓ تحسب (ϵ_{ind}) اما من المعادلة بعد معرفة (V_{app}, I_{ins}, R) او من قانون الحث الذاتي بعد معرفة

$(L, \frac{\Delta I}{\Delta t})$ او من نسبتها المئوية المعطاة في السؤال او من تغيير النسبة المئوية للتيار الى نسبة

مئوية للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة (الطريقة البديلة).

✓ من الجدير بالذكر ان (ϵ_{ind}) تعوض باشارة سالبة في قانون الحث الذاتي بعد ايجادها من المعادلة

او من نسبتها المئوية او من الطريقة البديلة.

PE: الطاقة المغناطيسية المخزنة في المجال المغناطيسي للمحث وتقاس بوحدة الجول (**J**).

X: قيمة النسبة المئوية للتيار الانني او الفولطية المحتثة عندما يعطى اي منهما في السؤال كنسبة مئوية.

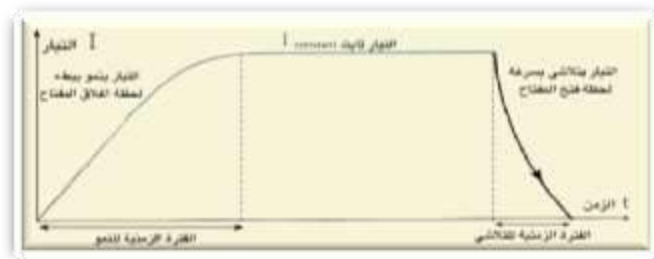
س: ما المقصود بـ ؟ (معامل الحث الذاتي لملف ، الهنري).

ج: معامل الحث الذاتي : هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية المتولدة على طرفي ملف الى

المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف نفسه .

الهنري: هو وحدة معامل الحث الذاتي لملف اذا تغير التيار المار فيه بمعدل امبير لكل ثانية تتولد قوة

دافعة كهربائية محتثة على طرفيه مقدارها فولط واحد .



س(وزاري): علام يعتمد مقدار معامل الحث الذاتي للملف؟

ج: يعتمد مقداره على: 1- عدد لفات الملف. 2- حجم الملف. 3- الشكل الهندسي للملف. 4- النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف.

س(وزاري): ماذا يحصل (مع ذكر السبب) لمعامل الحث الذاتي عند ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف؟

ج: لا يتأثر . لأنه يعتمد على :

1- عدد لفات الملف. 2- حجم الملف. 3- الشكل الهندسي للملف. 4- النفوذية المغناطيسية لمادة جوف الملف.

س: (علل) يكون زمن تنامي التيار من الصفر إلى مقداره الثابت كبيراً في الملف؟

ج: بسبب خاصية الحث الذاتي للملف وتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية بقطبية معاكسة للفلوطية الموضوعة على الملف فهي تعرقل التزايد في التيار.

س: (علل) يكون زمن تلاشي التيار من مقداره الاعظم إلى الصفر صغيراً نسبة إلى زمن تناميه؟

ج: وذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جداً.

س(وزاري): اكتب العلاقة الرياضية التي تعطى فيها الفولطية في دائرة تيار مستمر تحتوي ملفاً وبطارية ومفتاحاً في

الحالات الآتية: a- عند انسياب تيار متزايد المقدار في الملف. b- عند انسياب تيار متناقص المقدار في الملف.

ج: a- $V_{app} - \epsilon_{ind} = I_{ins} R$, b- $V_{app} + \epsilon_{ind} = I_{ins} R$

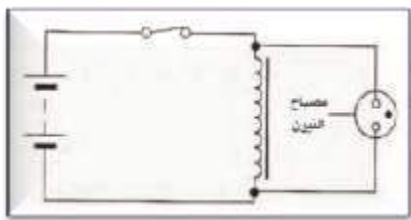
س(وزاري): اشرح نشاطاً توضح فيه تولد قوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية على طرفي الملف.

(اشرح تجربة توضح ظاهرة الحث الذاتي لمحث)؟

ج: أدوات النشاط:

بطارية ذات فولطية (9V) ، مفتاح ، ملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع ، مصباح نيون يحتاج (80V) ليتوهج .

خطوات النشاط:



- نربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض
- نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف. لاحظ الشكل
- نغلق دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح، لا نلاحظ توهج المصباح.

- نفتح دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح، نلاحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة.

الاستنتاج:

أولاً: عدم توهج مصباح النيون لحظة اغلاق المفتاح كان بسبب الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه ، وذلك لان نمو التيار من الصفر إلى مقداره الثابت يكون بطيئاً نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها وفقاً لقانون لنز.

ثانياً: توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح كان بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه وذلك بسبب تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار على طرفي الملف نتيجة التلاشي السريع للتيار فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه .

س : علل . يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة ، ولا يتوهج عند اغلاق المفتاح؟

ج : يتوهج وذلك بسبب تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر يكون سريعاً جداً وهذا يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية محتثة (ϵ_{ind}) كبيرة المقدار على طرفي الملف فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة تجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

في لحظة اغلاق المفتاح لا يتوهج المصباح بسبب ان الفولطية الموضوعة على طرفية لم تكن كافية لتوهجه لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئاً مما يؤدي الى تولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ϵ_{ind}) في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز ، لذا تكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح.

س : عين اتجاه التيار المحتث في الحلقة المقابلة للملف السلكي في الأشكال الثلاث التالية لاحظ الشكل (73).



ج : a- في حالة المفتاح مفتوح يكون مقدار التيار صفراً (لا يوجد تغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف ($\Delta\Phi_B=0$) لذا فان التيار المحتث يساوي صفر في الملف ($I=0$).

b- في حالة اغلاق المفتاح يزداد الفيض المغناطيسي ($\Delta\Phi_B>0$) الذي يخترق الملف ($\Delta\Phi_B=\Phi_{B2}-0$) فاذا نظرنا إلى وجه الملف السلكي من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث لحظة نمو التيار يكون باتجاه دوران عقارب الساعة .

c- في حالة فتح الدائرة بالمفتاح يتلاشى الفيض المغناطيسي ($\Delta\Phi_B<0$) الذي يخترق الملف ($\Delta\Phi_B=0-\Phi_{B1}$) فاذا نظرنا إلى وجه الملف السلكي من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث لحظة تلاشي التيار يكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة.

مثال 4 (كتاب): ملف معامل حثه الذاتي (2.5mH) وعدد لفاته (500) لفة ، ينساب فيه تيار مستمر (4A) ، احسب:

- 1- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة.
- 2- الطاقة المخزنة في المجال المغناطيسي للملف .
- 3- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال (0.25s) .

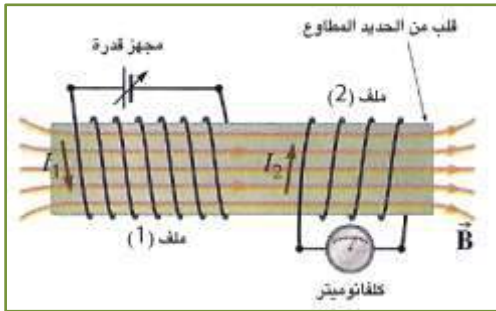
الحل :

$$1) N\Phi_B = LI \Rightarrow \Phi_B = \frac{LI}{N} = \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 4}{500} = 2 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$2) PE = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-3} (4)^2 = 0.02 \text{ J}$$

$$3) \Delta I = -2I = -2 \times 4 = -8 \text{ A} , \quad \epsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -2.5 \times 10^{-3} \times \frac{-8}{0.25} = 0.08 \text{ V}$$

الحث المتبادل :



- ◆ نفرض وجود ملفين سلكيين متجاورين ملفوفين حول قلب من الحديد المطاوع احدهما مربوط الى مصدر للفلوطية المستمرة ومفتاح ويسمى بالملف الابتدائي والاخر مربوط الى كلفانوميتر ويسمى بالملف الثانوي .
- ◆ التيار المنساب في الملف الابتدائي يولد مجالا مغناطيسيا وفيضه المغناطيسي يخترق الملف الثانوي .

- ◆ اذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن .
- ◆ على وفق قانون فراادي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (ϵ_{ind2}) في الملف الثانوي ذو عدد اللفات (N_2) .

عند وضع سلكين موصلين مستقيمين متجاورين ينساب في كل منهما تيارا مستمرا ، فالتيار المنساب في احد السلكين يولد حوله مجالا مغناطيسيا يؤثر بقوة في التيار المنساب في الموصل الاخر .

- ◆ تحسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي كما يلي: $\left\langle \epsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} \right\rangle$

- ◆ وعندما يكون الترابط المغناطيسي او الاقتران المغناطيسي تام بين الملفين بوجود قلب من الحديد مغلق بينهما فان: $\langle M = \sqrt{L_1 L_2} \rangle$

حيث :

ϵ_{ind2} : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في الملف الثانوي بوحدة فولط (V) .

M : معامل الحث المتبادل بين الملفين ووحدته هي نفس وحدة معامل الحث الذاتي (L) وهي الهنري (H) او اجزائه (mH or μ H) . وهو مقدار موجب دائما .

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$: المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي بوحدة (A/s) ويمكن ان يحسب من قانون الحث

الذاتي بمعرفة (ϵ_{ind}, L_1) او من معادلة الدائرة الحثية بمعرفة (V_{app}, I_{ins}, R, L) (راجع موضوع الحث الذاتي) .

L_1 : معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي بوحدة هنري (H) .

L_2 : معامل الحث الذاتي للملف الثانوي بوحدة هنري (H) .

✓ ان الفيض المغناطيسي (Φ_{B2}) الذي يخترق جميع لفات الملف الثانوي ذي عدد لفات (N_2) يتناسب طرديا مع مقدار التيار (I_1) المنساب في الملف الابتدائي لذلك فان العلاقة بين الفيض المغناطيسي والتيار هي : $\langle N\Phi_{B2} = MI \rangle$

س : ما المقصود بمعامل الحث المتبادل بين ملفين ؟ وعلام يعتمد مقداره بين ملفين جوفهما هواء؟

ج : هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف إلى المعدل الزمني لتغير التيار في ملف آخر مجاور له او محيط به .

يعتمد على: 1- ثوابت الملفين (L_1, L_2) أي على (حجم كل ملف والشكل الهندسي لكل ملف وعدد حلقات كل ملف والنفاذية المغناطيسية للمادة في جوف كل ملف) .
2- وضعية كل ملف .
3- والفاصلة بين الملفين .

س(وزاري): علام يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين ؟

ج : اولاً : اذا كان الملفان في الهواء يعتمد على : 1- ثوابت الملفين (L_1, L_2) أي على (حجم كل ملف والشكل الهندسي لكل ملف وعدد حلقات كل ملف والنفاذية المغناطيسية للمادة في جوف كل ملف) .
2- وضعية كل ملف .
3- والفاصلة بين الملفين .

ثانياً : اذا كان الملفان فيهما قلب من الحديد مغلق فان معامل الحث المتبادل (M) يعتمد على : ثوابت الملفين (L_1, L_2) نتيجة لحصول الاقتران المغناطيسي التام بين الملفين .

س(وزاري): علام يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين يتوافر بينهما ترابط مغناطيسي تام؟

ج : يعتمد فقط على ثوابت الملفين (L_1, L_2) .

س : ما هو أساس عمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ؟

ج : ظاهرة الحث المتبادل .

س(وزاري): اين تستثمر ظاهرة الحث المتبادل؟ وضح ذلك .

ج : في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ. اذ يسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة دماغ المريض فالمجال المغناطيسي المتغير المتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولدا قوة دافعة كهربائية محتثة فيه وهذه بدورها تولد تيارا محتثا يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تعالج بعض الامراض النفسية مثل الكابة .

س : علل . اذا تغير تيار كهربائي مناسب في احد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الآخر .

ج : على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المناسب في الملف الابتدائي لوحدته الزمن $(\frac{\Delta I_1}{\Delta t})$ يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدته الزمن $(\frac{\Delta \Phi_{B2}}{\Delta t})$ والذي عدد لفاته (N_2) فتتولد نتيجة لذلك قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي (ϵ_{ind2}) تولد تيارا محتثا في دائرة الملف الثانوي المقفلة .

س(وزاري): ماذا يحصل؟ ولماذا؟ لو تغير التيار المناسب في أحد ملفين متجاورين؟

ج : يتولد تيار محتث في الملف الاخر على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المناسب في الملف الابتدائي لوحدته الزمن يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدته الزمن وعلى وفق قانون فراادي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد نتيجة لذلك قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي (ϵ_{ind2}) ذو عدد لفات (N_2) . $(\epsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t})$.

مثال 5 (كتاب) : ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ، ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (100V) ومفتاح على التوالي . فإذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.5H) ومقاومته (20Ω) احسب مقدار:

- 1- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة اغلاق المفتاح.
- 2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها (40V) لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي .
- 3- التيار الثابت المناسب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة .
- 4- معامل الحث الذاتي للملف الثانوي.

الحل :

$$1) V_{app} = I_{ins}R + L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 100 = 0.5 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{100}{0.5} = 200 \text{ A / s}$$

$$2) M = - \frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = - \frac{-40}{200} = 0.2 \text{ H} , \quad 3) I_{const} = \frac{V_{app}}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

$$4) M = \sqrt{L_1 L_2} \Rightarrow 0.2 = \sqrt{0.5 L_2} \Rightarrow L_2 = \frac{0.04}{0.5} = 0.08 \text{ H}$$

المجالات الكهربائية المحتثة:

س : ما سبب حركة الشحنات الكهربائية في حلقة موصلة ساكنة نسبة الى فيض مغناطيسي متغير المقدار؟

ج : بسبب تولد مجال كهربائي يؤثر فيها باتجاهات مماسية دائما يسمى بالمجال الكهربائي المحتث.

س : ما العامل الاساسي في نشوء التيار المحتث في حلقة موصلة ساكنة نسبة الى فيض مغناطيسي متغير المقدار؟

ج : المجال الكهربائي المحتث الذي يؤثر في حركة الشحنات الكهربائية باتجاهات مماسية دائما.

س : ما سبب تولد مجال كهربائي محتث يؤثر في حلقة موصلة ساكنة يخترقها فيض مغناطيسي متزايد؟

ج : وذلك بسبب التغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق الحلقة .

س (وزاري) : ميز بين المجالات الكهربائية المستقرة والمجالات الكهربائية غير المستقرة؟

(او ما المقصود بـ : المجالات الكهربائية المستقرة والمجالات الكهربائية غير المستقرة؟)

ج : المجالات الكهربائية المستقرة هي مجالات تنشأ بواسطة الشحنات الكهربائية الساكنة.

بينما المجالات الكهربائية غير المستقرة هي مجالات تنشأ بواسطة التغيرات الحاصلة في المجال

المغناطيسي **(كما يحصل في تولد الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ) .**

بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي :

س (وزاري) : اذكر بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي موضحا واحدة منها.

ج: 1- بطاقة الائتمان : عند تحريك بطاقة الائتمان (بطاقة خزن المعلومات) الممغنطة امام ملف سلكي

يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفلوطية تحتوي المعلومات .

2- القيثارة الكهربائي : اوتار القيثارة الكهربائي المعدنية (والمصنوعة من مواد فيرومغناطيسية) تتمغنط

اثناء اهتزازها بواسطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقا مغناطيسية . توضع هذه الملفات

في مواضع مختلفة تحت الاوتار المعدنية للقيثارة الكهربائي وعندما تهتز هذه الاوتار يستحث تيار

كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل إلى مضخم.

3- الطباخ الحثي: يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالا مغناطيسيا متناوبا ينتشر نحو الخارج وبمرور التيار المتناوب خلال قاعدة الاناء اذا كان مصنوعا من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء المعدني وبذلك تسخن قاعدة الاناء فيغلي الماء الذي يحتويه . اما اذا كان الوعاء من الزجاج فلا تتولد تيارات دوامة في قاعدته لان الزجاج مادة عازلة ولا يسخن الماء الذي يحتويه . وعند لمس السطح العلوي للطباخ الحثي لا نشعر بسخونة السطح.

س(وزاري): وضح كيف يتم التعرف على المعلومات المخزونة في بطاقة الائتمان؟

اوكيف تعمل بطاقة الائتمان وفقا لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي في اظهار المعلومات؟

ج: عند تحريك بطاقة الائتمان (بطاقة خزن المعلومات) الممغنطة امام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يسخم هذا التيار ويحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات.

س(وزاري): هل يمكن توليد تيار محث متناوب بواسطة اوتار القيثارة الكهربائي؟ وضح ذلك.

ج: نعم يمكن ذلك. حيث تتمغنط هذه الاوتار اثناء اهتزازها بواسطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساق مغناطيسية توضع هذه الملفات بمواضع مختلفة تحت الاوتار وعندما تهتز هذه الاوتار يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار.

س: ماذا يحصل؟

1- عند تحريك بطاقة الائتمان الممغنطة امام ملف سلكي. **2- عندما تهتز اوتار القيثارة الكهربائي.**

ج: 1- يتولد تيار محث ثم يسخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

2- يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل إلى مضخم.

س(وزاري): لماذا لا يسخن الماء الموضوع في اناء من الزجاج موضوع على السطح العلوي لطباخ حثي؟

ج: لعدم تولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء (لان الزجاج مادة عازلة) فلا تتولد حرارة فيه ولا يسخن الماء الذي يحتويه.

س(وزاري): لا نشعر بسخونة السطح العلوي للطباخ الحثي عند لمسه باليد؟

ج: لعدم تولد تيارات دوامة على السطح العلوي من الطباخ الحثي.

س: يغلي الماء داخل الاناء المعدني الموضوع على السطح العلوي لطباخ حثي ولا يغلي الماء الذي في داخل اناء زجاجي موضوع مجاور له وعلى السطح العلوي للطباخ نفسه.

ج: يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالا مغناطيسيا متناوبا ينتشر نحو الخارج وبمرور التيار المتناوب خلال قاعدة الاناء المصنوع من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء فيغلي الماء الموضوع فيه . بينما الوعاء المصنوع من الزجاج لا تتولد تيارات دوامة في قاعدته (لان الزجاج مادة عازلة) فلا تتولد حرارة فيه ولا يسخن الماء الذي يحتويه .

قوانين الفصل

قوانين الساق الموصلة: سلطان

$$\varepsilon_{\text{motional}} = v B \ell, \quad I_{\text{ind}} = \frac{\varepsilon_{\text{motional}}}{R} \quad \text{or} \quad I_{\text{ind}} = \frac{v B \ell}{R}, \quad F_{B2} = F_{\text{pull}} = I B \ell, \quad F_{B2} = F_{\text{pull}} = \frac{v B^2 \ell^2}{R}$$

$$P = I^2 R \quad \text{or} \quad P = I \varepsilon_{\text{motional}} \quad \text{or} \quad P = \frac{\varepsilon_{\text{motional}}^2}{R} \quad \text{or} \quad P = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R} \quad \text{or} \quad P = F_{\text{pull}} \cdot v$$

الفيض المغناطيسي: سلطان

$$\Phi_B = AB \cos \theta, \quad \theta = 90^\circ - \theta', \quad A = \pi r^2$$

قانون فراداي: سلطان

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta \quad \text{or} \quad \varepsilon_{\text{ind}} = -NB \frac{\Delta A}{\Delta t} \cos \theta \quad \text{or} \quad \varepsilon_{\text{ind}} = I R$$

$$\Delta B = B_2 - B_1 \quad \text{or} \quad \Delta A = A_2 - A_1$$

قوانين المولد الكهربائي: سلطان

$$\varepsilon_{\text{ins}} = \varepsilon_{\text{max}} \sin(\omega t), \quad \varepsilon_{\text{max}} = NA \omega B, \quad A = \pi r^2, \quad A = \ell \cdot w, \quad P_{\text{max}} = I_{\text{max}} \varepsilon_{\text{max}}$$

قوانين الحث الذاتي: سلطان

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad \Delta I = -2I, \quad N \Phi_B = LI, \quad PE = \frac{1}{2} LI^2$$

$$V_{\text{app}} = I_{\text{ins}} R + \varepsilon_{\text{ind}} \quad \text{or} \quad V_{\text{app}} = I_{\text{ins}} R + L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{\text{ind}} = x\% V_{\text{app}}, \quad I_{\text{ins}} = x\% I_{\text{const}}, \quad I_{\text{const}} = \frac{V_{\text{app}}}{R}, \quad \varepsilon_{\text{ind}} = (100\% - x\%) V_{\text{app}}$$

قوانين الحث المتبادل: سلطان

$$\varepsilon_{\text{ind2}} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad M = \sqrt{L_1 L_2}$$

أمثلة محلولة

مثال 1: سلك طوله (80cm) ومقاومته (0.4Ω) مثبت افقيا في سيارة تسير بسرعة (25m/s) لوحظ عند توصيل طرفيه بمايكرواميتر مقاومته (3.6Ω) ان التيار المار به (20μA). ما قيمة كثافة الفيض في المنطقة التي تسير بها السيارة.

$$\varepsilon_m = I R = 20 \times 10^{-6} (0.4 + 3.6) = 80 \times 10^{-6} \text{ V}$$

الحل:

$$\varepsilon_m = v B \ell \Rightarrow B = \frac{\varepsilon_m}{v \ell} = \frac{80 \times 10^{-6}}{25 \times 0.8} = 4 \times 10^{-6} \text{ T}$$

مثال 2: افرض ان ساق موصلة طولها (0.6m) انزلت على سكة موصلة بانطلاق (10m/s) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافته فيضه (0.5T) وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي (30Ω) (اهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) واحسب مقدار: 1- القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة. 2- التيار المحتث في الدائرة. 3- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.

$$1) \varepsilon_m = v B \ell = 10 \times 0.5 \times 0.6 = 3 \text{ V}$$

الحل:

$$2) I = \frac{\varepsilon_m}{R} = \frac{3}{30} = 0.1 \text{ A}, \quad 3) P = I^2 R = (0.1)^2 \times 30 = 0.3 \text{ watt}$$

مثال 3: صفيحة معدنية مربعة الشكل طول ضلعها (10cm) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم بحيث ان متجه مساحة الصفيحة يصنع زاوية قياسها (60°) مع متجه كثافة الفيض المغناطيسي فإذا كان الفيض المغناطيسي المار من خلالها (2×10⁻⁴wb) فما مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ؟

الحل:

$$A = 10\text{cm} \times 10\text{cm} = 100\text{cm}^2 = 100 \times 10^{-4} = 10^{-2}\text{m}^2$$

$$\Phi_B = AB \cos \theta \Rightarrow B = \frac{\Phi_B}{A \cos \theta} = \frac{2 \times 10^{-4}}{10^{-2} \cos 60^\circ} = \frac{2 \times 10^{-4}}{10^2 \times 0.5} = 0.04\text{T}$$

مثال 4: اوجد الفيض المغناطيسي لحلقة موصلة قطرها (1cm) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (1.2T) اذا كان مستوي الحلقة : 1- عمودي على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي .

2- يصنع زاوية قدرها (30°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي .

الحل:

$$A = \pi r^2 = \pi (0.5)^2 = 0.25\pi \times 10^{-4}\text{m}^2$$

$$1) \Phi_B = AB \cos \theta = 0.25 \times 10^{-4} \times 1.2 \cos 0 = 0.3 \times 10^{-4}\text{wb}$$

$$2) \theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\Phi_B = AB \cos \theta = 0.25 \times 10^{-4} \times 1.2 \cos 60^\circ = 0.3 \times 10^{-4} \times 0.5 = 0.15 \times 10^{-4}\text{wb}$$

مثال 5: ملف عدد لفاته (50 لفة) ومساحة كل لفة من لفاته المتماثلة (10cm²) ومستواه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافته (0.1T) فإذا تلاشى هذا المجال الى (0.0T) خلال (1msec) فما معدل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طرفي هذا الملف .

الحل:

$$A = 10\text{cm}^2 = 10 \times 10^{-4}\text{m}^2, \Delta B = B_2 - B_1 = 0.0 - 0.1 = -0.1\text{T}$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -50 \times 10 \times 10^{-4} \frac{0.1}{10^{-3}} \cos 0 = 5\text{V}$$

مثال 6: ملف عدد لفاته (200) لفة ومساحة اللفة الواحدة (5cm²) وضع داخل مجال مغناطيسي منتظم فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المار خلال الملف من (0.0T) الى (0.8T) خلال (2sec) احسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف عندما يكون :

1- متجه مساحة اللفة الواحدة بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

2- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (53°) مع مستوي الملف .

الحل:

$$A = 5\text{cm}^2 = 5 \times 10^{-4}\text{m}^2, \Delta B = B_2 - B_1 = 0.8 - 0.0 = 0.8\text{T}$$

$$(1) \epsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -200 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{0.8}{2} \cos 0 = 4 \times 10^{-2}\text{V}$$

$$(2) \theta = 90^\circ - 53^\circ = 37^\circ, \epsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -200 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{0.8}{2} \cos 37^\circ = 4 \times 10^{-2} \times 0.8 = 3.2 \times 10^{-2}\text{V}$$

مثال 7: ملف معامل حثه الذاتي (0.25H) وعدد لفاته (200) لفة والتيار المناسب فيه (4A) احسب :

1- الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة.

2- الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .

3- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال ثانية واحدة.

الحل:

$$1) N \Phi_B = L I = 0.25 \times 4 = 1 \text{ wb}$$

$$N \Phi_B = L I \Rightarrow \Phi_B = \frac{L I}{N} = \frac{0.25 \times 4}{200} = 0.005 \text{ wb}$$

$$2) PE = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times (4)^2 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times 16 = 2 \text{ J}$$

$$3) \Delta I = -2I = -2 \times 4 = -8 \text{ A} , \quad \epsilon_{\text{ind}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.25 \times \frac{-8}{1} = 2 \text{ V}$$

مثال 8: اذا كانت الطاقة المغناطيسية المخزنة في ملف عدد لفاته (400) لفة تساوي (10J) وكان التيار المنساب فيه (5A) جد الفيض الذي يخترق اللفة الواحدة ومعدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال (2.5sec).

الحل:

$$PE = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow 10 = \frac{1}{2} L (5)^2 \Rightarrow L = \frac{20}{25} = 0.8 \text{ H}$$

$$N \Phi_B = L I \Rightarrow \Phi_B = \frac{L I}{N} = \frac{0.8 \times 5}{400} = 0.01 \text{ wb}$$

$$\Delta I = -2I = -2 \times 5 = -10 \text{ A} , \quad \epsilon_{\text{ind}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.8 \times \frac{-10}{2.5} = 3.2 \text{ V}$$

مثال 9: ملف معامل حثه الذاتي (0.12H) يتصل بمصدر مستمر فرق جهده (50V) ومقاومة أسلاك الملف (10Ω) احسب: 1- الطاقة المخزنة في المجال المغناطيسي للملف عند ثبوت التيار.
2- التيار المار في الملف عندما يكون المعدل الزمني لتغير التيار (300A/sec).

الحل:

$$1) I_{\text{const}} = \frac{V_{\text{app}}}{R} = \frac{50}{10} = 5 \text{ A} , \quad PE = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \times 0.12 (5)^2 = 0.6 \times 25 = 15 \text{ J}$$

$$2) V_{\text{app}} = I_{\text{ins}} R + L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{ins}} = \frac{V_{\text{app}} - L \frac{\Delta I}{\Delta t}}{R} = \frac{50 - 0.12 \times 300}{10} = \frac{50 - 36}{10} = 1.4 \text{ A}$$

مثال 10: ملف معامل حثه الذاتي (0.2H) ومقاومته (20Ω) وضعت عليه فولتية مستمرة (80V) احسب المعدل الزمني لتغير التيار في الحالات الآتية: 1- لحظة غلق الدائرة. 2- عندما يبلغ التيار مقداره الثابت.
3- عندما يبلغ التيار الانى (80%) من مقداره الثابت.

الحل:

$$1) I_{\text{ins}} = 0 , \quad V_{\text{app}} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 80 = 0.2 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 400 \text{ A / sec}$$

$$2) \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

$$3) \epsilon_{\text{ind}} = (100\% - 80\%) V_{\text{app}} = 20\% V_{\text{app}} = 0.2 \times 80 = 16 \text{ V}$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow -16 = -0.2 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 80 \text{ A / sec}$$

مثال 11: ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.1H) ومقاومته (9Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.4H) . الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (40V) احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي :

- 1- لحظة اغلاق دائرة الملف الابتدائي.
- 2- عندما يصل التيار في دائرة الملف الابتدائي الى (40%) من مقداره الثابت.

الحل:

$$M = \sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{0.1 \times 0.4} = 0.2H$$

$$1) V_{app} = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 40 = 0.1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 400A / s , \therefore \epsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.2 \times 400 = -80V$$

$$2) \epsilon_{ind} = (100\% - 40\%) V_{app} = 0.6 \times 40 = 24V$$

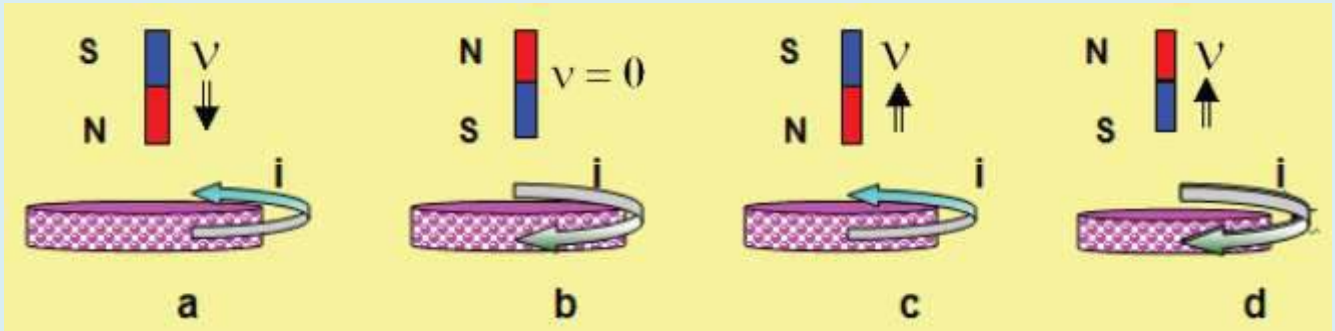
$$\epsilon_{ind} = -L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow -24 = -0.1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = 240A / s$$

$$\epsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.2 \times 240 = -48V$$

أسئلة الفصل

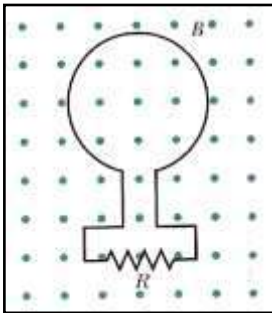
س 1: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- أي من الأشكال الآتية لاحظ الشكل (65) يتبين فيه الاتجاه الصحيح للتيار الكهربائي المحتث في الحلقة الموصلة.



ج : (a).

2- في الشكل (66) حلقة مصنوعة من النحاس وضعت في مستوي الورقة وموصولة مع المقاومة R سلط مجال مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوي الورقة ، خارجا من الورقة في أي حالة من الحالات التالية ينساب تيار محتث في المقاومة R اتجاهه من اليسار نحو اليمين :

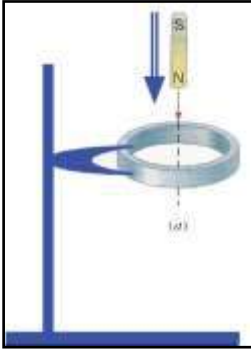


☒ عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

☒ عند تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة

☒ عند ثبوت الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة

☒ جميع الاحتمالات المذكورة انفا.



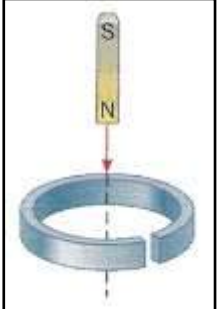
3- عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة واسعة من الألمنيوم موضوعة افقيا بواسطة حامل تحت الساق لاحظ الشكل (59) ، فاذا نظرت إلى الحلقة من موقع فوقها وباتجاه السهم لتحديد اتجاه التيار المحثث فيها . فان اتجاه التيار المحثث في الحلقة يكون :

ⓧ دائما باتجاه دوران عقارب الساعة.

ⓧ دائما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .

ⓧ باتجاه دوران عقارب الساعة ، ثم يكون صفرا ، ثم يكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة.

✓ باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة ، ثم يكون صفرا للحظة ، ثم يكون باتجاه دوران عقارب الساعة.



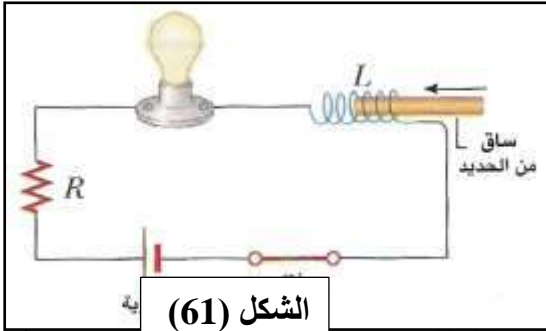
4- عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة من الألمنيوم غير مغلقة موضوعة افقيا تحت الساق لاحظ الشكل (68) :

ⓧ تتأثر الساق بقوة تنافر في اثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تجاذب في اثناء ابتعادها عن الحلقة.

ⓧ تتأثر الساق بقوة تجاذب في اثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تنافر في اثناء ابتعادها عن الحلقة.

✓ لا تتأثر الساق بآية قوة في اثناء اقترابها من الحلقة ، او في اثناء ابتعادها عن الحلقة.

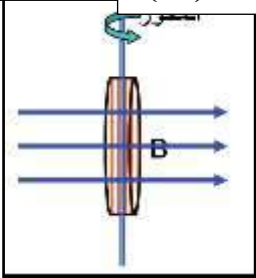
ⓧ تتأثر الساق بقوة تنافر في اثناء اقترابها من الحلقة وكذلك بقوة تنافر في اثناء ابتعادها عن الحلقة.



الشكل (61)

5- في الشكل (61) ملف محلزن مجوف مربوط على التوالي مع مصباح كهربائي ومقاومة وبطارية ومفتاح ، وعندما كان المفتاح في الدائرة مغلقا كانت شدة توهج المصباح ثابتة . اذا ادخلت ساق من الحديد المطاوع في جوف الملف توهج المصباح في اثناء دخول الساق :

ⓧ يزداد ✓ يقل ⓧ يبقى ثابتا ⓧ يزداد ثم يقل



6- عندما يدور ملف دائري حول محور شاقولي موازي لوجه الملف داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضيه منتظمة (B) افقية لاحظ الشكل (62) ، تولد اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ϵ_{\max}) . وعند زيادة عدد لفات الملف إلى ثلاثة امثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف إلى نصف ما كان عليه ومضاعفة التردد الدوراني للملف . فان المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة سيكون :

ⓧ $(3)\epsilon_{\max}$ ⓧ $(1/2)\epsilon_{\max}$ ⓧ $(1/4)\epsilon_{\max}$ ✓ $(3/2)\epsilon_{\max}$

7- تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف معين عندما :

ⓧ تسحب ساق مغناطيسية بعيدا عن وجه الملف.

ⓧ يوضع هذا الملف بجوار ملف اخر ينساب فيه تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.

✓ ينساب في هذا الملف تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.

ⓧ تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم.

8- مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك نسبة إلى مجال مغناطيسي في حالة سكون لا يعتمد على:

☒ طول الساق. ☒ قطر الساق. ☒ وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي. ☒ كثافة الفيض المغناطيسي.

9- عندما تقل السرعة الزاوية لدوران ملف نواة المحرك الكهربائي نتيجة لزيادة الحمل الموصل مع ملفه تتسبب في هبوط مقدار:

☒ القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة. ☒ الفولطية الموضوعة على طرفي ملف النواة. ☒ التيار المناسب في دائرة المحرك. ☒ فرق الجهد الضائع (IR) بين طرفي ملف النواة.

10- يمكن ان يستحث تيار كهربائي في حلقة موصلة ومقفلة في العمليات التالية ما عدا واحدة منها:

☒ حلقة موصلة ومقفلة تدور حول محور مواز لمستواها وعمودي على فيض مغناطيسي منتظم. ☒ وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها مواز لفيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن. ☒ وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها عموديا على فيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن. ☒ حلقة موصلة ومقفلة ، متجه مساحتها مواز لفيض مغناطيسي منتظم كبست من جانبيها المتقابلين.

11- وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي هي: ☒ weber ☒ weber/s ☒ weber/m² ☒ weber.s

12- في الشكل (63) ، عندما تدور حلقة موصلة حول محور شاقولي مواز لوجهها ومار من مركزها والمحور عمودي على فيض مغناطيسي افقي ومنتظم . فان قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تكون دالة جيبية تتغير مع الزمن وتنعكس مرتين خلال كل:

☒ دورة واحدة . ☒ ربع دورة . ☒ نصف دورة . ☒ دورتين .

13- معامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على:

☒ عدد لفات الملف. ☒ الشكل الهندسي للملف. ☒ المعدل الزمني للتغير في

التيار المناسب في الملف.

☒ النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.

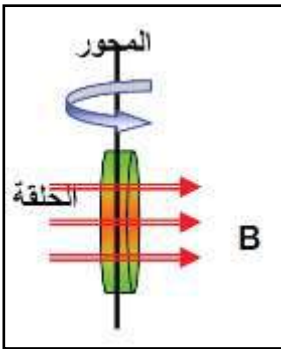
س8: ما الكميات الفيزيائية التي تقاس بالوحدات الاتية:

a- weber b- weber/m² c- weber/s d- Tesla e- Henry

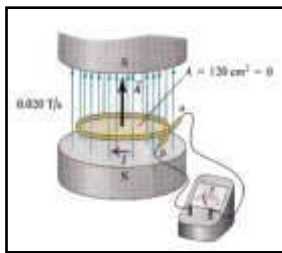
ج: a- الفيض المغناطيسي (Φ_B) . b- كثافة الفيض المغناطيسي (B) .

c- المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$) . d- كثافة الفيض المغناطيسي (B) .

e- معامل الحث الذاتي (L) او معامل الحث المتبادل (M) .



مسائل الفصل



الشكل (78)

س1: ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40) لفة ونصف قطره (30cm) وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي ، لاحظ الشكل (78) فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.0T) إلى (0.5T) خلال زمن قدره (4s) . ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :

- a- متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .
b- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوي الملف .

الحل

$$r = 30\text{cm} = 0.3\text{m} , \quad A = \pi r^2 = \pi (0.3)^2 = 0.09\pi \text{m}^2 , \quad \Delta B = B_2 - B_1 = 0.5 - 0.0 = 0.5\text{T}$$

$$1) \quad \varepsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -40 \times 0.09\pi \times \frac{0.5}{4} \cos 0 = -0.45\pi \text{ V}$$

$$\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$2) \quad \varepsilon_{\text{ind}} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta = -40 \times 0.09\pi \times \frac{0.5}{4} \cos 60^\circ = -0.45\pi \times 0.5 = -0.225\pi \text{ V}$$

س2: ملف لمولد دراجة هوائية قطره (4cm) وعدد لفاته (50) لفة يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(\frac{1}{\pi} \text{T})$ وكان أعظم مقدار للفلولطية المحتثة على طرفي الملف (16V) والقدرة العظمى المجهزة للحمل المربوط مع المولد (12W) . ما مقدار : 1- السرعة الزاوية التي تدور بها نواة المولد .
2- المقدار الأعظم للتيار المناسب في الحمل .

الحل

$$r = \frac{4\text{cm}}{2} = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$$

$$A = \pi r^2 = \pi (0.02)^2 = 4\pi \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$1- \quad \varepsilon_{\text{max}} = NA\omega B \Rightarrow 16 = 50 \times 4\pi \times 10^{-4} \times \omega \times \frac{1}{\pi} \Rightarrow \omega = \frac{16}{2 \times 10^{-2}} = 800 \text{rad/s}$$

$$2- \quad P_{\text{max}} = \varepsilon_{\text{max}} I_{\text{max}} \Rightarrow 12 = 16 I_{\text{max}} \Rightarrow I_{\text{max}} = \frac{12}{16} = \frac{3}{4} = 0.75 \text{A}$$

س3: ملف سلكي مستطيل الشكل عدد لفاته (50) لفة وأبعاده (4cm , 10cm) يدور بسرعة زاوية منتظمة مقدارها $(15\pi \text{rad/s})$ داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8Wb/m^2) احسب :
1- المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .

2- القوة الدافعة الكهربائية الآنية المحتثة في الملف بعد مرور $(\frac{1}{90} \text{s})$ من الوضع الذي كان مقدارها صفرا .

$$A = 4\text{cm} \times 10\text{cm} = 40\text{cm}^2 = 40 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$1 - \epsilon_{\max} = NA\omega B = 50 \times 4 \times 10^{-3} \times 0.8 \times 15\pi = 2.4\pi \text{V}$$

$$2 - \epsilon_{\text{ins}} = \epsilon_{\max} \sin(\omega t) = 2.4\pi \sin(15\pi \times \frac{1}{90}) = 2.4\pi \sin(\frac{\pi}{6}) = 2.4\pi \sin 30^\circ$$

$$\therefore \epsilon_{\text{ins}} = 2.4\pi \times \frac{1}{2} = 1.2\pi \text{V}$$

الحل



س 4: في الشكل (79) حلقة موصلة دائرية مساحتها (626cm^2) ومقاومتها (9Ω) موضوعة في مستوي الورقة سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضيه (0.15T) باتجاه عمودي على مستوي الحلقة . سحب الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها (26cm^2) خلال فترة زمنية (0.2s) احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة .

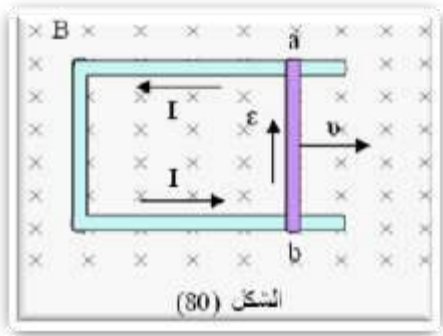
$$\Delta A = A_2 - A_1 = 26 - 626 = -600\text{cm}^2 = -600 \times 10^{-4} = -6 \times 10^{-2} \text{m}^2$$

$$\epsilon_{\text{ind}} = -NB \frac{\Delta A}{\Delta t} \cos \theta = -1 \times 0.15 \times \frac{-6 \times 10^{-2}}{0.2} \cos 0 = 45 \times 10^{-3} \text{V}$$

$$I_{\text{ind}} = \frac{\epsilon_{\text{ind}}}{R} = \frac{45 \times 10^{-3}}{9} = 5 \times 10^{-3} \text{A}$$

الحل

س 5: افرض أن الساق الموصلة في الشكل (80) طولها (0.1m) ومقدار السرعة التي تتحرك بها (2.5m/s) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها (0.03Ω) وكثافة الفيض



المغناطيسي (0.6T) ، احسب مقدار:

- 1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق .
- 2- التيار المحتث في الحلقة .
- 3- القوة الساحبة للساق .
- 4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .

الحل

$$1) \epsilon_m = vB\ell = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.15 \text{V}$$

$$2) I_{\text{ind}} = \frac{\epsilon_m}{R} = \frac{0.15}{0.03} = 5 \text{A}$$

$$3) F_{\text{pull}} = IB\ell = 5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.3 \text{N}$$

$$4) P_{\text{dissipated}} = I^2 R = (5)^2 \times 0.03 = 0.75 \text{watt}$$

- س6: اذا كانت الطاقة المغناطيسية المخزنة في ملف تساوي (360J) عندما كان مقدار التيار المناسب فيه (20A) .
 احسب: 1- مقدار معامل الحث الذاتي للمحث .
 2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا انعكس التيار خلال (0.1S) .

الحل

$$1) PE = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow 360 = \frac{1}{2} L (20)^2 \Rightarrow L = \frac{360}{200} = 1.8H$$

$$2) \Delta I = -2I = -2 \times 20 = -40A$$

$$\epsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.8 \frac{-40}{0.1} = 720V$$

- س7: ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) ومقاومته (16Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) . الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (200V) ،
 احسب مقدار: التيار الآني والمعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار فيها إلى (80%) من مقداره الثابت والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة .

الحل

$$I_{const} = \frac{V_{app}}{R} = \frac{200}{16} = 12.5A \quad , \quad I_{ins} = 80\% I_{const} = 0.8 \times 12.5 = 10A$$

$$V_{app} = I_{ins} R + L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 200 = 10 \times 16 + 0.4 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 40 = 0.4 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = 100A/s$$

$$M = \sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9} = 0.6H \quad , \quad \epsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.6 \times 100 = -60V$$

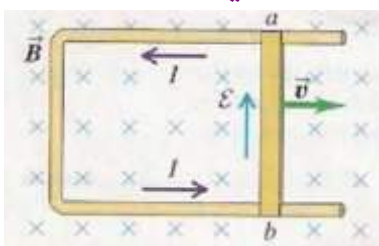
واجبات الفصل

- مثال1: افرض ان ساق موصلة طولها (1.2m) انزلت على سكة موصلة بشكل الحرف (U) بسرعة (20m/s) وباتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8T) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) (38.4Ω) احسب :

- 1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية على طرفي الساق.
- 2- التيار المحتث في الدائرة.
- 3- القوة الساحبة للساق.
- 4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.

ج: (19.2V , 0.5A , 0.48N , 9.6w)

- مثال2: افرض ان الساق الموصلة في الشكل المجاور طولها (2m) ومقدار السرعة التي تتحرك بها (2m/sec) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها (0.4Ω) وكان مقدار التيار المحتث في الحلقة (7A) جد مقدار :



- 1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق.

- 2- كثافة الفيض المغناطيسي .

- 3- القوة الساحبة للساق .

- 4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.

ج: (2.8V , 0.7T , 9.8N , 19.6watt)

مثال 3: افرض ان ساق موصلة طولها (1.6m) تنزلق على سكة موصلة بشكل الحرف (U) باتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم كثافته فيضه (0.8T) بتأثير قوة ساحبة ثابتة (0.064N) وكان مقدار المقاومة الكلية للدائرة (128Ω) ، احسب :

1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية. 2- السرعة التي تنزلق بها الساق على السكة.

ج : (6.4V , 5m/sec).

مثال 4: احسب الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة مساحتها (30cm²) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم كثافته فيضه (0.08T) بحيث ان مستوي الحلقة يصنع زاوية مقدارها (37°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ولو دارت الحلقة بحيث أصبح مستواها يصنع زاوية مقدارها (30°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي فما مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترقها في هذه الحالة؟

ج : (12×10⁻⁵wb , 14.4×10⁻⁵wb)

مثال 5: حلقة دائرية موصلة نصف قطرها (4cm) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافته فيضه ($\frac{0.3}{\pi}$ T) بحيث ان مستوي الحلقة يصنع زاوية قياسها (53°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي . احسب الفيض المغناطيسي المار من خلالها .

ج : (3.84×10⁻⁴wb)

مثال 6: ملف عدد لفاته (400) لفة ومساحة اللفة الواحدة (10cm²) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم بحيث ان متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوي الملف ، فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة من خلال الملف من (0.0T) الى (0.6T) خلال زمن قدره (3sec) فما معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف؟

ج : (-0.04V)

مثال 7: ملف عدد لفاته (100) لفة ومساحة اللفة الواحدة (200cm²) ومقاومته (10Ω) وضع داخل مجال مغناطيسي منتظم بحيث يكون مستواه عمودي على المجال فإذا تناقص المجال المغناطيسي بمعدل (0.1T/sec) فما مقدار التيار المحتث المار فيه ؟

ج : (0.02A)

مثال 8: ملف سلبي يتألف من (50) لفة ومساحة اللفة الواحدة (7cm²) ربط الى كلفانوميتر بحيث ان المقاومة الكلية للدائرة (140Ω) وضع الملف بين قطبي مغناطيس كهربائي فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.4T) الى (0.0T) خلال زمن قدره (0.5sec) احسب التيار المار في الدائرة اذا كان :

1- متجه مساحة اللفة الواحدة من لفات الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

2- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوي الملف .

ج : (10⁻⁴A , 2×10⁻⁴A)

مثال 9: حلقة موصلة دائرية مساحتها (425cm^2) ومقاومتها (8Ω) موضوعة في مستوى الورقة ، سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة الفيض (0.15T) باتجاه عمودي على مستوى الحلقة . سحب الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها (25cm^2) خلال فترة زمنية (0.3sec) . احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة . **ج :** ($25 \times 10^{-4}\text{A}$) .

مثال 10: يمر تيار مستمر مقداره (4A) في ملف عدد لفاته (500) لفة فيسبب في كل لفة من لفات الملف فيضا مقداره ($2.4 \times 10^{-4}\text{wb}$) احسب: 1- معامل الحث الذاتي للملف .

2- الطاقة المخزنة في المجال المغناطيسي للملف .

3- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس التيار خلال

ج : (0.12sec) , (0.03H , 0.24J , 2V)

مثال 11: اذا كانت الطاقة المغناطيسية المخزنة في ملف عدد لفاته (500) لفة تساوي (7.5J) عندما كان مقدار التيار المناسب فيه (10A) احسب مقدار: 1- الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .

2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس التيار خلال (0.3s)

ج : ($3 \times 10^{-3}\text{wb}$, 10V)

مثال 12: ملف معامل حثه الذاتي (0.05H) وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها (6V) فكان المقدار الثابت للتيار المار في دائرة الملف بعد اغلاق الدائرة (1.5A) . احسب مقدار المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف :

1- لحظة اغلاق الدائرة . 2- لحظة ازدياد التيار الى (0.5A) .

ج : (120A/sec , 80A/sec)

مثال 13: وضعت فولطية مستمرة مقدارها (80V) على طرفي ملف معامل حثه الذاتي (0.16H) ومقاومته (50Ω) احسب المعدل الزمني لتغير التيار والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف .

1- لحظة اغلاق الدائرة . 2- عندما يصل التيار الانى الى (20%) من قيمته الثابتة .

ج : (500A/sec , 80V , 400A/sec , 64V) .

مثال 14: طبقت فولطية مستمرة (200V) على ملف مقاومته (50Ω) فكان المعدل الزمني لازدياد التيار (300A/s) في الملف لحظة وصول القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف (75%) من الفولطية الموضوعة ما مقدار: 1- معامل الحث الذاتي للملف . 2- التيار الانى في الملف .

ج : (0.5H , 1A)

مثال 15: ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.1H) ومقاومته (20Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) طبقت على الملف الابتدائي فولطية مستمرة ، عند اغلاق دائرة الملف الابتدائي ووصول التيار الى (40%) من مقداره الثابت كانت الفولطية المحتثة في الملف الابتدائي (18V) احسب مقدار:

1- الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي . 2- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة الملف الثانوي .

ج : (30V , -54V)

مثال 16: ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.1H) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.4H) والفولطية الموضوعة على طرفي الملف الابتدائي (60V) والتيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة (5A) احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي عندما يصبح التيار الآني في الملف الابتدائي (3A). **ج:** (-48V)

مثال 17: ملفان متجاوران ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (80V) ومفتاح على التوالي فإذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) ومقاومته (16Ω) احسب مقدار:

- 1- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة اغلاق الدائرة.
- 2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها (50V) لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي.
- 3- التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة. **ج:** (200A/sec , 0.25H , 5A)

مثال 18: ملف معامل حثه الذاتي (0.25H) ومقاومته (30Ω) وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها (120V) احسب : 1- المعدل الزمني لتغير التيار لحظة اغلاق الدائرة .

- 2- الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف عند ثبوت التيار .
- 3- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في ملف اخر مجاور (ثانوي) معامل حثه الذاتي (0.36H) لحظة ازدياد التيار في دائرة الملف الابتدائي الى (50%) من مقداره الثابت اذا كان الترابط المغناطيسي تام بين الملفين.

ج: (480A/s , 2J , 72V).

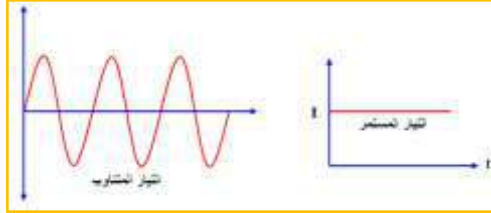
الفصل الثالث

التيار المتناوب

س : ما المقصود بـ؟ (التيار المستمر ، التيار المتناوب).

ج : التيار المستمر : هو التيار المناسب في الدوائر الكهربائية المقفلة باتجاه واحد وتولده البطاريات (مصدر مستمر) ويرمز له بالرمز (dc) .

التيار المتناوب : هو تيار يتغير دوريا مع الزمن اذ ينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة وينعكس مرتين خلال دورة واحدة وينتج عن المولد الكهربائي (مصدر متناوب) ويرمز له بالرمز (ac) .



س (وزاري): (علل) يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية؟

ج : لسهولة نقله الى مسافات بعيدة باقل خسائر بالطاقة بفولطية عالية والتيار واطئ باستخدام المحولات الكهربائية.

س (وزاري): ما الغرض من ارسال القدرة الكهربائية بفولطية عالية والتيار واطئ باستعمال المحولات الرافعة ؟
او :

س (وزاري): علل . ترسل القدرة الكهربائية بفولطية عالية والتيار واطئ باستعمال المحولات الرافعة ؟

ج : وذلك لتقليل خسائر القدرة الكهربائية في الأسلاك الناقلة (I^2R) والتي تظهر بشكل حرارة.

س : ما نوع المحولات المستخدمة في؟ 1- محطات توليد القدرة الكهربائية . 2- مناطق استهلاك القدرة الكهربائية.

ج : 1- محولات رافعة للجهد خافضة للتيار . 2- محولات خافضة للجهد رافعة للتيار.

من الجدير بالذكر بانه : يكون تردد التيار المتناوب ($f=50\text{Hz}$) في معظم دول العالم ومنها العراق اذ ينعكس اتجاه التيار المتناوب 100 مرة في الثانية الواحدة . وفي دول أخرى يكون تردد التيار المتناوب ($f=60\text{Hz}$). اما تردد التيار المستمر فيساوي صفر ($f=0$)

دوائر التيار المتناوب :

س (وزاري): ما الذي يجب توافره للحصول على فولطية متناوبة محتثة جيبيية الموجة؟

ج : دوران ملف بسرعة زاوية منتظمة داخل مجال مغناطيسي منتظم.

س : ما الطريقة التي يتم التعامل بها مع الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في الدوائر الكهربائية؟ وضح ذلك.

ج : وذلك برسم مخطط يسمى مخطط متجه الطور او المتجه الدوار وذلك بفرض ان المتجهين الطوريين يدور كل منهما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة حول نقطة الاصل ويتردد زاوي ثابت.

متجه الطور:

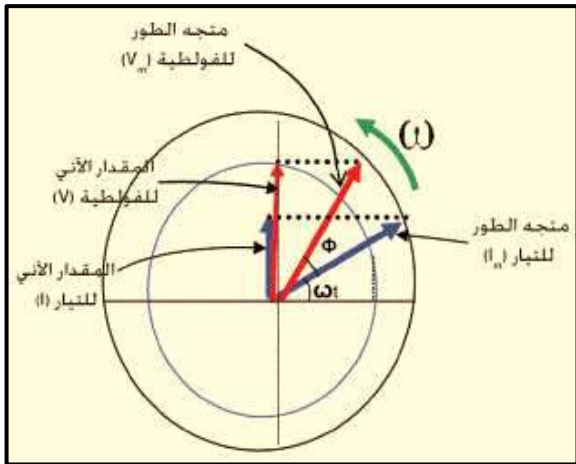
س : ما هي مميزات متجه الطور؟

- ج: 1. طول متجه الطور يمثل المقدار الأعظم لذلك المتجه فطول متجه الطور للفولطية المتناوبة يمثل المقدار الأعظم لها (V_m) وطول متجه الطور للتيار المتناوب يمثل المقدار الأعظم له (I_m).
2. مسقط متجه الطور على المحور الشاقولي (y) يمثل المقدار الانى لذلك المتجه فالمقدار الانى للفولطية (V) والمقدار الانى للتيار (I).
3. يكون متجه الطور منطبقا على المحور الافقي (X) عند بدء الحركة ($t=0$).
4. اذا تطابق متجه الطور للفولطية (V_m) مع متجه الطور للتيار (I_m) فهذا يعني ان الفولطية والتيار يتغيران معا في طور واحد وان زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر ($\phi=0$) ويحصل ذلك اذا كان حمل الدائرة مقاومة صرف (مقاومة مثالية).
5. اذا لم يتطابق المتجهان احدهما على الاخر فسوف تتولد بينهما زاوية فرق في الطور (ϕ) وتسمى احيانا ثابت الطور) يتحدد مقدارها على وفق نوع الحمل في الدائرة ويحصل ذلك في الحالة التي يحتوي الحمل محث او متسعة او كليهما فضلا عن المقاومة).

♦ من الشكل الموضح نجد ان المقدار الانى لكل من التيار والفولطية يعطى طبقا للعلاقات الاتية:

$$\langle I = I_m \sin(\omega t) , V = V_m \sin(\omega t + \phi) \rangle$$

- ♦ تقاس كل من زاوية الطور (ωt) (الزاوية التي يصنعها المتجه مع المحور الافقي X) وزاوية فرق الطور (ϕ) (الزاوية بين متجه طور الفولطية العظمى V_m ومتجه طور التيار الأعظم I_m) بالدرجات الستينية او (rad).
- ♦ اذا كانت (ϕ) موجبة فان متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ). واذا كانت (ϕ) سالبة فان متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) (عندما يؤخذ التيار كأساس).

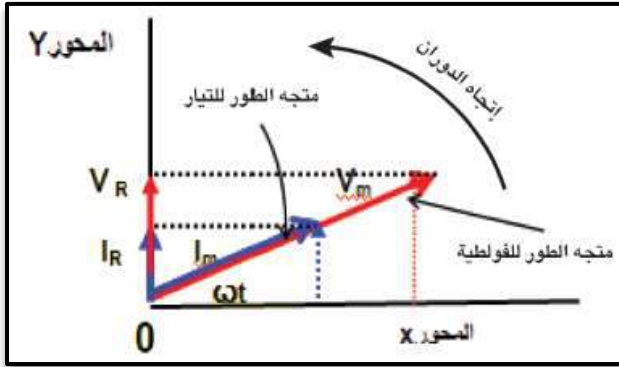


س : ما المقصود بـ؟ (الطور ، فرق الطور) .

- ج: الطور : هو الحالة الحركية للجسم المهتز من حيث الموضع واتجاه الحركة .
- فرق الطور: هو تغير الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين او لجسمين مهتزتين في اللحظة نفسها.

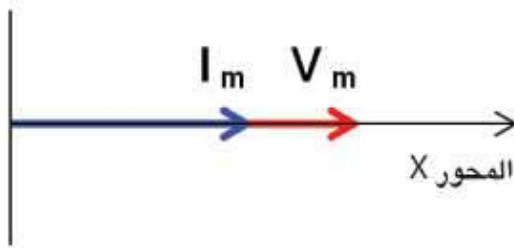
دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف :

عند ربط مقاومة صرف (مقاومة مثالية) الى مصدر متناوب فان :



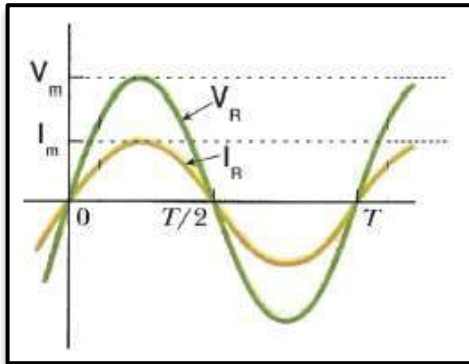
- ♦ متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) متطابقان ومتلازمان وهذا يعني انهما يدوران حول نقطة الاصل بطور واحد وباتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة اي ان زاوية فرق الطور بينهما ($\phi=0$) اما زاوية الطور (ωt) التي يدور بها كل من المتجهين فمتساوية.

- ♦ المقدار الانني للفولطية المتناوبة (V_R) والتيار المتناوب (I_R) عند زمن ($t \neq 0$) يعطى طبقا للعلاقات الاتية : $\langle V_R = V_m \sin(\omega t) , I_R = I_m \sin(\omega t) \rangle$ ، اذ ان العلاقة بين التردد الزاوي للمصدر (ω) والتردد (f) هي : $\langle \omega = 2\pi f \rangle$.



- ♦ يقاس (ω) بوحدة (rad/s) ويقاس (f) بوحدة هرتز (Hz).
- ♦ عند ($t=0$) اي عند زاوية طور ($\omega t=0$) يمكن رسم المتجهات الطورية للفولطية المتناوبة (V_m) وللتيار المتناوب (I_m) على المحور الافقي (X).

س : ما مميزات منحنى التيار الانني في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف فقط؟



ج : 1- منحنى جيبي (sine) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية.

2- يتغير دوريا مع الزمن بين ($+I_m$) و ($-I_m$) وينعكس مرتين خلال دورة واحدة ومرات عديدة خلال ثانية واحدة .

3- متوسط التيار الانني لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة صفر ($I_{av}=0$) لان الاجزاء الموجبة من المنحنى تساوي الاجزاء السالبة في المساحة.

س : ما مميزات منحنى الفولطية الاننية في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف فقط؟

ج : 1- منحنى جيبي (sine) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية.

2- يتغير دوريا مع الزمن بين ($+V_m$) و ($-V_m$) وينعكس مرتين خلال دورة واحدة ومرات عديدة خلال ثانية واحدة .

3- متوسط الفولطية الانية لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة صفر ($V_{av}=0$) لان الاجزاء الموجبة من المنحني تساوي الاجزاء السالبة في المساحة.

س (فكر): ما قياس زاوية الطور (ωt) لكل من متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) في الحالة التي تكون عندهما $V_R = V_m$ وكذلك $I_R = I_m$ ؟ وضح ذلك.

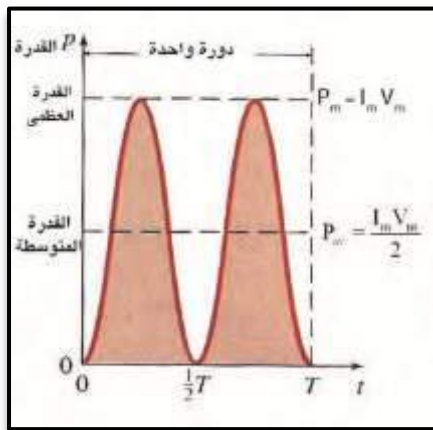
ج: عندما ($V_R = V_m$) وكذلك ($I_R = I_m$) فان زاوية الطور ($\omega t=90^\circ$) وفقا لمعادلات الفولطية والتيار وكما يلي :

$$V_R = V_m \sin(\omega t) \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{V_R}{V_m} = 1 \Rightarrow \omega t = 90^\circ$$

$$I_R = I_m \sin(\omega t) \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{I_R}{I_m} = 1 \Rightarrow \omega t = 90^\circ$$

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف :

س: ما مميزات منحني القدرة الانية في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف فقط؟



ج: 1- منحني جيب تمام (\cosine) يحتوي اجزاء موجبة فقط يتغير بين المقدار الاعظم للقدرة ($P_m = I_m V_m$) والصفر.

2- تردده ضعف تردد منحني التيار او الفولطية.

3- القدرة المتوسطة (P_{av}) لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات

$$\left\langle P_{av} = \frac{I_m V_m}{2} \right\rangle \text{ الكاملة تساوي نصف القدرة العظمى}$$

تحسب القدرة الآنية (P) في المقاومة الصرف من حاصل ضرب الفولطية الآنية (V_R) في التيار الآني (I_R) والعلاقة بينهما من قانون اوم ($V_R = I_R \cdot R$) وكما يلي:

$$\left\langle P = I_R V_R \text{ or } P = I_R^2 R \text{ or } P = \frac{V_R^2}{R} \right\rangle$$

تحسب القدرة العظمى (P_m) في المقاومة الصرف من حاصل ضرب الفولطية العظمى (V_m) في التيار الأعظم (I_m) والعلاقة بينهما من قانون اوم ($V_m = I_m \cdot R$) وكما يلي:

$$\left\langle P_m = I_m V_m \text{ or } P_m = I_m^2 R \text{ or } P = \frac{V_m^2}{R} \right\rangle$$

س (وزاري): ماذا يعني ان المنحني الموجب للقدرة في دائرة التيار المتناوب تحتوي مقاومة صرف فقط؟

ج: يعني ان القدرة تستهلك باجمعها في المقاومة بشكل طاقة حرارية.

س (وزاري): (علل) يكون منحنى القدرة الانية في دائرة التيار المتناوب عندما يكون الحمل فيها مقاومة صرفا موجبا دائما ؟

ج: لان الفولطية والتيار يكونان في طور واحد حيث يكونان موجبان معا وسالبان معا وحاصل ضربهما يساوي كمية موجبة على وفق العلاقة الانية: $(P = I V)$.

المقدار المؤثر للتيار المتناوب (I_{eff}) :

س: ما المقصود بالمقدار المؤثر للتيار المتناوب؟

ج: المقدار المؤثر للتيار المتناوب : هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب في مقاومة معينة فانه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها.

س (وزاري): (علل) . القدرة المتبددة بوساطة تيار متناوب له مقدار أعظم (I_m) لا تساوي القدرة التي ينتجها تيار مستمر يمتلك المقدار نفسه ؟

ج: لان التيار المتناوب يتغير دوريا مع الزمن بين $(+I_m)$ و $(-I_m)$ ومقداره في أية لحظة لا يساوي دائما مقداره الأعظم وإنما فقط في لحظة معينة يتساوى مقداره الآني مع مقداره الأعظم لذلك ينتج قدرة متغيرة مع الزمن بينما التيار المستمر مقداره ثابت دائما فينتج قدرة ثابتة .

س: (علل) القدرة المتبددة (المستهلكة) في مقاومة صرف لا تعتمد على اتجاه التيار؟

ج: لان القدرة المستهلكة في دائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة صرف تكون ثابتة المقدار تتناسب طرديا مع مربع التيار المنساب فيها $(P=I^2R)$. أي ان : $(P \propto I^2)$.

س (وزاري): هل يمكن ان تستعمل اجهزة قياس التيار المستمر في دوائر التيار المتناوب ؟ وضح ذلك .

ج: لا يمكن ذلك. لان معظم اجهزة قياس التيار المستمر تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب لذا فان مؤشرها يقف عند تدريجة الصفر عند وضعها في دائرة التيار المتناوب.

س (وزاري): علل . معظم اجهزة قياس التيار المستمر (dc) يقف مؤشرها عند تدريجة الصفر عند وضعها في دوائر التيار المتناوب؟

ج: لانها تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب.

س: ما الفرق بين مقاييس التيار المتناوب ومقاييس التيار المستمر عند وضعها في دائرة تيار متناوب؟

ج: ان مقاييس التيار المتناوب تعمل على قياس المقادير المؤثرة للتيار والفولطية بينما معظم اجهزة قياس التيار المستمر تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب لذا فان مؤشرها يقف عند تدريجة الصفر.

س: اذا كان التيار المتناوب في الدائرة $(1A)$ فهل يعني ذلك المقدار الأعظم للتيار ام المقدار المؤثر له ؟ ولماذا؟

ج: المقداره المؤثر لان المقاييس الكهربائية للتيار المتناوب تقيس مقداره المؤثر ولا تقيس مقداره الأعظم .

س (وزاري): ما العلاقة بين المقدار الأعظم والمقدار المؤثر للتيار المتناوب؟ **ج:** $(I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}})$.

س : اثبت ان المقدار المؤثر للتيار المتناوب يساوي 0.707 من مقداره الأعظم ؟

ج :

$$P_{\text{ins}} = I_R^2 R = (I_m \sin(\omega t))^2 R = I_m^2 \sin^2(\omega t) R$$

$$\therefore \sin^2(\omega t) = \frac{1}{2} \quad , \quad \therefore P_{\text{av}} = \frac{1}{2} I_m^2 R$$

$$P_{\text{dc}} = P_{\text{av}} \Rightarrow I_{\text{dc}}^2 R = \frac{1}{2} I_m^2 R \Rightarrow I_{\text{dc}}^2 = \frac{1}{2} I_m^2 \quad , \quad \therefore I_{\text{dc}} = I_{\text{eff}}$$

$$\therefore I_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{2} I_m^2 \Rightarrow I_{\text{eff}}^2 = \frac{I_m^2}{2} \Rightarrow I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} \Rightarrow I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_{\text{eff}} = 0.707 I_m$$

س (فكر) : يقول زميلك (ان التيار المؤثر يتذبذب كالدالة الجيبية) ، ما رأيك في صحة ما قاله زميلك ؟ وإذا كانت العبارة خاطئة كيف تصحح قوله ؟

ج: العبارة خاطئة، لان المقدار المؤثر للتيار المتناوب: هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فانه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المناسب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها.

✓ ان العلاقة بين المقدار الاعظم للتيار او المقدار الاعظم للفولطية بالمقدار المؤثر لكل منهما هي :

$$\langle I_m = \sqrt{2} I_{\text{eff}} \quad , \quad V_m = \sqrt{2} V_{\text{eff}} \rangle$$

✓ ان القدرة المتوسطة (P_{av}) تساوي حاصل ضرب التيار المؤثر (I_{eff}) في الفولطية المؤثرة (V_{eff}) والعلاقة بينهما من قانون

$$\cdot \left\langle P_{\text{av}} = I_{\text{eff}} V_{\text{eff}} \quad \text{or} \quad P_{\text{av}} = I_{\text{eff}}^2 R \quad \text{or} \quad P = \frac{V_{\text{eff}}^2}{R} \right\rangle : \text{ اومر } (V_{\text{eff}} = I_{\text{eff}} R) \text{ وكما يلي :}$$

ملاحظات :

- 1- يسمى المقدار المؤثر للتيار المتناوب بجذر معدل مربع المقدار الأعظم للتيار ويرمز له بالرمز (I_{rms}).
 - 2- منحنى مربع التيار المتناوب هو منحنى جيب تمام (cosine) يتغير بين (I_m^2) والصفوان تردده ضعف تردد منحنى التيار.
 - 3- القدرة المتوسطة للتيار المتناوب تساوي قدرة التيار المستمر خلال المقاومة نفسها وللمدة الزمنية نفسها.
- مثال 1 (كتاب) : مصدر للفولطية المتناوبة مربوط بين طرفي مقاومة صرف ($R=100\Omega$) تعطى الفولطية بالعلاقة

التالية : $V=424.2\sin(\omega t)$ ، احسب :

- 1- المقدار المؤثر للفولطية .
- 2- المقدار المؤثر للتيار .
- 3- مقدار القدرة المتوسطة .

الحل :

$$1) V_{\text{eff}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{424.2}{1.414} = 300V \quad , \quad 2) I_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{eff}}}{R} = \frac{300}{100} = 3A$$

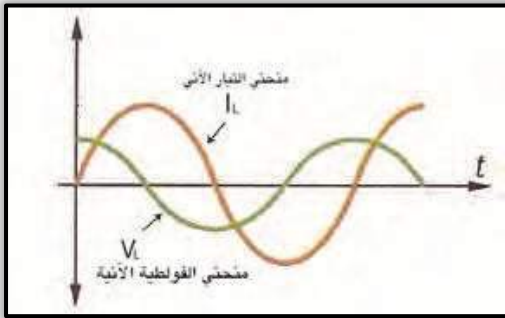
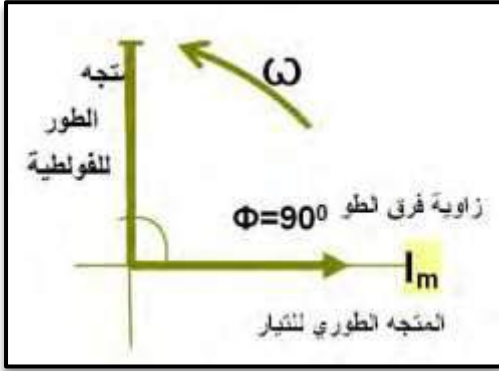
$$3) P_{\text{av}} = I_{\text{eff}} V_{\text{eff}} = 3 \times 300 = 900\text{watt}$$

دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف :

عند ربط محث صرف (ملف مهمل المقاومة) الى طرفي مصدر للفولطية المتناوبة فان :

♦ ان متجه الطور للفولطية عبر المحث (V_m) يسبق متجه الطور للتيار

(I_m) بزاوية فرق طور ($\phi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$) او ربع دورة.



س : ما مميزات منحنى التيار الانى في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ؟

ج : 1- منحنى جيبى (sine) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية المساحة.

2- يتغير دوريا مع الزمن بين ($+I_m$) و ($-I_m$) وينعكس مرتين خلال دورة واحدة ومرات عديدة خلال ثانية واحدة .

3- متوسط التيار الانى لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة صفر ($I_{av}=0$) لان الاجزاء الموجبة من المنحنى تساوي الاجزاء السالبة في المساحة.

س : ما مميزات منحنى الفولطية الانية في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف فقط ؟

ج : 1- منحنى جيب تمام (cosine) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية المساحة.

2- يتغير دوريا مع الزمن بين ($+V_m$) و ($-V_m$) وينعكس مرتين خلال دورة واحدة ومرات عديدة خلال ثانية واحدة .

3- متوسط الفولطية الانية لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة صفر ($V_{av}=0$) لان الاجزاء الموجبة من المنحنى تساوي الاجزاء السالبة في المساحة.

♦ العلاقة التي يعطى بها التيار الانى (I_L) المنساب في هذه الدائرة والعلاقة التي تعطى بها الفولطية الانية (V_L) عبر

$$\text{المحث هي : } \left\langle I_L = I_m \sin(\omega t) , V_L = V_m \cos(\omega t) \text{ or } V_L = V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \right\rangle$$

♦ ان رادة الحث (X_L) تحسب اما من قانون اوم او بموجب العوامل المؤثرة فيها وكما يلي :

$$\left\langle X_L = \frac{V}{I} , X_L = \omega L = 2\pi f L \right\rangle$$

♦ تقاس رادة الحث (X_L) بوحدة الاوم (Ω) لكنها ليست مقاومة ويقاس معامل الحث الذاتي (L) بوحدة هنري (H).

س : ما المقصود برادة الحث ؟ وعلام يعتمد مقدارها ؟

ج : رادة الحث هي المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار . **وتعتمد على :**

1- معامل الحث الذاتي للمحث (L) وتتناسب معه طرديا بثبوت التردد الزاوي أي ان : $X_L \propto L$.

2- التردد الزاوي (ω) وتناسب معه طرديا بثبوت معامل الحث الذاتي أي ان : $X_L \propto \omega$.

س (وزاري): اشرح نشاط تأثير تغير تردد تيار الدائرة في مقدار رادة الحث مع رسم الدائرة الكهربائية ورسم المخطط

البياني لتوضيح الاستنتاج ؟

ج: أدوات النشاط:

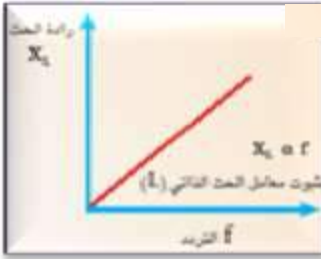
مذبذب كهربائي (مصدر فولطية متناوبة يمكن تغيير تردده) ، اميتر ، فولطميتر ، ملف مهمل المقاومة (محث) ، مفتاح كهربائي .

خطوات النشاط:

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والاميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي ، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف .

- نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجيا مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) سنلاحظ نقصان قراءة الاميتر في الدائرة وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث.

الاستنتاج:



نستنتج من النشاط ان رادة الحث (X_L) تتناسب طرديا مع تردد تيار الدائرة (f) . بثبوت معامل الحث الذاتي للمحث (L) . من النشاط المذكور انفا يمكننا رسم مخططا بيانيا يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث (X_L) وتردد التيار (f) وكما موضح في الشكل:

س (وزاري): اشرح نشاطا توضح فيه تأثير تغير معامل الحث الذاتي في مقدار رادة الحث في دائرة تيار متناوب؟

ج: أدوات النشاط:

مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابت، قلب من الحديد المطاوع، اميتر، فولطميتر، ملف مجوف مهمل المقاومة (محث) ، مفتاح كهربائي .

خطوات النشاط:

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والاميتر ومصدر الفولطية على التوالي ، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف .

- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الاميتر.

- ندخل قلب الحديد تدريجيا في جوف الملف مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية بين طرفي الملف ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) . سنلاحظ نقصان قراءة الاميتر في الدائرة وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث لان إدخال قلب الحديد في جوف الملف يزيد من معامل الحث الذاتي للملف.

الاستنتاج:



نستنتج من النشاط ان رادة الحث تتناسب طرديا مع معامل الحث الذاتي للملف ($X_L \propto L$) بثبوت تردد التيار. من النشاط المذكور انفا يمكننا رسم مخططا بيانيا

يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث (X_L) ومعامل الحث الذاتي (L) وكما موضح في الشكل.

س (وزاري): (علل) . ازدياد مقدار رادة الحث في المحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز. او ما التفسير الفيزيائي لازدياد مقدار رادة الحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز؟

ج: عند ازدياد تردد التيار في الدائرة يزداد المعدل الزمني للتغير في التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ϵ_{ind}) في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها ($\epsilon_{ind} \propto -\frac{\Delta I}{\Delta t}$) وفقا لقانون لنز ، اي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد رادة الحث التي تمثل تلك المعاكسة الي يبدىها المحث للتغير في التيار.

س (وزاري): ربط ملف الى مصدر فولطية متناوبة متغير التردد ، وضح ما عمل الملف عند الترددات الواطئة جدا وعند الترددات العالية جدا لفولطية المصدر؟

ج: عند الترددات الواطئة جدا يعمل الملف عمل مقاومة صرف هي مقاومة اسلاكه لان رادة الحث له تقل وقد تصل الى الصفر ($X_L = 2\pi f L$) فهي تتناسب طرديا مع تردد التيار ($X_L \propto f$). اما عند الترددات العالية فيعمل عمل مفتاح مفتوح لان الترددات العالية جدا تؤدي الى زيادة رادة الحث زيادة كبيرة جدا تؤدي الى قطع تيار الدائرة.

س (وزاري): ما عمل الملف في دوائر التيار المتناوب عند الترددات العالية جدا؟ ولماذا؟

ج: يعمل الملف عمل مفتاح مفتوح لان الترددات العالية جدا تؤدي الى زيادة رادة الحث زيادة كبيرة جدا (رادة الحث تتناسب طرديا مع تردد التيار ($X_L \propto f$)) فتؤدي الى قطع تيار الدائرة.

س: ملف قلبه حديد ربط على التوالي مع مصدر لفولطية المتناوبة ومصباح ، ماذا يحصل لتوهج المصباح؟ (مع ذكر السبب) اذا اخرج ساق الحديد من تجويف الملف .

ج: ان اخرج ساق الحديد سوف يقلل معامل الحث الذاتي للملف وبذلك تقل رادة الحث وبالتالي تقل ممانعة الدائرة فيزداد التيار ويزداد توهج المصباح .
القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف :

س (وزاري): ما مميزات منحنى القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف فقط؟

ج: 1- منحنى جيبي يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية.

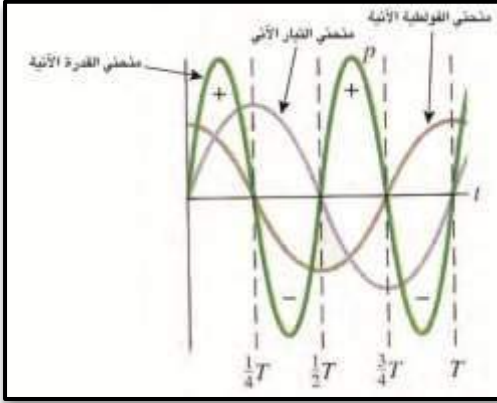
2- تردده ضعف تردد منحنى التيار او الفولطية.

3- معدل القدرة الانية ($P_{av}=0$) لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات.

س (وزاري): علل . رادة الحث لا تعد مقاومة اومية ولا تخضع لقانون جول .

ج: لأنها لا تستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تساوي صفر).

س (وزاري) : ما مقدار القدرة المتوسطة لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات الكاملة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ؟ وضح ذلك .



ج: صفر . عند تغير التيار المناسب خلال المحث من الصفر الى مقداره الاعظم في احد ارباع الدورة تنتقل الطاقة من المصدر وتخزن في المحث بشكل مجال مغناطيسي (الجزء الموجب من المنحني) ثم تعاد جميع الطاقة الى المصدر عند تغير التيار من المقدار الاعظم الى الصفر في الربع الذي يليه (الجزء السالب) اي لا يستهلك قدرة ولا يعد مقاومة اومية ولا يخضع لقانون جول.

س (وزاري) : ما الفرق بين خواص منحنى القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف مرة ومحث صرف مرة اخرى ؟

ج: منحنى القدرة لدائرة المقاومة منحنى موجب دائما وبشكل منحنى الجيب تمام يتغير بين المقدار الاعظم للقدرة والصفر لذا فان القدرة المتوسطة تساوي نصف القدرة العظمى. بينما منحنى القدرة لدائرة المحث يتغير كدالة جيبية تردده ضعف تردد التيار او الفولطية حيث يتغير بين قيمة عظمى موجبة وقيمة عظمى سالبة فهو يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية المساحة لذا فان القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات يساوي صفر.

س (وزاري) : كيف تفسر نقصان توهج مصباح كهربائي مربوط على التوالي مع محث صرف في دائرة تيار متناوب عند ازدياد تردد فولطية المصدر (بثبوت مقدار فولطية المصدر) .

ج: عند ازدياد التردد تزداد (X_L) فيقل التيار في الدائرة لذا يكون المصباح اقل توهجا .

س : لماذا يفضل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلورسينت ولا تستعمل مقاومة صرف .

ج: لان المحث عندما يكون صرف لا يستهلك (لا يبدد) قدرة ($P_{dissipated}=0$) بينما المقاومة تبديد قدرة ($P_{dissipated}=I^2R$) .

س : ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف ومصدر للتيار المتناوب ، عند أي من الترددات الزاوية العالية ام الواطئة يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح اقل توهجا ؟ (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ، وضح ذلك .

ج: عند الترددات الزاوية العالية تزداد (X_L) فيقل التيار في الدائرة لذا يكون المصباح اقل توهجا .

عند الترددات الزاوية المنخفضة (الواطئة) تقل (X_L) فيزداد التيار في هذه الدائرة لذا يكون المصباح اكثر

توهجا . ($X_L = \omega L \Rightarrow X_L \propto \omega$, $L = \text{const}$, $I_L = \frac{V}{X_L} \Rightarrow I_L \propto \frac{1}{X_L}$, $V = \text{const}$)

مثال 2 (كتاب): ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثته الذاتي $(\frac{50}{\pi} \text{mH})$ ربط بين قطبي مصدر للفولطية

المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20V) . احسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندما يكون تردد

الدائرة : **a** - $(f=10\text{Hz})$ **b** - $(f=1\text{MHz})$

الحل :

$$L = \frac{50}{\pi} \text{mH} = \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} \text{H}$$

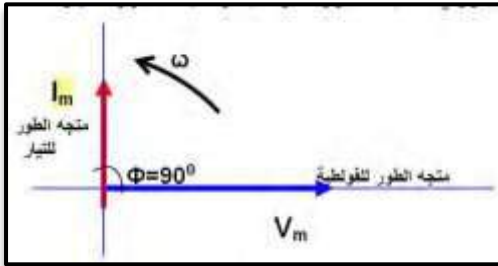
$$\text{a) } X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10 \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} = 1\Omega, \quad I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20\text{A}$$

$$\text{b) } f = 1\text{MHz} = 10^6 \text{Hz}$$

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10^6 \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} = 10^5 \Omega, \quad I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^5} = 2 \times 10^{-4} \text{A}$$

دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة ذات سعة صرف :

عند ربط متسعة ذات سعة صرف الى طرفي مصدر للفولطية المتناوبة فان :

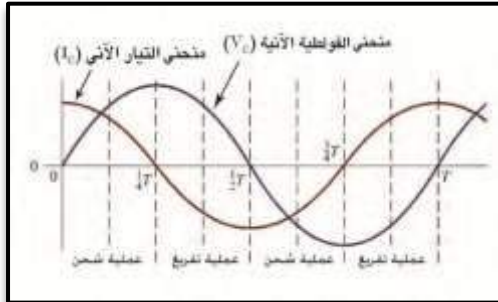


♦ ان متجه الطور للتيار (I_m) يسبق متجه الطور للفولطية (V_m)

بزاوية فرق طور $(\phi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ)$ اربع دورة.

س : ما مميزات منحنى التيار الانى في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة

ذات صرف ؟



ج : 1- منحنى جيب تمام (\cos) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية المساحة.

2- يتغير دوريا مع الزمن بين $(+I_m)$ و $(-I_m)$ وينعكس مرتين خلال دورة واحدة ومرات عديدة خلال ثانية واحدة .

3- متوسط التيار الانى لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة صفر ($I_{av}=0$) لان الاجزاء الموجبة من المنحنى تساوي الاجزاء السالبة في المساحة.

س : ما مميزات منحنى الفولطية الانية في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف ؟

ج : 1- منحنى جيبى (\sin) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية المساحة.

2- يتغير دوريا مع الزمن بين $(+V_m)$ و $(-V_m)$ وينعكس مرتين خلال دورة واحدة ومرات عديدة خلال ثانية واحدة .

3- متوسط الفولطية الانية لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة صفر ($V_{av}=0$) لان الاجزاء الموجبة من المنحنى تساوي الاجزاء السالبة في المساحة.

♦ العلاقة التي تعطى بها الفولطية الانية (V_C) عبر المتسعة والعلاقة التي يعطى بها التيار الانى (I_C) المناسب في هذه الدائرة هي :

$$V_C = V_m \sin(\omega t) \quad , \quad I_C = I_m \cos(\omega t) \quad \text{or} \quad I_C =$$

♦ ان رادة السعة (X_C) تحسب اما من قانون اوم او بموجب العوامل المؤثرة فيها وكما يلي :

$$X_C = \frac{V}{I} \quad \text{or} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

♦ تقاس رادة السعة (X_C) بوحدة الاوم (Ω) لكنها ليست مقاومة وتقاس (C) بوحدة فاراد (F).

س : ما المقصود برادة السعة ؟ وعلام يعتمد مقدارها ؟

ج : رادة السعة هي المعاكسة التي تبديها المتسعة للتغير في فولطية الدائرة.

وتعتمد على : 1- سعة المتسعة (C) وتناسب معها عكسيا بثبوت التردد الزاوي أي ان : $(X_C \propto \frac{1}{C})$.

2- التردد الزاوي (ω) وتناسب معه عكسيا بثبوت سعة المتسعة أي ان : $(X_C \propto \frac{1}{\omega})$.

س (وزاري) : دائرة تيار متناوب تحتوي على متسعة ذات سعة صرف اثبت ان معادلة التيار فيها تعطى بالمعادلة الاتية :

$$[I_C = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})]$$

الحل :

$$I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta(C \cdot V_C)}{\Delta t} = C \cdot \frac{\Delta V_C}{\Delta t} = C \cdot \frac{\Delta V_m \sin(\omega t)}{\Delta t} = C V_m \frac{\Delta \sin(\omega t)}{\Delta t}$$

$$= \omega C V_m \cos(\omega t) = \frac{1}{X_C} \cdot V_m \cos(\omega t) = \frac{V_m}{X_C} \cos(\omega t)$$

$$\therefore I_C = I_m \cos(\omega t) \Rightarrow I_C = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

س (وزاري) : اشرح نشاطا يوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السعة لمتسعة ؟

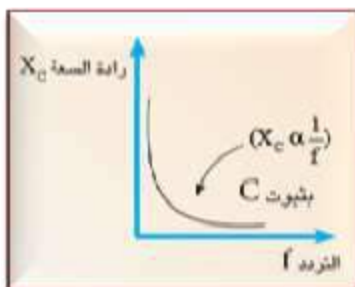
ج : أدوات النشاط :

اميتير ، فولطميتير ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، مذبذب كهربائي وأسلاك توصيل ، مفتاح كهربائي.

خطوات النشاط :

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من المتسعة والاميتير والمذبذب الكهربائي على التوالي ، ونربط الفولطميتير على التوازي بين صفيحتي المتسعة) .

- نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي مع المحافظة على بقاء مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتير) سنلاحظ ازدياد قراءة الاميتير (ازدياد التيار المناسب في الدائرة مع ازدياد تردد فولطية المصدر).



الاستنتاج

نستنتج من النشاط ان رادة السعة تتناسب عكسيا مع تردد فولطية المصدر ($X_C \propto \frac{1}{f}$) بثبوت سعة المتسعة.
س (وزاري): اشرح نشاطا توضح فيه تأثير تغير سعة المتسعة في مقدار رادة السعة.

ج: أدوات النشاط:

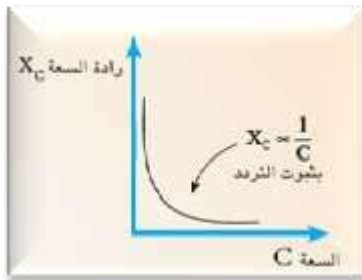


مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابت (ولكن يمكن تغيير مقدار فرق الجهد بين طرفيه) ، اميتر ، فولطمتر ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين متغيرة السعة ، مفتاح كهربائي.

خطوات النشاط:

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من المتسعة والاميتر ومصدر الفولطية على التوالي ونربط الفولطمتر على التوازي بين صفيحتي المتسعة) .
- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الاميتر .
- نزيد مقدار سعة المتسعة تدريجيا (وذلك بإدخال لوح من مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي المتسعة) . نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر (ازدياد التيار المنساب في الدائرة زيادة طردية مع ازدياد سعة المتسعة).

الاستنتاج:



نستنتج من النشاط ان رادة السعة تتناسب عكسيا مع مقدار سعة المتسعة ($X_C \propto \frac{1}{C}$) بثبوت تردد فولطية المصدر. والعلاقة البيانية بين رادة السعة والسعة علاقة عكسية بثبوت تردد فولطية المصدر عندما يكون الحمل في الدائرة متسعة ذات سعة صرف كما في الشكل:

س (وزاري): متسعة ذات سعة صرف ربطت الى مصدر فولطية متناوبة متغير التردد ، وضح ما عمل المتسعة عند الترددات العالية جدا وعند الترددات الواطئة جدا لفولطية المصدر؟

ج: عند الترددات العالية جدا تعمل المتسعة عمل مفتاح مغلق (تعد المتسعة خارج الدائرة) لان عند الترددات العالية جدا نقل رادة السعة وقد تصل إلى الصفر (رادة السعة تتناسب عكسيا مع التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$). اما عند الترددات الواطئة جدا فتعمل عمل مفتاح مفتوح كما يحصل عند وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر لأنه عند الترددات الواطئة جدا تزداد رادة السعة إلى مقدار كبير جدا قد يقطع تيار الدائرة (رادة السعة تتناسب عكسيا مع التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$).

س (وزاري): ماذا يحصل؟ ولماذا؟ لتوهج مصباح كهربائي ربط على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدرا للتيار المتناوب عند الترددات الزاوية العالية بثبوت مقدار فولطية المصدر.

ج: يزداد توهج المصباح لان عند الترددات الزاوية العالية تقل رادة السعة ويزداد التيار حسب العلاقة:

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}$$

مثال 3 (كتاب): ربطت متسعة سعتها $(\frac{4}{\pi} \mu F)$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(2.5V)$ ،

احسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة اذا كان تردد الدائرة:

$$(5 \times 10^5 \text{ Hz}) - b$$

$$(5 \text{ Hz}) - a$$

الحل:

$$C = \frac{4}{\pi} \mu = \frac{4}{\pi} \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$a - X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times \frac{4}{\pi} \times 10^{-6}} = \frac{10^5}{4} = 25 \times 10^3 \Omega, I = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{25 \times 10^3} = 10^{-4} \text{ A}$$

$$b - X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^5 \times \frac{4}{\pi} \times 10^{-6}} = \frac{1}{4} = 0.25 \Omega, I = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{0.25} = 10 \text{ A}$$

س: ماذا يحصل عند ربط صفيحتي متسعة بين طرفي مصدر ذي فولطية متناوبة؟

ج: المتسعة ستنشحن وتتفرغ بالتعاقب وبصورة دورية وبذلك تعتبر دائرتها مغلقة.

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صفر:

س: ما مميزات منحنى القدرة الانية في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صفر؟

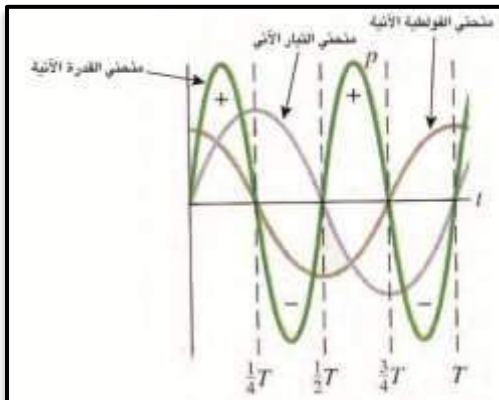
ج: 1- منحنى جيبي (sine) يحتوي اجزاء موجبة واجزاء سالبة متساوية بالمساحة.

2- تردده ضعف تردد منحنى التيار او الفولطية.

3- معدل القدرة الانية ($P_{av}=0$) لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات.

س: (علل) . القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفر في دائرة التيار المتناوب التي

تحتوي على متسعة ذات سعة صفر.



ج: لان المتسعة تشحن خلال الربع الاول من الدورة ثم تفرغ

شحنتها الى المصدر خلال الربع الذي يليه من الدورة وبعدها

تشحن المتسعة بقطبية معاكسة وتتفرغ وهكذا بالتعاقب لذا

فان المتسعة لا تبدد قدرة لعدم توافر مقاومة في الدائرة.

س: (علل) لا تعد رادة السعة مقاومة اومية ولا تخضع لقانون جول الحراري؟

ج: لأنها لا تستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تساوي صفر) .

س: (علل) لا تبدد المتسعة ذات السعة الصفر قدرة في دائرة التيار المتناوب؟

ج: لعدم توافر مقاومة في الدائرة.

س (وزاري): ما الفرق بين المقاومة والرداء السعوية من حيث تأثيرها في فرق الطور بين الفولطية والتيار في دائرة التيار المتناوب.

ج: المقاومة تجعل متجه طور الفولطية ومتجه طور التيار متطابقان ومتلازمان اي ان زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر ، بينما الرداء السعوية تجعل متجه طور التيار يتقدم عن متجه طور الفولطية بزاوية فرق طور تساوي $(90^\circ \text{ او ربع دورة})$.

س: ربط مصباح كهربائي على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدر للتيار المتناوب عند أي الترددات الزاوية العالية ام الواطنة يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح اقل توهجا ؟ (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ، وضح ذلك.

ج: عند الترددات الزاوية العالية تقل (X_C) فيزداد التيار في الدائرة لذا يكون المصباح اكثر توهجا.
 عند الترددات الزاوية المنخفضة (الواطنة) تزداد (X_C) فيقل التيار لذا يكون المصباح اقل توهجا.
 $(X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow X_C \propto \frac{1}{\omega} , C = \text{const} , I_C = \frac{V}{X_C} \Rightarrow I_C \propto \frac{1}{X_C} \Rightarrow I_C \propto \omega , C = \text{const})$

س: اثبت ان كل من رادة الحث و رادة السعة تقاس بالاور.

$$X_L = 2\pi fL \Rightarrow X_L = \text{Hz.Henry} = \frac{1}{\text{sec}} \cdot \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}} = \text{ohm}\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\frac{1}{\text{sec}} \cdot \text{Farad}} = \frac{1}{\frac{1}{\text{sec}} \cdot \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}} = \frac{\text{sec.Volt}}{\text{Amper} \cdot \text{sec}} = \text{Ohm}$$

س: ما تأثير تردد فولطية المصدر على كل من :

1- رادة السعة 2- رادة الحث ، موضحا بالرسم لمخطط البياني لكل منهما .

ج: 1- رادة السعة تقل بزيادة التردد وتزداد بنقصان التردد بثبوت سعة المتسعة (علاقة عكسية).
 2- رادة الحث تزداد بزيادة التردد وتقل عند نقصان التردد بثبوت معامل الحث الذاتي (تناسب طردي).



س : ما الذي تمثله كل من الاجزاء الموجبة والاجزاء السالبة في منحنى القدرة الانية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط :

1- محث صرف. 2- متسعة ذات سعة صرف.

ج : 1- الاجزاء الموجبة من المنحنى تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث عندما تنقل القدرة من المصدر إلى المحث والاجزاء السالبة من المنحنى تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر.

2- الاجزاء الموجبة من المنحنى تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (المتسعة تشحن) عندما تنقل القدرة من المصدر إلى المتسعة والاجزاء السالبة من المنحنى تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر (المتسعة تفرغ شحناتها) عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر.

دائرة تيار متناوب متواليّة الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C):

عند ربط مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفلوطية المتناوبة على التوالي فان:
 ♦ المتجهات الطورية للتيارات في الدائرة تنطبق على المحور (X). اما المتجهات الطورية للفلوطية فيصنع كل منها زاوية فرق طور (ϕ) مع المحور (X) والذي يتخذ كمحور اسناد (محور مرجعي).

♦ عند رسم المتجهات الطورية للفلوطية فان (V_R) و (I) متطابقان ، (V_L) يسبق (I) بـ (90°) ، (V_C) يتاخر عن (I) بـ (90°) .

♦ مقدار التيار متساوي (ثابت) على جميع عناصر الدائرة ويساوي التيار الكلي (التيار الرئيس).
 ♦ $\langle I_T = I_R = I_L = I_C = I \rangle$ ، اما مقدار فرق الجهد (الفلوطية) يختلف من عنصر إلى آخر لذلك يمكن حساب الفلوطية الكلية (الفلوطية المحصلة) والتي رمزها (V_T) وذلك من مخطط المتجهات الطورية للفلوطيات.

قانون اوم :

يعبر عن قانون اوم في دوائر التيار المتناوب حسب العنصر في الدائرة وكما يلي :

$$Z = \frac{V_T}{I_T} , R = \frac{V_R}{I_R} , X_L = \frac{V_L}{I_L} , X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

حيث تسمى نسبة فرق الجهد الكلي (المحصل) (V_T) الى التيار الكلي (I_T) بالممانعة الكلية للدائرة ورمزها (Z) وتعرف بانها (المعاكسة المشتركة للرداء والمقاومة) وتقاس بالاوم وتخضع الى قانون اوم لكنها ليست مقاومة.
 القدرتين :

تسمى القدرة المستهلكة في المقاومة بالقدرة الحقيقية ورمزها (P_{real}) وتقاس بالواط (watt) وتعطى بالعلاقات الاتية :

$$P_{real} = I_D V_D \quad \text{or} \quad P_{real} = I_D^2 \cdot R \quad \text{or} \quad P_{real} = \frac{V_R^2}{R}$$

تسمى القدرة الكلية المجهزة للدائرة بالقدرة الظاهرية ورمزها (P_{app}) وتقاس بـ (الفولت - امبير) (VA) وتعطى بالعلاقات الآتية:

$$P_{app} = I_T V_T \quad \text{or} \quad P_{app} = I_T^2 \cdot Z \quad \text{or} \quad P_{app} = \frac{V_T^2}{Z}$$

الرادتين :

ان كل من رادة الحث (X_L) ورادة السعة (X_C) يمكن ان تحسب بموجب العوامل وكما درسنا ذلك سابقا وكما يلي :

$$X_L = \omega L \quad \text{or} \quad X_L = 2\pi f L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{or} \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

عامل القدرة :

ان مقدار عامل القدرة (pf) في دائرة التيار المتناوب يحسب اما من نسبة القدرة الحقيقية الى القدرة الظاهرية او من معرفة زاوية فرق الطور (ϕ) وهو عدد مجرد من الوحدات وكما يلي:

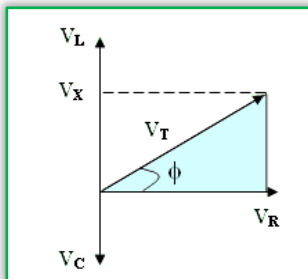
$$pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} \quad \text{or} \quad pf = \frac{V_R}{V_T} \quad \text{or} \quad pf = \frac{R}{Z} \quad \text{or} \quad pf = \cos \phi$$

فيثاغورس والدوال المثلثية (\cos, \tan) من مخطط الفولطية:

خواص دائرة (RLC) :

a- اذا كانت ($V_L > V_C$) فالمخطط الطوري للفولطية يرسم كما في الشكل لذلك فان :

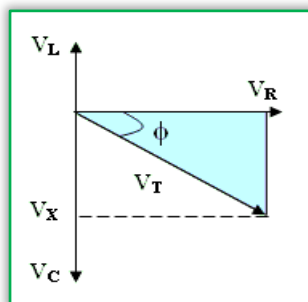
- خواص الدائرة حثية وان فولطية الرادة المحصلة (V_X) موجبة .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار (I) موجبة .
- متجه الطور للفولطية الكلية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .



- مثلث الفولطية يرسم في الربع الأول (نحو الأعلى).

b- اذا كانت ($V_C > V_L$) فالمخطط الطوري للفولطية يرسم كما في الشكل لذلك فان :

- خواص الدائرة سعوية وان فولطية الرادة المحصلة (V_X) سالبة .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار سالبة .
- متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر (يتخلف) عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث الفولطية يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل) .



من مخطط المتجهات الطورية للفولطيات نجد ان اضلاع المثلث القائم الزاوية هي :

$$(V_T \leftarrow \text{وتر}) , (V_R \leftarrow \text{مجاور}) , (V_X \leftarrow \text{مقابل})$$

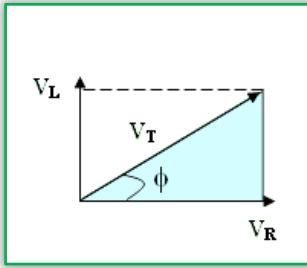
لذلك يمكن ان نطبق مبرهنة فيثاغورس والدوال المثلثية وكما يلي:
مبرهنة فيثاغورس:

$$V_T^2 = V_R^2 + V_X^2, \quad V_X = V_L - V_C$$

الدوال المثلثية (cos, tan):

$$\tan \phi = \frac{V_X}{V_R}, \quad \cos \phi = \frac{V_R}{V_T}$$

حيث: V_X : فولطية الرادة المحصلة وتمثل الفرق بين فولطية الرادتين وتعوض (V_X) بإشارة سالبة في قانون الفرق بين فولطية الرادتين ($V_X = V_L - V_C$) عند حساب (V_L) او (V_C) وايضا في دالة الـ (\tan) عند حساب (ϕ) اذا وردت في السؤال عبارة خصائص سعوية.



✓ اذا كانت دائرة التيار المتناوب تحتوي على ملف فقط او ملف ومقاومة او محث ومقاومة فتسمى الدائرة في هذه الحالة بدائرة (RL) ويكون المخطط الطوري للفولطية لهذه الدائرة في الربع الاول وفيها يستبدل (V_L) بـ (V_X) في مبرهنة فيثاغورس وفي دالة الـ (\tan) وكما يلي:

$$\left\langle V_T^2 = V_R^2 + V_L^2, \quad \tan \phi = \frac{V_L}{V_R} \right\rangle$$

فيثاغورس والدوال المثلثية (cos, tan) من مخطط الممانعة:
خواص دائرة (RLC):

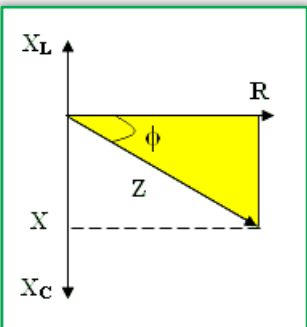
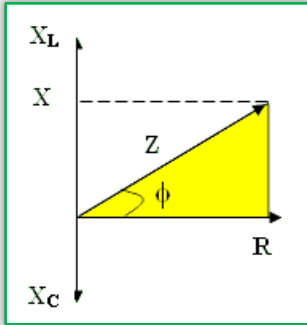
a- اذا كانت ($X_L > X_C$) فالمخطط الطوري للممانعة يرسم كما في الشكل لذلك فان:

- خواص الدائرة حثية وان الرادة المحصلة (X) موجبة.
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار (I) موجبة.
- متجه الطور للفولطية الكلية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ).

• مثلث الممانعة يرسم في الربع الأول (نحو الأعلى).

b- اذا كانت ($X_C > X_L$) فالمخطط الطوري للممانعة يرسم كما في الشكل لذلك فان:

- خواص الدائرة سعوية وان الرادة المحصلة (X) سالبة.
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) ومتجه الطور للتيار سالبة.
- متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر (يتخلف) عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ).
- مثلث الممانعة يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل).



من مخطط المتجهات الطورية للممانعة نجد ان اضلاع المثلث القائم الزاوية هي :

$$(Z \leftarrow \text{وتر}) , (R \leftarrow \text{مجاور}) , (X \leftarrow \text{مقابل})$$

لذلك يمكن ان نطبق مبرهنة فيثاغورس والدوال المثلثية وكما يلي:

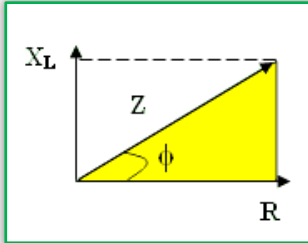
مبرهنة فيثاغورس:

$$Z^2 = R^2 + X^2 , X = X_L - X_C$$

الدوال المثلثية (cos, tan):

$$\tan \phi = \frac{X}{R} , \cos \phi = \frac{R}{Z}$$

حيث: X: الرادة المحصلة وتقاس بالاولم (Ω) وتمثل الفرق بين الرادتين وتعوض (X) باشارة سالبة في قانون الفرق بين الرادتين ($X = X_L - X_C$) عند حساب (X_L) او (X_C) وايضا في دالة الـ (tan) عند حساب (ϕ) اذا وردت في السؤال عبارة خصائص سعوية.



✓ اذا كانت دائرة التيار المتناوب هي (RL) ففي هذه الحالة يكون المخطط الطوري للممانعة في الربع الاول وفيها يستبدل (X_L) بـ (X) في مبرهنة فيثاغورس وفي دالة الـ (tan) وكما يلي:

$$\left\langle Z^2 = R^2 + X_L^2 , \tan \phi = \frac{X_L}{R} \right\rangle$$

✓ اذا وردت في سؤال التوالي عبارة (ملف ومقاومة) هذا يعني ان الدائرة تحتوي على مقاومتين هما مقاومة الملف (R_L) ومقاومة الدائرة (R) لذا علينا ان نجمع المقاومتين للحصول على المقاومة الكلية ($R_T = R_L + R$).

مثال 4 (كتاب): ربط ملف معامل حثه الذاتي ($L = \frac{\sqrt{3}}{\pi} \text{ mH}$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده

(100V) فكانت زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار (60°)

ومقدار التيار المناسب في الدائرة (10A) ما مقدار: 1- مقاومة الملف 2- تردد الدائرة.

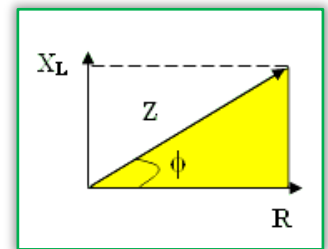
الحل:

$$1) Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{10} = 10\Omega , \cos \phi = \frac{R}{Z} \Rightarrow \cos 60^\circ = \frac{R}{10}$$

$$\therefore R = 10 \cos 60^\circ = 10 \times 0.5 = 5\Omega$$

$$2) \tan \phi = \frac{X_L}{R} \Rightarrow \tan 60^\circ = \frac{X_L}{5} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{X_L}{5} \Rightarrow X_L = 5\sqrt{3}\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow 5\sqrt{3} = 2\pi f \times \frac{\sqrt{3}}{\pi} \times 10^{-3} \Rightarrow f = \frac{5000}{2} = 2500\text{Hz}$$



س : وضح ما التغير الذي يحصل في توهج مصباح مربوط في دائرة تيار متناوب عندما يربط مع المصباح على التوالي ؟

1- ملف مهمل المقاومة . 2- متسعة ذات سعة صرف بدلا من الملف .

ج : 1- تقل شدة توهج المصباح لنقصان التيار المناسب فيه بسبب ازدياد ممانعة الدائرة نتيجة لتولد رادة حث فضلا عن مقاومة المصباح .

2- تقل شدة توهج المصباح لنقصان التيار المناسب فيه بسبب ازدياد ممانعة الدائرة نتيجة لتولد رادة سعة فضلا عن مقاومة المصباح .

س : علام يعتمد مقدار الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R - L - C)$.

ج : a- مقدار المقاومة (R) b- مقدار معامل الحث الذاتي (L) c- مقدار سعة المتسعة (C) .

d- مقدار تردد مصدر الفولطية (f) . وفق العلاقة الآتية : $Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2}$

عامل القدرة (power factor):

س : ما المقصود بعامل القدرة ؟

ج : عامل القدرة : هو نسبة القدرة الحقيقية الى القدرة الظاهرية .

س : علام يعتمد مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R - L - C)$.

ج : عامل القدرة (Pf) يعتمد على نسبة القدرة الحقيقية (P_{real}) إلى القدرة الظاهرية (P_{app}) . $(pf = \frac{P_{real}}{P_{app}})$

او يعتمد على قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية (V_T) والتيار (I) لان $(Pf = \cos \phi)$ او يعتمد على المقاومة (R) والممانعة (Z) . $(Pf = \cos \phi = \frac{R}{Z})$.

س : ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب (مع ذكر السبب) اذا كان الحمل فيها يتألف من :

1- مقاومة صرف. 2- محث صرف. 3- متسعة ذات سعة صرف.

4- ملف ومتسعة والدائرة متوالية الربط ليست في حالة رنين.

ج : 1- عامل القدرة يساوي واحد لان زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للفولطية (V_R) ومتجه الطور للتيار (I_R) تساوي صفر لان : $\cos 0 = 1$ حيث $(pf = \cos \phi = \cos 0 = 1)$.

2- عامل القدرة (Pf) يساوي صفر لان متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $(\phi = 90^\circ)$ حيث $(pf = \cos \phi = \cos 90^\circ = 0)$.

3- عامل القدرة (Pf) يساوي صفر لان متجه الطور للتيار يسبق متجه الطور للفولطية بزاوية فرق الطور $(\phi = 90^\circ)$ حيث $(pf = \cos \phi = \cos 90^\circ = 0)$.

4- ($1 > pf > 0$) لان زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار تكون ($0 < \phi < 90^\circ$) وذلك بسبب وجود ممانعة كلية بالدائرة (Z) وهي المعاكسة المشتركة للمقاومة والرادية.

س (وزاري): ما العلاقة بين القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية في دوائر التيار المتناوب التي تحتوي على مقاومة صرف ومتسعة صرف ومحث صرف؟

$$P_{\text{real}} = P_{\text{app}} \cos \phi$$

س (وزاري): ما الكمية الفيزيائية التي تقاس بوحدة (Volt. Amper)؟

ج: القدرة الظاهرية.

س: دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R - L - C) على التوالي مع بعضها، وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة. وضح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة ورادة الحث ورادة السعة، اذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر.

ج: مقدار (R) ثابت لا يتغير مع تغير التردد الزاوي (ω). مقدار رادة الحث (X_L) يتضاعف بمضاعفة التردد الزاوي لان: $L = \text{const} \Rightarrow X_L \propto \omega \Rightarrow X_L = \omega L$ ، يقل مقدار رادة السعة (X_C) إلى نصف ما كان عليه بمضاعفة التردد الزاوي لان: $C = \text{const} \Rightarrow X_C \propto \frac{1}{\omega} \Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C}$

س: في ربط التوالي فان فرق الجهد الكلي (V_T) لا يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد (V_R, V_L, V_C) بين طرفي كل عنصر من عناصر الدائرة.

ج: وذلك بسبب وجود زاوية فرق الطور بين كل من المتجهات الطورية للفولطية ومتجه الطور للتيار والذي ينطبق على محور الاسناد الافقي.

مثال 5(كتاب): دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ومحث صرف (R L C) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة (200V) وكانت $X_C = 90\Omega$ ، $X_L = 120\Omega$ ، $R = 40\Omega$ احسب مقدار:

1- الممانعة الكلية. 2- التيار المنساب في الدائرة وارسم المخطط الطوري للممانعة .

3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار وما هي خصائص هذه الدائرة .

4- عامل القدرة. 5- القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة .

6- القدرة الظاهرية (القدرة المجهزة للدائرة) .

الحل:

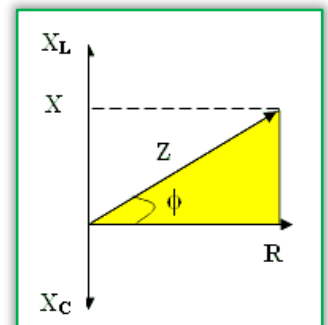
$$1) Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = (40)^2 + (120 - 90)^2 = 1600 + 900 = 2500$$

$$\therefore Z = 50\Omega$$

$$2) I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A \quad , \quad 3) \tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{120 - 90}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \phi = 37^\circ$$

خصائص الدائرة حثية لان ($X_L > X_C$).



$$4) \text{ pf} = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$$

$$5) P_{\text{real}} = I^2 R = (4)^2 \times 40 = 640 \text{ watt} , P_{\text{app}} = IV_T = 4 \times 200 = 800 \text{ VA}$$

س: ماذا يعني ان القدرة لا تستهلك في المحث اذا كان محث صرف ولا تستهلك في المتسعة اذا كانت متسعة ذات سعة صرف .
ج: في المحث الصرف تختزن القدرة في مجاله المغناطيسي في احد ارباع الدورة ثم تعاد الى المصدر في الربع الذي يليه كذلك في المتسعة تختزن القدرة في مجالها الكهربائي في احد ارباع الدورة ثم تعيدها الى المصدر في الربع الذي يليه.
الاهتزاز الكهرومغناطيسي:

س: ما المقصود بدائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي: هي دائرة كهربائية مغلقة تتألف من ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي (L) ومتسعة ذات سعة صرف (C) شحنت بمصدر فولطية مستمرة ثم فصلت عنه وتسمى مثل هذه الدائرة بدائرة المحث - المتسعة (L - C) وان كل من تيار هذه الدائرة وفرق الجهد يتغيران كدالة جيبية مع الزمن وتسمى هذه التغيرات بالاهتزازات الكهرومغناطيسية.

- تتألف دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي من متسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة ومحث صرف وتسمى مثل هذه الدائرة بدائرة المحث - المتسعة (L - C).
- تيار هذه الدائرة وكذلك فرق الجهد يتغير كل منهما كدالة جيبية مع الزمن وهذه التغيرات في الفولطية والتيار في دائرة (L - C) تسمى الاهتزازات الكهرومغناطيسية.
- ان الطاقة الكهربائية المخزنة في المجال الكهربائي للمتسعة ذات السعة (C) تعطى بالعلاقة الاتية: $\left\langle PE = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \right\rangle$ اذا ان (Q) تمثل مقدار الشحنة المخزنة في اي من صفيحتي متسعة ذات سعة صرف سعتها (C).

- ان الطاقة المغناطيسية المخزنة في المجال المغناطيسي لمحث صرف ذي معامل الحث الذاتي (L) تعطى بالعلاقة الاتية: $\left\langle PE = \frac{1}{2} LI^2 \right\rangle$ اذا ان (I) يمثل التيار المناسب خلال المحث الصرف.

- بعد شحن المتسعة بكامل شحنتها تكون الطاقة الكلية في الدائرة قد اختزنت في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ثم تبدأ المتسعة بتفريغ شحنتها خلال المحث وفي هذه اللحظة ينساب التيار خلال المحث مولدا مجالا مغناطيسيا وبذلك يكون قسما من الطاقة مختزنا في المجال الكهربائي للمتسعة والقسم الآخر في المجال المغناطيسي للمحث وبعد ان تتفرغ المتسعة من شحنتها تفريغا كاملا يكون التيار المناسب في المحث في مقداره الأعظم فتختزن جميع الطاقة في المجال المغناطيسي للمحث ثم تنشحن المتسعة مرة أخرى فتختزن الطاقة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ثم تتفرغ المتسعة لتختزن الطاقة في المجال المغناطيسي للمحث وهكذا يستمر اختزان الطاقة بين المتسعة والمحث من غير نقصان وذلك لان الدائرة لا تحتوي على مقاومة تتسبب في ضياع الطاقة.

- في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي العملية التي تحتوي متسعة وملفا (غير مهمل المقاومة) نجد ان سعة اهتزاز الطاقة تتلاشى مع الزمن بسبب احتواء هذه الدائرة مقاومة.

• في الدائرة المهتزة يمكن حساب التردد الزاوي الطبيعي (ω) او التردد الطبيعي (f) من العلاقات

التالية: $\left\langle \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \right\rangle$ ، $\left\langle f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \right\rangle$ اذ ان : $\langle \omega_r = 2\pi f_r \rangle$.

س (وزاري): كيف يمكن الحصول على حالة الرنين في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي؟

ج: اذا تم توليف هذه الدائرة مع تردد الاشارة المطلوب تسلمها (اي جعل تردد دائرة الاستقبال مساويا لتردد الاشارة المطلوب تسلمها) وهذا ما يحدث في عملية التوليف بين محطات الاذاعة او التلفاز وتردد اجهزة الاستقبال في البيوت وذلك بتغير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة.

س (وزاري): علام يعتمد التردد الطبيعي لدوائر الاهتزاز الكهرومغناطيسي؟

او (ما الذي يحدد التردد الطبيعي لدائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي)؟

ج: يعتمد على : 1- معامل الحث الذاتي للمحث. 2- سعة المتسعة.

س: هل يستمر الاهتزاز الكهرومغناطيسي في دوائر الاهتزاز العملية المحتوية على متسعة وملف؟ ولماذا؟

ج: كلا. وذلك لان الملف يحتوي على مقاومة تعمل على تلاشي سعة اهتزاز الطاقة بمرور الزمن.

س: علل. تتغير الطاقة الكهربائية والطاقة المغناطيسية بين الصفر والقيمة العظمى في دائرة الاهتزاز

الكهرومغناطيسي؟

ج: بما ان شحنة المتسعة والتيار المنساب في المحث يتغيران كدالة جيبية مع الزمن فان الطاقة الكهربائية للمتسعة تعتمد على مربع الشحنة (Q^2) والطاقة المغناطيسية للمحث تعتمد على مربع التيار (I^2) فان هذا يعني ان الطاقة الكهربائية والطاقة المغناطيسية تتغير كل منهما بين الصفر والقيمة العظمى كدالة للزمن.

س (وزاري): علام يعتمد مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة في دائرة الاهتزاز

الكهرومغناطيسي؟

ج: تعتمد على مربع الشحنة (Q^2) المختزنة في اي من صفيحتيها. وفقا للعلاقة : $\left\langle PE = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \right\rangle$

س: علام يعتمد مقدار الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي؟

ج: تعتمد على مربع التيار (I^2) وفقا للعلاقة : $\left\langle PE = \frac{1}{2} LI^2 \right\rangle$.

الرنين في دوائر التيار المتناوب :

س (وزاري): ما الأهمية العملية لدوائر التيار المتناوب (R-L-C) المتوالية الربط؟

ج: تكمن اهميتها في الطريقة التي تتجاوب فيها هذه الدوائر مع مصادر ذوات ترددات مختلفة والتي تجعل القدرة المتوسطة المنتقلة إلى الدائرة بأكبر مقدار.

س: ماذا ينتج عن الاشارة الراديوية عند تردد معين؟ ومتى يكون التيار باعظم مقدار؟ وماذا تسمى هذه الحالة؟

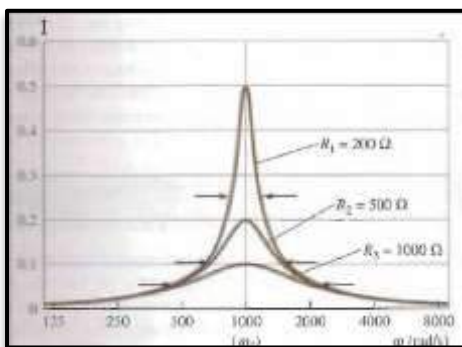
ج: ان الاشارة الراديوية عند تردد معين تنتج تيارا يتغير بالتردد نفسه في دائرة الاستقبال ويكون هذا التيار

باعظم مقدار اذا كان تردد دائرة الاستقبال (دائرة التنعيم) مساويا

لتردد الاشارة المستلمة وعندها تكون رادة الحث (X_L) مساوية

لرادة السعة (X_C) وهذا يجعل ممانعة الدائرة باقل مقدار ($Z=R$)

فتسمى هذه الحالة الرنين الكهربائي.



- س :** ما تأثير مقدار المقاومة في مقدار منحنى التيار عند التردد الرنيني عندما يكون مقدار المقاومة : 1- صغيرا 2- كبيرا
- ج :** 1- يكون منحنى التيار رفيعا (حادا) ومقداره كبيرا.
2- يكون منحنى التيار واسعا ومقداره صغيرا.
- س :** ماهي مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (مقاومة ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومذبذب كهربائي؟
- ج :** 1- ترددها (f) يساوي التردد الرنيني (f_r) وهذا يجعل ($X_L = X_C$) وعندئذ تكون الرادة ($X=0$) وكذلك ($V_L = V_C$) وعندئذ تكون فولطية الرادة ($V_X=0$).
2- تمتلك خواص مقاومة اومية صرف لان ($Z=R$).
3- متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار يكونان بطور واحد اي ان زاوية فرق الطور (ϕ) بينهما تساوي صفر.
4- عامل القدرة (P_f) يساوي الواحد الصحيح لان ($PF = \cos \phi = \cos 0 = 1$).
5- القدرة الحقيقية تساوي القدرة الظاهرية. ($P_{real} = P_{app}$).
6- التيار المناسب فيها يكون باكبر مقدار لان ممانعتها (Z) تكون باقل مقدار. ويعتمد مقدار التيار على مقدار المقاومة ($I_R = \frac{V}{R}$).
س (وزاري): علام يعتمد التردد الزاوي في الدائرة الرنينية؟
ج: يعتمد على الجذر التربيعي لمعامل الحث الذاتي وسعة المتسعة ($\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$).
س (وزاري): علام يعتمد مقدار الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية في حالة رنين؟
ج: يعتمد مقدارها على مقاومة الدائرة (تزداد بازدياد المقاومة).
س (وزاري): من شرط الرنين الكهربائي اثبت ان : ($\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$).
ج :
$$X_L = X_C \Rightarrow \omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow \omega_r^2 LC = 1 \Rightarrow \omega_r^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

س : في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على مقاومة ومحث ومتسعة (RLC) متى يقال عنها :
1- الدائرة تعمل بخواص حثية . 2- الدائرة تعمل بخواص سعوية . 3- الدائرة تعمل بخواص مقاومة صرف .
ج : 1- اذا كان تردد الدائرة اكبر من التردد الرنيني لان ($X_L > X_C$) وكذلك تكون ($V_L > V_C$).
2- اذا كان تردد الدائرة اصغر من التردد الرنيني لان ($X_C > X_L$) وكذلك تكون ($V_C > V_L$).
3- اذا كان تردد الدائرة يساوي التردد الرنيني لان ($X_L = X_C$) وكذلك تكون ($V_L = V_C$).

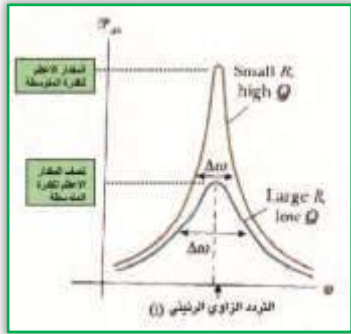
عامل النوعية (Quality Factor):

س : متى تتحقق حالة الرنين في دوائر التيار المتناوب المتوالية الربط (R-L-C) ؟

ج : عندما يكون التردد الزاوي للدائرة مساويا للتردد الزاوي الرنيني أي ان $(\omega = \omega_r)$ وعندها تكون القدرة المتوسطة (P_{av}) في مقدارها الأعظم .

س : مثل بيانيا القدرة المتوسطة والتردد الزاوي لمقاربن مختلفين للمقاومة .

ج :



س (وزاري): ما المقصود بنطاق التردد الزاوي وعلاماً يعتمد مقداره؟

ج : نطاق التردد الزاوي : هو الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الأعظم للقدرة المتوسطة .

يعتمد على :

- 1- مقاومة الدائرة حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي طردياً مع المقاومة.
- 2- معامل الحث الذاتي للملف حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي عكسياً مع معامل الحث الذاتي للملف.

س : ما المقصود بعامل النوعية ؟

ج : عامل النوعية : هو نسبة التردد الزاوي الرنيني الى نطاق التردد الزاوي .

س : علاماً يعتمد مقدار عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R - L - C)$.

ج : عامل النوعية (Q_f) يعتمد على النسبة بين مقادري التردد الزاوي الرنيني (ω_r) ونطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$

حيث : $(Q_f = \frac{\omega_r}{\Delta\omega})$. او يعتمد على مقدار : 1- المقاومة (R) 2- معامل الحث الذاتي (L)

3- سعة المتسعة (C) . وفقاً للعلاقة الآتية : $(Q_f = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}})$.

س (وزاري): (علل) . يقل عامل النوعية في الدائرة الرنينية المتوالية الربط كلما كانت مقاومة هذه الدائرة كبيرة المقدار؟

ج : لانه عندما تكون المقاومة في الدائرة كبيرة المقدار تجعل منحنى القدرة المتوسطة واسعا (عريضاً) فيكون عرض نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ كبيراً فيقل عامل النوعية لهذه الدائرة.

س (وزاري): (علل) يزداد عامل النوعية في الدائرة الرنينية المتوالية الربط كلما كانت مقاومة هذه الدائرة صغيرة المقدار؟

ج : لانه عندما تكون المقاومة في الدائرة صغيرة المقدار تجعل منحنى القدرة المتوسطة حاداً فيكون عرض نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ صغيراً فيزداد عامل النوعية لهذه الدائرة.

س(وزاري) : وضح تأثير زيادة المقاومة الكهربائية على عامل النوعية في دائرة تيار متناوب رنينية متوالية الربط.

ج: يقل عامل النوعية لانه يتناسب عكسيا مع المقاومة . $(Qf = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}})$

س(وزاري) : ما تأثير؟ (وضح ذلك) زيادة المقاومة الكهربائية على نطاق التردد الزاوي وعامل النوعية في دائرة تيار متناوب رنينية متوالية الربط.

ج: نطاق التردد الزاوي يزداد بزيادة المقاومة $\left[\Delta\omega = \frac{R}{L} \right]$ (تناسب طردي) وعامل النوعية يقل بزيادة المقاومة

(تناسب عكسي) $\left[Qf = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \right]$

س : اشتق علاقة رياضية لحساب عامل النوعية .

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} = \frac{1}{\frac{R}{L}} = \frac{1}{R} \times \frac{L}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{R} \times \frac{\sqrt{L} \times \sqrt{L}}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

■ في دوائر الرنين الكهربائي فان :

$$1 - V_X = 0 \Rightarrow V_L = V_C \Rightarrow V_T = V_R$$

$$2 - X = 0 \Rightarrow X_L = X_C \Rightarrow Z = R$$

$$3 - \phi = 0, \quad Pf = 1$$

$$4 - P_{real} = P_{app}$$

$$5 - I_R = \frac{V_T}{R}$$

$$6 - \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad \omega_r = 2\pi f_r \Rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$7 - \Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 \quad \text{or} \quad \Delta\omega = \frac{R}{L}$$

$$8 - Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \quad \text{or} \quad Qf = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

حيث:

ω_r : التردد الزاوي الرنيني بوحدة (rad/s). ، f_r : التردد الرنيني بوحدة هرتز (Hz).

$\Delta\omega$: نطاق التردد الزاوي بوحدة (rad/s). ، Qf : عامل النوعية وهو عدد مجرد من الوحدات.

ω_1, ω_2 : قيمتي التردد الزاوي على جانبي التردد الزاوي الرنيني (ω_r) عندما تهبط القدرة المتوسطة إلى نصف مقدارها الأعظم .

س(وزاري): ما نوع الحمل المربوط في دائرة التيار المتناوب اذا كان عامل القدرة فيها؟ (1 صفر. 2 واحد.

ج: 1) محث صرف او متسعة ذات سعة صرف.

(2) مقاومة صرف او مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف على التوالي مع بعضها والدائرة في حالة رنين.

س : دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R - L - C$) مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتهما مع مصدرا للفولطية المتناوبة . ما العلاقة بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار في الحالات الاتية : a- رادة الحث تساوي رادة السعة ($X_L = X_C$).

b- رادة الحث اكبر من رادة السعة ($X_L > X_C$) . c- رادة الحث اصغر من رادة السعة ($X_L < X_C$).

ج : a- عندما ($X_L = X_C$) فان: متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار يكونان في طور واحد أي ان ($\phi = 0$) والدائرة لها خصائص مقاومة صرف (اومية) وهي حالة الرنين الكهربائي.

b- عندما ($X_L > X_C$) فان: متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) موجبة ، ($0 < \phi < \frac{\pi}{2}$) وتكون للدائرة خصائص حثية.

c- عندما ($X_L < X_C$) فان: متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) سالبة، ($0 < \phi < \frac{\pi}{2}$) وتكون للدائرة خصائص سعوية.

س : دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R - L - C$) على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة وكانت هذه الدائرة في حالة رنين وضح ما هي خصائص هذه الدائرة وما علاقة الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار اذا كان تردده الزاوي :

1- اكبر من التردد الزاوي الرنيني . 2- اصغر من التردد الزاوي الرنيني . 3- يساوي التردد الزاوي الرنيني.

ج : 1- عندما ($\omega > \omega_r$) تكون للدائرة خصائص حثية أي ان متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم على متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ϕ موجبة (تقع في الربع الاول) وهذا يجعل $V_L > V_C$.

2- عندما ($\omega < \omega_r$) تكون للدائرة خصائص سعوية أي ان متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور (ϕ) سالبة (تقع في الربع الرابع) وهذا يجعل $V_L < V_C$.

3- عندما ($\omega = \omega_r$) تكون للدائرة خصائص مقاومة اومية صرف وان زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار تساوي صفر ($\phi = 0$) وتسمى مثل هذه الدائرة بالدائرة الرنينية.

مثال 6 (كتاب): دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ($R = 500\Omega$) ومحث صرف ($L = 2H$) ومتسعة ذات سعة صرف ($C = 0.5\mu F$) ومذبذبا كهربائيا مقدار فرق الجهد بين طرفيه (100V) ثابتا والدائرة في حالة رنين . احسب مقدار:

1- التردد الزاوي الرنيني . 2- رادة الحث ورادة السعة والرادة المحصلة . 3- التيار المنساب في الدائرة.

4- الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمتسعة والرادة المحصلة).

5- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار، وعامل القدرة .

الحل :

$$1) \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2 \times 0.5 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{10^{-3}} = 1000 \text{ rad / s}$$

$$2) X_L = \omega_r L = 1000 \times 2 = 2000 \Omega , \quad X_C = X_L = 2000 \Omega , \quad X = X_L - X_C = 0$$

$$3) I = \frac{V_T}{Z} = \frac{100}{500} = 0.2 \text{ A}$$

$$4) V_R = IR = 0.2 \times 500 = 100 \text{ V}$$

$$V_L = IX_L = 0.2 \times 2000 = 400 \text{ V} , \quad V_C = V_L = 400 \text{ V} , \quad V_X = V_L - V_C = 0$$

$$5) \phi = 0 , \quad \text{pf} = 1$$

دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C):

عند ربط مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف على التوازي مع بعضها والمجموعة ربطت على التوالي بين قطبي مصدر للفلوطية المتناوبة فان:

♦ المتجهات الطورية للفلوطيات في الدائرة تنطبق على المحور (X) . اما المتجهات الطورية للتيارات فيصنع كل منها زاوية فرق طور (ϕ) مع المحور (X) والذي يتخذ كمحور اسناد (محور مرجعي) .

♦ عند رسم المتجهات الطورية للتيارات فان (I_R) و (V) متطابقان ، (I_C) يسبق (V) بـ (90°) ، (I_L) يتاخر عن (V) بـ (90°) .

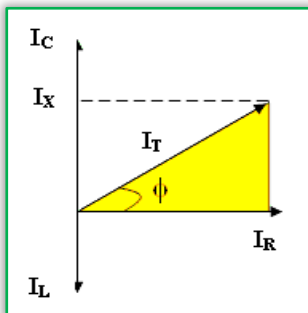
♦ مقدار فرق الجهد متساوي (ثابت) على جميع عناصر الدائرة ويساوي فرق الجهد الكلي $\langle V_T = V_R = V_C = V_L = V \rangle$. اما مقدار التيار فيختلف من عنصر إلى آخر لذلك يمكن حساب التيار الكلي (التيار الرئيس) والذي رمزه (I_T) وذلك من مخطط المتجهات الطورية للتيارات.

فيثاغورس والدوال المثلثية (من مخطط التيار) :

خواص دائرة (RLC) :

1- اذا كان متجه الطور للتيار خلال المتسعة (I_C) اكبر من متجه الطور للتيار خلال المحث (I_L) فالمخطط الطوري للتيار

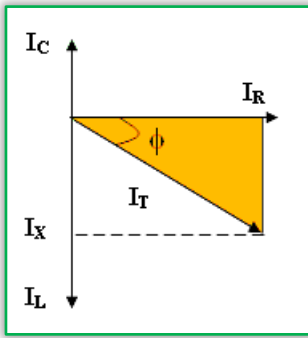
يرسم كما في الشكل لذلك فان :



- خواص الدائرة سعوية وان تيار الرادة المحصلة (I_X) موجب .
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للتيار الكلي (I_T) ومتجه الطور للفلوطية (V) موجبة .
- متجه الطور للتيار الكلي (I_T) يسبق متجه الطور للفلوطية (V) بزاوية فرق طور (ϕ) .
- مثلث للتيار يرسم في الربع الأول (نحو الاعلى) .

2- اذا كان متجه الطور للتيار خلال المتسعة (I_C) اصغر من متجه الطور للتيار خلال المحث (I_L) فالمخطط الطوري للتيار

يرسم كما في الشكل لذلك فان :



- خواص الدائرة حثية وان تيار الرادة المحصلة (I_X) سالب.
- زاوية فرق الطور (ϕ) بين متجه الطور للتيار الكلي (I_T) ومتجه الطور للفلوطية (V) سالبة.
- متجه الطور للتيار الكلي (I_T) يتأخر عن متجه الطور للفلوطية (V) بزاوية فرق طور (ϕ).
- مثلث التيار يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل).

من مخططات المتجهات الطورية للتيارات نجد ان اضلاع المثلث القائم الزاوية هي :

$$(I_T \leftarrow \text{وتر}) , (I_R \leftarrow \text{مجاور}) , (I_X \leftarrow \text{مقابل})$$

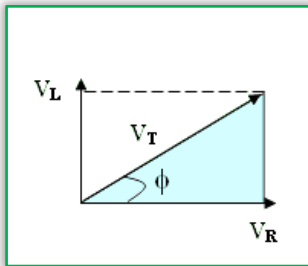
لذلك يمكن ان نطبق مبرهنة فيثاغورس والدوال المثلثية وكما يلي:
مبرهنة فيثاغورس :

$$I_T^2 = I_R^2 + I_X^2 , I_X = I_C - I_L$$

الدوال المثلثية (\cos, \tan):

$$\tan \phi = \frac{I_X}{I_R} , \cos \phi = \frac{I_R}{I_T}$$

حيث: I_X : تيار الرادة المحصلة ويمثل الفرق بين تيار الرادتين ويعوض (I_X) باشارة سالبة في قانون الفرق بين تيار الرادتين ($I_X = I_C - I_L$) عند حساب (I_C) او (I_L) وايضا في دالة الـ (\tan) عند حساب (ϕ) اذا وردت في السؤال عبارة خصائص حثية.



✓ اذا كانت دائرة التيار المتناوب المتوازية الربط تحتوي على مقاومة ومتسعة فقط (**دائرة RC**) فالمخطط الطوري للتيارات لهذه الدائرة سيكون في الربع الاول وفيها يستبدل (I_C) بـ (I_X) في مبرهنة فيثاغورس وفي دالة الـ (\tan) وكما يلي:

$$\left\langle I_T^2 = I_R^2 + I_C^2 , \tan \phi = \frac{I_C}{I_R} \right\rangle$$

✓ بما ان ($\text{pf} = \cos \phi$) لذلك يمكن ان يحسب من المخطط الطوري للتيارات $\left\langle \text{pf} = \frac{I_R}{I_T} \text{ or } \text{pf} = \frac{Z}{R} \right\rangle$

✓ ان كل من قانون اوم والقدرتين والرادتين وعامل القدرة بموجب تعريفه هي قوانين عامة للتوالي والتوازي.

س (وزاري): دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L-C-R) هل يمكن ان يكون فيها التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه ($\phi = 0$)؟ ولماذا؟

ج: كلا لا يمكن . لان متجه طور التيار في المتسعة يتقدم متجه طور الفولطية في الدائرة بزاوية فرق طور

$$(\phi = 90^\circ) \text{ او } (\phi = \frac{\pi}{2}) .$$

س: في ربط التوازي فان التيار الرئيس (I_T) لا يساوي المجموع الجبري للتيارات الفرعية (I_R, I_L, I_C) المناسبة في العناصر المكونة للدائرة.

ج: وذلك بسبب وجود زاوية فرق الطور بين كل من المتجهات الطورية للتيارات ومتجه الطور للفولطية والذي ينطبق على محور الاسناد الافقي.

مثال 7 (كتاب): دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف R ومتسعة ذات سعة صرف C ومحث صرف L مربوطة جميعا على التوازي)، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (240V) وكان مقدار المقاومة (80Ω) ورادة الحث (20Ω) ورادة السعة (30Ω) احسب مقدار:

1- التيار المناسب في كل فرع من فروع الدائرة.

2- احسب مقدار التيار الرئيسي المناسب في الدائرة مع رسم المخطط الاتجاهي الطوري للتيارات.

3- الممانعة الكلية في الدائرة .

4- زاوية فرق الطور بين المخطط الطوري للتيار الكلي والمخطط الطوري لفرق الجهد ، وما هي خصائص هذه الدائرة.

5- عامل القدرة.

6- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة في الدائرة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة) .

الحل:

$$1 - I_R = \frac{V}{R} = \frac{240}{80} = 3A , I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{240}{30} = 8A , I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{20} = 12A$$

$$2 - I_T = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = (3)^2 + (8 - 12)^2 = 9 + 16 = 25 \Rightarrow I_T = 5A$$

$$3 - Z = \frac{V}{I_T} = \frac{240}{5} = 48\Omega$$

$$4 - \tan \phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{8 - 12}{3} = -\frac{4}{3}$$

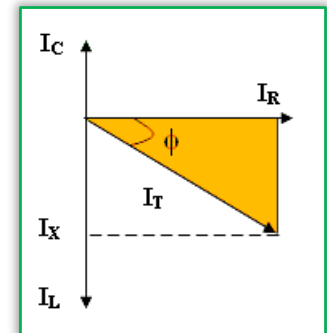
$$\therefore \phi = -53^\circ$$

خصائص الدائرة حثية لان ($I_L > I_C$) .

$$5 - pf = \cos \phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$6 - P_{\text{real}} = I_R V = 3 \times 240 = 720 \text{ watt}$$

$$P_{\text{app}} = I_T V = 5 \times 240 = 1200 \text{ VA}$$



خلاصة

- 1- في ربط التوالي يوجد مخططان احدهما للفولطية والآخر للممانعة وليس هنالك مخطط للتيار لان التيار ثابت اما في ربط التوازي فيوجد مخطط للتيار فقط ولا يوجد مخطط للفولطية او مخطط للممانعة .
- 2- في ربط التوالي تحسب الممانعة الكلية اما من مثلث الممانعة (مبرهنة فيثاغورس) او من قانون اوم $(Z = \frac{V_T}{I})$ او من عامل القدرة او من معرفة زاوية فرق الطور $(\cos \phi = \frac{R}{Z})$ او من القدرة الظاهرية $(P_{app} = I^2 Z)$ ، اما في ربط التوازي فتحسب الممانعة الكلية وفقا لقانون اوم $(Z = \frac{V}{I_T})$ او من القدرة الظاهرية $(P_{app} = I_T^2 \cdot Z)$.
- 3- اذا ربط ملف إلى بطارية (مصدر مستمر) يعتبر مقاومة فقط وهي مقاومة اسلاكه لان رادة الحث له تساوي صفر $(X_L = 0)$ حيث ان تردد التيار المستمر يساوي صفر $(f=0)$ اما اذا ربط الملف إلى مصدر متناوب فيعامل على انه عنصرين هما مقاومة (R) ورادة حث (X_L) .
- 4- في ربط التوالي تكون خصائص الدائرة حثية اذا كانت $(X_L > X_C \text{ or } V_L > V_C)$ وتكون الخصائص سعوية اذا كانت $(X_C > X_L \text{ or } V_C > V_L)$ بينما في ربط التوازي تكون خصائص الدائرة سعوية اذا كان $(I_C > I_L \text{ or } X_C > X_L)$ وتكون الخصائص حثية اذا كان $(I_L > I_C \text{ or } X_C > X_L)$.
- 5- في ربط التوالي اذا وردت عبارة خصائص حثية او خصائص سعوية في السؤال هذا يعني ايجاد المقابل (الرادة المحصلة X) باستخدام مبرهنة فيثاغورس ثم يعوض بالفرق $(X = X_L - X_C)$ بإشارة موجبة للخواص الحثية وبإشارة سالبة للخواص السعوية لايجاد اما (X_L) او (X_C) ومنها (L) او (C) .
- 6- في ربط التوازي اذا وردت عبارة خصائص سعوية او خصائص حثية في السؤال هذا يعني ايجاد المقابل (التيار المحصل I_X) باستخدام مبرهنة فيثاغورس ثم يعوض بالفرق $(I_X = I_C - I_L)$ بإشارة موجبة للخواص السعوية وبإشارة سالبة للخواص الحثية لايجاد (I_C) ومنه (X_C) ومنها (C) او لايجاد (I_L) ومنه (X_L) ومنها (L) .
- 7- ان اكبر قيمة لعامل القدرة هي الواحد الصحيح (عندما يكون الحمل مقاومة صرف او الدائرة في حالة رنين) واقل قيمة له هي الصفر (عندما يكون الحمل محث صرف او متسعة ذات سعة صرف) وتكون قيمته اكبر من صفر واقل من الواحد الصحيح عندما تكون الدائرة هي (RL) او (RC) او (RLC) توالي او توازي .

قوانين الفصل

اولا : مقاومة صرف :

$$\phi = 0 \quad , \quad \text{Pf} = \cos \phi = 1$$

$$\left[\begin{array}{l} I_R = I_m \sin(\omega t) \\ V_R = V_m \sin(\omega t) \end{array} \right] , \quad I_m = \sqrt{2} I_{\text{eff}} , \quad V_m = \sqrt{2} V_{\text{eff}} , \quad R = \frac{V_m}{I_m} , \quad R = \frac{V_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$$

$$P_m = I_m V_m \quad \text{or} \quad P_m = I_m^2 R , \quad P_m = \frac{V_m^2}{R}$$

$$P_{\text{av}} = I_{\text{eff}} V_{\text{eff}} \quad \text{or} \quad P_{\text{av}} = I_{\text{eff}}^2 R , \quad P_{\text{av}} = \frac{V_{\text{eff}}^2}{R} , \quad P_{\text{av}} = \frac{1}{2} P_m$$

ثانيا : محث صرف (ملف مهمل المقاومة) :

$$\phi = 90^\circ , \quad \text{Pf} = \cos \phi = 0 , \quad X_L = \omega L \quad \text{or} \quad X_L = 2\pi f L , \quad X_L = \frac{V_L}{I_L} , \quad \omega = 2\pi f$$

ثالثا : متسعة ذات سعة صرف :

$$\phi = 90^\circ , \quad \text{Pf} = \cos \phi = 0 , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{or} \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} , \quad X_C = \frac{V_C}{I_C} , \quad \omega = 2\pi f$$

- قوانين التوالي :

$$I_T = I_R = I_L = I_C = I$$

اولا : من مخطط الفولطية (فيثاغورس والدوال المثلثية) نجد :

$$V_T^2 = V_R^2 + (V_X)^2 , \quad \tan \phi = \frac{V_X}{V_R} , \quad \text{Pf} = \cos \phi = \frac{V_R}{V_T} , \quad V_X = V_L - V_C$$

مع استبدال (V_X) في القوانين اعلاه بـ (V_L) لدائرة (RL).

ثانيا : من مخطط الممانعة (فيثاغورس والدوال المثلثية) نجد :

$$Z^2 = R^2 + X^2 , \quad \tan \phi = \frac{X}{R} , \quad \text{Pf} = \cos \phi = \frac{R}{Z} , \quad X = X_L - X_C$$

مع استبدال (X) في القوانين اعلاه بـ (X_L) لدائرة (RL).

- قوانين التوازي :

$$V_T = V_R = V_C = V_L = V$$

من مخطط التيار (فيثاغورس والدوال المثلثية) نجد :

$$I_T^2 = I_R^2 + I_X^2 , \quad \tan \phi = \frac{I_X}{I_R} , \quad \text{Pf} = \cos \phi = \frac{I_R}{I_T} , \quad I_X = I_C - I_L$$

مع استبدال (I_X) في القوانين اعلاه بـ (I_C) لدائرة (RC).

قوانين عامة للتوالي والتوازي :

اولا : قانون اوم :

$$Z = \frac{V_T}{I_T} , \quad R = \frac{V_R}{I_R} , \quad X_L = \frac{V_L}{I_L} , \quad X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

ثانيا : حساب رادة الحث ورادة السعة من العوامل :

$$X_L = \omega L \quad \text{or} \quad X_L = 2\pi f L , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{or} \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} , \quad \omega = 2\pi f$$

ثالثا : حساب عامل القدرة من التعريف :

$$Pf = \frac{P_{\text{real}}}{P_{\text{app}}} , \quad pf = \cos \phi$$

رابعا : حساب القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية :

$$P_{\text{real}} = I_R V_R \quad \text{or} \quad P_{\text{real}} = I_R^2 R \quad \text{or} \quad P_{\text{real}} = \frac{V_R^2}{R} \quad \text{or} \quad P_{\text{real}} = I_T V_T \cos \phi$$

$$P_{\text{app}} = I_T V_T \quad \text{or} \quad P_{\text{app}} = I_T^2 Z \quad \text{or} \quad P_{\text{app}} = \frac{V_T^2}{Z} \quad \text{or} \quad P_{\text{app}} = \frac{P_{\text{real}}}{\cos \phi}$$

قوانين رنين التوالي :

$$V_X = 0 , \quad V_L = V_C , \quad V_T = V_R , \quad X = 0 , \quad X_L = X_C , \quad Z = R$$

$$\phi = 0 , \quad Pf = \cos \phi = 1 , \quad P_{\text{real}} = P_{\text{app}}$$

$$I_r = \frac{V_T}{R} , \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} , \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} , \quad \omega_r = 2\pi f_r$$

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 \quad \text{or} \quad \Delta\omega = \frac{R}{L} , \quad Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \quad \text{or} \quad Qf = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

أمثلة محلولة

مثال 1: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها $(200\sqrt{2} \text{ V})$ وكان مقدار

التيار في الدائرة (2 A) والقدرة الحقيقية فيها (400 W) احسب مقدار:

1- عامل القدرة في الدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.

2- معامل الحث الذاتي للملف إذا كان تردد الفولطية في الدائرة $(\frac{100}{\pi} \text{ Hz})$.

الحل :

$$1) Pf = \frac{P_{\text{real}}}{P_{\text{app}}} = \frac{P_{\text{real}}}{I V_T} = \frac{400}{2 \times 200\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$pf = \cos \phi \Rightarrow \cos \phi = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \phi = 45^\circ$$

$$P_{\text{real}} = I^2 R \Rightarrow R = \frac{P_{\text{real}}}{I^2} = \frac{400}{(2)^2} = \frac{400}{4} = 100\Omega$$

$$2) \tan \phi = \frac{X_L}{R} \Rightarrow \tan 45^\circ = \frac{X_L}{100} \Rightarrow X_L = 1 \times 100 = 100\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow 100 = 2\pi \times \frac{100}{\pi} L \Rightarrow L = \frac{100}{200} = 0.5\text{ H}$$

مثال 2: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف معامل حثته الذاتي $(\frac{4}{\pi} \text{ H})$ ومقاومة صرف (300Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها (100V) بتردد (50Hz) فكان مقدار التيار في الدائرة (0.2A) ومقدار رادة السعة (100Ω) احسب مقدار:

1- مقاومة الملف وعامل القدرة في الدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .

2- القدرة المستهلكة في الدائرة .

الحل :

$$1. \quad X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times \frac{4}{\pi} = 400\Omega \quad , \quad Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{0.2} = 500\Omega$$

$$Z^2 = R_T^2 + (X_L - X_C)^2 \Rightarrow R_T^2 = Z^2 - (X_L - X_C)^2 = (500)^2 - (400 - 100)^2$$

$$R_T^2 = 250000 - 90000 = 160000 \Rightarrow R_T = 400\Omega$$

$$R_T = R_L + R \Rightarrow R_L = R_T - R = 400 - 300 = 100\Omega$$

$$\text{pf} = \cos \phi = \frac{R_T}{Z} = \frac{400}{500} = 0.8 \quad , \quad \tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R_T} = \frac{400 - 100}{400} = \frac{300}{400} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \phi = 37^\circ$$

$$2. \quad P_{\text{real}} = I^2 R_T = (0.2)^2 \times 400 = 16\text{watt}$$

مثال 3: مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (40rad/sec) وفرق الجهد بين قطبيه (50V) ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها $(1000\mu\text{F})$ وملف معامل حثته الذاتي (0.125H) ومقاومته (15Ω) ما مقدار :

1- الممانعة الكلية والتيار الدائرة .

2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة .

3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار . وما هي خصائص هذه الدائرة .

4- عامل القدرة .

الحل :

$$X_L = \omega L = 40 \times 0.125 = 5\Omega \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{40 \times 1000 \times 10^{-6}} = \frac{100}{4} = 25\Omega$$

$$X = X_L - X_C = 5 - 25 = -20\Omega$$

$$1) \quad Z^2 = R^2 + X^2 = (15)^2 + (-20)^2 = 225 + 400 = 625 \Rightarrow Z = 25\Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{50}{25} = 2\text{A}$$

$$2) \quad V_R = IR = 2 \times 15 = 30\text{V} \quad , \quad V_L = IX_L = 2 \times 5 = 10\text{V} \quad , \quad V_C = IX_C = 2 \times 25 = 50\Omega$$

$$3) \quad \tan \phi = \frac{X}{R} = \frac{-20}{15} = \frac{-4}{3} \Rightarrow \phi = -53^\circ \quad X_C > X_L \text{ خصائص الدائرة سعوية لان}$$

$$4) \quad \text{pf} = \frac{R}{Z} = \frac{15}{25} = 0.6$$

مثال 4: دائرة تيار متناوب تحتوي ملف ومتسعة ذات سعة صرف مربوطة على التوالي وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها (200V) بتردد $(\frac{500}{\pi} \text{ Hz})$ فأصبح تيار الدائرة (4A) وعامل القدرة فيها (0.6) والفولطية عبر المتسعة (200V) وكانت للدائرة خصائص سعوية احسب مقدار:

1- سعة المتسعة 2- معامل الحث الذاتي

الحل:

$$1. X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{200}{4} = 50\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \times \frac{500}{\pi} \times 50} = 2 \times 10^{-5} \text{ F}$$

$$2. Z = \frac{V_T}{I} = \frac{200}{4} = 50\Omega$$

$$\text{pf} = \frac{R}{Z} \Rightarrow 0.6 = \frac{R}{50} \Rightarrow R = 30\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

$$(X_L - X_C)^2 = Z^2 - R^2 = (50)^2 - (30)^2 = 2500 - 900 = 1600$$

$$\therefore X_L - X_C = 40 \Rightarrow -(X_L - 50) = 40 \Rightarrow X_L = 10\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{10}{2\pi \times \frac{500}{\pi}} = 0.01 \text{ H}$$

مثال 5: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف رادة السعة لها (60Ω) ومحث صرف معامل حثه الذاتي (0.3H) ومصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (300V) وتردده الزاوي (500rad/sec) وكانت القدرة الحقيقية في الدائرة (1200W) احسب مقدار:

1- الممانعة الكلية للدائرة. 2- عامل القدرة. 3- القدرة الظاهرية.

الحل:

$$1- I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{300}{60} = 5 \text{ A} , X_L = \omega L = 500 \times 0.3 = 150\Omega , I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{300}{150} = 2 \text{ A}$$

$$P_{\text{real}} = I_R V \Rightarrow 1200 = I_R \times 300 \Rightarrow I_R = \frac{1200}{300} = 4 \text{ A}$$

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = 16 + (5 - 2)^2 = 16 + 9 = 25 \Rightarrow I_T = 5 \text{ A}$$

$$Z = \frac{V}{I_T} = \frac{300}{5} = 60\Omega$$

$$2) \text{ Pf} = \frac{I_R}{I_T} = \frac{4}{5} = 0.8 , \quad 3) P_{\text{app}} = I_T V = 5 \times 300 = 1500 \text{ VA}$$

مثال 6: ربطت مقاومة صرف (30Ω) على التوازي مع متسعة ذات سعة صرف ثم ربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر لفولطية المتناوبة بتردد (50Hz) فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة (24Ω) والقدرة الحقيقية المستهلكة بالمقاومة (480watt) ، فما سعة المتسعة ؟

الحل :

$$P_{\text{real}} = I_R^2 R \Rightarrow I_R^2 = \frac{P_{\text{real}}}{R} = \frac{480}{30} = 16 \Rightarrow I_R = 4\text{A}$$

$$V = I_R \cdot R = 4 \times 30 = 120\text{V} , I_T = \frac{V}{Z} = \frac{120}{24} = 5\text{A}$$

$$I_T^2 = I_R^2 + I_C^2 \Rightarrow I_C^2 = I_T^2 - I_R^2 = (5)^2 - (4)^2 = 25 - 16 = 9 \Rightarrow I_C = 3\text{A}$$

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{120}{3} = 40\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 40} = \frac{1}{4\pi} \times 10^{-3} \text{F}$$

مثال 7: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على متسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (50Ω) ومحث صرف معامل حثه الذاتي ($\frac{1}{5\pi} \text{H}$) ومصدر للفولطية المتناوبة بتردد (100Hz) فكانت القدرة المستهلكة في الدائرة (3200watt) وعامل القدرة (0.8) وكانت للدائرة خصائص سعوية فما مقدار :

- 1- فولطية المصدر .
- 2- التيار الكلي .
- 3- التيار في فرع المحث والتيار في فرع المتسعة .
- 4- ممانعة الدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية .

الحل :

$$1) P_{\text{real}} = I_R^2 R \Rightarrow 3200 = I_R^2 \times 50 \Rightarrow I_R^2 = \frac{3200}{50} = 64 \Rightarrow I_R = 8\text{A}$$

$$V = I_R R = 8 \times 50 = 400\text{V}$$

$$2) \text{pf} = \frac{I_R}{I_T} \Rightarrow 0.8 = \frac{8}{I_T} \Rightarrow I_T = \frac{8}{0.8} = 10\text{A}$$

$$3) X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 100 \times \frac{1}{5\pi} = 40\Omega , I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{400}{40} = 10\text{A}$$

$$I_T^2 = I_R^2 + I_X^2 \Rightarrow (10)^2 = (8)^2 + I_X^2 \Rightarrow I_X^2 = 100 - 64 = 36 \Rightarrow I_X = 6\text{A}$$

$$I_X = I_C - I_L \Rightarrow 6 = I_C - 10 \Rightarrow I_C = 10 + 6 = 16\text{A}$$

$$4) Z = \frac{V}{I_T} = \frac{400}{10} = 40\Omega , \tan \phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} \Rightarrow \phi = 37^\circ$$

مثال 8: دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ربطت جميعها على التوازي عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة قدرها (100V) وترددها (50Hz) ومقدار رادة الحث (50Ω) وسعة المتسعة ($\frac{1}{\pi} \text{mF}$) والقدرة الحقيقية في الدائرة (800W) احسب مقدار :

- 1- التيار الكلي في الدائرة .
- 2- قياس زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية .
- 3- عامل القدرة وممانعة الدائرة .

الحل:

$$1) X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-3}} = 10\Omega$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{10} = 10\Omega, \quad I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{50} = 2A$$

$$P_{\text{real}} = I_R V \Rightarrow 800 = I_R \times 100 \Rightarrow I_R = \frac{800}{100} = 8A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = (8)^2 + (10 - 2)^2 = (8)^2 + (8)^2 = 2(8)^2 \Rightarrow I_T = 8\sqrt{2} A$$

$$2) \tan \phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{10 - 2}{8} = 1 \Rightarrow \phi = 45^\circ$$

$$pf = \frac{I_R}{I_T} = \frac{8}{8\sqrt{2}} = 0.5\sqrt{2}, \quad Z = \frac{V}{I_T} = \frac{100}{8\sqrt{2}} = 6.25\sqrt{2} \Omega$$

مثال 9: دائرة رنينية متوالية الربط تتألف من ملف معامل حثته الذاتي (0.1H) مقاومته (2Ω) ومتسعة ذات سعة صرف سعتها (40μF) احسب مقدار: 1- عامل النوعية وعامل القدرة في الدائرة. 2- تردد الدائرة وممانعتها.

الحل:

$$1) Qf = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{0.1}{40 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{10000}{4}} = \frac{1}{2} \times 50 = 25, \quad pf = 1$$

$$2) f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.1 \times 40 \times 10^{-6}}} = \frac{1000}{4\pi} = \frac{250}{\pi} \text{ Hz}, \quad Z = R = 2\Omega$$

مثال 10: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف معامل حثته الذاتي (200μH) ومقاومته (10Ω) ومتسعة متغيرة السعة أخذ منها سعة مقدارها (20nF) فإذا وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها (0.1V) أصبحت هذه الدائرة في حالة رنين احسب مقدار:

- 1- التردد الرنيني
- 2- تيار الدائرة
- 3- عامل القدرة
- 4- عامل النوعية
- 5- الفولطية عبر المتسعة
- 6- الممانعة الكلية للدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار.

الحل:

$$1. f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{200 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{2\pi \times 2 \times 10^{-6}} = \frac{1}{4\pi} \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$2. I_r = \frac{V_T}{R} = \frac{0.1}{10} = 0.01A, \quad 3. pf = 1$$

$$4. Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{10} \times \sqrt{\frac{200 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{10} \times 100 = 10$$

$$5. X_C = \frac{1}{2\pi f_r C} = \frac{1}{2\pi \times \frac{250}{\pi} \times 20 \times 10^{-9}} = 100\Omega, \quad V_C = I X_C = 0.01 \times 100 = 1V$$

$$6. Z = R = 10\Omega, \quad \phi = 0$$

أسئلة الفصل

س 1: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- دائرة تيار متناوب متوالية الربط ، الحمل فيها يتألف من مقاومة صرف (R) يكون فيها مقدار القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات :

✗ يساوي صفرا ، ومتوسط التيار يساوي صفرا.

✗ يساوي صفرا ، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار.

✓ نصف المقدار الاعظم للقدرة ، ومتوسط التيار يساوي صفرا.

✗ نصف المقدار الاعظم للقدرة ، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار.

2- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L - C - R$) لا يمكن ان يكون فيها :

✗ التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المحث بفرق طور ($\Phi = \pi$).

✗ التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2}$).

✓ التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه ($\Phi = 0$).

✗ التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2}$).

3- في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي ، عند اللحظة التي يكون فيها مقدار التيار صفرا ، تكون الطاقة المخزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة فيها :

✗ صفرا. ✓ باعظم مقدار. ✗ نصف مقدارها الاعظم ✗ تساوي 0.707 من مقدارها الاعظم.

4- دائرة تيار متناوب ، تحتوي مذبذب كهربائي فرق جهده ثابت المقدار ، ربطت بين طرفيه متسعة ذات سعة صرف سعتها ثابتة المقدار ، عند ازدياد تردد الفولطية المذبذب :

✓ يزداد مقدار التيار في الدائرة. ✗ يقل مقدار التيار في الدائرة. ✗ ينقطع التيار في الدائرة.

✗ أي من العبارات السابقة ، يعتمد ذلك على مقدار سعة المتسعة.

5- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L - C - R$) فان جميع القدرة في هذه الدائرة :

✗ تتبدد خلال المتسعة.

✓ تتبدد خلال المقاومة.

✗ تتبدد خلال المحث. ✗ تتبدد خلال العناصر الثلاث في الدائرة.

6- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L - C - R$) ومذبذب كهربائي عندما يكون تردد المذبذب اصغر من التردد الرنيني لهذه الدائرة ، فانها تمتلك :

✗ خواص سعوية بسبب كون : $X_C < X_L$.

✗ خواص حثية بسبب كون : $X_L > X_C$.

✓ خواص سعوية بسبب كون $X_C > X_L$.

✗ خواص اومية خالصة بسبب كون : $X_L = X_C$.

7- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L - C - R$) عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة باصغر مقدار والتيار هذه الدائرة باكبر مقدار فان مقدار عامل القدرة فيها :

✗ اكبر من الواحد الصحيح.

✗ اقل من الواحد الصحيح.

✓ يساوي واحد الصحيح.

✗ يساوي صفرا.

8- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف غير مهمل المقاومة ($L - R$) لجعل عامل القدرة في هذه الدائرة يساوي الواحد الصحيح تربط في هذه الدائرة متسعة على :

- ☒ التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L اصغر من رادة السعة X_C .
☒ التوازي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C .
☒ التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L اكبر من رادة السعة X_C .
☒ التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C .

9- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L - C - R$) تكون لهذه الدائرة خواص حثية اذا كانت :

- ☒ رادة الحث X_L اكبر من رادة السعة X_C .
☒ رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C .
☒ رادة السعة X_C اكبر من رادة الحث X_L .
☒ رادة السعة X_C اصغر من المقاومة.

10- عند دوران ملف بسرعة منتظمة داخل مجال مغناطيسي منتظم نحصل على فولتية محتثة متناوبة ويكون اعظم مقدار لها عندما تكون زاوية الطور (ωt) تساوي :

- ☒ $\frac{\pi}{\sqrt{2}}$ ☒ $\frac{\pi}{2}$ ☒ π ☒ 2π

مسائل الفصل

س1: مصدر للفولتية المتناوبة ، ربطت بين طرفيه مقاومة صرف مقدارها (250Ω) يعطى فرق الجهد بين طرفي المصدر بالعلاقة التالية : $V_R = 500 \sin(200\pi t)$

- 1- اكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه الدائرة . 2 - احسب المقدار المؤثر للفولتية والمقدار المؤثر للتيار .
 3- تردد الدائرة والتردد الزاوي في الدائرة .

الحل :

$$1) \quad I_R = I_m \sin(\omega t) = \frac{V_m}{R} \sin(\omega t) = \frac{500}{250} \sin(200\pi t) \Rightarrow I_R = 2 \sin(200\pi t)$$

$$2) \quad V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{500}{\sqrt{2}} = 250\sqrt{2} \text{ V} , \quad I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{250\sqrt{2}}{250} = \sqrt{2} \text{ A}$$

$$3) \quad f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{200\pi}{2\pi} = 100 \text{ Hz} , \quad \omega = 200\pi \text{ rad / sec}$$

س2: دائرة اهتزاز كهرومغناطيسي تتألف من متسعة ذات سعة صرف سعتها ($\frac{50}{\pi} \mu F$) ومحث صرف معامل حثه الذاتي

($\frac{5}{\pi} \text{ mH}$) . احسب : 1- التردد الطبيعي لهذه الدائرة 2- التردد الزاوي لهذه الدائرة

الحل :

$$C = \frac{50}{\pi} \mu F = \frac{50}{\pi} \times 10^{-6} = \frac{5}{\pi} \times 10^{-5} \text{ F} , \quad L = \frac{5}{\pi} \text{ mH} = \frac{5}{\pi} \times 10^{-3} \text{ H}$$

$$1 - f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{5}{\pi} \times 10^{-5} \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-3}}} = \frac{1}{2\pi \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-4}} = 1000 \text{ Hz}$$

$$2 - \omega = 2\pi f = 2\pi \times 1000 = 2000\pi = 6.28 \times 10^3 \text{ rad / s}$$

س3: مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت (1.5V) اذا تغير تردده من (1Hz) إلى (1MHz)، احسب مقدار كل من ممانعة الدائرة و تيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب :

أولاً : مقاومة صرف فقط (R=30Ω) . ثانياً : متسعة ذات سعة صرف فقط (C = $\frac{1}{\pi}$ μF) .

ثالثاً : محث صرف فقط معامل حثه الذاتي (L = $\frac{50}{\pi}$ mH) .

الحل :

$$1) Z = R = 30\Omega , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{30} = 0.05A , 2) C = \frac{1}{\pi} \mu F = \frac{1}{\pi} \times 10^{-6} F$$

$$f = 1Hz :$$

$$Z = X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}} = 5 \times 10^5 \Omega , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{5 \times 10^5} = 3 \times 10^{-6} A$$

$$f = 1MHz = 10^6 Hz :$$

$$Z = X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 10^6 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}} = 0.5\Omega , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{0.5} = 3A$$

$$3) L = \frac{50}{\pi} mH = \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} H$$

$$f = 1Hz :$$

$$Z = X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} = 0.1\Omega , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{0.1} = 15A$$

$$f = 1MHz = 10^6 Hz :$$

$$Z = X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10^6 \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} = 10^5 \Omega , I = \frac{V}{Z} = \frac{1.5}{10^5} = 15 \times 10^{-6} A$$

س4: ربط ملف بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما (20V) وكان تيار الدائرة (5A) ، فإذا فصل الملف عن البطارية

وربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه (20V) بتردد ($\frac{700}{22}$ Hz) كان

تيار هذه الدائرة (4A) ، احسب مقدار :

1- معامل الحث الذاتي للملف .

2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة .

3- عامل القدرة .

4- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

الحل :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4\Omega , Z = \frac{V_T}{I} = \frac{20}{4} = 5\Omega$$

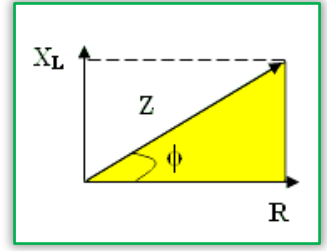
$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \Rightarrow 25 = 16 + X_L^2 \Rightarrow X_L^2 = 25 - 16 = 9 \Rightarrow X_L = 3\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow 3 = 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{700}{22} L \Rightarrow 3 = 200L \Rightarrow L = \frac{3}{200} = 0.015H$$

$$2- \tan \phi = \frac{X_L}{R} = \frac{3}{4} \Rightarrow \phi = 37^\circ , \quad 3- pf = \cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$4- P_{\text{real}} = I^2 R = (4)^2 \times 4 = 64 \text{ watt}$$

$$P_{\text{app}} = I V_T = 4 \times 20 = 80 \text{ VA}$$



س5: مقاومة صرف مقدارها (150Ω) ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثته الذاتي $(0.2H)$ ومتسعة ذات سعة صرف ، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده $(\frac{500}{\pi} \text{ Hz})$ وفرق الجهد بين طرفيه $(300V)$. احسب مقدار:

- 1- سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة (150Ω) .
- 2- عامل القدرة في الدائرة . وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار.
- 3- ارسم المخطط الطوري للممانعة .
- 4- تيار الدائرة .
- 5- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة) والقدرة الظاهرية .

الحل:

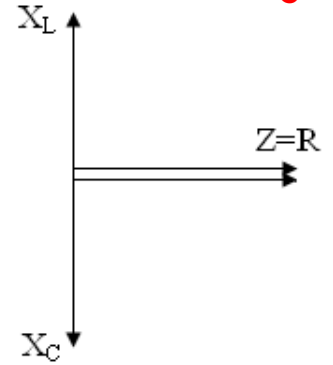
$$1) f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{500}{\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2C}} \Rightarrow 250000 = \frac{1}{4 \times 0.2C}$$

$$200000C = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{200000} = 5 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$2) pf = 1 , \quad \phi = 0$$

$$3) I = \frac{V_T}{R} = \frac{300}{150} = 2 \text{ A}$$

$$4) P_{\text{real}} = I^2 R = (2)^2 \times 150 = 600 \text{ Watt} , \quad P_{\text{app}} = P_{\text{real}} = 600 \text{ VA}$$



س6: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(20\mu F)$ ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ بتردد $(\frac{100}{\pi} \text{ Hz})$ ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة $(80W)$ وعامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خصائص حثية . احسب مقدار:

- 1- التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة .
- 2- التيار الكلي .
- 3- زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .
- 4- معامل الحث الذاتي للمحث .

الحل:

$$1) P_{\text{real}} = I_R V \Rightarrow 80 = I_R \times 100 \Rightarrow I_R = \frac{80}{100} = 0.8 \text{ A}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow X_C = \frac{1}{2\pi \times \frac{100}{\pi} \times 20 \times 10^{-6}} = 250\Omega , \quad I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{250} = 0.4 \text{ A}$$

$$2) \text{ pf} = \cos \phi = \frac{I_R}{I_T} \Rightarrow 0.8 = \frac{0.8}{I_T} \Rightarrow I_T = 1A$$

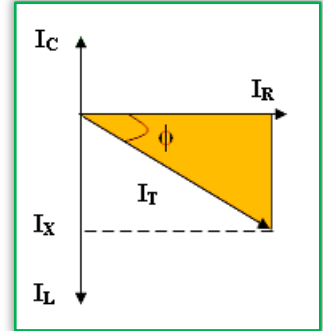
$$3) I_T^2 = I_R^2 + I_X^2 \Rightarrow (1)^2 = (0.8)^2 + I_X^2 \Rightarrow I_X^2 = 1 - 0.64 = 0.36 \Rightarrow I_X = 0.6A$$

$$I_X = I_C - I_L \Rightarrow -0.6 = 0.4 - I_L \Rightarrow I_L = 0.4 + 0.6 = 1A$$

$$\tan \phi = \frac{I_X}{I_R} = \frac{-0.6}{0.8} = -\frac{3}{4} \Rightarrow \phi = -37^\circ$$

$$4) X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{100}{1} = 100\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow 100 = 2\pi \times \frac{100}{\pi} L \Rightarrow L = 0.5H$$



س7: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومتها (10Ω) ومعامل حثه الذاتي $(0.5H)$ ومقاومة صرف مقدارها (20Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة ترددده $(\frac{100}{\pi} \text{ Hz})$ وفرق الجهد بين طرفيه $(200V)$ كان مقدار عامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خواص سعوية . احسب مقدار:

1- التيار في الدائرة . 2- سعة المتسعة .

3- ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .

الحل:

$$1- R_T = R_L + R = 10 + 20 = 30\Omega$$

$$\text{pf} = \cos \phi = \frac{R_T}{Z} \Rightarrow 0.6 = \frac{30}{Z} \Rightarrow Z = \frac{30}{0.6} = \frac{300}{6} = 50\Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$$

$$2- X_L = 2\pi f L = 2\pi \times \frac{100}{\pi} \times 0.5 = 100\Omega$$

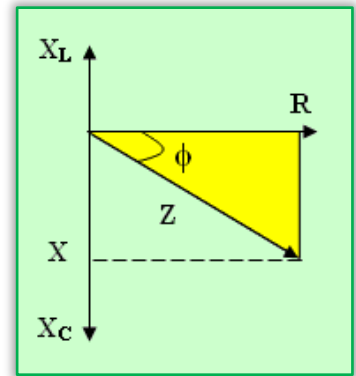
$$Z^2 = R_T^2 + (X_L - X_C)^2 \Rightarrow 2500 = 900 + (100 - X_C)^2$$

$$\therefore (100 - X_C)^2 = 2500 - 900 = 1600 \Rightarrow 100 - X_C = 40$$

$$100 - X_C = -40 \Rightarrow X_C = 140\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow 140 = \frac{1}{2\pi \times \frac{100}{\pi} C} \Rightarrow 28 \times 10^3 C = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{28} \times 10^{-3} F$$

$$3- \tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{100 - 140}{30} = -\frac{40}{30} = -\frac{4}{3} \Rightarrow \phi = 53^\circ$$



- س8: مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (400rad/s) وفرق الجهد بين قطبيه (500V) ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها (10μF) وملف معامل حثه الذاتي (0.125H) ومقاومته (150Ω) ما مقدار:
- 1- الممانعة الكلية والتيار الدائرة .
 - 2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة .
 - 3- زاوية فرق الطور بين المتجه الطوري للفولطية الكلية والمتجه الطوري للتيار.
 - 4- عامل القدرة ، ما هي خصائص هذه الدائرة .

الحل :

$$1) X_L = \omega L = 400 \times 0.125 = 50\Omega \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{400 \times 10 \times 10^{-6}} = \frac{1000}{4} = 250\Omega$$

$$X = X_L - X_C = 50 - 250 = -200\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X^2 = (150)^2 + (-200)^2 = 22500 + 40000 = 62500 \Rightarrow Z = 250\Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{500}{250} = 2A$$

$$2) V_R = IR = 2 \times 150 = 300V \quad , \quad V_L = IX_L = 2 \times 50 = 100V \quad , \quad V_C = IX_C = 2 \times 250 = 500V$$

$$3) \tan \phi = \frac{X}{R} = \frac{-200}{150} = -\frac{4}{3} \Rightarrow -53^\circ$$

$$4) pf = \frac{R}{Z} = \frac{150}{250} = 0.6 \quad \text{خصائص الدائرة سعوية}$$

- س9: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومصدرا للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه (480V) بتردد (100Hz) وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة (1920w) ومقدار رادة السعة (32Ω) ومقدار رادة الحث (40Ω) ، ما مقدار:

- 1- التيار المناسب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المتسعة وفي فرع المحث والتيار الرئيس في الدائرة .
- 2- ارسم المخطط ألاتجاهي للمتجه الطوري للتيارات .
- 3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية . وما هي خواص هذه الدائرة .
- 4- عامل القدرة في الدائرة .
- 5- الممانعة الكلية في الدائرة .

الحل :

$$1- P_{\text{real}} = I_R V \Rightarrow 1920 = I_R \times 480 \Rightarrow I_R = \frac{1920}{480} = 4A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{480}{32} = 15A \quad , \quad I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{480}{40} = 12A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = (4)^2 + (15 - 12)^2 = 16 + 9 = 25 \Rightarrow I_T = 5A$$

$$3- \tan \phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{15 - 12}{4} = \frac{3}{4} \Rightarrow \phi = 37^\circ$$

$$4- pf = \frac{I_R}{I_T} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$5- Z = \frac{V_T}{I} = \frac{480}{5} = 96\Omega$$

س10: مقاومة (30Ω) ربطت على التوازي مع متسعة ذات سعة صرف وربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفلوطية المتناوبة بتردد (50Hz) فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة (24Ω) والقدرة الحقيقية (480W) فما مقدار سعة المتسعة؟ ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات.

الحل:

$$P_{\text{real}} = I_R^2 R \Rightarrow 480 = I_R^2 \times 30 \Rightarrow I_R^2 = \frac{480}{30} = 16 \Rightarrow I_R = 4\text{A}$$

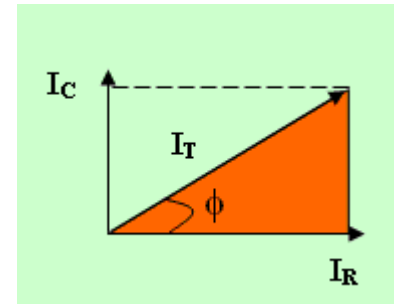
$$V = I_R R = 4 \times 30 = 120\text{V} \quad , \quad I_T = \frac{V}{Z} = \frac{120}{24} = 5\text{A}$$

$$I_T^2 = I_R^2 + I_C^2 \Rightarrow (5)^2 = (4)^2 + I_C^2 \Rightarrow 25 = 16 + I_C^2 \Rightarrow I_C^2 = 25 - 16 = 9 \Rightarrow I_C = 3\text{A}$$

$$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{120}{3} = 40\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow 40 = \frac{1}{2\pi \times 50 C} \Rightarrow 4000\pi C = 1$$

$$\therefore C = \frac{1}{4000\pi} = \frac{25}{\pi} \times 10^{-5} \text{F}$$



س11: دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها ملف مقاومته (500Ω) ومتسعة متغيرة السعة عندما كان مقدار سعتها (50nF) ومصدر للفلوطية المتناوبة مقدارها (400V) بتردد زاوي (10^4 rad/s) ، كانت القدرة الحقيقية في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) ، احسب مقدار:

- 1- معامل الحث الذاتي للملف والتيار الدائرة .
- 2 - كل من رادة الحث ورادة السعة .
- 3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفلوطية الكلية ومتجه الطور للتيار وما مقدار عامل القدرة .
- 4- عامل النوعية للدائرة .
- 5- سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفلوطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\frac{\pi}{4}$) .

الحل:

$$1) \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow 10^4 = \frac{1}{\sqrt{L \times 50 \times 10^{-9}}} \Rightarrow 10^8 = \frac{1}{L \times 5 \times 10^{-8}} \Rightarrow L = 0.2\text{H}$$

$$2) X_L = \omega L = 10^4 \times 0.2 = 2000\Omega \quad , \quad X_C = X_L = 2000\Omega$$

$$3) \phi = 0 \quad , \quad \text{pf} = 1$$

$$4) Qf = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{500} \sqrt{\frac{0.2}{50 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{500} \sqrt{4 \times 10^6} = \frac{1}{500} \times 2000 = 4$$

$$5) \tan \phi = \frac{X}{R} \Rightarrow \tan \frac{\pi}{4} = \frac{X}{500} \Rightarrow 1 = \frac{X}{500} \Rightarrow X = 500\Omega$$

$$X = X_L - X_C \Rightarrow -500 = 2000 - X_C \Rightarrow X_C = 2500\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{10^4 \times 2500} = \frac{1}{25} \times 10^{-6} = 0.04 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-8} \text{F}$$

واجبات الفصل

مثال 1: دائرة تيار متناوب فولطيتها تعطى بالعلاقة التالية : ($V_R=565.6\sin 200t$) وحملها مقاومة اومية صرف مقدارها (200Ω) احسب :

1- المقدار المؤثر للفولطية والمقدار المؤثر للتيار. 2- تردد المصدر. 3- معادلة التيار. 4- القدرة المتوسطة.

ج: ($400V$, $2A$, $(\frac{100}{\pi})$, $800W$)

مثال 2: ربط محث معامل حثه الذاتي ($0.4H$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($80V$).

احسب مقدار رادة الحث ومقدار التيار في هذه الدائرة . اذا كان التردد : 1- ($\frac{25}{\pi}$ Hz) 2- ($\frac{50}{\pi}$ Hz).

ج: (20Ω , $4A$, 40Ω , $2A$)

مثال 3: ربطت متسعة ذات سعة صرف مقدار سعتها ($\frac{100}{\pi} \mu F$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($25V$) . احسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة . اذا كان تردد الدائرة :

ج: (100Ω , $0.25A$, 50Ω , $0.5A$)

b- ($100Hz$)

a- ($50Hz$)

مثال 4: ربط ملف مقاومته (40Ω) إلى مصدر للتيار المتناوب فولطيته ($100V$) وتردده ($60Hz$) وكان تيار الدائرة ($2A$) احسب :

1- معامل الحث الذاتي للملف وقياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.

2- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية . **ج:** ($\frac{1}{4\pi}$ H , 37° , $160W$, $200VA$)

مثال 5: ربطت مقاومة صرف على التوالي مع محث صرف وربطت المجموعة إلى مصدر للتيار المتناوب فولطيته ($100V$) بتردد ($60Hz$) فإذا كان تيار الدائرة ($5A$) وكانت فولطية المقاومة ($80V$) احسب مقدار :

1- القدرة المستهلكة على طرفي المقاومة. 2- معامل الحث الذاتي. 3- عامل القدرة.

ج: ($400W$, $\frac{1}{10\pi}$ H , 0.8)

مثال 6: ربط ملف الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($16V$) وعندما بلغ التيار مقداره الثابت ($4A$) كانت الطاقة

المغناطيسية المخزنة في الملف ($0.12J$) ، فاذا فصل الملف عن البطارية وربط بين قطبي مصدر للفولطية

المتناوبة تردده ($\frac{100}{\pi}$ Hz) كان تيار هذه الدائرة ($2A$) احسب :

1- فرق الجهد بين قطبي المصدر المتناوب . 2- عامل القدرة.

3- ارسم مخطط الممانعة ثم احسب زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية والتيار.

4 - القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج: ($10V$, 0.8 , 37° , $16watt$, $20VA$)

مثال 7: دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ومقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مربوطة على التوالي فإذا كان فرق

الجهد عبر المحث (80V) وعبر المقاومة (40V) وعبر المتسعة (50V) وكان تيار الدائرة (2A) احسب :

1- الفولطية الكلية الموضوعة على الدائرة 2- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار وخواص الدائرة

3- عامل القدرة. 4- القدرة الحقيقية. 5- المقاومة والممانعة الكلية للدائرة. 6- ارسم مخطط الفولطية.

ج : (50V , 37° , 0.8 , 80W , 20Ω , 25Ω)

مثال 8: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف مقاومته (30Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر

للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبيه (200V) وكانت رادة الحث (55Ω) ورادة السعة (15Ω) احسب :

1- الممانعة الكلية والتيار الدائرة.

2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار. ارسم المخطط الطوري للممانعة .

3- عامل القدرة وما هي خواص الدائرة ؟ 4- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية.

ج : (50Ω , 4V , 53° , 0.6 , 120watt , 800VA)

مثال 9: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على مقاومة صرف مقدارها (400Ω) ومحث صرف معامل حثه الذاتي

(0.4H) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (100V) وتردده

($\frac{500}{\pi}$ Hz) كان مقدار عامل القدرة فيها (0.8) وللدائرة خصائص حثية ، احسب مقدار :

1- التيار في الدائرة. 2- سعة المتسعة. ج : (0.2A , 10⁻⁵F , 37°).

3- ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.

مثال 10: دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته (10Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.4H) ومقاومة

صرف مقدارها (20Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده ($\frac{50}{\pi}$ Hz) وفرق الجهد بين

طرفيه (200V) كان مقدار عامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خواص سعوية . احسب مقدار :

1- التيار في الدائرة. 2- سعة المتسعة.

3- ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.

ج : (4A , 0.125×10⁻³F , 53°)

مثال 11: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومحث صرف ومصدر

للفولطية المتناوبة بتردد ($\frac{50}{\pi}$ Hz) وفرق الجهد بين طرفيه (180V) وكان تيار المقاومة (4A) والتيار السعة

(9A) والتيار المحث (12A) ، احسب :

1 - تيار الدائرة الرئيس والممانعة الكلية للدائرة. 2 - المقاومة ورادة الحث ورادة السعة.

3 - زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية ثم ارسم المخطط الطوري للتيارات .

4 - عامل القدرة . ما هي خواص الدائرة ؟ 5 - معامل الحث الذاتي للمحث وسعة المتسعة.

6 - القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج : (5A , 36Ω , 45Ω , 15Ω , 20Ω , - 37° , 0.8 , 0.15H , 5×10⁻⁴F , 72W , 900VA)

مثال 12: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على مقاومة صرف مقدارها (40Ω) ومحث صرف رادة الحث له (20Ω) ومتسعة ذات سعة صرف رادة السعة لها (60Ω) فإذا كانت فولتية المصدر $(120V)$ احسب :

- 1- التيار المنساب في كل فرع من فروع الدائرة .
- 2- التيار الرئيس المنساب في الدائرة مع رسم مخطط متجهات الطور للتيارات.
- 3- الممانعة الكلية في الدائرة .
- 4- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولتية . وما هي خصائص هذه الدائرة؟
- 5- عامل القدرة .
- 6- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج : $(3A, 2A, 6A, 5A, 24\Omega, 53^\circ, 0.6, 360W, 600VA)$

مثال 13: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $(\frac{1}{2\pi} H)$ ومقاومة مقدارها (25Ω) ومتسعة رادة السعة لها (20Ω) ومصدر للفولتية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ وتردده $(50Hz)$ احسب :

- 1- التيار المنساب في كل فرع من فروع الدائرة والتيار الكلي .
- 2- الممانعة الكلية للدائرة .
- 3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولتية .
- 4- عامل القدرة . وما هي خصائص الدائرة؟
- 5- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج : $(4A, 2A, 5A, 5A, 20\Omega, 37^\circ, 0.8, 400w, 500VA)$

مثال 14: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومصدرا لفولتية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه $(240V)$ بتردد $(100Hz)$ وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة $(960W)$ ومقدار رادة السعة (16Ω) ومقدار رادة الحث (20Ω) ، ما مقدار :

- 1- التيار المنساب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المتسعة وفي فرع المحث والتيار الرئيس في الدائرة .
- 2- ارسم المخطط ألاتجاهي للمتجهات الطورية للتيارات .
- 3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولتية . وما هي خواص هذه الدائرة .
- 4- عامل القدرة في الدائرة . 5- الممانعة الكلية في الدائرة .

ج : $(4A, 15A, 12A, 5A, 37^\circ, 0.8, 48\Omega)$

مثال 15: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومحث صرف معامل الحث الذاتي له $(0.15H)$ ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده $(\frac{100}{\pi} Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(120V)$ ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة $(720W)$ وعامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خصائص سعوية . احسب مقدار: 1- التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المحث. 2- التيار الكلي. 3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية . ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات. 4- سعة المتسعة.

ج: $(6A , 4A , 10A , 53^\circ , 5 \times 10^{-4}F)$

مثال 16: دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدار رادة السعة لها (90Ω) ومقاومة صرف مقدارها (30Ω) ومصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي $(100rad/sec)$ فكانت القدرة المستهلكة في الدائرة $(1080w)$ وعامل القدرة فيها (0.6) وكانت خواص الدائرة حثية احسب : 1- التيار المار في كل فرع من فروع الدائرة والتيار الكلي . 2- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية . ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات . 3- معامل الحث الذاتي للمحث . 4- الممانعة الكلية للدائرة.

ج: $(6A , 2A , 10A , 10A , 53^\circ , 0.18H , 18\Omega)$

مثال 17: ملف مقاومته (10Ω) ومتسعة ذات سعة صرف سعتها $(50\mu F)$ وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها $(100V)$ على التوالي وترددها $(\frac{100}{\pi} Hz)$ فأصبح تيار الدائرة أعظم ما يمكن فما مقدار: 1- معامل الحث الذاتي للملف 2- الفولطية عبر المحث والمتسعة 3- عامل القدرة 4- عامل النوعية **ج:** $(0.5H , 1000V , 1000V , 1 , 10)$.

مثال 18: دائرة رنينية متوالية الربط مكونة من ملف مقاومته (10Ω) ومعامل حثه الذاتي $(0.4H)$ ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(1mF)$ ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبيه $(20V)$ احسب : 1- التردد الطبيعي للمصدر . 2- ممانعة الدائرة . 3- زاوية فرق الطور وعامل القدرة . 4- القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج: $(\frac{25}{\pi} Hz , 10\Omega , 0 , 1 , 40Watt , 40VA)$.



الفصل الرابع

الموجات الكهرومغناطيسية

تذكر:

1. الموجات الكهرومغناطيسية لا يشترط وجود وسط مادي لانتقالها فهي تنتقل في الفراغ كما تنتقل في الأوساط المادية.
2. الموجات الميكانيكية (طولية او مستعرضة) تحتاج الى وجود وسط مادي لانتشارها وهذا الوسط المادي اما ان يكون غازيا او سائلا او صلبا مثال على ذلك انتشار الموجات الصوتية في الاوساط المادية المختلفة التي هي موجات ميكانيكية طولية ناتجة عن اهتزاز جزيئات الوسط الناقل لها.

س: ما المقصود بالطيف الكهرومغناطيسي؟

ج: مدى واسع من الاطوال الموجية (الترددات) والتي بضمنها الضوء المرئي تختلف عن بعضها البعض تبعا لطريقة توليدها ومصدرها وتقنية الكشف عنها وقابلية اختراقها للاوساط المختلفة .

س: ما السبب الذي يجعل ترددات الطيف الكهرومغناطيسي تختلف بعضها عن بعض؟

ج: وذلك بسبب اختلاف: 1- طريقة توليدها. 2- مصدرها. 3- تقنية كشفها. 4- اختراقها للاوساط المختلفة.

ماكسويل والنظرية الكهرومغناطيسية:

س: اذكر الحقائق التي تمكن من خلالها العالم ماكسويل من ربط القوانين الخاصة بالمجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية؟

1- الشحنة الكهربائية النقطية الساكنة في الفضاء تولد حولها مجالا كهربائيا تنبع خطوطه من او إلى موقع تلك الشحنة .

2- لا يتوافر قطب مغناطيسي منفرد (لذا فان خطوط المجال المغناطيسي تكون مغلقة).

3- المجال الكهربائي المتغير يولد حوله مجالا مغناطيسيا متغيرا مع الزمن وعموديا عليه ومتفقا معه في الطور.

4- المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن يولد حوله مجالا كهربائيا متغيرا مع الزمن وعموديا عليه ومتفقا معه في الطور.

س: ما هو استنتاج ماكسويل؟

ج: استنتاج ان المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتغيرين مع الزمن والمتلازمين يمكن ان ينتشران في الفضاء بشكل موجة تسمى الموجة الكهرومغناطيسية.

س: وضح ما هو أصل نشوء الموجة الكهرومغناطيسية؟

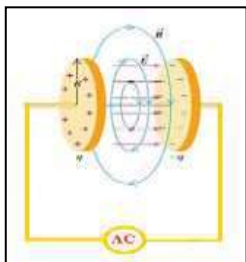
ج: الشحنات الكهربائية المتذبذبة اذ ينتج عن هذا التذبذب مجالين كهربائي ومغناطيسي متغيرين مع الزمن ومتلازمين ومتعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشارهما وتنتشر الموجة الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء $(3 \times 10^8 \text{ m/sec})$.

س: كيف ينشأ المجال المغناطيسي طبقا لما وجدته ماكسويل؟

ج: ينشأ من : (1) تيار التوصيل الاعتيادي. (2) مجال كهربائي متغير مع الزمن.

س (وزاري): وضح ماذا يحصل ؟ عند ربط صفيحتي متسعة عبر مصدر للفولطية المتناوبة .

ج: ان المجال الكهربائي (E) المتغير مع الزمن بين صفيحتيها يولد تيارا كهربائيا يسمى بتيار الازاحة (I_d) والذي بدوره يولد مجالا مغناطيسيا (B) متغير مع الزمن وعموديا عليه.



س: وضح كيفية توليد مجال مغناطيسي متغير من مجال كهربائي متغير؟

ج: نربط صفيحتي متسعة عبر مصدر ذي فولطية متناوبة فان المجال الكهربائي (E) المتغير مع الزمن بين صفيحتيها يولد تيارا كهربائيا والذي بدوره يولد مجالا مغناطيسيا (B) متغيرا مع الزمن وعموديا عليه لاحظ الشكل وقد سمي هذا التيار بتيار الازاحة (I_d) .

س: ما المقصود بتيار الازاحة ؟

ج: هو تيار يرافق الموجة الكهرومغناطيسية المنتشرة في الفراغ ويتناسب طرديا مع المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي $(\frac{\Delta E}{\Delta t})$.

س: علام يعتمد تيار الازاحة ؟

ج: يعتمد على المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي ويتناسب معه طرديا . أي ان : $(I_d \propto \frac{\Delta E}{\Delta t})$.

س: ما الفرق بين تيار الازاحة وتيار التوصيل؟

ج: تيار الازاحة يرافق الموجة الكهرومغناطيسية المنتشرة في الفضاء بينما تيار التوصيل ينتقل خلال الموصل فقط.

س (وزاري): ما اهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية؟

- ج 1-** تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد عن مسارها.
- ج 2-** تتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متلازمين ومتغيرين مع الزمن وبمستويين متعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بالطور نفسه.
- ج 3-** هي موجات مستعرضة لان المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان عموديا على خط انتشار الموجة الكهرومغناطيسية.
- ج 4-** تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وعند انتقالها في وسط مادي تقل سرعتها تبعا للخصائص الفيزيائية لذلك الوسط. وتتولد نتيجة تذبذب الشحنات الكهربائية ويمكن توليد بعضها بواسطة مولد الذبذبات.
- ج 5-** تنوزع طاقة الموجة الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي عند انتشارها بالفراغ.

س: هل كل الاسلاك الموصلة التي تحمل تيارا تشع موجات كهرومغناطيسية ؟ اشرح ذلك.

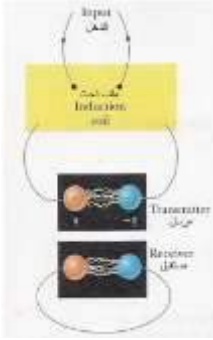
ج: كلا ، فقط التي تحمل تياراً متردداً هي التي تشع موجات كهرومغناطيسية وذلك لأن حركة الشحنة في التيار المتردد (المتناوب) تتحرك بتعجيل تباطئي تارة وتسارعي تارة أخرى.

س: عندما تنتشر الاشعة الكهرومغناطيسية في الفضاء او الأوساط المختلفة . ماذا يتذبذب؟

ج: كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان بطور واحد ومتعامدان مع بعضهما وعمودان على خط مسار الموجة (خط انتشار الموجة الكهرومغناطيسية).

توليد الموجات الكهرومغناطيسية من الشحنات المعجلة:

س: كيف تمكن العالم هرتز من توليد الموجات الكهرومغناطيسية؟



ج: من خلال احداث شرارة كهربائية بين قطبي الملف الثانوي لجهاز ملف الحث عند توافر جهد كاف بينهما وقد استقبل هذه الموجات في فجوة بين نهايتي حلقة معدنية حيث لاحظ تولد شرارة بينهما عند وضع معين من غير وجود اسلاك توصيل بين المرسل والمستقبل. وقد لاحظ هرتز ان الشرارة لا يتم استقبالها الا اذا كانت الحلقة ذات قطر محدد وموضوعة في وضع يكون فيه الخط الفاصل بين طرفي فتحها يوازي الخط الواصل بين القطبين الذي يولد الشرارة.

س: ما الشرط اللازم للحصول على الشرارة الكهربائية بين نهايتي الحلقة المعدنية (المستقبل) في جهاز هرتز؟

ج: 1- ان تكون الحلقة ذات قطر محدد.

2- موضوعة بحيث يكون الخط الفاصل بين طرفي بين طرفي فتحها يوازي الخط الواصل بين قطبي الملف الثانوي (المرسل) الذي يولد الشرارة.

س: مانوع المجال الذي يتولد حول :

1- الشحنة النقطية الساكنة . **2-** الشحنة المتحركة بسرعة ثابتة . **3-** الشحنات المعجلة.

ج: 1- تولد حولها مجالا كهربائيا فقط.

2- مجالين كهربائي ومغناطيسي ثابتين.

3- مجالين كهربائي ومغناطيسي متذبذبين ينتشران في الفضاء.

س: وضح كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية؟

1- نربط ساقان معدنيان متقاربان (ثنائي قطب كهربائي) إلى مصدر فولطية

متناوبة (مذبذب كهربائي). فتبدأ الشحنات الموجبة بالحركة في الساق

العلوي نحو الأعلى والسالبة في الساق السفلي نحو الأسفل ويكون شكل

خطوط القوة الكهربائية حول الساقين متجها من الطرف الموجب الشحنة

إلى الطرف السالب الشحنة اما خطوط القوة المغناطيسية فتكون بشكل

دوائر بمستويات عمودية على خطوط المجال الكهربائي (نحو الداخل \oplus)

2- في اللحظة التي تبلغ عندها القوة الدافعة الكهربائية (emf) المؤثرة

مقدارها الاعظم تصل الشحنات إلى طرفي الساقين البعديتين عندها تصبح

سرعتها صفر (لاحظ الشكل).

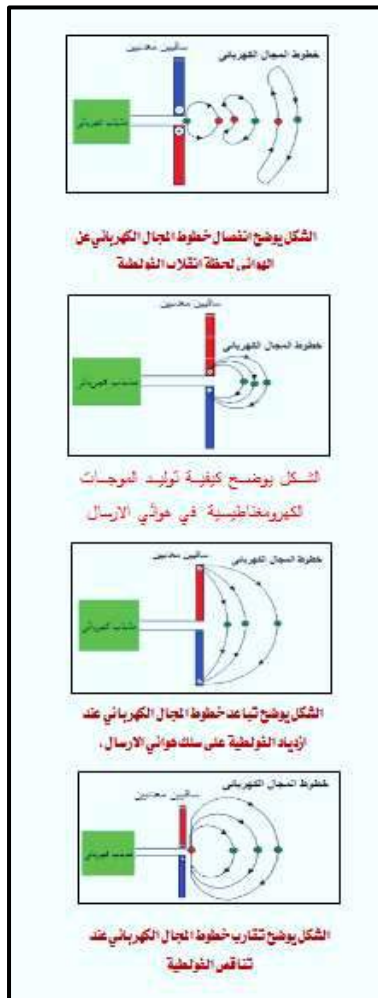
3- عندما تبدأ القوة الدافعة الكهربائية (emf) المؤثرة بالتناقص ينعكس اتجاه

حركة الشحنات اذ تتحرك الشحنات الموجبة والسالبة باتجاه بعضها

البعض ونتيجة لذلك تتقارب نهايتا خطوط المجالين (الكهربائي

والمغناطيسي) (لاحظ الشكل) لتكون حلقة مغلقة عند وصول الشحنة

الموجبة والشحنة السالبة إلى نقطتي بدء حركتهما ونلاحظ ان هذه الحلقات تنتشر في الفضاء مبتعدة.



4- عندما تبدأ (emf) بالتنامي من جديد بالاتجاه المعاكس لحظة انقلاب الشحنتين على طرفي ثنائي القطب الكهربائي (انقلاب القطبية) فإن الشحنة السالبة تكون في القضيب العلوي والشحنة الموجبة تكون في القضيب السفلي تتحركان متباعدتين باتجاهين متعاكسين (لاحظ الشكل) في هذه المرة فإن المجال الكهربائي باتجاه معاكس لاتجاهه السابق وكذلك المجال المغناطيسي (نحو الخارج \odot). ومن هذا التتابع في التغيرات التي تطرأ على المجالين الكهربائي والمغناطيسي تتكون حلقات مغلقة لخطوط القوى الكهربائية والمغناطيسية في مستويات متعامدة تنتشر بعيدا عن ثنائي القطب الكهربائي تمثل جبهات لموجات كهرومغناطيسية.

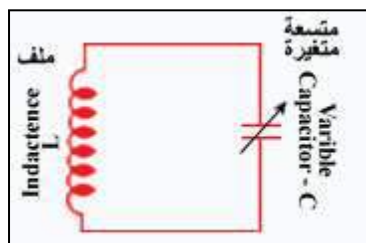
مبادئ الإرسال والتسلم للموجات الكهرومغناطيسية:

س (وزاري): كيف يمكننا سماع صوت المذياع الواصل إلينا عبر الفضاء ومن مسافات بعيدة؟
 ج: يتم ذلك بواسطة نقل المعلومات من الموجة السمعية (المحمولة) إلى الموجة الراديوية (الحاملة) وبعدها تبث هذه الموجات عن طريق محطة الإرسال واستقبالها عن طريق جهاز الاستقبال (المذياع).
 س: علام تعتمد عملية الإرسال والتسلم للموجات الكهرومغناطيسية؟

ج: تعتمد على: 1- دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي . 2- الهوائي .

1- الدائرة المهتزة (دائرة الرنين):

س (وزاري): مم تتألف الدائرة المهتزة؟ وضح ذلك مع الرسم



ج: تتألف الدائرة المهتزة من ملف (L) (مهمل المقاومة الاومية) يتصل مع متسعة متغيرة السعة (C) ويمكن لهذه الدائرة ان تولد ترددا رنينيا (f) من

$$\left\langle f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \right\rangle \text{ خلال عملية التوليف على وفق العلاقة الاتية}$$

الشكل يوضح مخطط الدائرة المهتزة

2- الهوائي:

س: مم يتكون الهوائي؟ ارسم مخطط يوضح كيفية توزيع الفولطية والتيار على طول سلكي الهوائي .



الشكل يوضح كيفية توزيع الفولطية والتيار على طول

ج: يتكون من سلكين معدنيين منفصلين يربطان إلى مصدر فولطية متناوبة يشحن السلكان بشحنتين متساويتين بالمقدار ومختلفتين بالنوع وتتبدد الطاقة المنبعثة من هوائي الإرسال في الفضاء بشكل موجات كهرومغناطيسية .

س (وزاري): علام تعتمد قدرة الهوائي في الإرسال او التسلم للموجات الكهرومغناطيسية؟

ج: تعتمد على: 1- مقدار الفولطية المجهزة للهوائي. 2- تردد الإشارة المرسله او المستلمة.

س (وزاري): كيف يمكن ان يحقق الهوائي ارسالا او استقبالا باكبر طاقة للإشارة؟

ج: عندما يكون طول الهوائي مساويا الى نصف طول الموجة المرسله او المستلمة.

س (وزاري): ما الفائدة العملية من جعل طول الهوائي للإرسال او الاستقبال يساوي نصف طول الموجة المرسله او المستقبلة؟
 ج: لكي يحقق ارسالا او استقبالا بأكبر طاقة للإشارة.

س(وزاري): متى يحقق الهوائي ارسالا او استقبالا باكبر طاقة للإشارة ؟ ولماذا ؟

او س(وزاري): كيف يمكن ان يحقق الهوائي ارسالا او استقبالا باكبر طاقة للإشارة ؟ ولماذا ؟

ج: عندما يكون طول الهوائي نصف طول الموجة المرسله او المستلمة لان فرق الطور بين التيار المتولد والقوة الدافعة الكهربائية يساوي (90°) فتكون الفولطية عند نهايتي الهوائي في قيمتها العظمى (V_{max}) ويكون التيار اقل ما يمكن عند النهايتين اما عند منتصف الهوائي (نقطة تغذية قطبي الهوائي بتيار الإشارة المراد ارسالها) يكون التيار في قيمته العظمى (I_{max}) والفولطية اقل ما يمكن وعندها تكون الممانعة قليلة في هذه النقطة في حين تكون الممانعة عالية عند نهايتي الهوائي لذا يمكن تغذية الهوائي بأعظم قدرة من الدائرة المهتزة مقارنة مع أي طول اخر.

ملاحظة: يمكن تاريض احد أقطاب الهوائي (كما في الشكل) ليكون هوائي ارسال او استقبال بطول ربع موجة حيث تعمل الأرض على تكوين صورة لجهد القطب بالطول نفسه وبذلك يتكون قطب اخر في الارض بطول ربع موجة لتكتمل خواص هوائي نصف الموجة . ويسمى مثل هذا الهوائي بهوائي ربع الموجة.



الشكل يوضح الهوائي المؤرض وكيفية توزيع الفولطية والتيار على طول سلك الهوائي

س(وزاري): ما الفائدة العملية من تاريض احد اقطاب الهوائي في عملية ارسال وتسلم الموجات الكهرومغناطيسية؟

ج: ليكون هوائي ارسال او استقبال بطول ربع موجة.

يمكن حساب طول سلك الهوائي (L) بمعرفة طول الموجة المرسله او المستلمة او ترددها وكما يلي:

1- عندما يكون الهوائي غير مؤرض فان طوله يساوي نصف طول الموجة وكما يلي: $\left\langle L = \frac{\lambda}{2} \right\rangle$

2- عندما يكون الهوائي مؤرض (احد أقطابه متصل بالأرض) فان طوله يساوي ربع طول موجة وكما يلي: $\left\langle L = \frac{\lambda}{4} \right\rangle$

اما لحساب طول الموجة المرسله او المستلمة نستخدم المعادلة الموجية وكما يلي: $\left\langle \lambda = \frac{c}{f} \right\rangle$

السرعة يعبر عنها بالعلاقة الرياضية الاتية: $\left\langle v = \frac{X}{t} \right\rangle$ **اما سرعة الصوت في الفراغ يعبر عنها كما يلي:** $\left\langle c = \frac{X}{t} \right\rangle$

c: سرعة الضوء في الفراغ ومقدارها ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$). **f:** تردد الموجة ويقاس بالهيرتز (Hz).

X: الازاحة المقطوعة بوحدة (m). **v:** السرعة بوحدة (m/sec).

س : قارن بين الهوائي نصف الموجي والهوائي ربع الموجي؟

الهوائي ربع الموجي	الهوائي نصف الموجي	ت
طوله ربع طول موجة	طوله نصف طول موجة	1
احد قطبيه متصل بالأرض (مؤرض)	أقطابه غير متصلة بالأرض (غير مؤرض)	2
عند النهاية المؤرضة تكون الفولطية اقل ما يمكن والتيار أعظم ما يمكن وعند النهاية الطليقة تكون الفولطية أعظم ما يمكن ويكون التيار اقل ما يمكن	تكون الفولطية في قيمتها العظمى عند نهايتي الهوائي والتيار في قيمته العظمى عند منتصف الهوائي	3

مثال 1 (كتاب) : ضبطت دائرة موالفة في جهاز محطة اذاعية بحيث كانت قيمة المحاثة في الدائرة $6.4\mu H$ وقيمة السعة

1.9PF -a ما تردد الموجات التي يلتقطها الجهاز؟ -b وما طولها الموجي؟

$$(a) f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \sqrt{6.4 \times 10^{-6} \times 1.9 \times 10^{-12}}} = \frac{1}{6.28 \sqrt{12.16 \times 10^{-18}}}$$

$$\therefore f = 45.665 \times 10^6 \text{ Hz}$$

الحل :

$$(b) \lambda = \frac{c}{f_r} = \frac{3 \times 10^8}{45.665 \times 10^6} = \frac{300}{45.665} = 6.57 \text{ m}$$

مثال 2 (كتاب) : يراد استعمال هوائي نصف موجة لإرسال إشارات لاسلكية للترددات الآتية :

(20kHz , 200MHz) . احسب طول الهوائي لكل من هذين الترددين وبين أي من هذه الهوائيات مناسب للاستعمال العملي.

الحل :

$$f = 20 \text{ kHz} :$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{20 \times 10^3} = 15000 \text{ m} = 15 \text{ km} \quad \therefore \ell = \frac{\lambda}{2} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ km}$$

غير مناسب للاستعمال العملي.

$$f = 200 \text{ MHz} :$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{200 \times 10^6} = 1.5 \text{ m} = 150 \text{ cm} \quad \therefore \ell = \frac{\lambda}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ cm}$$

مناسب للاستعمال العملي.

مثال 3 : ما هو اقل طول لهوائي السيارة واللازم لاستقبال إشارة ترددها (500MHz).

الحل :

$$f = 500 \text{ MHz} = 500 \times 10^6 = 5 \times 10^8 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^8} = 0.6 \text{ m} \quad , \quad \ell = \frac{\lambda}{2} = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ m}$$

مثال 4: يستعمل جهاز راديو لالتقاط محطة اذاعية تعمل عند تردد (500KHz) فاذا كانت دائرة الرنين تحتوي على محث معامل حثه الذاتي (0.04mH) ، فما سعة المتسعة الواجب توافرها لالتقاط هذه المحطة؟

الحل:

$$f = 500\text{kHz} = 500 \times 1000 = 5 \times 10^5 \text{ Hz} , L = 0.04\text{mH} = 0.04 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-5} \text{ H}$$

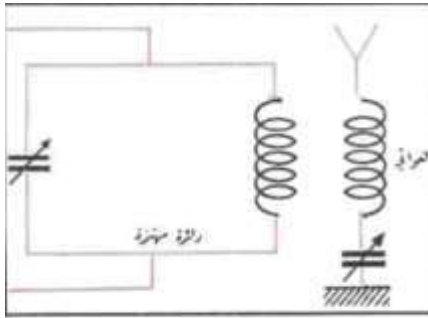
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC} \Rightarrow (5 \times 10^5)^2 = \frac{1}{4\pi^2 \times 4 \times 10^{-5} C}$$

$$C = \frac{1}{25 \times 10^{10} \times 16\pi^2 \times 10^{-5}} = \frac{1}{400\pi^2 \times 10^5} = \frac{1}{4\pi^2} \times 10^{-3} \text{ F}$$

كيفية عمل دوائر الإرسال والتسلم:

1- دائرة الإرسال:

س(وزاري): وضح مع الرسم الأجزاء التي تتألف منها دائرة الإرسال للموجات الكهرومغناطيسية؟



شكل (15) جهاز إرسال الموجات الكهرومغناطيسية

ج: 1- دائرة مهتزة: وتحتوي ملفاً ومتسعة متغيرة السعة .

2- هوائي: ويحتوي ملفاً يوضع مقابل ملف الدائرة المهتزة ومتسعة

متغيرة السعة متصلاً بسلك معدني حر أو موصل بالأرض .

س: وضح طريقة عمل دائرة الإرسال؟

1- عندما تغذى الدائرة المهتزة بالطاقة تبدأ في العمل وتولد موجات

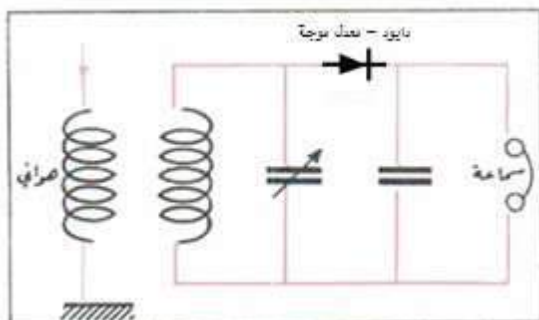
الإشارة الكهربائية ويمكن التحكم في ترددها عن طريق تغيير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة (أو معامل الحث الذاتي للملف).

2- تولد موجات الإشارة الكهربائية التي تبثها الدائرة المهتزة تياراً محتث متناوب في ملف الهوائي وبتردد يساوي تردد موجات الإشارة الكهربائية التي تولدها الدائرة المهتزة.

3- ينتج التيار المحتث المتولد في ملف الهوائي قوة دافعة كهربائية في سلك الهوائي ترددها يساوي تردد التيار المحتث في الملف فتولد الموجات الكهرومغناطيسية التي يبثها سلك الهوائي إلى الفضاء.

2- دائرة التسلم:

س(وزاري): ما الأجزاء الأساسية المكونة لجهاز التسلم للموجات الكهرومغناطيسية؟ مع رسم مخطط الدائرة الكهربائية .



ج: 1- دائرة مهتزة: تتكون من ملف ومتسعة متغيرة السعة .

2- هوائي: يحتوي سلك معدني مرتبط بملف .

س : وضح طريقة عمل دائرة التسلم ؟

- 1- يستقبل الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية من الفضاء اذ تولد فيه تيارا متناوبا تردده يساوي تردد تلك الموجات.
- 2- يولد التيار المحتث المار في ملف الهوائي اشارة كهربائية ترددها يساوي تردد التيار المحتث والتي عمل الهوائي على تسلمها.
- 3- تغير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة إلى ان تصل إلى حالة الرنين وعندها يتولد في ملف الدائرة المهتزة تيار محتث متناوب يساوي تردده تردد التيار المار في الهوائي .

س(وزاري) : ماذا يتولد عندما يستقبل الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية من الفضاء في دائرة التسلم؟

ج : يتولد فيه تيار متناوب تردده يساوي تردد الموجات الكهرومغناطيسية.

س(وزاري) : ماذا يتولد عند اعتراض موجة كهرومغناطيسية لهوائي المذياع ؟

ج : يستقبل الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية اذ تولد فيه تيارا متناوبا تردده يساوي تردد تلك الموجات الكهرومغناطيسية.

الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد الراديوي:

س : عدد طرائق الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية ذات التردد الراديوي؟

- ج:1- الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها الكهربائي .
- 2- الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها المغناطيسي .

س(وزاري) : وضح كيف يتم الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها الكهربائي مع الرسم.

◆ نربط دائرة كهربائية مكونة من دائرة مهتزة (ملف ومتسعة متغيرة)

وهوائي ملفه يوضع مقابلا لملف الدائرة المهتزة.

◆ المجال الكهربائي (E_y) للموجة يجعل الشحنات تهتز في الهوائي .

◆ عندما يكون المجال موجبا تكون قمة الهوائي موجبة وعندما يكون

المجال سالبا تكون قمة الهوائي سالبة . أي ان قطبية الهوائي

تنعكس عند انعكاس اتجاه المجال الكهربائي في الموجة.

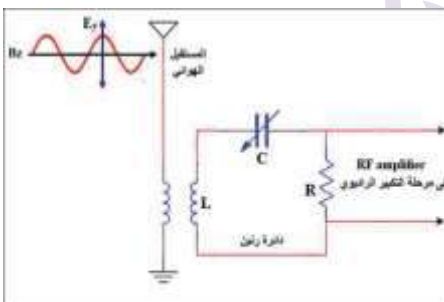
◆ بتكرار انعكاس اتجاه المجال الكهربائي في الموجة يجعل الشحنات

تتحرك الى اعلى واسفل الهوائي بشكل يعتمد على الزمن دوريا .

◆ يحث التيار المتغير جهدا مهتزا في دائرة الرنين المرتبطة بالهوائي بوساطة الحث المتبادل .

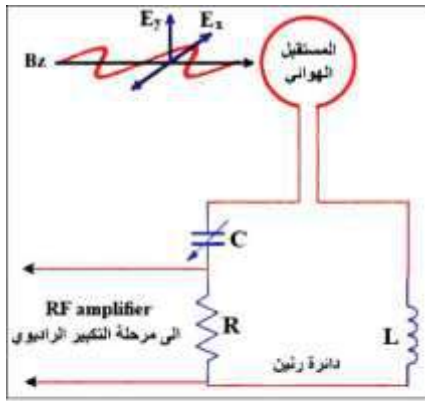
◆ نغير سعة المتسعة للحصول على حالة الرنين بين تردد الموجة وتردد الدائرة الرنينية فنحصل على اشارة

الموجة الكهرومغناطيسية المستلمة.



شكل (17) مخطط جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها الكهربائي

س(وزاري): وضح بنشاط كيفية الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها المغناطيسي مع رسم مخطط يمثل



شكل (18) مخطط يمثل جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها المغناطيسي

جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها المغناطيسي.

ج: - نربط دائرة كهربائية تتألف من دائرة مهتزة (ملف ومتسعة متغير)

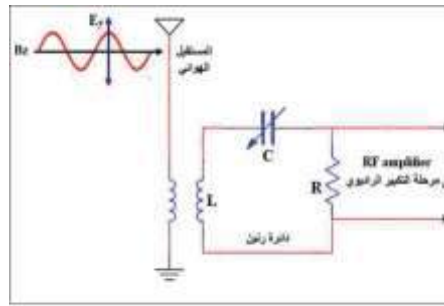
ومن هوائي مكون من سلك موصل بشكل حلقة.

- المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن يولد قوة دافعة كهربائية محتثة في حلقة الهوائي.

- يتطلب ان يكون مستوي حلقة الهوائي عمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي.

- التوليف مع الاشارة المستلمة في الهوائي عن طريق دائرة الرنين بواسطة تغير سعة المتسعة الموجودة في الدائرة.

س(وزاري): ارسم مخطط جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها الكهربائي ؟



شكل (17) مخطط جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها الكهربائي

س(وزاري): (علل) اجهزة الراديو الصغيرة يختلف استقبالها لمحطات الاذاعة تبعا لاتجاهها ؟

ج: وذلك لانه عند تغير موضع جهاز الراديو يتغير موضع مستوي الحلقة في هوائي الاستقبال للموجات الكهرومغناطيسية المراد تسلمها وافضل استقبال نحصل عليه عندما يكون مستوي الحلقة في دوائر الاستقبال عموديا على الفيض المغناطيسي لتلك الموجات.

س: تشاهد في حين اخر في دور السينما او على التلفزيون رجال الشرطة وهم يحاولون تحديد موقع محطة ارسال لا سلكي سرية وذلك بقيادة سيارة في المناطق المجاورة ومثبت بالسيارة جهاز يتصل به ملف يدور ببطء من فوق ظهر السيارة اشرح طريقة عمل الجهاز.

ج: في اثناء دوران ملف الكشف في السيارة وعند تعامد مستواه مع المجال المغناطيسي للموجة الكهرومغناطيسية المرسله من المحطة السرية يتولد اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف لذا نحصل على اعظم مقدار لطاقة التسلم وبالنتيجه يمكن تحديد محطة الارسال السرية.

التضمين:**س (وزاري): ما المقصود بالتضمين؟ وما أنواعه؟****ج:** هو تحميل إشارة المعلومات (صوت أو صورة أو مكالمات هاتفية) ذات التردد الواطئ (تسمى موجة محمولة) على موجة عالية التردد (تسمى موجة حاملة).**أنواعه: 1-** التضمين التماثلي ويشمل:**(a-** التضمين السعوي **b-** التضمين الترددي **c-** التضمين الطوري)**2-** التضمين الرقمي.**س: ما المقصود بالمصطلحات الآتية: الموجة الحاملة، الموجة المحمولة، الموجة المضمنة.****ج: الموجة الحاملة:** هي موجة كهرومغناطيسية (موجة راديو (R.F)) ذات تردد عالي يمكن توليدها باستعمال المذبذب الكهربائي اذ تحمل المعلومات مثل (الموجة السمعية ذات التردد الواطئ) وتنقل الطاقة إلى مسافات بعيدة عن مصدرها.**الموجة المحمولة:** هي موجة واطئة التردد (AF) مثل الموجة السمعية (AW) التي تحتوي على المعلومات المراد ارسالها وهي اشارات كهربائية نافعة تخرج من المايكروفون.**الموجة المضمنة:** هي الموجة الناتجة عن تحميل الموجة الراديوية بالموجة ذات اشارات كهربائية نافعة (السمعية) وتبث بوساطة هوائي الارسال.**س: عدد مراحل البث الاذاعي.****ج: 1-** تحول موجات الصوت المسموع إلى اشارات كهربائية وبالتردد نفسه بوساطة اللاقطة الصوتية وتسمى موجات سمعية وبالتردد نفسه.**2-** ترسل الموجات السمعية إلى الدائرة الرنينية المهتزة.**3-** تقوم الدائرة الرنينية المهتزة بتحميل الموجة السمعية على الموجات الراديوية (الحاملة) والتي يكون ترددها اعلى من تردد الإشارة السمعية.**4-** ترسل الموجة إلى هوائي الارسال ليقوم بعملية تحويلها إلى موجات كهرومغناطيسية لتبث بكفاءة وتقطع مسافات طويلة من غير اضمحلال محسوس.**س (وزاري): هل يمكن ارسال الموجات السمعية من الهوائي الى مسافات بعيدة؟ ولماذا؟****ج: كلا.** لان ترددها واطئ وبالتالي فان طاقتها واطئة فتضمحل بسرعة ولا تقطع مسافات طويلة.**نعم.** اذا تم تحميلها على موجة راديوية عالية التردد (عملية التضمين).**س: ما المقصود بالتضمين التماثلي؟ وما هي أنواعه؟****ج: التضمين التماثلي:** هو تغيير لحد خواص موجة التيار عالي التردد (سعة التذبذب - تردد التذبذب - طور التذبذب) وأنواعه هي:**1-** التضمين السعوي (AM). **2-** التضمين الترددي (FM). **3-** التضمين الطوري (PM).**س: ما المقصود بكل من: 1- التضمين السعوي. 2- التضمين الترددي. 3- التضمين الطوري.****ج: 1-** التضمين السعوي (AM): هو تغيير في سعة الموجة الحاملة كدالة خطية مع سعة الموجة المحمولة على وفق تردد الإشارة المحمولة.



2- التضمين الترددي (FM): هو تغيير تردد الموجة الحاملة كدالة خطية مع تردد الموجة المحمولة على وفق سعة الموجة المحمولة .



3- التضمين الطوري (PM): هو تغيير في طور الموجة الحاملة كدالة خطية مع سعة الموجة المحمولة على وفق تردد الإشارة المحمولة .



س(وزاري): ما المقصود بالتضمين الرقمي؟ وما الغرض من اجراء تضمين رقمي على الموجة المضمنة تضمينا تماثليا؟
ج: التضمين الرقمي : هو تضمين يمكن اجراءه على الموجة المضمنة وذلك لغرض التقليل من التأثيرات الخارجية عليها زيادة على امكانية تشفيرها. اما الغرض فهو:
1- للتقليل من التأثيرات الخارجية عليها. 2- لامكانية تشفيرها .

س(وزاري): ما الفرق بين التضمين التماثلي والتضمين الرقمي؟
ج: التضمين التماثلي لا يمكن تشفيره بينما التضمين الرقمي يمكن تشفيره.

مدى الموجات الراديوية:

نظرا للاختلاف الكبير في خصائص الموجات الكهرومغناطيسية الراديوية من حيث طرائق توليدها وانتشارها فقد قسمت على مناطق عدة منها:

- a- منطقة الترددات المنخفضة جدا (FLV) (3kHz–30kHz)** ومجال الترددات المنخفضة **LF (30kHz – 300KHz)** وتستثمر غالبا في الملاحة البحرية .
- b- منطقة الترددات المتوسطة (MF) (300kHz – 3MHz)** وتستثمر غالبا في البث الاذاعي المعتاد.
- c- منطقة الترددات العالية (HF) (3MHz – 30MHz)** وتستثمر في بعض الهواتف والاتصال بين الطائرات والسفن وغير ذلك .
- d- منطقة الترددات العالية جدا (VHF) (30MHz – 300MHz)** وتستثمر في بعض أجهزة التلفاز والارسال الاذاعي وانظمة التحكم بالحركة الجوية وانظمة اتصالات الشرطة وغيرها.

انتشار الموجات الكهرومغناطيسية:

تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة بسرعة (v) على وفق المعادلة : $\left\langle v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \right\rangle$

حيث : v : سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة وتقاس بـ m/s .

ϵ : السماحية الكهربائية للوسط وتقاس بوحدة (فارادامتر) ويرمز لها (F/m) .

μ : النفاذية المغناطيسية للوسط وتقاس بوحدة (هنريامتر) ويرمز لها (H/m) .

أي ان مقدار سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة يحددها مقلوب الجذر التربيعي لحاصل ضرب مقدار السماحية والنفاذية لذلك الوسط .

س : ما العوامل التي تحدد سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة؟

ج : 1- مقدار السماحية الكهربائية (ϵ) للوسط . **2-** مقدار النفاذية المغناطيسية (μ) للوسط .

$$\text{على وفق العلاقة : } (v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}})$$

تنتشر الموجات الراديوية في الجوبطرائق عدة منها :

ج : 1- الموجات الأرضية : وتشمل الموجات التي مدى تردداتها بين

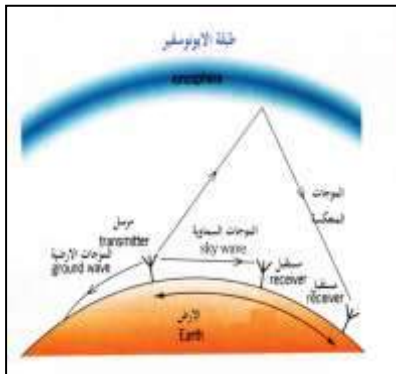
$(2MHz - 530kHz)$ وتنتقل قريبة من سطح الارض وتتخذ عند

انتشارها مسارا قريبا جدا من سطح الارض وينحني مسار انتشارها

مع انحناء سطح الارض ولقد استفيد من هذه الظاهرة لبناء أنظمة

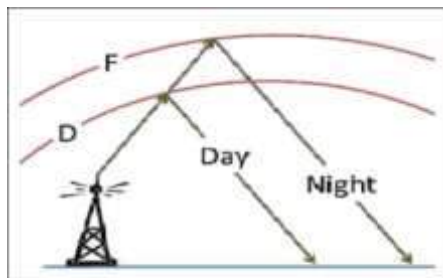
اتصالات محدودة المسافة وذلك لمحدودية قدرة بث ارسال هذه

الموجات .



الشكل يبين كيفية انتشار الموجات

الأرضية والسماوية



شكل (24) يوضح طبقتي الايونوسفير (F-layer)

اثناء الليل وطبقة (D-layer) اثناء النهار

2- الموجات السماوية : وتشمل جميع الترددات التي تقع بين

$(2 - 30)MHz$ ويعتمد هذا النوع من الاتصالات على وجود طبقات

الايونوسفير وهي طبقات عالية التاين اذ تعكس الموجات السماوية

إلى الارض وتكون طبقات الايونوسفير عالية التاين عند منتصف

النهار وقليلة التاين في اثناء الليل اذ تختفي الطبقة المتأينة القريبة

من الارض في اثناء الليل والتي تسمى **(D-layer)** وتبقى طبقة

(F-layer) وتعمل هذه الطبقات على عكس بعض انواع الموجات الراديوية الموجهة اليها من محطات

البث الأرضية إلى الارض ولهذا السبب يكون استلام هذه الموجات في اثناء النهار لمدى اقل مما هو

عليه في اثناء الليل نتيجة انعكاس الموجات الراديوية من المنطقة السفلى **(D-layer)** وفي اثناء الليل

يكون الاستلام واضحا لانعكاس الموجات من الطبقة العليا **(F-layer)** .

3- الموجات الفضائية : وتشمل جميع الترددات التي تزيد عن $(30MHz)$ أي نطاق الترددات العالية جدا **(VHF)**

(Very high frequency) وهي موجات دقيقة تنتشر بخطوط مستقيمة ولا تنعكس عن طبقة

الايونوسفير بل تنفذ من خلالها . ويمكن استثمار هذه الموجات في عملية الاتصال بين القارات وذلك

باستعمال اقمار صناعية في مدار متزامن مع دوران الارض حول محورها **(يطلق عليها توابيع satellite)**

لتعمل كمعدات **(محطات لتقوية الإشارة وإعادة ارسالها)** .

س(وزاري): ما طرائق انتشار الموجات الراديوية في الجو؟

ج: 1- الموجات الارضية. 2- الموجات السماوية 3- الموجات الفضائية.

س(وزاري): بماذا تمتاز الموجات الارضية؟

ج: 1- مدى تردداتها بين (2MHz – 530kHz).

2- تنتشر قريبة جدا من سطح الارض وينحني مسار انتشارها مع انحاء سطح الارض.

3- استفيد منها لبناء منظومة اتصالات محدودة المسافة لمحدودية قدرة بث ارسال هذه الموجات.

س(وزاري): ما مميزات الموجات السماوية؟

ج: 1- تشمل جميع الترددات التي تقع بين (30 – 2) MHz .

2- يعتمد نوع الاتصالات في هذه الترددات على وجود طبقات الايونوسفير (وهي طبقات عالية التاين اذ

تعكس الموجات السماوية الى الارض).

س: يكون تسلم الموجات الراديوية في اثناء النهار لمدى اقل مما هو عليه في اثناء الليل وضح ذلك؟

ج: لانه في اثناء النهار يكون انعكاس الموجات الراديوية من المنطقة السفلى (D – layer) والمسؤولة عن

توهين الموجات الراديوية فيكون التسلم غير واضح . بينما في اثناء الليل يكون التسلم واضحا لان

انعكاس الموجات الراديوية يكون من الطبقة العليا (F – layer) اذ تختفي الطبقة السفلى (D – layer)

من طبقة الايونوسفير في اثناء الليل.

س(وزاري): ما الموجات الفضائية؟ وما الفائدة العملية منها؟

ج: هي موجات دقيقة (microwave) تنتشر بخطوط مستقيمة ولا تنعكس من طبقة الايونوسفير بل تنفذ من

خلالها تشمل الترددات التي تزيد عن (30MHz) (نطاق الترددات العالية جدا VHF) .

الفائدة العملية منها: تستثمر في عملية الاتصال بين القارات وذلك باستعمال اقمار صناعية في مدار متزامن

مع دوران الارض حول محورها . تعمل كمعدات (محطات لتقوية الاشارة وارسالها).

س: اين تستثمر الموجات الفضائية؟

ج: تستثمر في عملية الاتصال بين القارات وذلك باستعمال اقمار صناعية في مدار متزامن مع دوران الارض

حول محورها . تعمل كمعدات (محطات لتقوية الاشارة واعادة ارسالها). لتستلمها محطات ارضية اخرى

على بعد الاف الكيلومترات.

س(وزاري): ما الفرق بين الموجات الارضية والموجات الفضائية من حيث كيفية انتشارها؟

ج: الموجات الارضية تتخذ عند انتشارها مسارا قريبا جدا من سطح الارض وينحني مسار انتشارها مع انحاء

سطح الارض بينما الموجات الفضائية تنتشر بخطوط مستقيمة ولا تنعكس عن طبقة الايونوسفير بل تنفذ

من خلالها.

س: ما الغرض من الاقمار الصناعية؟

ج: تعمل على استقبال الاشارة الضعيفة لتقوم بتقويتها ثم تعيد ارسالها إلى الارض مرة اخرى لتستلمها

محطات ارضية اخرى على بعد الاف الكيلومترات .

س: اين يمكن ان تستثمر الموجات الفضائية؟

ج: تستثمر هذه الموجات في عملية الاتصال بين القارات وذلك باستعمال اقمار صناعية (توابع) في مدار

متزامن مع دوران الارض حول محورها وهي تعمل كمعدات (محطات لتقوية الاشارة واعادة ارسالها)

لتستلمها محطات ارضية اخرى على بعد الاف الكيلومترات.

بعض تطبيقات الموجات الكهرومغناطيسية:**س: اذكر تطبيقات الموجات الكهرومغناطيسية .**

- 1- الرادار 2- التحسس النائي (الاستشعار عن بعد) 3- الهاتف الجوال (النقال).
- 1- الرادار**

س: ما المقصود بالرادار؟

ج: الرادار نظام إلكتروني يستعمل لكشف أهداف متحركة أو ثابتة وتحديد مواقعها وذلك بإرسال موجات راديوية باتجاه الهدف واستقبال الموجات المنعكسة عنه.

س: ماذا تعني كلمة رادار؟ وما الغرض من استعماله؟

ج: تعني الكشف وتحديد البعد بواسطة الموجات الراديوية. يستعمل لكشف أهداف متحركة أو ثابتة وتحديد مواقعها.

س: علام يدل زمن ذهاب وإياب الموجات الراديوية التي يرسلها الرادار؟ وعلام يدل الاتجاه الذي تعود منه الموجات المنعكسة؟

ج: يدل الزمن على مدى الهدف وكم يبعد أما الاتجاه فيدل على موقع الهدف.

س: كيف يعمل الرادار؟

ج: يقوم جهاز الرادار بإرسال موجات راديوية باتجاه الهدف واستقبال الموجات التي تنعكس عن الهدف ومن خلال زمن ذهاب وإياب الموجات المنعكسة عن الهدف يمكن للرادار تحديد مدى الهدف وكم يبعد كما يمكن له تحديد موقع الهدف من خلال الاتجاه الذي تعود منه الموجات المنعكسة.

س: اذكر المكونات الأساسية (الرئيسية) للرادار؟ وما الفائدة العملية لكل منها؟

- ج: 1- المذبذب:** جهاز يولد إشارة كهربائية بتردد ثابت وذات قدرة واطئة.
- 2- المضمن:** يعمل على تحميل الموجات السمعية على الموجات الراديوية.
- 3- المرسل:** يعمل على تقليل زمن النبضة الواصلة إليه من المضمن فيرسلها بنبضة ذات قدرة عالية إلى الهوائي.
- 4- مفتاح الإرسال والاستقبال:** مفتاح يعمل على فتح أو إغلاق دائرة الإرسال والاستقبال.
- 5- الهوائي:** يقوم بإرسال الموجات الراديوية (الموجات الدقيقة أو الموجات الراديوية) بشكل حزم ضيقة موجهة إلى الهدف واستلامها بعد انعكاسها عن الهدف .
- 6- المُوقِّت:** يتحكم زمنياً بعمل الأجزاء الرئيسية للرادار.
- 7- المُستقبل:** يتسلم الموجات المنعكسة المتجمعة بواسطة الهوائي ويقوم بتكبيرها وعرضها على معالج الإشارة.
- 8- معالج الإشارة:** يعمل على انتقاء الإشارات المنعكسة عن الأهداف الصغيرة المتحركة ويحجب الإشارات المنعكسة عن الأهداف الكبيرة والثابتة.
- 9- الشاشة:** تعمل على إظهار الموجات المنعكسة عن الهدف على هيئة نقاط مضيئة.



شكلا، يوضح المكونات الرئيسية للرادار

س(وزاري): اذكر المكونات الاساسية (الرئيسية) للرادار؟

ج:

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

2- التحسس النائي (الاستشعار عن بعد):

س(وزاري): ما المقصود بالتحسس النائي (الاستشعار عن بعد)؟ وما انواعه؟

ج: هو احد مجالات العلوم التي تمدنا بالمعلومات عن سطح الارض من غير أي احتكاك او اتصال مباشر بسطحها كالحصول على صورة من طائرة او قمر صناعي . وانواعه هي :

1- التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة . 2- التحسس النائي بحسب الطول الموجي.

س: كيف تعمل اجهزة التحسس النائي (الاستشعار عن بعد)؟

ج: ان اجهزة الاستشعار عن بعد الموجودة في الطائرات او الاقمار الصناعية او بالونات تحسس الموجات الكهرومغناطيسية الضوئية إلى نهاية الموجات الراديوية المنعكسة او المنبعثة من الأجسام الارضية او من الجو او من مياه البحار وبعد الاستشعار بهذه الموجات تقوم بتصويرها وتحليل بياناتها لتكون جاهزة للاستعمال في فروع المعرفة مثل الجيولوجيا والهندسة المدنية والزراعة والأرصاد الجوية والتطبيقات العسكرية وغيرها.

س: يستعمل التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة نوعان من الصور وضحهما .

ج: 1- الصورة النشطة: يعتمد فيها على مصدر طاقة مثبت على القمر نفسه ليقوم بعملية اضاءة الهدف وتسلم الاشعة المنعكسة عنه.

2- الصورة غير النشطة: وهي التي تعتمد على مصدر الاشعاع المنبعث من الهدف نفسه.

س: ما الفرق بين الصورة النشطة وغير النشطة؟

ج: الصورة النشطة يعتمد فيها على مصدر طاقة مثبت على القمر نفسه ليقوم بعملية اضاءة الهدف وتسلم الاشعة المنعكسة عنه. اما الصورة غير النشطة ويعتمد فيها على مصدر الاشعاع المنبعث من الهدف نفسه.

س: اذكر صور الهدف المستلمة طبقا للطول الموجي .

1- صورة الاشعة المرئية. 2- صورة الاشعة تحت الحمراء. 3- صورة الاشعة المايكروية.

مجالات استعمال التحسس النائي:

توجد مجالات عدة تستثمر فيها هذه التقنية ومنها:

1- اكتشاف الخامات المعدنية والبتروولية.

2- مراقبة حركة الانهار وجفاف الاراضي والبحيرات والتعامل مع السيول والفيضانات المتوقعة بمقارنة صور مأخوذة على فترات زمنية مختلفة.

3- دراسة المشاريع الانشائية والتخطيط العمراني للمدن والقرى والمنشآت الكبيرة.

4- دراسة النباتات الطبيعية ودراسة التوزيع النوعي للاراضي والتربة.

5- تستثمر هذه التقنية في التطبيقات العسكرية فمثلا بعض الاقمار الصناعية العسكرية مزودة بمتحسسات تعمل بالاشعة تحت الحمراء يمكنها التحسس بالحرارة المنبعثة من الشاحنات والطائرات والصواريخ

والسيارات والاشخاص ورصد اية حركة على سطح الارض ويمكن للمتحمسات ان تعمل في شتى الظروف الجوية.

6- تستثمر في تصوير النجوم والكواكب المطلوب دراستها باستعمال كاميرات رقمية مثبتة على اقمار صناعية خاصة بالبحث العلمي في مجال الفضاء والفلك.

3 - الهاتف الجوال النقال:

س: كيف يتم الاتصال قبل اختراع الهاتف النقال؟

ج: يتم الاتصال باستخدام هواتف الراديو.

س: وضح عمل اجهزة هواتف الراديو المستعملة من قبل الشرطة.

ج: في هذا النظام توجد محطة ارسال واحدة مركزية في المدينة (هوائي) و (25) قناة اتصال فقط متاحة للاستعمال وهذا يعني ان عددا محدودا من الاشخاص يمكنهم استعمال هواتف الراديو في الوقت نفسه.

س: علل . يمكن للملايين من الاشخاص استعمال الجوال دون تدخل احدهما مع الاخر.

ج: لان في نظام الهاتف الجوال فان المدينة تقسم إلى خلايا (cells) كل خلية من الخلايا تحتوي برجا يحمل معدات ارسال واستقبال. وبسبب ان اجهزة الجوال ومحطات الارسال تعمل بقدرة منخفضة (0.6-3)watt فان الترددات نفسها المستعملة في خلية معينة يمكن ان تستعمل في الخلايا البعيدة اذ يمكن اعادة ارسال التردد على اكثر من خلية.

س(وزاري): (علل) التردد المستعمل في خلية معينة يمكن ان يستخدم نفسه في خلايا اخرى بعيدة عند استعمال الجوال؟

ج: لان اجهزة الجوال ومحطات الارسال تعمل بقدرة منخفضة (0.6Watt – 3Watt).

س: علل . المدى الذي يعمل فيه جهاز الجوال كبيرا جدا؟

ج: لان اجهزة الجوال تتعامل مع اكثر من (1664) قناة ويمكن للمتحدث ان يتحول من خلية إلى اخرى كلما تحرك من مكان لآخر في اثناء الاستعمال لذلك يمكنك التحدث مع اي شخص وانت مسافر مئات الكيلومترات من غير ان ينقطع الاتصال.

قوانين الفصل

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad , \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

$$\ell = \frac{\lambda}{2} \quad , \quad \ell = \frac{\lambda}{4} \quad , \quad c = f\lambda \quad , \quad v = \frac{x}{t} \quad , \quad c = \frac{x}{t}$$

اسئلة الفصل

س1: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية: ☒

1- ان تيار الازاحة (I_a) يتناسب مع:

- ☒ المعدل الزمني للتغير في المجال المغناطيسي . ☒ المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي .
☒ المعدل الزمني للتغير في تيار التوصيل . ☒ المعدل الزمني للتغير في تيار الاستقطاب .

2- ان تذبذب الالكترونات الحرة في موصل تنتج موجات تسمى :

- ☒ موجات الاشعة السينية . ☒ موجات اشعة كاما . ☒ موجات الاشعة تحت الحمراء .
☒ الموجات الراديوية .

3- يتحدد مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة بوساطة :

- ☒ مقدار السماحية الكهربائية لذلك الوسط فقط . ☒ النفوذية المغناطيسية لذلك الوسط فقط .
☒ حاصل جمع سماحية و نفوذية ذلك الوسط .

☒ مقلوب الجذر التربيعي لحاصل ضرب مقدار السماحية والنفوذية

- 4- الموجات الكهرومغناطيسية التي تستعمل في اجهزة الرادار هي :
☒ موجات الاشعة فوق البنفسجية
☒ موجات الاشعة السينية
☒ موجات الاشعة الدقيقة (microwave).
5- تولد الموجات الكهرومغناطيسية عند :
☒ مرور تيار مستمر في سلك موصل
☒ حركة شحنة كهربائية بسرعة ثابتة في سلك موصل.
☒ حركة شحنة كهربائية معجلة في سلك موصل.
☒ وجود شحنات كهربائية ساكنة في سلك موصل.
6- للحصول على كفاءة عالية في عمليتي الارسال والتسلم يستعمل هوائي طوله يبلغ نصف طول الموجة وذلك لان :
☒ مقدار الفولطية اكبر ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي
☒ مقدار الفولطية اقل ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي
☒ مقدار الفولطية والتيار اكبر ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي.
☒ مقدار الفولطية والتيار اقل ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي.
7- يمكن ان تعجل الشحنة الكهربائية في موصل عندما يؤثر فيها .
☒ مجال كهربائي ثابت .
☒ مجال كهربائي متذبذب
☒ مجال مغناطيسي ثابتان .
☒ مجال مغناطيسي ثابت.
8- في عملية التضمين الترددي (FM) نحصل على موجة مضمنة بسعة :
☒ ثابتة وتردد ثابت .
☒ متغيرة وتردد متغير .
☒ ثابتة وتردد متغير .
☒ متغيرة وتردد ثابت .
9- تعكس طبقة الايونوسفير في الجو الترددات الراديوية التي تكون :
☒ ضمن المدى (2 – 30) MHz .
☒ ضمن المدى (30 – 40) MHz
☒ ضمن المدى اكثر من (20) MHz .
☒ جميع الترددات الراديوية .
10- ان عملية الارسال والتسلم للموجات الكهرومغناطيسية تعتمد على :
☒ قطر سلك الهوائي .
☒ كثافة سلك الهوائي .
☒ الدائرة المهتزة للهوائي .
☒ كل الاحتمالات السابقة
11- في حال البث الاذاعي تقوم اللاقطة الصوتية :
☒ بتحويل موجات الصوت المسموع الى موجات سمعية بالتردد نفسه .
☒ بعملية التضمين الترددي .
☒ بعملية التضمين السعوي .
☒ بفصل الترددات السمعية عن الترددات الراديوية .
12- صور التحسس النائي التي يعتمد فيها على مصدر الطاقة من القمر نفسه تسمى :
☒ صور غير نشطة .
☒ صور نشطة .
☒ صور الاشعاع المنبعث من الهدف نفسه .

مسائل الفصل

س1: يستعمل جهاز راديو لالتقاط محطة اذاعية تعمل عند تردد مقداره 840kHz فإذا كانت دائرة الرنين تحتوي على محث معامل حثه الذاتي 0.04mH ، فما هي سعة المتسعة الواجب توافرها لالتقاط المحطة؟

الحل :

$$f = 840\text{kHz} = 840 \times 1000 = 84 \times 10^4 \text{ Hz} , L = 0.04\text{mH} = 0.04 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-5} \text{ H}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow 84 \times 10^4 = \frac{1}{2\pi\sqrt{4 \times 10^{-5} C}} \Rightarrow (84 \times 10^4)^2 = \frac{1}{4\pi^2 \times 4 \times 10^{-5} C}$$

$$7056 \times 10^8 = \frac{1}{16\pi^2 \times 10^{-5} C} \Rightarrow 7056 \times 10^8 \times 16\pi^2 \times 10^{-5} C = 1$$

$$\therefore C = \frac{1}{112896\pi^2 \times 10^3} = \frac{8.85}{\pi^2} \times 10^{-9} \text{ F}$$

س2: ما مدى الأطوال الموجية لتغطية ارسال محطة AM اذاعية ترددتها في المدى من 540kHz إلى 1600kHz؟
الحل:

$$f = 540\text{kHz} = 54 \times 10^4 \text{ Hz} , \therefore \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{54 \times 10^4} = 555.5\text{m}$$

$$f = 1600\text{kHz} = 16 \times 10^5 \text{ Hz} , \therefore \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{16 \times 10^5} = 187.5\text{m}$$

$$\therefore (187.5\text{m} - 555.5\text{m})$$

س3: ما هو اقل طول لهوائي السيارة اللازم لاستقبال اشارة ترددها 100MHz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{100 \times 10^6} = 3\text{m} , \ell = \frac{\lambda}{2} = \frac{3}{2} = 1.5\text{m}$$

الحل:

س4: ما الطول الموجي لموجات كهرومغناطيسية يشعها مصدر تردده 50Hz؟

الحل:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{50} = 6 \times 10^6 \text{ m}$$

س5: ما تردد الموجات الكهرومغناطيسية التي اطوال موجاتها : (a) 2.1m ، (b) 12m ، (c) 120m ؟

الحل:

$$(a) f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2.1} = 1.428 \times 10^8 \text{ Hz} , (b) f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{12} = 0.25 \times 10^8 \text{ Hz}$$

$$(c) f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{120} = 0.025 \times 10^8 \text{ Hz}$$

س6: وقع انفجار على بعد 4km من راصد . ما هي الفترة الزمنية بين رؤية الراصد الانفجار وسماع صوته؟

(اعتبر سرعة الصوت 340m/s).

الحل:

$$t_1 = \frac{d}{c} = \frac{4 \times 10^3}{3 \times 10^8} = 1.33 \times 10^{-5} \text{ sec}$$

$$t_2 = \frac{d}{v} = \frac{4 \times 10^3}{340} = \frac{200}{17} = 11.764 \text{ sec}$$

$$\therefore \Delta t = t_2 - t_1 = 11.764 - 1.33 \times 10^{-5} = 11.764 - 0.0000133 = 11.7639867 \text{ sec}$$

واجبات الفصل

مثال 1: محطة تلفاز تبث موجة كهرومغناطيسية طولها (1.5m) مقدار معامل الحث الذاتي للملف المستعمل مع متسعة سعتها (4pF) لتكوين دائرة رنين تبث هذا الطول الموجي .

ج : $156 \times 10^{-9} \text{ H}$

مثال 2: ما الطول الموجي لموجات كهرومغناطيسية يشعها مصدر تردده (60Hz)؟

ج : $5 \times 10^6 \text{ m}$

مثال 3: احسب طول سلك الهوائي واللازم لاستقبال اشارة ترددها (600MHz) اذا كان الهوائي :

1- غير مؤرض. **2-** مؤرض.

ج : **1-** 0.25m ، **2-** 0.125m .

مثال 4: وقع انفجار على بعد (15km) من راصد ، ما الفترة الزمنية بين رؤية الراصد للانفجار وسماعه صوته ؟
(اعتبر سرعة الصوت (340m/sec) .

ج : 44.1176sec



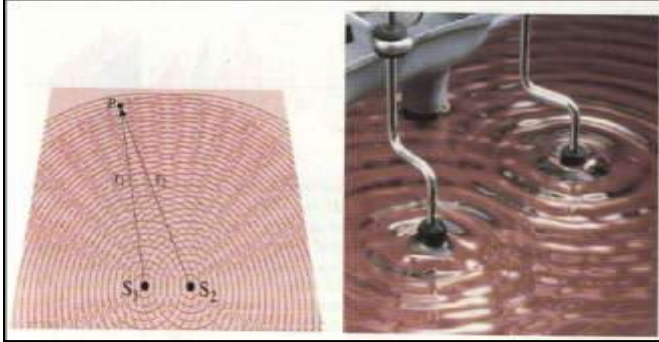
الفصل الخامس

البصريات الفيزيائية

تداخل الموجات الضوئية:

س : اشرح نشاط يوضح مفهوم تداخل الموجات؟

ادوات النشاط :



جهاز حوض الموجات ، مجهز قدرة ، هزاز ، نقار
ذو رأسين مدببين بمثابة مصدرين نقطيين (S_2, S_1)
يبعثان موجات كروية تنتشر على سطح الماء بالطول
الموجي نفسه.

خطوات النشاط :

- * نعد حوض الموجات للعمل اذ يمس طرفا النقار سطح الماء في الحوض.
- * عند اشتغال الهزاز نشاهد طراز التداخل عند سطح الماء نتيجة تراكب الموجات الناتجة عن اهتزاز المصدرين النقطيين المتماثلين (S_2, S_1) (لاحظ الشكل).
- * من مشاهدتنا للتداخل الحاصل للموجات عند سطح الماء يتضح لنا ان هناك نوعين من التداخل هما :
 - 1- **التداخل البناء :** ونحصل عليه عندما يكون للموجتين الطور نفسه والسعة نفسها عند نقطة معينة فان الموجتين تتحدان عند تلك النقطة لتقوي كل منهما الاخرى فتكون سعة الموجة الناتجة مساوية الى ضعف سعة اي من الموجتين الاصليتين اي ان التداخل في هذه الحالة ينتج عن تراكب قمتين او قعرين لموجتين ينتج عنهما تقوية.
 - 2- **التداخل الاتلاف :** ويحصل عند اتحاد سلسلتين من الموجات بطورين متعاكسين وسعتين متساويتين وهو ناتج عن تراكب قمة موجة مع قعر موجة اخرى لذلك فان تاثير احدهما يمحو تاثير الاخرى اي ان سعة الموجة الناتجة تساوي صفر.

س : ما المقصود ب : 1- تداخل الضوء . 2- الموجات المتشاكهة في الضوء . 3- المسار البصري .

- 1- **تداخل الضوء :** هو ظاهرة اعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب سلسلتين او اكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند انتشارها بمستوى واحد وفي ان واحد في الوسط نفسه.
- 2- **الموجات المتشاكهة :** هي الموجات التي تكون 1- متساوية في التردد . 2- متساوية (او متقاربة) في السعة . 3- فرق الطور بينها ثابت .
- 3- **المسار البصري :** هو الازاحة التي يقطعها الضوء في الفراغ بالزمن نفسه الذي يقطعه في الوسط المادي الشفاف.

س : ما المبدأ الذي على اساسه يحصل تداخل موجات الضوء؟

ج : مبدأ تراكب الموجات حيث تكون ازاحة الموجة المحصلة عند أي لحظة تساوي حاصل جمع ازاختي الموجتين المترابكتين عند اللحظة نفسها.

س(وزاري): متى يحصل التداخل المستديم بين موجتين ضوئيتين؟

ج: 1- ان تكون الموجتان متشابهتين.

2- اذا كان اهتزازهما في مستوي واحد وفي وسط واحد وتجهان نحو نقطة واحدة وفي ان واحد.

- ✓ لحساب فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين تنبعثان بطور واحد عن المصدرين (S_2, S_1) والواصلتين إلى النقطة (P) نستخدم العلاقة الآتية: $\langle \Delta \ell = \ell_2 - \ell_1 \rangle$
- ✓ ان فرق الطور (Φ) بين الموجتين الواصلتين إلى النقطة (P) يحدده فرق المسار البصري بين الموجتين على وفق العلاقة الآتية: $\langle \Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell \rangle$
- ✓ عندما يكون التداخل بناء بين الموجتين الضوئيتين المتشابهتين والمنبعثتين من المصدرين (S_2, S_1) فان فرق المسار البصري بينهما يعطى بالعلاقة الآتية: $\langle \Delta \ell = m \lambda \rangle$
- ✓ عندما يكون التداخل اتلاف بين الموجتين الضوئيتين المتشابهتين والمنبعثتين من المصدرين (S_2, S_1) فان فرق المسار البصري بينهما يعطى بالعلاقة الآتية: $\langle \Delta \ell = (m + \frac{1}{2}) \lambda \rangle$

$\Delta \ell$: تمثل فرق المسار البصري بين الموجتين فاذا كان التداخل بناء فان هذا الفرق يساوي صفرا او اعدادا صحيحة من طول الموجة. اما اذا كان التداخل اتلاف فان هذا الفرق يساوي اعدادا فردية من نصف طول الموجة.

ℓ_1 : طول المسار البصري للموجات المنبعثة من المصدر (S_1) والواصلّة إلى النقطة (P). او المسافة التي تقطعها الموجات من المصدر (S_1) باتجاه النقطة (P).

ℓ_2 : طول المسار البصري للموجات المنبعثة من المصدر (S_2) والواصلّة إلى النقطة (P). او المسافة التي تقطعها الموجات من المصدر (S_2) باتجاه النقطة (P).

Φ : فرق الطور بين الموجتين. فاذا كان التداخل بناء فان هذا الفرق يساوي صفرا او اعدادا زوجية من $(\pi \text{ rad})$. اما اذا كان التداخل اتلاف فان هذا الفرق يساوي اعدادا فردية من $(\pi \text{ rad})$.

λ : طول موجة الضوء.

m: تمثل عدد صحيح أذ ان : $(m=0,1,2,3,4,\dots)$.

س(وزاري): ما الفرق بين التداخل البناء والتداخل الاتلافي من حيث فرق المسار البصري لكل منهما بين موجتين ضوئيتين متشابهتين؟

ج: في التداخل البناء يكون فرق المسار البصري صفرا او أعداد صحيحة الأطوال الموجية $(\Delta \ell = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots)$ اي ان : $(\Delta \ell = m\lambda)$.

اما في التداخل الاتلافي فيكون فرق المسار البصري أعداد فردية من أنصاف طول الموجة.

$(\Delta \ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \dots)$ اي ان : $(\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda)$.

س : ما الشرط الذي يتوافر في الفرق بطول المسار البصري بين موجتين متشابهتين متداخلتين في حالة .

a- التداخل البناء . b- التداخل الاتلافي.

a- $\Delta \ell = m\lambda$

ج :

أي ان فرق المسار البصري صفر او أعداد صحيحة الأطوال الموجية ($\Delta \ell = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$)

b- $\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$

أي ان فرق المسار البصري أعداد فردية من أنصاف طول الموجة ($\Delta \ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \dots$)

س : ما الفرق بين التداخل البناء والتداخل الاتلافي؟

ت	التداخل البناء	التداخل الاتلافي
1	ناتج من تراكب قمتين او قعرين لموجتين في نقطة	ناتج من تراكب قمة موجة مع قعر موجة اخرى في نقطة
2	سعة الموجة المحصلة ضعف سعة أي من الموجتين الاصليتين.	سعة الموجة المحصلة تساوي صفر.
3	فرق المسار البصري بين الموجتين صفرا او اعدادا صحيحة من طول الموجة أي ان : ($\Delta \ell = m\lambda = 0\lambda, 1\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$)	فرق المسار البصري بين الموجتين اعدادا فردية من نصف طول الموجة أي ان : ($\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda, \dots$)
4	فرق الطور بين الموجتين صفر او اعداد زوجية من π أي ان : ($\Phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots$)	فرق الطور بين الموجتين اعداد فردية من π أي ان : ($\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$)
5	تظهر المنطقة مضيئة.	تظهر المنطقة مظلمة.

س : وضح ماذا يحدث اذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشابهتين متراكبتين يساوي :

1- اعداد صحيحة من طول الموجة . 2- اعداد فردية من نصف طول الموجة . 3- صفر .

ج : 1- تداخل بناء (هدب مضيئة) 2- تداخل اتلاف (هدب مظلمة) 3- تداخل بناء (هداب مركزي مضيء)

س : ما الفرق بين التداخل البناء والتداخل الاتلافي من حيث فرق الطور لكل منهما بين موجتين ضوئيتين متشابهتين؟

ج : في التداخل البناء يكون فرق الطور يساوي صفرا او اعدادا زوجية من ($\pi \text{ rad}$) اي ان

($\Phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots$) . اما في التداخل الاتلاف فيكون فرق الطور يساوي اعدادا فردية من ($\pi \text{ rad}$)

اي ان ($\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$) .

س : كم يجب ان يكون فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين للحصول على : (1) تداخل بناء. (2) تداخل اتلاف.

ج : (1) في التداخل البناء يكون فرق المسار البصري صفرا او اعداد صحيحة الأطوال الموجية $(\Delta \ell = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots)$ اي ان $(\Delta \ell = m\lambda)$.

(2) في التداخل الاتلاف يكون فرق المسار البصري اعداد فردية من أنصاف طول الموجة. $(\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda)$ اي ان $(\Delta \ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \dots)$.

س : كم يجب ان يكون فرق الطور بين موجتين ضوئيتين للحصول على : (1) تداخل بناء. (2) تداخل اتلاف.

ج : (1) في التداخل البناء يكون فرق الطور يساوي صفرا او اعدادا زوجية من (πrad) اي ان $(\Phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots)$.

(2) في التداخل الاتلاف فيكون فرق الطور يساوي اعدادا فردية من (πrad) اي ان $(\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots)$.

مثال 1 (كتاب) : في الشكل المجاور مصدران (S_2, S_1) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي $(\lambda = 0.1\text{m})$ وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة (P) في ان واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا قدره (3.2m) والآخرى مسارا بصريا مقداره (3m) .

الحل :

$$\Delta \ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3 = 0.2\text{m}$$

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell = \frac{2\pi}{0.1} \times 0.2 = 4\pi$$

بما ان فرق الطور عدد زوجي من (π) لذلك فالتداخل بناء.

فكر : بالنسبة للمثال السابق ماذا يحصل ؟ عندما :

a- تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والآخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (3.05m) .

b- تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والآخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (2.95m) .

الحل :

$$\text{a) } \Delta \ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3.05 = 0.15\text{m}$$

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell = \frac{2\pi}{0.1} \times 0.15 = \frac{0.3}{0.1} \pi = 3\pi$$

بما ان فرق الطور عدد فردي من (π) لذلك فالتداخل اتلاف.

$$\text{b) } \Delta \ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 2.95 = 0.25\text{m}$$

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell = \frac{2\pi}{0.1} \times 0.25 = \frac{0.5}{0.1} \pi = 5\pi$$

بما ان فرق الطور عدد فردي من (π) لذلك فالتداخل اتلاف.

تجربة شقي يونك:

س (وزاري): اشرح نشاطاً توضح فيه تجربة شقي يونك مبينا كيفية حساب الطول الموجي للضوء المستعمل.

ج: استعمل يونك في تجربته حاجزا ذا شق ضيق اضيئ بضوء احادي اللون ومن ثم يسقط الضوء على حاجزا اخر موضوع امام الحاجز الاول يحتوي على شقين متماثلين ضيقين يسميان بالشق المزدوج يقعان على بعدين متساويين عن شق الحاجز الأول ثم وضع على بعد بضعة أمتار منهما شاشة

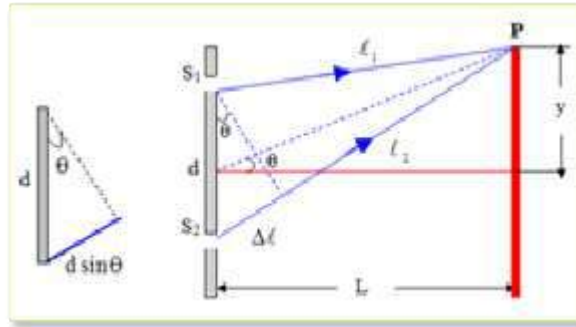
الاستنتاج:

ظهور مناطق مضيئة واخرى معتمة (مظلمة) على الشاشة وعلى التعاقب سميت بهُذب التداخل.

لحساب الطول الموجي للضوء المستعمل نطبق العلاقة: $(\lambda = \frac{y_m d}{mL})$

س: وضح كيفية تكون الهدب المضيئة والهدب المظلمة في تجربة شقي يونك؟

ج: وذلك بسبب حصول عملية التداخل البناء والالتلاف لان الشقين (S_2, S_1) المضاعين بضوء احادي اللون هما مصدران ضوئيان متشاكهان والموجات الصادرة عنهما يكون فرق الطور فيها ثابتا في الازمان جميعها، وهذا هو الشرط الاساسي لحصول التداخل ، وان نوع تداخلهما في اية نقطة يعتمد على الفرق بين طول مساريهما البصريين للوصول إلى تلك النقطة .



من الشكل الموضح أعلاه فان البعد بين الشقين (d) صغير جدا مقارنة ببعدهما عن الشاشة (L) (أي ان: $d \ll L$) لذا فان فرق المسار البصري بين الشعاعين الصادرين من الشقين (S_2, S_1) يعطى بالعلاقة الآتية: (فرق المسار البصري $d \sin \theta = \Delta \ell$) أي ان: $\langle d \sin \theta = \Delta \ell \rangle$.

ولكن شرط التداخل البناء هو: $\langle \Delta \ell = m\lambda \rangle$ ، وشرط التداخل الالتلاف هو: $\langle \Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \rangle$.

• لذلك فان شرط التداخل البناء للحصول على هدب مضيئة هو: $\langle d \sin \theta = (m\lambda) \rangle$.

وشرط التداخل الالتلاف للحصول على هدب معتمة هو: $\langle d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda \rangle$.

• لحساب بعد مركز الهدب المضيء او المظلم عن مركز الهدب المركزي المضيء يمكن استخدام العلاقة

الآتية: $\langle \tan \theta = \frac{y}{L} \rangle$.

وبما ان زاوية الحيود (θ) صغيرة فان: $\tan \theta \cong \sin \theta \Rightarrow y = L \tan \theta \cong L \sin \theta$

- لذا يمكن ايجاد بعد (او موقع) الهدب المضيء او المظلم ذو الرتبة (m) عن الهدب المركزي وفقا

$$\left\langle y_m = \frac{m\lambda L}{d} \quad \text{or} \quad y_m = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda L}{d} \right\rangle \text{ للعلاقات الآتية:}$$

- اما الفواصل بين الهدب المتجاورة (المضيئة او المظلمة) فتسمى فاصلة الهدب ويرمز لها (Δy) وتعطى وفقا للعلاقة الآتية: $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$.

حيث :

y_m : بعد او موقع الهدب المضيء او المظلم الذي رتبته (m) عن الهدب المركزي المضيء.

- تعوض القيمة العددية لـ (y_m) بإشارة سالبة في القانون عندما تعطى رتبة الهدب سالبة.

(Δy) فاصلة الهدب او البعد بين هدب التداخل او البعد بين هذين متجاورين (مضيئين او معتمين).

λ : طول موجة الضوء الاحادي اللون المستعمل. , L : بعد الشاشة عن حاجز الشقين.

d : البعد بين الشقين.

m : رتبة الهدب أذ ان لكل هدب رتبة على الشاشة وتمثل عدد صحيح ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$).

س : ما المقصود بـ : 1- الهداب المركزي 2- هدب التداخل

ج : 1- الهداب المركزي : هو الهدب المضيء الاوسط المقابل إلى منتصف المسافة بين الشقين.

2- هدب التداخل : هي مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة وعلى التعاقب تظهر على الشاشة .

س (وزاري) : علام تعتمد فاصلة الهدب (Δy) (البعد بين هذين متتاليين) في تجربة يونك؟

ج : تعتمد على : **1-** الطول الموجي للضوء الاحادي اللون المستعمل (**علاقة طردية**) .

2- بعد الشاشة عن حاجز الشقين (**علاقة طردية**) . **3-** البعد بين الشقين (**علاقة عكسية**) .

س : ما العلاقة بين فاصلة الهدب في تجربة شقي يونك ، وبعد الشقين عن الشاشة .

ج : العلاقة طردية بثبوت (d, λ) .

س (وزاري) : ما التغير الذي يحصل في فاصلة الهدب في تجربة شقي يونك عندما يقل البعد بين الشقين ؟ وضح ذلك .

(او ماذا يحصل للابعد بين هدب التداخل في تجربة شقي يونك عندما يقل البعد بين الشقين ؟ ولماذا) ؟

ج : تزداد الابعاد بين الهدب لأنها تتناسب عكسيا مع البعد بين الشقين وفقا للعلاقة الآتية: ($\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$)

س (وزاري) : ماذا يحصل (مع ذكر السبب) لفاصلة الهدب في تجربة شقي يونك عندما يزداد بعد الشقين عن الشاشة ؟

ج : يزداد مقدار فاصلة الهدب عندما يزداد بعد الشقين عن الشاشة وحسب العلاقة :

$$(\Delta y = \frac{L\lambda}{d} , \Delta y \propto L)$$

س (وزاري): أثبت ان فاصلة الهدب في تجربة يونك تعطى بالعلاقة: $(\Delta y = \frac{L\lambda}{d})$

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d} (m+1 - m) = \frac{\lambda L}{d} \quad \text{ج:}$$

س (وزاري): ما السبب في حصول الهدب المضيئة والهدب المظلمة في تجربة يونك؟

ج: بسبب حيود وتداخل موجات الضوء معا والصادرة عن الشق المزدوج في التجربة.

س (وزاري): علام يعتمد نوع التداخل في تجربة شقي يونك؟

ج: يعتمد على فرق المسار البصري بين الموجتين او فرق الطور بين الموجتين.

س (وزاري): ما الغرض من تجربة يونك؟

ج: 1- قياس طول موجة الضوء المستعمل بالتجربة . 2- لاثبات الطبيعة الموجية للضوء.

س (وزاري): لو استعمل الضوء الابيض في تجربة يونك، كيف يظهر لون الهداب المركزي المضيء؟ وكيف تظهر بقية الهدب

المضيئة على جانبي الهداب المركزي المضيء؟

ج: يظهر الهدب المركزي بلون ابيض وعلى كل من جانبيه تظهر اطياف مستمرة للضوء الابيض يتدرج كل

طيف من اللون البنفسجي إلى اللون الاحمر.

س: لو اجريت تجربة يونك تحت سطح الماء، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل؟

ج: طول موجة الضوء في الماء أقصر عما هي في الهواء على وفق العلاقة الآتية: $(\lambda_n = \frac{\lambda}{n})$ وبما ان

الحزم المضيئة والمظلمة تتناسب مواقعها مع الطول الموجي (λ) فان الفواصل بين هدب التداخل ستقل.

س: (علل) في تجربة شقي يونك عند استعمالك لضوء احمر تشاهد ان المسافات بين هدب التداخل اكبر مما هي عليه في

حال استعمال الضوء الازرق؟

ج: لان الطول الموجي للضوء الاحمر اكبر من الطول الموجي للضوء الازرق وان المسافات بين هدب

التداخل تتناسب طرديا مع الطول الموجي.

س (فكر): في حالة استعمالك لضوء احمر في تجربة يونك ستشاهد ان المسافات بين هدب التداخل اكبر مما هي

عليه في حالة استعمال الضوء الازرق، لماذا؟

ج: لان الطول الموجي للضوء الاحمر اكبر من الطول الموجي للضوء الازرق $(\lambda_r > \lambda_b)$ وحيث ان

المسافة بين هدب التداخل (فاصلة الهدب) تتناسب طرديا مع الطول الموجي لذلك فان فاصلة الهدب

للضوء الاحمر اكبر من فاصلة الهدب للضوء الازرق $(\Delta y_r > \Delta y_b)$ وفقا للعلاقة الآتية:

$$\Delta y = \frac{L\lambda}{d} \Rightarrow \Delta y \propto \lambda$$

س: (علل) الهدب المركزي مضيء دائما في تجربة شقي يونك؟

ج: لان فرق المسار البصري بين الموجتين الصادرتين من الشقين يساوي صفر فيكون التداخل بناء.

س (وزاري): هل يمكن؟ ولماذا؟ للضوء الصادر عن المصادر غير المتشاكهة ان يتداخل؟

ج: نعم يحصل التداخل البناء والتداخل الاتلاف ولكن بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة وبسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط لذا تشاهد العين اضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الأبصار.

س (وزاري): هل تظهر الاهداب في تجربة شقي يونك اذا كان المصدرين الضوئيين غير متشاكهين؟ ولماذا؟

ج: لا تظهر. لان التداخل البناء والاتلاف يحصل بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة وبسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط فتشاهد العين اضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الأبصار.

س (وزاري): ما الفرق بين المصادر المتشاكهة والمصادر غير المتشاكهة في الضوء؟

ج: المصادر المتشاكهة تبعث موجات بأطوار ثابتة (فرق الطور ثابت) بين الموجات المتداخلة بينما الموجات غير المتشاكهة تبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة وبسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط.

س: هل يمكن للضوء الصادر عن المصادر غير المتشاكهة ان يتداخل؟ وهل يوجد فارق بين المصادر المتشاكهة وغير المتشاكهة؟

ج: نعم يحصل التداخل البناء والتداخل الاتلاف ولكن بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة وبسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط لذا تشاهد العين اضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الأبصار وهذا هو الفرق بين المصادر المتشاكهة والمصادر غير المتشاكهة.

س (وزاري): هل يمكن؟ وضح ذلك. الحصول على التداخل البناء والاتلاف اذا كان المصدران الضوئيان غير متشاكهين.

ج: نعم يمكن. ولكن يحصل التداخل البناء والاتلاف بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة وبسرعة كبيرة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط لذا تشاهد العين اضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الابصار.

س: ماذا يعني ظهور هدب ملونة في تجربة شقي يونك.

او علام يدل تكون هدب ملونة في تجربة شقي يونك؟

ج: يعني ان الضوء المستخدم في التجربة ضوء ابيض.

س (وزاري): ماذا يحصل (مع ذكر السبب) لفاصلة الهدب في تجربة شقي يونك عندما يزداد بعد الشقين عن الشاشة (L)؟

ج: يزداد مقدار فاصلة الهدب عند زيادة بعد الشقين عن الشاشة لان العلاقة بينهما طردية وفقا للعلاقة :

$$(\Delta y) = \frac{L\lambda}{d}$$

س (وزاري): لماذا لا يمكن ان نحصل على انماط التداخل من تركيب موجات الضوء الصادر عن مصدران ضوئيان غير متشاكهين؟

ج: لان كلا من المصدرين يبعث موجات باطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في اي نقطة من نقاط الوسط. لذا تشاهد العين اضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الابصار.

س: مصدران ضوئيان موضوعان الواحد جنب الآخر معا اسقطت موجات الضوء الصادر منهما على شاشة . لماذا لا يظهر نمط التداخل من تراكب موجات الضوء الصادرة عنهما على الشاشة.

ج: الضوء الصادر من المصدرين الضوئيين يتألف من موجات عدة مختلفة الطول الموجي باطوار عشوائية متغيرة أي لا يوجد تشاكه بين المصدرين فالضوء الصادر عن المصدرين لا يحقق فرق طور ثابت بمرور الزمن لذا من المحال مشاهدة طراز التداخل.

مثال 2 (كتاب): اذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي (0.2mm) وبعد الشاشة عنهما يساوي (1m) . وكان البعد بين الهدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي (9.49mm) . احسب طول موجة الضوء المستعمل في هذه التجربة؟

الحل:

$$d = 0.2\text{mm} = 0.2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{m} , y = 9.49\text{mm} = 949 \times 10^{-5} \text{m}$$

$$\lambda = \frac{y d}{m L} = \frac{949 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-4}}{3 \times 1} = \frac{1898}{3} \times 10^{-9} = 632.66 \times 10^{-9} \text{m}$$

فكر: هل ان الهدب المضيء الثالث ($m = -3$) يعطي الطول الموجي نفسه .

ج: نعم يعطي الطول الموجي نفسه فعندما ($m = -3$) فان ($y_m = -9.49 \times 10^{-3} \text{m}$) .

$$d = 0.2\text{mm} = 0.2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{m} , y = 9.49\text{mm} = 949 \times 10^{-5} \text{m}$$

$$\lambda = \frac{y d}{m L} = \frac{-949 \times 10^{-5} \times 2 \times 10^{-4}}{-3 \times 1} = \frac{1898}{3} \times 10^{-9} = 632.66 \times 10^{-9} \text{m}$$

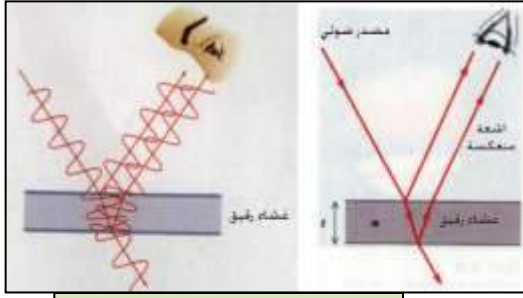
مثال 3 (كتاب): في الشكل المجاور استعمل ضوء احمر طول له الموجي ($\lambda = 664\text{nm}$) في تجربة يونك وكان البعد بين الشقين ($d = 1.2 \times 10^{-4} \text{m}$) وبعد الشاشة عن الشقين ($L = 2.75 \text{m}$) جد المسافة (y) على الشاشة بين الهدب المضيء ذي المرتبة الثالثة ومركز الهدب المركزي.

الحل:

$$\lambda = 664\text{nm} = 664 \times 10^{-9} \text{m}$$

$$y = \frac{m L \lambda}{d} = \frac{3 \times 2.75 \times 664 \times 10^{-9}}{1.2 \times 10^{-4}} = 456.5 \times 10^{-4} \text{m}$$

التداخل في الأغشية الرقيقة:



التداخل في الأغشية الرقيقة

* ان الموجات الضوئية الساقطة على الغشاء ينعكس قسم منها عن السطح الامامي للغشاء وتعاني انقلابا بالطور مقداره $(\pi \text{ rad})$ ، اما القسم الآخر من الضوء فان موجاته تنفذ في الغشاء وتعاني انكسارا وعند انعكاسها عن السطح الخلفي للغشاء الذي سمكه (t) لا تعاني انقلابا في الطور بل تقطع زيادة على ذلك مسارا بصريا يساوي ضعف السمك البصري للغشاء $(2nt)$. فيحصل تداخل بين الموجتين المنعكستين عن السطح الامامي والخلفي للغشاء وحسب مقدار فرق الطور بينهما.

س(وزاري): (علل) : تلون بقع الزيت الطافية على سطح الماء بألوان زاهية؟

ج: وذلك بسبب التداخل بين موجات الضوء الابيض المنعكسة عن السطح الامامي والسطح الخلفي للغشاء الزيتي الرقيق.

س(وزاري): علام يعتمد؟ التداخل في الأغشية الرقيقة .

ج: يعتمد على: 1- سمك الغشاء. 2- انقلاب الطور.

س(وزاري): ماذا يحصل؟ وضح : للضوء الساقط على غشاء رقيق (مثل غشاء فقاعة الصابون)؟

ج: ينعكس الضوء عن السطح الامامي للغشاء فيعاني انقلابا بالطور مقداره $(\pi \text{ rad})$ وينعكس عن السطح الخلفي للغشاء فيقطع زيادة على ذلك مسارا بصريا يساوي ضعف السمك البصري للغشاء فيحصل تداخل بين الموجتين المنعكستين عن السطح الامامي والسطح الخلفي وحسب مقدار فرق الطور فتتلون فقاعة الصابون بألوان زاهية.

س(وزاري): (علل) : تعاني الموجات المنعكسة عن السطح الامامي للغشاء الرقيق انقلابا بالطور مقداره $(\pi \text{ rad})$ ؟

ج: لان كل موجة تنعكس عن سطح وسط له معامل انكسار أكبر من معامل انكسار الوسط الذي قدمت منه يحصل لها انقلابا بالطور بمقدار (180°) .

س(وزاري): كم يجب ان يكون السمك البصري للغشاء الرقيق لكي نحصل على التداخل البناء للضوء احادي اللون الساقط على الغشاء؟

ج: يجب ان يكون السمك البصري للغشاء اعداد فردية من ارباع طول الموجة.

$$(nt = 1(\frac{1}{4}\lambda), 3(\frac{1}{4}\lambda), 5(\frac{1}{4}\lambda), \dots)$$

س(وزاري): كم يجب ان يكون السمك البصري للغشاء الرقيق لكي نحصل على (التداخل الإتلاف) ؟

ج: يجب ان يكون السمك البصري للغشاء اعداد زوجية من ارباع طول الموجة للضوء الاحادي الساقط.

$$(nt = 2(\frac{1}{4}\lambda), 4(\frac{1}{4}\lambda), 6(\frac{1}{4}\lambda), \dots)$$

س(وزاري): ما نوع التداخل في الأغشية الرقيقة إذا كان سمك الغشاء البصري $(\frac{3}{4}\lambda, \frac{1}{2}\lambda)$ ؟

ج: التداخل بناء إذا كان سمك الغشاء البصري $(\frac{3}{4}\lambda)$. بينما يكون اتلاف إذا كان سمك الغشاء البصري $(\frac{1}{2}\lambda)$.

س(وزاري): ما نوع التداخل في الأغشية الرقيقة إذا كان سمك الغشاء البصري $(\frac{3}{4}\lambda, \frac{2}{4}\lambda)$ ؟

ج: عندما سمك الغشاء $(\frac{3}{4}\lambda)$ التداخل بناء. وعندما $(\frac{2}{4}\lambda)$ التداخل اتلاف.

س: ما مقدار فرق الطور بين الموجات المنعكسة عن السطح الامامي لغشاء رقيق والموجات الساقطة عليه ؟

ج: فرق الطور يساوي 180° أي $\pi \text{ rad}$.

✓ للتعرف على نوع التداخل في الأغشية الرقيقة نستخدم العلاقة الآتية: $\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda$.

حيث :

$\Delta\ell$: فرق المسار البصري بين الموجتين . , t : سمك الغشاء الخلفي . , nt : السمك البصري للغشاء .

فاذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساويا لاعداد فردية من ربع طول موجة الضوء الاحادي الساقط أي ان :

$$nt = (\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \frac{7}{4}\lambda, \dots)$$

سيكون التداخل بناء ويظهر الغشاء مضاء بلون الضوء الساقط عليه وفقا للعلاقة الآتية :

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda, \dots$$

اما اذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساويا لاعداد زوجية من ربع طول موجة الضوء الاحادي الساقط أي ان :

$$nt = (0, \frac{2}{4}\lambda, \frac{6}{4}\lambda, \frac{8}{4}\lambda, \dots)$$

لذا سيكون التداخل اتلاف ويظهر الغشاء مظلما وفقا للعلاقة الآتية:

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda, \dots$$

حيود موجات الضوء :

س(وزاري): اشرح نشاطا توضح فيه الحيود في موجات الضوء؟

أدوات النشاط: لوح زجاج، دبوس، دهان اسود، مصدر ضوئي احادي اللون.

خطوات النشاط:

1- ادهن لوح الزجاج بالدهان الأسود.

2- اعمل شقا رفيعا في لوح الزجاج باستعمال رأس الدبوس.



3- انظر من خلال الشق إلى المصدر الضوئي ستلاحظ مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة وان المنطقة الوسطى عريضة وشديدة الإضاءة وان الهدب المضيئة تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدرج عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء.

4- ان ظهور مناطق مضيئة واخرى مظلمة على جانبي الفتحة تدل على ان الضوء يحيد عن مساره.

س : ماذا يحصل للهدب المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء؟

ج : تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدرج عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء.

س : ماذا تشاهد عند النظر الى مصباح مضيء من خلال اصبعين من اصابع يدك عند تقريبهما من بعضهما او عند النظر

الى ضوء الشمس من خلال تقريب رموش عينيك؟ ولماذا ؟

ج : نشاهد حزم مضيئة ومظلمة على التعاقب بسبب حيود الضوء وتداخله .

س(وزاري): ما شرط الحصول على الهدب المعتمة (الهدب المظلمة) والهدب المضيئة في تجربة الشق الواحد؟

$$\ell \sin \theta = m\lambda$$

ج : الشرط اللازم للحصول على هدب معتم

$$\ell \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء

س(وزاري): في حيود الضوء، اثبت ان شرط تكون الهدب المضيء الاول (غير المركزي) ان يكون عرض الشق مساويا الى

$$\left(\frac{3\lambda}{2\sin \theta} \right)$$

$$\ell \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow \ell = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{\sin \theta} = \frac{(1 + \frac{1}{2})\lambda}{\sin \theta} = \frac{\frac{3}{2}\lambda}{\sin \theta} = \frac{3\lambda}{2\sin \theta}$$

ج :

س : ما التغير الذي يحصل في عرض المنطقة المركزية المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عندما نجعل عرض الشق يضيق

أكثر؟

ج : يزداد عرض الهدب المركزي المضيء ويكون بأقل شدة على وفق العلاقة الآتية: $(\ell \propto \frac{1}{\sin \theta})$.

محزر الحيود:

س(وزاري): ما الغرض من محزر الحيود ؟

ج : 1- دراسة الاطياف 2- تحليل مصادر الضوء 3- قياس الطول الموجي للضوء

س : ما المقصود بمحزر الحيود؟ وكيف يمكن صناعته؟

ج : محزر الحيود: هو أداة مفيدة في دراسة الاطياف وتحليل مصادر الضوء وقياس الطول الموجي للضوء اذ

يتألف من عدد كبير من الحزوز المتوازية ذات الفواصل المتساوية. يمكن صناعته

بوساطة طبع حزوز على لوح زجاجي في ماكينة تسطير بالغة الدقة ، فالفاصل بين

الحزوز تكون شفافة اذا تعمل عمل شقوق منفصلة والحز يُعد منطقة مظلمة.

○ في محرز الحيود عندما يكون فرق المسار البصري بين شعاعين صادريين من أي شقين متجاورين (متتاليين) مساويا الى طول موجة واحدة (λ) او اعداد صحيحة من طول الموجة ($m\lambda$) فان التداخل بين الموجات يكون بناء وتظهر الهدب مضيئة على الشاشة ووفقا للعلاقة الآتية:

$$\left\langle d \sin \theta = m\lambda \quad , \quad d = \frac{W}{N} \right\rangle$$

حيث :

d: ثابت المحرز وهو البعد بين حزين متجاورين في المحرز ومقداره صغير جدا. ويعتمد على عدد الحزوز في السنتيمتر الواحد (تناسب عكسي) ويقاس بوحدة (cm) او بوحدة (m).
 θ : زاوية حيود الهدب المضيء الذي رتبته **m** عن الهدب المركزي حيث لكل زاوية حيود عن المركز رتبة. **$d \sin \theta$:** فرق المسار البصري بين الشعاعين الخارجين من اي شقين متجاورين في المحرز.
m: رتبة الهدب المضيء حيث لكل هدب مضيء مرتبة معينة حيث ($m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$) وهي عدد صحيح .

λ : طول موجة الضوء المستعمل في المحرز وتقاس بوحدة (cm) او بوحدة (m).
N: عدد حزوز (او درجة المحرز) حيث يتراوح عدد الحزوز في السنتيمتر الواحد من المحرز بين **[1000-10000]line/cm**. فلو كان عدد الحزوز (5000line/cm) مثلا فان ثابت المحرز (**d**) يكون:

$$d = \frac{W}{N} = \frac{1\text{cm}}{5000} = 2 \times 10^{-4} \text{cm}$$

W: عرض المحرز حيث (**w=1cm or w=0.01m**) ، **c:** سرعة الضوء في الفراغ (**c=3×10⁸m/s**).

س: ما الفائدة العملية لجهاز المطياف؟

ج: يستعمل لحساب الطول الموجي للضوء احادي اللون.

س: علام تعتمد زاوية الحيود في المحرز؟

ج: تعتمد على :

1- الطول الموجي للضوء المستعمل (**λ**). **2-** ثابت المحرز او عدد حزوزه. **3-** رقم المرتبة المضيئة (**m**)

س (وزاري): كيف تتغير زاوية حيود هدا ب مضيء رتبته معلومة بنقصان ثابت المحرز؟ وضح ذلك.

ج: تزداد زاوية الحيود (تناسب عكسي) وفقا للعلاقة : (**$d \sin \theta = m\lambda$**) لذلك (**$\sin \theta \propto \frac{1}{d}$**).

س: كيف تتغير زاوية الحيود لهداب مضيء رتبته معلومة مع كل من :

1- الطول الموجي للضوء المستعمل خلال محرز معين. **2-** عدد حزوز المحرز عند استعمال ضوء ذي طول موجي معين.

ج: 1- تزداد زاوية حيود الضوء مع ازدياد الطول الموجي للضوء المستعمل (زاوية الحيود تتناسب طرديا مع

الطول الموجي للضوء المستعمل) وفقا للعلاقة : (**$d \sin \theta = m\lambda$**) لذلك (**$\sin \theta \propto \lambda$**).

2- بزيادة عدد حزم المحرز تزداد زاوية الحيود (تناسب طردي) $(\sin \theta \propto N)$.

س: علام يعتمد كون الهدب مضيء ام مظلم في محرز الحيود؟

ج: يعتمد على فرق المسار البصري بين كل شعاعين صادريين من شقين متجاورين في المحرز.

مثال 4 (كتاب): ضوء احادي اللون من ليزر هيليوم - نيون طوله الموجي $(\lambda = 632.8 \text{ nm})$ يسقط عموديا على محرز حيود يحتوي السنتمر الواحد منه على (6000 line) . جد زوايا الحيود (θ) للمرتبة الاولى والثانية المضيئة. علما ان $(\sin 21.3^\circ = 0.3796)$ ، $(\sin 49^\circ = 0.7592)$

الحل :

$$d = \frac{W}{N} = \frac{10^{-2}}{6000} = \frac{1}{6} \times 10^{-5} \text{ m}$$

$(m = 1)$:

$$d \sin \theta = m \lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} = \frac{1 \times 632.8 \times 10^{-9}}{\frac{1}{6} \times 10^{-5}} = 6 \times 632.8 \times 10^{-4} = 0.3796 \Rightarrow \theta = 21.3^\circ$$

$(m = 2)$:

$$d \sin \theta = m \lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} = \frac{2 \times 632.8 \times 10^{-9}}{\frac{1}{6} \times 10^{-5}} = 12 \times 632.8 \times 10^{-4} = 0.7593 \Rightarrow \theta = 49^\circ$$

استقطاب الضوء:

س(وزاري): اذكر نشاط يوضح استقطاب الموجات؟

أدوات النشاط:

حبل مثبت من أحد طرفيه بجدار، حازر ذو شق.

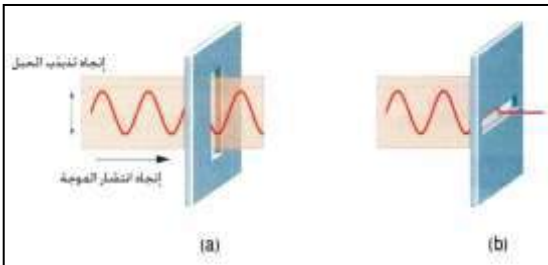
خطوات النشاط:

1- نمرر الطرف السائب للحبل عبر شق الحازر، بحيث نجعل الشق طوليا نحو الأعلى وعموديا مع الحبل.
2- نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة منتقلة فيه. نشاهد ان الموجة المستعرضة قد مرت من خلال الشق.

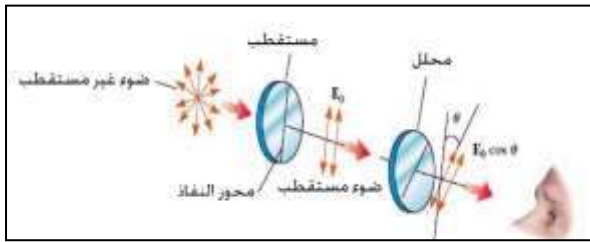
3- نجعل الشق بوضع افقي ثم نشد الحبل وننتره، نشاهد ان الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل لا يمكنها المرور من خلال الشق.

الاستنتاج:

يمكن التوصل إلى النتيجة نفسها مع موجات الضوء، اذا استعملنا شريحة من التورمالين وهي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه الأفقي وذلك بامتصاصها داخليا.



س(وزاري): اشرح بخطوات نشاطا توضح فيه استقطاب الموجات الضوئية مع الاستنتاج .



ج: أدوات النشاط: شريحتان من التورمالين، مصدر ضوئي

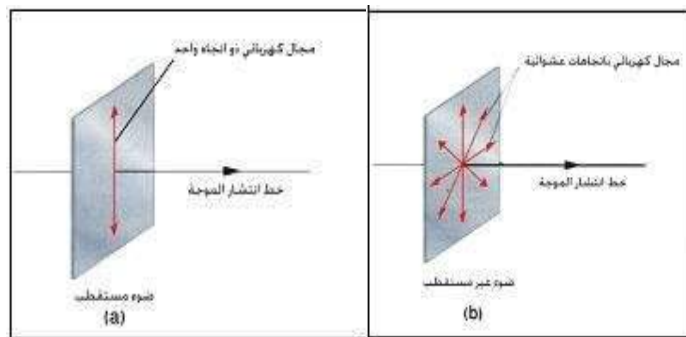
خطوات النشاط:

1- خذ شريحة من التورمالين وضعها في طريق مصدر الضوء.

2- قم بتدوير الشريحة حول المحور المار من وسطها والعمودي عليها.

3- ضع شريحتين من التورمالين كما موضح في الشكل.

4- قم بتثبيت احدهما وتدوير الشريحة الاخرى ببطء حول الحزمة الضوئية.



الاستنتاج:

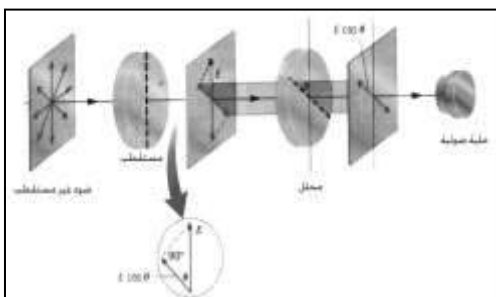
1- ان الضوء غير المستقطب هو موجات مستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الاتجاهات جميعها وبلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة اذ لا يسمح بمرور الموجات الضوئية الا اذا كان مستوي اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بامتصاص باقي الموجات وهذه العملية تسمى الاستقطاب والموجات الضوئية تسمى موجات ضوئية مستقطبة. وتسمى الشريحة التي تقوم بهذه العملية المستقطب والشريحة الثانية المحلل.

2- في حالة الضوء المستقطب يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية باتجاه واحد ، اما في حالة الضوء غير المستقطب فيكون تذبذب مجالها الكهربائي باتجاهات عشوائية وفي مستويات متوازية عمودية على خط انتشار الموجة.

س(وزاري): اشرح نشاطا توضح فيه تأثير المادة المستقطبة في شدة الضوء النافذ من خلالها؟

أدوات النشاط: مصدر ضوئي احادي اللون، شريحتان من مادة التورمالين.

خطوات النشاط:



1- نضع المصدر الضوئي امام اللوح المستقطب ثم نضع اللوح الثاني المحلل خلفه نلاحظ تناقص شدة الضوء النافذ خلال اللوحين.

2- نقوم بتدوير اللوح المحلل حتى تنعدم شدة الضوء تماما.

الاستنتاج :

1- الضوء الاعتيادي النافذ من خلال اللوح المستقطب قد استقطب استوائيا وقلت شدته ، وعند نفوذه من اللوح المحلل قلت شدته اكثر.

2- عند تدوير اللوح المحلل وعند وضع معين له نجد ان شدة الضوء تختفي تماما عند النظر من خلاله وهذا يدل على ان الضوء المستقطب قد حجبته المحلل بالكامل.

س : ما الفرق بين الضوء المستقطب والضوء غير المستقطب؟

ج : الضوء المستقطب: هو الضوء الذي يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية باتجاه واحد.

الضوء غير المستقطب : هو الضوء الذي يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية باتجاهات عشوائية.

س : ماذا تسمى الشريحة التي ؟ a- يستقطب الضوء من خلالها b- يمر من خلالها ضوء مستقطب.

ج : a- مُستقطب. b- محلل.

س : ماذا يقال عن الحزمة الضوئية اذا كان فيها المجال الكهربائي يهتز عموديا على خط انتشارها :

1- بمستوي واحد. 2- بمستويات ذات اتجاهات مختلفة.

ج : 1- حزمة ضوئية مستقطبة استقطابا استوائيا كليا . 2 - حزمة ضوئية غير مستقطبة.

س(وزاري) : (علل) ضوء الشمس والمصابيح الاعتيادية غير مستقطب ؟

ج : لان اهتزاز المجال الكهربائي لضوء الشمس والمصابيح يكون باتجاهات عشوائية وبمستويات متوازية عمودية على خط الانتشار.

طرائق استقطاب الضوء:

س(وزاري) : ما طرائق الاستقطاب في الضوء؟

ج : 1- الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي . 2- استقطاب الضوء بالانعكاس.

س(وزاري) : كيف يمكن الحصول على حزمة ضوئية مستقطبة خطيا (استوائيا او كليا) من حزمة ضوئية غير مستقطبة ؟

وما التقنيات المستعملة لهذا الغرض ؟

ج : وذلك بازالة معظم الموجات من الحزمة الضوئية غير المستقطبة ما عدا تلك الموجات التي يهتز مجالها الكهربائي بمستوى واحد منفرد . اما التقنيات الشائعة الاستعمال للحصول على حزمة ضوء مستقطب هي باستعمال مواد تنفذ الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بمستوى مواز لاتجاه معين وهو المحور البصري وتمتص تلك الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بالاتجاهات الاخرى .

س : ما المقصود بالمواد القطبية؟ وكيف يمكن صنعها؟

ج : **المواد القطبية :** هي المواد التي يستقطب الضوء من خلالها بطريقة الامتصاص الانتقائي. وتصنع هذه المواد بهيئة الواح رقيقة ذات سلسلة هيدروكربونية طويلة وتكون الألواح ممتدة خلال تصنيعها اذ تتراصف جزيئات السلسلة الطويلة لتكون محور بصري لنفاذ الضوء والذي يكون مجاله الكهربائي عموديا على محورها البصري .

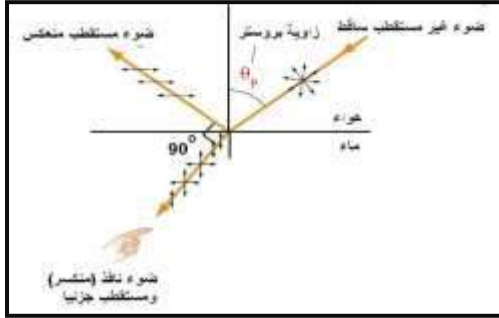
س(وزاري): ما المقصود بـ؟ المواد النشطة بصريا.

ج: هي مواد لها القابلية على تدوير مستوي الاستقطاب للضوء المستقطب عند مروره من خلالها بزاوية تسمى زاوية الدوران البصري.

س(وزاري): علام تعتمد زاوية الدوران البصري في المواد النشطة بصريا؟

ج: تعتمد على: 1- نوع المادة 2- سمكها 3- تركيز المحلول 4- طول موجة الضوء المار خلالها. **استقطاب الضوء بالانعكاس:**

س(وزاري): كيف يحصل استقطاب الضوء بالانعكاس؟ مع الرسم.



ج: عند سقوط الضوء على سطوح عاكسة كالمرايا المستوية او

كسطح ماء في بحيرة فان الضوء المنعكس يكون مستقطبا

جزئيا وفي مستوي موازي لمستوي السطح العاكس في حين

الضوء المنكسر في الوسط الثاني يكون في مستوي سقوط

الاشعة . وتعتمد درجة الاستقطاب على زاوية السقوط فاذا كانت زاوية سقوط الضوء تساوي صفر

لايحدث استقطاب في حين تزداد درجة الاستقطاب بزيادة زاوية السقوط الى ان يصل الى استقطاب كلي

عند زاوية معينة تسمى زاوية بروستر ويكون الشعاع المنكسر مستقطبا جزئيا وتكون الزاوية بين الشعاع

المنعكس والمنكسر قائمة (90°).

س: ما المقصود بزاوية بروستر؟ وعلام تعتمد؟

ج: هي زاوية سقوط الضوء والتي يكون فيها الشعاع المنعكس مستقطبا استوائيا كليا ويكون الشعاع

المنكسر مستقطبا جزئيا وتكون الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر قائمة (90°). تعتمد على معامل

انكسار الوسط ١.

• ان الضوء المنعكس يصبح مستقطبا استوائيا كليا عند زاوية سقوط معينة تسمى زاوية بروستر او زاوية الاستقطاب

ورمزها (θ_p) حيث وجد بروستر علاقة بين زاوية الاستقطاب (θ_p) ومعامل انكسار الوسط (n) وكما يلي :

$$\tan \theta_p = n$$

• ومن الجدير بالذكر فان العلاقة بين الزاوية الحرجة ومعامل انكسار الوسط هي :

$$n = \frac{1}{\sin \theta_c}$$

حيث: (n): معامل انكسار الوسط وهو عدد مجرد من الوحدات . ، θ_c : الزاوية الحرجة.

س(وزاري): علام تعتمد درجة الاستقطاب في الضوء بطريقة الانعكاس؟

ج: تعتمد على زاوية السقوط.

س(وزاري): ما تأثير زيادة زاوية سقوط على السطح العاكس في درجة الاستقطاب؟

ج: تزداد درجة الاستقطاب.

س: علام يدل؟ على ان الضوء المنعكس من على سطح عاكس يكون :

1- غير مستقطب . 2- مستقطب جزئيا . 3- مستقطب استوائيا كليا.

ج: 1- يدل على ان الضوء الساقط عمودي على السطح العاكس أي ان زاوية السقوط تساوي صفر.

2- يدل على ان الضوء سقط على السطح مائلا وبزاوية سقوط اقل من زاوية الاستقطاب (زاوية بروستر).

3- يدل على ان الضوء سقط على السطح مائلا وبزاوية سقوط تساوي زاوية الاستقطاب (زاوية بروستر).

س(وزاري): في حالة استقطاب الضوء بالانعكاس تحت اي شرط :

a - لا يحصل استقطاب في الضوء . b - يحصل استقطاب استوائي كلي.

ج: a - عندما تكون زاوية سقوط الضوء تساوي صفرا او يكون سقوط الضوء عمودي.

b - عندما تكون زاوية السقوط تساوي زاوية الاستقطاب (زاوية بروستر).

س: في الاستقطاب بالانعكاس وضح ماذا يحصل عندما تصبح زاوية السقوط تساوي زاوية الاستقطاب ؟

ج: a - الشعاع المنعكس يكون مستقطب استوائيا كليا.

b - الشعاع المنعكس مستقطب جزئيا.

c - الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنعكس قائمة.

d - العلاقة بين زاوية الاستقطاب θ_p ومعامل انكسار الوسط (n) هي $(n = \tan \theta_p)$.

استطارة الضوء:

س: ما المقصود بظاهرة الاستطارة .

ج: هي ظاهرة حيود الضوء بوساطة جسيمات اقطارها تقارب الطول الموجي الضوء المرئي الساقط عليها.

س: ما سبب رؤية السماء زرقاء من على سطح الارض وبلا نجوم نهارا؟

ج: بسبب حدوث ظاهرة الاستطارة (تشتت الالوان) وذلك بسبب وجود الغلاف الجوي.

س: ما سبب زرقة السماء عندما تكون الشمس فوق الافق نهارا؟ وضح ذلك .

ج: سبب ذلك يعود الى ظاهرة الاستطارة في الضوء. فعند سقوط ضوء الشمس (الضوء المرئي) الذي تتراوح

اطواله الموجية λ بين (400nm – 700nm) على جزيئات الهواء التي اقطارها d تقارب معدل الطول

الموجي لمكونات الضوء المرئي أي ان ($d \leq \lambda$) فان الاطوال الموجية القصيرة من ضوء الشمس (الضوء

الازرق) يستطار بمقدار أكبر من الأطوال الموجية الطويلة (الضوء الاحمر) لذلك عندما ننظر إلى السماء

نحو الأعلى فإننا نراها زرقاء بسبب استطارة الضوء الأزرق.

س : علل . ظهور قرص الشمس بلون الضوء الاحمر عند شروق الشمس وعند غروبها؟

ج : وذلك بسبب قلة استطارة الضوء الاحمر حيث ان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي.

س : علام تعتمد شدة الضوء المستطار؟

ج : تعتمد على الاس الرابع للطول الموجي (شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي).

س : علل . تستطار موجات الضوء القصيرة بنسبة اكبر من موجات الضوء الطويلة؟

ج : لان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي $(I\alpha \frac{1}{\lambda^4})$.

س : أي من الأطوال الموجية للضوء الابيض يستطار بنسبة اكبر؟ واي منها يستطار بنسبة اقل؟ ولماذا؟

ج : ان الاطوال الموجية القصيرة (وهو الضوء الازرق) يستطار بمقدار اكبر من الاطوال الموجية الطويلة (وهو الضوء الاحمر). اما الاطوال الموجية الطويلة (الضوء الاحمر) فتكون نسبة استطارته نسبة قليلة لان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي للضوء المستعمل. $(I\alpha \frac{1}{\lambda^4})$.

س : خلال النهار ومن على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء ويتمكن من رؤية النجوم بوضوح ، في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء بلا نجوم ، ما تفسير ذلك.

ج : وذلك لعدم وجود غلاف جوي والجسيمات التي تسبب استطارة ضوء الشمس. في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء بلا نجوم بسبب حدوث ظاهرة الاستطارة (تشتت الألوان) وذلك بسبب وجود الغلاف الجوي

قوانين الفصل

(1) فرق المسار البصري : $\Delta \ell = \ell_2 - \ell_1$ or $\Delta \ell = m\lambda$ or $\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$ or $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell$

(2) قوانين تجربة شقي يونك : $y = \frac{mL\lambda}{d}$ or $y = \frac{(m + \frac{1}{2})L\lambda}{d}$, $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$

(3) قوانين المحرز : $d \sin \theta = m\lambda$, $d = \frac{w}{N}$

(6) قوانين الاستقطاب بالانعكاس : $n = \tan \theta_p$ or $n = \frac{1}{\sin \theta_c}$

أمثلة محلولة

مثال 1: مصدران (S_2, S_1) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي ($\lambda=0.1\text{m}$) وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة (P) في ان واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والاخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (1.25m) .

الحل :

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 1.25 = 1.95\text{m}$$

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta\ell = \frac{2\pi}{0.1} \times 1.95 = 39\pi$$

بما ان (Φ) عدد فردي من (π) لذلك فالتداخل اتلاف.

مثال 2: عند اضاءة شقي يونك بضوء اخضر طوله الموجي ($5 \times 10^{-7}\text{m}$) وكان البعد بين الشقين (1mm) وبعد الشاشة عن الشقين (2m) احسب البعد بين مركزي هدايين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة .

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} = \frac{5 \times 10^{-7} \times 2}{1 \times 10^{-3}} = 10^{-3}\text{m}$$

الحل :

مثال 3: في تجربة يونك للتداخل ينبعث من الشقين ضوء طوله الموجي (550nm) وتتكون أهداب التداخل على شاشة تبعد (25cm) عن كل من الشقين فإذا كان البعد بين كل هدايين مضيئين متتاليين (0.5mm) فما البعد بين الشقين؟

الحل :

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} \Rightarrow d = \frac{\lambda L}{\Delta y} = \frac{550 \times 10^{-9} \times 25 \times 10^{-2}}{0.5 \times 10^{-3}} = 275 \times 10^{-6}\text{m}$$

مثال 4: شقان البعد بينهما (0.03 mm) سقط عليهما ضوء أحادي الطول الموجي فتكونت صورة للهدب الخامس على بعد (14cm) عن الهدب المركزي المضيء فإذا كان بعد الشاشة عن الشقين (2m) احسب طول موجة الضوء الساقط .

$$\lambda = \frac{yd}{mL} = \frac{14 \times 10^{-2} \times 0.03 \times 10^{-3}}{5 \times 2} = 0.42 \times 10^{-6}\text{m}$$

الحل :

أسئلة الفصل

س1: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية :

1- في حيود الضوء فان شرط تكون الهدب المضيء الاول (غير المركزي) ان يكون عرض الشق مساويا إلى :

$$\left(\frac{\lambda}{2} \quad \text{✗} \quad \frac{3\lambda}{2\sin\theta} \quad \text{✓} \quad \frac{\lambda}{2\sin\theta} \quad \text{✗} \quad \lambda \quad \text{✗} \right)$$

2- تعزى ألوان فقاعة الصابون إلى ظاهرة :

(✓)التداخل (✗)الحيود (✗)الاستقطاب (✗)الاستطارة

3- سبب ظهور هذب مضيئة وهدب مظلمة في تجربة شقي يونك هو :

(✓)حيود وتداخل موجات الضوء معا (✗)حيود موجات الضوء فقط

(✗)تداخل موجات الضوء فقط (✗)استعمال مصدرين ضوئيين غير متشاكهين.

4- اذا سقط ضوء اخضر على محرز حيود فان الهداب المركزي يظهر بلون :

(☒ اصفر (☒ احمر (☒ اخضر (☒ ابيض)

5- تزداد زاوية حيود الضوء مع :

(☒ نقصان الطول الموجي للضوء المستعمل (☒ زيادة الطول الموجي للضوء المستعمل

(☒ بثبوت الطول الموجي للضوء المستعمل (☒ كل الاستعمالات السابقة

6- اذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشابهتين متراكبتين يساوي اعدادا فردية من انصاف الاطوال الموجية عندها يحصل :

(☒ تداخل بناء (☒ استطارة (☒ استقطاب (☒ تداخل اتلاف)

7- لحصول التداخل المستديم في موجات الضوء يجب ان يكون مصدراهما :

(☒ متشابهين (☒ غير متشابهين (☒ مصدرين من الليزر (☒ جميع الاحتمالات السابقة)

8- في تجربة شقي يونك يحصل الهداب المضيء الاول على جانبي الهداب المركزي المضيء المتكون على الشاشة عندما يكون

فرق المسار البصري مساويا إلى : (☒ $\frac{1}{2}\lambda$ (☒ λ (☒ 2λ (☒ 3λ

9- نمط التداخل يتولد عندما يحصل :

(☒ الانعكاس (☒ الانكسار (☒ الحيود (☒ الاستقطاب

10- اغشية الزيت الرقيقة وغشاء فقاعة صابون الماء تبدو ملونة بالوان زاهية نتيجة الانعكاس و :

(☒ الانكسار (☒ التداخل (☒ الحيود (☒ الاستقطاب

11- الخاصية المميزة للطيف المتولد بواسطة محرز الحيود تكون :

(☒ الخطوط المضيئة واضحة المعالم (☒ انتشار الخطوط المضيئة .

(☒ انعدام الخطوط المضيئة (☒ انعدام الخطوط المظلمة .

12- حزمة الضوء غير المستقطبة هي التي تكون تذبذب مجالاتها الكهربائية :

(☒ مقتصرة على مستوي واحد. (☒ تحصل في الاتجاهات جميعها.

(☒ التي يمكنها المرور خلال اللوح القطيب. (☒ تحصل في اتجاهات محددة.

13- الموجات الطولية لا يمكنها اظهار :

(☒ الانكسار (☒ الانعكاس (☒ الحيود (☒ الاستقطاب

14- تكون السماء زرقاء بسبب

(☒ جزيئات الهواء تكون زرقاء (☒ عدسة العين تكون زرقاء

(☒ استطارة الضوء تكون اكثر مثالية للموجات القصيرة الطول الموجي.

(☒ استطارة الضوء تكون اكثر مثالية للموجات طويلة الطول الموجي.

- 15- عند اضاءة شقي يونك بضوء اخضر طوله الموجي $(5 \times 10^{-7} \text{m})$ وكان البعد بين الشقين (1mm) وبعد الشاشة عن الشقين (2m) فان البعد بين مركزي هداين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة يساوي :
- 0.1mm ☒ 0.25mm ☒ 0.4mm ☒ 1mm ☑

مسائل الفصل

- س1: وضعت شاشة على بعد (4.5m) من حاجز ذو شقين وأضيء الشقان بضوء احادي اللون طول موجته في الهواء $(\lambda=490\text{nm})$ فكانت المسافة الفاصلة بين مركز الهداب المركزي المضيء ومركز الهداب ذو المرتبة $(m=1)$ المضيء تساوي (4.5cm) ، ما البعد بين الشقين ؟

الحل :

$$y = \frac{mL\lambda}{d} \Rightarrow d = \frac{mL\lambda}{y} = \frac{1 \times 4.5 \times 490 \times 10^{-9}}{4.5 \times 10^{-2}} = 490 \times 10^{-7} \text{m}$$

- س2: ضوء ابيض تتوزع مركبات طيفه بواسطة محرز حيود فإذا كان للمحرز (2000line/cm) . ما قياس زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر ذي الطول الموجي $(\lambda=640\text{nm})$.

الحل :

$$d = \frac{W}{N} = \frac{10^{-2}}{2000} = 5 \times 10^{-6} \text{m}$$

$$d \sin \theta = m\lambda \Rightarrow \sin \theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{1 \times 640 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-6}} = 0.128 \Rightarrow \theta = 7.35^\circ$$

- س3: سقطت حزمة ضوئية على سطح عاكس بزوايا سقوط مختلفة القياس ، وقد تبين ان الشعاع المنعكس أصبح مستقطباً كلياً عندما كانت زاوية السقوط 48° احسب معامل الانكسار للوسط ؟ علماً ان : $\tan 48^\circ = 1.110$.

الحل :

$$n = \tan \theta_p = \tan 48^\circ = 1.110$$

- س4: اذا كانت الزاوية الحرجة للأشعة الضوئية لمادة العقيق الأزرق المحاطة بالهواء 34.4° ، احسب زاوية الاستقطاب للأشعة الضوئية لهذه المادة ، علماً ان : $\tan 60.5^\circ = 1.77$ ، $\sin 34.4^\circ = 0.565$.

الحل :

$$n = \frac{1}{\sin \theta_c} = \frac{1}{\sin 34.4^\circ} = \frac{1}{0.565} = 1.77 , \tan \theta_p = n = 1.77 \Rightarrow \theta_p = 60.5^\circ$$

واجبات الفصل

- مثال1: استخدم ضوء أحادي اللون طول موجته (400nm) في تجربة يونك فإذا كان البعد بين الشقين (1.5mm) والبعد بين هداين متتاليين من نوع واحد هي (0.8mm) احسب المسافة بين الشاشة وكل من الشقين . ج : (3m)

- مثال2: إذا كان البعد بين الشقين (0.02cm) وبعد الشاشة عنهما (100cm) وبعد الهدب المضيء الثالث عن الهدب المركزي (0.45cm) . احسب الطول الموجي للضوء المستخدم . ج : (300nm)

- مثال3: احسب الطول الموجي للضوء الاحادي اللون المستخدم في تجربة يونك اذا كان الهداب الذي يكون فيه فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين والصادرتين عن الشقين (3λ) يبعد (0.45cm) عن الهداب المركزي والبعد بين الشقين (0.02cm) وبعد الشاشة عنهما (100cm) ثم احسب البعد بين مركزي هداين مضيئين متتاليين في نمط التداخل .

ج : $(300\text{nm} , 1.5\text{mm})$

مثال 4: سقط ضوء ذو طول موجي (500nm) على شقين ضيقين فتكون نمط التداخل على شاشة بحيث كان الهدب المركزي الثالث يبعد مسافة قدرها (7.5mm) عن الهدب المركزي . كم تصبح تلك المسافة إذا ابدل الضوء بأخر طوله الموجي (400nm) وبقيت الشاشة والشقين على حالهما ؟
ج: (6mm).

مثال 5: في تجربة يونك كان البعد بين الشقين (0.35mm) وبعد الشاشة عن الشقين (3m) والمسافة الفاصلة بين الأهداب المتتالية (4.5mm) احسب طول موجة الضوء المستخدم . كم تصبح المسافة بين الأهداب المتتالية عند استخدام ضوء طول موجته (625nm) .
ج: $(525 \times 10^{-9} \text{m}, 5357 \times 10^{-6} \text{m})$

مثال 6: ما مقدار زاوية حيود الصورة الخامسة المضيئة في محرز حيود عدد حزوزه (6000line/cm) إذا كان طول موجة الضوء الساقط عليه $(2 \times 10^{-7} \text{m})$.
ج: (37°)

مثال 7: سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي (625nm) على محرز حيود فكانت زاوية حيود صورة المرتبة الأولى (30°) ما طول موجة ضوء آخر يستخدم مع نفس المحرز ليكون صورة للمرتبة الثانية بزاوية حيود (53°) .
ج: (500nm)

مثال 8: محرز للحيود عدد حزوزه (5000line/cm) فإذا كانت زاوية حيود صورة الرتبة الثانية في الطيف الناتج (30°) جد زاوية حيود صورة الرتبة الرابعة ؟
ج: (90°)

الفصل السادس

الفيزياء الحديثة

نظرية الكم (اشعاع الجسم الأسود وفرضية بلانك):

من المعلوم انه تنبعث من جميع الأجسام أشعة حرارية بشكل موجات كهرومغناطيسية الى الوسط المحيط كما ان هذه الأجسام تمتص ايضا اشعاع حراري من هذا الوسط.

س : (علل) أصبحت النظرية الكلاسيكية للإشعاع الحراري غير مناسبة؟

ج : لأنها فشلت في تفسير او فهم توزيع الأطوال الموجية من الإشعاع الصادر من الجسم الاسود.

س : ماذا يقصد بالجسم الاسود وكيف يمكننا تمثيله عليا؟

ج : الجسم الاسود : هو نظام مثالي يمتص جميع الإشعاعات الساقطة عليه (وهو ايضا مشع مثالي عندما

يكون مصدرا للإشعاع) . ويمكننا تمثيله عمليا بفتحة ضيقة داخل فجوة (او جسم اجوف) .

س : علام تعتمد طبيعة الأشعة المنبعثة من الجسم الأسود؟

ج : تعتمد على درجة الحرارة المطلقة لجدران الجسم الأسود.

س : كيف يتغير توزيع طاقة اشعاع الجسم الاسود مع الطول الموجي ودرجة الحرارة المطلقة؟

ج :1- المعدل الزمني للطاقة التي يشعها الجسم الاسود لوحدة المساحة (الشدة) يتناسب طرديا مع المساحة

تحت المنحني وان هذه المساحة تتناسب طرديا مع الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة

(عدا الصفر المطلق) للأجسام السوداء ويعبر عن ذلك بقانون ستيفان - بولتزمان والذي يعطى على

وفق العلاقة الاتية: $\langle I = \sigma T^4 \rangle$.

2- ان ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الاسود تنزاح نحو الطول الموجي الأقصر عند

ارتفاع درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) ويسمى قانون الازاحة لفين ويعطى على وفق العلاقة

الاتية: $\langle \lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \rangle$.

س (وزاري) : اذكر نص قانون ستيفان بولتزمان؟

ج : المعدل الزمني للطاقة التي يشعها الجسم الاسود لوحدة المساحة (الشدة) تتناسب طرديا مع المساحة

تحت المنحني وان هذه المساحة تتناسب طرديا مع الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة

(عدا الصفر المطلق) للأجسام السوداء.

س (وزاري) : ما المقصود بـ (قانون ازاحة فن) ؟ اكتب العلاقة التي يعطى بها القانون.

ج : قانون الازاحة لفن : ان ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو الطول

الموجي الأقصر عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي). وصيغته الرياضية هي:

$$\langle \lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \rangle$$

س(وزاري) : ماذا يحصل ؟ وضح . لذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الاسود عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة ذاكرة العلاقة الرياضية لذلك.

ج: تنزاح نحو الطول الموجي الأقصر عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة ($\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$).

س(وزاري) : علام يعتمد المعدل الزمني للطاقة التي يشعها الجسم الاسود لوحد المساحة (شدة اشعاع الجسم الاسود) ؟

ج: يعتمد على الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة عدا الصفر المطلق (تناسب طردي) .

س(وزاري) : ما العلاقة بين ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الاسود ودرجة الحرارة المطلقة.

ج: العلاقة عكسية ($\lambda_m \propto \frac{1}{T}$).

س : علام يعتمد الطول الموجي المقابل لذروة المنحني للإشعاع المنبعث من الجسم الاسود ؟

ج: يعتمد على درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) .

س(وزاري) : ما الكمية الفيزيائية التي تقاس بوحدة (watt/m^2) ؟ ج: شدة الاشعاع.

$$\langle I = \sigma T^4 \rangle$$

• ان الصيغة الرياضية لقانون ستيفان- بولتزمان تعطى كما يلي :

$$\langle \lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \rangle$$

• ان الصيغة الرياضية لقانون ازاحة فين تعطى كما يلي :

حيث :

I : شدة الإشعاع المنبعث من الجسم الاسود بوحدة (w/m^2).

σ : ثابت ستيفان - بولتزمان حيث ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ w / m}^2 \cdot \text{K}^4$).

λ_m : الطول الموجي المقابل لذروة المنحني للإشعاع المنبعث من الجسم الاسود (الطول الموجي المقابل لأقصى شدة اشعاع) ويقاس بوحدة المتر (m).

T : درجة الحرارة المطلقة للجسم المشع وتقاس بوحدة الكلفن (K). اذ ان العلاقة بين درجة الحرارة المطلقة (T) والدرجة السليزية (C) تعطى كما يلي: ($T = C + 273$).

مثال 1 (كتاب) : جد الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من جسم الانسان عندما تكون درجة حرارة جلده (35°C) . افترض ان جسم الانسان يشع كجسم اسود.

الحل

$$T = C + 273 = 35 + 273 = 308\text{K}$$

$$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \Rightarrow \lambda_m = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{308} = 0.0094 \times 10^{-3} \text{ m}$$

س: ما اقتراح العالم بلانك والمتعلق باشعاع وامتصاص الطاقة بالنسبة للجسم الاسود؟

ج: افترض العالم بلانك ان الجسم الاسود يمكن ان يشع ويمتص طاقة على شكل كمات محددة ومستقلة من الطاقة تعرف باسم الفوتونات وهذا يعني ان الطاقة هي كماة .

س : لماذا فشلت المحاولات العديدة لدراسة وتفسير الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الاسود كدالة للطول الموجي عند درجة حرارة معينة وفقا لقوانين الفيزياء الكلاسيكية.

ج : لان هذه المحاولات افترضت ان الطاقة المنبعثة من الجسم الاسود هي مقادير مستمرة (متصلة) وليس بشكل حزم محددة من الطاقة.

س : علام تعتمد طاقة الفوتون الذي يمتصه او يشعه الجسم الاسود ؟

ج : تعتمد على تردد الاشعاع (تناسب طردي) او طول موجة الاشعاع (تناسب عكسي) .

• وفقا لفرضية بلانك فان طاقة الفوتون تحسب اما بمعرفة التردد او بمعرفة الطول الموجي وكما يلي:

$$\left\langle E = hf \text{ or } E = h \frac{c}{\lambda} \right\rangle \text{ اذاً } \langle c = f \lambda \rangle .$$

حيث :

E : طاقة الفوتون وتقاس بوحدة الجول (J) وقد تعطى بوحدة (الكترن فولط) (ev) لذلك يجب تحويلها الى

(J) عند حساب (f) او (λ) وذلك بضرب المقدار في (1.6×10^{-19}).

f : تردد الضوء (تردد الفوتون) ويقاس بوحدة الهرتز (Hz) حيث ($\text{Hz} = \frac{1}{\text{sec}}$).

λ : طول موجة الضوء (او الطول الموجي المصاحب للفوتون) بوحدة متر (m).

h : ثابت بلانك ومقداره يساوي : ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$).

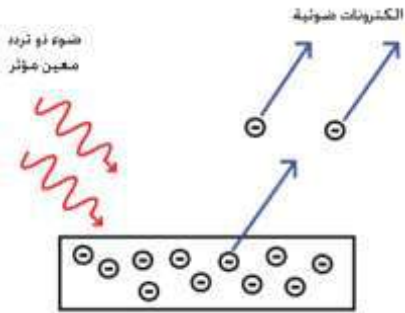
c : سرعة الضوء في الفراغ ومقدارها يساوي : ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$).

الظاهرة الكهروضوئية :

س : ما المقصود بالظاهرة الكهروضوئية ؟

ج : هي ظاهرة انبعاث الكترونات من سطح معدن عندما يسقط عليه

ضوء ذو تردد معين مؤثر.



* تسمى الالكترونات المنبعثة من سطح المعدن بالالكترونات الضوئية . ومن الجدير بالذكر ان اول من لاحظ هذه الظاهرة عمليا هو العالم هرتز عام (1887).

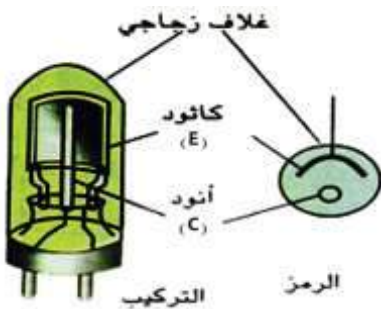
س : ما هو تركيب الخلية الكهروضوئية ؟

ج : تتركب الخلية الكهروضوئية من انبوبة مفرغة من الهواء لها نافذة

شفافة (او غلاف) من الزجاج او الكوارتز لكي تسمح بمرور الضوء

المرئي او الاشعة فوق البنفسجية من خلالها وتحتوي على لوحين

معدنيين هما :

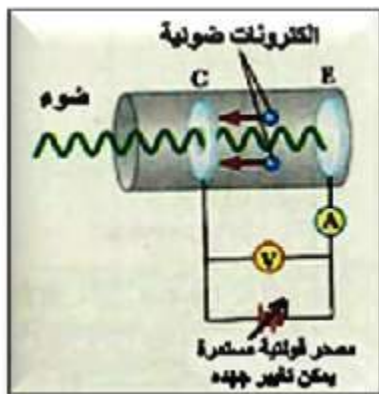


- 1- اللوح الباعث للإلكترونات أو المهبط (كاثود) (E) الذي يتصل بالقطب السالب لمصدر فولطية مستمرة (يمكن تغيير جهده) وهو القطب الذي نسقط عليه الأشعة الضوئية أو أية أشعة مؤثرة
- 2- اللوح الجامع للإلكترونات أو المصعد (انود) (C) والذي يتسلم الإلكترونات الضوئية المنبعثة من الكاثود ويتصل بالقطب الموجب لمصدر الفولطية.

س(وزاري): ما الفائدة العملية من الخلية الكهروضوئية؟

ج: 1- قياس شدة الضوء 2- تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

س(وزاري): وضح بنشاط تجربة لدراسة الظاهرة الكهروضوئية.



أدوات النشاط: خلية كهروضوئية ، فولتميتر (V) ، أميتر (A) ، مصدر فولطية مستمرة يمكن تغيير جهده ، أسلاك توصيل ، مصدر ضوئي .

خطوات النشاط:

1- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل.

2- عند وضع الأنبوبة بالظلام نلاحظ قراءة الأميتر تساوي صفرا أي لا يمر تيار في الدائرة الكهربائية. عند إضاءة اللوح الباعث للإلكترونات بضوء ذي تردد مؤثر نلاحظ انحراف مؤشر الأميتر دلالة على مرور تيار كهربائي في الدائرة الكهربائية أن هذا التيار يظهر نتيجة انبعاث الإلكترونات الضوئية من اللوح الباعث (السالب) ليستقبلها اللوح الجامع (الموجب) فينسب التيار الكهروضوئي في الدائرة الكهربائية.

3- عند زيادة الجهد الموجب للوح الجامع (أي بزيادة فرق الجهد (ΔV) بين اللوحين الجامع والباعث) نلاحظ زيادة التيار الكهروضوئي حتى يصل إلى مقداره الأعظم الثابت وبذلك يكون المعدل الزمني للإلكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث والواصلة إلى اللوح الجامع مقدارا ثابتا فيسمى التيار في الدائرة الكهربائية في هذه الحالة بتيار الإشباع .

4- وعند زيادة شدة الضوء الساقط لتردد معين مؤثر فإن تيار الإشباع يزداد فلو تضاعفت شدة الضوء الساقط فإن تيار الإشباع يتضاعف أيضا.

5- في حالة عكس قطبية فولطية المصدر أي في حالة أن يكون اللوح الباعث موجبا واللوح الجامع سالبا و (ΔV) سالبا سوف يهبط تدريجيا التيار إلى قيم أقل لأن معظم الإلكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب وتصل فقط الإلكترونات الضوئية التي لها طاقة حركية أكبر من القيمة $(e \Delta V)$ إلى اللوح الجامع.

6- عند زيادة سالبية اللوح الجامع تدريجيا فإنه وعند قيمة جهد معين (V_s) أي عندما $(\Delta V = -V_s)$ فإننا نلاحظ أن تيار الدائرة يساوي صفر ، أن هذا الجهد يسمى جهد القطع أو الإيقاف.



س (وزاري) : علام يعتمد جهد القطع في الخلية الكهروضوئية؟

ج: يعتمد على: 1- تردد الضوء الساقط 2- نوع مادة سطح المعدن الباعث.

س (وزاري) : من خلال دراستك لنشاط الظاهرة الكهروضوئية ، ماذا يحصل :

1- عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) .

2- في حالة عكس قطبية فولطية المصدر ، اي في حالة ان يكون اللوح الباعث موجبا واللوح الجامع سالب و (ΔV) سالبة

3- عند زيادة سالبية جهد اللوح الجامع تدريجيا .

ج: 1- يزداد تيار الاشباع. 2- يهبط التيار تدريجيا الى اقل قيم. 3- يقل التيار المار في الدائرة الى الصفر.

س (وزاري) : ماذا يحصل (مع ذكر السبب) في حالة عكس قطبية فولطية المصدر ، اي في حالة ان يكون اللوح الباعث

موجبا واللوح الجامع سالب في تجربة دراسة الظاهرة الكهروضوئية؟

ج: يهبط التيار تدريجيا الى قيم اقل لان معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب

وتصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة اكبر من القيمة ($e\Delta V$) الى اللوح الجامع.

س: علل عادة يفضل استعمال خلية كهروضوئية نافذتها من الكوارتز بدلا من الزجاج في تجربة الظاهرة الكهروضوئية.

ج: لان النافذة المصنوعة من الكوارتز تمرر الاشعة فوق البنفسجية زيادة على الضوء المرئي وبذلك يكون مدى الترددات المستعملة في التجربة اوسع.

س: ما هي الحقائق التي اتضحت من تجربة الظاهرة الكهروضوئية والتي عجزت عن تفسيرها الفيزياء الكلاسيكية (النظرية الموجية للضوء) ؟

ج: 1- لا تنبعث الالكترونات الضوئية اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد معين يسمى تردد العتبة (f_0) ، وهو اقل تردد يولد الانبعاث الكهروضوئي لذلك المعدن وهو يعد خاصية مميزة للمعدن المضاء اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاص به . ان هذه الحقيقة لا تتفق مع النظرية الموجية والتي تنتبأ بان الظاهرة الكهروضوئية تحصل عند جميع الترددات بشرط ان تكون شدة الضوء الساقط عالية.

2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) لا تعتمد على شدة الضوء الساقط ولكن طبقا للنظرية الموجية فان الضوء ذا الشدة العالية يحمل طاقة اكثر للمعدن في الثانية الواحدة ولذلك فان الالكترونات الضوئية المنبعثة سوف تمتلك طاقة حركية اكبر.

3- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط . بينما تنتبأ النظرية الموجية بانه لا توجد علاقة بين طاقة الالكترونات الضوئية المنبعثة وتردد الضوء الساقط.

4- تنبعث الالكترونات الضوئية من سطح المعدن انيا (في اقل من $10^{-9}s$) بعد اضاءة السطح) حتى وان كانت شدة الضوء الساقط قليلة . ولكن حسب النظرية الموجية فان الالكترونات الضوئية تحتاج بعض الوقت حتى تمتص الضوء الساقط إلى ان تكتسب طاقة حركية كافية لكي تهرب من المعدن.

س : ما المقصود بتردد العتبة للمعدن ؟

ج : وهو اقل تردد للضوء الساقط يولد الانبعاث الكهروضوئي لذلك المعدن وهو يعد خاصية مميزة للمعدن المضاء اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاصا به .

س : (علل) لا يعتمد جهد الايقاف في الخلية الكهروضوئية على شدة الضوء الساقط ؟

ج : لان جهد الايقاف يعتمد على الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعث وهي تعتمد على تردد الضوء الساقط وعلى دالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن.

س : (علل) جهد الايقاف للون الاخضر اكبر من جهد الايقاف للون الاحمر؟

ج : لان تردد اللون الاخضر اكبر من تردد اللون الاحمر وبالتالي كلما زاد تردد الضوء الساقط على سطح المعدن كلما زادت الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة لذلك تحتاج جهد سالب اكبر لايقافها.

س(وزاري): من هو العالم الذي قدم تفسيراً ناجحاً للظاهرة الكهروضوئية؟ وعلى ماذا اعتمد؟

ج : العالم اينشتين حيث اعتمد في تفسيره على مبدأ بلانك وهو ان الموجات الكهرومغناطيسية هي كمات واقترح ان الضوء يعد كسيل من الفوتونات.

س : قارن بين حقائق الظاهرة الكهروضوئية وتفسير النظرية الموجية للانبعاث الكهروضوئي للالكترونات.

ت	حقائق الظاهرة الكهروضوئية	تفسير النظرية الموجية
1	لا تنبعث الالكترونات اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة للمعدن	تحصل الظاهرة الكهروضوئية عند جميع الترددات على ان تكون شدة الضوء الساقط عالية.
2	الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة لا تعتمد على شدة الضوء الساقط .	الضوء ذو الشدة العالية يحمل طاقة اكبر للمعدن في الثانية الواحدة لذلك فالالكترونات الضوئية المنبعثة سوف تمتلك طاقة حركية اكبر.
3	الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط.	لا توجد علاقة بين الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة وتردد الضوء الساقط.
4	تنبعث الالكترونات الضوئية انيا بعد اضاءة السطح حتى وان كانت شدة الضوء الساقط قليلة.	الالكترونات الضوئية تحتاج بعض الوقت حتى تمتص الضوء الساقط الى ان تكتسب طاقة حركية كافية لكي تهرب من المعدن.

س : كيف استطاع العالم اينشتين ان يفسر الظاهرة الكهروضوئية والتي لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية ان تفسرها؟

ج : استطاع تفسير هذه الظاهرة على وفق المعادلة الكهروضوئية مستندا إلى نظرية الكم لماكس بلانك وكما يأتي:

1- لا تحصل الظاهرة الكهروضوئية اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة (f_0) ولكي تحصل هذه الظاهرة يجب ان تكون طاقة الفوتون الساقط اكبر من او تساوي دالة الشغل (w) ، فالالكترونات الضوئية يتحرر او ينبعث بواسطة امتصاص فوتون فاذا كانت طاقة الفوتون الساقط لا تحقق هذا الشرط فان

الالكترونات الضوئية لا تنبعث ولا تتحرر نهائيا من سطح المعدن مهما كانت شدة الضوء الساقط ان هذه الحقيقة تدعم وجود تردد العتبة وفي حالة ان تكون طاقة الفوتون الساقط تساوي دالة الشغل للمعدن (او تردد الضوء الساقط يساوي تردد العتبة للمعدن) فان الالكترونات الضوئية فقط تتحرر من سطح المعدن من غير ان تكتسب طاقة حركية.

2- وفقا للعلاقة : $(KE)_{\max} = hf - w$ يمكن ملاحظة ان الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تعتمد فقط على تردد الضوء الساقط ودالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن ولا تعتمد على شدة الضوء الساقط لان امتصاص فوتون واحد يكون مسؤولا عن تغير الطاقة الحركية للالكترونات.

3- بما ان العلاقة بين $(KE)_{\max}$ و (f) هي علاقة خطية (طردية) حسب العلاقة : $(KE)_{\max} = hf - w$ لذلك تزداد الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية بزيادة التردد .

4- تنبعث الالكترونات الضوئية من سطح المعدن لحظيا بغض النظر عن شدة الضوء الساقط.

- وفقا للظاهرة الكهروضوئية فان الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تحسب اما بمعرفة جهد القطع (او جهد الايقاف) او بمعرفة الانطلاق الاعظم للالكترونات وكما يلي :

$$\left\langle KE_{\max} = V_s e \quad \text{or} \quad KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 \right\rangle$$

- طبقا لتفسير اينشتين للظاهرة الكهروضوئية فان الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تحسب من المعادلة الكهروضوئية والتي تمثل الفرق بين طاقة الفوتون الساقط (E) ودالة الشغل للمعدن (w) وكما يلي :

$$\langle KE_{\max} = E - W \rangle$$

$$\left\langle E = hf \quad \text{or} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad , \quad W = hf_0 \quad \text{or} \quad W = \frac{hc}{\lambda_0} \right\rangle \quad \text{وان :}$$

- لذلك يمكن كتابة المعادلة الكهروضوئية لاينشتين باحدى الصيغ الاتية :

$$\left\langle KE_{\max} = E - W \quad \text{or} \quad KE_{\max} = h(f - f_0) \quad \text{or} \quad KE_{\max} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \right\rangle$$

- ان العلاقة بين تردد العتبة وطول موجة العتبة تحددها المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية وكما يلي :

$$\langle c = f_0 \lambda_0 \rangle$$

حيث :

KE_{\max} : الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة جول (J).

V_s : جهد القطع (او جهد الايقاف) اللازم لايقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الانطلاق الاعظم بوحدة الفولط (V).

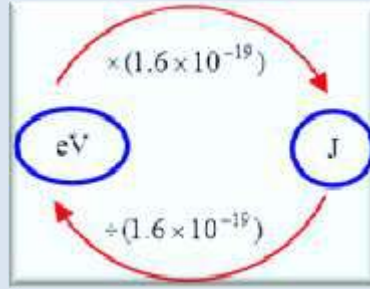
حيث كلما زاد جهد القطع (زادت سالبية اللوح الجامع) فان الالكترونات الضوئية تحتاج طاقة حركية اكبر للوصول إلى اللوح الجامع .

v_{\max} : الانطلاق الاعظم للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة (m/s).

W : دالة الشغل للمعدن (المصرف من طاقة الفوتون الساقط) والتي يمكن ان تحسب اما بمعرفة تردد العتبة للمعدن المضاء او طول موجة العتبة للمعدن المضاء .

f_0 : تردد العتبة للمعدن ويقاس بالهرتز (Hz) ، λ_0 : طول موجة العتبة للمعدن ويقاس بوحدة (m).

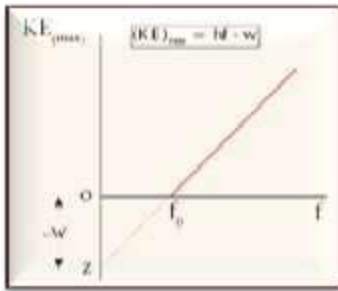
ملاحظة: يمكن ان تقاس الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة او طاقة الفوتون الساقط (E) او دالة الشغل للمعدن (W) بوحدة اخرى غير الجول وهي (الالكترون - فولت) (eV) . وان كل: $\langle 1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \rangle$. لذلك للتحويل من :



س: ما المقصود بـ ؟ دالة الشغل للمعدن ، طول موجة العتبة للمعدن

ج: دالة الشغل للمعدن : وهي اقل طاقة يرتبط بها الالكترون بالمعدن وقيمتها بحدود بضعة الكترون - فولت (eV).

طول موجة العتبة: وهو اكبر طول موجي للضوء الساقط يستطيع تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن معين .



س(وزاري): وضح برسم بياني العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح معدن وتردد الضوء الساقط وما الذي يمثله :

1- نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور X .

2- ميل الخط المستقيم . 3- المقطع السالب للاحداثي y .

ج: 1- قيمة تردد العتبة (f_0) للمعدن . 2- ميل الخط المستقيم يمثل قيمة ثابت بلانك (h) .

3- قيمة دالة الشغل (W) للمعدن .

س(وزاري): عند رسم العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح معدن وتردد الضوء الساقط عليه ، نحصل على خط مستقيم يتقاطع مع المحور الافقي (التردد) . وما الذي يمثله :

1- علام يدل الخط المستقيم ؟ وما الذي يمثله تقاطع الخط المستقيم مع محور التردد ؟

2- ما الذي يمثله ميل الخط المستقيم ؟ 3- ما الذي يمثله المقطع السالب مع المحور الشاقولي (الطاقة الحركية) ؟

ج: 1- يدل على العلاقة الخطية بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) وتردد الضوء الساقط (f) ، قيمة تردد العتبة (f_0) للمعدن .

2- ميل الخط المستقيم يمثل قيمة ثابت بلانك (h) . 3- قيمة دالة الشغل (W) للمعدن .

س(وزاري) : علام تعتمد الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) من سطح معين؟

ج: تعتمد على : 1- تردد الضوء الساقط 2- دالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن.

س(فكر) : ثلاث معادن مختلفة (a , b , c) اسقط على كل واحد منها ضوء تردده ($0.85 \times 10^{15} \text{ Hz}$) فإذا كان تردد

العتبة لكل منهم على الترتيب هو : $[a) 1.14 \times 10^{15} \text{ Hz} , b) 0.59 \times 10^{15} \text{ Hz} , c) 1.53 \times 10^{15} \text{ Hz}]$ لا

من المعادن الثلاثة تحصل الظاهرة الكهروضوئية ؟ ولماذا ؟

ج: تحصل الظاهرة الكهروضوئية للمعدن (b) لان تردد العتبة له ($f_0 = 0.59 \times 10^{15} \text{ Hz}$) اصغر من تردد العتبة للضوء الساقط ($f = 0.85 \times 10^{15} \text{ Hz}$).

س(وزاري) : ماذا يحصل عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) على سطح فلزي معين في الظاهرة

الكهروضوئية؟ ج: يزداد تيار الاشباع.

س(وزاري) : ما تأثير زيادة شدة الضوء الساقط بتردد ثابت مؤثر على سطح معدن معين على كل من ؟

[طاقة الفوتون ، جهد الايقاف ، تيار الاشباع]

ج: لا تتأثر ، لا يتأثر ، يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط ويتناسب معه طرديا .

س : ما تأثير زيادة عدد الفوتونات الصادرة من مصدر احادي اللون في :

1- التيار الكهروضوئي 2- الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية 3- جهد الايقاف

ج: 1- يزداد 2- لا تتغير 3- لا يتأثر

س(وزاري) : ما تأثير زيادة تردد الضوء الساقط (بشدة ثابتة) على سطح معدن معين في كل من :

[طاقة الفوتون ، جهد القطع (الايقاف) ، التيار الكهروضوئي]

ج: طاقة الفوتون تزداد، جهد الايقاف يزداد، التيار الكهروضوئي لا يتأثر.

س(وزاري) : ماذا تعني زيادة شدة الضوء (شدة الاشعاع) لتردد معين مؤثر حسب رأي كل من :

1- نظرية الكم (العالم ماكس بلانك) . 2- النظرية الموجية للضوء (الفيزياء الكلاسيكية) .

ج: 1- يزداد عدد الإلكترونات الضوئية المنبعثة.

2- يزداد مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة.

س : ما تأثير زيادة تردد الضوء الساقط (بشدة ثابتة) على سطح معدن معين في كل من :

[زخم الفوتون ، عدد الإلكترونات الضوئية المنبعثة ، السرعة العظمى للإلكترونات المنبعثة]

ج: 1- يزداد 2- لا يتأثر 3- تزداد على ان يكون التردد مؤثر.

س : اضيء معدن بضوء تردده مؤثر ما الذي يحصل لكل من عدد الإلكترونات والتيار الكهروضوئي وطاقة الإلكترون عند

مضاعفة : 1- شدة الضوء الساقط فقط 2- تردد الضوء الساقط فقط 3- شدة الضوء وتردده في ان واحد

ج: 1- يتضاعف عدد الإلكترونات ويتضاعف التيار الكهروضوئي فقط والطاقة لا تتأثر.

2- عدد الإلكترونات والتيار الكهروضوئي يبقى ثابت اما طاقة الإلكترون فتتضاعف بمضاعفة التردد .

3- كل من عدد الإلكترونات والتيار الكهروضوئي وطاقة الإلكترونات الضوئية تتضاعف .

س : ماذا يحصل ولماذا؟ اذا قرب المصدر الضوئي من الخلية الكهروضوئية في تجربة الانبعاث الكهروضوئي لكل من :

1- التيار الكهروضوئي **2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات** **3- جهد الإيقاف**

ج : 1- يزداد بسبب زيادة شدة الضوء الساقط والتي تؤدي إلى زيادة عدد الالكترونات الضوئية المنبعثة.

2- لا تتأثر لأنها لا تعتمد على شدة الضوء الساقط وإنما تعتمد على التردد.

3- يبقى ثابت لأنه يعتمد على التردد والتردد ثابت.

س : في تجربة الانبعاث الكهروضوئي لسطح بعث معين وضح كيف يتأثر

1- جهد الإيقاف بنقصان الطول الموجي للضوء الساقط بشدة معينة.

2- التيار الكهروضوئي بمضاعفة شدة الضوء الساقط بتردد مؤثر معين؟

ج : 1- يزداد جهد الإيقاف (يصبح بجهد سالب اكبر) لازدياد تردد الضوء الساقط .

2- يتضاعف التيار الكهروضوئي لان التيار الكهروضوئي يتناسب طرديا مع شدة الضوء الساقط على

السطح بتردد مؤثر معين.

س : هل يستمر الانبعاث الكهروضوئي؟ وضح ذلك.

1- عند نقصان شدة الضوء الساقط مع ثبوت تردده على سطح معدن معين؟

2- عند نقصان الطول الموجي للضوء الساقط مع ثبوت شدته على سطح معدن معين؟

3- عند استبدال المعدن باخر له دالة شغل اكبر مع ثبوت تردد الضوء الساقط وشدته؟

ج : 1- نعم يستمر لان الانبعاث يعتمد على تردد الضوء الساقط والتردد ثابت.

2- نعم يستمر لان نقصان الطول الموجي يؤدي إلى زيادة تردد الضوء الساقط فتزداد بذلك الطاقة

الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة.

3- قد يتوقف الانبعاث الكهروضوئي اذا كانت دالة الشغل للمعدن اكبر من طاقة الفوتون الساقط وقد

يستمر الانبعاث اذا كانت دالة الشغل للمعدن اصغر من طاقة الفوتون الساقط.

س : علام يدل انه في حالة من حالات الانبعاث الكهروضوئي وجد ان تردد الضوء الساقط مساوي إلى تردد العتبة

للمعدن.

ج : يدل على تحرر الالكترونات من سطح المعدن فقط دون ان تكتسب طاقة حركية.

س : لماذا لا يحصل انبعاث كهروضوئي اذا كان تردد الضوء الساقط على سطح معدن اقل من تردد العتبة للمعدن؟

ج : لان طاقة الفوتون الساقط اقل من دالة الشغل حسب المعادلة: $(KE)_{\max} = E - w$

س : اضيئ سطحا معدنين مختلفين بضوء احادي اللون تردده مؤثر فهل تكون الطاقة الحركية للالكترونات الضوئية

المنبعثة عن سطحيهما متساوية؟ ولماذا؟

ج : كلا لا تكون متساوية بسبب اختلاف سطحي المعدنين بدالة الشغل فسطح المعدن ذي دالة الشغل

الاصغر تكون الالكترونات الضوئية المنبعثة منه بطاقة حركية اكبر وفقا للعلاقة الاتية:

$$[(KE)_{\max} = hf - w]$$

س : ايهما اكثر طاقة فوتون الاشعة فوق البنفسجية ام فوتون الضوء الاصفر؟ ولماذا؟ ايهما يمتلك زخم اكبر؟

ج : فوتون الاشعة فوق البنفسجية يمتلك طاقة اكثر من فوتون الضوء الاصفر لان تردد الاشعة فوق البنفسجية اكبر من تردد الضوء الاصفر وان طاقة الفوتون تتناسب طرديا مع التردد ($E=hf$).
فوتون الاشعة فوق البنفسجية يمتلك زخما اكبر من زخم فوتون الضوء الاصفر لان زخم الفوتون يتناسب عكسيا مع الطول الموجي المصاحب له.

تذكر

1- لا يحدث انبعاث كهروضوئي اذا كانت ($E < w$).

2- تتحرر الالكترونات من سطح المعدن فقط دون ان تكتسب طاقة حركية.

3- يحدث انبعاث كهروضوئي ($KE_{max} = hf - w$) اذا كانت ($E > w$).

س : سقط ضوء طاقته تساوي ($5eV$) على معدن الالمنيوم فانبعثت الكترونات ضوئية . وعند سقوط الضوء نفسه على

معدن البلاتين لم تنبعث الكترونات ضوئية . فسر ذلك اذا علمت ان دالة الشغل لمعدن الالمنيوم تساوي ($4.08eV$)

ودالة الشغل لمعدن البلاتين تساوي ($6.35eV$) .

ج : في حالة معدن الالمنيوم انبعثت الكترونات ضوئية لان طاقة فوتون الضوء الساقط ($5eV$) اكبر من

دالة شغل معدن الالمنيوم ($4.08eV$) وبذلك تكون الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية

المنبعثة تساوي ($0.92eV$) حسب العلاقة : $(KE)_m = hf - w$. اما في حالة معدن البلاتين فلا تنبعث

الالكترونات ضوئية لان طاقة فوتون الضوء الساقط ($5eV$) هي اقل من دالة شغل معدن البلاتين

($6.35eV$) حسب العلاقة السابقة.

س : عند سقوط اشعة فوق بنفسجية على القرص المعدني لكشاف كهربائي مشحون بشحنة سالبة فاننا نلاحظ انطباق

ورقتيه اولاً ، وباستمرار سقوط هذه الاشعة على القرص المعدني نلاحظ انفراج ورقتيه مرة اخرى ، بين سبب ذلك

اذا علمت ان طاقة الاشعة فوق البنفسجية الساقطة هي اكبر من دالة شغل المعدن المصنوع منه القرص .

ج : بما ان طاقة فوتون الاشعة فوق البنفسجية هي اكبر من دالة شغل المعدن المصنوع منه قرص الكشاف

الكهربائي فبالتالي فانه يمتلك طاقة كافية تمكنه من انبعاث الالكترونات الضوئية (**السالبة الشحنة**) من

قرص الكشاف الكهربائي بوساطة الظاهرة الكهروضوئية وحسب العلاقة : $(KE)_{max} = hf - w$ وبذلك

سوف تقل شحنة الكشاف الكهربائي السالبة تدريجيا حتى تنتهي بالكامل وعندها يصبح الكشاف

الكهربائي متعادلا فتطبق ورقته وباستمرار سقوط الاشعة فوق البنفسجية تستمر الظاهرة الكهروضوئية

بالحدوث ويستمر انبعاث الالكترونات الضوئية من معدن القرص فتصبح شحنة معدن القرص في هذه

الحالة موجبة وذلك لفقدانها عدد من الكترونات معدن القرص وبالتالي سوف تنفرج الورقتان مرة اخرى

لشحنهما بشحنة موجبة هذه المرة (**أي تتنافر الورقتان**).

تطبيقات الظاهرة الكهروضوئية:

س(وزاري): ما اهم تطبيقات الظاهرة الكهروضوئية؟

- ج: 1- الخلية الكهروضوئية والتي بواسطتها يمكننا قياس شدة الضوء وتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية كما في الخلايا الشمسية.
2- تستثمر في كاميرات التصوير الرقمية.
3- اظهر تسجيل الموسيقى المصاحبة لصور الافلام المتحركة السينمائية.

مثال 2 (كتاب): سقط ضوء طوله الموجي (300nm) على معدن الصوديوم . فاذا كانت دالة الشغل للصوديوم تساوي

(2.46eV جد: a) الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة الجول (J) او

بوحدة الالكترون – فولط (eV) ثانيا . (b) طول موجة العتبة للصوديوم.

$$KE_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - w = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} - 2.46 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 6.63 \times 10^{-19} - 3.936 \times 10^{-19} = 2.694 \times 10^{-19} \text{ J}$$

الحل

$$KE_{\max} = \frac{2.694 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.684 \text{ eV}$$

$$b) \lambda_o = \frac{hc}{w} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3.936 \times 10^{-19}} = \frac{19.89 \times 10^{-26}}{3.936 \times 10^{-19}} = 5.053 \times 10^{-7} \text{ m}$$

الجسيمات (الدقائق) والموجات:

س: ايسلك الضوء سلوك الجسيمات ام انه يسلك سلوك الموجات؟

- ج: تعتمد على الظاهرة التي هي قيد الدراسة فان بعض التجارب يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الجسيمات أي ان الضوء يظهر صفة جسيمية والبعض الآخر يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الموجات أي ان الضوء يظهر صفة موجية فالضوء الذي يمكنه اخراج الالكترونات من المعادن كما في الظاهرة الكهروضوئية بمعنى ان الضوء يسلك سلوك الجسيمات فان نفس هذا الضوء يمكن ان يحدث حيودا بمعنى ان الضوء يسلك سلوك الموجات.

- وفقا للسلوك المزدوج للفوتون فان العلاقة بين طول موجة الفوتون (λ) وزخم الفوتون (p) هي علاقة عكسية وكما يلي: $\left\langle \lambda \propto \frac{1}{p} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p} \right\rangle$. اذ ان: (p) بوحدة (kg.m/s) وان (λ) بوحدة (m).

س: ما الظواهر التي تؤيد بان الضوء يسلك جسيمات (فوتونات)؟ وما الظواهر التي تؤيد بان الضوء يسلك سلوكا موجيا؟

- ج: الاشعاع والامتصاص والانبعاث الكهروضوئي تؤيد السلوك الجسيمي للضوء اما التداخل والحيود والاستقطاب والانكسار فهي تؤيد السلوك الموجي للضوء.

س: علام يعتمد زخم الفوتون .

ج: يعتمد على الطول الموجي المصاحب له (تناسب عكسي) او على تردده (تناسب طردي).

س : ما النظرة الحديثة لطبيعة الضوء؟

ج : النظرة الحديثة لسلوك الضوء تأخذ السلوك الثنائي (المزدوج) وترى ان طاقة الاشعاع تنبعث بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي. ويجب التأكيد على ان الضوء في حالة معينة او ظرف معين يظهر اما بصفة جسيمية واما بصفة موجية ولكن ليس كلاهما في ان واحد أي ان كل من النظرية الموجية للضوء والنظرية الجسيمية له تكمل بعضها الآخر.

س : فوتونان لمصدر واحد احادي اللون احدهما في الهواء والاخر في الماء . قارن بين زخميتهما وطاقتيهما.

ج : زخم الفوتون في الماء اكبر من زخم الفوتون في الهواء لان طول موجة الفوتون في الماء اصغر من طول موجة الفوتون في الهواء وان زخم الفوتون يتناسب عكسيا مع الطول الموجي . اما طاقتيهما فمتساوية لثبوت التردد $(E=hf)$.

س : (علل) النظرية الجسيمية للضوء والنظرية الموجية يكمل بعضها الآخر؟

ج : لان الضوء في حالة معينة يظهر الصفة الجسيمية او الصفة الموجية ولكن لا يظهر كلاهما في ان واحد.

س (وزاري) : كيف يمكننا رياضيا تفسير السلوك المزدوج للفوتون؟

$$E = hf \text{1} , E = mc^2 \text{2}$$

$$\therefore hf = mc^2 \Rightarrow h \frac{c}{\lambda} = mc^2 \Rightarrow \frac{h}{\lambda} = mc \Rightarrow \lambda = \frac{h}{mc} \Rightarrow \therefore \lambda = \frac{h}{p} \quad \text{ج :}$$

الموجات المادية:

❖ اعتمادا على السلوك الثنائي للضوء اقترح دي بروي ان الاجسام المادية مثل الالكترون تسلك سلوكا ثنائيا ايضا (جسيميا وموجيا) حيث ذكر ان لكل جسيم متحرك صفة موجية وان هذه الموجات تسمى بالموجات المادية.

س : ما نوع الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الالكترون؟ وما المقصود بها ؟

ج : موجات مادية وهي موجات تصاحب حركة الجسيمات وهي ليست موجات ميكانيكية او موجات كهرومغناطيسية.

س : ما هي فرضية دي برولي ؟

ج : فرضية دي برولي : ان في كل نظام ميكانيكي لابد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية.

س (وزاري) : ما المقصود بالترزمة الموجية ؟ وكيف يمكن الحصول عليها ؟

ج : هي موجة ذات مدى محدود في الفضاء . ويمكن الحصول عليها من اضافة موجات ذوات طول موجي مختلف قليلا.

• افترض دي برولي ان الطول الموجي (λ) للموجة المادية يرتبط بزخم الجسيم (p) بعلاقة عكسية كما هو

$$\left\langle \lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{mv} \right\rangle \text{ في حالة الفوتون وكما يلي :}$$

حيث :

λ : طول موجة دي برولي وهو الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك بوحدة (m) .

p : زخم الجسيم بوحدة $(kg.m/sec)$. والذي يحسب اما من خلال معرفة كتلة الجسيم وانطلاقه او من

معرفة كتلة الجسيم وطاقته الحركية وكما يلي: $\langle P = mv \text{ or } P = \sqrt{2mKE} \rangle$.

m : كتلة الجسم المتحرك بوحدة (kg) .

v : سرعة الجسم المتحرك بوحدة (m/sec) والتي يمكن ان تحسب من خلال معرفة الطاقة الحركية للجسيم

وكما يلي: $\left\langle v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} \right\rangle$ ، اذ ان (KE) الطاقة الحركية للجسيم بوحدة الجول (J).

* في حل المسائل علينا ان نميز بين طول موجة الفوتون وطول موجة الجسم (طول موجة دي برولي).
خطوات حساب طول موجة دي برولي لالكترون معجل بفرق جهد معين:

1) من فرق الجهد المعجل (V) نجد (KE_{max}) وكما يلي: $\langle KE_{max} = Ve \rangle$

2- من (KE_{max}) نجد (v_{max}) وكما يلي: $\left\langle KE_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 \right\rangle$

3- من (v_{max}) نجد (λ) دي برولي وكما يلي: $\left\langle \lambda = \frac{h}{m_e v_{max}} \right\rangle$

س: ماذا يحصل؟ ولماذا؟ لطول موجة دي برولي المرافقة لالكترون يتحرك بانطلاق (v) لو انخفض انطلاقه الى النصف.

ج: يتضاعف طول موجة دي برولي لانه يتناسب عكسيا مع انطلاق الالكترون وفقا للعلاقة: $(\lambda = \frac{h}{mv})$

س(وزاري): علل . لا يمكن ملاحظة الطول الموجي المرافق للأجسام الاعتيادية المتحركة في حياتنا اليومية ، مثل كرة القدم المتحركة .

ج: وذلك بسبب صغر ثابت بلانك وكبر الكتلة (او الزخم) $(\lambda = \frac{h}{mv})$.

س(وزاري): هل يمكن ملاحظة الطبيعة الموجية للأجسام الاعتيادية المتحركة في حياتنا اليومية في العالم البصري، مثل سيارة متحركة؟ وضح ذلك .

ج: كلا لا يمكن. وذلك لان الطول الموجي المرافق او المصاحب لحركة الاجسام الاعتيادية في حياتنا اليومية مثل السيارة المتحركة يكون من الصغر بحيث ان سلوكها الموجي مثل التداخل والحيود لا يمكن ملاحظته لان كتلة الجسم كبيرة نسبيا وبالتالي فان طول موجة دي برولي المرافقة له تكون صغيرة جدا $(\lambda = \frac{h}{mv})$ أي ان العلاقة عكسية مما يجعل الخصائص الموجية للأجسام الكبيرة نسبيا مهمة.

س(وزاري): اذا كان طول موجة دي برولي المرافقة لجسيم كتلته (m) هو (λ) فاثبت ان الطاقة الحركية للجسيم تعطى

$$بالعلاقة الاتية: (KE = \frac{h^2}{2m\lambda^2}) .$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} \Rightarrow v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$\therefore KE = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow KE = \frac{1}{2} m \left(\frac{h}{m\lambda} \right)^2 = \frac{1}{2} m \frac{h^2}{m^2 \lambda^2} = \frac{h^2}{2m\lambda}$$

ج

س(وزاري): كيف توضح علاقة حساب طول موجة دي برولي المرافقة لحركة جسيم مادي ($\lambda = \frac{h}{mv}$) السلوك

الثنائي للجسيم؟

ج: من خلال النظر الى العلاقة المذكورة تتضح الخاصية الازدواجية اذ ان الجهة اليمنى من العلاقة تحتوي مفهوم الكتلة (m) او الزخم (mv) والجهة اليسرى من العلاقة تحتوي مفهوم الموجة (الطول الموجي λ).

س: علام يعتمد طول موجة دي برولي المصاحب للجسيم المتحركة .

ج: يعتمد على زخم هذه الاجسام أي على (كتلتها وسرعتها) (تناسب عكسي).

مثال 3 (كتاب): جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها (0.221kg) تتحرك بانطلاق مقداره (3m/s) مع العلم بان ثابت بلانك يساوي ($6.63 \times 10^{-34} \text{J.s}$).

الحل

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.221 \times 3} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.663} = 10^{-33} \text{m}$$

مثال 4 (كتاب): جد طول موجة دي برولي المرافقة لإلكترون يتحرك بانطلاق مقداره ($6 \times 10^6 \text{m/s}$) مع العلم بان كتلة الإلكترون تساوي ($9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$) وثابت بلانك يساوي $6.63 \times 10^{-34} \text{J.s}$.

الحل

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 6 \times 10^6} = \frac{663}{5466} \times 10^{-9} = 0.121 \times 10^{-9} \text{m}$$

مدخل الى مفهوم ميكانيك الكم ودالة الموجة:

س: ما المقصود بالميكانيك الكمي؟

هو ذلك الفرع من الفيزياء والذي هو مخصص لدراسة حركة الاشياء والتي تاتي بحزم صغيرة جدا او كمات.

س: على وفق أي قوانين تعمل اجهزة الحاسوب والكاميرا الرقمية؟

ج: على وفق قوانين الميكانيك الكمي.

س: ما الكميات التي يدرسها كل من الميكانيك الكمي والميكانيك الكلاسيكي؟

ج: الميكانيك الكمي يدرس الاحتمالات بينما الميكانيك الكلاسيكي يدرس التاكيد.

س(وزاري): ما الكمية التي يهتم بدراستها الميكانيك الكمي ، وماذا يقصد بها؟

ج: دالة الموجة وهي الكمية التي تغيراتها تشكل الموجات المادية وهي صيغة رياضية قيمتها المرافقة لجسيم متحرك في نقطة معينة في الفضاء ولزمن معين تتعلق باحتمالية (ارجحية) وجود الجسيم في ذلك المكان والزمان حيث ان كثافة الاحتمالية اي الاحتمالية لوحدة الحجم لإيجاد الجسيم الذي يوصف بدالة الموجة (ψ) في نقطة معينة في الفضاء ولزمن معين تتناسب طرديا مع قيمة $|\psi|^2$ في ذلك المكان والزمان المعينين.

س(وزاري): علام تدل ؟ 1- قيمة كبيرة لـ $|\psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين .

2- قيمة صغيرة لـ $|\psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين .

3- قيمة $|\psi|^2$ لا تساوي صفر في مكان ما .

- ج:1-** تعني احتمالية كبيرة لوجود الجسيم في المكان والزمان المعينين.
- ج:2-** تعني احتمالية صغيرة لوجود الجسيم في المكان والزمان المعينين.
- ج:3-** تدل على ان هنالك احتمال معين لوجود الجسيم في ذلك المكان.
- مبدأ اللادقة لهايزنبرك:**

س: هل من الممكن قياس موضع وانطلاق جسيم في الوقت نفسه وفقا للميكانيك الكلاسيكي ووفقا للميكانيك الكمي؟

- ج: نعم** يمكن ذلك طبقا للميكانيك الكلاسيكي حيث لا يوجد حائلا يمنع من تحسين جهاز القياس او الطرائق التجريبية لاعلى درجة ممكنة.
- كلا.** لا يمكن ذلك طبقا للميكانيك الكمي حيث ستواجه بلا دقة عملية في قياساتك فكلما زادت دقة قياس احدى الكميتين زاد الخطأ في قياس الكمية الاخرى.

س(وزاري): ما المقصود بـ ؟ مبدأ اللادقة لهايزنبرك.

ج: من المستحيل ان نقيس انيا (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم.

• وفقا لمبدأ اللادقة فان: $\langle \Delta X \Delta P \geq \frac{h}{4\pi} \rangle$

• اما ادنى لادقة في احدى الكميتين (Δx) او (Δp) يعطى كما يلي: $\langle \Delta X \Delta P = \frac{h}{4\pi} \rangle$

• وان: $\langle \Delta P = x\%P \text{ or } \Delta P = m\Delta v \rangle$ ، $\langle P = mv \text{ or } P = \sqrt{2mKE} \rangle$

• وايضا: $\langle \Delta v = x\%v \text{ or } v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} \rangle$

• ووفقا لفرضية دي برولي فان لكل جسيم متحرك صفة موجية لذلك فان طول موجة دي برولي المصاحبة

للجسيم تعطى طبقا للعلاقة الاتية: $\langle \lambda = \frac{h}{mv} \rangle$

Δx : اللادقة (او الخطأ) في قياس موضع الجسيم ويقاس بوحدة (m).

Δp : اللادقة (او الخطأ) في قياس زخم الجسيم ويقاس بوحدة (kg.m/s).

Δv : اللادقة (او الخطأ) في قياس انطلاق الجسيم ويقاس بوحدة (m/s).

m : كتلة الجسيم وتقاس بوحدة (kg). ، P : زخم الجسيم بوحدة (kg.m/s).

v : انطلاق الجسم بوحدة (m/s). ، (KE) : الطاقة الحركية للجسيم بوحدة (J).

x : قيمة النسبة المئوية والتي تعطى في السؤال.

λ : طول موجة دي برولي المرافقة للجسيم المتحرك بوحدة (m).

$(\frac{h}{4\pi})$: مقدار ثابت ويساوي تقريبا $(0.5 \times 10^{-34} \text{ J.sec})$.

* من خلال علاقة مبدأ اللادقة لهايزنبرك نجد ان العلاقة عكسية بين (Δx) و (Δp) أى انه كلما كانت قيمة (Δx) صغيرة كانت قيمة (Δp) كبيرة والعكس صحيح. فكلما زادت دقة قياس احدى هاتين الكميتين كلما قل ما نعرفه عن الكمية الاخرى.

س(وزاري): ما العلاقة بين الدقة في قياس موضع الجسم والدقة في قياس زخم الجسم في مبدأ الدقة؟

ج: $(\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi})$

س: هل ان الحدود التي يضعها مبدأ الدقة لقياس موضع وزخم جسيم انيا هي حدود بسبب الأجهزة المستعملة او طرائق القياس؟ ولماذا؟

ج: كلا. لأنها حدودا أساسية تفرض من الطبيعة ولا يوجد سبيل للتغلب عليها.

س(وزاري): كيف يمكن الحصول على اقل (ادنى) دقة لاحدى الكميتين (Δx) او (Δp) في علاقة مبدأ الدقة؟

ج: يمكن ذلك عن طريق جعل حاصل ضرب الكميتين (Δx) و (Δp) مساويا إلى $(\frac{h}{4\pi})$.

س: فسر عدم ملاحظتنا لمبدأ الدقة في حياتنا الاعتيادية اي في العالم البصري؟

ج: وذلك بسبب القيمة الصغيرة جدا لثابت بلانك $(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$ حيث ان مبدأ الدقة هو

$$(\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi})$$

تنويه: في دراستنا الحالية المقصود ب (Δx) هو الدقة في الموضع باتجاه المحور x و (Δp) هو الدقة في مركبة الزخم الخطي باتجاه المحور x .

مثال 5 (كتاب): اذا كانت الدقة في زخم الكترون تساوي $(3.5 \times 10^{-24} \text{ kg.m/s})$ جد الدقة في موضع الالكترون مع العلم بان ثابت بلانك يساوي $(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$.

الحل

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p} = \frac{0.5 \times 10^{-34}}{3.5 \times 10^{-24}} = 0.143 \times 10^{-10} \text{ m}$$

مثال 6 (كتاب): قيس انطلاق الكترون فوجد بانه يساوي $(6 \times 10^3 \text{ m/s})$ فاذا كان الخطأ في انطلاقه يساوي (0.003%) من انطلاقه الأصلي جد اقل دقة في موضع هذا الالكترون مع العلم بان كتلة

الالكترون تساوي $(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})$ وثابت بلانك يساوي $(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$.

$$\Delta v = 0.003\% v = \frac{0.003}{100} \times 6 \times 10^3 = 0.18 \text{ m/s}$$

$$\Delta p = m \Delta v = 9.11 \times 10^{-31} \times 0.18 = 1.64 \times 10^{-31} \text{ kg.m/s}$$

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x = \frac{h}{4\pi \Delta p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 1.64 \times 10^{-31}} = 0.3219 \times 10^{-4} \text{ m}$$

مثال 7 (كتاب): اذا كانت الدقة في زخم الكترون تساوي $(3.5 \times 10^{-24} \text{ kg.m/s})$ جد الدقة في موضع الالكترون مع العلم بان ثابت بلانك يساوي $(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$.

الحل

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p} = \frac{0.5 \times 10^{-34}}{3.5 \times 10^{-24}} = 0.143 \times 10^{-10} \text{ m}$$

قوانين الفصل

1- قانون ازاحة فين: $\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$, $T = C + 273$

2- قوانين الفوتون: $E = hf$ or $E = \frac{hc}{\lambda}$, $\lambda = \frac{h}{p}$

3- الظاهرة الكهروضوئية والمعادلة الكهروضوئية (سقوط الضوء على معدن):

$KE_{\max} = E - W$ or $KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2$ or $KE_{\max} = V_s e$ or $KE_{\max} = Ve$

$E = hf$ or $E = \frac{hc}{\lambda}$, $W = hf_0$ or $W = \frac{hc}{\lambda_0}$

4- الموجات المادية (موجات دي برولي): $\lambda = \frac{h}{mv}$, $v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$

5- مبدأ اللادقة لهايزنبرك:

* لحساب اللادقة في احدى الكميتين (ΔX) او (ΔP) نستخدم العلاقة الاتية: $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$

* لحساب ادنى لادقة في احدى الكميتين (ΔX) او (ΔP) نستخدم العلاقة الاتية: $\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi}$

حيث :

$\Delta p = x\%p$ or $\Delta p = m\Delta v$, $p = mv$ or $p = \sqrt{2mKE}$, $\Delta v = x\%v$, $v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$

أمثلة محلولة

مثال 1: فوتون طوله الموجي (0.2nm) احسب مقدار :

1- زخمه 2- طاقته مقدرة بالجول والا ثم بالالكترون - فولط (eV) ثانياً.

الحل:

1) $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.2 \times 10^{-9}} = 3.315 \times 10^{-25} \text{ kg.m / s}$

2) $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.2 \times 10^{-9}} = \frac{19.89 \times 10^{-26}}{2 \times 10^{-10}} = 9.945 \times 10^{-16} \text{ J}$

$E = \frac{9.945 \times 10^{-16}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.215 \times 10^3 \text{ ev} = 6215 \text{ ev}$

مثال 2: فوتون زخمه $(1.105 \times 10^{-27} \text{ kg.m/s})$ احسب طاقته وتردده.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = pc = 1.105 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^8 = 3.315 \times 10^{-19} \text{ J}$$

الحل :

$$E = hf \Rightarrow f = \frac{E}{h} = \frac{3.315 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 0.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

مثال 3: إذا كان مقدار دالة الشغل للنحاس (4.5 eV) ما مقدار الطاقة الحركية العظمى (بالجول) للإلكترون المنبعث عند سقوط ضوء تردده $(1.5 \times 10^{15} \text{ Hz})$ على سطح النحاس؟

الحل :

$$\begin{aligned} KE_{\max} &= hf - w = 6.63 \times 10^{-34} \times 1.5 \times 10^{15} - 4.5 \times 1.6 \times 10^{-19} \\ &= 9.945 \times 10^{-19} - 7.2 \times 10^{-19} = 2.745 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

مثال 4: سقط ضوء طول موجته (300 nm) على سطح معدن دالة الشغل له $(3.43 \times 10^{-19} \text{ J})$ احسب :

1- جهد الإيقاف . 2- أكبر طول موجي يستطيع تحرير الكترونات من السطح.

الحل :

$$\begin{aligned} 1) \quad KE_{\max} &= \frac{hc}{\lambda} - w = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} - 3.43 \times 10^{-19} = 6.63 \times 10^{-19} - 3.43 \times 10^{-19} \\ &= 3.2 \times 10^{-19} \text{ J} \quad , \quad V_s = \frac{KE_{\max}}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2 \text{ V} \end{aligned}$$

$$2) \quad \lambda_o = \frac{hc}{w} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3.43 \times 10^{-19}} = \frac{19.89}{3.43} \times 10^{-7} = 5.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

مثال 5: سقط ضوء تردده $(0.8 \times 10^{15} \text{ Hz})$ على سطح معدن فاذا كانت دالة الشغل للمعدن (2.5 eV) فاحسب :

1- تردد العتبة للمعدن . 2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة من سطح المعدن.

الحل :

$$1) \quad w = hf_o \Rightarrow f_o = \frac{w}{h} = \frac{2.5 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = \frac{4}{6.63} \times 10^{15} = 0.6 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad KE_{\max} &= hf - w = 6.63 \times 10^{-34} \times 0.8 \times 10^{15} - 2.5 \times 1.6 \times 10^{-19} \\ &= 5.304 \times 10^{-19} - 4 \times 10^{-19} = 1.304 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

أسئلة الفصل

س1: اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :

- 1- عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة فان ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الاسود تنزاح نحو:
 - ☒ الطول الموجي الاطول ☒ الطول الموجي الاقصر ☒ التردد الاقصر ☒ ولا واحدة منها.
- 2- العبارة (في كل نظام ميكانيكي لا بد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية) هي تعبير عن:
 - ☒ مبدأ اللادقة لهايزنبرك ☒ اقتراح بلانك ☒ قانون لنز ☒ فرضية دي برولي.
- 3- يمكن فهم الظاهرة الكهروضوئية على اساس:
 - ☒ النظرية الكهرومغناطيسية . ☒ تداخل الموجات الضوئية .
 - ☒ حيود الموجات الضوئية. ☒ ولا واحدة منها.
- 4- احدي الظواهر التالية تعد احد الادلة التي تؤكد ان للضوء سلوكا جسيميا :
 - ☒ الحيود . ☒ الظاهرة الكهروضوئية ☒ الاستقطاب ☒ التداخل.
- 5- افترض انه قيس موضع جسيم بدقة تامة ، أي ان $(\Delta x=0)$ ، فان اقل لا دقة في زخم هذا الجسيم تساوي :
 - ☒ $\frac{h}{4\pi}$ ☒ $\frac{h}{2\pi}$ ☒ ما لانهاية ☒ صفر اذ ان (h) هو ثابت بلانك.
- 6- اذا كان طول موجة دي برولي المرافقة لجسيم كتلته (m) هو (λ) . فان الطاقة الحركية للجسيم تساوي :
 - ☒ $\frac{2mh^2}{\lambda^2}$ ☒ $\frac{\lambda^2}{2mh^2}$ ☒ $\frac{h}{2m\lambda}$ ☒ $\frac{h^2}{2m\lambda^2}$ اذ ان (h) هو ثابت بلانك.
- 7- عند مضاعفة شدة الضوء الساقط بتردد معين مؤثر في سطح معدن معين يتضاعف مقدار:
 - ☒ الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة ☒ جهد الايقاف
 - ☒ زخم الفوتون ☒ تيار الاشباع.
- 8- كثافة الاحتمالية لايجاد الجسيم في نقطة ولحظة معينتين تتناسب :
 - ☒ طرديا مع $|\psi|^2$ ☒ عكسيا مع $|\psi|^2$ ☒ طرديا مع $|\psi|$ ☒ عكسيا مع $|\psi|$

[اذ ان (ψ) تمثل دالة الموجة للجسيم]
- 9- اذا كان طول موجة دي برولي المرافقة لالكترون كتلته (m) يتحرك بانطلاق مقداره (v) يساوي (λ) ، فاذا انخفض انطلاقه إلى $(\frac{v}{2})$ ، فان طول موجة دي برولي المرافقة له تصير:
 - ☒ 4λ ☒ 2λ ☒ $\frac{\lambda}{4}$ ☒ $\frac{\lambda}{2}$
- 10- العبارة (من المستحيل ان نقيس انيا (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم) هي تعبير عن:
 - ☒ قانون فاراداي ☒ قانون ازاحة فين.
 - ☒ قانون ستيفان - بولتزمان ☒ مبدأ اللادقة لهايزنبرك
- 11- الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الالكترون هي:
 - ☒ موجات ميكانيكية طولية ☒ موجات ميكانيكية مستعرضة
 - ☒ موجات كهرومغناطيسية ☒ موجات مادية.

مسائل الفصل

س1: إذا علمت أن الطول الموجي المقابل للذروة الإشعاع المنبعث من نجم بعيد يساوي (480nm) ، فما هي درجة حرارة سطحه ؟ اعتبر النجم يشع كجسم اسود .

الحل

$$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \Rightarrow T = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{480 \times 10^{-9}} = 6037.5K$$

س2: افترض ان ثابت بلانك أصبحت قيمته تساوي (66J.s) ، كم سيكون طول موجة دي برولي المرافقة لشخص كتلته (80kg) ويجري بانطلاق مقداره (1.1m/s) ؟

الحل

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{66}{80 \times 1.1} = \frac{3}{4} = 0.75m$$

س3: فوتون طوله الموجي (3nm) . احسب مقدار زخمه ؟

الحل

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3 \times 10^{-9}} = 2.21 \times 10^{-25} \text{ kg.m / sec}$$

س4: سقط ضوء طول موجته تساوي (300nm) على سطح معدن ، فإذا كان طول موجة العتبة لهذا المعدن يساوي (500nm) . جد جهد القطع اللازم لإيقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى ؟

الحل

$$\lambda = 300nm = 300 \times 10^{-9} = 3 \times 10^{-7} m \quad , \quad \lambda_o = 500nm = 500 \times 10^{-9} = 5 \times 10^{-7} m$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} = 6.63 \times 10^{-19} J$$

$$w = \frac{hc}{\lambda_o} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5 \times 10^{-7}} = 3.978 \times 10^{-19} J$$

$$KE_{\max} = E - w = 6.63 \times 10^{-19} - 3.978 \times 10^{-19} = 2.652 \times 10^{-19} J$$

$$V_S = \frac{KE_{\max}}{e} = \frac{2.652 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.657V$$

س5: يتوقف تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن عندما يزيد طول موجة الضوء الساقط عليه عن (600nm) فإذا أضيء سطح المعدن نفسه بضوء طول موجته (300nm) فما هي الطاقة الحركية العظمى التي تنبعث بها الالكترونات الضوئية من سطح المعدن مقدرة بوحدة الجول (J) أولا ووحدة الإلكترون – فولت (ev) ثانيا .

الحل

$$\lambda = 300nm = 3 \times 10^{-7} m \quad , \quad \lambda_o = 600nm = 6 \times 10^{-7} m$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} = 6.63 \times 10^{-19} J$$

$$w = \frac{hc}{\lambda_o} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6 \times 10^{-7}} = 3.315 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$KE_{\max} = E - w = 6.63 \times 10^{-19} - 3.315 \times 10^{-19} = 3.315 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$KE_{\max} = \frac{3.315 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.072 \text{ eV}$$

س6: سقط ضوء طول موجته تساوي (10^{-7} m) على سطح معدن دالة شغلته تساوي $(1.67 \times 10^{-19} \text{ J})$ فانبعثت الكثرونات ضوئية من السطح ، جد :
 -a- الانطلاق الأعظم للالكثرونات الضوئية المنبعثة من سطح المعدن .
 -b- طول موجة دي برولي المرافقة للالكثرونات الضوئية المنبعثة ذات الانطلاق الأعظم .

الحل

$$\text{a) } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-7}} = 19.89 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$KE_{\max} = E - w = 19.89 \times 10^{-19} - 1.67 \times 10^{-19} = 18.22 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{b) } \lambda = \frac{h}{m_e v_{\max}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^6} = 0.364 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max}^2 = \frac{2KE_{\max}}{m_e} = \frac{2 \times 18.22 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}} = 4 \times 10^{12}$$

$$\therefore v_{\max} = 2 \times 10^6 \text{ m/s}$$

س7: سقط ضوء تردده $(0.6 \times 10^{15} \text{ Hz})$ على سطح معدن فوجد ان جهد الإيقاف للالكثرونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى يساوي (0.18 V) ، وعندما سقط ضوء تردده $(1.6 \times 10^{15} \text{ Hz})$ على نفس سطح المعدن وجد أن جهد الإيقاف يساوي (4.324 V) . جد قيمة ثابت بلانك .

الحل

$$KE_{\max} = E - w$$

$$V_{S1}e = hf_1 - w \dots \dots \dots (1)$$

$$V_{S2}e = hf_2 - w \dots \dots \dots (1)$$

$$V_{S2}e - V_{S1}e = hf_2 - hf_1 \Rightarrow (V_{S2} - V_{S1})e = h(f_2 - f_1)$$

$$h = \frac{(V_{S2} - V_{S1})e}{f_2 - f_1} = \frac{(4.324 - 0.18) \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{15} - 0.6 \times 10^{15}} = \frac{4.144 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1 \times 10^{15}} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.sec}$$

س8: جد طول موجة دي برولي المرافقة للإلكترون تم تعجيله خلال فرق جهد مقداره (100V) ؟

الحل

$$KE_{\max} = Ve = 100 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max}^2 = \frac{2KE_{\max}}{m_e} = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-17}}{9.11 \times 10^{-31}} = \frac{3.2}{9.11} \times 10^{14} = 0.35 \times 10^{14}$$

$$\therefore v_{\max} = 0.59 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{m_e v_{\max}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 0.59 \times 10^7} = 1.23 \times 10^{-10} \text{ m}$$

س9: يتحرك إلكترون بانطلاق مقداره (663m/s) ، جد :

a- طول موجة دي برولي المرافقة للإلكترون .

b- اقل خطأ في موضع الإلكترون إذا كان الخطأ في انطلاقه يساوي (0.05%) من انطلاقه الأصلي .

الحل

$$\text{a) } \lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 663} = 0.00109 \times 10^{-3} \text{ m} = 1.09 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{b) } \Delta v = 0.05\% v = \frac{0.05}{100} \times 663 = 3315 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x = \frac{h}{4\pi \Delta p} = \frac{h}{4\pi m \Delta v} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 9.11 \times 10^{-31} \times 3315 \times 10^{-4}}$$

$$\therefore \Delta x = \frac{10^{-36}}{114.4216 \times 5 \times 10^{-35}} = 0.001748 \times 10^{-1} = 1.748 \times 10^{-4} \text{ m}$$

س10: بروتون طاقته الحركية تساوي (1.6×10⁻¹³J) . إذا كانت اللادقة في زخمه تساوي (5%) من زخمه الأصلي

، فما هي اقل لادقة في موضعه ؟ اعتبر ان كتلة البروتون تساوي (1.67×10⁻²⁷ Kg) .

$$p = \sqrt{2mKE} = \sqrt{2 \times 1.67 \times 10^{-27} \times 1.6 \times 10^{-13}} = 2.3 \times 10^{-20} \text{ kg.m/s}$$

$$\Delta p = 5\% p = \frac{5}{100} \times 2.3 \times 10^{-20} = 11.5 \times 10^{-22} \text{ kg.m/s}$$

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x = \frac{h}{4\pi \Delta p} = \frac{0.5 \times 10^{-34}}{11.5 \times 10^{-22}} = 0.044 \times 10^{-12} \text{ m}$$

س11: جد انطلاق إلكترون والذي يجعل طول موجة دي برولي المرافقة له مساوية إلى طول موجة أشعة سينية ترددها يساوي (3.25×10¹⁷Hz) .

الحل

$$\lambda_x = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3.25 \times 10^{17}} = \frac{12}{13} \times 10^{-9} = 0.92 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda = \lambda_x \Rightarrow \frac{h}{mv} = \lambda_x \Rightarrow \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times v} = 0.92 \times 10^{-9} \Rightarrow v = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 0.92 \times 10^{-40}}$$

$$\therefore v = 0.97 \times 10^6 \text{ m/s}$$

س12: افترض أن اللادقة في موضع جسيم كتلته (m) وانطلاقه (v) تساوي طول موجة دي برولي المرافقة له ، برهن على ان : $\left(\frac{\Delta v}{v} \geq \frac{1}{4\pi} \right)$ حيث (Δv) هي اللادقة في انطلاق الجسيم .

الحل

$$\Delta X \Delta P \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \lambda m \Delta v \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \frac{h}{mv} m \Delta v \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \frac{\Delta v}{v} \geq \frac{1}{4\pi}$$

واجبات الفصل

مثال 1: جد الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من جسم اسود عندما تكون درجة حرارته (27°C).
ج : $(966 \times 10^{-8} \text{m})$.

مثال 2: احسب طاقة فوتون طوله الموجي (400nm) ثم احسب زخمه . ج : $(4.9725 \times 10^{-19} \text{J}, 1.6575 \times 10^{-27} \text{kg.m/s})$.

مثال 3: فوتون طوله الموجي (0.3315nm) جد : 1- زخمه . 2- طاقته . ج : $(2 \times 10^{-24} \text{kg.m/s}, 6 \times 10^{-16} \text{J})$.

مثال 4: فوتون زخمه $(3.315 \times 10^{-4} \text{kg.m/s})$ احسب مقدار : 1- طوله الموجي . 2- طاقته .
ج : $(2 \times 10^{-30} \text{m}, 9.945 \times 10^{-4} \text{J})$.

مثال 5: سقط ضوء طول موجته (500nm) على سطح معدن دالة شغله تساوي (2.45ev) فانبعثت الالكترونات ضوئية من السطح ، جد : 1- الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة من السطح.

2- جهد الايقاف اللازم لايقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى .
ج : $(3.978 \times 10^{-19} \text{J}, 0.058 \times 10^{-19} \text{J})$.

مثال 6: جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها (0.3315kg) تتحرك بانطلاق مقداره (2m/sec) . ج : (10^{-33}m) .
مثال 7: جد طول موجة دي برولي المرافقة لالكترون تم تعجيله خلال فرق جهد مقداره (182.2V) .
ج : $(0.09 \times 10^{-9} \text{m})$.

مثال 8: إذا كانت دالة الشغل لمعدن (1.9ev) احسب : 1- طول موجة العتبة للمعدن

2- الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث إذا كان طول موجة الضوء الساقط (450nm) 3- جهد الإيقاف
ج : $(6.54 \times 10^{-7} \text{m}, 1.38 \times 10^{-19} \text{J}, 0.86 \text{V})$.

مثال 9: يبلغ جهد الإيقاف لمعدن (0.3V) حين يقاس بوساطة إسقاط ضوء طوله الموجي $(4 \times 10^{-7} \text{m})$ على سطح المعدن. فما مقدار دالة الشغل لهذا المعدن؟ ج : $(4.49 \times 10^{-19} \text{J})$.

مثال 10: سقط ضوء طوله الموجي (600nm) سطح معدن الطول الموجي لعبته (663nm) ما مقدار؟

1- دالة الشغل للمعدن . 2- الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة وجهد الإيقاف اللازم له .

ج : $(3.315 \times 10^{-19} \text{J}, 3 \times 10^{-19} \text{J}, 0.315 \times 10^{-19} \text{J}, 0.19 \text{V})$.

مثال 11: فوتون طاقته $(8 \times 10^{-16} \text{ J})$ اسقط على سطح معدن ، ما مقدار : **1-** الطول الموجي للفوتون **2-** زخم الفوتون **3-** الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث اذا علمت أن جهد الإيقاف اللازم له (0.16 V) .
ج : $(0.25 \text{ nm} , 2.652 \times 10^{-24} \text{ kg.m/s} , 0.256 \times 10^{-19} \text{ J})$.

مثال 12: افترض أن اللادقة في موضع جسيم كتلته (m) وانطلاقه (v) تساوي ثلاثة امثال طول موجة دي برولي المرافقة له ، برهن على أن : $\left(\frac{\Delta v}{v} \geq \frac{1}{12\pi} \right)$ حيث (Δv) هي اللادقة في انطلاق الجسيم .



الفصل السابع

الكترونيات الحالة الصلبة

س : ما هو أساس عمل الأجهزة الالكترونية؟

ج : تعتمد على الثنائيات البلورية المختلفة والترانزستورات والدوائر المتكاملة.
المدارات الالكترونية ومستويات الطاقة:

س : ما الأغلفة الالكترونية التي تشارك الكترونات في التفاعلات الكيميائية وتحدد الخواص الالكترونية للمادة؟

ج : الأغلفة الثانوية الخارجية الأكثر بعدا عن النواة والتي تسمى أغلفة التكافؤ هي التي تشارك الكترونات والتي تسمى الكترونات التكافؤ في التفاعلات الكيميائية وتحدد الخواص الالكترونية للمادة.

س : بماذا تتميز الكترونات التكافؤ؟

ج : تتميز بـ : 1- تمتلك اكبر قدرا من الطاقة .

2- ضعيفة الارتباط جدا مع نواة ذراتها مقارنة بالإلكترونات الاقرب الى النواة.

3- تسهم في التفاعلات الكيميائية . 4- تحدد الخواص الالكترونية للمادة.

س : ماذا يسمى الغلاف الثانوي الخارجي الأكثر بعدا عن النواة ؟ وماذا تسمى الالكترونات التي تشغل هذا الغلاف؟

ج : يسمى غلاف التكافؤ وتسمى الالكترونات التي تشغله بالكترونات التكافؤ.

س(وزاري) : في ذرة الهيدروجين ما المقصود بمستوي الطاقة الصفري ($E=0$) ؟ وما اقل مقدار طاقة يمكن ان يملكه
الالكترون في هذه الذرة ؟

ج : هو اعلى مستوي للطاقة في الذرة. اما اقل مقدار للطاقة يمكن ان يمتلكه الالكترون يساوي
 (-13.6eV) .

س(وزاري) : ماذا يحصل ؟ وضح : لو اكتسب الالكترون في ذرة الهيدروجين طاقة مقدارها (13.6eV) .

ج : يتحرر من ذرة الهيدروجين وهو في المستوي الارضي.

الموصلات والعوازل واشباه الموصلات:

س : ما المقصود بـ : 1- المادة الموصلة . 2- المادة العازلة . 3- المادة شبه الموصلة .

ج :المادة الموصلة : وهي المواد التي تسمح بانتقال التيار الالكتروني خلالها لذا فالشحنات الكهربائية تتحرك فيها بسهولة وان ذراتها تمتلك كترونات تكافؤ واحد يرتبط مع النواة ارتباطا ضعيفا جدا . وتتمكن من فك ارتباطها مع النواة بسهولة وتصير حرة الحركة (الكترونات حرة) وهي تحتوي وفرة من الالكترونات الحرة وبتسليط فرق جهد مناسب بين طرفي الموصل ينشأ تيار الكتروني خلال الموصل نتيجة لحركة الالكترونات باتجاه واحد اذ ان المقاومة الكهربائية النوعية للمواد الموصلة بحدود $(10^{-8} - 10^{-5}) \Omega.m$.

المادة العازلة : هي تلك المواد التي لا تسمح بانسياب التيار الالكتروني خلالها في الظروف الاعتيادية وتكون الكترونات التكافؤ فيها مرتبطة ارتباطا وثيقا بالنواة والمقاومة الكهربائية النوعية للمواد العازلة تقع بحدود $10^{10} - 10^{16} \Omega.m$.

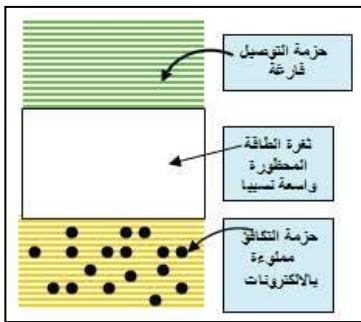
المادة شبه الموصلة : هي تلك المادة التي تتحرك الشحنات الكهربائية فيها بحرية اقل مما هي عليه في الموصل والمقاومة الكهربائية النوعية لمادة شبه الموصل تقع بين المقاومة النوعية للمواد الموصلة والمواد العازلة حيث تقع بحدود $10^{-5} - 10^8 \Omega.m$.

حزم الطاقة في المواد الصلبة:

س : كيف تكون مستويات الطاقة للمواد الصلبة التي تحتوي عددا هائلا من الذرات المتراسة؟

ج : تكون متداخلة مع بعضها البعض في المواد الموصلة فيؤثر الكترون اي ذرة بالكترونات الذرات الاخرى المجاورة لها في المادة نفسها ونتيجة لهذا التفاعل بين الذرات المتجاورة في المادة الواحدة تقسم مستويات الطاقة المسموح بها في الاغلفة الثانوية الخارجية المتقاربة جدا من بعضها بشكل حزم وكل حزمة منها ذات مستويات طاقة ثانوية متقاربة جدا من بعضها مكونة ما يسمى حزم الطاقة.

س : هنالك نوعان من حزم الطاقة يحددان الخواص الالكترونية للمادة ما هما؟ ووضح كل منهما



ج : الحزمة الاولى (حزمة التكافؤ) : تحتوي مستويات طاقة مسموح بها طاقتها واطنة وتكون مملوءة كليا او جزئيا بالالكترونات وتسمى الكتروناتها بالكترونات التكافؤ ولا تتمكن الكترونات التكافؤ من الحركة بين الذرات المتجاورة بسبب قربها من النواة فهي ترتبط بالنواة بقوة كبيرة نسبيا.

الحزمة الثانية (حزمة التوصيل) : تحتوي مستويات طاقة مسموح بها ذات طاقة عالية اعلى من مستويات الطاقة المسموح بها في حزمة التكافؤ وتسمى الكتروناتها بالكترونات التوصيل تتمكن الكترونات التوصيل من الانتقال بسهولة لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي.

س : ما الفرق بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل؟

حزمة التوصيل	حزمة التكافؤ	
تحتوي مستويات طاقة مسموح بها طاقتها عالية.	تحتوي مستويات طاقة مسموح بها طاقتها واطنة.	1.
الالكترونات تسمى الكترونات التوصيل.	الالكترونات تسمى الكترونات التكافؤ.	2.
الالكترونات تتمكن من الانتقال بسهولة بين الذرات لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي.	الالكترونات لا تتمكن من الحركة بين الذرات المتجاورة بسبب قربها من النواة اذ ترتبط بالنواة بقوة كبيرة نسبيا.	3.
خالية من الالكترونات احيانا او قد تحتوي على الالكترونات الحرة.	مملوءة كليا او جزئيا بالالكترونات.	4.

س(وزاري): ما المقصود بثغرة الطاقة المحظورة؟

ج: هي منطقة محظورة (محرمة) لا تحتوي مستويات طاقة مسموح بها ولا تسمح للإلكترونات أن تشغلها تقع بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل .

س: بماذا تمتاز ثغرة الطاقة المحظورة؟

ج: تمتاز بانها: 1- لا تحتوي مستويات طاقة مسموح بها . 2- لا تسمح للإلكترونات أن تشغلها .

س: هل يمكن للإلكترون أن ينتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل؟ وضح ذلك.

ج: نعم . عندما يكتسب طاقة كافية من مصدر خارجي (بشكل طاقة حرارية أو طاقة ضوئية أو بتأثير مجال كهربائي) مقدارها لا يقل عن مقدار ثغرة الطاقة المحظورة.

س(وزاري): بماذا تتميز حزم الطاقة في المواد الموصلة (المعادن مثلاً)؟

ج: تتميز بما يأتي:

1- تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

2- تنعدم ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل.

3- تقل قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن بارتفاع درجة حرارتها نتيجة لزيادة مقاومتها الكهربائية.

س(وزاري): هل تمتلك المعادن قابلية توصيل كهربائي عالية؟ وضح ذلك.

ج: نعم تمتلك قابلية توصيل كهربائي عالية. لأن الإلكترونات التكافؤ حرة الحركة في المادة الموصلة نتيجة لانعدام ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل وتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

س(وزاري): ما السبب كون المعادن تمتلك قابلية توصيل كهربائية عالية؟

ج: لأن الإلكترونات التكافؤ حرة الحركة في المادة الموصلة نتيجة لانعدام ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل وتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

س: (علل) تقل قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن بارتفاع درجة حرارتها؟

ج: وذلك بسبب ازدياد مقاومتها الكهربائية وذلك لزيادة المعدل الزمني للطاقة الاهتزازية للذرات والجزيئات.

س(وزاري): بماذا تتصف حزم الطاقة في المواد العازلة؟

ج: تتصف بما يأتي: 1- حزمة التكافؤ مملوءة بالإلكترونات التكافؤ.

2- حزمة التوصيل خالية من الإلكترونات. 3- ثغرة الطاقة المحظورة واسعة نسبياً.

س(وزاري): تحت أي ظروف تسلك أشباه الموصلات سلوك العوازل؟

ج: عند درجات حرارية منخفضة جداً (عند درجة الصفر كلفن 0K) وفي حالة انعدام الضوء.

س(وزاري): تحت أي ظروف تسلك أشباه الموصلات النقية سلوك العوازل؟ وبماذا تمتاز حزم الطاقة عند هذه الظروف؟

ج: عند درجات حرارية منخفضة جدا (عند درجة الصفر كلفن $0K$) وفي حالة انعدام الضوء.

وتمتاز حزم الطاقة بما يلي: **1-** حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ.

2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات.

3- ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبة للمواد العازلة.

س(وزاري): (علل) يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل عند درجات حرارية منخفضة جدا تقارب (صفر كلفن) وانعدام الضوء.

ج: لان: **1-** حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ.

2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات. **3-** ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبيا.

س(وزاري): (علل). يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل عند درجات حرارية منخفضة جدا تقارب (صفر كلفن) وانعدام الضوء؟

(او عند درجة حرارة الصفر المطلق وفي الظلمة تكون حزمة التوصيل في شبه الموصل النقي خالية من الالكترونات)؟

ج: عند درجة حرارة الصفر المطلق ($0K$) وفي انعدام تأثير الحرارة او الضوء (يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل) لذا فان: **1-** حزمة التكافؤ مملوءة كليا بالالكترونات.

2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات الحرة. **3-** ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبيا.

س: علل. عند درجة حرارة الصفر المطلق وفي الظلمة تكون حزمة التوصيل في شبه الموصل النقي خالية من الالكترونات؟

ج: عند درجة حرارة صفر كلفن ($T=0K$) تفقد الحرارة فقداناً كاملاً فلا يتوفر لشبه الموصل النقي في

الظلمة أي تأثير حراري او ضوئي لذا تكون حزمة التكافؤ مملوءة كليا بالالكترونات وحزمة التوصيل

خالية من الالكترونات الحرة (يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل).

س(وزاري): بماذا تتصف حزم الطاقة في المواد العازلة والموصلة وشبه الموصلة؟

ج: في المواد العازلة تمتاز بما يلي:

1- حزمة التكافؤ مملوءة بالالكترونات. **2-** حزمة التوصيل خالية من الالكترونات.

3- ثغرة الطاقة المحظورة واسعة نسبيا.

في المواد الموصلة تمتاز بما يلي:

1- تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

2- تنعدم ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل.

3- تقل قابلية التوصيل الكهربائي بارتفاع درجة الحرارة نتيجة لازدياد مقاومتها الكهربائية.

في المواد شبه الموصلة تمتاز بما يلي: **1-** حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ.

2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات.

3- ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبة للمواد العازلة.

س(وزاري): (علل) المادة العازلة لا تمتلك قابلية توصيل كهربائية؟

ج: وذلك لان ثغرة الطاقة المحظورة في المادة العازلة واسعة نسبيا (مقدارها حوالي 5eV) لذا فان الكترونات حزمة التكافؤ لا تستطيع عبور ثغرة الطاقة المحظورة والانتقال إلى حزمة التوصيل عندما تكون الطاقة المجهزة اقل من ثغرة الطاقة المحظورة وبالنسبة تبقى حزمة التكافؤ مملوءة بالإلكترونات وحزمة التوصيل خالية من الإلكترونات.

س(وزاري): ماذا يحصل عند تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة او تعرضها لتأثير حراري كبير؟

ج: ان ذلك يتسبب في انهيار العازل فينسب تيار قليل جدا خلاله.

س(وزاري): ما تأثير ارتفاع درجة الحرارة في قابلية التوصيل الكهربائي للموصلات واشباه الموصلات؟ وضح ذلك.

ج: تقل قابلية التوصيل الكهربائي في الموصلات بارتفاع درجة حرارتها نتيجة لزيادة مقاومتها الكهربائية . اما اشباه الموصلات فعند ارتفاع درجة حرارتها تزداد قابلية التوصيل الكهربائي بسبب زيادة تركيز تولد الأزواج (الكترن - فجوة).

س(وزاري): ما تأثير ارتفاع درجة الحرارة في قابلية التوصيل الكهربائي للمواد شبه الموصلة النقية؟

ج: يزداد التوصيل الكهربائي.

اشباه الموصلات النقية:**س: ما اهم اشباه الموصلات الاكثر استعمالا في التطبيقات الالكترونية؟ ومتى تكون البلورة في حالة استقرار كيميائي؟**

ج: الجرمانيوم (Gr) والسليكون (Si) اذ تحتوي كل ذرة منهما على اربعة الكترونات تكافؤ لذا فان كل ذرة سليكون (Si) مثلا تتحد بوساطة الكترونات التكافؤ الاربعة مع اربع ذرات مجاورة لها من السليكون وبهذا تنشأ ثمانية الكترونات تكافؤ، يكون كل زوج منها اصرة تساهمية تربط كل ذرتين متجاورتين في بلورة السليكون وتجعل البلورة في حالة استقرار كيميائي.

س(وزاري): هل يمكن جعل شبه الموصل النقي (السليكون مثلا) يمتلك قابلية توصيل كهربائي بوساطة التأثير الحراري؟ وضح ذلك.

ج: عند ارتفاع درجة حرارة شبه الموصل النقي (مثل السليكون) الى درجة حرارة الغرفة (300k) تكتسب الكترونات التكافؤ طاقة كافية لكسر بعض الاواصر التساهمية (مصدرها طاقة حرارية) تمكنها من الانتقال من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل عبر ثغرة الطاقة المحظورة وعندئذ تكون هذه الكترونات حرة في حركتها خلال حزمة التوصيل.

س: علام يعتمد مقدار معدل توليد الأزواج الكترن - فجوة في شبه الموصل النقي؟

ج: 1- درجة حرارة مادة شبه الموصل النقي. 2- نوع مادة شبه الموصل.

س : ما تأثير زيادة درجة الحرارة على معدل توليد الأزواج (الكترن - فجوة) المتولدة في شبه موصل نقي؟

ج : يزداد معدل توليد الأزواج (الكترن - فجوة) بزيادة درجة الحرارة نتيجة لتحطيم الاواصر وانتقال الكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي.

س(وزاري) : ما تأثير ارتفاع درجة حرارة شبه الموصل النقي في مقدار ثغرة الطاقة المحظورة؟

ج : يقل مقدار ثغرة الطاقة المحظورة بارتفاع درجة الحرارة.

س : ماذا يعني ان ثغرة الطاقة المحظورة للسليكون وعند درجة حرارة الغرفة (300K)؟

1- للسليكون تساوي (1.1eV) . 2- للجرمانيوم تساوي (0.72eV) .

ج : يعني ان الالكترن لكي ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل عبر ثغرة الطاقة المحظورة يحتاج الى طاقة مقدارها لا يقل عن : 1- (1.1eV) للسليكون . 2- (0.72eV) للجرمانيوم .

س : ما المقصود بالفجوة في شبه الموصل . وكيف تتولد؟

ج : الفجوة في شبه الموصل : موقع خال من الالكترونات تسلك سلوك شحنة موجبة لها مقدار شحنة الالكترن . وتتولد : من انتزاع الكترن واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تأثير حراري او تأثير ضوئي، او تتولد من انتزاع الكترن واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصلة بشائب قابل.

س : ما المقصود بالزوج الكترن - فجوة وكيف يتولد؟

ج : الزوج الكترن - فجوة : الكترن وحيز فارغ في حزمة التكافؤ في الموقع الذي انتقل منه الالكترن يسمى هذا الموقع بالفجوة وتكون موجبة اذ يمثل حوامل الشحنة في شبه الموصل.

يتولد : من انتزاع الكترن واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تأثير حراري او ضوئي، او تتولد من انتزاع الكترن واحد من السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصلة بشائب قابل.

س : لماذا لا يتكون العدد نفسه من الأزواج (الكترن - فجوة) عند درجة حرارية واحدة لمادتين مختلفتين .

ج : وذلك لاختلاف ثغرة الطاقة المحظورة للمادتين .

ملاحظات :

1- تستمر عملية توليد الأزواج (الكترن - فجوة) مع استمرار التأثير الحراري فيزداد بذلك المعدل الزمني لتوليد الأزواج (الكترن - فجوة) بارتفاع درجة حرارة مادة شبه الموصل النقي اذ يزداد عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ويزداد نتيجة لذلك عدد الفجوات الموجبة .

2- يحصل نقصان في المقاومة النوعية لمادة شبه الموصل بارتفاع درجة حرارته.

3- يقل مقدار ثغرة الطاقة المحظورة لمادة شبه الموصل النقي بارتفاع درجة حرارته فوق الصفر كلفن حتى درجة حرارة الغرفة (300k) فيكون مقدارها عند تلك الدرجة (1.1eV للسليكون النقي) و (0.72eV للجرمانيوم النقي)

4. في شبه الموصل النقي وعند درجة حرارة الغرفة ($300K$) يكون تركيز الفجوات الموجبة المتولدة في حزمة التكافؤ مساويا لتركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل.
5. ان وجود الالكترون الحريعي وجود قابلية توصيل كما ان وجود فجوة يعني وجود قابلية توصيل.
6. ان الفجوة تسلك سلوك شحنة موجبة لها مقدار شحنة الالكترون نفسها.
7. ان ملء الفجوة يعني انتقالها إلى حيث ترك الالكترون مكانه في ذرة اخرى.
8. نوع الاصرة التي تربط ذرات الجرمانيوم او السليكون ببلوراتها هي اصرة تساهمية أي ان كل الكترون من الكترونات التكافؤ يكون تابعا لذرتين في الوقت نفسه.

تيار الالكترونات وتيار الفجوات:

س : هل ينساب تيار كهربائي في مادة شبه الموصل النقي عند تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة؟ وضح ذلك.

ج : عند تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة شبه الموصل النقي مثل السليكون وعند درجة حرارة الغرفة ($300k$) تنجذب الالكترونات الحرة بسهولة نحو الطرف الموجب (باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المسلط) ونتيجة لحركة الالكترونات الحرة هذه خلال مادة شبه الموصل النقي ينشأ تيار الالكترونات . اما الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ فتتحرك داخل البلورة باتجاه المجال الكهربائي المسلط فيتولد تيار من نوع اخر يسمى تيار الفجوات اي ان الفجوات تتحرك باتجاه معاكس لاتجاه حركة الالكترونات والتيار الكلي المنساب خلال شبه الموصل النقي هو التيار الناتج من مجموع تيار الالكترونات وتيار الفجوات وتسمى كل من الالكترونات والفجوات حوامل الشحنة .

س(وزاري): وضح تأثير تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة شبه الموصل النقي مثل السليكون (Si) عند درجة حرارة الغرفة في اتجاه حركة الفجوات والالكترونات.

ج : سيكون اتجاه حركة الفجوات الموجبة داخل البلورة باتجاه المجال الكهربائي في حين تتحرك الالكترونات باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي اي ان الفجوات تتحرك باتجاه معاكس لاتجاه حركة الالكترونات.

س : (علل) حركة الفجوات عكس حركة الالكترونات في بلورة شبه الموصل النقي عند تسليط مجال كهربائي؟

ج : لان الفجوات تتحرك باتجاه المجال بينما الالكترونات سوف تتحرك بعكس المجال.

س : ما المقصود بالتيار الكلي المنساب خلال شبه الموصل النقي؟ وماذا تسمى كل من الالكترونات والفجوات؟

ج : هو التيار الناتج من مجموع تيار الالكترونات وتيار الفجوات ، تسمى حوامل الشحنة.

س : ما المقصود بمستوي فيرمي؟

ج :مستوي فيرمي : مستوي افتراضي يقع في الحيز بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل يحدد امكانية اشغال الالكترونات او عدم اشغالها لبقية مستويات الطاقة. ويعد مستوي فيرمي اعلى مستوى طاقة مسموح به يمكن ان يملأ بالالكترونات عند درجة صفر كلفن.

س(وزاري): ما الذي يحدد اشغال الكترونات مستوي معين من مستويات الطاقة المسموح بها للالكترونات؟ وما المقصود بها؟

ج : مستوي فيرمي : وهو اعلى مستوى طاقة مسموح به يمكن ان يشغله الالكترون عند درجة حرارة الصفر المطلق ($0K$).

س(وزاري): ماذا يحصل لموقع مستوي فيرمي عند تطعيم شبه الموصل النقي بشوائب خماسية التكافؤ؟

ج: يرتفع مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التوصيل.

س: ماذا يحصل لموقع مستوي فيرمي عند تطعيم شبه الموصل النقي بشوائب ثلاثية التكافؤ؟

ج: ينخفض مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التكافؤ.

س: ما الذي يحدد ازاحة موقع مستوي فيرمي عند تطعيم شبه الموصل النقي بالشوائب؟

ج: تحدد الازاحة على وفق نوع الشائبة المضافة.

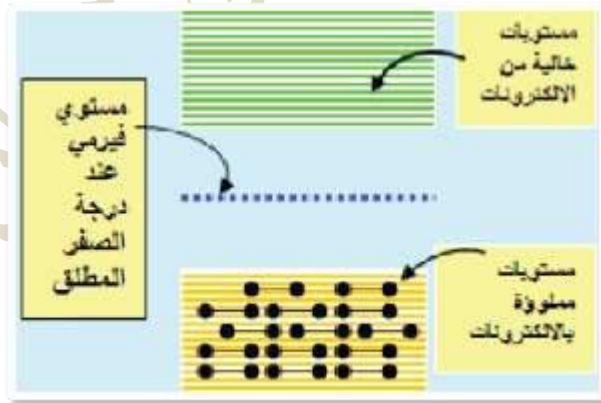
س(وزاري): ماذا يحصل؟ وضح . لموقع مستوي فيرمي عند تطعيم شبه الموصل النقي بإضافة شوائب.

ج: ينزاح موقع مستوي فيرمي نحو الاسفل او نحو الاعلى وتتحدد تلك الازاحة على نوع الشائبة المضافة.

التوضيح: عند اضافة ذرات خماسية التكافؤ (**ذرات مانحة**) يزداد تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل ويقل تركيز الفجوات لذا فان الذرات المانحة تضيف مستوي طاقة جديد (**المستوي المانح**) فيرتفع مستوي فيرمي مقتربا من حزمة التوصيل ، اما عند اضافة شوائب ثلاثية (**ذرات قابلة**) فأنها تضيف مستوي طاقة جديد (**المستوي القابل**) ضمن ثغرة الطاقة فينخفض مستوي فيرمي مقتربا من حزمة التكافؤ.

س(وزاري): اين يقع مستوي فيرمي (Fermi level) عند درجة حرارة الصفر كلفن (في الموصلات ، اشباه الموصلات).

ج: في الموصلات فوق المنطقة المملوءة بالالكترونات من حزمة التوصيل ومستوي الطاقة الذي تشغله هذه الالكترونات يكون تحت مستوي فيرمي. اما في اشباه الموصلات فيقع في منتصف ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ.



اشباه الموصلات المُطعمَة (المشوبة او غير النقية) :

س(وزاري): ايهما أفضل لزيادة التوصيل الكهربائي لاشباه الموصلات النقية عملية التشويب ام التأثير الحراري؟ وضح ذلك.

ج: عملية التشويب. لأنه يكون بالإمكان السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل وزيادتها بنسبة كبيرة نتيجة لازدياد حاملات الشحنة (**الالكترونات – الفجوات**) بالبلورة مقارنة مع ما يحصل في التأثير الحراري.

س : لماذا نلجأ إلى تطعيم شبه الموصل النقي بشوائب خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ اذا كان التأثير الحراري يعمل على زيادة قابليته في التوصيل الكهربائي؟

ج : وذلك لعدم السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقية بطريقة التأثير الحراري لذا يتطلب عمليا ايجاد طريقة افضل للتحكم في توصيلته الكهربائية من خلال اضافة ذرات عناصر خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ تسمى الشوائب بعناية وبمعدل مسيطر عليه (بنسبة واحد لكل 10^8 تقريبا) وبدرجة حرارة الغرفة وبنسب قليلة ومحدودة في بلورة شبه موصل نقية تسمى هذه العملية بالتطعيم .

شبه الموصل نوع (N):

س : كيف نحصل على بلورة شبه الموصل نوع (N).

- نطعم بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) بشوائب ذراتها خماسية التكافؤ مثل الانتيمون (Sb) بعناية وبمعدل مسيطر عليه وفي درجة حرارة الغرفة فتعمل الذرة الشائبة على ازاحة ذرة سليكون من التركيب البلوري وترتبط مع اربع ذرات مجاورة لها بواسطة اربعة من الالكترونات التكافؤ الخمسة للذرة الشائبة اما الالكترون التكافؤ الخامس للشائبة فيترك حرا في الهيكل البلوري.
- يساهم الالكترون الحر المتحرر في عملية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل المطعمة وتدعى الشائبة الخماسية التكافؤ بالذرة المانحة والتي تصير ايونا موجبا.
- لا يعد الايون الموجب من حاملات الشحنة لانه يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا ولا يشارك بعملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم.
- ان الذرات المانحة تتسبب في ازدياد تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل بالمقارنة مع تركيز الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ والمتولدة اصلا بالتأثير الحراري اذ تعمل على اضافة مستوي طاقة جديد يسمى المستوي المانح يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة والمستوي المانح تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة ويمنح الكتروناته الى حزمة التوصيل ونتيجة لذلك يرتفع مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التوصيل .
- ان الالكترونات التي تحررها الشوائب خماسية التكافؤ لا تترك فجوات في حزمة التكافؤ عند انتقالها الى حزمة التوصيل كما حصل ذلك في التأثير الحراري ولهذا السبب يكون تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل اكبر من تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ لذا تسمى الالكترونات بحاملات الشحنة الرئيسية او الحاملات الاغلبية لانها تولدت من عمليتي التطعيم والتأثير الحراري . اما الفجوات الموجبة فتسمى بحاملات الشحنة الثانوية او الحاملات الاقلية لانها تولدت فقط نتيجة التأثير الحراري وبالنتيجه نحصل على بلورة شبه موصل نوع N.



س : علل . الايون الموجب المتولد عند اضافة شائبة من نوع المانح إلى بلورة شبه موصل نقية لا يعد من حاملات الشحنة؟

ج : لان هذا الايون الموجب يرتبط مع اربع ذرات مجاورة ويرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا فلا يتحرك ولا يعد من حاملات الشحنة ولا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم.

س : ما المقصود بالمستوي المانح وكيف يتولد ؟

ج : المستوي المانح : مستوي طاقة يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة ويفصل بينهما مستوي فيرمي. يتولد المستوي المانح بوساطة الذرات المانحة اذ تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة.

س : ما الفرق بين الايون الموجب والفجوة الموجبة في اشباه الموصلات.

الايون الموجب	الفجوة الموجبة
1- يتكون من ذرة شائبة مانحة خماسية التكافؤ مثل الانتيومون فقدت الكترونها الخامس.	1- هي موقع خالي من الالكترون نشأ من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تأثير حراري او اكتساب طاقة. او تنشأ من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصلية بشائبات قابل.
2- يرتبط مع اربع ذرات سليكون مجاورة له لذا فان الذرة الشائبة تصير ايونا موجبا.	2- تكون حرة الحركة.
3- لا يعد من حاملات الشحنة لانه لا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم لانه يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا.	3- لها دور في التوصيل الكهربائي وهي الحاملات الرئيسية في المادة شبه الموصلية نوع p وثنائية في المادة شبه الموصلية نوع N .

س : علل . تسمى الالكترونات بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الاغلبية) والفجوات بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الاقلية) في بلورة شبه الموصل نوع **N؟**

ج : لان الالكترونات تولدت من عملية التطعيم والتأثير الحراري اما الفجوات تتولد نتيجة التأثير الحراري فقط.

س(وزاري) : لماذا تسمى بلورة شبه الموصل بعد تطعيمها بشوائب خماسية التكافؤ بشبه الموصل نوع **N وحيانا بالبلورة السالبة؟**

ج : لان الحاملات الاغلبية للشحنة هي الالكترونات السالبة والحاملات الاقلية للشحنة هي الفجوات الموجبة.

س : ما صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع N ؟ ولماذا؟

ج : صافي الشحنة الكلية يساوي صفر أي متعادلة كهربائيا وذلك لأنها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل) مساويا إلى عدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ والايونات الموجبة للشوائب خماسية التكافؤ).

س(وزاري) : بعد تطعيم بلورة شبه الموصل (مثل السليكون) : بشوائب خماسية التكافؤ (مثل الانتيمون) ما نوع البلورة التي نحصل عليها . اتكون شحنتها موجبة ؟ ام سالبة ؟ ام متعادلة كهربائيا ؟

ج : نحصل على بلورة شبه موصل نوع N الحاملات الاغلبية للشحنة هي الالكترونات الحرة وان شحنة البلورة ستكون متعادلة كهربائيا وذلك لأنها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل) مساويا الى عدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ والايونات الموجبة للشوائب خماسية التكافؤ) .

س(وزاري) : هل يمكن ان توجد فجوات في السليكون نوع (n) ؟ وضح ذلك .

ج : نعم تتولد نتيجة انتقال الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل بالتأثير الحراري فقط وتسمى حاملات الشحنة الثانوية.

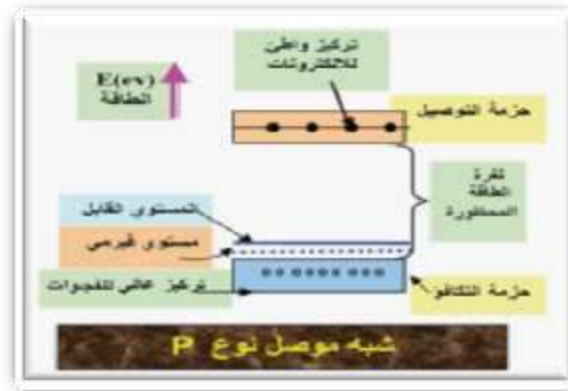
س : علام يعتمد ؟ مقدار عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل في بلورة شبه الموصل نوع (n) بثبوت درجة الحرارة؟

ج : نسبة الذرات المانحة المطعمة بها البلورة . (الشوائب خماسية التكافؤ) .

شبه الموصل نوع P:

س : كيف نحصل على بلورة شبه الموصل نوع (P) .

- نطعم بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) بشوائب ذراتها ثلاثية التكافؤ مثل البورون (B) بعناية وبمعدل مسيطر عليه وفي درجة حرارة الغرفة فتعمل الذرة الشائبة على ازاحة ذرة سليكون من التركيب البلوري وترتبط مع ثلاث ذرات مجاورة لها وتترك اصرة تساهمية تفتقر إلى الكترون واحد فتتولد فجوة في بلورة السليكون المطعمة .
- كل ذرة شائبة ثلاثية التكافؤ تقبل الكترونا من الالكترونات التكافؤ لكي ترتبط باربعة اواصر تساهمية مع اربع ذرات سليكون ولهذا السبب فان الشائبة ثلاثية التكافؤ تسمى بالذرة القابلة والتي تصير ايونا سالبا بعد قبولها الكترونا من ذرة السليكون .
- لا يعد الايون السالب من حاملات الشحنة لانه يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا ولا يشارك بعملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم .
- ان الذرات القابلة تضيف مستوي طاقة جديد يسمى بالمستوي القابل يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وفوق حزمة التكافؤ مباشرة ونتيجة لذلك ينخفض مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التكافؤ .
- عند قبول الذرة الشائبة الكترونا من الالكترونات التكافؤ تتسبب في نشوء فجوة في حزمة التكافؤ ولا يحصل انتقال الالكترونات اضافية الى حزمة التوصيل كما حصل في التأثير الحراري ونتيجة لذلك يكون تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ اكبر من تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل لذا تسمى الفجوات في حزمة التكافؤ بالنواقل الرئيسة او الحاملات الاغلبية للشحنة والالكترونات في حزمة التوصيل تسمى بالحاملات الثانوية للشحنة او الحاملات الاقلية وبالنتيجة نحصل على بلورة شبه موصل نوع (P) .



س : ما المقصود بالمستوي القابل ؟

ج : المستوي القابل : هو مستوي طاقة يقع في منطقة ثغرة الطاقة المحظورة وعلى مسافة قريبة جدا من حزمة التكافؤ يتولد نتيجة لاضافة شوائب ثلاثية التكافؤ الى المادة شبه الموصلة النقية تنتقل اليه الالكترونات من حزمة التكافؤ تاركة خلفها فجوات في تلك الحزمة .

س : (علل) لا يعد الايون السالب المتولد عند اضافة شائبة من نوع القابل إلى بلورة شبه موصل نقيه من حاملات الشحنة؟

ج : لان هذا الايون السالب يرتبط مع اربع ذرات مجاورة ويرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا فلا يتحرك ولا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم.

س : علل . تسمى الفجوات بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الاغلبية) والالكترونات بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الاقلية) في بلورة شبه الموصل نوع P؟

ج : لان الفجوات تولدت من عملية التطعيم والتأثير الحراري اما الالكترونات تتولد نتيجة التأثير الحراري فقط.

س(وزاري) : اذكر السبب : تسمية بلورة شبه الموصل بعد تطعيمها بشوائب ثلاثية التكافؤ بشبه الموصل نوع (P) او البلورة الموجبة.

ج : لان الحاملات الاغلبية للشحنة هي الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ والحاملات الاقلية للشحنة هي الالكترونات السالبة في حزمة التوصيل.

س : ما صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع P ؟ ولماذا؟

ج : صافي الشحنة الكلية يساوي صفر أي متعادلة كهربائيا وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ) مساويا إلى عدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ).

س : بعد تطعيم بلورة شبه الموصل (مثل السليكون) بشوائب ثلاثية التكافؤ (مثل البورون) ما نوع البلورة التي نحصل عليها . اتكون شحنتها موجبة ؟ ام سالبة ؟ ام متعادلة كهربائيا؟

ج : نحصل على بلورة شبه موصلة نوع (p) الحاملات الاغلبية للشحنة هي الفجوات الموجبة وان شحنة البلورة ستكون متعادلة كهربائيا وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ) مساويا إلى عدد الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ).

س : ما مقدار ثغرة الطاقة المحظورة للسليكون والجرمانيوم عند درجة حرارة :

1- الصفر المطلق. 2- المختبر (300k).

ج : 1 - (1.2eV) للسليكون و (0.78eV) للجرمانيوم.

2 - (1.1eV) للسليكون و (0.72eV) للجرمانيوم.

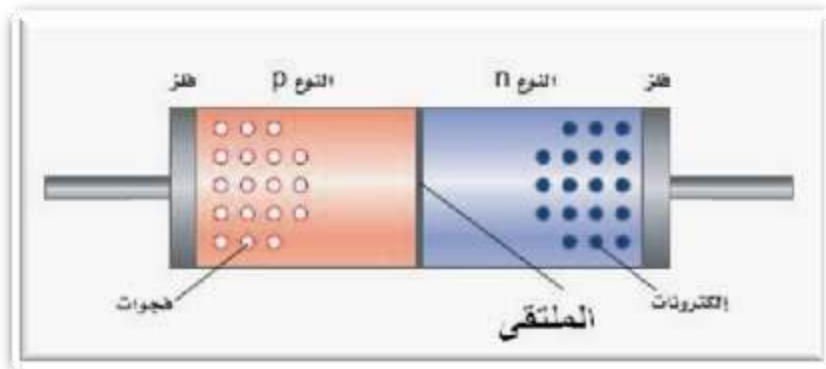
س : ما الفرق بين شبه موصل نوع (n) وشبه موصل نوع (p) من حيث : (a) نوع الشائبة المطعمة فيه b- حاملات الشحنة الاغلبية وحاملات الشحنة الاقلية c- المستوى الذي تولده كل شائبة وموقعه).

شبه الموصل نوع p	شبه الموصل نوع n	
شوائب ذراتها ثلاثية التكافؤ (البورون B مثلاً)	شوائب ذراتها خماسية التكافؤ (انتيمون Sb مثلاً)	a- نوع الشائبة المطعمة فيه
الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ نتيجة التطعيم والتأثير الحراري.	الالكترونات في حزمة التوصيل نتيجة التطعيم والتأثير الحراري.	b- حاملات الشحنة الاغلبية (الرئيسية) وحاملات الشحنة الاقلية (الثانوية).
الالكترونات نتيجة التأثير الحراري.	الفجوات نتيجة التأثير الحراري.	
المستوي القابل يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وفوق حزمة التكافؤ مباشرة ونتيجة لذلك ينخفض مستوى فيرمي ويقترب من حزمة التكافؤ.	المستوي المانح يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة والمستوي المانح تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة ونتيجة لذلك يرتفع مستوى فيرمي ويقترب من حزمة التوصيل.	c- المستوى الذي تولده كل شائبة وموقعه

الثنائي PN:

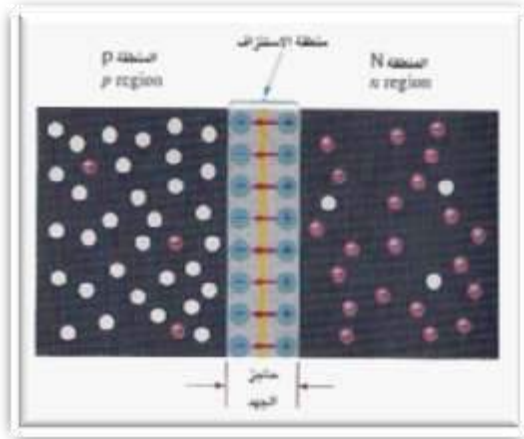
س(وزاري): ما الفائدة العملية من الثنائي البلوري ؟

ج: وذلك لغرض : 1- التحكم باتجاه التيار 2- لتغيير او تحسين اشكال الاشارات الخارجة.



س(وزاري): كيف نحصل على الثنائي البلوري pn؟

ج: نأخذ بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) تطعم بنوعين من الشوائب احدهما ثلاثية التكافؤ (البورون مثلاً) فنحصل على منطقة شبه الموصل نوع p والشوائب الاخرى خماسية التكافؤ (الانتيمون مثلاً) فنحصل على منطقة شبه موصل من النوع N ويطلق على السطح الفاصل بين المنطقتين الملتقى . وتطلى منطقة الاتصال بمادة فلزية بحيث يمكن وصل الاسلاك الموصلة بها عند ربط الثنائي البلوري (pn) بالدائرة الخارجية



س: ما سبب توقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى PN عندما تحصل حالة الاتزان؟

ج: ان استمرار انتشار الالكترونات عبر الملتقى PN يولد ايونات موجبة اكثر وايونات سالبة اكثر على جانبي الملتقى PN في منطقة الاستنزاف فيتولد نتيجة لذلك مجال كهربائي وان فرق الجهد الكهربائي الناتج عن هذا المجال والمسمى بحاجز الجهد يعمل على منع عبور الالكترونات اضافية عبر الملتقى PN فتتوقف عندئذ عملية انتشار الالكترونات.

س: علل . سبب تولد منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري (pn) .

ج: ان الالكترونات الحرة في المنطقة n القريبة من الملتقى pn تنتشر (تنضج) إلى المنطقة p عبر الملتقى (وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى) ونتيجة لهذه العملية تنشأ منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة n وايونات سالبة في المنطقة p وتكون خالية من حاملات الشحنة تسمى منطقة الاستنزاف (يتوقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى pn عندما تحصل حالة التوازن).

س: ما المقصود بمنطقة الاستنزاف في الثنائي pn . وكيف تتولد؟

ج: منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري : منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة n وايونات سالبة في المنطقة p وتكون خالية من حاملات الشحنة. وتتولد : بسبب الالكترونات الحرة في المنطقة n القريبة من الملتقى pn تنتشر في المنطقة p عبر الملتقى وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى.

س: علام يعتمد مقدار جهد الحاجز الكهربائي في الثنائي البلوري pn ؟

ج: 1- نوع مادة شبه الموصل المستعملة . 2- نسبة الشوائب المطعمة بها (ويزداد بزيادة نسبة الشوائب). 3- درجة حرارة المادة (يزداد بزيادة درجة الحرارة).

س: ما مقدار حاجز الجهد عند درجة حرارة الغرفة (300k) في الثنائي (pn) المصنوع من السليكون والمصنوع من الجرمانيوم؟

ج: (0.7) للمصنوع من السليكون ، و (0.3) للمصنوع من الجرمانيوم.

فولطية الانحياز للثنائي PN :

س : لماذا يتطلب فولطية الانحياز للثنائي PN ؟ وما طرائق انحياز الملتقى PN ؟

ج : لان انتشار الالكترونات يتوقف عبر الملتقى PN عند حصول حالة التوازن ولغرض توفير ظروف عملية مناسبة للجهاز الالكتروني المستعمل يتطلب تسليط فرق جهد كهربائي مستمر يسمى فولطية الانحياز. 1- طريقة الانحياز الامامي. 2- طريقة الانحياز العكسي.

1- طريقة الانحياز الامامي :

س : وضح كيف يتم ربط الثنائي PN بطريقة الانحياز الامامي.

ج : يربط طرفا الثنائي PN بين قطبي بطارية بوساطة اسلاك توصيل ومقاومة (R) لتحديد مقدار التيار المناسب خلال الثنائي ولتجنب تلف الثنائي بحيث يربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة P للثنائي ويربط القطب السالب للبطارية مع المنطقة N للثنائي ويجب ان يكون فرق الجهد المسلط على طرفي الثنائي اكبر من فرق جهد الحاجز للملتقى PN .

س : ماذا يحصل للثنائي PN عندما يكون محيزا اماميا.

ج : تتناثر الالكترونات الحرة في المنطقة N (وهي الحاملات الاغلبية للشحنة في المنطقة N) مع القطب السالب للبطارية مندفعة نحو الملتقى pn مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد الكهربائي وتعبّر الملتقى pn الى المنطقة P ، وفي نفس الوقت تتناثر الفجوات في المنطقة P (وهي الحاملات الاغلبية للشحنة في المنطقة P) مع القطب الموجب للبطارية نحو الملتقى pn مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد وتعبّر الملتقى pn الى المنطقة N وبذلك تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد للملتقى pn لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون معاكسا لاتجاه المجال الكهربائي لحاجز الجهد واكبر منه وتقل بذلك مقاومة الملتقى ولهذه الاسباب ينساب تيار كبير خلال الملتقى pn يسمى بالتيار الامامي.

س(وزاري) : ماذا يحصل ؟ وضح ذلك . لكل من عرض منطقة الاستنزاف ومقدار حاجز الجهد ومقاومة الملتقى في طريقة

الانحياز الامامي للثنائي البلوري (pn) .

ج : تتناثر الالكترونات الحرة في المنطقة (N) مع القطب السالب للبطارية مندفعة نحو الملتقى مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد الكهربائي وتعبّر الملتقى (pn) الى المنطقة (P) وفي نفس الوقت تتناثر الفجوات في المنطقة (P) مع القطب الموجب للبطارية نحو الملتقى (pn) مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد وتعبّر الملتقى (pn) الى المنطقة (N) وبذلك تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد للملتقى (pn) لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي معاكسا لاتجاه المجال الكهربائي لحاجز الجهد واكبر منه فتقل مقاومة الملتقى فينساب تيار كبير خلال الملتقى (pn) يسمى التيار الامامي.

س : علل . انسياب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري (pn) عندما تزداد فولتية الانحياز بالاتجاه الامامي؟

ج : عندما يحيز الثنائي البلوري باتجاه امامي تضيق منطقة الاستنزاف ويقل مقدار حاجز الجهد للملتقى وتقل ممانعة الملتقى فينسب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري.

س : ما الفائدة العملية من ربط مقاومة مع الثنائي pn عندما يكون محيز اماميا؟

ج : 1- تعمل على تحديد مقدار التيار المناسب خلال الثنائي. **2-** تجنب تلف الثنائي.

2- طريقة الانحياز العكسي :

س : وضح كيف يتم ربط الثنائي PN بطريقة الانحياز العكسي.

ج : يربط طرفا الثنائي PN بين قطبي بطارية بوساطة اسلاك توصيل ومقاومة (R) بحيث يربط القطب السالب للبطارية مع المنطقة P للثنائي ويربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة N للثنائي.

س : ماذا يحصل للثنائي PN عندما يكون محيزا عكسيا .

ج : تنجذب الالكترونات الحرة في المنطقة N نحو القطب الموجب للبطارية مبتعدة عن الملتقى pn وفي نفس الوقت تنجذب الفجوات في المنطقة P نحو القطب السالب للبطارية مبتعدة عن الملتقى pn وبذلك تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد حاجز الجهد للملتقى pn لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون باتجاه المجال الكهربائي لحاجز الجهد للملتقى pn فتزداد بذلك مقاومة الثنائي ولهذه الاسباب ينساب تيار صغير جدا (يمكن ان يهمل) خلال الملتقى pn يسمى بالتيار العكسي.

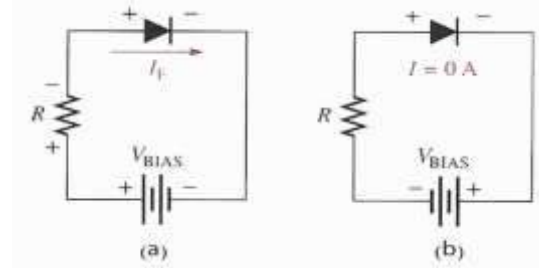
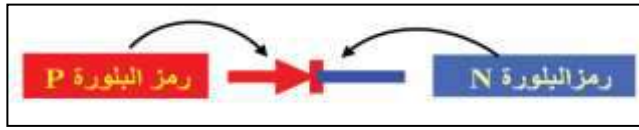
س(وزاري) : ماذا يحصل لمنطقة الاستنزاف وحاجز الجهد في الثنائي (pn) عندما يكون محيزا بالاتجاه العكسي ، وضح ذلك.

ج : تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد حاجز الجهد للملتقى (pn). وذلك بسبب انجذاب الالكترونات الحرة في المنطقة (n) نحو القطب الموجب للبطارية مبتعدة عن الملتقى (pn) وفي الوقت نفسه تنجذب الفجوات في المنطقة (p) نحو القطب السالب للبطارية مبتعدة عن الملتقى (pn).

س(وزاري) : (علل) عندما يحيز الثنائي البلوري (pn) عكسيا تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد حاجز الجهد للملتقى (pn).

او تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد جهد الحاجز للملتقى (pn) للثنائي البلوري عندما يحيز بالاتجاه العكسي.

ج : وذلك بسبب انجذاب الالكترونات الحرة في المنطقة (n) نحو القطب الموجب للبطارية مبتعدة عن الملتقى (pn) وفي الوقت نفسه تنجذب الفجوات في المنطقة (p) نحو القطب السالب للبطارية مبتعدة عن الملتقى (pn).



مخطط للدائرة الكهربائية المستعمل فيها رمز الثنائي بطريقتين فالشكل (a) يوضح الثنائي مربوط بطريقة الانحياز الامامي (لاحظ انسياب تيار في الدائرة) والشكل (b) يوضح الثنائي مربوط بطريقة الانحياز العكسي (لاحظ عدم انسياب تيار في الدائرة)

- س: قارن بين الانحياز الامامي والانحياز العكسي للثنائي البلوري PN من حيث سماحه بمرور التيار خلال الملتقى PN؟
- ج: الانحياز الامامي يسمح بمرور تيار عال خلال الملتقى PN بينما الانحياز العكسي يسمح بمرور تيار ضعيف جدا خلال الملتقى PN .
- س(وزاري): ما الفرق بين الانحياز الامامي والانحياز العكسي للثنائي (pn) ؟ وما تأثيره في منطقة الاستنزاف وجهد الحاجز ومقاومة الملتقى للثنائي (pn) ؟

الانحياز العكسي	الانحياز الامامي	
يربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة (N) للملتقى والقطب السالب للبطارية مع المنطقة (P) للملتقى	يربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة (P) للملتقى والقطب السالب للبطارية مع المنطقة (N) للملتقى	الفرق
تتسع منطقة الاستنزاف	تضيق منطقة الاستنزاف	منطقة الاستنزاف
يزداد جهد الحاجز للملتقى	يقل جهد الحاجز للملتقى	جهد الحاجز
تزداد مقاومة الملتقى	تقل مقاومة الملتقى	مقاومة الملتقى

بعض أنواع الثنائيات:

ان مصدر الطاقة اللازمة لتوليد الازواج (الكثرون-فجوة) في اشباه الموصلات هو طاقة حرارية وهذه الطاقة في اغلب الاحيان تزودها حرارة الغرفة كذلك يمكن الافادة من الطاقة الضوئية او الاشعة الكهرومغناطيسية للاغراض نفسها كما يمكن استعمال الضوء للتحكم في قابلية التوصيل الكهربائي للمواد شبه الموصلة وللثنائي pn اذ ان الطاقة الضوئية (طاقة الفوتون) الساقطة على الثنائي pn يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية وان الثنائيات المستعملة لهذه الاغراض هي الثنائي المتحسس للضوء وثنائي الخلية الشمسية .

س : اذكر انواع الثنائيات ؟

- ج : 1- الثنائي المتحسس للضوء . 2- ثنائي الخلية الشمسية . 3- الثنائي الباعث للضوء . 4- الثنائي المعدل للتيار . 1- الثنائي المتحسس للضوء :**

• يرتبط بطريقة الانحياز العكسي قبل تسليط الضوء عليه . لكي يكون التيار المناسب فيه ضعيفا جدا فيهمل (وهو تيار **الالكترونات والفجوات المتولدة بالتأثير الحراري**) وهذا يعني ان التيار في دائرة هذا الثنائي يساوي صفرا في حالة عدم توافر تأثير ضوئي في الثنائي .

- عند تعرض الثنائي **pn** للضوء تولد حاملات جديدة للشحنة وبكمية تعتمد على شدة الضوء الساقط عليه .
- وجد عمليا ان مقدار التيار في دائرة الثنائي المتحسس للضوء يتناسب طرديا مع شدة الضوء الساقط عليه .

س : علل . يحيز الثنائي البلوري (pn) المتحسس للضوء باتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه ؟

ج : لكي يكون التيار المناسب فيه ضعيفا جدا فيهمل (وهو تيار **الالكترونات والفجوات المتولد بالتأثير الحراري**) وهذا يعني ان التيار في دائرة هذا الثنائي يساوي صفرا في حالة عدم توافر تأثير ضوئي في الثنائي .

س(وزاري) : هل ينساب تيار في دائرة الثنائي pn المتحسس للضوء قبل اسقاط ضوء عليه ؟ ولماذا ؟

ج : كلا لا ينساب تيار (التيار يساوي صفرا) لان الثنائي مربوط بطريقة الانحياز العكسي فتيار الالكترونات والفجوات المتولد بالتأثير الحراري ضعيف جدا يمكن اهماله .

س(وزاري) : ما الغرض من استعمال الثنائي المتحسس للضوء ؟

- ج : 1- تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية . 2- استعماله في كاشفات الضوء . 3- كمقياس لشدة الضوء .**

س : علام يعتمد مقدار التيار المناسب في دائرة الثنائي البلوري (pn) المتحسس للضوء ؟

- ج :** شدة الضوء الساقط على الملتقى **pn** ويتناسب معه طرديا .
- 2- ثنائي الخلية الضوئية او الخلية الشمسية :**

س : كيف يرتبط ثنائي الخلية الشمسية ؟ وما الغرض من استعماله ؟

ج : يرتبط بطريقة الانحياز العكسي قبل تسليط الضوء على منطقة الملتقى **pn** . الغرض من استعماله هو

1- تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية . 2- في الاقمار الصناعية كمصدر طاقة .

س : ما الغرض من ربط الخلايا الشمسية مع بعضها : 1- على التوالي . 2- على التوازي .

ج : 1- لزيادة جهدها . 2- لزيادة قدرتها .

س : لماذا يحيز ثنائي الخلية الشمسية باتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه ؟

ج : لان الفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على (**1.1eV**) يتمكن من توليد زوج من (**الالكترون - فجوة**) في السليكون والفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على (**0.72eV**) يتمكن من توليد زوج من (**الالكترون - فجوة**) في الجرمانيوم فيعمل هذا الثنائي على توليد قوة دافعة كهربائية بين طرفيه عند سقوط الضوء عليه ومقدارها في الثنائي المصنوع من السليكون (**0.5V**) والمصنوع من الجرمانيوم (**0.1V**) .

3- الثنائي الباعث للضوء:

- عند تسليط فرق جهد كهربائي خارجي بين طرفي الثنائي الباعث للضوء ينساب تيار في دائرة نتيجة حصول عملية إعادة الالتحام التي تحصل بين الإلكترونات والفجوات فتتحرر طاقة نتيجة سقوط الإلكترونات في الفجوات وهذه الطاقة تظهر بشكل حرارة داخل التركيب البلوري.
- إذا كانت مادة الثنائي من زرنيخيد الكاليوم (GaAs) تكون الطاقة المتحررة نتيجة سقوط الإلكترونات في الفجوات بشكل اشعة تحت حمراء.

س(وزاري): كيف يربط الثنائي الباعث للضوء؟ وما الغرض من استعماله؟

ج: يربط بطريقة الانحياز الامامي. الغرض من استعماله هو تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية كما يستعمل في الحاسبات والساعات الرقمية لإظهار الارقام.

س: ما هي الالوان التي تبعثها الثنائيات الباعثة للضوء؟ وعلام يعتمد لون الضوء المنبعث منه؟

ج: احمر، اصفر، اخضر وهناك ثنائيات تبعث اشعة تحت حمراء، يعتمد على نوع المادة المصنوع منها الثنائي.

س: علام تعتمد شدة الضوء المنبعث من الثنائي الباعث للضوء؟

ج: تعتمد على مقدار التيار الامامي للثنائي البلوري المناسب في دائرته حيث تزداد شدة الضوء المنبعث بزيادة التيار (علاقة طردية).

س: ما الفرق بين الثنائي الباعث للضوء والثنائي المتحسس للضوء.

الثنائي الباعث للضوء	الثنائي المتحسس للضوء
1- يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية.	1- يحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.
2- يبعث الضوء عندما يحيز بالاتجاه الامامي.	2- يعمل عندما يحيز بالاتجاه العكسي.
3- ينساب تيار في دائرته نتيجة حصول عملية إعادة الالتحام التي تحصل بين الإلكترونات والفجوات فتتحرر طاقة بشكل ضوء (احمر، اصفر، اخضر) تبعاً لمكوناته.	3- يزداد توصيله كلما ازدادت شدة الضوء الساقط عليه.
4- يستعمل في العدادات والساعات الرقمية لإظهار الارقام كما يستعمل كدليل لتبيان اشتغال الاجهزة الكهربائية وفي الاسلحة الموجهة.	4- يستعمل كمقياس لشدة الضوء كما في التصوير وكاشفات الضوء.

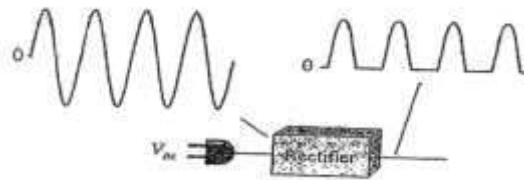
س(وزاري) : علام تعتمد فكرة الشاشات الرقمية؟

ج : تعتمد على تركيب مجموعة من الثنائيات على شكل مكون من سبع اضلاع اذ يمكن اظهار الرقم المضيء من (0 - 9) بتوزيع التيار الكهربائي على الثنائي المستعمل لغرض معين.

4- الثنائي المعدل للتيار :

س : ماذا يحصل للتيار المتناوب لو وضع في طريقه ثنائي بلوري (pn)؟

ج : يعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار معدل بنصف موجة ، لاحظ الشكل



س(وزاري) : ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ للتيار المتناوب لو وضع في طريقه ثنائي بلوري pn؟

ج : يعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار معدل بنصف موجة. فعند ربط الثنائي بمصدر للفولطية المتناوبة فان أحد نصفي الموجة (القطبية الموجبة) تجعل انحيازه بالاتجاه الامامي فيسمح للتيار ان ينساب في الدائرة اما النصف الثاني للموجة فانه يجعل انحياز الثنائي بالاتجاه العكسي وعندئذ لا يسمح للتيار ان ينساب في الدائرة.

س(وزاري) : ما الفائدة العملية من استعمال الثنائي المعدل للتيار المتناوب؟

ج : يعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار معدل بنصف موجة (تيار معدل باتجاه واحد).

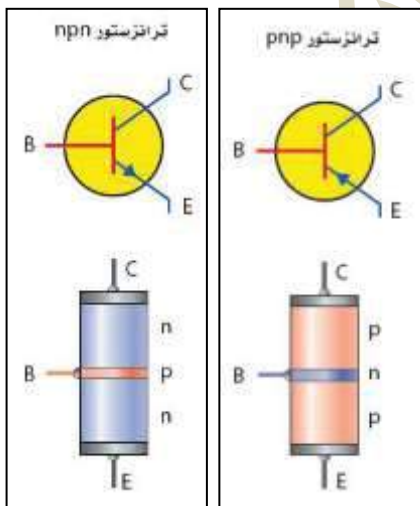
الترانزستور:

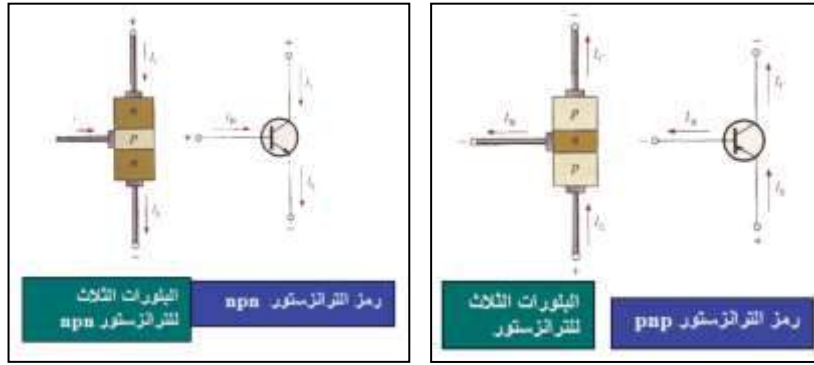
س : ما المقصود بالترانزستور؟ وما هي أنواعه؟

ج : هو نبيلة (جهاز) تتكون من ثلاث مناطق مصنوعة من مادة شبه موصلة (سليكون او جرمانيوم) يفصل بينها ملتقيان المناطق الثلاث هي الباعث (Emitter) ورمزه (E) والقاعدة (Base) ورمزها (B) والجامع (Collector) ورمزه (C) حيث ان منطقة الباعث تطعم دائما بنسبة عالية من الشوائب ومنطقة القاعدة تطعم بنسبة قليلة من الشوائب اما منطقة الجامع فتكون نسبة الشوائب فيها متوسطة نسبيا.

يكون الترانزستور على نوعين:

النوع الأول : ترانزستور (pnp). النوع الثاني : ترانزستور (npn).





س : ما الطريقة التي يَحيز بها كل من ؟ ولماذا؟ (a) الباعث. (b) الجامع.

ج : (a) انحياز امامي لانه يجهز حاملات الشحنة (الالكترونات او الفجوات).

(b) انحياز عكسي لانه يعمل على جذب حاملات الشحنة (الالكترونات او الفجوات) خلال القاعدة .

س : علل . ممانعة ملتقى (الجامع - قاعدة) في الترانزستور تكون عالية بينما ممانعة ملتقى (الباعث - قاعدة) واطنة؟

ج : بسبب الانحياز العكسي لملتقى (الجامع - قاعدة) تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد حاجز الجهد عبر

الجامع فتكون ممانعة ملتقى الجامع عالية. وبسبب الانحياز الامامي لملتقى (الباعث - القاعدة) تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد عبر الباعث فتكون ممانعة ملتقى الباعث واطنة.

س : ما الفرق بين الباعث والجامع في الترانزستور من حيث :

(a) جمع حاملات التيار وارسالها b- طريقة الانحياز c- ممانعة الملتقى d- نسبة الشوائب).

الجامع في الترانزستور	الباعث في الترانزستور	
يجمع (يجذب) تلك الحاملات خلال القاعدة.	يرسل (يجهز) حاملات الشحنة (التيار) إلى الجامع خلال القاعدة.	a- جمع حاملات التيار وارسالها
يحيّز دائما انحياز عكسي ملتقى (الجامع - قاعدة).	يحيّز دائما انحياز امامي ملتقى (الباعث - قاعدة).	b- طريقة الانحياز
(الجامع - قاعدة) ممانعة الدخول كبيرة بسبب الربط العكسي.	(الباعث - قاعدة) ممانعة الدخول صغيرة بسبب الربط الامامي.	c- ممانعة الملتقى
منطقة الجامع تكون نسبة الشوائب فيها متوسطة.	منطقة الباعث تطعم دائما بنسبة عالية من الشوائب.	d- نسبة الشوائب

ترانزستور pnp:**س: مِمَّ يتألف ترانزستور pnp؟****ج:** يتألف من منطقتين من شبه الموصل نوع **p** احدهما تسمى الباعث والأخرى تسمى الجامع تفصل بينهما منطقة رقيقة نسبيا من نوع **n** تسمى القاعدة والمناطق الثلاث هي أقطاب الترانزستور.**س(وزاري):** ما نوع حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي خلال الترانزستور pnp ؟ وما علاقة تيار الباعث بتيار الجامع ؟**ج:** الفجوات هي التي تتحرك من الباعث إلى الجامع خلال الترانزستور pnp وهي الحاملات الأغلبية للشحنة. ان تيار الجامع (I_C) يكون دائما اقل من تيار الباعث (I_E) بمقدار تيار القاعدة (I_B) .
أي ان : $(I_C = I_E - I_B)$.**ترانزستور npn:****س: مِمَّ يتألف ترانزستور npn؟****ج:** يتألف من منطقتين من شبه الموصل نوع **n** احدهما تسمى الباعث والأخرى تسمى الجامع تفصل بينهما منطقة رقيقة نسبيا من نوع **p** تسمى القاعدة والمناطق الثلاث هي أقطاب الترانزستور.**س:** ما نوع حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي خلال الترانزستور npn؟**ج:** الالكترونات هي التي تتحرك من الباعث إلى الجامع خلال الترانزستور npn فهي الحاملات الأغلبية للشحنة.**س(وزاري):** هل يمكن ؟ ولماذا ؟ ان يكون تيار الجامع اكبر من تيار الباعث في الترانزستور npn ذو القاعدة المشتركة؟**ج:** كلا لا يمكن. وذلك بسبب حصول عملية اعادة الالتحام التي تحصل في منطقة القاعدة بين الفجوات والالكترونات فيكون : $(I_C = I_E - I_B)$.**س: (علل) تيار القاعدة صغير جدا نسبة الى تيار الباعث ؟****ج:** لان منطقة القاعدة رقيقة ونسبة تطعيمها بالشوائب قليلة.**س: (علل) تكون القاعدة في الترانزستور رقيقة جدا وقليلة الشوائب؟****ج:** لكي تسمح بتدفق اكبر عدد من الفجوات او الالكترونات الحرة من الباعث إلى الجامع عبرها وهذا يجعل تيار القاعدة صغير جدا.**استعمال الترانزستور كمضخم:****س: ما العمل الاساسي للترانزستور؟ وما هي انواع المضخمات؟****ج:** تضخيم الإشارة الداخلة فيه، انواع المضخمات هي:**1- المضخم (pnp) ذو القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة).****2- المضخم (pnp) ذو الباعث المشترك (الباعث المؤرض).**

س : علامَ يعتمد اختيار شكل ونوع الترانزستور لتطبيق معين؟

ج : يعتمد على ممانعة الدخول وممانعة الخروج.

1- المضخم (pnp) ذو القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرّضة):

س : علامَ تعتمد عملية التضخيم في الترانزستور؟

ج : تعتمد على سيطرة دائرة الدخول ذات القدرة الواطئة على دائرة الخروج ذات القدرة العالية.

س : بماذا يتميز المضخم (pnp) ذو القاعدة المشتركة؟

ج : يتميز بان :

1- دائرة الدخول دائرة (الباعث - قاعدة) ممانعتها صغيرة جدا لان ملتقى (الباعث - قاعدة) يكون محيزا

باتجاه امامي ودائرة الخروج دائرة (الجامع - قاعدة) تكون ممانعتها كبيرة جدا لان ملتقى (الجامع -

قاعدة) يكون محيزا بالاتجاه العكسي.

2- ربح الفولطية (A_V) كبيرا لان فولطية انحياز دائرة الدخول صغيرة جدا في حين فولطية انحياز دائرة

الخروج كبيرة جدا. أي ان : ($A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$)

3- ربح التيار (α) اقل من الواحد الصحيح لان ربح التيار هو نسبة تيار الخروج (تيار الجامع I_C) إلى تيار

الدخول (تيار الباعث I_E) أي ان ($\alpha = \frac{I_C}{I_E}$).

4- ربح القدرة (G) يكون متوسطا حيث ربح القدرة هو نسبة القدرة الخارجة إلى القدرة الداخلة او ربح القدرة

يساوي ربح التيار مضروبا في ربح الفولطية أي ان : ($G = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ or $G = \alpha \cdot A_V$).

5- الإشارة الخارجة تكون بالطور نفسه مع الإشارة الداخلة لان تيار الجامع يتغير باتجاه تيار الباعث نفسه.

س(وآري): لماذا لا يمكن ان يستعمل المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة لتكبير التيار؟

ج : لان تيار الخروج (تيار الجامع I_C) اقل من تيار الدخول (تيار الباعث I_E) فيكون ربح التيار اقل من

واحد حسب العلاقة : ($\alpha = \frac{I_C}{I_E}$).

س(وآري): بماذا تتميز دائرة المضخم pnp ذي الباعث المشترك (الباعث المؤرض)؟

ج : تتميز بان :

1- ربح التيار (α) عاليا لان ربح التيار هو نسبة تيار الخروج (تيار الجامع I_C) إلى تيار الدخول (تيار

القاعدة I_B) أي ان : ($\alpha = \frac{I_C}{I_B}$).

2- ربح الفولطية (A_V) كبيرا لان فولطية الخروج اكبر من فولطية الدخول أي ان : ($A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$).

3- ربح القدرة (G) يكون كبيرا جدا حيث ربح القدرة هو نسبة القدرة الخارجة إلى القدرة الداخلة او ربح القدرة

يساوي ربح التيار مضروبا في ربح الفولطية أي ان : ($G = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ or $G = \alpha \cdot A_V$).

4- الإشارة الخارجة تكون بطور معاكس للإشارة الداخلة فرق الطور (180°) وسبب ذلك هو ان تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.

س(وزاري): ماذا يحصل؟ ولماذا؟ عند وضع فولطية إشارة متناوبة بين طرفي دائرة الدخول في دائرة المضخم pnp ذي الباعث المشترك (الباعث المؤرض).

ج: سوف تعمل على تغير جهد القاعدة وان أي تغير صغير في جهد القاعدة سيكون كافيا لأحداث تغير كبير في تيار دائرة (الجامع - قاعدة) وبما ان هذا التيار ينساب خلال حمل مقاومته (R_L) كبيرة المقدار فهو يولد فرق جهد كبير المقدار عبر مقاومة الحمل والذي يمثل فرق جهد الإشارة الخارجة وان الإشارة الخارجة من دائرة الجامع تكون بطور معاكس لطور الإشارة الداخلة في دائرة الباعث (فرق الطور بينهما 180°) لان تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.

س(وزاري): (علل) الإشارة الخارجة تكون بالطور نفسه مع الإشارة الداخلة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة.

ج: لان تيار الجامع يتغير باتجاه تيار الباعث نفسه.

س(وزاري): (علل) الإشارة الخارجة من دائرة الجامع في المضخم pnp ذي الباعث المشترك تكون بطور معاكس لطور الإشارة الداخلة في دائرة الباعث فرق الطور (180°).

ج: لان تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.

قوانين الترانزستور كمضخم:

• بصورة عامة في الترانزستور فان تيار الجامع (I_C) يكون دائما اقل من تيار الباعث (I_E) بمقدار تيار القاعدة (I_B). أي ان: ($I_B < I_C < I_E$) لذلك فان: $\langle I_E = I_B + I_C \rangle$.

الأربام في الترانزستور:

ربح التيار (α): هو نسبة تيار الخروج (I_{out}) الى تيار الدخول (I_{in}). أي ان: $\left\langle \alpha = \frac{I_{out}}{I_{in}} \right\rangle$ اذا ان :

وسواء كان الباعث مؤرض ام القاعدة مؤرضه فان: $[I_{out} = I_C]$.

اما $[I_{in} = I_B]$ اذا كان الباعث مؤرض (مشترك) وان $[I_{in} = I_E]$ اذا كانت القاعدة مؤرضه (مشتركة). لذلك فان:

* لذلك اذا كان الترانزستور ذو قاعدة مشتركة (القاعدة مؤرضه) يعبر عن ربح التيار كما يلي :

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \rightarrow \text{(يس)}$$

* اما اذا كان الترانزستور ذو باعث مشترك (الباعث مؤرض) يعبر عن ربح التيار كما يلي :

$$\alpha = \frac{I_C}{I_B} \rightarrow \text{(بس)}$$

ربح الفولطية (A_V) : هو نسبة فولطية الخروج (V_{out}) الى فولطية الدخول (V_{in}) . أي ان :

$$\left\langle A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} \right\rangle$$

وحسب قانون اوم فان : $\langle V_{out} = I_{out} R_{out} , V_{in} = I_{in} R_{in} \rangle$. لذلك فان ربح الفولطية (A_V) يعطى كما

$$\left\langle A_V = \alpha \frac{R_{out}}{R_{in}} \right\rangle \text{ يلي :}$$

أي ان ربح الفولطية يساوي ربح التيار مضروباً في نسبة مقاومة الخروج (R_{out}) الى مقاومة الدخول (R_{in}) .

ربح القدرة (G) : هو نسبة قدرة الخروج (P_{out}) الى قدرة الدخول (P_{in}) . أي ان : $\left\langle G = \frac{P_{out}}{P_{in}} \right\rangle$ حيث :

$$\begin{aligned} P_{out} &= I_{out} V_{out} \quad \text{or} \quad P_{out} = I_{out}^2 R_{out} \quad \text{or} \quad P_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_{out}} \\ P_{in} &= I_{in} V_{in} \quad \text{or} \quad P_{in} = I_{in}^2 R_{in} \quad \text{or} \quad P_{in} = \frac{V_{in}^2}{R_{in}} \end{aligned}$$

لذلك يمكن ايجاد ربح القدرة (G) وفقاً للعلاقة الآتية : $\langle G = \alpha \cdot A_V \rangle$. أي ان ربح القدرة يساوي ربح التيار مضروباً في ربح الفولطية .

ملاحظة : كل من ربح التيار و ربح الفولطية و ربح القدرة هو عدد مجرد من الوحدات (بدون وحدات) .

مثال 1 (كتاب) : في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) اذا كان تيار الباعث ($I_E = 3\text{mA}$) وتيار الجامع ($I_C = 2.94\text{mA}$) ومقاومة الدخول ($R_{in} = 500\Omega$) ومقاومة الخروج ($R_{out} = 400\text{k}\Omega$) احسب : 1- ربح التيار (α) . 2- ربح الفولطية (A_V) .

الحل

$$1 - \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{2.94 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-3}} = 0.98$$

$$2 - A_V = \alpha \frac{R_{out}}{R_{in}} = 0.98 \times \frac{400000}{500} = 784$$

مثال 2 (كتاب) : في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان ربح القدرة $G = 768$ وتكبير الفولطية (ربح الفولطية) يساوي $A_V = 784$ وتيار الباعث ($I_E = 3 \times 10^{-3}\text{A}$) جد تيار القاعدة (I_B) .

الحل

$$G = \alpha \times A_V \Rightarrow \alpha = \frac{G}{A_V} = \frac{768}{784} = 0.98$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \Rightarrow I_C = \alpha \times I_E = 0.98 \times 3 \times 10^{-3} = 2.94 \times 10^{-3}\text{A}$$

$$I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_B = I_E - I_C = 3 \times 10^{-3} - 2.94 \times 10^{-3} = 0.06 \times 10^{-3}\text{A}$$

الدوائر المتكاملة :

س(وزاري) : ما المقصود بالدوائر المتكاملة ؟ وما الغرض من استعمالها ؟

ج : هي جهاز (نبيطة) صغيرة جدا يحتوي الالاف من العناصر المعقدة التي تصنع بعملية واحدة حيث تصنع عناصرها على شريحة صغيرة منفردة من رقاقة السليكون (Si) وهذه العناصر تشمل الثنائيات البلورية والترانزستورات والمقاومات والمكثفات لتكون منظومات الكترونية تؤدي وظيفة معينة. (تستعمل للسيطرة على الاشارات الكهربائية في كثير من الاجهزة الكهربائية).

س(وزاري) : علام تعتمد عملية تصنيع الدوائر المتكاملة ؟

ج : تعتمد على تقنية الانتشار في المستوي الواحد حيث يتم تنفيذ جميع الخطوات العملية اللازمة لتصنيعها على سطح واحد لشريحة السليكون.

• ان مراحل تصنيع عناصر الدوائر المتكاملة، يمر بشكل اساسي بإنتاج ثلاث طبقات رئيسية هي:

- 1- **الطبقة الاساسية :** وهي عملية انماء بلورة السليكون الاسطوانية الشكل ومن ثم تقطيعها إلى رقائق دائرية تسمى بطبقة الاساس وهذه الطبقة هي عبارة عن شبه موصل نوع (P) وتمثل الجسم الذي يركز عليه جميع اجزاء الدائرة المتكاملة.
- 2- **الطبقة الفوقية نوع (N) :** تصنع الطبقة الفوقية (N) عن طريق وضع رقائق السليكون في فرن حراري خاص ويتسلط غاز (هو مزيج من ذرات السليكون وذرات مانحة خماسية التكافؤ على الرقائق) يكون هذا المزيج طبقة رقيقة شبه موصلة نوع (N) تسمى الطبقة الفوقية.
- 3- **الطبقة العازلة :** بعد ان تنمى الطبقة الفوقية (n) على طبقة الاساس (P) توضع الرقائق في فرن حراري خاص يحتوي غاز الاوكسجين وبخار الماء في درجة حرارة معينة فتتكون طبقة من ثنائي اوكسيد السليكون (SiO_2) والتي تمثل الطبقة العازلة.

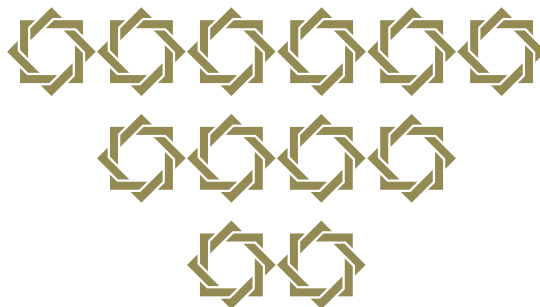
س(وزاري) : عدد مراحل تصنيع عناصر الدوائر المتكاملة.

ج : 1- الطبقة الاساسية. 2- الطبقة الفوقية نوع (N). 3- الطبقة العازلة.

س(وزاري) : بماذا تتميز الدوائر المتكاملة عن الدوائر الكهربائية الاعتيادية (المنفصلة) ؟

ج : تتميز بكونها :

- 1- صغيرة الحجم
- 2- تستهلك قدرة قليلة جدا
- 3- سريعة العمل
- 4- خفيفة الوزن
- 5- رخيصة الثمن
- 6- تؤدي الكثير من الوظائف التي تؤديها الدوائر الكهربائية العادية التي تتألف من اجزاء منفصلة وصلت.



قوانين الفصل

$$\left\langle I_E = I_B + I_C , \alpha = \frac{I_{out}}{I_{in}} \Rightarrow \alpha = \frac{I_C}{I_B} \text{ or } \alpha = \frac{I_C}{I_E} \right\rangle$$

حيث النسبة $(\frac{I_C}{I_B})$ تستخدم اذا كان الباعث مؤرض (مشارك) والنسبة $(\frac{I_C}{I_E})$ تستخدم اذا كانت القاعدة مؤرصة (مشاركة) .

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} \text{ or } A_V = \alpha \frac{R_{out}}{R_{in}} , G = \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ or } G = \alpha \times A_V$$

$$V_{out} = I_{out} R_{out} , V_{in} = I_{in} R_{in}$$

$$P_{out} = I_{out} V_{out} \text{ or } P_{out} = I_{out}^2 R_{out} \text{ or } P_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_{out}}$$

$$P_{in} = I_{in} V_{in} \text{ or } P_{in} = I_{in}^2 R \text{ or } P_{in} = \frac{V_{in}^2}{R_{in}}$$

أسئلة ومسابقات الفصل

س1 : اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- اذا كان الثنائي البلوري pn محيزا باتجاه امامي فعند زيادة مقدار فولتية الانحياز الامامي فان مقدار التيار الامامي ☒ يزداد ☒ يقل ☒ يبقى ثابتا ☒ يزداد ثم ينقص .

2- عند زيادة حاجر الجهد في الثنائي البلوري pn المحيز انحيازاً امامياً ، فان مقدار التيار الامامي في دائرته : ☒ يزداد ☒ يقل ☒ يبقى ثابت ☒ يزداد ثم ينقص .

3- الالكترونات الحرة في شبه الموصل النقي وبدرجة حرارة الغرفة تشغل : ☒ حزمة التكافؤ ☒ ثغرة الطاقة المحظورة ☒ حزمة التوصيل ☒ المستوي القابل .

4- تتولد الازواج الكترون - فجوة في شبه الموصل النقي بوساطة :

☒ اعادة الالتحام ☒ التاين ☒ التطعيم ☒ التأثير الحراري .

5- التيار المنساب في شبه الموصل النقي ناتج عن :

☒ الالكترونات الحرة فقط ☒ الفجوات فقط

☒ الايونات السالبة ☒ الالكترونات والفجوات كليهما .

6- في شبه الموصل نوع n وعند درجة حرارة الغرفة يكون :

☒ عدد الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل يساوي عدد الفجوات في حزمة التكافؤ .

☒ عدد الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل اكبر من عدد الفجوات في حزمة التكافؤ .

☒ عدد الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل اقل من عدد الفجوات في حزمة التكافؤ .

☒ جميع الاحتمالات السابقة ، يعتمد ذلك على نسبة الشوائب .

7- تتولد منطقة الاستنزاف في الثنائي pn بوساطة :

☒ اعادة الالتحام ☒ التناضح ☒ التاين ☒ جميع الاحتمالات السابقة (a,b,c) .

8- الثنائي pn الباعث للضوء (LED) يبعث الضوء عندما :

- ✓ يحيز باتجاه امامي. ☒ ☒ يحيز باتجاه عكسي.
☒ يكون حاجز الجهد عبر الملتقى كبيرا. ☒ يكون بدرجة حرارة الغرفة.

9- تيار الباعث I_E في دائرة الترانزستور يكون دائما :

- ✓ اكبر من تيار القاعدة. ☒ اقل من تيار القاعدة.
☒ اكبر من تيار الجامع. ☒ الاجوبة (a,c).

10- منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري في المنطقة n تحتوي فقط :

- ✓ الكترونات حرة ☒ فجوات ☒ -c ايونات موجبة ☒ ايونات سالبة.

11- يسلك السليكون سلوك العازل عندما يكون :

- ✓ نقيا ☒ في الظلمة ☒ بدرجة الصفر المطلق ☒ الاجوبة الثلاث (a,b,c) مجتمعة.

12- يزداد المعدل الزمني لتوليد الأزواج الكترون - فجوة في شبه الموصل :

- ✓ بارتفاع درجة الحرارة. ☒ بارتفاع شوائب خماسية التكافؤ ☒ بارتفاع شوائب ثلاثية التكافؤ.
☒ ولا واحد مما سبق.

13- منطقة القاعدة في الترانزستور تكون :

- ✓ واسعة وقليلة الشوائب. ☒ واسعة وكثيرة الشوائب.
☒ رقيقة وقليلة الشوائب. ☒ رقيقة وكثيرة الشوائب.

14- ربح التيار (α) في المضخم pnp ذي الباعث المشترك هو نسبة :

$$\frac{I_C}{I_E} \quad \frac{I_C}{I_B} = \quad \frac{I_B}{I_C} \quad \frac{I_E}{I_C}$$

15- فرق الطور بين الاشارة الخارجة والاشارة الداخلة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة يساوي :

$$270^\circ \quad 180^\circ \quad 90^\circ \quad \text{صفرا}$$

16- ربح التيار في دائرة الترانزستور pnp المستعمل كمضخم ذي القاعدة المشتركة يساوي نسبة :

$$\frac{I_E}{I_B} \quad \frac{I_C}{I_B} \quad \frac{I_C}{I_E} \quad \frac{I_E}{I_B}$$

17- يقع مستوي فيرمي في شبه الموصل نوع N عند درجة حرارة (0K).

- ✓ أسفل المستوي المانح ☒ منتصف المسافة بين قعر حزمة التوصيل والمستوي المانح.
☒ في منتصف ثغرة الطاقة. ☒ منتصف المسافة بين قمة حزمة التكافؤ والمستوي المانح.

18- مستوي فيرمي هو :

- ✓ معدل قيمة كل مستويات الطاقة . ☒ مستوي الطاقة في قمة حزمة التكافؤ.
☒ أعلى مستوي طاقة مشغول عند درجة 0°C ☒ أعلى مستوي طاقة مشغول عند 0K .

س2 : ضع كلمة صح او خطأ امام كل عبارة من العبارات التالية مع تصحيح الخطأ دون ان تغير ما تحته خط :

1- بلورة السليكون نوع n تكون سالبة الشحنة. خطأ (متعادلة الشحنة)

2- منطقة الاستنزاف في الثنائي pn تحتوي ايونات موجبة في المنطقة p وايونات سالبة في المنطقة n.

خطأ . (ايونات سالبة في المنطقة P وايونات موجبة في المنطقة n).

- 3- تزداد قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل النقي بارتفاع درجة حرارته . صح.
- 4- الثنائي الباعث للضوء يحيز باتجاه امامي. صح
- 5- مقدار ثغرة الطاقة المحظورة في الجرمانيوم (1.1eV) بدرجة حرارة 300k. خطأ (0.72eV)
- 6- يزداد مقدار حاجز الجهد في الثنائي البلوري عندما يكون محيزا بالاتجاه الامامي. خطأ (يقل)
- 7- يحيز الباعث في الترانزستور دائما باتجاه امامي. صح
- 8- في الموصلات وعند درجة 0K تكون مستويات الطاقة التي تقع تحت مستوى فيرمي تكون مشغولة بالالكترونات. صح
- 9- ربح القدرة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة يكون كبيرا جدا. خطأ (متوسطا).
- 10- تتولد الازواج الكترون فجوة في شبه الموصل نتيجة عملية اعادة الالتحام بين الالكترونات والفجوات. خطأ . (نتيجة التأثير الحراري)
- 11- منطقة القاعدة في الترانزستور تكون دائما رقيقة ونسبة الشوائب قليلة. صح
- 12- في الترانزستور npn ذو القاعدة المشتركة يكون تيار الباعث اكبر من تيار الجامع. صح
- 13- في الترانزستور npn ذو الباعث المشترك تكون الاشارتين الخارجة والداخلية بالطور نفسه. خطأ.
- (بطورين متعاكسين).
- 14- بلورة الجرمانيوم نوع p تكون الفجوات هي حاملات الشحنة الاغلبية . صح
- س9: في دائرة الترانزستور ذو الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث يساوي $I_E = (0.4mA)$ وتيار القاعدة $I_B = (40\mu A)$ ومقاومة الدخول ($R_{in} = 100\Omega$) ومقاومة الخروج ($R_{out} = 50k\Omega$). احسب:
- 1- ربح التيار (α) . 2- ربح الفولطية (A_V) . 3- ربح القدرة (G).

الحل

$$I_E = 0.4mA = 0.4 \times 10^{-3} = 4 \times 10^{-4} A \quad , \quad I_B = 40\mu A = 40 \times 10^{-6} = 4 \times 10^{-5} A$$

$$I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_C = I_E - I_B = 4 \times 10^{-4} - 4 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-4} - 0.4 \times 10^{-4} = 3.6 \times 10^{-4} A$$

$$1 - \alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3.6 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-5}} = 9$$

$$2 - A_V = \alpha \frac{R_{out}}{R_{in}} = 9 \times \frac{50000}{100} = 4500 \quad , \quad 3 - G = \alpha \times A_V = 9 \times 4500 = 40500$$

س10: في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك احسب ربح التيار (α) و تيار الباعث I_E اذا كان تيار القاعدة يساوي $I_B=(50)\mu A$ وتيار الجامع يساوي $I_C=(3.65)mA$.

الحل

$$I_B = 50\mu A = 50 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-5} A \quad , \quad I_C = 3.65mA = 3.65 \times 10^{-3} A = 365 \times 10^{-5}$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{365 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-5}} = 73$$

$$I_E = I_B + I_C = 5 \times 10^{-5} + 365 \times 10^{-5} = 370 \times 10^{-5} = 37 \times 10^{-4} A$$

الواجبات

مثال1: في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث $(480\mu A)$ وتيار الجامع $(450\mu A)$ ومقاومة الخروج $(80k\Omega)$ ومقاومة الدخول (20Ω) احسب : 1- ربح التيار . 2- ربح الفولطية . 3- ربح القدرة .
ج : (15 , 60000 , 900000)

مثال2: في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك اذا كان ربح الفولطية (1500) وفولطية الانحياز في دائرة الخروج $(294V)$ ومقاومة الدخول (40Ω) وتيار الباعث $(784mA)$ احسب ربح القدرة .
ج : (238500)

مثال3: في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة اذا كان تيار الباعث $(80mA)$ وتيار القاعدة $(40\mu A)$ احسب : 1- تيار الجامع . 2- ربح التيار .
ج : (79.96mA , 0.9995)

مثال4: في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة اذا كان تيار القاعدة $(3mA)$ وتيار الجامع $(12mA)$ ومقاومة الدخول (30Ω) ومقاومة الخروج $(60k\Omega)$ فاحسب :
1- ربح التيار . 2- ربح الفولطية . 3- ربح القدرة .
ج : (0.8 , 1600 , 1280)

مثال5: في دائرة الترانزستور كمضخم ذو القاعدة المشتركة اذا كان ربح التيار فيه (0.98) ومقاومة الدخول (50Ω) ومقاومة الخروج $(400k\Omega)$ احسب ربح الفولطية و ربح القدرة .
ج : (78400 , 76832)

مثال6: في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك احسب ربح التيار (α) وتيار الباعث I_E اذا كان تيار القاعدة يساوي $I_B=(50)\mu A$ وتيار الجامع يساوي $I_C=(3.65)mA$.
ج : (73 , $37 \times 10^{-4} A$)

مثال7: في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) اذا كان تيار الباعث $(I_E = 3mA)$ وتيار الجامع $(I_C = 2.94mA)$ ومقاومة الدخول $(R_{in} = 500\Omega)$ ومقاومة الخروج $(R_{out} = 400k\Omega)$ احسب :
1- ربح التيار (α) . 2- ربح الفولطية (A_v) .
ج : (0.98 , 784)

مثال 8: في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان تيار الباعث (3mA) وتيار الجامع (2.94mA) ومقاومة الدخول (500Ω) ومقاومة الخروج (400kΩ) احسب :

1- ربح التيار . 2- ربح الفولطية . ج: (0.98 , 784)

مثال 9: (وزاري) : في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان تيار الجامع ($I_C=1.96 \times 10^{-3}A$) وتيار القاعدة ($I_B=0.04 \times 10^{-3}A$) وربح القدرة ($G=490$) ، جد :

1- ربح التيار . 2- ربح الفولطية . ج: (0.98 , 500)

مثال 10: (وزاري) : في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث يساوي ($I_E=0.4mA$) وتيار القاعدة ($I_B=40\mu A$) ومقاومة الدخول ($R_{in}=100\Omega$) ومقاومة الخروج ($R_{out}=50k\Omega$) احسب مقدار :

1- ربح التيار (α) 2- ربح الفولطية (A_V) 3- ربح القدرة (G)

ج: (9 , 4500 , 40500)

مثال 11: (وزاري) : في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك ، اذا علمت ان مقدار ربح التيار (9) وربح الفولطية (4500) وتيار الجامع (0.27mA) ، احسب مقدار :

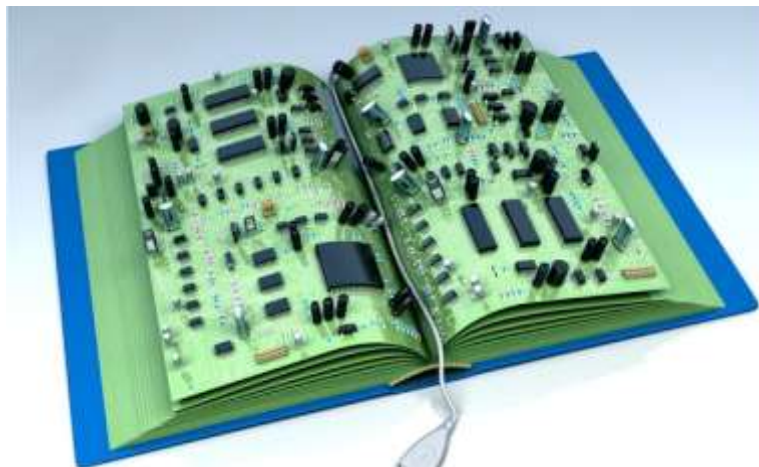
1- تيار القاعدة . 2- تيار الباعث . 3- ربح القدرة.

ج: (0.03mA , 0.3mA , 40500)

مثال 12: (وزاري) : في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان تيار الجامع (5.88mA) ، وربح التيار (0.98) ومقاومة الدخول (1000Ω) ومقاومة الخروج (800kΩ) احسب مقدار :

1- تيار الباعث . 2- ربح الفولطية .

ج: (6×10⁻³A , 784)



الفصل الثامن

الاطياف الذرية والليزر

س : ما هو نموذج كل من ثومسون وذرפורد للذرة؟

ج : وضع ثومسون نموذجا يصف فيه الذرة على انها كرة مصمتة متناهية في الصغر موجبة الشحنة يتوزع بداخلها عدد من الالكترونات السالبة بحيث تكون الذرة متعادلة كهربائيا. اما رذرفورد فقد افترض بان الذرة تتكون من نواة موجبة متمركزة في وسط الذرة تدور حولها الالكترونات.

س : علل . في نهاية القرن التاسع عشر تركزت معظم الدراسات الطيفية على ذرة الهيدروجين؟

ج : لانها ابسط الذرات تركيبا اذ تحتوي الكترونا واحدا فقط وبالتالي اي نموذج يوضع للذرة عليه ان يفسر كل الحقائق والمعلومات حول سلوك تلك الذرة.

مستويات الطاقة وانموذج بور للذرة:

س : ما هي أسباب فشل نموذج رذرفورد للذرة؟

ج:1- عندما يدور الالكترون في الذرة حول النواة يغير اتجاه حركته باستمرار لذا فهو جسيم معجل وتبعاً للنظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية فان أي شحنة متحركة بتعجيل تبعث اشعاعا كهرومغناطيسيا ولذلك يجب ان يفقد الالكترون الدائر حول النواة داخل الذرة جزءا من طاقته في اثناء الدوران أي انه يخسر طاقة بصورة مستمرة مادامت الحركة مستمرة ومن ثم يجب ان ينتهي بحركة حلزونية مقتربا من النواة في زمن قصير ومن ثم تنهار البنية الذرية ولكن هذا الشيء لم يحدث مطلقا فالذرات موجودة ويمكن ان تبعث اشعاعا باطوال موجية ذات قيم متميزة ودقيقة جدا وهي تمثل تركيبا مستقرا لا تبعث اشعاعا الا بشروط خاصة مثل تسخين المواد او تعرضها لجهد كهربائي في الانابيب المفرغة.

2- عندما تتناقص طاقة الالكترونات تدريجيا يتولد طيف مستمر بينما اثبتت التجارب ان طيف ذرة الهيدروجين هو طيف خطي.

س : تحت اي شروط يمكن للذرة ان تبعث اشعاعا كهرومغناطيسيا؟

ج: 1- عند تسخين المواد. **2-** عند تعرضها لجهد كهربائي في الانابيب المفرغة

س : ما هي فرضيات نموذج بور للذرة؟

ج:1- تدور الالكترونات سالبة الشحنة حول النواة بمدارات محددة المواقع تمثل

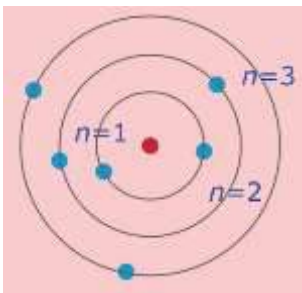
مستويات الطاقة دون ان تشع طاقة ويمتلك الالكترون اقل طاقة عندما

يكون في اقرب مستوي من النواة وعندها تكون الذرة مستقرة وان بقاء الالكترون في ذلك المستوي

يستوجب امتلاكه طاقة وزخم مناسبين لذلك المستوي.

2- الذرة متعادلة كهربائيا اذ ان شحنة الالكترونات تساوي شحنة النواة الموجبة.

3- ان الذرة لا تشع طاقة بسبب حركة الالكترون في مداره المحدد وتكون الذرة مستقرة.



- 4- عندما يكتسب الالكترون كما من الطاقة فانه يقفز من مستوي استقراره اذ تكون طاقته فيه (E_1) الى مستوي طاقة اعلى (E_2) عندها تكون الذرة متهيجة ثم تعود الذرة الى حالة استقرارها وذلك بعودة الالكترون الى مستوي استقراره باعثة فوتونا طاقته (hf) تساوي فرق الطاقة بين المستويين .
- 5- في مجال الذرة يمكن تطبيق قانون كولوم على الشحنات الكهربائية والقانون الثاني لنيوتن على القوى الميكانيكية.

- 6- يمتلك الالكترون زخما زاويا ($L=mvr$) في مداره المحدد يساوي اعدادا صحيحة من $(\frac{h}{2\pi})$.

طبقا لفرضيات بور للذرة فان:

- * طاقة الفوتون المنبعث نتيجة لانتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوي طاقة اعلى الى مستوي واطئ الطاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين . أي ان : $\langle hf = E_2 - E_1 \rangle$ وان $\langle \Delta E = E_2 - E_1 \rangle$.
- * ان الالكترون في مداره المحدد يمتلك زخما زاويا ($L=mvr$) يساوي اعدادا صحيحة من $(\frac{h}{2\pi})$. يعبر عنه

$$L_n = n(\frac{h}{2\pi}) \text{ رياضيًا كما يلي:}$$

طبقا لمبدأ الكم لماكس بلانك فان:

- * العلاقة بين طاقة الفوتون وتردده او طوله الموجي هي كما يلي : $\langle E = hf \text{ or } E = \frac{hc}{\lambda} \rangle$ وحسب المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية فان : $\langle c = f\lambda \rangle$.

حيث :

ΔE : يمثل فرق الطاقة بين أي مستويين من مستويات الطاقة بوحدة جول (J) او (eV) .

E_2 : طاقة المستوي الاعلى (مستوي التهيج) بوحدة (J) او (eV) .

E_1 : طاقة المستوي الاوطا (المستوي الارضي او مستوي الاستقرار) بوحدة جول (J) او (eV) .

f : تردد الفوتون المنبعث نتيجة الانتقال الكترون ذرة الهيدروجين بوحدة هرتز (Hz).

λ : طول موجة الفوتون بوحدة (m)

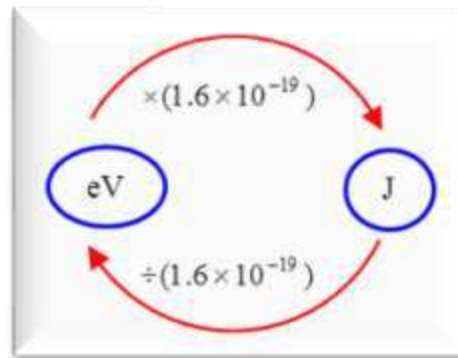
c : سرعة الضوء في الفراغ اذ ان $(c=3 \times 10^8 \text{ m/sec})$.

L_n : الزخم الزاوي المداري بوحدة (J.sec) .

n : عدد الكم الرئيس (رقم المدار) وهو عدد صحيح ($n=1,2,3,4,5, \dots$) .

$(\frac{h}{2\pi})$: مقدار ثابت ويساوي تقريبا : $(\frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J.sec})$.

استفد : $(1\text{eV}=1.6\times 10^{-19}\text{J})$ لذلك للتحويل :



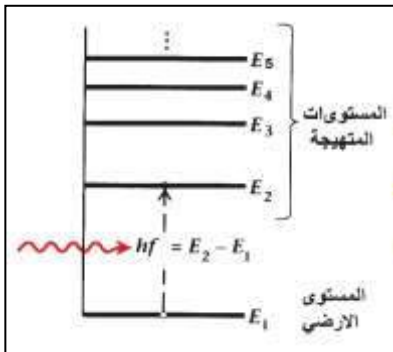
طيف ذرة الهيدروجين:

س : علل . درس بور طيف ذرة الهيدروجين الاعتيادي ؟

ج : لانها ابسط الذرات تركيبا اذ تحتوي على الكترون واحد.

س : ماذا يحصل عند اشارة ذرة الهيدروجين؟ وضح ذلك.

ج : عند اثارها ينتقل الكترونها من المستوي الواطئ الطاقة الى مستوي اعلى طاقة ولا يبقى في مستوي الطاقة الاعلى الا لمدة زمنية قليلة نحو (10^{-8}s) ثم يهبط الالكترون الى مستوي واطئ الطاقة .



* ان اوطئ مستوي طاقة للذرة E_1 يسمى بالمستوي الارضي للذرة في حين تسمى المستويات العليا E_2, E_3, E_4, \dots بالمستويات المثيجة.

س : علل . في ذرة الهيدروجين لا يمتلك الالكترون طاقة تجعله يهرب من الذرة ؟

ج : لان جميع طاقات مستويات الطاقة للذرة سالبة .

س(وزاري) : عدد سلاسل طيف ذرة الهيدروجين . وكيف يمكن الحصول على كل سلسلة ؟

ج: 1- سلسلة لايمان : تنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى

المستوي الاول للطاقة $(E_1)(n=1)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة فوق البنفسجية

وهي سلسلة غير مرئية.

2- سلسلة بالمر : وتنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوي

الطاقة الثاني $(E_2)(n=2)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة المرئية وتمتد حتى

المنطقة فوق البنفسجية.

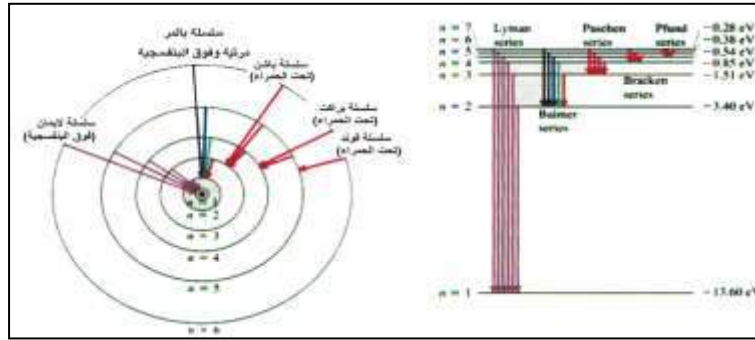
3- سلسلة باشن : وتنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى

مستوي الطاقة الثالث $(E_3)(n=3)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء

وهي سلسلة غير مرئية.

4- سلسلة براكنت: وتنتج من انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الرابع $(E_4)(n=4)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء وهي سلسلة غير مرئية.

5- سلسلة فوند: وتنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة العليا الى مستوى الطاقة الخامس $(E_5)(n=5)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء وهي سلسلة غير مرئية.



س(وزاري): ما الفرق بين سلسلة لايمان وسلسلة بالمر في طيف ذرة الهيدروجين ؟

ج: سلسلة لايمان: تنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الاول $(E_1)(n=1)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة فوق البنفسجية وهي سلسلة غير مرئية.

سلسلة بالمر: تنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الثاني $(E_2)(n=2)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة المرئية وتمتد حتى المنطقة فوق البنفسجية.

س(وزاري): ما الفرق بين سلسلة بالمر وسلسلة باشن في طيف ذرة الهيدروجين ؟

ج: سلسلة بالمر: تنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الثاني $(E_2)(n=2)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة المرئية وتمتد حتى المنطقة فوق البنفسجية.

سلسلة باشن: تنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الثالث $(E_3)(n=3)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء وهي سلسلة غير مرئية.

الأطياف:

* عندما يسقط ضوء الشمس على موشور زجاجي فانه يتحلل الى مركباته السبعة والتي تسمى بالوان الطيف الشمسي وهذا ما لاحظته العالم نيوتن في اواخر القرن السابع عشر.

* الوان الطيف الشمسي هي (الاحمر - البرتقالي - الاصفر - الاخضر - الازرق - النيلي - البنفسجي).

س: ما المقصود بالطيف ؟

ج: هو سلسلة الترددات الضوئية الناتجة من تحليل حزمة الضوء الابيض بواسطة الموشور.

س: ما الطريقة التي يمكن من خلالها معرفة التركيب الذري والجزيئي للمادة؟

ج: وذلك عن طريق تحليل الضوء الصادر عن تلك المواد ودراسة وتفسير طيفها باستعمال جهاز المطياف.

س(وزاري): اذكر اهم المصادر الضوئية المستعملة في دراسة الاطياف؟

ج: 1- مصادر حرارية وهي المصادر التي تشع ضوءا نتيجة ارتفاع درجة حرارتها مثل الشمس ومصابيح التنكستن والاقواس الكهربائية.

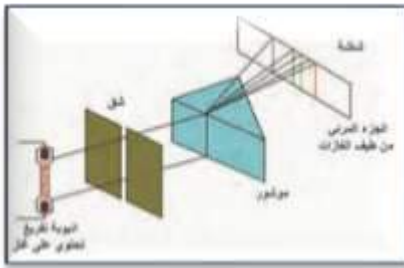
2- مصادر تعتمد على التفريغ الكهربائي خلال الغازات مثل انابيب التفريغ الكهربائي عند ضغط منخفض.

انواع الاطياف:

س(وزاري): وضح بنشاط انواع الاطياف

ج: ادوات النشاط:

موشور زجاجي، وحاجز ذو شق للحصول على حزمة متوازية تسقط على الموشور، شاشة بيضاء ، انابيب تفريغ تحتوي غاز مثل (النيون ، الهيدروجين ، بخار الزئبق) ، مصباح كهربائي خويطي ، مصدر للتيار الكهربائي.



خطوات النشاط:

1- نربط الانبوب الذي يحتوي الهيدروجين بالدائرة الكهربائية المناسبة لكي يتوهج غاز الهيدروجين.

2- ضع الموشور الزجاجي في مسار الحزمة المنبعثة من انبوب غاز الهيدروجين. ثم غير موقع وزاوية سقوط الحزمة المنبعثة حتى نحصل على اوضح طيف ممكن على الشاشة.

3- لاحظ شكل ولون الطيف الظاهر على الشاشة.

4- كرر الخطوات السابقة باستعمال انابيب الغازات الاخرى والمصباح الكهربائي الخويطي.

5- لاحظ شكل ولون الاطياف المختلفة على الشاشة.

الاستنتاج: ان الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات يختلف باختلاف نوع الغاز.

س: علام يعتمد الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات ؟

ج: يعتمد على نوع الغاز.

س(وزاري): اذكر انواع الانبعاث ؟

ج: **a- انبعاث الانبعاث:** 1- طيف انبعاث مستمر. 2- طيف انبعاث خطي براق. 3- طيف انبعاث حزمي براق.
b- انبعاث الامتصاص: 1- طيف امتصاص خطي. 2- طيف امتصاص حزمي.

س: ما المقصود بانواع الانبعاث وما هي انواعها؟

ج: **انبعاث الانبعاث:** هي انبعاث المواد المتوهجة وتقسّم الى:

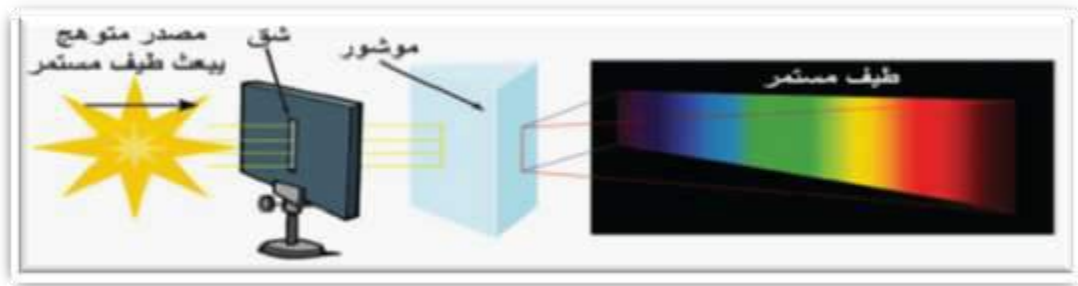
a- الطيف المستمر **b- الطيف الخطي البراق** **c- الطيف الحزمي البراق**

س(وزاري): ما المقصود بـ؟ الطيف المستمر.

ج: هو طيف يحتوي مدى واسع من الاطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها والمتدرجة.

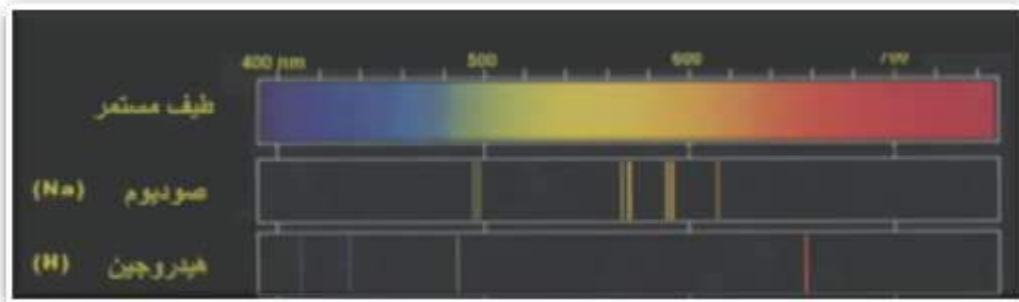
س(وزاري): متى يكون الطيف المستمر؟ وكيف يمكن الحصول عليه؟

ج: يتكون من مدى واسع من الترددات (الاطوال الموجية) الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها والمتدرجة. ونحصل عليه من الاجسام الصلبة المتوهجة او السوائل المتوهجة او الغازات المتوهجة تحت ضغط عالٍ جدا.



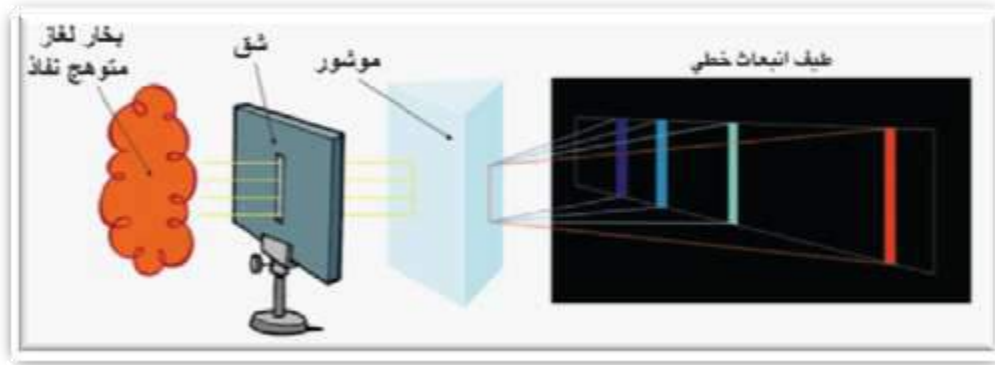
س: ما المقصود بالطيف الخطي البراق؟ وكيف نحصل عليه ؟

ج: **الطيف الخطي البراق:** هو طيف يحتوي مجموعة من الخطوط الملونة البراقة على ارضية سوداء وان كل خط منه يمثل طولاً موجياً معيناً ويعد هذا الطيف صفة مميزة واساسية للذرات غير المتحدة مع غيرها . ويمكن الحصول عليه من الغازات والابخرة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ.



س(وزاري): ما نوع طيف ذرة الهيدروجين؟

ج: طيف خطي براق.



س(وزاري): مم يتكون كل من الطيف الخطي البراق للصوديوم والطيف الخطي للهيدروجين؟

ج: الطيف الخطي البراق للصوديوم يتكون من خطين اصفرين براقين قريبين جدا من بعضهما يقعان في المنطقة الصفراء للطيف المرئي، اما الطيف الخطي للهيدروجين فيتكون من اربعة خطوط براءة (احمر ، اخضر ، نيلي ، بنفسجي).

س(وزاري): ما الفائدة العملية من دراسة الطيف الخطي البراق؟

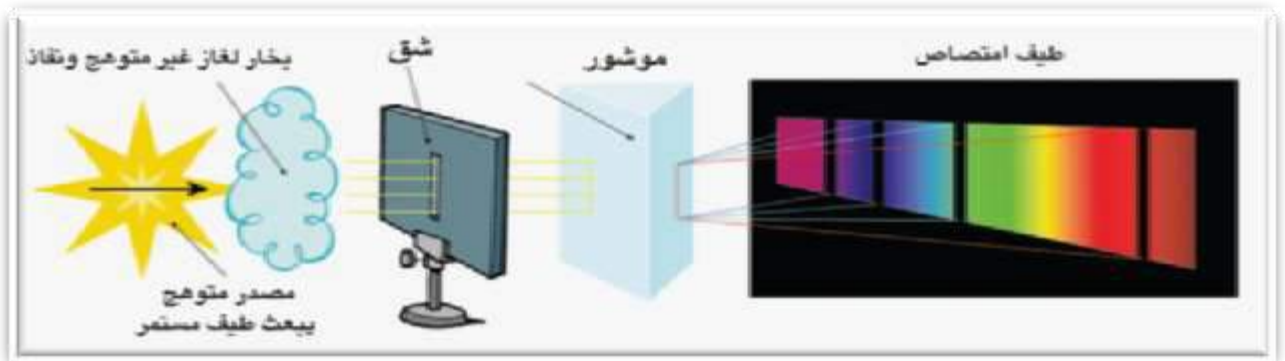
ج: الكشف عن وجود عنصر مجهول في مادة او معرفة مكونات سبيكة.

س(وزاري): كيف يمكن الكشف عن وجود عنصر مجهول في مادة ما او معرفة مكونات سبيكة بالطرائق الطيفية؟

ج: وذلك من خلال اخذ عينة من تلك المادة وتبخيرها في قوس كاربوني لجعلها متوهجة ثم يسجل طيفها الخطي بوساطة المطياف ويقارن الطيف الحاصل مع الاطياف القياسية الخاصة بطيف كل عنصر.

س(وزاري): ما المقصود بـ (الطيف الحزمي البراق)؟ وكيف يمكن الحصول عليه؟

الطيف الحزمي البراق: هو طيف يحتوي حزمة او عددا من الحزم الملونة على ارضية سوداء وتتكون كل حزمة من عدد كبير من الخطوط المتقاربة وهو صفة مميزة للمواد جزيئية التركيب. ويمكن الحصول عليه من مواد متوهجة جزيئية التركيب كغاز ثنائي اوكسيد الكربون في انبوبة تفريغ تحتوي املاح الباريوم او املاح الكالسيوم والمتوهجة بوساطة قوس كاربوني.



س(وزاري) : قارن بين الطيف المستمر والطيف الخطي من حيث كيفية الحصول على كل منهما؟

ج : الطيف المستمر نحصل عليه من الاجسام الصلبة المتوهجة والسائلة المتوهجة او الغازات المتوهجة عند ضغط عال جدا. بينما الطيف الخطي نحصل عليه من توهج الغازات والابخرة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ.

س(وزاري) : ما المقصود بطيف الامتصاص؟ وكيف نحصل عليه؟

ج : طيف الامتصاص : وهو طيف مستمر تتخلله خطوط او حزم معتمة. ويمكن الحصول عليه بإمرار الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذة) يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا.

س(وزاري) : ماذا يحصل؟ ولماذا؟ عند اعتراض بخار لغاز غير متوهج ونفاذ لضوء منبعث من مصدر طيفه مستمر.

ج : نحصل على طيف امتصاص. لان البخار يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها لو كان متوهجا.

س(وزاري) : وضع ماذا يحصل عند امرار الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذة)؟
ج : نحصل على طيف امتصاص.

س(وزاري) : علل . ظهور خطوط فرانهور في طيف الشمس المستمر.

ج : لان الغازات حول الشمس وفي جو الأرض الأقل توهجا من غازات باطن الشمس تمتص من الطيف المستمر للشمس الاطوال الموجية التي تبعثها هذه الغازات فيما لو كانت متوهجة.

س(وزاري) : ما هي خطوط (فرانهور)؟ وما سبب ظهورها ؟

ج : وهي خطوط سوداء تظهر في الطيف الشمسي المستمر اكتشفها العالم فرانهور وعددها (600) خط.

سبب ظهورها : ان الغازات حول الشمس وفي جو الارض الاقل توهجا من غازات باطن الشمس تمتص من الطيف المستمر للشمس الاطوال الموجية التي تبعثها هذه الغازات فيما لو كانت متوهجة ومن هذه الخطوط أمكن معرفة الغازات التي تمتص هذا الضوء.

س : علل . تكون الاطوال الموجية في طيف الامتصاص لعنصر ما موجودة ايضا في طيف انبعائه .

ج : لانه عندما يمر الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذة) يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها هو فيما لو كان متوهجا وعندها نحصل على طيف امتصاص.

س : هل ان الطيف الشمسي هو طيف مستمر ام طيف امتصاص خطي؟ ولماذا؟

ج : طيف امتصاص خطي . لأنه يحتوي على خطوط سوداء (600 خط) سميت بخطوط فرانهور.

س: ما الفرق بين الطيف الخطي البراق والطيف الحزمي البراق؟

ت	الطيف الخطي البراق	الطيف الحزمي البراق
1	يظهر بشكل خطوط براقية تتخللها مناطق مظلمة	يظهر بشكل حزم براقية تتخللها مناطق مظلمة
2	يعتبر صفة مميزة للذرة	يعتبر صفة مميزة للجزيئة
3	نحصل عليه عمليا من توهج بخار الصوديوم تحت ضغط اعتيادي	نحصل عليه عمليا من توهج بخار ثنائي اوكسيد الكربون تحت ضغط اعتيادي.

س(وزاري): قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث الخطي.

ت	الطيف المستمر	الطيف الانبعاث الخطي
1	يتكون هذا الطيف من مدى واسع من الاطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها.	يتكون من مجموعة من الخطوط الملونة البراقة على ارضية سوداء.
2	نحصل عليه من توهج الاجسام الصلبة المتوهجة او السوائل المتوهجة او الغازات المتوهجة عند ضغط عال جدا.	نحصل عليه من الغازات والابخرة المتوهجة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ.

س: ما الفرق بين الطيف المستمر وطيف الامتصاص الخطي؟

ت	الطيف المستمر	طيف الامتصاص الخطي
1	طيف يحتوي مدى واسع من الاطوال الموجية المتصلة والمتدرجة.	طيف مستمر تتخلله خطوط معتمة.
2	ينبعث من الاجسام الصلبة المتوهجة او السوائل المتوهجة او الغازات المتوهجة والمضغوطة ضغطا شديدا.	نحصل عليه بمرور الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال غازات او ابخرة ذراتها غير متحدة مع غيرها وغير متوهجة تمتص منه الاطوال الموجية التي تبعثها هي لو كانت متوهجة.

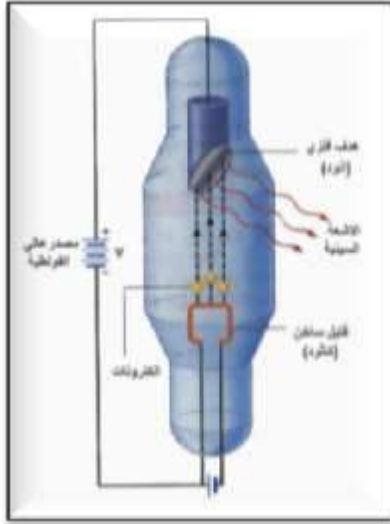
الأشعة السينية x-ray:

س: من هو العالم الذي اكتشف الاشعة السينية؟ وكيف؟

ج: رونتجن. اكتشفها عن طريق الصدفة عندما كان يدرس كهربائية الغازات والتوصيل الكهربائي للالكترونات داخل انابيب مفرغة جزئيا من الهواء.

س : ما المقصود بالأشعة السينية؟

ج : الأشعة السينية : هي موجات كهرومغناطيسية غير مرئية اطوالها الموجية قصيرة جدا نحو $(10 - 0.001) \text{ nm}$ لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لانها ليست دقائق مشحونة.



س : مـ يتكون جهاز توليد الاشعة السينية؟

ج : يتكون من انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء تحتوي على قطبين احدهما سالب (كاثود) وهو فتيل تنبعث منه الالكترونات عند تسخينه والآخر قطب موجب (انود) وهو هدف فلزي عادة يميل بزاوية معينة مع اتجاه حركة الالكترونات المعجلة ونتيجة لتصادم هذه الالكترونات تتولد حرارة عالية لذا يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جدا مثل التنكستن والمولبدنيوم كما يختار الهدف من مادة ذات عدد ذري كبير وذلك لزيادة كفاءة الاشعة السينية وتستعمل وسائل خاصة لتبريد الهدف نتيجة تولد الحرارة العالية.

س(وزاري) : هل يمكن؟ وضح ذلك : ان تتأثر الاشعة السينية بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية.

ج : كلا لأنها دقائق غير مشحونة.

س : بماذا يمتاز الانود في جهاز توليد الاشعة السينية؟

ج : يمتاز بان :

- 1- درجة انصهاره عالية جدا ليتحمل الحرارة الناتجة عن تصادم الالكترون بالهدف الفلزي.
- 2- عدده الذري كبير وذلك لزيادة كفاءة الاشعة السينية لان شدة الاشعة السينية تتناسب طرديا مع العدد الذري لمادة الهدف.
- 3- يميل بزاوية معينة مع اتجاه حركة الالكترونات المعجلة.

س : علل . في انتاج الاشعة السينية يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جدا.

ج : لكي يتحمل الحرارة العالية والناتجة عن تصادم الالكترونات السريعة جدا والمعجلة بالهدف الفلزي مثل التنكستن والمولبيديوم.

س(وزاري) : (علل) في انتاج الاشعة السينية يصنع الهدف من مادة ذات درجة انصهار عالية جدا وعدد ذري كبير.

ج : لكي يتحمل الحرارة العالية والناتجة عن تصادم الالكترونات السريعة جدا والمعجلة بالهدف الفلزي اما العدد الذري الكبير فهو لزيادة كفاءة الاشعة السينية.

س(وزاري) : (علل) يصنع الهدف الفلزي في انبوبة الاشعة السينية من التنكستن؟

ج : لان درجة انصهاره عالية جدا وعدده الذري كبير.

نوعا طيف الاشعة السينية:

س(وزاري): (علل) تعد الاشعة السينية ظاهرة كهروضوئية عكسية .

ج: لان الاشعة السينية تتولد نتيجة لتحول طاقة الالكترونات المعجلة المنبعثة من الكاثود والساقطة على الهدف الى فوتونات الاشعة السينية.

س(وزاري): علام تعتمد شدة الاشعة السينية ؟

ج: تعتمد على عدد الفوتونات المنبعثة عند طول موجي معين (شدة الاشعة السينية تتناسب طرديا مع عدد الفوتونات).

س: ما هما نوعا طيف الاشعة السينية؟

ج: 1- الأشعة السينية ذات الطيف الخطي الحاد . 2- الأشعة السينية ذات الطيف المستمر.

س(وزاري): كيف ينتج الطيف الخطي الحاد في الاشعة السينية ؟

ج: وتسمى احيانا الاشعة السينية المميزة فعند سقوط الالكترونات المعجلة على ذرات مادة الهدف فان هذه الالكترونات تنتزع احد الالكترونات من احد المستويات الداخلية للهدف ويغادر الذرة نهائيا فتحصل حالة التاين او قد يرتفع الى مدار اكثر طاقة وتحصل حالة التهيج وفي كلا الحالتين تصبح الذرة قلقة (متهيجة) فتحاول العودة الى وضع الاستقرار وعندما يهبط احد الالكترونات من المستويات العليا (ذو الطاقة العليا) الى مستوي الطاقة الذي انتزع منه الإلكترون يبعث طاقة بشكل فوتون للأشعة السينية طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين E_2 ، E_1 أي ان $\langle hf = E_2 - E_1 \rangle$. وهذا الطيف صفة مميزة لذرات مادة الهدف .

س: كيف ينتج الطيف المستمر في الاشعة السينية ؟

ج: ينتج هذا الطيف عن اصطدام الالكترونات المعجلة مع ذرات مادة الهدف مما يؤدي الى تباطؤ حركتها بمعدل كبير بتأثير المجال الكهربائي لنوى مادة الهدف ونتيجة لهذا التباطؤ فان الالكترونات تفقد جميع طاقتها وتظهر بشكل فوتونات الأشعة السينية بترددات مختلفة.

- ان الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث من الكاثود نحو الانود في انبوبة توليد الاشعة السينية تحسب اما بمعرفة فرق الجهد المسلط على طرفي الانبوبة والذي يعجل الالكترون او من معرفة الانطلاق الأعظم للإلكترون المنبعث وكما يلي: $\langle KE_{\max} = Ve \text{ or } KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 \rangle$
- نتيجة لاصطدام الالكترون المعجل بالهدف الفلزي تتحول جميع طاقته الحركية (KE_{\max}) الى طاقة اشعاعية لفوتون الاشعة السينية (E) (كم الأشعة السينية). أي ان $\langle KE_{\max} = E \rangle$

- ان أعظم تردد لفوتون الأشعة السينية او اقصر طول موجي يتوقف على فرق الجهد (V) المسلط على طرفي أنبوبة الأشعة السينية والذي يعجل الإلكترون فيكسبه طاقة حركية عظمية (KE_{\max}) لذلك يعبر عن اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية او اقصر طول موجي بالعلاقات الرياضية الاتية :

$$f_{\max} = \frac{eV}{h} \quad \text{لحساب أعظم تردد لفوتون الاشعة السينية}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV} \quad \text{لحساب أقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية}$$

- ان العلاقة بين اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية واقصر طول موجي يعبر عنها من خلال المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية وكما يلي : $c = f_{\max} \lambda_{\min}$

حيث :

KE_{\max} : الطاقة الحركية العظمى للإلكترون بوحدة (J) . e : شحنة الإلكترون حيث ($e=1.6 \times 10^{-19}C$).

V : فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية بوحدة فولط (V) .

m_e : كتلة الإلكترون حيث ($m_e=9.11 \times 10^{-31}kg$) . v_{\max} : سرعة الإلكترون بوحدة (m/sec).

f_{\max} : اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية بوحدة (Hz).

λ_{\min} : اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية بوحدة (m).

c : سرعة الضوء في الفراغ اذ ان ($c=3 \times 10^8 m/sec$).

س(وزاري) : علام يتوقف أعظم تردد لفوتون الاشعة السينية؟ وضح ذلك رياضيا.

ج : يتوقف على فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية.

$$KE_{\max} = Ve \quad , \quad KE_{\max} = hf_{\max} \Rightarrow hf_{\max} = Ve \Rightarrow f_{\max} = \frac{Ve}{h}$$

س : علام يتوقف اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية؟ وضح ذلك رياضيا.

ج : يتوقف على فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية (تناسب عكسي).

$$KE_{\max} = E \Rightarrow Ve = hf_{\max} \Rightarrow Ve = h \frac{c}{\lambda_{\min}} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{Ve}$$

س(وزاري) : علام يعتمد مقدار اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية ذاكرة العلاقة الرياضية .

ج : يعتمد على فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية (تناسب عكسي) وفقا للعلاقة :

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{Ve}$$

س : اين تستثمر الاشعة السينية ؟

ج : تستثمر في : 1. المجال الطبي. 2. المجال الصناعي. 3. المجال الصناعي.

س (وزاري) : ما المجالات التي تستثمر فيها الاشعة السينية في المجال الطبي؟

ج : فهي تعطي صورا واضحة للعظام التي تظهر بشكل فاتح والانسجة تظهر بشكل اغمق عند التصوير الشعاعي للكشف عن تسوس الاسنان وكسور العظام وتحديد مواقع الاجسام الصلبة مثل الشظايا او الرصاص في الجسم وكذلك الكشف وعلاج بعض الاورام في الجسم كما تستثمر لتعقيم المعدات الطبية مثل القفازات الجراحية اللدنة او المطاطية والمحقنات فهذه المعدات تتلف عند تعرضها للحرارة الشديدة ولذا فلا يمكن تعقيمها بالغليان.

س : ما اهم استعمالات الاشعة السينية في المجال الصناعي ؟

ج : للكشف عن العيوب والشقوق في القوالب المعدنية والاختشاب المستعملة في صناعة الزوارق كما ساعدت دراسة طيف امتصاص الاشعة السينية في المادة في الكشف عن العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة وتحليلها وكذلك تستثمر في دراسة خصائص الجوامد والتركيب البلوري.

س (وزاري) : ما اهم استعمالات الاشعة السينية في المجال الامني؟

ج : لمراقبة حقائب المسافرين في المطارات كما تستثمر للتعرف على اساليب الرسامين والتمييز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة وذلك لان الالوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على كثير من المركبات المعدنية التي تمتص الاشعة السينية واما الالوان المستعملة في اللوحات الحديثة فهي مركبات عضوية تمتص الاشعة السينية بنسبة اقل .

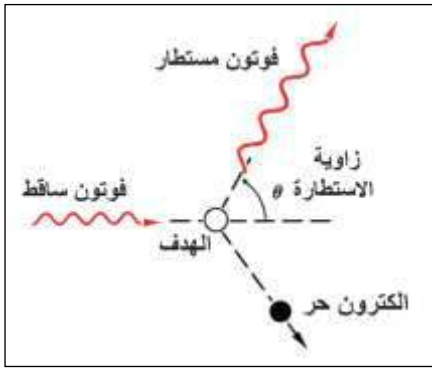
س (وزاري) : وضع كيف تستثمر الاشعة السينية في التعرف على اساليب الرسامين والتمييز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة.

ج : ان الالوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على مركبات معدنية تمتص الاشعة السينية واما الالوان المستعملة في اللوحات الحديثة تحتوي على مركبات عضوية تمتص الاشعة السينية بنسبة اقل.

س (وزاري) : ميز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة للرسامين باستثمار الاشعة السينية.

ج : اللوحات الحقيقة تحتوي على كثير من المركبات المعدنية التي تمتص الاشعة السينية . اما اللوحات المزيفة فالالوان المستعملة فيها هي مركبات عضوية تمتص الاشعة السينية بنسبة اقل.

تأثير كومبتن:



توصل العالم كومبتن الى انه عند سقوط حزمة من الاشعة السينية (فوتونات) ذات طول موجي معلوم (λ) على هدف من الكرافيت النقي:

- * ان الاشعة تستطار (تنتشر) بزوايا مختلفة .
- * الاشعة المستطارة ذات طول موجي (λ^-) اطول بقليل من الطول الموجي (λ) لحزمة الاشعة الساقطة .

* التغير في الطول الموجي ($\lambda^- - \lambda$) يزداد بزيادة زاوية الاستطارة (θ).

* انبعاث الكترن من الجانب الاخر للهدف.

* فسر العالم كومبتن ذلك بان الفوتون الساقط على هدف من الكرافيت يتصادم مع الكترن حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فاقدًا مقدارًا من طاقته وبعد التصادم يكتسب هذا الالكترن مقدارًا من الطاقة بشكل طاقة حركية تمكنه من الافلات من مادة الهدف (أي ان الفوتون يسلك سلوك الجسيمات).

* افترض ان التصادم بين الفوتون والالكترن الحر هو من النوع المرن اذ يخضع لقانوني حفظ الزخم وحفظ الطاقة.

* وفقا لتأثير كومبتن فان مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة يعبر عنها

$$\text{رياضيا كما يلي : } \left\langle \Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \right\rangle \text{ او } \left\langle \Delta\lambda = \lambda^- - \lambda \right\rangle \text{ اذ ان : } \left\langle \lambda = \frac{hc}{V_e} \right\rangle .$$

حيث :

$\Delta\lambda$: الزيادة في طول موجة الفوتون المستطار بوحدة متر (m).

λ^- : طول موجة الفوتون المستطار بوحدة متر (m).

λ : طول موجة الفوتون الساقط على الهدف والذي يمثل اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية بوحدة متر (m).

θ : زاوية استطارة الفوتون ومقدارها يساوي (180°) عندما يترد الفوتون باتجاه معاكس الى سقوطه .

$$\frac{h}{m_e c} : \text{ تمثل طول موجة كومبتن حيث : } \left(\frac{h}{m_e c} = 0.24 \times 10^{-11} \text{ m} \right) .$$

س(وزاري) : علام يعتمد مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بوساطة الالكترونات

الحرّة؟

ج: مقدار زاوية الاستطارة (θ).

س (وزاري): ما تأثير كومبتن؟ ذاكر النص والصيغة الرياضية التي استندت عليها في اجابتك؟

ج: عند سقوط حزمة من الاشعة السينية (فوتونات) ذات طول موجي معلوم (λ) على هدف الكرافيت النقي فان الاشعة تستطار بزوايا مختلفة وان الاشعة المستطارة ذات طول موجي (λ') اطول بقليل من الطول الموجي (λ) لحزمة الاشعة الساقطة وان التغير في الطول الموجي ($\lambda' - \lambda$) يزداد بزيادة زاوية الاستطارة (θ) مع انبعث الكترون من الجانب الاخر للهدف.

$$\left[\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \right]$$

س (وزاري): ماذا يحصل عند اعتراض هدف الكرافيت النقي لحزمة اشعة سينية؟

ج: تستطار الاشعة بزوايا مختلفة وان الاشعة المستطارة ذات طول موجي λ' اطول بقليل من الطول الموجي (λ) لحزمة الاشعة الساقطة وان التغير في الطول الموجي ($\lambda' - \lambda$) يزداد بزيادة زاوية الاستطارة (θ) مع انبعث الكترون في الجانب الاخر للهدف.

س: ما سبب عجز النظرية الكهرومغناطيسية عن تفسير تأثير كومبتن؟

ج: لان تأثير كومبتن هو احد الادلة المهمة التي تؤكد على السلوك الدقائي للاشعة الكهرومغناطيسية بينما النظرية الكهرومغناطيسية اعتمدت على السلوك الموجي.

س: علل . تأثير كومبتن هو من احدى الادلة التي تؤكد السلوك الدقائي للاشعة الكهرومغناطيسية .

ج: لانه بعد سقوط فوتون الاشعة السينية على هدف الكرافيت يتصادم مع الكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فيفقد الفوتون مقدرا من طاقته ويكتسبها هذا الالكترون بعد التصادم بشكل طاقة حركية تمكنه من الافلات من مادة الهدف (أي ان الفوتون يسلك سلوك الجسيمات) .

س: وضح ماذا يحدث لكل من طاقة وزخم الفوتون المستطار للاشعة السينية بوساطة الكترون حر لذرة الهدف؟

ج: تقل طاقة الفوتون المستطار لان الفوتون الساقط يعطي قدرا من طاقته الى الكترون حر من الكترونات ذرة الهدف الذي يتصادم معه لذا تقل طاقة الفوتون المستطار ($E=hf$) فيقل تردده ويزداد طوله الموجي ونتيجة لذلك يقل زخم الفوتون المستطار ($P = \frac{h}{\lambda}$) .

مثال 1 (كتاب): ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تأثير كومبتن) اذا استطار بزواوية

(60°)؟ علما بان : $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ، $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$$\Delta \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \Rightarrow \Delta \lambda = 0.24 \times 10^{-11} (1 - \cos 60^\circ)$$

$$\Delta \lambda = 0.24 \times 10^{-11} \left(1 - \frac{1}{2}\right) = 0.12 \times 10^{-11} \text{ m}$$

الحل

مثال 2 (كتاب) : اذا كان فرق الجهد المطبق بين قطبي انبوبة توليد الاشعة السينية $(1.24 \times 10^4 \text{V})$ لتوليد اقصر طول موجة تسقط على هدف الكرافيت في جهاز (تأثير كومبتن) ، وكانت زاوية استطارة الاشعة السينية 90° فما طول موجة الاشعة السينية المستطارة؟

الحل

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 1.24 \times 10^4} = \frac{19.89 \times 10^{-26}}{1.984 \times 10^{-15}} = 10 \times 10^{-11} \text{m}$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \Rightarrow \lambda' - 10 \times 10^{-11} = 0.24 \times 10^{-11} (1 - \cos 90^\circ)$$

$$\lambda' - 10 \times 10^{-11} = 0.24 \times 10^{-11} (1 - 0) \Rightarrow \lambda' = 0.24 \times 10^{-11} + 10 \times 10^{-11} = 10.24 \times 10^{-11} \text{m}$$

الليزر والميزر:

دخلت اشعة الليزر في العديد من المنتجات التكنولوجية فتجدها عنصر أساسي في:

- * اجهزة تشغيل الاقراص المدمجة.
- * صناعة الالكترونيات.
- * قياس المسافات بدقة وخاصة ابعاد الاجسام الفضائية.
- * وفي الاتصالات.
- * وفي الات طبيب الاسنان.
- * وفي معدات قطع ولحام المعادن.

س : ما الفرق بين الليزر والميزر؟

ج : الليزر هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للاشعاع اما الميزر فهو تضخيم الموجات الدقيقة بوساطة الانبعاث المحفز للاشعاع.

س : ماذا تعني كلمة ليزر او كلمة ميزر؟

ج : كلمة ليزر تعني تضخيم الضوء بوساطة الانبعاث المحفز للاشعاع وكلمة ميزر تعني تضخيم الموجات الدقيقة بوساطة الانبعاث المحفز للاشعاع.

خصائص شعاع الليزر:**س : ما خصائص شعاع الليزر؟**

ج : 1- احادي الطول الموجي (احادي اللون). 2- التشاكه. 3- الاتجاهية. 4- السطوع.

س : ما خصائص شعاع الليزر؟ وضحها .

ج : 1- احادي الطول الموجي (احادي اللون) : أي ان له طولاً موجياً واحداً فشعاع الليزر يتميز بالنقاء الطيفي بدرجة تفوق أي مصدر آخر.

2- التشاكه : موجات حزمة اشعة الليزر تكون كلها في الطور نفسه والاتجاه والطاقة وبهذا ممكن ان تتداخل موجتان فيما بينهما تداخلاً بناءً.

- 3- الاتجاهية :** تبقى موجات حزمة الليزر متوازية مع بعضها لمسافات بعيدة بنفراجية قليلة وهذا يعني ان حزمة الليزر تحتفظ بشدتها نسبيا.
- 4- السطوع :** ان طاقة موجات اشعة الليزر تتركز في مساحة صغيرة وذلك لقلّة انفراجيتها مما يجعل شعاع الليزر ذا شدة سطوع عالية جدا.

س(وزاري) : ما الليزر؟ وما الذي يميزه عن المصادر الضوئية الاخرى؟

ج : الليزر هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع. ويمتاز بما يلي:

- 1- احادي الطول الموجي (احادي اللون) 2- التشاكه 3- الاتجاهية 4- السطوع.**

س : (علل) توصف اشعة الليزر بانها احادية اللون؟

ج : لانها تتميز بالنقاوة اللونية (الطيفية) تفوق أي مصدر اخر.

س(وزاري) : علل. توصف اشعة الليزر بالشدة العالية.

ج : لان طاقة موجات اشعة الليزر تتركز في مساحة صغيرة وذلك لقلّة انفراجيتها مما يجعل شعاع الليزر ذا شدة سطوع عالية جدا.

س(وزاري) : علام تعتمد عملية قياس المدى باستعمال اشعة الليزر؟

ج : تعتمد على الاتجاهية.

س(وزاري) : ميز بين اشعة الليزر عن اشعة الضوء الاعتيادية من حيث الاتجاهية والسطوع.

الليزر	الضوء الاعتيادي
1- موجات متوازية مع بعضها لمسافات بعيدة بانفراجية قليلة.	1- موجات الضوء عشوائية بالاتجاهات كافة اي انفراجية كبيرة وشدة قليلة.
2- اشعة الليزر تتركز في مساحة صغيرة لقلّة الانفراجية و سطوع كبير.	2- اشعة الضوء لا تتركز في مساحة لكبر انفراجيتها لذلك قليلة السطوع.

آلية عمل الليزر:

س: ما اسس عمل الليزر؟

ج: 1- الامتصاص المحتث. 2- الانبعاث التلقائي. 3- الانبعاث المحفز.

س : ما اسس عمل الليزر؟ وضجها .

ج : 1- الامتصاص المحتث : هو انتقال الذرة من مستوي طاقة واطئ (E_1) الى مستوي طاقة اعلى متهيج (E_2) وذلك بامتصاص فوتون ذا تردد مناسب طاقته تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين . ($hf = E_2 - E_1$).



2- الانبعاث التلقائي : وهو انتقال الذرة من مستوي التهيج الى المستوي الارضي بعد مدة زمنية قصيرة (العمر الزمني لمستوي التهيج) لان الذرة تميل دائما الى حالة الاستقرار ويكون هذا الانتقال مصحوبا بانبعث فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين ($E_2 - E_1 = hf$) وتكون الفوتونات المنبعثة تلقائيا مختلفة من حيث الطور والاتجاه (غير متشاكهة).



3- الانبعاث المحفز : وهو تحفيز الذرة المتهيجة على الانتقال من مستوي الطاقة الاعلى (مستوي التهيج) الى مستوي الطاقة الاوطا (المستوي الارضي) بوساطة فوتون انبعث تلقائي طاقته مساوية الى فرق الطاقة بين المستويين والذي يحفز الالكتران غير المستقر على النزول الى المستوي الارضي فينبعث نتيجة لذلك فوتونا جديدا مماثل للفوتون المحفز (الفوتون الساقط) الذي اصطدم بالذرة المتهيجة بالطاقة والتردد والطور والاتجاه أي الحصول على فوتونين متشاكهين.



س(وزاري): وضح كيف يحصل الانبعاث المحفز عند حدوث الفعل الليزري؟

ج: عندما يؤثر فوتون في ذرة متهيجة وهي في مستوى الطاقة (E_2) طاقتها مساوية تماما الى فرق الطاقة بين المستوي (E_2) والمستوي الأوطأ (E_1) فانه يحفز الالكترونات غير المستقرة على النزول الى المستوي (E_1) وانبعاث فوتون مماثل للفوتون المحفز بالطاقة والتردد والطور والاتجاه اي الحصول على فوتونين متشابهين.

ملاحظات:

- 1- اول من وضع الاساس النظري لعملية الانبعاث المحفز هو العالم انشتاين.
- 2- صمم اول جهاز ليزر من قبل العالم ميمان باستعمال بلورة الياقوت ويعرف بليزر الياقوت.
- 3- الانبعاث التلقائي ضروري لانبعاث الليزر وبدونه لن يكون هناك خرج ليزري.
- 4- لا يشترط لحصول الانبعاث التلقائي ان يكون هناك عدد كبير من الذرات في أي من مستويات التهيج.
- 5- لانبعاث المحفز يحدث فقط اذا كان عدد الذرات المتهيجة في المستويات العليا (مستويات التهيج) اكبر مما هو عليه في المستويات الواطنة.
- 6- فوتون الانبعاث المحفز مماثل لفوتون الانبعاث التلقائي من حيث الطاقة والتردد والطور والاتجاه.
- 7- تردد فوتون الانبعاث التلقائي او الانبعاث المحفز يحسب طبقا للعلاقة الاتية: $\left\langle f = \frac{E_2 - E_1}{h} \right\rangle$

توزيع بولتزمان والتوزيع المعكوس:

س(وزاري): ما المقصود بتوزيع بولتزمان؟ ذكرا العلاقة الرياضية .

ج: توزيع بولتزمان: ان معظم الذرات او الجزيئات او الايونات لنظام ذري في حالة اتزان حراري تكون في المستويات الواطنة للطاقة ونسبة قليلة منها تكون متهيجة في المستويات

العليا للطاقة اي ان ($N_1 > N_2$) . $\left(\frac{N_2}{N_1} = \exp \left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT} \right] \right)$.

تمكن العالم بولتزمان من إيجاد علاقة رياضية توضح توزيع الذرات او الجزيئات في مستويات الطاقة واقرنت هذه

العلاقة باسمه وسميت بقانون بولتزمان وفق العلاقة الاتية: $\left\langle \frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}} \right\rangle$.

وحيث ان النظام في حالة اتزان حراري (في درجة حرارة الغرفة) فان فرق الطاقة بين المستويين (ΔE) يساوي الطاقة

الحرارية (kT) . أي ان: $\langle \Delta E = kT \rangle$ وان: $\langle T = C + 273 \rangle$.

بما ان $\langle \Delta E = kT \rangle$ لذلك فان: $\left\langle e^{-\frac{(E_2 - E_1)}{kT}} = e^{-\left(\frac{kT}{kT}\right)} = e^{-1} = 0.37 \right\rangle$.

حيث :

N_2 : عدد الذرات في المستوى الاعلى للطاقة.، N_1 : عدد الذرات في المستوى الاوطأ للطاقة (المستوي الارضي).

$(E_2 - E_1)$ فرق الطاقة بين المستويين (ΔE) والتي تساوي طاقة الفوتون أي ان : $(\Delta E = E_2 - E_1 = hf)$.

k : ثابت بولتزمان حيث $(k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})$.

T : درجة الحرارة المطلقة بوحدة كلفن (K) ، C : الدرجة السليزية. ، kT : الطاقة الحرارية بوحدة (J) .

التوزيع المعكوس:**س: وضح كيف يمكن الحصول على التوزيع المعكوس؟**

ج: اذا كان النظام الذري غير متزن حراريا فان عدد الذرات في المستويات العليا للطاقة اكثر من عدد الذرات في المستويات الواطئة للطاقة وهذا يخالف توزيع بولتزمان أي ان التوزيع في هذه الحالة يكون بشكل معكوس لذا تسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس والتي تزيد من احتمالية الانبعاث المحفز التي هي اساس توليد الليزر وتحصل عندما يكون هناك شدة ضخ كافية ويتحقق ذلك بوجود مستوي طاقة ذات زمن عمر اطول نسبيا ويسمى هذا المستوي بالمستوي شبه المستقر.

س: ما المقصود بالمستوي شبه المستقر؟

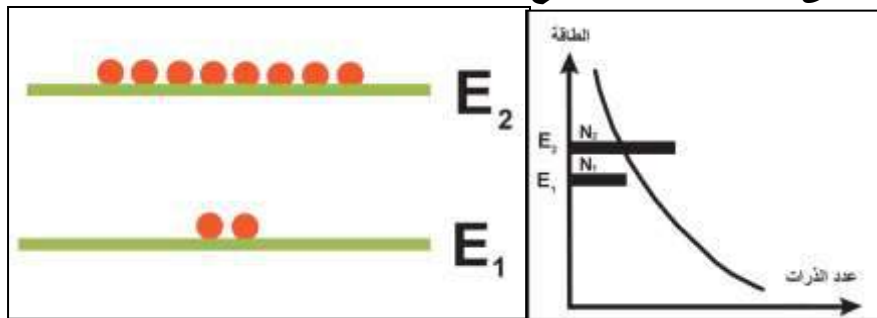
ج: هو مستوي طاقة وسطي تتحقق بوجوده عملية التوزيع المعكوس وهي من اساس انبعاث الليزر اذ تبقى الذرات المثيجة في المستوي شبه المستقر لفترة زمنية اطول من فترة بقائها في مستويات التهيج الاخرى.

س: ماذا يحدث اذا كان النظام الذري غير متزن حراريا؟

ج: يكون عدد الذرات في المستويات العليا للطاقة اكثر من عدد الذرات في المستويات الواطئة للطاقة. أي ان توزيع الذرات في هذه الحالة يكون بشكل معكوس وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.

س: ما الذي يجب توافره لزيادة احتمال الانبعاث المحفز؟ وماذا تسمى هذه العملية؟

ج: يجب ان يكون عدد الذرات المثيجة في المستويات العليا للطاقة اكبر مما هو عليه في المستويات الواطئة للطاقة. وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.



س: ما فائدة توزيع الذرات بشكل معكوس؟

ج: تزيد من احتمالية الانبعاث المحفز وهذه العملية هي اساس توليد الليزر.

تذكر:

- 1- لغرض توليد الليزر يجب ان يكون عدد الذرات في مستويات التهيج اكبر مما عليه في مستويات لطاقة الواطئة وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.
- 2- لا يمكن الحصول على الانبعاث المحفز من غير حصول الانبعاث التلقائي اولا.
- 3- ان الفوتونات التي نحصل عليها من الانبعاث التلقائي والتي تسير بموازية المحور البصري ضمن الوسط الفعال هي التي تحفز الذرات المتهيجة وتحثها على الانبعاث المحفز (توليد الليزر).

مثال 3(كتاب): اذا كان فرق الطاقة بين المستويين يساوي (kT) عند درجة حرارة الغرفة احسب عدد الالكترونات N_2 بدلالة N_1 .

الحل

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \exp\left[-\frac{kT}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = e^{-1}$$

$$\therefore \frac{N_2}{N_1} = 0.37 \Rightarrow N_2 = 0.37N_1 \Rightarrow N_2 < N_1$$

مثال 4(كتاب): وضح رياضيا انه لا يتحقق التوزيع المعكوس عندما تكون الطاقة الحرارية (kT) مساوية لطاقة الفوتون الساقط.

الحل

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right]$$

$$\therefore E_2 - E_1 = hf, \quad kT = hf$$

$$\therefore \frac{N_2}{N_1} = \exp\left[-\frac{hf}{hf}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = e^{-1} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = 0.37 \Rightarrow N_2 = 0.37N_1$$

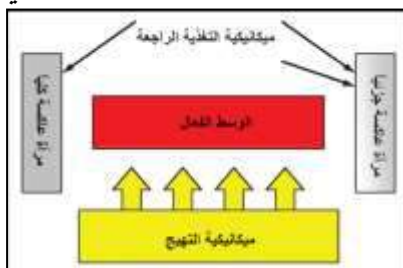
$$\therefore N_2 < N_1$$

لذلك لا يتحقق التوزيع المعكوس.

مكونات جهاز الليزر:

ان اهم المكونات التي يشترط وجودها في أجهزة الليزر هي:

ج: 1- الوسط الفعال: هو ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها الغازية او السائلة او الصلبة والتي



يمكن ان يحصل فيها التوزيع المعكوس عندما يجهز الوسط الفعال بالشدة الكافية لتهيجه.

2- الرنان: تجويف ذو تصميم مناسب يتكون من مرأتين متقابلتين

توضع المادة الفعالة بينهما احدهما عاكسة كلياً للضوء والثانية عاكسة جزئياً (تعتمد قيمة انعكاسيتها على

الطول الموجي لضوء الليزر المتولد) لذا فان الشعاع الساقط على احدهما ينعكس للمحور

الاساس للمراتين ثم يسقط على المرآة الاخرى وينعكس عنها وهكذا تتعاقب انعكاسات الاشعة داخل المرنان وفي كل انعكاس تحصل عملية الانبعاث المحفز وبذلك يزداد عدد الفوتونات المتولدة بالانبعاث المحفز بعدد هائل فيحصل التضخيم وتسمح المرآة ذات الانعكاس الجزئي بنفاذية معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان اما بقية الضوء فتعكسه مرة اخرى داخل المرنان لادامة عملية التضخيم.

3- تقنية الضخ : وهي التقنية التي يمكن بوساطتها تزويد ذرات الوسط الفعال بالطاقة اللازمة لاثارتها ونقلها من مستوي الاستقرار الى مستوي التهيج لكي يتحقق التوزيع المعكوس الذي يضمن توليد الليزر.

س(وزاري) : ما المكونات الرئيسية التي يشترط وجودها في اجهزة الليزر؟ وضح واحدا منها.

ج: 1- الوسط الفعال : هو ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها الغازية او السائلة او الصلبة والتي يمكن ان يحصل فيها التوزيع المعكوس عندما يجهز الوسط الفعال بالشدة الكافية لتهيجها. **2- المرنان.** **3- تقنية الضخ.**

س : علام تعتمد قيمة الضوء المنعكس عن المرآة ذات الانعكاس الجزئي في المرنان؟

ج : تعتمد على الطول الموجي لضوء الليزر المتولد.

س(وزاري) : ما المقصود بـ؟ الوسط الفعال .

ج : الوسط الفعال : هو ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها الغازية او السائلة او الصلبة والتي يمكن ان يحصل فيها التوزيع المعكوس عندما يجهز الوسط الفعال بالشدة الكافية لتهيجها.

س(وزاري) : ما الفائدة العملية من وجود مرآتان داخل المرنان؟

ج : تسمح المرآة ذات الانعكاس الجزئي بنفاذية معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان اما بقية الضوء فتعكسه مرة اخرى داخل المرنان لادامة عملية التضخيم.

س / ما المقصود بتقنية الضخ؟ وما هي انواع الضخ؟

ج : وهي التقنية التي يمكن بوساطتها تجهيز الطاقة لذرات الوسط الفعال لنقلها من مستوي الاستقرار الى مستوي التهيج والتي يمكن بوساطتها الحصول على الطاقة الضاخة لاثارة الذرات المستقرة في الوسط لتحقيق التوزيع المعكوس المناسب الذي يضمن توليد الليزر. وان انواع الضخ هي :

1- تقنية الضخ الضوئي . 2- تقنية الضخ الكهربائي . 3- تقنية الضخ الكيميائي .

س: ما المقصود بـ : 1- تقنية الضخ الضوئي . 2- تقنية الضخ الكهربائي . 3- تقنية الضخ الكيميائي .

ج: 1- **تقنية الضخ الضوئي** : يستعمل الضخ الضوئي للحصول على ليزرات تعمل ضمن المنطقة المرئية او تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهرومغناطيسي كليزر الياقوت وليزر النيديوم اذ تستعمل مصابيح ومضية او مستمرة الاضاءة شدة استضاءتها عالية لاثارة الوسط الفعال تصنع جدران المصابيح الومضية من مادة الكوارتز وتملأ بغازات تبعا لنوع الوسط الفعال وتكون باشكال مختلفة حلزونية او مستقيمة. كما توجد تقنية اخرى للضخ الضوئي تستعمل فيها شعاع ليزر معين ليقوم هذا الشعاع باثارة الوسط الفعال لتحقيق التوزيع المعكوس والحصول على ليزر ذي طول موجي يختلف عن الطول الموجي لشعاع الليزر الضاخ.

2- **تقنية الضخ الكهربائي** : تستعمل هذه التقنية عن طريق التفريغ الكهربائي للغاز الموضوع داخل انبوبة التفريغ الكهربائي اذ يطبق بين قطبيها فرق جهد عال حيث تصطدم الالكترونات المعجلة مع ذرات او جزيئات الغاز فتسبب تهيجها وانتقالها الى مستويات طاقة اعلى تستعمل هذه الطريقة غالبا في الليزرات الغازية كما يمكن استعمال تقنية الضخ الكهربائي في انتاج ليزر شبه الموصل.

3- **تقنية الضخ الكيميائي** : في هذه التقنية يكون التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال اساس توفير الطاقة اللازمة لتوليد الليزر اذ لا تحتاج الى وجود مصدر خارجي للقدرة.

س(وزاري): (علل) لا تحتاج تقنية الضخ الكيميائي لتوليد الليزر الى وجود مصدر خارجي للقدرة.

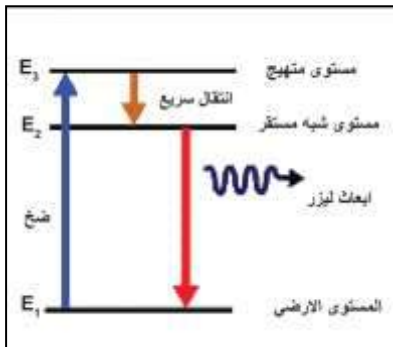
ج: لان التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال في هذه التقنية اساس توفير الطاقة اللازمة لتوليد الليزر.

منظومات مستويات الليزر:

يمكن تصنيف منظومات الليزر تبعا لمستويات الطاقة التي تشترك لاتمام عملية التوزيع المعكوس للوسط الفعال الى منظومتين هما:

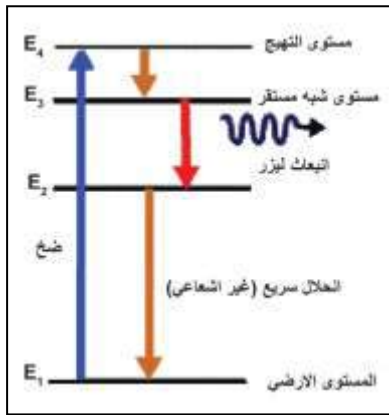
أولا: المنظومة ثلاثية المستوى: تشترك في هذه المنظومة ثلاثة مستويات

وهي المستوى الأرضي للطاقة (E_1) ومستوي الطاقة الوسطي (E_2) (وهو المستوى شبه المستقر) ومستوي طاقة التهيج (E_3). عندما تكون معظم الذرات او الجزيئات موجودة في المستوى الارضي للطاقة (E_1) يعني ذلك الوسط الفعال في حالة استقرار اما عند تهيج



الوسط الفعال بوساطة احدى طرائق الضخ المناسبة فان هذه الذرات او الجزيئات سوف تنتقل الى مستوي التهيج (E_3) والذي يكون زمن العمر له قصير بحدود ($10^{-8}s$) ولضمان توليد الليزر ينبغي ان تكون طاقة الضخ كافية لتحقيق التوزيع المعكوس . وسرعان ما تهبط هذه الذرات تلقائيا وبشكل سريع من المستوي (E_3) الى المستوي شبه المستقر (E_2) بانبعث حراري والذي زمن العمر له اطول بحدود (10^{-6}) مما يؤدي الى تجمع عدد من الذرات في المستوي (E_2) فيتحقق عندئذ التوزيع المعكوس بين هذين المستويين فيحدث الانبعاث المحفز لاشعة الليزر. ان هذه الانظمة تتطلب طاقة ضخ عالية ليصبح عدد الذرات في مستوي التهيج اكبر من عدد الذرات في المستوي الارضي للحصول على التوزيع المعكوس.

ثانيا : المنظومة رباعية المستوى : تشترك في هذه المنظومة اربعة مستويات للطاقة وهي (E_1, E_2, E_3, E_4) وفي هذه العملية يقوم ضخ ذرات المنظومة من المستوي الارضي للطاقة (E_1) الى مستوي التهيج للطاقة



(E_4) عندها تهبط الذرات سريعا الى مستوي الطاقة (E_3) وبذلك تتجمع الذرات في المستوي (E_3) (وهو مستوي الطاقة شبه المستقر في هذه المنظومة) عندها يتحقق التوزيع المعكوس بين المستويين (E_3) و(E_2) باقل عدد من الذرات في المستوي (E_3) اذ يكون المستوي (E_2) شبه فارغ من الذرات بسبب الهبوط السريع للذرات ومن هذا يتبين ان هذه المنظومة تتطلب طاقة ضخ اقل لتحقيق عملية التوزيع المعكوس مقارنة مع منظومة المستويات الثلاثة.

س (وزاري) : ايهما افضل لتوليد الليزر منظومة المستويات الثلاثة ام منظومة المستويات الاربعة ولماذا؟

ج : منظومة المستويات الاربعة افضل من منظومة المستويات الثلاثة لتوليد الليزر. لان التوزيع المعكوس يتحقق بصورة أسهل لانها تتطلب طاقة ضخ اقل من منظومة المستويات الثلاثة.

انواع الليزر:

تختلف انواع الليزر تبعا لنوع الوسط الفعال المستعمل فيها فمثلا ليزر الهيليوم نيون ($He - Ne$) يعني ان الوسط الفعال هو خليط من الهيليوم والنيون وليزر الياقوت يعني ان المادة المنتجة لليزر هي الياقوت وهكذا لباقي الانواع الاخرى.

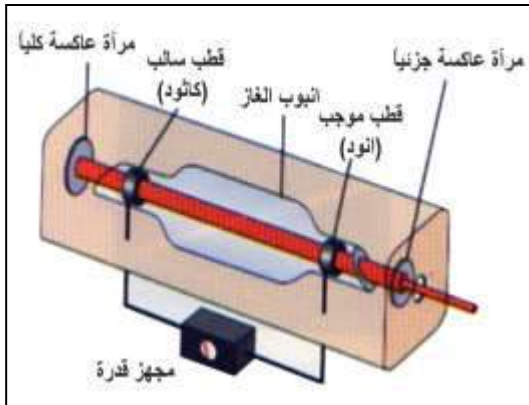
1- ليزر الحالة الصلبة : مثل ليزر الياقوت وليزر النيديموم.

2- ليزر الحالة الغازية : مثل ليزر الهيليوم - نيون وليزر غاز ثنائي اوكسيد الكربون.

- 3- **ليزر الاكسايمر**: تعد ليزرات الاكسايمر صنفا مفيدا ومهما من الليزرات الجزيئية التي تستثمر الانتقالات الحاصلة بين حالتين الكترونييتين مختلفتين وتطلق على انواع الليزرات التي تستعمل الغازات النبيلة مثل غاز الزيتون والكربتون او الاركون او الفلور مع ذرة هالوجين لتكوين هاليد الغاز مثل $\text{ArF} \cdot \text{KrF} \cdot \text{XeCl}$ تنتج هذه الغازات اشعة ليزر ذات اطوال موجية في مدى الاشعة فوق البنفسجية.
- 4- **ليزر الصبغة**: وهي الليزرات التي تكون فيها المادة الفعالة بحالة سائلة من محاليل مركبات معينة لصبغة عضوية مثل الرودامين مذابة في سوائل مثل كحول مثيلي او كحول اثيلي تنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه.
- 5- **ليزر شبه الموصلات**: مثل ليزر زرنكسيد الكاليوم.
- 6- **الليزر الكيميائي**: هو الليزر الذي يحدث فيه التوزيع المعكوس بالتفاعل الكيميائي مباشرة مثل ليزر فلوريد الديتيريوم.

الليزرات الغازية:

س: بماذا تمتاز الليزرات الغازية؟



ج: 1- بعضها ذات قدرة واطئة $(0.5-50)\text{mw}$ مثل ليزر الهاليوم - نيون وبعضها ذات قدرة عالية جدا $(1\text{mW} - 60\text{Kw})$ مثل ليزر ثنائي اوكسيد الكربون.

2- يتراوح مدى الاطوال الموجية لهذه الليزرات بين الاشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء.

3- طريقة ضخ الطاقة الخارجية الى الوسط الفعال في هذه الليزرات هي الضخ الكهربائي حيث يتم تعجيل الالكترونات الحرة بين قطبين كهربائيين واثناء حركتها السريعة جدا تصطدم الالكترونات بالغازات الموجودة في المكان نفسه فيتم اثارتها الى المستوي الاعلى للطاقة.

س(وزاري): ما المكونات الرئيسية لمنظومات الليزرات الغازية؟

ج: 1- انبوبة التفريغ: تحتوي على الوسط الغازي الفعال.

2- مجهز القدرة: يساعد على تهيج الوسط الفعال عبر قطبين كهربائيين.

3- المرنان: يساعد على زيادة التوزيع العكسي في الوسط الفعال بوساطة التغذية الراجعة.

س: ما انواع الليزرات الغازية؟

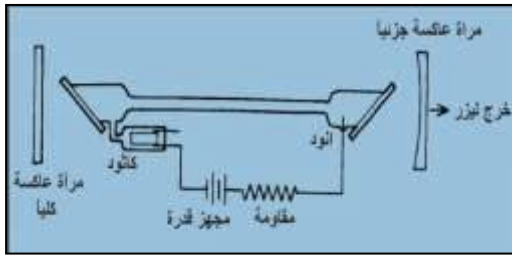
ج: 1- الليزرات الذرية مثل ليزر $(\text{He} - \text{Ne})$ وليزر $(\text{He} - \text{Cd})$.

2- الليزرات الايونية مثل ليزر ايونات الاركون (Ar^+) وليزر ايونات الكربتون (Kr^+) .

3- الليزرات الجزيئية كليزر ثنائي اوكسيد الكربون.

ليزر الهيليوم - نيون (He - Ne) :**س : ما هي مميزات ليزر الهيليوم - نيون (He - Ne) ؟****ج : 1- يعد من الليزرزات الذرية .**

2- يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط غازي النيون والهيليوم موضوعين في انبوبة زجاجية بنسب معينة وتحت ضغط Torr (8 - 12) .



3- تعد ذرات النيون مسؤولة مباشرة عن توليد الليزر في حين ان ذرات الهيليوم لها دور مساعد ومهم في ميكانيكية تهيج ذرات النيون .

4- يتم عادة ضخ الوسط الفعال الغازي بواسطة التفريغ الكهربائي بتسليط فولتية عالية تتراوح من Kv (2 - 4) على طرفي الانبوبة الزجاجية .

5- عند حدوث التفريغ الكهربائي داخل الانبوبة تقوم ذرات الهيليوم بامتصاص الطاقة الناتجة من تصادمها مع الالكترونات المتسارعة وتنقل ذرات الهيليوم من مستوي الاستقرار الى مستويات متهيجة شبه مستقرة . ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة: $e_1 + He \rightarrow He^* + e_2$. **حيث:**

e_1 : الالكترون المتسارع قبل التصادم . ، e_2 : الالكترون بعد التصادم . ، He^* : ذرة الهيليوم المتهيجة .

6- ان المستويات شبه المستقرة لذرات الهيليوم تقارب من مستويات التهيج لذرات النيون والذي يؤدي الى حدوث التصادم بينهما مما يؤدي الى تهيج ذرات النيون وانتقالها الى مستويات متهيجة . ويمكن تمثيل هذه العملية بالمعادلة الاتية: $He^* + Ne \rightarrow Ne^* + He$.

وبذلك يحدث التوزيع العكسي لذرات النيون فيحصل الانبعاث المحفز لانتقال الذرة الى مستوي شبه مستقر وبذلك يتم الحصول على اربع خطوط ليزرية (339 , 543 , 1153 , 632.8)nm .

س(وزاري) : ما طريقة الضخ المناسبة في ليزر الهيليوم - نيون ؟ وما الوسط الفعال له ؟

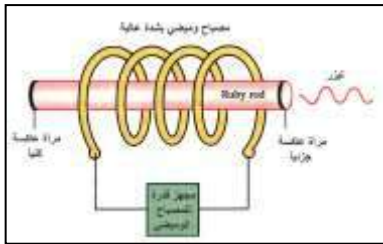
ج : طريقة التفريغ الكهربائي . والوسط الفعال خليط من غازي الهيليوم والنيون موضوعين في انبوبة زجاجية بنسبة معينة .

س(وزاري) : ما هو ليزر الهيليوم - نيون ؟ وما هو الوسط الفعال له ؟ وما طريقة الضخ المناسبة له ؟

ج : من الليزرزات الغازية الذرية . اما الوسط الفعال له فهو خليط من غازي النيون والهيليوم موضوعين في انبوبة زجاجية بنسب معينة وتحت ضغط Torr (8 - 12) وذرات النيون مسؤولة مباشرة عن توليد الليزر في حين ذرات الهيليوم لها دور مساعد في ميكانيكية تهيج ذرات النيون . يتم ضخ الوسط الفعال الغازي بواسطة التفريغ الكهربائي بتسليط فولتية عالية تتراوح بين kv (2-4) على طرفي الانبوبة الزجاجية .

ليزر ثنائي اوكسيد الكربون:**س : ما هي مميزات ليزر ثنائي اوكسيد الكربون؟**

- ج : 1-** يعد من اكفا الليزرز الغازية اذ تصل كفاءته الى حدود 30%.
- 2-** يتميز بكبر القدرة الخارجة وهو من الليزرز الجزيئية.
- 3-** يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط من غاز ثنائي اوكسيد الكربون وغاز النتروجين وغاز الهيليوم بنسب معينة.
- 4-** يضخ هذا الليزر بوساطة تقنية التفريغ الكهربائي.
- 5-** يبعث خطين ليزريين بطول موجي 9.6µm و 10.6µm.

س : (علل) يعد ليزر ثنائي اوكسيد الكربون من اهم الليزرز الغازية؟**ج :** بسبب كفاءته العالية التي تبلغ 30% وكبر القدرة الخارجة منه.**س(وزاري) : بماذا يتميز ليزر ثنائي اوكسيد الكربون؟ وما هي طريقة الضخ المناسبة له؟****ج :** يتميز بكبر القدرة الخارجة منه. تقنية الضخ الكهربائي**الليزرز الصلبة:****س : وضع ليزر الياقوت مع الرسم؟**

ج : يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من بلورة اسطوانية صلبة من الياقوت والتي تتكون من اوكسيد الالمنيوم Al_2O_3 المطعم بايونات الكروم Cr^{3+} بنسبة 5% من الوزن الكلي بتركيز ايونات فعالة حوالي 10^{22}). تعمل بنظام المستويات الثلاثية ويتم الضخ فيها بوساطة المصباح الومضي.

س(وزاري) : ليزر الياقوت، ما الوسط الفعال له؟ وما طريقة الضخ المناسبة له؟ واي من نظام مستويات الطاقة يعمل به؟

ج : الوسط الفعال يتكون من بلورة اسطوانية صلبة من الياقوت، طريقة الضخ الضوئي (المصباح الومضي)، يعمل بنظام المستويات الثلاثة.

س(وزاري) : ما الوسط الفعال لكل من ؟ ليزر الياقوت، ليزر ثنائي اوكسيد الكربون .

ج : الوسط الفعال لليزر الياقوت هو بلورة اسطوانية صلبة من الياقوت. بينما الوسط الفعال لليزر ثنائي اوكسيد الكربون خليط من غاز ثنائي اوكسيد الكربون وغاز النتروجين وغاز الهيليوم بنسب معينة.

ليزر النيديميوم ياك:

س(وزاري): مم يتكون الوسط الفعال لليزر النيديميوم ياك؟ وباي نظام مستويات يعمل؟

ج: يتكون الوسط الفعال من مادة اوكسيد اليتريوم المنيوم ($Y_3Al_5O_{12}$) المطعمة بايونات النيديميوم (Nd^{+3}) بنسبة تطعيم لا تتجاوز (1.5%). ويعمل بنظام المستويات الرباعية داخل البلورة

ليزرات أشباه الموصلات:

س: بماذا تمتاز ليزرات اشباه الموصلات؟

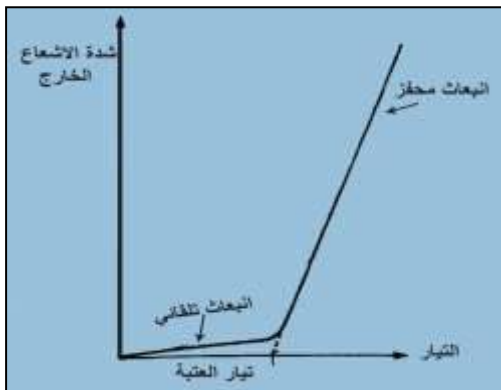
- ج: 1- يتكون الوسط الفعال لهذه الليزرات من مواد شبه موصلة مانحة وقابلة .
2- تمثل حزمة التوصيل مستوي الليزر العلوي وحزمة التكافؤ مستوي الليزر السفلي.
3- يتم الضخ من خلال التيار الكهربائي اذ يحرك الالكترونات والفجوات ما بين هاتين الحزمتين.

س(وزاري): ما الوسط الفعال؟ وما طريقة الضخ المناسبة له في ليزرات اشباه الموصلات؟

ج: يتكون الوسط الفعال لهذه الليزرات من مواد شبه موصلة مانحة وقابلة. تقنية الضخ الكهربائي.

س: ماذا يحصل عند تسليط فولتية مناسبة بانحياز امامي على المادة الفعالة لشبه الموصل (p - n) المستعملة لانتاج

ليزر شبه الموصل؟



ج: يزداد مقدار التيار المناسب فيه ابتداء من الصفر بصورة تدريجية فيحصل انبعاث تلقائي في البداية فيكون الاشعاع المنبعث في البداية ذا طيف عريض ويتناقص عرض الطيف الليزري بشكل ملحوظ مع زيادة التيار المناسب خلاله نتيجة لحصول الفعل الليزري (عندما يجتاز حد العتبة) بحيث يصبح الخط الطيفي رفيعا عند قيمة معينة للتيار ويعرف بتيار العتبة اذ تبدأ اشعة الليزر بالانبعاث عند قيمة اكبر بقليل من تيار العتبة .

* تعد مادة الكاليوم ارسنايد (GaAs) من المواد شبه الموصلة التي تستعمل كقاعدة لتصنيع ليزرات اشباه الموصلات وهذا النوع من الليزرات يبعث في المنطقة تحت الحمراء القريبة حول الطول الموجي $850\mu m$.

س: وضح كيف يتم تحقيق التوزيع المعكوس في شبه الموصل؟

ج: تتحقق عملية التوزيع المعكوس عندما تزداد الفجوات في حزمة التكافؤ وتزداد الالكترونات في حزمة التوصيل وذلك من خلال حالة تطعيم خاصة في هذا النوع من الليزرات.

س : ما نوع الانبعاث الذي يحصل في ليزر شبه الموصل (مع ذكر السبب) عندما يكون التيار المنساب

ج : 1- اقل من تيار العتبة 2- اكبر من تيار العتبة

ج : 1- يحصل انبعاث تلقائي بسبب عدم حصول عملية التوزيع المعكوس التي يتحقق بواسطتها الانبعاث المحفز فلا يحدث فعل ليزري.

2- يحصل انبعاث محفز بسبب حصول عملية التوزيع المعكوس بين حزمتي التكافؤ والتوصيل فتنبعث نتيجة لذلك اشعة الليزر.

س : هل يحصل فعل ليزري في شبه الموصل عندما يكون التيار صغيرا؟ ولماذا؟

ج : كلا. لان الاشعاع المنبعث يكون ناتجا عن الانبعاث التلقائي فلا تتحقق عملية التوزيع المعكوس والتي يتحقق بواسطتها الانبعاث المحفز.

بعض تطبيقات الليزر:

1- التطبيقات الطبية: يستعمل الليزر في الجراحة والتجميل ومعالجة امراض العيون والاستئصال والتصوير الاحيائي وطب جراحة الفم والاسنان كما يستعمل الليزر مشرطا جراحيا لاجراء العمليات الجراحية ويعد ليزر ثنائي اوكسيد الكربون من اشهر الليزرات المستعملة في الجراحة العامة ويمتاز بامكانية عالية لتبخير الانسجة الحية وقطعها ، ان شعاع هذا الليزر غير مرئي لذا تستعمل معه حزمة الهيليوم نيون الاحمر للاستدلال على موقع واتجاه الحزمة في اثناء اجراء العملية الجراحية.

2- يمكن استعمال الليزر مصدرا طيفيا عالي النقاوة لدراسة طيف امتصاص المواد.

3- يستعمل ليزرات عديدة لقياس تلوث البيئة: كاستعمال ليزر الياقوت لكشف نسبة وجود بخار الماء وثنائي اوكسيد الكربون وثنائي اوكسيد الفسفور وقياسها.

4- يستعمل الليزر للتصوير المجسم: اذ يعد التصوير المجسم من افضل تقنيات فن التصوير الذي بواسطته يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون الى الحقيقة وذات ثلاثة ابعاد.

5- الليزر بقدرته الهائلة والسيطرة على اختيار تردده او طوله الموجي يعطي فتحا جديدا في مجال العلوم النووية لفصل النظائر المشعة وكذلك في مجال التفاعلات الاندماجية النووية.

6- التطبيقات التجارية: في الاعلانات الضوئية ، الطابعات الليزرية ، وقارئات الاقراص الليزرية.

7- يستعمل في مختبرات البحوث التطبيقية.

س : عدد فقط اهم تطبيقات الليزر؟

ج : 1- التطبيقات الطبية . 2- يستعمل كمصدرا طيفيا عالي النقاوة لدراسة طيف امتصاص المواد .

3- قياس تلوث البيئة . 4- التصوير المجسم.

5- قدرته الهائلة والسيطرة على اختيار تردده او طوله الموجي يعطي فتحا جديدا في مجال العلوم

النووية لفصل النظائر المشعة وفي مجال التفاعلات الاندماجية النووية.

6- التطبيقات التجارية . 7- يستعمل في مختبرات البحوث التطبيقية .

س: بماذا يتميز التصوير المجسم (الهولوجرافي)؟

ج: التصوير المجسم يعد من افضل تقنيات فن التصوير الذي بوساطته يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون إلى الحقيقة وذات ثلاثة ابعاد.

س(وزاري): ما الفائدة العملية لليزر ثنائي اوكسيد الكربون؟

ج: يستعمل في الجراحة العامة ويمتاز بإمكانية عالية لتبخير الانسجة الحية وقطعها.

س(وزاري): لماذا يعد التصوير المجسم من افضل تقنيات فن التصوير.

ج: لانه بوساطة هذا التصوير يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون الى الحقيقة وثلاثية الابعاد (طول وعرض وارتفاع) اذ تسجل سعة الموجات الضوئية المنعكسة من الجسم وطورها ليظهر بثلاثة ابعاد على شبكية العين.

س(وزاري): ما المقصود بالتصوير المجسم (الهولوجرافي)؟.

ج: يعد من افضل تقنيات فن التصوير الذي بوساطته يمكن الحصول صورة مجسمة واقرب ما تكون الى الحقيقة وثلاثية الابعاد (طول وعرض وارتفاع) اذ يتم تسجيل سعة الموجات الضوئية المنعكسة من الجسم وطورها ليظهر بثلاثة ابعاد على شبكية العين بينما في التصوير الاعتيادي يتم تسجيل شدة الاشعة فقط.

أسئلة الفصل

س1: اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية:

1- يبين انموذج بور للذرة ان :

☒ العناصر الغازية متماثلة في اطيافها الذرية.

☒ العناصر الصلبة المتوهجة متماثلة في اطيافها الذرية.

☒ العناصر السائلة المتوهجة متماثلة في اطيافها الذرية.

☒ لكل عنصر طيف ذري خاص به.

2- عندما تثار الذرة بطاقة اشعاعية متصلة فان الذرة:

☒ تمتص الطاقة الاشعاعية كلها.

☒ تمتص الطاقة بشكل مستمر.

☒ ولا واحدة منها.

3- نحصل على سلسلة لايمان في طيف الهيدروجين عند انتقال:

☒ الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة (E_2, E_3, E_4, E_5) إلى المستوي الاول للطاقة.

☒ الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة (E_2, E_3, E_4, E_5) إلى المستوي الثاني للطاقة.

☒ الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة العليا إلى المستوي الثالث للطاقة.

4- في الحالة الطبيعية للمادة وحسب توزيع بولتزمان تكون :

- ☒ معظم الذرات في المستويات العليا للطاقة. ☑ معظم الذرات في المستويات الواطئة للطاقة .
- ☒ عدد الذرات في المستوي الارضي اقل من عدد الذرات في المستويات الاعلى للطاقة.
- ☒ عدد الذرات في مستوي التهيج اكبر من عدد الذرات في المستوي الارضي.

5- طيف ذرة الهيدروجين هو طيف :

- ☒ مستمر ☒ امتصاص خطي ☑ خطي ☒ حزمي.

6- مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بوساطة الالكترونات الحرة تعتمد على :

- ☒ طول موجة الفوتون الساقط ☒ سرعة الضوء ☒ كتلة الالكترون.
- ☑ زاوية الاستطارة. ☒ نوع المعدن.

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

- ☑ ثلاثة مستويات ☒ مستويين
- ☒ اربعة مستويات. ☒ أي عدد من المستويات.

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

- ☒ الصلبة. ☑ الغازية. ☒ السائلة. ☒ أي وسط فعال.

9- يحدث الفعل الليزري عند حدوث انبعاث :

- ☑ تلقائي ومحفز. ☒ محفز وتلقائي. ☒ تلقائي فقط. ☒ محفز فقط.

10- تعتمد عملية قياس المدى باستعمال اشعة الليزر على احد خواصه وهي :

- ☒ التشاكه ☒ الاستقطاب ☒ احادية الطول الموجي ☑ الاتجاهية .

قوانين الفصل

1- فرق الطاقة بين مستويين :

$$\Delta E = E_2 - E_1 \quad \text{or} \quad \Delta E = hf \quad \text{or} \quad \Delta E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{or} \quad \Delta E = kT, \quad T = C + 273$$

2- زخم الالكترون في مداره المحدد :

$$L_n = n\left(\frac{h}{2\pi}\right), \quad (n = 1, 2, 3, 4, \dots), \quad \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34}$$

3- قانون بولتزمان لتوزيع الذرات او الجزيئات او الايونات :

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right], \quad \Delta E = kT, \quad e^{-1} = 0.37, \quad N_2 < N_1$$

4- الاشعة السينية :

$$KE_{\max} = E \quad \text{or} \quad KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 \quad \text{or} \quad KE_{\max} = Ve$$

$$f_{\max} = \frac{Ve}{h}, \quad \lambda_{\min} = \frac{hf}{Ve}, \quad c = f_{\max} \lambda_{\min}$$

5- تاثير كومبتن :

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \quad \text{or} \quad \Delta\lambda = \lambda' - \lambda, \quad \lambda = \frac{hc}{Ve}, \quad \frac{h}{m_e c} = 0.24 \times 10^{-11} \text{m}$$

مسائل الفصل

س1 : احسب الزخم الزاوي لالكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الاول مرة وعندما يكون في المدار الثاني مرة اخرى.

الحل

$$n = 1, \quad L_n = n \left(\frac{h}{2\pi} \right) \Rightarrow L_1 = 1 \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14} \right) = \frac{6.63}{6.28} \times 10^{-34} = 1.05 \times 10^{-34} \text{J.s}$$

$$n = 2, \quad L_n = n \left(\frac{h}{2\pi} \right) \Rightarrow L_2 = 2 \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14} \right) = 2 \times 1.05 \times 10^{-34} = 2.1 \times 10^{-34} \text{J.s}$$

س2 : ما مقدار الطاقة بوحدة (ev) لفوتون واحد من ضوء طوله الموجي $(4.5 \times 10^{-7} \text{m})$ ؟

الحل

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4.5 \times 10^{-7}} = \frac{19.89 \times 10^{-26}}{4.5 \times 10^{-7}} = 4.42 \times 10^{-19} \text{J}$$

$$\therefore E = \frac{4.42 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.76 \text{eV}$$

س3 : احسب عدد الذرات في مستوي الطاقة الاعلى في درجة حرارة الغرفة اذا كان عدد ذرات مستوي الطاقة الارضي

(500) ذرة؟

الحل

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT} \right]} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = e^{\left[\frac{-kT}{kT} \right]} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = e^{-1}$$

$$\therefore \frac{N_2}{500} = 0.37 \Rightarrow N_2 = 0.37 \times 500 = 185$$

س4 : ما تردد الفوتون المنبعث عند انتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة ($E_4 = -0.85\text{eV}$) إلى مستوى الطاقة ($E_2 = -3.4\text{eV}$) ؟

الحل

$$\Delta E = E_4 - E_2 = -0.85 - (-3.4) = -0.85 + 3.4 = 2.55\text{eV}$$

$$\therefore \Delta E = 2.55\text{eV} = 2.55 \times 1.6 \times 10^{-19} = 4.08 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$hf = \Delta E \Rightarrow f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{4.08 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 0.615 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

س5 : ما الطاقة الحركية العظمى للإلكترون وما سرعته في أنبوبة اشعة سينية تعمل بجهد (30kV) ؟

الحل

$$V = 30\text{kV} = 30 \times 1000 = 3 \times 10^4 \text{ V}$$

$$KE_{\max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^4 = 4.8 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$KE_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max}^2 = \frac{2KE_{\max}}{m_e} = \frac{2 \times 4.8 \times 10^{-15}}{9.11 \times 10^{-31}} = \frac{9.6}{9.11} \times 10^{16} = 1.05 \times 10^{16}$$

$$\therefore v_{\max} = 1.025 \times 10^8 \text{ m/s}$$

س6 : ما مقدار اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية المتولد اذا سلط فرق جهد مقداره (40kV) على قطبي الأنبوبة؟

الحل

$$f_{\max} = \frac{eV}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 40 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}} = \frac{64}{6.63} \times 10^{18} = 9.653 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

س7 : ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تأثير كومبتن) اذا استطار بزاوية (90°) مع العلم ان :
ثابت بلانك = ($6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$) ، كتلة الإلكترون = ($9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
سرعة الضوء في الفراغ = ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$).

الحل

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \Rightarrow \Delta \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 90^\circ)$$

$$\therefore \Delta \lambda = 0.24 \times 10^{-11} (1 - 0) = 0.24 \times 10^{-11} \text{ m}$$

س8 : ما الفرق بين طاقة المستوي الارضي وطاقة المستوي الذي يليه (الاعلى منه) بوحدات (eV) لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري اذا كانت درجة حرارة غرفة (16°C) علما ان ثابت بولتزمان (k) يساوي ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/k}$)

$$T = C + 273 = 16 + 273 = 289 \text{ K}$$

$$\Delta E = kT = 1.38 \times 10^{-23} \times 289 = 398.82 \times 10^{-23} \text{ J}$$

$$\therefore \Delta E = \frac{398.82 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-19}} = 249.26 \times 10^{-4} \text{ eV}$$

الحل

س9: اذا كان الفرق بين مستوي الطاقة المستقر (الارضى) ومستوي الطاقة الذي يليه (الاعلى منه) يساوي (0.025eV) لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري وعند درجة حرارة الغرفة ، جد درجة حرارة تلك الغرفة بالمقياس السليزي . علما ان ثابت بولتزمان (k) يساوي $1.38 \times 10^{-23} \text{J/k}$.

الحل

$$\Delta E = kT \Rightarrow T = \frac{\Delta E}{k} = \frac{0.025 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.38 \times 10^{-23}} = \frac{0.025 \times 1.6 \times 10^4}{1.38} = 289.85\text{k}$$

$$T = C + 273 \Rightarrow C = T - 273 = 289.85 - 273 = 16.85^\circ\text{C}$$

الواجبات

مثال1: ما تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوي الطاقة $(E_5 = -0.54\text{eV})$ إلى

مستوي الطاقة $(E_3 = -1.51\text{eV})$ ؟ ج: $(0.234 \times 10^{15} \text{Hz})$

مثال2: احسب الزخم الزاوي لالكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الرابع . ج: $(4.2 \times 10^{-34} \text{J.sec})$

مثال3: اصطدم الكترون بالهدف الفلزي في أنبوبة الأشعة السينية فولد أشعة سينية ترددها $(16 \times 10^{17} \text{Hz})$ فما

مقدار فرق الجهد المعجل ؟ ج: (6630V)

مثال4: ما اقصر طول موجي للأشعة السينية المتولدة من اصطدام الكترونات معجلة بفولطية (6.63KV) ؟

مثال5: ما طول موجة الفوتون المستطاري في تأثير كومبتن اذا كان طول موجة الفوتون الساقط (0.03nm) عندما يترد

الفوتون باتجاه معاكس لاتجاه سقوطه ؟ ج: $(\lambda' = 3.48 \times 10^{-11} \text{m})$

مثال6: اذا كان مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطاري (في تأثير كومبتن) يساوي $(1.2 \times 10^{-12} \text{m})$

فما مقدار زاوية الاستطارة ؟ ج: $(\theta = 60^\circ)$



الفصل التاسع

النظرية النسبية

س : ما الفرق بين الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء النظرية النسبية؟

ج : الفيزياء الكلاسيكية هي فيزياء الأجسام التي تتحرك بسرعة اقل بكثير من سرعة الضوء في الفراغ والتي تخضع لقوانين نيوتن. اما فيزياء النظرية النسبية فهي فيزياء الاجسام المتحركة بسرعات عالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء في الفراغ والتي لا تخضع الى قوانين نيوتن .

س : هل تخضع جميع الاجسام المتحركة الى قوانين نيوتن بغض النظر عن سرعتها؟

ج : كلا . فقط الاجسام المتحركة بسرعات اقل بكثير من سرعة الضوء في الفراغ تخضع الى قوانين نيوتن اما الاجسام المتحركة بسرعات عالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء فهي تخضع الى قوانين النظرية النسبية.

س(وزاري) : (علل) تعد النظرية النسبية الخاصة التي اقترحها العالم اينشتين من اكثر النظريات اثارة.

ج : لانها احدثت العديد من التغيرات على مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية وطبيعة الجسيمات النووية وبعض الظواهر الكونية.

س : علام تعتمد النظرية النسبية؟

ج : تعتمد على مفهوم اطر الاسناد.

س(وزاري) : ما المقصود بـ؟ اطار الاسناد ، اطر الاسناد القصورية.

ج : اطار الاسناد : هو الموقع الذي يقوم فيه شخص ما برصد حدث ما في زمن معين ويسمى هذا الشخص بالمراقب لانه يرصد الحدث ويقوم بالقياسات.

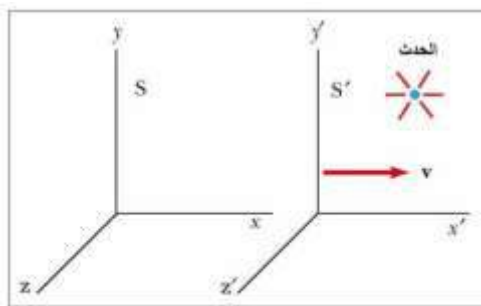
اطر الاسناد القصورية : هي اطر تتحرك فيها الاجسام بسرعة ثابتة نسبة الى بعضها البعض.

س(وزاري) : كيف يتم رصد حدث ما في الفضاء بدقة وفقا للنظرية النسبية؟

ج : لرصد حدث ما بدقة يتم بتحديد موقعه وزمنه باستعمال اربعة احداثيات هي (x, y, z, t) اذ تمثل (x, y, z) احداثيات الموقع ، اما (t) فهو احداثي الزمن الذي تم فيه القياس.

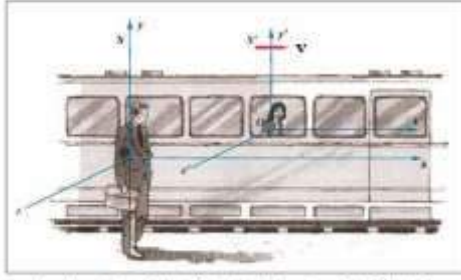
س : علام يعتمد وصف حدث فيزيائي معين؟

ج : يعتمد على اطار اسناد يسمى (S) .



شكل (1) أطارَي الاسناد S و S' .

* الشكل يبين اطارَي اسناد (S) و (S') اذ يكونان متطابقان في لحظة بدء القياس ويتحرك اطار الاسناد (S') بسرعة ثابتة (v) نسبة الى اطار الاسناد (S) وباتجاه المحور x .



شكل (2) شخص في إطار ثابت (S) يراقب شخص آخر في إطار متحرك (S')

س(وزاري): كيف تنظر النظرية الكلاسيكية والنظرية النسبية الى مفهوم الحركة النسبية؟

ج: على فرض ان مراقبا في اطار اسناد معين يراقب حدثا في اطار اسناد اخر يتحرك بسرعة ثابتة نسبة الى اطار اسناده (اظر الاسناد القصورية حيث تكون هذه الاطر متطابقة لحظة بدء الحركة او القياس .

وفقا للميكانيك الكلاسيكي : ان الزمن المقاس للحدث هو ذاته في كلا الاطارين القصوريين وان قياس الزمن يسير بالمعدل نفسه بغض النظر عن سرعة حركة اطارى الاسناد أي ان المدة الزمنية بين حدثين متعاقبين يجب ان تكون واحدة لكلا الراصدين.

وفقا للنظرية النسبية : يصبح الافتراض اعلاه غير صحيح عندما تكون سرعة حركة الجسم مقاربة او يمكن مقارنتها بسرعة الضوء وعليه يجب اعتماد فرضيات النظرية النسبية لتفسير ذلك.

س : هل يمكن لجسم ما ان تصل سرعته الى سرعة الضوء في الفراغ؟

ج : كلا. لان ذلك يجعل كتلة الجسم في المالا نهاية ولا توجد لدينا في الوقت الحاضر قوانين لتفسير حركتها.

س : هل يختلف زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث عن الزمن الذي يسجله راصد ساكن يعتبر الحدث متحركا بالنسبة له ؟

ج : كلا. اذا كانت سرعة الحدث اصغر بكثير من سرعة الضوء في الفراغ فالزمن المقاس للحدث هو ذاته في كلا الاطارين القصوريين .

نعم . عندما تصبح سرعة الحدث عالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء ففي هذه الحالة يكون الزمن الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث اقل من الزمن الذي يسجله راصد ساكن يعتبر الحدث متحركا بالنسبة له .

فرضيتا اينشتين في النظرية النسبية الخاصة:

س(وزاري): ما فرضيتا اينشتين في النظرية النسبية الخاصة ؟

ج : 1 - ان قوانين الفيزياء يجب ان تكون واحدة في جميع اطر الاسناد القصورية.

2 - سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت ($c=3 \times 10^8 \text{m/sec}$) في جميع اطر الاسناد القصورية بغض النظر عن سرعة المراقب او سرعة الحدث.

ملاحظة:

تعتبر الفرضية الثانية استنتاجا مهما للتجربة المشهورة التي اجراها العالمان مايكلسون ومورلي عام 1887 والتي اثبتت ان سرعة الضوء ثابتة عند انتقاله بالاتجاهات المختلفة اذ لا يتوفر الاثير (وهو وسط افتراضي

هلامي غير مرئي كان يعتقد سابقا انه يملأ الفضاء اذ تم في حينه افتراضه لتفسير الآلية التي ينتقل بها الضوء).

تحويلات غاليلو ومعامل لورنتز:

س: ما هي تحويلات غاليلو للعلاقة بين اطارَي الاسناد (S, S') ؟

ج: 1- توازي المحاور $x // x', y // y', z // z'$

2- ثبوت السرعة التي يتحرك بها الاطار S' ($v=\text{constant}$).

3- ثبوت مقدار الزمن في جميع الاطر القصورية.

س: ما المقصود بتحويلات لورنتز؟

ج: هي التحويلات التي اعتمدها اينشتاين في النظرية النسبية حيث برهن لورنتز في دراسته لحركة الجسيمات المادية في المجال الكهرومغناطيسي بان لسرعة الجسيمات تاثير مهم في قياس الابعاد الفيزيائية للجسيم وبرهن بوجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في العلاقة بين اطارَي الاسناد (S, S') .

س: ما هي تحويلات لورنتز التي تبناها اينشتاين؟

1- برهن لورنتز بان لسرعة الجسيمات المادية المتحركة في المجال الكهرومغناطيسي تاثير مهم جدا في قياس الابعاد الفيزيائية للجسم .

2- برهن بوجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في علاقة احداثيات اطارَي الاسناد (S, S') .

* اطلقت تسمية معامل لورنتز على العامل التصحيحي (γ) ويعطى بالعلاقة الآتية :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

معامل لورنتز

حيث: v : تمثل سرعة الجسيم. **c :** سرعة الضوء في الفراغ.

γ : معامل لورنتز وهو عدد مجرد من الوحدات ويقرأ كما (Gamma) .

ملاحظات:

1- وفقا للنظرية النسبية فان معامل لورنتز (γ) هو اكبر من الواحد دائما لان المقدار تحت الجذر

$$\left(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) \text{ هو اصغر من الواحد.}$$

2- عندما يكون الجسم ساكن ($v=0$) او يتحرك بسرعة اقل بكثير من سرعة الضوء ($v \ll c$) فان $\left(\frac{v}{c} \right)$ اما

ان تساوي صفر (لجسم الساكن) او يمكن اهمالها (للجسام قليلة السرعة مقارنة مع سرعة الضوء)

لذلك فان المقدار تحت الجذر $(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$ يساوي واحد وبالتالي فان معامل لورنتز يساوي واحد في هذه الحالة $(\gamma=1)$.

3- للجسام المتحركة بسرعات عالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء فان المقدار تحت الجذر $(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$ يقترب من الصفر لذلك فان (γ) يقترب من المالا نهائية.

س : ما الفرق الاساسي بين تحويلات غاليليو والتحويلات النسبية؟

ج : الفرق الاساسي هو معامل لورنتز (γ) حيث $(\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}})$ وتأثيره في مقادير زخم وطول وكتلة

الجسم والزمن المقاس .

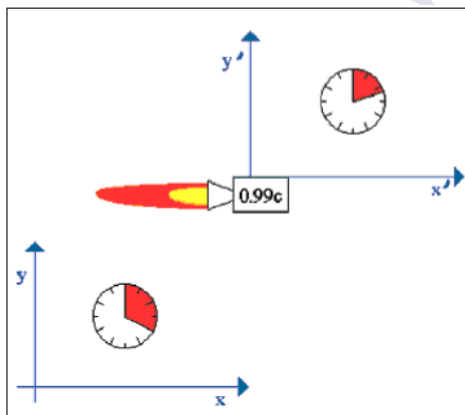
اهم النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة:

س : ما اهم النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة؟

ج : 1- وفقا للفيزياء الكلاسيكية فان قياس بعض الكميات كالطول والزمن والكتلة لا يعتمد على سكون او حركة الراصد الذي يقوم بعملية القياس. بينما وفقا لفيزياء النظرية النسبية فان الاجسام المتحركة بسرعة تقترب من سرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني تغيرا في مقادير هذه الكميات.

2- ان القوانين النسبية يمكن تطبيقها على سرعات الاجسام المتحركة كافة سواء تلك ذي السرعات العالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء.

اولا : نسبية الزمن (او تمدد الزمن):



شكل (5) زمن الحدث الذي يسجله راصد ساكن وراصد متحرك.

* في الميكانيك الكلاسيكي لا يعتمد زمن حدوث حدث فيزيائي على حركة من يرصد هذا الحدث.

* بالنسبة لفيزياء النظرية النسبية الخاصة فان زمن حدوث حدث ما يختلف بحسب وضع الراصد. فالزمن الذي يسجله راصد متحرك يختلف عن الزمن الذي يسجله راصد ساكن.

وان العلاقة بين الزمن الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث والزمن الذي يسجله راصد ساكن يعتبر الحدث متحركا بالنسبة له تعطى كما ياتي:

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

معادلة الزمن النسبي

حيث : t_o : زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث.
 t : الزمن الذي يسجله راصد ساكن والحدث متحركاً بالنسبة له.

ملاحظة:

زمن الحدث الذي يسجله راصد ساكن يعتبر الحدث متحركاً بالنسبة له اكبر من زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث أي ان: $(t > t_o)$

مثال 1 (كتاب) : سافر رائد فضاء بسرعة ثابتة مقدارها $0.99c$ أي قريبة جداً من سرعة الضوء ثم عاد الى الارض بعد ان امضى في سفره وبحسب تقويمه الخاص داخل مركبته خمس سنوات . احسب عمره كما يراه اهل الارض.

الحل

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5}{\sqrt{1 - \frac{(0.99c)^2}{c^2}}} = \frac{5}{\sqrt{1 - 0.98}} = \frac{5}{\sqrt{0.02}} = \frac{5}{0.141} = 35.46 \text{ year}$$

مثال 2 (كتاب) : من المعلوم ان اقرب نجم الى المنظومة الشمسية هو نجم سانتوري يبعد عن الارض (4.3 Light year) سنة ضوئية. جد : 1- السرعة التي يمكن لسفينة فضائية بالوصول الى هذا النجم خلال (7.448 year) كما يقيسها ركاب السفينة انفسهم. 2- الفترة الزمنية المقاسة من قبل سكان الارض.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1.155 \quad (3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

الحل

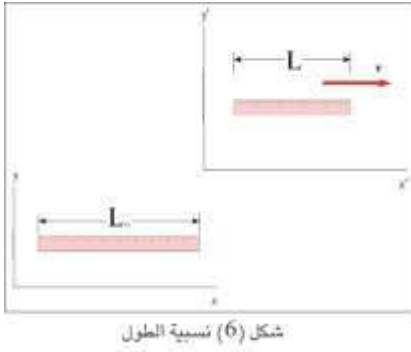
$$1 - \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow 1.155 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow 1.334 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$1.334(1 - \frac{v^2}{c^2}) = 1 \Rightarrow \frac{1}{1.334} = 1 - \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow 0.75 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1 - 0.75 = 0.25$$

$$\therefore v^2 = 0.25c^2 \Rightarrow v = 0.5c$$

$$2 - t = \gamma t_o = 1.155 \times 7.448 = 8.6 \text{ year} \quad \text{or} \quad t = \frac{x}{v} = \frac{4.3 \text{ LY}}{0.5c} = \frac{4.3c}{0.5c} = 8.6 \text{ year}$$

ثانيا : نسبية الطول (او انكماش الطول):



* بحسب نسبية الزمن اتضح لنا بان الفترات الزمنية ليست بفترات ثابتة بل تختلف قياساتها باختلاف اطر الاسناد المتحركة التي يتم فيها القياس وينطبق هذا ايضا على الطول.

* ان قياس طول معين في اطار اسناد ثابت يختلف عن قياسه اذا كان اطار الاسناد متحرك

* الاجسام المتحركة بسرعة تقترب من سرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني انكماشاً (تقلصاً) في طولها باتجاه حركتها.

ان مقدار طول الجسم المتحرك بالنسبة لراصد ساكن مقارنة بطوله وهو ساكن يعطى بالعلاقة الاتية :

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

معادلة الطول النسبي

حيث :

L : طول الجسم المتحرك والذي يقيسه راصد ساكن (الطول النسبي او الطول الظاهري) .

L_0 : طول الجسم الساكن (الطول الحقيقي) .

وبما ان المقدار تحت الجذر هو اقل من الواحد فان الطول النسبي يكون دائماً اقل من الطول الحقيقي ($L < L_0$) وهذا معناه ان اكبر طول يمكن قياسه لجسم ما في اثناء سكونه .

س : هل ان مقدار طول الجسم اثناء سكونه هو نفسه عندما يكون متحركاً بسرعة قريبة من سرعة الضوء ؟ وضح ذلك .

ج : كلا سيختلف الطول يتقلص وينكمش للجسم المتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء .

مثال 3 (كتاب) : سفينة فضائية طولها على الأرض 50m فكم يصبح طولها عندما تتحرك بسرعة $0.9c$ ؟

الحل

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 50 \sqrt{1 - \frac{(0.9c)^2}{c^2}} = 50 \sqrt{1 - 0.81} = 50 \sqrt{0.19} = 50 \times 0.436 = 21.8m$$

مثال 4 (كتاب) : جسم طوله 4m في حالة سكون ، احسب طوله الذي يقيسه راصد ساكن عندما يتحرك الجسم بسرعة

تعاادل 0.7 من سرعة الضوء (أي $0.7c$) ؟

الحل

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 4 \sqrt{1 - \frac{(0.7c)^2}{c^2}} = 4 \sqrt{1 - 0.49} = 4 \sqrt{0.51} = 4 \times 0.714 = 2.856m$$

ثالثا :نسبية الكتلة (تغير الكتلة مع السرعة):

ان العلاقة بين الكتلة النسبية والكتلة السكونية يعبر عنها كما يلي :

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

حيث :

m : كتلة الجسم المتحرك بسرعة v (الكتلة النسبية) . m_o : كتلة الجسم في حالة سكون (الكتلة السكونية) .

* وبما ان الكتلة متغيرة تبعا للسرعة بحيث تزداد كتلة الجسم بزيادة سرعته ($m > m_o$) لذا فان الزيادة بالكتلة

(Δm) يعبر عنها بالعلاقة الآتية : $\langle \Delta m = m - m_o \rangle$.

* اما الزيادة المئوية (النسبة المئوية) لكتلة جسم فتعطى كما يلي : $\langle \text{ratio} = \frac{\Delta m}{m_o} \times 100\% \rangle$

س : هل كتلة الجسم كمية ثابتة المقدار؟ وضح ذلك .

ج : كلا بل متغيرة تبعا لسرعتها .

ملاحظات:

1- عندما تكون سرعة الجسم صغيرة جدا مقارنة بسرعة الضوء ($v \ll c$) فان الكتلة النسبية تساوي الكتلة السكونية ($m \approx m_o$) أي لا يمكن ملاحظة التغير الحاصل في الكتلة .

2- عندما تكون سرعة الجسم قريبة من سرعة الضوء فان الكتلة النسبية اكبر من الكتلة السكونية ($m > m_o$) أي ان كتلة الجسم تزداد بزيادة سرعته لذلك فان الزيادة بالكتلة تحسب وفقا لما يأتي:

$$\Delta m = m - m_o$$

س : هل ان مقدار طول الجسم اثناء سكونه هو نفسه عندما يكون متحركا بسرعة قريبة من سرعة الضوء؟ وضح ذلك .

ج : كلا. سيختلف الطول يتقلص وينكمش للجسم المتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء .

س : ما الذي تتوقع حدوثه لكتلة جسم اذا كانت سرعته :

a- صغيرة جدا مقارنة بسرعة الضوء . b- قريبة جدا من سرعة الضوء .

ج : a- لا يمكن ملاحظة التغير في الكتلة . b- تزداد كتلة الجسم .

س : ما المقصود بالعلاقة الآتية (الكتلة دالة من دوال السرعة) ؟

ج : وفقا للنظرية النسبية الخاصة فان الكتلة ليست كمية ثابتة وانما هي مقدار متغير تبعا لسرعتها لذلك فهي دالة من دوال السرعة .

* من الجدير بالذكر ان الفيزياء النووية اسهمت كثيرا في اثبات صحة هذه القوانين ومن أهم التجارب هي في مجالات الاشعاعات النووية وهي الجسيمات المنطلقة من بعض المواد المشعة مثل اليورانيوم او الراديوم وهي دقائق مادية متناهية في الصغر تنطلق بسرعه قريبه من سرعة الضوء فتزداد كتلتها بما يتفق مع العلاقة اعلاه.

تكافؤ الكتلة والطاقة:

س : ما نص معادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة ؟

ج : ان مقدارا ضئيلا جدا من الكتلة يعطي طاقة هائلة فالطاقة الناتجة من كتلة معينة تساوي حاصل ضرب هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء مما ينتج عنه كمية كبيرة جدا من الطاقة.

* ان الصيغة الرياضية لمعادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة هي :

$$E = mc^2$$

اي ان الكتلة والطاقة مفهومان متلازمان.

س(وزاري) : كيف يفسر سر طاقة النجوم وعمرها الطويل؟

ج : يفسر على ضوء معادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة فهذه النجوم تفقد كمية قليلة من مادتها لتعطي طاقة تمد بها الفضاء المحيط بها باجمعه.

س : ما التطبيقات العملية لمبدأ تكافؤ الكتلة والطاقة ؟

ج : 1- في بناء وتشغيل المفاعلات النووية . 2- في انتاج الاسلحة النووية.

س : هنالك قول يقول ان المادة لا تفنى ولا تستحدث فهل تعتقد ان هذا صحيح؟

ج : كلا . لانه يمكن تحويل الطاقة الى مادة او المادة الى طاقة.

مثال 6(كتاب) : ما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها عند تحول غرام واحد كليا من المادة الى طاقة ؟

$$E = mc^2 = 1 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 9 \times 10^{13} \text{ J}$$

الحل :

الميكانيك النسبي :

ان النظرية النسبية تؤكد على ضرورة تغيير صيغ وقوانين معظم المفاهيم الخاصة بالفيزياء الكلاسيكية كالطاقة الكلية والطاقة الحركية والعزوم للجسام المتحركة بسرعه عالية جدا الى صيغ وقوانين نسبية.

رابعاً : نسبية الزخم الخطي:

ان العلاقة بين الزخم النسبي (P_{rel}) والزخم الكلاسيكي (P_{cla}) يعبر عنها رياضيا كما يلي :

$$P_{rel} = \frac{P_{cla}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

معادلة الزخم النسبي الخطي

اذ ان :

$$P_{cla} = m_0 v$$

$$P_{rel} = mv$$

خامسا : نسبية الطاقة الحركية:

ان الطاقة الحركية النسبية (KE_{rel}) كما برهنها اينشتاين تساوي الفرق بين الطاقة النسبية الكلية (E_{rel}) للجسيم المتحرك بسرعة v وطاقته السكونية (E_o) ، أي ان طاقته الحركية لا تساوي ($\frac{1}{2}mv^2$) كما هو الحال في الميكانيك الكلاسيكي بل انها تساوي طاقته النسبية الكلية (E_{rel}) مطروحا منها طاقته السكونية (E_o) ، أي ان: $\langle (KE)_{rel} = E_{rel} - E_o \rangle$ وحسب معادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة فان :

$$E_{rel} = mc^2$$

$$E_o = m_0 c^2$$

لذلك فان الطاقة الحركية النسبية (KE_{rel}) يمكن ان تكتب كما يلي :

$$(KE)_{rel} = (m - m_0) c^2$$

وعند التعويض عن الكتلة النسبية ($m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$) نجد:

$$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0 c^2$$

$$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_o$$

or

مثال : ما سرعة جسر طاقته الحركية النسبية ضعف طاقته السكونية؟

$$KE_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_o$$

$$\therefore KE_{rel} = 2E_o \Rightarrow 2E_o = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_o$$

$$2 + 1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow 9 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 9 - 9 \frac{v^2}{c^2} = 1$$

$$9 \frac{v^2}{c^2} = 8 \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{8}{9} \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{8}}{3} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{8}}{3} c$$

سادسا : نسبية الطاقة الكلية:

ان الطاقة النسبية الكلية (E_{rel}) للجسيم المتحرك بسرعة (v) تساوي حاصل جمع طاقته الحركية النسبية (KE_{rel}) وطاقته السكونية (E_o) أي ان: $\langle E_{rel} = (KE)_{rel} + E_o \rangle$
وبعد التعويض عن الطاقة الحركية النسبية (KE_{rel}) بالعلاقة الاتية :

$$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_o$$

نجد ان العلاقة بين الطاقة النسبية الكلية (E_{rel}) لجسيم والطاقة السكونية (E_o) له يعبر عنها رياضيا وكما يلي :

$$E_{rel} = \frac{E_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

معادلة الطاقة النسبية الكلية

نستنتج من العلاقات اعلاه انه في حالة الجسيم الساكن (سرعته تساوي صفر) وفي أي اطار اسناد فان الطاقة الكلية النسبية للجسيم تساوي طاقته السكونية أي ان :

$$E_{rel} = m_o c^2$$

$$E_{rel} = E_o$$

عندما يكون الجسيم ساكن ($v=0$)

\Rightarrow

العلاقة بين الطاقة والزخم:

بتطبيق العلاقات النسبية للطاقة الكلية والزخم الخطي الاتية:

$$P_{rel} = \frac{m_o v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_{rel} = \frac{m_o c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

يمكن ايجاد العلاقة الاتية:

$$(E_{rel})^2 = (P_{rel})^2 c^2 + m_o^2 c^4$$

ملاحظات:

- * تستعمل هذه المعادلة بشكل خاص في الدراسات الخاصة بالانوية والذرات.
- * وحدات الطاقة النسبية الكلية في هذه المعادلة هي الإلكترون فولط (eV) او مضاعفاته (MeV=10⁶eV).
- * وحدات الزخم هي (eV/c) او (MeV/c).
- * كذلك تستعمل وحدات (eV/c²) او (MeV/c²) للتعبير عن الطاقة النسبية (E=mc²).
- س(وزاري): ما الكمية الفيزيائية التي تقاس بوحدة (eV/c) ؟ ج: الزخم النسبي.

س: اشتق العلاقة : $(E_{rel})^2 = (P_{rel})^2 c^2 + m_o^2 c^4$

$$E_{rel} = \frac{E_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow E_{rel}^2 = \frac{E_o^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow E_{rel}^2 - E_{rel}^2 \frac{v^2}{c^2} = E_o^2 \Rightarrow E_{rel}^2 = E_{rel}^2 \frac{v^2}{c^2} + E_o^2$$

$$E_{rel}^2 = (m_{rel} c^2)^2 \frac{v^2}{c^2} + (m_o c^2)^2 \Rightarrow E_{rel}^2 = m_{rel}^2 v^2 c^2 + m_o^2 c^4 \Rightarrow E_{rel}^2 = P_{rel}^2 c^2 + m_o^2 c^4$$

قوانين الفصل

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, L = L_o \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \Delta m = m - m_o, E = mc^2, P_{rel} = \frac{P_{cla}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_{rel} = \frac{E_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, KE_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_o, \text{ ratio} = \frac{\Delta m}{m_o} \times 100\%$$

استنفذ:

القيمة داخل الجذر + اقرب جذر

$$\frac{\text{القيمة داخل الجذر} + \text{اقرب جذر}}{2 \times \text{جذر اقرب جذر}} = \text{قيمة اي جذر}$$

أسئلة الفصل

س1: اختر الاجابة الصحيحة في ما ياتي: ☒

1- أي من الكميات التالية تعد ثابتة حسب النظرية النسبية:

☒ سرعة الضوء ☒ الزمن ☒ الكتلة ☒ الطول

2- تطلق مركبة فضائية سرعتها $0.9c$ (من سرعة الضوء) شعاعا ضوئيا فالسرعة النسبية لهذا الشعاع الذي يقوم برصده طاقم مركبة فضائية اخرى تسير بشكل مواز للمركبة الفضائية الاولى وبالاتجاه نفسه وبالسرعة نفسها.

☒ $0.9c$ ☒ $1.8c$ ☒ 1.6 ☒ c

3- وفقا لنظرية اينشتاين النسبية الخاصة فان:

☒ الزمان والمكان تعبيران متلازمان ☒ الطاقة والكتلة هما تعبيران متلازمان

☒ الزمان والطاقة تعبيران متلازمان ☒ الطاقة والكتلة تعبيران غير متلازمان

4- وفقا لنظرية اينشتاين النسبية الخاصة فان جميع قوانين الفيزياء واحدة في اطار القياس التي تكون سرعتها:

a- بتعجيل منتظم ☒ منتظمة وثابتة c- غير منتظمة ومتذبذبة d- دورانية

5- الطاقة الحركية النسبية تساوي:

☒ $\frac{1}{2}mv^2$ ☒ $\frac{1}{2}mc^2$ ☒ $(m - m_0)$ ☒ $(v^2 - c^2)m_0$

6- الطاقة النسبية الكلية تساوي:

☒ $m^2 - m_0c^2$ ☒ $Pc - m_0c^2$ ☒ $(P_{rel})^2c^2 + m_0^2c^4$ ☒ $m_0c^2 + (KE)_{rel}$

7- وفقا لمعادلة اينشتاين الشهيرة بتكافؤ الكتلة والطاقة فان:

☒ $E = mc^2$ ☒ $E = c^2m^2$ ☒ $E = mc$ ☒ $E = mc^2$

8- ساعة تدق دقة واحدة كل ثانية ، فاذا كان طول الساعة $10cm$ عندما تكون في حالة السكون ، فاذا تحركت هذه الساعة بسرعة $(0.8c)$ موازية الى طولها نسبة الى راصد ساكن ، فان الراصد يقيس الدقات وطول الساعة

كالتالي يكون:

☒ اكبر من (1s) واطول من (10cm). ☒ اقل من (1s) واطول من (10cm).

☒ اكبر من (1s) واقل من (10cm). ☒ اقل من (1s) واقل من (10cm).

9- وضعت ساق بموازية المحور x وتحركت الساق بموازية هذا المحور ايضا بانطلاق مقداره $0.8c$ فكان طولها الظاهري

1m فان طولها في اطار اسناد ساكن يكون:

☒ $0.5m$ ☒ $1.666m$ ☒ $0.7m$ ☒ $0.8m$

10- اذا كنت في صاروخ متحرك بانطلاق $0.7c$ باتجاه نجم فباي انطلاق سوف يصلك ضوء هذا النجم.

☒ اصغر من c. ☒ اكبر من c. ☒ بسرعة الضوء في الفراغ.

س2: جسيم يتحرك بسرعة منتظمة ثابتة $v=0.6c$ ما النسبة بين مقدار الزخم النسبي (P_{rel}) ومقدار الزخم الكلاسيكي (P_{cla})؟

الحل

$$P_{rel} = \frac{P_{cla}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.6c)^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0.36c^2}{c^2}}}$$

$$\frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.36}} \Rightarrow \frac{P_{rel}}{P_{cla}} = \frac{1}{\sqrt{0.64}} = \frac{1}{0.8} = \frac{5}{4} = 1.25$$

مسائل الفصل

س1: باتحاد غرام واحد من الهيدروجين مع ثمانية غرامات من الأوكسجين يتكون تقريبا تسعة غرامات من الماء مع تحرر كمية $2.86 \times 10^5 J$ من الطاقة ، احسب كمية الكتلة المتحولة نتيجة هذا التفاعل.

الحل

$$E = mc^2 \Rightarrow 2.86 \times 10^5 = m \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow m = \frac{2.86 \times 10^5}{9 \times 10^{16}} = 0.3177 \times 10^{-11} kg$$

س2: اذا كان مقدار الطاقة المنتجة من الشمس في الثانية الواحدة هي $3.77 \times 10^{26} W$ فما مقدار ما تفقده الشمس من كتلة في الثانية الواحدة.

الحل

$$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{3.77 \times 10^{26} \times 1}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{3.77 \times 10^{26}}{9 \times 10^{16}} = 0.42 \times 10^{10} kg$$

س3: يرسل رواد فضاء رسالة الى محطة مراقبة على الارض يبلغونهم انهم سينامون ساعة واحدة ثم يعاودون الاتصال بهم بعد ذلك مباشرة فاذا كانت سرعة المركبة $0.7c$ بالنسبة للارض فما الزمن الذي يستغرقه رواد المركبة في النوم كما يقيسه مراقبون في محطة المراقبة على الارض.

الحل

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.7c)^2}{c^2}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0.49c^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{0.51}} = 1.4h$$

س4: مسطرة طولها $1m$ تسير بسرعة تبلغ نصف سرعة الضوء باتجاه طولها ما هو طول المسطرة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الارض؟

الحل

$$L = L_o \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1 \times \sqrt{1 - \frac{(0.5c)^2}{c^2}} = \sqrt{1 - 0.25} = \sqrt{0.75} = 0.866m$$

س5: اذا كان طول مركبة فضائية 25m عندما تكون ساكنة على سطح الارض و 15m عند مرورها بسرعة بالنسبة لراصد ساكن فما سرعة هذه المركبة الفضائية؟

الحل

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 15 = 25 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{15}{25} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 0.6 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$0.36 = 1 - \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1 - 0.36 = 0.64 \Rightarrow \frac{v}{c} = 0.8 \Rightarrow v = 0.8c$$

س6: ما الزيادة في كتلة بروتون ($m_0 = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$) اذا كانت سرعته تساوي $0.9c$ ؟

الحل

$$\Delta m = m - m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.9c)^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0$$

$$\Delta m = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0.81}} - 1 \right) m_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{0.19}} - 1 \right) m_0 = (2.29 - 1) m_0 = 1.29 \times 1.6726 \times 10^{-27}$$

$$\therefore \Delta m = 2.16 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

س7: ما السرعة المطلوبة لزيادة كتلة جسم ما بمقدار 10% من كتلته السكونية؟

الحل

$$\Delta m = 10\% m_0 = \frac{10}{100} m_0 = 0.1 m_0$$

$$\Delta m = m - m_0 \Rightarrow 0.1 m_0 = m - m_0 \Rightarrow m = 1.1 m_0 \Rightarrow \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1.1 m_0$$

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1.1 \Rightarrow \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1.21 \Rightarrow 1.21 - 1.21 \frac{v^2}{c^2} = 1$$

$$1.21 \frac{v^2}{c^2} = 0.21 \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{0.21}{1.21} = \frac{21}{121} \Rightarrow v = \frac{4.6}{11} c = 0.418c$$

س8: برهن على ان النسبة المئوية لكتلة جسم تساوي 15.47% اذا تحرك الجسم بسرعة تساوي نصف سرعة الضوء.

الحل

$$\begin{aligned}
 \text{النسبة المئوية} &= \frac{\Delta m}{m_o} \times 100\% = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100\% = \frac{\frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_o}{m_o} \times 100\% \\
 &= \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \times 100\% = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.5c)^2}{c^2}}} - 1 \right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0.25}} - 1 \right) \times 100\% = \left(\frac{1}{\sqrt{0.75}} - 1 \right) \times 100\% = \left(\frac{1}{0.866} - 1 \right) \times 100\% \\
 &= (1.1547 - 1) \times 100\% = 0.1547 \times 100\% = 15.47\%
 \end{aligned}$$

س9: يتحرك جسم طوله 2m بسرعة معينة مقدارها v ، فاذا علمت ان راصدا ساكنا بالنسبة الى الجسم قد قاس طوله فوجده يساوي 0.8m فكم هي السرعة التي يتحرك بها الجسم؟

الحل

$$\begin{aligned}
 L &= L_o \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 0.8 = 2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow \frac{0.8}{2} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 0.4 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\
 0.16 &= 1 - \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 0.84 \Rightarrow v^2 = 0.84c^2 \Rightarrow v = 0.9165c
 \end{aligned}$$

س10: ما سرعة جسيم طاقته الحركية النسبية تساوي ثمانية امثال طاقة كتلته السكونية؟

الحل

$$\begin{aligned}
 KE_{rel} &= \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) E_o \Rightarrow \frac{KE_{rel}}{E_o} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \Rightarrow \frac{8E_o}{E_o} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \\
 8 &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \Rightarrow 9 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow 81 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 81 - 81 \frac{v^2}{c^2} = 1 \\
 81 \frac{v^2}{c^2} &= 80 \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{80}{81} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{80}}{9} c \Rightarrow v = \frac{8.9}{9} = 0.99c
 \end{aligned}$$

س11: ما سرعة الكترون اذا كانت طاقته الحركية النسبية تساوي 1.0MeV ؟

علما بان كتلة الالكترن السكونية تساوي $9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$ $(1\text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{J})$.

الحل

$$KE_{\text{rel}} = 1.0\text{MeV} = 1.0 \times 1.6 \times 10^{-13} = 1.6 \times 10^{-13} \text{J}$$

$$KE_{\text{rel}} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0 c^2 \Rightarrow \frac{KE_{\text{rel}}}{m_0 c^2} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-13}}{9.1 \times 10^{-31} \times 9 \times 10^{16}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \Rightarrow 1.95 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \Rightarrow 2.95 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$8.7 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 8.7 - 8.7 \frac{v^2}{c^2} = 1 \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{7.7}{8.7} = 0.885 \Rightarrow v = 0.94c$$

س12: سفينة فضاء سرعتها $0.999c$ انطلقت من الارض الى النجم سانتوري الذي يبعد عن الارض مسافة

$4.3 \times 10^{16} \text{m}$. احسب زمن الذهاب والاياب الذي تسجله ساعة مثبتة في السفينة وقارن بالزمن الذي تسجله

الساعات الارضية.

الحل

$$v = \frac{x}{t} \Rightarrow t = \frac{4.3 \times 10^{16}}{0.999c} = \frac{4.3 \times 10^{16}}{0.999 \times 3 \times 10^8} = \frac{4.3}{2.997} \times 10^8 = 1.43476 \times 10^8$$

$$2t = 2 \times 1.43476 \times 10^8 = 2.86952 \times 10^8 \text{s} = \frac{2.86952 \times 10^8}{60 \times 60 \times 24 \times 365} = \frac{2.86952 \times 10^8}{31536000} = 9.0988 \text{year}$$

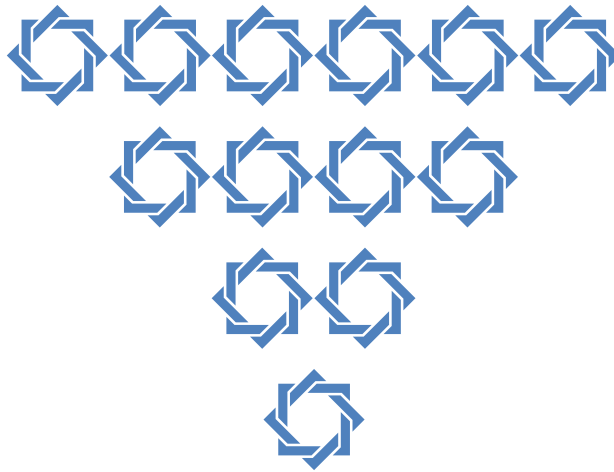
$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow 9.0988 = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{(0.999c)^2}{c^2}}} \Rightarrow 9.0988 = \frac{t_0}{\sqrt{1 - 0.998}}$$

$$9.0988 = \frac{t_0}{\sqrt{0.002}} \Rightarrow t_0 = 9.0988 \times 0.0447 = 0.4067 \text{year}$$

$$\frac{t}{t_0} = \frac{9.0988}{0.4067} = 22.4 \text{year} \Rightarrow t = 22.4 t_0$$

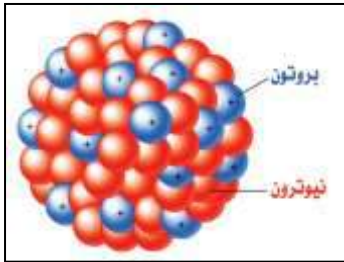
الواجبات

- مثال 1:** احسب معامل لورنتز لجسيم يتحرك بسرعة تعادل $(0.6c)$. **ج:** (1.25)
- مثال 2:** سافر رائد فضاء بسرعة ثابتة مقدارها $(0.8c)$ ثم عاد الى الارض بعد ان امضى في سفره وبحسب تقويمه الخاص داخل مركبته (3year) . احسب الزمن المسجل من قبل مراقب على سطح الارض . **ج:** (5year) .
- مثال 3:** جسم طوله (5m) في حالة سكون ، احسب طوله الذي يقيسه راصد ساكن عندما يتحرك الجسم بسرعة تعادل (0.7) من سرعة الضوء اي $(0.7c)$. **ج:** (3.5m)
- مثال 4:** اذا كان طول مركبة فضائية (20m) عندما تكون ساكنة على سطح الارض و (16m) عند مرورها بسرعة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الارض فما سرعة هذه المركبة الفضائية؟ **ج:** $(0.6c)$
- مثال 5:** ما السرعة المطلوبة لزيادة كتلة جسم ما بمقدار (25%) من كتلته السكونية؟ **ج:** $(0.6c)$
- مثال 6:** برهن ان الزيادة المئوية لكتلة جسم تساوي (25%) إذا تحرك الجسم بسرعة تساوي (0.6) من سرعة الضوء.
- مثال 7:** احسب الطاقة المكافئة لكتلة مقدارها (0.005g) . **ج:** $(45 \times 10^{10}\text{J})$.
- مثال 8:** ما مقدار سرعة جسيم طاقته النسبية الكلية عشرة امثال طاقته السكونية؟ **ج:** $(0.99c)$.



الفصل العاشر

الفيزياء النووية



س : اين تستثمر الطاقة النووية؟

ج : تستثمر للأغراض السلمية كما في تحويل الطاقة النووية الى طاقة كهربائية او لأغراض غير سلمية كما في انتاج الاسلحة النووية.

تركيب النواة وخصائصها:

- تتكون النواة من جسيمات البروتونات الموجبة الشحنة وجسيمات النيوترونات المتعادلة الشحنة (شحنة النيوترون تساوي صفر) ويطلق على البروتون او النيوترون بالنيوكليون (او النوية) أي ان النواة تتكون من النيوكليونات.
- ان عدد البروتونات في النواة يسمى العدد الذري (Z) ويكتب عادة اسفل يسار رمز العنصر او رمز النواة. اما عدد النيوترونات في النواة يسمى العدد النيوتروني (N) ، اما مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة فيسمى العدد الكتلي او عدد الكتلة (A) ويكتب العدد الكتلي عادة اعلى يسار رمز النواة ويعطى على وفق العلاقة الاتية: $A = Z + N$.
- بصورة عامة يرمز لنواة أي عنصر مثل (X) بالرمز A_ZX .
- ان الكتلة التقريبية للنواة ورمزها (m) هي نفسها العدد الكتلي مقاسا بوحدة تسمى وحدة الكتلة الذرية ورمزها (amu) واختصارا (u) بدلا من وحدة الكيلوغرام المتعارف عليها (kg) أي ان : $m = A \times u$. ويمكن ان تقاس الكتلة التقريبية بوحدة (kg) كذلك ، وان العلاقة بين (u) و (kg) هي : $1u = 1.66 \times 10^{-27} kg$ لذلك لتحويل كتلة النواة من (kg) الى (u) نقسم على (1.66×10^{-27}) وبالعكس نضرب المقدار في (1.66×10^{-27}) للتحويل من (u) الى (kg).
- في الفيزياء النووية يعبر عن الكتلة بما يكفئها من طاقة حيث يمكن إيجاد الطاقة المكافئة للكتلة وذلك باستعمال علاقة اينشتين المعروفة في تكافؤ الكتلة (m) مع الطاقة (E) وحسب العلاقة الاتية: $E = mc^2$ وعندما تكون وحدة الكتلة هي (u) فان وحدة الطاقة هي (MeV) وان ($c^2 = 931 MeV/u$) ، اما عندما تكون وحدة الكتلة هي (kg) فان وحدة (E) هي الجول (J) وان ($c^2 = 9 \times 10^{16} m^2/sec^2$) اما العلاقة بين (MeV) و (J) فهي : $1 MeV = 1.6 \times 10^{-13} J$ لذلك للتحويل من (MeV) الى (J) نضرب المقدار في ($1.6 \times 10^{-13} J$) وبالعكس للتحويل من (J) الى (MeV) نقسم المقدار على (1.6×10^{-13}).
- ان شحنة النواة هي مجموع شحنة بروتوناتها لان النيوترونات متعادلة الشحنة (شحنة النيوترون تساوي صفر) وحيث ان شحنة كل بروتون من بروتونات النواة ($+e$) وان ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$) لذلك فان شحنة النواة هي عدد البروتونات في شحنة البروتون الواحد لذلك يعبر عن شحنة النواة ورمزها (q) كما يلي : $q = Ze$.

- لقد وجد ان نصف قطر النواة (R) يتغير تغيرا طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي (A) أي ان $(R \propto A^{\frac{1}{3}})$ ويعطى حسب العلاقة: $\langle R = r_0 \sqrt[3]{A} \rangle$ حيث (r_0) هو مقدار ثابت يسمى ثابت نصف القطر ويقاس بوحدة المتر (m) او بوحد طول أخرى تسمى الفيمتومتر او الفيرمي ($Fermi$) ورمزه (F) ومقداره يساوي ($r_0 = 1.2 \times 10^{-15} m$) او ($r_0 = 1.2 F$) وان العلاقة بين (m) و (F) هي : $\langle 1F = 10^{-15} m \rangle$ لذلك للتحويل من (F) الى (m) نضرب المقدار في 10^{-15} وللتحويل من (m) الى (F) نقسم على 10^{-15} .
- وعلى اعتبار ان شكل النواة هو كروي نصف قطره (R) لذلك امكن ايجاد حجم النواة (V) وفقا للعلاقات التالية: $\langle V = \frac{4}{3} \pi R^3 \text{ or } V = \frac{4}{3} \pi r_0^3 A \rangle$.
- اما لإيجاد كثافة النواة (ρ) فنطبق العلاقة المعروفة $\langle \rho = \frac{m'}{V} \rangle$ اذ ان (m') تمثل كتلة النواة التقريبية $\langle m' = A \times u \rangle$.

مثال 1 (كتاب): جد مقدار شحنة نواة الذهب ($^{198}_{79}Au$) مع العلم ان شحنة البروتون تساوي $(1.6 \times 10^{-19} C)$.

الحل:

$$Z = 79$$

$$q = Ze = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} = 126.4 \times 10^{-19} C$$

مثال 2 (كتاب): جد نصف قطر نواة النحاس ($^{64}_{29}Cu$) بوحدة : (a) المتر (m) (b) الفيرمي (F).

الحل:

$$a) R = r_0 \sqrt[3]{A} = 1.2 \times 10^{-15} \times \sqrt[3]{64} = 1.2 \times 10^{-15} \times 4 = 4.8 \times 10^{-15} m$$

$$b) R = \frac{4.8 \times 10^{-15}}{10^{-15}} = 4.8 F$$

س: ما الجسيم الذي عدده الكتلي يساوي واحد وعدده الذري يساوي صفر.

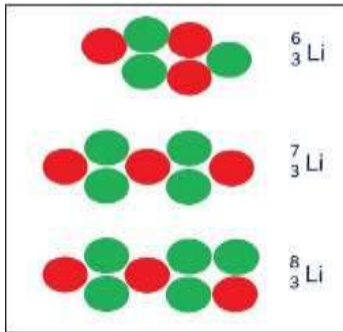
ج: النيوترون (1_0n).

س: ما المقصود بنظائر العنصر؟

ج: نظائر العنصر: هي نوى متساوية في العدد الذري وتختلف في عدد النيوترونات (او العدد الكتلي).

(مثال على ذلك لليثيوم ثلاثة نظائر هي ($^6_3Li, ^7_3Li, ^8_3Li$)).

س (فكر): هل تستطيع ان تميز اللون الذي يمثل البروتون واللون الذي يمثل النيوترون في الشكل ؟



ج: في هذا الشكل نجد ثلاث نظائر للليثيوم هي (${}^6_3\text{Li}$, ${}^7_3\text{Li}$, ${}^8_3\text{Li}$) وبما ان العدد الذري (عدد البروتونات) هو نفسه لجميع النظائر وهو (3) فان العدد النيوتروني (عدد النيوترونات) لكل نظير ووفقا للعلاقة ($N=A - Z$) هو على الترتيب (5 , 4 , 3) وبالتالي فان اللون الذي يميز البروتون هو اللون الاحمر واللون الذي يميز النيوترون هو اللون الاخضر.

س: كيف تقاس كتل نوى الذرات ؟

ج: تقاس كتل النوى بوساطة اجهزة دقيقة ومنها مطياف الكتلة .

س: ما الفائدة العملية من جهاز مطياف الكتلة ؟

ج: لقياس كتلة نوى الذرات .

س: (علل) تقاس كتل نوى الذرات بوحدة الكتلة الذرية بدلا من وحدة الكيلوغرام المتعارف عليها ؟

ج: لان الكتل الذرية والنوية صغيرة جدا وبالتالي فان وحدة الكيلوغرام تعد غير ملائمة لقياس هذه الكتل.

س: علام يعتمد وصف النواة كونها ثقيلة او متوسطة او خفيفة ؟

ج: يعتمد على عددها الكتلي (او كتلتها) فيما اذا كان كبيرا او متوسطا او صغيرا على التوالي.

♦ من الجدير بالذكر اننا عندما نتكلم عن كتل الذرات المتعادلة والنوى والجسيمات (مثل البروتون ، النيوترون ، جسيمة الفا الخ) فان المقصود بها الكتل السكونية.

♦ تشكل كتلة النواة حوالي (99.9%) من كتلة الذرة.

س: كيف يمكننا ايجاد شحنة النواة ؟

ج: بما ان شحنة النيوترون تساوي صفرا لذلك فان شحنة النواة تساوي مجموع شحنات البروتونات الموجودة فيها وبذلك تكون نواة اي ذرة هي ذات شحنة موجبة.

س: كيف نستطيع ان نعرف نصف قطر النواة وحجمها ؟

ج: يمكن ذلك بطرائق وتجارب عدة وان اول تجربة لتقدير حجم النواة ونصف قطرها كانت قد اجريت من قبل العالم رذرفورد وذلك عن طريق استطارة جسيمات الفا من نوى ذرات الذهب فقد توصل من هذه التجربة والعديد من التجارب الاخرى بعدها الى ان معظم نوى الذرات هي ذوات شكل كروي تقريبا .

س: علام يعتمد نصف قطر النواة ؟

ج: يعتمد على العدد الكتلي للنواة حيث يتناسب طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي ($R \propto \sqrt[3]{A}$)

س: لماذا يقاس نصف قطر النواة بالفيرمي بدلا من المتر ؟

ج: لان الابعاد النووية صغيرة جدا بحدود (10^{-15}m) لذلك وجد من المناسب استعمال وحدة للطول تسمى الفيومتتر او الفيرمي.

طاقة الربط (الارتباط) النووية :

س : ما المقصود بـ طاقة الربط النووية.

ج : طاقة الربط النووية : هي الطاقة المتحررة عند جمع اعداد مناسبة من البروتونات او النيوترونات لتشكيل نواة معينة (او هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة الى مكوناتها من البروتونات والنيوترونات).

س (وزاري) : ما تفسير عدم تناافر بروتونات النواة على الرغم من تشابهها بالشحنة؟

ج : وذلك بسبب وجود قوة تجاذب نووية قوية تربط وتمسك بنيوكليونات النواة وهذه القوة النووية (القوية) هي واحدة من القوى الاربعة الاساسية المعروفة في الطبيعة وهي الاقوى في الطبيعة.

س (وزاري) : اذكر خواص القوة النووية .

ج : 1- تربط وتمسك بنيوكليونات النواة. **2-** الاقوى في الطبيعة

3- ذات مدى قصير جدا. **4-** لا تعتمد على الشحنة.

س (وزاري) : كيف تستطيع النوى الثقيلة ان تصبح اكثر استقرارا ؟

ج : اذا وجد تفاعلا نوويا معيناً يستطيع ان ينقلها الى منطقة النوى المتوسطة . او اذا انشطرت النوى الثقيلة الى نوى متوسطة تصبح اكثر استقرارا وتحرر طاقة.

س (وزاري) : كيف تستطيع النوى الخفيفة والنوى الثقيلة ان تصبح اكثر استقرارا ؟

ج : إذا وجد تفاعلا نوويا معيناً يستطيع ان ينقلها الى منطقة النوى المتوسطة. او اذا توفرت نوى ثقيلة فتتشرط الى نوى متوسطة فتصبح اكثر استقرارا اما النوى الخفيفة تندمج لتكون نوى اثقل فتصبح اكثر استقرارا وبالحالتين تتحرر طاقة.

طاقة الربط النووية (E_b) :

♦ ان كتلة النواة لا تساوي مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات عندما تكون هذه الكتل منفصلة عن النواة وانما هي دائما اقل من مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات عندما تكون منفصلة عنها لذلك فان الفرق بالكتلة (Δm) والذي يسمى عادة بالنقص الكتلي وجد انه يكافئ طاقة الربط النووية (E_b) حسب علاقة اينشتاين والخاصة بتكافؤ (الكتلة - الطاقة) أي ان : $\langle E_b = \Delta m c^2 \rangle$ وحدة طاقة الربط النووية (E_b) هي (MeV) عندما يكون النقص الكتلي (Δm) بوحدة (u) و ($c^2 = 931 \frac{\text{MeV}}{u}$). كذلك يمكن ان تقاس طاقة الربط النووية (E_b) بالجول (J) .

♦ للتحويل من (MeV) الى الجول (J) نضرب المقدار في (1.6×10^{-13}) وللتحويل من (J) الى (MeV) نقسم على (1.6×10^{-13}).

♦ من الناحية العملية فانه يكون اكثر مناسبة استعمال كتل الذرات بدلا من استعمال كتل النوى لذلك فان النقص الكتلي (Δm) يعطى في هذه الحالة بالعلاقة الاتية : $\langle \Delta m = ZM_H + Nm_n - M \rangle$ اذ ان :

Z: العدد الذري. ، **M_H:** كتلة ذرة الهيدروجين حيث (**M_H=1.007825u**).

ZM_H: الكتلة الكلية للبروتونات عندما تكون منفصلة عن النواة.

N: عدد النيوترونات. ، **m_n:** كتلة النيوترون حيث (**m_n=1.008665u**).

Nm_n: الكتلة الكلية للنيوترونات عندما تكون منفصلة عن النواة. ، **M:** كتلة الذرة المعنية .

وبتعويض النقص الكتلي (**Δm**) في طاقة الربط النووي للنواة (**E_b**) تصبح معادلة طاقة الربط النووي بالشكل الاتي: $\langle E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 \rangle$.

وبما ان الكتل الذرية تقاس بوحدة (**u**) فان طاقة الربط النووي (**E_b**) تقاس بوحدة (**MeV**) اذ ان

$$\left(c^2 = 931 \frac{\text{MeV}}{u} \right)$$

اما معدل (**متوسط**) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (**او للنيوكليون**) : فهو حاصل قسمة طاقة الربط

النووية على العدد الكتلي . ويعطى وفق العلاقة الاتية : $\langle E_b' = \frac{E_b}{A} \rangle$ وحدة (**E_b'**) هي

(**MeV/nucleon**) او (**MeV**).

مثال: جد طاقة الربط النووية لنواة الديوترون (${}^2_1\text{H}$) عندما يكون النقص الكتلي (**0.002388u**) .

الحل :

$$E_b = \Delta mc^2 = 0.002388 \times 931 = 2.223 \text{ MeV}$$

مثال 3(كتاب): جد طاقة الربط النووية لنواة النيتروجين (${}^{14}_7\text{N}$) بوحدة (**MeV**) . اذا علمت ان كتلة ذرة (${}^{14}_7\text{N}$) تساوي

(**14.003074u**) وكتلة ذرة الهيدروجين تساوي (**1.007825u**) وكتلة النيوترون تساوي

(**1.008665u**) . جد ايضا معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

الحل :

$$Z = 7 , \quad A = 14 , \quad N = A - Z = 14 - 7 = 7$$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 = (7 \times 1.007825 + 7 \times 1.008665 - 14.003074) \times 931$$

$$= 0.112356 \times 931 = 104.603 \text{ MeV}$$

$$E_b' = \frac{E_b}{A} = \frac{104.603}{14} = 7.472 \text{ MeV / nucleon}$$

الانحلال الإشعاعي :

ان بعض نوى العناصر تكون غير مستقرة (**مشعة**) ومن ثم تسعى لكي تكون مستقرة من خلال انحلالها .

س(وزاري): ما المقصود بالانحلال الاشعاعي ؟ وما انواعه الرئيسية ؟

ج : الانحلال الاشعاعي : هو انحلال بعض نوى العناصر غير المستقرة (**المشعة**) لكي تكون مستقرة من خلال

اشعاعها وانواعه هي: **1-** انحلال الفا **2-** انحلال بيتا **3-** انحلال كاما .

1- انحلال الفا (α) :

س(وزاري) : متى تعاني النواة غير المستقرة انحلال الفا التلقائي؟

ج: عندما تكون كتلة النواة وحجمها كبيرين نسبيا وعلى هذا الاساس فان انبعاث جسيمة (α) دقيقة من هذه النوى يساعدها على الحصول على استقرارية أكبر عن طريق تقليل حجمها وكتلتها.

س : ما المقصود بجسيمة الفا؟

ج: هي نواة ذرة الهيليوم وتتكون من بروتونين ونيوترونين وتمثل بالرمز (${}^4_2\text{He}$) او (α) وهي ذات شحنة موجبة تساوي ضعف شحنة البروتون ($+2e$).

س : في انحلال الفا لماذا تتحول نواة العنصر الى نواة عنصر آخر؟

ج: وذلك بسبب تغير العدد الذري للنواة الام؟

س(وزاري) : متى تعاني النواة غير المستقرة انحلال الفا التلقائي؟ وما الذي يفعله انحلال الفا في قيم العدد الكتلي

والعدد الذري للنواة الام؟

ج: عندما تكون كتلة النواة وحجمها كبيرين نسبيا . العدد الكتلي للنواة الام ينقص بمقدار (4) والعدد الذري لها ينقص بمقدار (2).

- لإيجاد طاقة الانحلال لنواة تنحل بواسطة انحلال الفا نفرض ان كتلة النواة الام هي (M_p) (عادة ساكنة ابتدائيا) وكتلة النواة الوليدة هي (M_d) وكتلة جسيمة الفا هي (M_α) فان طاقة انحلال الفا (Q_α) تعطى وفق العلاقة التالية:

$$\langle Q_\alpha = [M_p - M_d - M_\alpha]c^2 \rangle$$

وعندما تقاس الكتل الذرية بوحدة (u) فان وحدة (Q_α) هي (MeV) وان ($c^2 = 931 \frac{\text{MeV}}{u}$).

- ان شرط الانحلال التلقائي ان تكون قيمة طاقة الانحلال (Q_α) موجبة أي ($Q_\alpha > 0$).
- من الجدير بالذكر ان جسيمة الفا (ذات الكتلة الأقل مقارنة بكتلة النواة الوليدة) سوف تمتلك سرعة وطاقة حركية اكبر من السرعة والطاقة الحركية للنواة الوليدة وذلك بحسب قانون حفظ (الطاقة - الكتلة) وقانون حفظ الزخم الخطي.

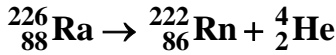
س : ما هو الشرط اللازم لنواة تنحل تلقائيا بواسطة انحلال الفا؟

ج: ان تكون قيمة طاقة الانحلال (Q_α) موجبة ، أي ان ($Q_\alpha > 0$).

مثال 4 (كتاب): برهن ان نواة الراديوم ($^{226}_{88}\text{Ra}$) تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة الرادون ($^{222}_{86}\text{Rn}$) بواسطة انحلال الفا . اكتب ايضا المعادلة النووية للانحلال ، مع العلم ان الكتل الذرية لكل من :

$$^{226}_{88}\text{Ra} = 226.025406\text{u} \quad ^{222}_{86}\text{Rn} = 222.017574\text{u} \quad , \quad ^4_2\text{He} = 4.002603\text{u}$$

الحل :



$$Q_\alpha = [M_P - M_d - M_\alpha]c^2 = (226.025406 - 222.017574 - 4.002603) \times 931 \\ = 5.229 \times 10^{-3} \times 931 = 4.868\text{MeV}$$

بما ان (Q_α) هي قيم موجبة لذلك فهي تحقق شرط الانحلال التلقائي.

2- انحلال بيتا (β) :

س : ما المقصود بـ ؟ انحلال بيتا .

ج : هو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثاني الذي تستطيع خلاله بعض النوى الوصول الى حالة اكثر استقرارا.

س : ما الطرائق التي تنحل بها بعض النوى تلقائيا بانحلال بيتا؟

ج : 1- انبعاث جسيمة بيتا السالبة (الالكترون) .

2- انبعاث جسيمة بيتا الموجبة (البوزترون) . 3- عملية الاسر الالكتروني .

س : ماذا يرافق انحلال ؟ 1- بيتا الموجبة . 2- بيتا السالبة .

ج : 1- انبعاث جسيم يسمى النيوتريون (شحنته وكتلته السكونية تساوي صفر) ويرمز له بالرمز (ν) او ($^0_0\nu$) اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر .

2- انبعاث جسيم مضاد النيوتريون ويرمز له بالرمز ($\bar{\nu}$) او ($^0_0\bar{\nu}$) اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر ايضا .

س : بما ان النواة اساسا لا تحتوي الالكترونات فكيف يمكن للنواة ان تبعث الكترونا؟ وضح ذلك.

ج : عندما تبعث النواة الالكترون فهو نتاج انحلال احد نيوترونات النواة الى بروتون والكترون ومضاد النيوتريون . ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الاتية: ($\beta^- = {}^0_{-1}\text{e}$), (${}^1_0\text{n} \rightarrow {}^1_1\text{P} + \beta^- + {}^0_0\bar{\nu}$) ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اكثر من النسبة اللازمة لاستقرارها .

س : بما ان النواة اساسا لا تحتوي على البوزترونات فكيف يمكن لها ان تبعث بوزترونا؟ وضح ذلك .

ج : عندما تبعث النواة البوزترون فهو نتاج انحلال احد بروتونات النواة الى نيوترون وبوزترون ونيوتريون .

ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الاتية: ($\beta^+ = {}^0_{+1}\text{e}$) , (${}^1_1\text{P} \rightarrow {}^1_0\text{n} + \beta^+ + {}^0_0\nu$)

ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة اصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها .

س : ما المقصود بكل مما يأتي : البوزترون ، مضاد النيوتريينو ، النيوتريينو
ج : البوزترون : هو عبارة عن جسيم يمتلك جميع صفات الالكترون الا ان شحنته موجبة كما يطلق عليه ايضا مضاد الالكترون.

مضاد النيوتريينو : هو جسيم يرافق انحلال بيتا السالبة العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر ويرمز له $(\bar{\nu})$ او $(\bar{\nu}^0)$.

النيوتريينو : هو جسيم يرافق انحلال بيتا الموجبة العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر ويرمز له بالرمز (ν) او (ν^0) .

س : ما الجسيم الذي :

b- يطلق عليه مضاد الالكترون. **ج :** البوزترون (β^+) او (e^+) .

c- يرافق الالكترون في انحلال بيتا السالبة التلقائي. **ج :** مضاد النيوتريينو $(\bar{\nu})$ او $(\bar{\nu}^0)$.

d- يرافق البوزترون في انحلال بيتا الموجبة التلقائي. **ج :** النيوتريينو (ν) او (ν^0) .

3- انحلال كاما (γ) :

س : غالبا ما تترك بعض النوى في حالة (او مستو) اشارة أي لديها طاقة فائضة وذلك بعد معاناتها انحلال الفا او انحلال بيتا ، فكيف يمكن لمثل هذه النوى تلقياً ان تصل الى حالة أكثر استقراراً؟

ج : يمكن لمثل هذه النوى ان تتخلص من الطاقة الفائضة بانحلال كاما (وهو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثالث) والوصول الى حالة أكثر استقراراً وذلك بانبعث اشعة كاما فلو ان النواة انتقلت من مستو طاقة عال الى مستو طاقة منخفض فان اشعة كاما (فوتون) سوف ينبعث وتكون طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

س : ما المقصود باشعة كاما؟

ج : اشعة كاما : هي اشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية او تردد عالٍ كتلتها السكونية وشحنتها تساوي صفراً ويرمز لها بالرمز (γ) او (γ^0) .

• بما ان اشعة كاما فوتونات لذلك فان طاقتها تحسب اما وفقاً لنظرية الكم لماكس بلانك او حسب مبدأ تكافؤ الكتلة والطاقة لاينشتين وكما يلي :

$$E = hf \quad \text{or} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{or} \quad E = \Delta mc^2$$

حيث :

h : ثابت بلانك $(h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$ ، **c :** سرعة الضوء في الفراغ $(c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$.

λ : طول موجة الفوتون بوحدة (m) ، **f :** تردد الفوتون بوحدة هرتز (Hz) .

على ان تكون الطاقة بوحدة جول (J) في علاقات بلانك ، وبالجول (J) او (Mev) بعلاقة اينشتين واعتماداً على وحدة الكتلة المعطاة فعندما تكون بوحدة (u) فان (E) بوحدة (Mev) وعندما تكون بوحدة (kg) فان وحدة (E) هي (J).

س : علل . تنبعث اشعة كـأما تلقائيا من نوى بعض العناصر المشعة .

ج : غالبا ما تترك بعض النوى في حالة (او مستو) اشارة أي لديها طاقة فائضة وذلك بعد معاناتها انحلال الفا او انحلال بيتا حيث يمكن لمثل هذه النوى ان تتخلص من الطاقة الفائضة بانحلال كـأما التلقائي والوصول الى حالة اكثر استقرارا وذلك بانبعاث اشعة كـأما .

التفاعلات النووية:

ان تركيب النواة يتغير عند قذفها بجسيمات نووية ذات طاقة معينة حيث اول من برهن على حدوث هذا التفاعل النووي المحتث (الاصطناعي) هو العالم رذرفورد .

س : ما المقصود بـ ؟ التفاعل النووي .

ج : هو ذلك التفاعل الذي يحدث تغييرا في خصائص وتركيب النواة .

طاقة التفاعل النووي :

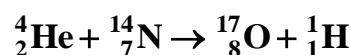
- عند قذف نواة هدف مثل (X) كتلتها (M_x) بجسيم ساقط مثل (a) كتلته (M_a) ينتج عن هذا التفاعل نواة مثل (Y) كتلتها (M_y) وجسيم اخر مثل (b) وكتلته (M_b) لذلك فان قيمة طاقة التفاعل النووي (Q) يمكن ايجادها من العلاقة الآتية:

$$Q = [(M_a + M_x) - (M_y + M_b)]c^2 \quad \text{or} \quad Q = [M_a + M_x - M_y - M_b]c^2$$

وعندما تقاس الكتل الذرية بوحدة (u) وحدة طاقة التفاعل النووي (Q) هي (Mev) وان $(c^2 = 931 \text{Mev} / u)$.

- اذا كانت قيمة (Q) موجبة ($Q > 0$) فان التفاعل النووي يسمى بالتفاعل المحرر للطاقة. اما اذا كانت قيمة (Q) سالبة ($Q < 0$) فان التفاعل النووي يسمى في هذه الحالة بالتفاعل الماص للطاقة.

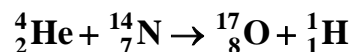
مثال 5(كتاب): في التفاعل النووي الاتي:



جد قيمة طاقة التفاعل النووي بوحدة (MeV) ، ثمرين نوعية التفاعل . مع العلم ان الكتل الذرية لكل من :

$${}^{14}_7\text{N} = 14.003074u \quad , \quad {}^4_2\text{He} = 4.002603u \quad , \quad {}^{17}_8\text{O} = 16.999132u \quad , \quad {}^1_1\text{H} = 1.007825u$$

الحل :



$$Q = [M_a + M_x - M_y - M_b]c^2 = (4.002603 + 14.003074 - 16.999132 - 1.007825) \times 931 \\ = (-0.00128) \times 931 = -1.192 \text{MeV}$$

بما ان Q سالبة ($Q < 0$) لذلك فالتفاعل هو من النوع الماص للحرارة.

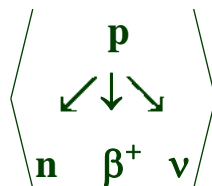
ملاحظات حول المعادلات النووية

- 1- في المعادلات النووية يجب ان يكون مجموع الاعداد الذرية ومجموع الاعداد الكتلية متساوي في طرفي المعادلة النووية ، اي ان المعادلة النووية يجب ان تكون موزونة.
- 2- في كل انواع الانحلال الاشعاعي تسمى النواة الاصلية قبل الانحلال بالنواة الام اما النواة الناتجة بعد الانحلال فتسمى بالنواة الوليدة (او البنت).
- 3- الجدول التالي يوضح معادلات الانحلال الاشعاعي:

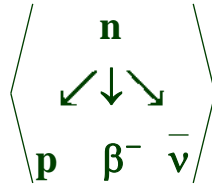


نوع الانحلال	الصيغة العامة للمعادلة	الامثلة
انحلال الفا (α)	$\langle X \rightarrow y + \alpha \rangle$	$(^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He})$
انحلال بيتا الموجبة (β^+)	$\langle X \rightarrow y + \beta^+ + \nu \rangle$	$(^{10}_6\text{C} \rightarrow ^{10}_5\text{B} + ^0_{+1}\text{e} + ^0_0\nu)$
انحلال بيتا السالبة (β^-)	$\langle X \rightarrow y + \beta^- + \bar{\nu} \rangle$	$(^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e} + ^0_0\bar{\nu})$
الاسر الالكتروني	$\langle X + \beta^- \rightarrow y + \nu \rangle$	$(^{41}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{41}_{19}\text{K} + ^0_0\nu)$
انحلال كاما (γ)	$\langle X^* \rightarrow X + \gamma \rangle$	$(^{12}_6\text{C}^* \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^0_0\gamma)$

- 4- يرافق انحلال بيتا الموجبة (β^+) او البوزترون (مضاد الالكترون) ($^0_{+1}\text{e}$) انبعاث جسيم شحنته وكتلته السكونية تساوي صفر يسمى (النيوترينو) ورمزه (ν) ($^0_0\nu$) (اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر) . وان انبعاث البوزترون من النواة هو نتاج لانحلال احد بروتوناتها (^1_1P) الى نيوترون (^1_0n) وبوزترون ($^0_{+1}\text{e}$) ونيوترينو (ν) ($^0_0\nu$) لان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها وكما في المعادلة النووية الاتية: $(^1_1\text{P} \rightarrow ^1_0\text{n} + ^0_{+1}\text{e} + ^0_0\nu)$.



5- يرافق انحلال بيتا السالبة (β^-) او الالكترون (${}^0_{-1}e$) انبعاث جسيم شحنته وكتلته السكونية تساوي صفر يسمى (مضاد النيوتريينو) ورمزه $\bar{\nu}$ (${}^0_0\bar{\nu}$) (اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر) وان انبعاث الالكترون من النواة هو نتاج لانحلال احد نيوتروناتها (1_0n) الى بروتون (1_1P) والالكترون (${}^0_{-1}e$) ومضاد نيوتريينو $\bar{\nu}$ (${}^0_0\bar{\nu}$) لان نسبة عدد نيوترونات الى بروتونات النواة هي اكبر من النسبة اللازمة لاستقرارها وحسب المعادلة النووية الاتية: $({}^1_0n \rightarrow {}^1_1P + {}^0_{-1}e + {}^0_0\bar{\nu})$.



- 6- يرافق الاسر الالكتروني انبعاث جسيم النيوتريينو ν (${}^0_0\nu$).
- 7- اشارة النجمة (*) في الانحلال الاشعاعي بواسطة اشعة كاما تعني ان النواة في حالة اثاره او تهيج.
- 8- ان الصيغة العامة لمعادلة التفاعل النووي هي: $(a + X \rightarrow Y + b)$ مثل التفاعل النووي بين جسيم النيوترون ونواة (${}^{238}_{92}U$) اذ ينتج عن هذا التفاعل نواة نظير اليورانيوم (U) واشعة كاما وكما يلي: $({}^1_0n + {}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{92}U + {}^0_0\gamma)$.
- 9- جدول يوضح الجسيمات (او الدقائق) التي يجب على الطالب حفظها:

الرمز	الدقيقة او الجسيم
$({}^1_1P)$ او (P) او $({}^1_1H)$	البروتون
(n) او $({}^1_0n)$	النيوترون
(α) او $({}^4_2He)$	الفا
$({}^0_{-1}e)$ او (β^-)	بيتا السالبة (او الالكترون)
$({}^0_{+1}e)$ او (β^+)	بيتا الموجبة (او البوزترون) مضاد الالكترون
(ν) او $({}^0_0\nu)$	النيوتريينو
$(\bar{\nu})$ او $({}^0_0\bar{\nu})$	مضاد النيوتريينو
(γ) او $({}^0_0\gamma)$	كاما

10- جدول يوضح ماذا يفعل الانحلال الاشعاعي بكل من (Z) و (A) للنواة بعد الانحلال:

نوع الانحلال	(Z)	(A)
انحلال الفا (α)	(-2)	(-4)
انحلال بيتا الموجبة (β^+)	(-1)	ثابت
انحلال بيتا السالبة (β^-)	(+1)	ثابت
الاسر الالكتروني	(-1)	ثابت
انحلال كاما (γ)	ثابت	ثابت

س : علل . تعد النيوترونات قذائف مهمة في التفاعلات النووية.

ج : وذلك لان شحنة النيوترون تساوي صفرا وهو بذلك يستطيع ان يدخل الى النواة بسهولة جدا (اكثر بكثير من جسيمات الفا او البروتونات مثلا) وذلك لعدم وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية بينه وبين النواة.

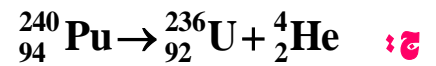
س : ما قوانين الحفظ التي يجب ان تتحقق في التفاعلات النووية؟

ج : a- قانون حفظ (الطاقة - الكتلة). b- قانون حفظ الزخم الخطي. c- قانون حفظ الزخم الزاوي.

d- قانون حفظ الشحنة الكهربائية (او قانون حفظ العدد الذري).

e- قانون حفظ عدد النيوكليونات (او قانون حفظ العدد الكتلي).

س(وزاري) : اكتب المعادلة النووية لانحلال نواة البلوتونيوم ($^{240}_{94}\text{Pu}$) تلقائيا الى نواة اليورانيوم ($^{236}_{92}\text{U}$) بواسطة انحلال الفا.



س(وزاري) : اكمل المعادلات النووية الاتية : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ?$ ، $^{12}_6\text{C}^* \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ?$ ، $^{240}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{236}_{92}\text{U} + ?$ ، $^{41}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{41}_{19}\text{K} + ?$ ، $^2_1\text{H} + ^9_4\text{Be} \rightarrow ^7_3\text{Li} + ?$ ، $^{12}_6\text{C}^* \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ?$ ، $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$ ، $^{41}_{20}\text{Ca} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{41}_{19}\text{K} + ^0_0\text{v}$ ، $^{12}_6\text{C}^* \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^0_0\gamma$ ، $^{240}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{236}_{92}\text{U} + ^4_2\text{He}$ ، $^2_1\text{H} + ^9_4\text{Be} \rightarrow ^7_3\text{Li} + ^4_2\text{He}$ ، $^{12}_6\text{C}^* \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^0_0\gamma$ ، $^{240}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{236}_{92}\text{U} + ^4_2\text{He}$ ، $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^A_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$ في المعادلة النووية الاتية : $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^A_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$: س(وزاري) : ما مقدار قيمة العدد (A) في التفاعلات النووية الاتية :

$$226 = A + 4 \Rightarrow A = 226 - 4 = 222 \quad \text{ج}$$

س(وزاري) : ما قيمة العدد (A) في التفاعلات النووية الاتية :

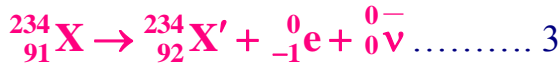
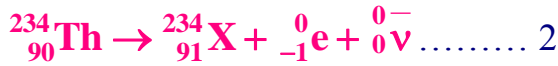


$$4 + 14 = A + 1 \Rightarrow A = 18 - 1 = 17 \quad , \quad 4 + 9 = A + 1 \Rightarrow A = 13 - 1 = 12 \quad \text{ج}$$

س : نواة اليورانيوم ($^{238}_{92}\text{U}$) انحلت بواسطة انحلال الفا التلقائي فتحوّلت الى نواة الثوريوم (Th). ثم انحلت نواة الثوريوم بواسطة انحلال بيتا السالبة التلقائي وتحوّلت الى نواة (X). ثم انحلت نواة (X) بواسطة انحلال بيتا السالبة التلقائي وتحوّلت الى نواة (X').

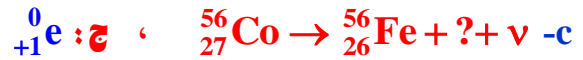
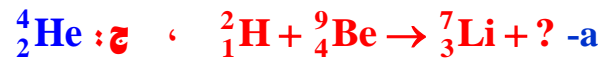
a- اكتب المعادلات النووية الثلاث لهذه الانحلاات النووية بالتسلسل. b- حدد اسم النواة (X').

ج : a-



b- بما ان للنواة ($^{234}_{92}\text{X}'$) العدد الذري (92) وهو نفس العدد الذري لنواة اليورانيوم ($^{238}_{92}\text{U}$) ، نستنتج ان النواة ($^{234}_{92}\text{X}'$) هي نظير لنواة اليورانيوم ($^{238}_{92}\text{U}$) أي ان: $^{234}_{92}\text{X}' = ^{234}_{92}\text{U}$ اذن اسم النواة X' هي نواة اليورانيوم ($^{234}_{92}\text{U}$).

س : اكمل المعادلات النووية الآتية :



س : ما الذي يفعله في قيم العدد الكتلي والعدد الذري للنواة الام ؟

1- انحلال بيتا السالبة 2- انحلال بيتا الموجبة 3- الاسر الالكتروني 4- انحلال كما

- ج : 1- في انحلال بيتا السالبة فان العدد الكتلي للنواة الام يبقى نفسه (لا يتغير) والعدد الذري يزداد بمقدار واحد.
2- في انحلال بيتا الموجبة العدد الكتلي يبقى ثابتا والعدد الذري ينقص بمقدار واحد.
3- في الاسر الالكتروني فان العدد الكتلي يبقى ثابتا والعدد الذري ينقص بمقدار واحد.
4- في انحلال كما العدد الكتلي يبقى ثابتا والعدد الذري يبقى ثابتا.



المجاورة لنوى تنحل تلقائيا بواسطة انحلال بيتا ، هل



وبيتا الموجبة والاسر الالكتروني في قيم العدد الكتلي



ج : من ملاحظة المعادلات الثلاث فان العدد الكتلي للنواة الام يبقى ثابت (لا يتغير) اما العدد الذري فيزداد بمقدار واحد في انحلال بيتا السالبة ويقل بمقدار واحد في انحلال بيتا الموجبة والاسر الالكتروني.

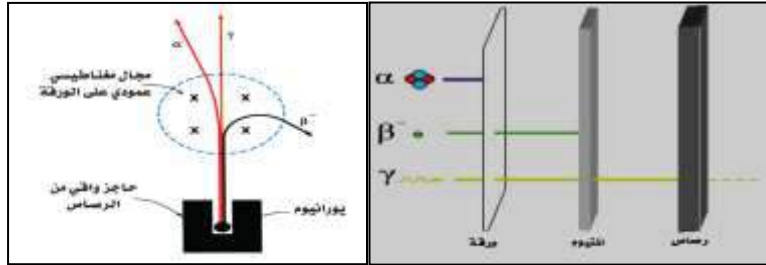
س : قارن بين جسيمات الفا وجسيمات بيتا السالبة واشعة كاما من حيث :

1- قدرتها على تأين المواد . 2- قدرتها على اختراق المواد . 3- التأثير بالمجال الكهربائي او المغناطيسي

ج : 1- ان جسيمات الفا لها القدرة الاكبر على تأين المواد تليها جسيمات بيتا السالبة والاقل منهما قدرة هي اشعة كاما .

2- ان اشعة كاما لها القدرة الاكبر على اختراق المواد تليها جسيمات بيتا السالبة والاقل منهما قدرة هي جسيمات الفا (فهي عادة لا تخترق الملابس وجلد الانسان) .

3- تتأثر جسيمات الفا بالمجال الكهربائي او المجال المغناطيسي وتنحرف باتجاه يدل على انها موجبة الشحنة وتتأثر جسيمات بيتا السالبة وتنحرف باتجاه يدل على انها سالبة الشحنة ولا تنحرف اشعة كاما بتأثير المجال الكهربائي او المجال المغناطيسي .



س : علام يدل ؟

1- انحراف جسيمات الفا باتجاه معين بتأثير مجال كهربائي او مجال مغناطيسي؟

2- انحراف جسيمات بيتا السالبة باتجاه معين بتأثير مجال كهربائي او مجال مغناطيسي؟

3- عدم انحراف اشعة كاما بتأثير المجال الكهربائي او المجال المغناطيسي؟

ج : 1- يدل على انها موجبة الشحنة . 2- يدل على انها سالبة الشحنة .

3- يدل على انها غير مشحونة (او شحنتها تساوي صفر) .

الانشطار النووي:

س : ما المقصود بالانشطار النووي؟

ج : هو تفاعل نووي تقسم فيه نواة ثقيلة (مثل نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$) الى نواتين متوسطتين بالكتلة وذلك عن طريق قصف هذه النواة الثقيلة بوساطة نيوترون بطيء (نيوترون حراري) ، وهو نيوترون ذو طاقة صغيرة حوالي (0.025eV) .

* كثير ما نسمع عن الطاقة الهائلة والمتحررة من عملية الانشطار النووي واستعمالاتها السلمية وغير السلمية .

* عادة ما تكون نتيجة الانشطار النووي نوى جديدة مشعة وعدد من النيوترونات (نموذجيا اثنان او ثلاثة) . فضلا عن الطاقة الهائلة .

مثلا تتحرر طاقة تقدر بنحو (200MeV) عند انشطار نواة واحدة فقط من اليورانيوم ($^{235}_{92}\text{U}$) ولذلك فان الطاقة المتحررة من الانشطار النووي هي مثلا اكبر بكثير من الطاقة المتحررة من التفاعلات الكيميائية.

* ومن احد الامثلة المحتملة على تفاعلات انشطار نواة اليورانيوم ($^{235}_{92}\text{U}$) بواسطة نيوترون بطيء هو التفاعل الاتي:



ويمثل الرمز ($^{236}_{92}\text{U}^*$) نواة اليورانيوم المركبة المثيجة.

س : من اين تأتي الطاقة الهائلة من عملية الانشطار النووي؟

ج : تأتي هذه الطاقة من حقيقة كون ان مجموع الكتل الناتجة هي اقل من مجموع الكتل المتفاعلة اذ تتحول الكتلة المفقودة الى كتلة هائلة وفق علاقة اينشتاين في تكافؤ (الكتلة - الطاقة).

التفاعل النووي المتسلسل:

س : ما المقصود بالتفاعل النووي المتسلسل؟

ج : هو التفاعل النووي الذي يجعل عملية انشطار نوى اليورانيوم ($^{235}_{92}\text{U}$) وغيرها من النوى القابلة للانشطار ان تستمر بالتفاعل النووي المتسلسل.

س : ماذا يحصل اذا لم يسيطر على التفاعل النووي المتسلسل؟

ج : سيؤدي ذلك الى انفجار عنيف مدمر مع انبعاث كمية هائلة من الطاقة . وقد صنعت القنبلة النووية (شائعا الذرية) والتي غالبا ما تدعى ايضا بالقنبلة الانشطارية بناءا على هذه الحالة.

س : على أي اساس صنعت القنبلة النووية (شائعا الذرية او القنبلة الانشطارية).

ج : صنعت على اساس ان التفاعل النووي المتسلسل يؤدي الى انشطار عنيف مدمر مع انبعاث كمية هائلة من الطاقة.

س : ما المقصود بالمفاعل النووي؟

ج : عبارة عن مجموعة من المنظومات التي تسيطر على التفاعل النووي الانشطاري المتسلسل للوقود النووي (مثل اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ او البلوتونيوم $^{239}_{94}\text{Pu}$) والطاقة الناتجة منه.

ملاحظة:

1- اول تفاعل نووي انشطاري متسلسل مسيطر عليه من قبل الانسان كان اجراه العالم فيرمي ومساعدوه

وذلك في اول مفاعل نووي شغل في مدينة شيكاغو في الولايات المتحدة الامريكية عام (1942).

2- يستفاد حاليا وبشكل واسع من المفاعلات النووية وللاغراض السلمية مثلا في انتاج الطاقة الكهربائية.

الاندماج النووي :**س : ما المقصود بالاندماج النووي؟**

ج : هو تفاعل نووي تدمج فيه نواتان صغيرتان (خفيفتان بالكتلة) لتكوين نواة اثقل وتكون كتلة النواة الاثقل هي اقل من مجموع كتلتي النواتين الخفيفتين الاصليتين وفرق الكتلة يتحول الى طاقة متحررة وذلك على وفق علاقة اينشتاين الخاصة بتكافؤ (الكتلة - الطاقة).

س : ماذا نعني بقولنا (غالبا ما يطلق على التفاعل النووي الاندماجي المسيطر عليه بمصدر الطاقة الذي قد لا ينضب) .

ج : لان مصدر الوقود النووي المستعمل (الهيدروجين) هو متاح وميسر وهو الماء المتوفر بكثرة في الكرة الارضية.

س : ما العائق الرئيس للحصول على طاقة مفيدة من الاندماج النووي؟

ج : هو وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية الكبيرة بين البروتونات والنوى المتفاعلة عندما تكون المسافة بينهم قصيرة.

س : من اين للشمس كل هذه الطاقة والتي تغمر بها الارض ومن عليها من احياء بالضوء والحرارة؟

ج : ان هذه الطاقة الهائلة ناتجة من تفاعل نووي يسمى الاندماج النووي.

س : ما العمليات والتفاعلات النووية الرئيسة لانتاج الطاقة الهائلة في الشمس؟

ج : تعد سلسلة عمليات او تفاعلات او اندماج نوى ذرات الهيدروجين الاعتيادي (البروتونات) لتوليد نواة ذرة الهيليوم (${}^4_2\text{He}$) هي العمليات الرئيسة التي تحدث في باطن الشمس حيث درجة الحرارة هي حوالي ($1.5 \times 10^7 \text{K}$) وذلك ضمن سلسلة او دورة تسمى دورة (بروتون - بروتون).

س : هل الطاقة التي يحررها الاندماج النووي اكبر او اصغر من الطاقة التي يحررها الانشطار النووي لكتل متساوية من الوقود النووي.

ج : الطاقة التي يحررها الاندماج النووي اكبر من الطاقة التي يحررها الانشطار النووي لكتل متساوية من الوقود النووي.

س : هل القنبلة الهيدروجينية من التفاعلات النووية الاندماجية غير المسيطر عليها ام من التفاعلات النووية الاندماجية المسيطر عليها.

ج : من التفاعلات النووية الاندماجية غير المسيطر عليها.

س : ايهما اكثر خطرا واشد فتكا القنبلة النووية (الانشطارية) ام القنبلة الهيدروجينية (القنبلة الاندماجية)؟

ج : القنبلة الهيدروجينية اعظم خطرا واشد فتكا من القنبلة النووية (الاندماجية) وذلك لان الاندماج النووي يحرر طاقة اكبر من الطاقة التي يحررها الانشطار النووي لكتل متساوية من الوقود النووي.

س : لماذا يعد الاندماج النووي مصدرا للطاقة النظيفة ؟

ج : لان نواتج الاندماج النووي غير مشعة بعكس نواتج الانشطار النووي والتي تكون مشعة.

س : ماذا يطلق على التفاعل النووي الاندماجي المسيطر عليه ؟ ولماذا ؟

ج : يطلق عليه مصدر الطاقة الذي لا ينضب لان مصدر الوقود النووي المستعمل (الهيدروجين) هو متاح وميسر وهو الماء المتوفر بكثرة في الكرة الارضية .

س : ماذا يتطلب لاجل اعطاء البروتونات والنوى المتفاعلة طاقة كافية للتغلب على قوة كولوم الكهربائية التنافرية ؟

ج : يتطلب رفع درجة حرارة التفاعل النووي الى درجة حرارة عالية جدا (حوالي 108K) حيث يصبح الوسط المعول عليه في مثل هذه الدرجات العالية هو ما يسمى بالبلازما (الحالة الرابعة للمادة). ولكن لا توجد مادة معروفة في الوقت الحاضر لها القدرة على تحمل مثل هذه الحرارة العالية جدا.

س : كيف يسعى العلماء والباحثون الى ابتكار طرق جديدة لاحتواء البلازما المتفاعلة واللازمة للاندماج النووي ؟

ج : وذلك باستعمال المجال المغناطيسي لحصر البلازما داخل حاوية ولكن بعيدا عن جدرانها (مثل جهاز التوكاماك) ولو امكن التوصل الى تفاعل نووي اندماجي مسيطر عليه لاصبحت المفاعلات النووية الاندماجية من اهم مفاعلات المستقبل.

جهاز التوكاماك : وهو جهاز يتم فيه استعمال المجال المغناطيسي لحصر البلازما داخل حاوية ولكن بعيدا عن جدرانها .

س : ما الفائدة العملية من جهاز التوكاماك ؟

ج : لاحتواء البلازما المتفاعلة واللازمة للاندماج النووي .

مخاطر وفوائد الإشعاع النووي:

قد نستغرب اذا علمنا اننا جميعا نتعرض الى الاشعاعات النووية في كل لحظة من حياتنا ولكن من اين تاتي هذه الاشعاعات النووية التي نتعرض لها والجواب الاكيد هو من البيئة التي نعيش فيها.

س : اذكر مصادر الاشعاع النووي؟ ووضح كل منهما.

ج: 1- مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي : وتشتمل على الاشعة الكونية والاشعاع النووي من القشرة الارضية وكذلك النشاط الاشعاعي في جسم الانسان.

ج: 2- مصادر الاشعاع النووي الاصطناعي : ومنها المصادر النووية المشعة المستعملة في الطب لغرض التشخيص والعلاج والنفائات النووية المشعة والغبار النووي المتساقط من اختبارات الاسلحة النووية والاشعاعات النووية المنتجة من المفاعلات النووية واستعمال المصادر النووية المشعة في البحوث والدراسات.

س(وزاري) : علام تعتمد درجة ونوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي؟

ج : تعتمد على : 1- نوع الاشعاع 2- طاقة الاشعاع 3- العضو المعرض لهذا الاشعاع.

س : ما تأثير ومخاطر الاشعاع النووي في جسم الانسان؟ وضح ذلك.

ج : تعتمد درجة ونوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي على عدة عوامل منها نوع الاشعاع (كاشعة كاما او جسيمات الفا... الخ) وطاقة هذا الاشعاع والعضو الذي يتعرض لهذا الاشعاع (كبد او عظم او عين..... الخ) ، اذ ينتج التلف الاشعاعي في جسم الانسان من تأثير التاين في خلايا الجسم المختلفة ويؤدي الضرر في خلايا الجسم الاعتيادية الى تاثيرات مبكرة مثل التهاب الجلد او تاثيرات متاخرة مثل مرض السرطان (تاثيرات جسدية). اما الاضرار التي تحدث في الخلايا التناسلية فيمكن ان تؤدي الى حدوث ولادات مشوهة ويمكن ان ينتقل الضرر الى الاجيال اللاحقة (تاثيرات وراثية).

س(وزاري) : وضح اهم الاستعمالات المفيدة والسلمية للاشعاع النووي والطاقة النووية؟

ج : 1- في المجال الطبي: في القضاء على الفيروسات وفي تعقيم بعض المستلزمات الطبية.

2- في المجال الزراعي: في دراسة فسلجة النبات وتغذيته وفي حفظ المواد الغذائية.

3- في المجال الصناعي: في تسيير المركبات الفضائية وفي تسيير السفن البحرية والغواصات.

س : ما الاجراء الاحترازي اللازم اتخاذه لكي نقي انفسنا من مخاطر الاشعاع النووي الخارجي الذي قد يمكن ان نتعرض له اضطراريا؟ وضح ذلك.

ج : وجوب تجنب التعرض للاشعاعات النووية اساسا وفي حالة التعرض لمثل هذه الاشعاعات اضطراريا يجب علينا: **a-** تقليل زمن التعرض للاشعاع النووي الى اقل ما يمكن.

b- الابتعاد عن مصدر الاشعاع النووي اكثر ما يمكن.

c- استعمال الحواجز الواقية والملائمة (درع) بين الانسان ومصدر الاشعاع النووي (استعمال مادة الرصاص مثلا).

قوانين الفصل

$${}^A_ZX \quad , \quad A = Z + N \quad , \quad q = Ze \quad , \quad R = r_0 \sqrt[3]{A}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad \text{or} \quad V = \frac{4}{3} \pi r_0^3 A$$

$$E_b = \Delta m c^2 \quad \text{or} \quad E_b = (ZM_H + Nm_n - M) c^2 \quad , \quad \Delta m = ZM_H + Nm_n - M$$

$$E'_b = \frac{E_b}{A}$$

$$E = hf \quad \text{or} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad , \quad c = f \lambda$$

$$Q_\alpha = (M_p - M_d - M_\alpha) c^2 \quad , \quad Q = (M_a + M_x - M_y - M_b) c^2$$

$$1u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad , \quad 1\text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J} \quad , \quad 1\text{F} = 10^{-15} \text{ m}$$

أسئلة الفصل

س 1 : اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :

1- نصف قطر النواة (R) يتغير تغيراً :

- ✓ طردياً مع $A^{\frac{1}{3}}$. ✗ عكسياً مع $A^{\frac{1}{3}}$. ✗ طردياً مع (A^3) . ✗ عكسياً مع (A^3) .

2- تكون قيم معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون :

- ✗ أكبر لنوى العناصر الخفيفة . ✗ أكبر لنوى العناصر الثقيلة .
✗ متساوية لجميع نوى العناصر . ✓ أكبر لنوى العناصر المتوسطة .

3- كل مما يلي من خصائص القوة النووية ما عدا أنها :

- ✗ تربط وتمسك بنيوكليونات النواة . ✗ لا تعتمد على الشحنة .
✓ ذات مدى طويل جداً . ✗ الاقوى في الطبيعة .

4- إذا افترضنا ان طاقة الربط النووية لنواة النيون ($^{20}_{10}\text{Ne}$) تساوي (161MeV) فان معدل طاقة الربط النووية

لكل نيوكليون لنواة النيون بوحدة (MeV) يساوي :

- ✓ 8.05 ✗ 16.1 ✗ 3220 ✗ 1610

5- تنحل نواة نظير البولونيوم ($^{218}_{84}\text{Po}$) تلقائياً الى نواة نظير الرصاص ($^{214}_{82}\text{Pb}$) بوساطة انحلال :

- ✗ غاما ✗ بيتا السالبة ✗ بيتا الموجبة ✓ الفا .

6- عندما تعاني نواة تلقائياً انحلال بيتا الموجبة فان عددها الذري :

- ✗ يزداد بمقدار واحد ✓ يقل بمقدار واحد ✗ يقل بمقدار اربعة . ✗ لا يتغير .

7- في التفاعل النووي التالي : $^4_2\text{He} + ^9_4\text{Be} \rightarrow ^A_6\text{C} + ^1_0\text{n}$ تكون قيمة العدد (A) هي :

- ✗ 13 ✓ 12 ✗ 5 ✗ 6

8- في الفيزياء النووية تسمى عملية اندماج نواتين صغيرتين (خفيفتين بالكتلة) لتكوين نواة أثقل :

- ✗ انشطار نووي . ✗ عملية الاسر الالكتروني . ✗ انحلال بيتا الموجبة . ✓ اندماج نووي .

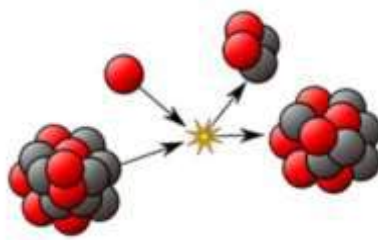
9- من مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي هي :

- ✗ الغبار المتساقط من اختبارات الاسلحة النووية . ✓ الاشعة الكونية .
✗ الاشعاعات النووية المنتجة من المفاعلات النووية . ✗ ولا واحدة منها .

10- تتم عملية الانشطار النووي لنواة اليورانيوم ($^{235}_{92}\text{U}$) باستعمال :

- ✗ بروتون ذو طاقة صغيرة . ✗ جسيمة الفا ذات طاقة صغيرة .

- ✓ نيوترون بطيء . ✗ ولا واحدة منها .



مسائل الفصل

استفد

كتلة ذرة الهيدروجين $(^1_1\text{H}) = 1.007825\text{u}$ ، كتلة ذرة الهيليوم $(^4_2\text{He}) = 4.002603\text{u}$ كتلة النيوترون $= 1.008665\text{u}$ $1\text{u} = 1.66 \times 10^{-27}\text{kg}$, $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J.s}$, $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$, $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$, $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\text{J}$

س1: وضع وقود نووي داخل مفاعل نووي ، وبعد حدوث التفاعل النووي كان النقص في كتلته الذي تحول الى طاقة نووية

يساوي (0.25g) . جد مقدار الطاقة النووية الناتجة مقدرة بوحدة (MeV) .

الحل :

$$E = \Delta mc^2 = 0.25 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 0.25 \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 2.25 \times 10^{13}\text{J}$$

$$E = \frac{2.25 \times 10^{13}}{1.6 \times 10^{-13}} = 1.406 \times 10^{26}\text{MeV}$$

س2: للنواة $(^{56}_{26}\text{Fe})$ جد :

a- مقدار شحنة النواة.

b- نصف قطر النواة مقدرا بوحدة (m) او لا ، وبوحدة (F) ثانيا .c- حجم النواة مقدرا بوحدة (m^3) .مع العلم ان $(\sqrt[3]{7} = 1.913)$.

الحل :

$$Z = 26 , A = 56$$

$$\text{a) } q = Ze = 26 \times 1.6 \times 10^{-19} = 41.6 \times 10^{-19}\text{C}$$

b)

1)

$$R = r_0 \sqrt[3]{A} = 1.2 \times 10^{-15} \sqrt[3]{56} = 1.2 \times 10^{-15} \sqrt[3]{8 \times 7} = 1.2 \times 10^{-15} \times 2 \times \sqrt[3]{7} \\ = 2.4 \times 10^{-15} \times 1.913 = 4.59 \times 10^{-15}\text{m}^3$$

2)

$$R = \frac{4.59 \times 10^{-15}}{10^{-15}} = 4.59\text{F}$$

$$\text{c) } V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi (4.59 \times 10^{-15})^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times 96.7 \times 10^{-45} = 404.85\text{m}^3$$

س3: اذا علمت ان نصف قطر نواة البولونيوم $(^{216}_{84}\text{Po})$ يساوي ضعف نصف قطر نواة مجهولة (X) . جد العدد الكتلي

للنواة المجهولة؟

الحل :

$$R_{\text{Po}} = 2R_X \Rightarrow r_0 \sqrt[3]{A_{\text{Po}}} = 2r_0 \sqrt[3]{A_X} \Rightarrow A_{\text{Po}} = 8A_X \Rightarrow 216 = 8A_X$$

$$\therefore A_X = \frac{216}{8} = 27$$

س4: جد طاقة الربط النووية لنواة ($^{126}_{52}\text{Te}$) مقدرة بوحدة (MeV) اولا ، وبوحدة (J) ثانيا . اذا علمت ان كتلة ذرة ($^{126}_{52}\text{Te}$) تساوي (125.903322u) .

الحل :

$$Z = 52 , A = 126 , N = A - Z = 126 - 52 = 74$$

1)

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 = (52 \times 1.007825 + 74 \times 1.008665 - 125.903322) \times 931$$

$$= (52.4069 + 74.64121 - 125.903322) \times 931 = 1.144788 \times 931 = 1065.798 \text{ MeV}$$

2)

$$E_b = 1065.798 \times 1.6 \times 10^{-13} = 1705.277 \times 10^{-13} \text{ J}$$

س5: للنواة ($^{12}_6\text{C}$) جد :

a- النقص الكتلي مقدرا بوحدة (u) . b - طاقة الربط النووية مقدرة بوحدة (MeV) .

c- معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون مقدرة بوحدة (MeV) .

⊙ مع العلم ان كتلة ذرة ($^{12}_6\text{C}$) تساوي (12u) .

الحل :

$$Z = 6 , A = 12 , N = A - Z = 12 - 6 = 6$$

$$a - \Delta m = ZM_H + Nm_n - M = 6 \times 1.007825 + 6 \times 1.008665 - 12 = 6.04695 + 6.05199 - 12$$

$$= 0.09894 \text{ u}$$

$$b - E_b = \Delta mc^2 = 0.09894 \times 931 = 92.113 \text{ MeV}$$

$$c - E'_b = \frac{E_b}{A} = \frac{92.113}{12} = 7.676 \text{ MeV}$$

س6: أي النواتين الاتيتين تمتلك طاقة ربط نووية اكبر من الاخرى ، نواة (^3_1H) ام نواة (^3_2He) ؟ جد الجواب بوحدة

(MeV) . مع العلم ان الكتل الذرية لكل من : $^3_1\text{H} = 3.016050$, $^3_2\text{He} = 3.016030$

الحل :

^3_1H :

$$Z = 1 , A = 3 , N = A - Z = 3 - 1 = 2$$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 = (1 \times 1.007825 + 2 \times 1.008665 - 3.016050) \times 931$$

$$= (1.007825 + 2.01733 - 3.016050) \times 931 = (3.025155 - 3.016050) \times 931$$

$$= 0.009105 \times 931 = 8.477 \text{ MeV}$$

^3_2He :

$$Z = 2 , A = 3 , N = A - Z = 3 - 2 = 1$$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 = (2 \times 1.007825 + 1 \times 1.008665 - 3.016030) \times 931$$

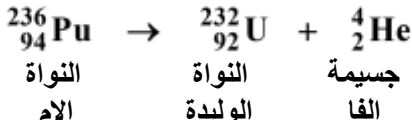
$$= (2.015650 + 1.008665 - 3.016030) \times 931 = (3.024315 - 3.016030) \times 931$$

$$= 0.008285 \times 931 = 7.713 \text{ MeV}$$

اذن طاقة الربط النووية لنواة ^3_1H اكبر من طاقة الربط النووية لنواة ^3_2He .

س7 : برهن ان نواة البلوتونيوم ($^{236}_{94}\text{Pu}$) تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة اليورانيوم ($^{232}_{92}\text{U}$) بواسطة انحلال الفا . اكتب المعادلة النووية للانحلال . مع العلم ان الكتلة الذرية لكل من :

$$^{236}_{94}\text{Pu} = 236.046071\text{u} , \quad ^{232}_{92}\text{U} = 232.037168\text{u}$$



الحل :

المعادلة النووية للانحلال هي :

$$Q_\alpha = [M_P - M_d - M_\alpha]c^2 = [236.046071 - 232.037168 - 4.002603] \times 931$$

$$= (4.008903 - 4.002603) \times 931 = 0.0063 \times 931 = 5.865\text{MeV}$$

بما ان قيمة Q_α هي قيمة موجبة أي ان ($Q_\alpha > 0$) لذلك تحقق شرط الانحلال التلقائي .

س8 : ما مقدار تغير كتلة نواة ساكنة ابتدائيا عندما تطلق تلك النواة اشعة كآما طاقتها (2MeV) ؟ جد الجواب مقدرا بوحدة (u) او لا ، وبوحدة (kg) ثانيا . ما الطول الموجي لهذه الاشعة مقدرا بوحدة (m) ؟ اهتمل ارتداد النواة .

$$1) E = \Delta mc^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{2}{931} = 0.002148\text{u}$$

$$2) \Delta m = 0.002148 \times 1.66 \times 10^{-27} = 0.0035656 \times 10^{-27} \text{kg}$$

$$E = 2\text{MeV} = 2 \times 1.6 \times 10^{-13} = 3.2 \times 10^{-13} \text{J}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3.2 \times 10^{-13}} = \frac{19.89 \times 10^{-26}}{3.2 \times 10^{-13}} = 6.216 \times 10^{-13} \text{m}$$

الحل

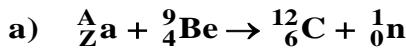
س9 : حدث تفاعل نووي بين جسيم ساقط ونواة البريليوم (^9_4Be) الساكنة ونتاج عن هذا التفاعل جسيم النيوترون ونواة الكربون ($^{12}_6\text{C}$) .

a- عبر عن هذا التفاعل بمعادلة تفاعل نووي ومنها حدد اسم الجسيم الساقط .

b- جد طاقة التفاعل النووي مقدرة بوحدة (MeV) . c- ما نوع هذا التفاعل النووي ؟

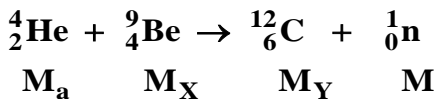
$$\odot \text{ مع العلم ان الكتلة الذرية لكل من : } ^9_4\text{Be} = 9.012186\text{u} , \quad ^{12}_6\text{C} = 12\text{u}$$

الحل :



$$Z + 4 = 6 \Rightarrow Z = 2 , \quad A + 9 = 13 \Rightarrow A = 4$$

الجسيم الساقط هو جسيمة الفا (^4_2He) وبذلك تكون معادلة التفاعل هي :



$$b) Q = (M_a + M_X - M_Y - M_b)c^2 = (4.002603 + 9.012186 - 12 - 1.008665) \times 931$$

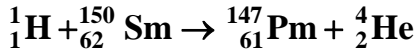
$$= (13.014789 - 13.008665) \times 931 = 0.006124 \times 931 = 5.701\text{MeV}$$

c-

بما ان (Q) موجب لذلك فالتفاعل هو من نوع المحرر للطاقة .

س10: حدث تفاعل نووي بين بروتون ساقط ونواة السماريوم ($^{150}_{62}\text{Sm}$) الساكنة ونتاج عن هذا التفاعل جسيمة الفا ونواة البروميثيوم ($^{147}_{61}\text{Pm}$) . فاذا علمت بان طاقة التفاعل النووي تساوي (6.88MeV) وان كتلة ذرة السماريوم تساوي 149.917276u . عبر عن هذا التفاعل بمعادلة تفاعل نووي ، ثم جد كتلة ذرة البروميثيوم مقدرة بوحدة (u).

الحل :



$$Q = (M_a + M_x - M_y - M_b)c^2 \Rightarrow \frac{Q}{c^2} = M_a + M_x - M_y - M_b$$

$$\frac{6.88}{931} = 1.007825 + 149.917276 - M_y - 4.002603$$

$$0.00739 = 150.925101 - M_y - 4.002603 \Rightarrow 0.00739 = 146.922498 - M_y$$

$$\therefore M_y = 146.922498 - 0.00739 = 146.915108\text{u}$$

س11: اذا افترضنا بانه طاقة مقدارها (200MeV) تحرر عند انشطار نواة واحدة من اليورانيوم ($^{235}_{92}\text{U}$) . جد عدد نوى اليورانيوم اللازمة لتحرير طاقة مقدارها ($3.2 \times 10^{12}\text{J}$).

الحل :

$$\text{عدد النوى} = \frac{\text{الطاقة الكلية المحررة}}{\text{الطاقة التي تحررها نواة واحدة}}$$

$$\therefore \text{عدد النوى} = \frac{3.2 \times 10^{12}}{200 \times 1.6 \times 10^{-13}} = \frac{3.2 \times 10^{12}}{3.2 \times 10^{-11}} = 10^{23} \text{ nucleon}$$

الواجبات

مثال1: للنواة ($^{64}_{29}\text{Cu}$) جد مقدار : a- شحنة النواة . b- نصف قطر النواة . c- حجم النواة.

مثال2: للنواة ($^{12}_6\text{C}$) جد : 1- النقص الكتلي مقدرا بوحدة (u) .

2- طاقة الربط النووية مقدرة بوحدة (MeV)

علما ان كتلة ذرة ($^{12}_6\text{C}$) تساوي (12u) ، ($c^2 = 931\text{MeV/u}$)

مثال3: اذا علمت ان نصف قطر نواة الالمنيوم ($^{27}_{13}\text{Al}$) يساوي نصف نصف قطر نواة مجهولة (X) . جد العدد الكتلي للنواة المجهولة؟



تم بعونه تعالى