سلسلة الحزمي التعليمية

الجمهورية اليمنية
وزارة التربية والتعليم
مكتب التربية والتعليم بالأمانة

الفيـزياء

Key of the physics

للصف الثالث الثانوي

2019-2020

إعـداد الاستاذ
محمد علي الجمل
ثانوية الكويت



حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تمهيد(مراجعة وأساسيات - Review and Basics)

الفيزياء(Physics):

هو العلم الذي يهتم بدراسة الظواهر الطبيعية ويفسر حدوثها ويتوقع نتائجها ، ويرتكز علم الفيزياء بالإضافة إلى الجانب النظري(التفكير المنطقي) على الجانب التجريبي(العملي) أو التجريب وهذا الجانب يتطلب نمطاً من التفكير يسمى الأسلوب العلمي في التفكير والذي يتألف من خمس خطوات متسلسلة هي:

تحديد المشكلة ← جمع المعلومات حولها ← وضع الفروض ← اختبار صحة الفروض ← الإستنتاج ووضع الحلول

ولو أمعنا النظر في إجابات إختبارات مادة الفيزياء لوجدنا أن كثيراً من أخطاء الطلاب هي عدم قدرتهم على إكمال الحل نتيجة جهلهم أو نسيانهم لبعض الأساسيات الرياضية(على الطالب أن يتذكر دائماً أن الرياضيات لغة الفيزياء والفيزيائية البسيطة لذلك رأينا ضرورة البدء بالإشارة إلى أهمها قبل الشروع في المقرر ، ومنها:

صور الأعداد(Images of Numbers):

يمكن للعدد الحقيقي أن يكتب بإحدى الصور الثلاث (العشرية ، النسبية ، الأسية) .

مثال(١): ٠,٢٥ (الصورة العشرية) = $\frac{١}{٤}$ (الصورة النسبية) = ٢٥ × $١٠^{-٢}$ (الصورة الأسية)

ملاحظة: يمكن أن يكون للعدد الحقيقي مالا نهاية من الصور العشرية ومالا نهاية من الصور النسبية ومالا نهاية من الصور الأسية .

مثال(٢): $\frac{٢}{٣} = \frac{٤}{٦} = \frac{٦}{٩} = \frac{٨}{١٢} = \frac{١٠}{١٥} = \frac{١٢}{١٨}$ = ٠٠٠

إثراء: ١- أذكر ما تستطيع من صور العددين (٠ ، ١٥) .
٢- ما الفرق بين الرقم والعدد ؟
٣- بين الإختلاف بين كل من قراءة الرياضيات وقراءة الفيزياء للأعداد (٥,٧ ، ٥,٧٠ ، ٥,٧٠٠) .

المضاعف المشترك الأصغر(Smallest Bifold-In common):

في عمليات جمع وطرح الأعداد النسبية نوحد المقامات بإيجاد المضاعف المشترك الأصغر وهو أصغر عدد يمكن أن يقبل القسمة على هذه المقامات بدون باقي .

مثال(٣): إيجاد المضاعف المشترك الأصغر للأعداد (٢ ، ٣ ، ٤) كما يلي:
مضاعفات العدد (٢) هي: ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ١٠ ، (١٢) ، ١٤ ، ١٦ ، ١٨ ، ٢٠ ، ٢٢ ، (٢٤) ، ٢٦ ، ٠٠٠
مضاعفات العدد (٣) هي: ٣ ، ٦ ، ٩ ، (١٢) ، ١٥ ، ١٨ ، ٢١ ، (٢٤) ، ٢٧ ، ٣٠ ، ٣٣ ، (٣٦) ، ٣٩ ، ٠٠٠
مضاعفات العدد (٤) هي: ٤ ، ٨ ، (١٢) ، ١٦ ، ٢٠ ، (٢٤) ، ٢٨ ، ٣٢ ، (٣٦) ، ٤٠ ، ٤٤ ، (٤٨) ، ٥٢ ، ٠٠٠
فنجد أن المضاعفات المشتركة للأعداد (٢ ، ٣ ، ٤) هي: ١٢ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٤٨ ، ٦٠ ، ٠٠٠ لنستنتج أن المضاعف المشترك الأصغر لها هو العدد [١٢] ، ولذلك نجد أن:

$$\frac{٢٥}{٢٤} = \frac{٥}{٢} \times \frac{٥}{١٢} = \frac{\frac{٥}{١٢}}{\frac{٢}{٥}} = \frac{\frac{٩-٨+٦}{١٢}}{\frac{٢}{٥}} = \frac{\frac{٣}{٤}-\frac{٢}{٣}+\frac{١}{٢}}{\frac{٢}{٥}}$$

وكما نلاحظ أنه في حالة القسمة نحولها إلى ضرب مع جعل مقام المقام بسط وبسطه مقام ، وفي حالة الضرب نضرب البسط في البسط والمقام في المقام للحصول على الناتج .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

النسب المثلثية للزوايا المشهورة والخاصة(Triangular Ratios for Angles Famous and Special):

الزاوية / النسبة	٣٠°	٤٥°	٦٠°	٠°	٩٠°	١٨٠°	٢٧٠°
جاهـ	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	٠	١	٠	١-
جتاهـ	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	١	٠	١-	٠
ظاهـ	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	١	$\sqrt{3}$	٠	غير معرفة	٠	غير معرفة
ظتاهـ	$\sqrt{3}$	١	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	غير معرفة	٠	غير معرفة	٠

جدول (١)

حل مسائل فيزياء الثانوية(Solution of Secondary Physics Questions):

إن حل أغلب مسائل فيزياء الثانوية يكون من خلال اتباع الخطوات التالية:
الأولى: استخراج المعطيات من المسألة .
الثانية: التعويض بالمعطيات في العلاقة المستخدمة للحل .
الثالثة: استخدام العمليات الرياضية للوصول للصيغة النهائية للحل(الناتج) .
وكما يظهر بعض من هذه الخطوات في حل المثال التالي:

مثال(٤): أوجد قيمة الكمية (ص) إذا علمت أن قيمة الكمية (س) = ٤ فيما يأتي:

أ- $س = \frac{ص}{2} - ٤$ ، ب- $س = ٣ص + ٤$.

الحل: أ- الخطوة الأولى : نعوض عن الكميات المعطاة في المسألة فنحصل على:

$$٥ \times ٤ = \frac{ص}{2} - ٤ \quad \Leftarrow \quad ٢٠ = \frac{ص}{2} - ٤$$

الخطوة الثانية : نتخلص من المطروح بإضافته إلى الطرف الآخر فنحصل على:

$$٢٠ + ٤ = \frac{ص}{2} \quad \Leftarrow \quad ٢٤ = \frac{ص}{2}$$

الخطوة الثالثة : نتخلص من المقسوم عليه بضرب الطرف الآخر به فنحصل على:

$$٢٤ \times ٢ = ص \quad \therefore \quad ص = ٤٨$$

ب- الخطوة الأولى : نعوض عن الكميات المعطاة في المسألة فنحصل على:

$$٥ \times ٤ = ٣ص + ٤ \quad \Leftarrow \quad ٢٠ = ٣ص + ٤$$

الخطوة الثانية : نتخلص من المضاف بطرحه من الطرف الآخر فنحصل على:

$$٢٠ - ٤ = ٣ص \quad \Leftarrow \quad ١٦ = ٣ص$$

الخطوة الثالثة : نتخلص من المضروب به بقسمة الطرف الآخر عليه فنحصل على:

$$\frac{١٦}{٣} = ص \quad \therefore \quad ص = \frac{١٦}{٣}$$

وقد يستخدم الطالب في حل بعض المسائل التحليل باستخراج العامل المشترك ونادراً جداً ما يستخدم تحليل المقدار الجبري الثلاثي فليراجع ذلك من مقرر الرياضيات ، وكثيراً ما يستخدم الطالب قاعدة الضرب التبادلي !

فإذا كان لدينا الكميات (أ ، ب ، جـ ، د) بحيث أن: $\frac{أ}{ب} = \frac{جـ}{د} \equiv$ أ : ب = جـ : د ، فإن:

حاصل ضرب الطرفين = حاصل ضرب الوسطين ، أي أن: أ د = ب جـ $\equiv$ د أ = جـ ب .

نتائج: ١- $أ = \frac{ب جـ}{د}$ ، ٢- $د = \frac{ب جـ}{أ}$ ، ٣- $ب = \frac{أ د}{جـ}$ ، ٤- $جـ = \frac{أ د}{ب}$.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الكميات الفيزيائية(Physical Quantities):

الكمية الفيزيائية هي صفة لظاهرة طبيعية يمكن قياسها وتنقسم الكميات الفيزيائية من حيث التعريف والاصطلاح إلى:
١- كميات أساسية: وهي التي تعرف بذاتها أو بما تم الاصطلاح عليه ولا تعرف بدلالة غيرها من الكميات الفيزيائية الأخرى مثل (الطول ، الكتلة ، الزمن ، الشحنة الكهربائية ، درجة الحرارة ، .....) .
٢- كميات مشتقة: وهي التي تشتق من الكميات الفيزيائية الأخرى وتعرف بدلالتها مثل (المساحة ، الحجم ، الكثافة ، السرعة ، العجلة ، القوة ، الشغل ، شدة التيار ، .....) .
كما تنقسم الكميات الفيزيائية نفسها أيضاً من حيث التحديد والوصف إلى:
١- كميات قياسية: وهي التي يكفي لوصفها وتحديدها ذكر مقدارها فقط مثل (المسافة ، الحجم ، الكثافة ، الكتلة ، الزمن ، درجة الحرارة ، الشغل ، .....) .
٢- كميات متجهة: وهي التي لا يتم تحديدها تحديداً تاماً إلا بذكر اتجاهها بالإضافة إلى المقدار مثل (الإزاحة ، السرعة ، العجلة ، القوة ، كمية التحرك ، الدفع ، .....) .

وحدات قياس لكميات فيزيائية أساسية في أنظمة القياس المشهورة:

اسم النظام	وحدات القياس العيارية			
	الأطوال (ل)	الكتلة (ك)	الزمن (ز)	درجة الحرارة (T)
العالمي(SI) أو الدولي	متر (م)	كيلوجرام (كجم)	ثانية (ث)	الدرجة المطلقة (°k)
الفرنسي أو جاوس	سنتيمتر (سم)	جرام (جم)	ثانية (ث)	الدرجة المئوية (°c)
البريطاني(الإنجليزي)	قدم (ft)	سلاك (slug)	ثانية (ث)	الدرجة الفهرنهايتية (°f)

جدول (٢)

مع العلم بأن: ١ متر = ٣,٢٨٠٨ قدم ، ١ سلاك = ١٤,٦ كجم .

وتربط بين وحدات قياس درجة الحرارة لأنظمة القياس الثلاثة العلاقة التالية: $\frac{°C}{١٠٠} = \frac{٣٢ - °F}{١٨٠} = \frac{٢٧٣ - °K}{١٠٠}$.

مثال(٥): تكون أشباه الموصلات عازلة تماما عند درجة الصفر المطلق ذلك يحدث عند درجة
(صفر°م ، ١٠٠°م ، ٢٧٣°م ، –٢٧٣°م) - اختر الإجابة الصحيحة - (سؤال وزاري) .
الحل: من العلاقة السابقة نجد أن °C = °K – ١٠٠ = صفر – ٢٧٣ = –٢٧٣°م ، وهي الإجابة الصحيحة .

وحدات قياس الكميات الفيزيائية المشتقة:

تشتق وحدات قياس الكميات الفيزيائية المشتقة من وحدات الكميات التي اشتقت منها كالآتي:

مثال(٦): أثبت أن وحدة العجلة(جـ) هي (م / ث^{٢}) .

الحل: ∵ $جـ = \frac{ع - ع}{ز}$ ⟸ وحدة (جـ) = $\frac{\text{وحدة}(ع - ع)}{\text{وحدة}(ز)} = \frac{\frac{م}{ث} - \frac{م}{ث}}{ث} = \frac{\frac{م}{ث}}{ث} = \frac{م}{ث} \times \frac{١}{ث}$ = (م / ث^{٢}) .

مثال(٧): أثبت أن الكميتان (ك ع^{٢} ، ك جـ ف) لهما نفس وحدات القياس . (سؤال وزاري)

الحل: وحدة (ك ع^{٢}) = كجم.م^{٢}/ ث^{٢} = (كجم . م/ ث^{٢}) .م = نيوتن.م = جول ..... (١) .
وحدة (ك جـ ف) = (كجم . م/ ث^{٢}).م = نيوتن.م = جول ..... (٢) .
من (١) و (٢) نجد أن الكميتان (ك ع^{٢} ، ك جـ ف) لهما نفس وحدات القياس .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

بادئات وحدات القياس(Prefixes of Units):

البادئة هي جزء من أو ضعف وحدة قياس الكمية الفيزيائية ، والجدول التالي يحوي بادئات يحتاج الطالب إليها في المرحلة الثانوية:

البادئة	قيمتها (معناها)		
	بالصورة العشرية	بالصورة النسبية	بالصورة الأسية
جيجا(G)	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠	$\frac{١٠٠٠٠٠٠٠٠٠}{١}$	$١٠^{٩}$
ميجا(M)	١٠٠٠٠٠٠	$\frac{١٠٠٠٠٠٠}{١}$	$١٠^{٦}$
كيلو(K)	١٠٠٠	$\frac{١٠٠٠}{١}$	$١٠^{٣}$
هيكتو(H)	١٠٠	$\frac{١٠٠}{١}$	$١٠^{٢}$
ديكا(D)	١٠	$\frac{١٠}{١}$	$١٠^{١}$
ديسي(d)	٠,١	$\frac{١}{١٠}$	$١٠^{-١}$
سنتي(c)	٠,٠١	$\frac{١}{١٠٠}$	$١٠^{-٢}$
مللي(m)	٠,٠٠١	$\frac{١}{١٠٠٠}$	$١٠^{-٣}$
مايكرو(μ)	٠,٠٠٠٠٠١	$\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$	$١٠^{-٦}$
نانو(n)	٠,٠٠٠٠٠٠٠٠١	$\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠٠٠٠}$	$١٠^{-٩}$
إنكسترو(Å)	٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠١	$\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠}$	$١٠^{-١٠}$

جدول (٣)

نعلم أن كيلومتر = ١٠٠٠ متر ، وكيلو جرام = ١٠٠٠ جرام ، معنى هذا أن كلمة كيلو تعني (١٠٠٠) من أي وحدة قياس أخرى ، فكيلو ثانية يعني (١٠٠٠) ثانية وكيلو كلفن يعني (١٠٠٠) كلفن ، وهكذا كل بادئة تحمل معناها(قيمتها) من الوحدة ، وللتحويل من البادئات إلى وحدات القياس نستخدم العلاقة التالية:

المقدار × البادئة × الوحدة = المقدار × قيمة البادئة × الوحدة ، وبقسمة الطرفين على (قيمة البادئة) نحصل على:

المقدار × الوحدة = $\frac{\text{المقدار}}{\text{قيمة البادئة}}$ × البادئة × الوحدة ، هذه العلاقة تستخدم لتحويل وحدات القياس إلى البادئات .

مثال(٨): يتحرك جسم بسرعة مقدارها (٥٠٠) كيلومتر في الساعة ، إحسب المسافة التي يقطعها خلال (٥) دقائق .

الحل:

ع = ٥٠٠ كم/ساعة = $\frac{٥٠٠ \text{ كم}}{١ \text{ ساعة}}$ = $\frac{٥٠٠ \times ١٠٠٠ \text{ م}}{١ \times ٣٦٠٠ \text{ ث}}$ = $\frac{٥٠٠٠}{٣٦}$ م/ث ، ز = ٥ دقائق = ٥ × ٦٠ ث = ٣٠٠ ث .

∴ المسافة المقطوعة(ف) = ع × ز = $\frac{٥٠٠٠}{٣٦}$ × ٣٠٠ = $\frac{١٢٥٠٠٠}{٣}$ ≅ ٤,١٧ × $١٠^{٤}$ متر .

إثراء: ١- ما المقصود بـ (π = $\frac{٢٢}{٧}$ = ٣,١٤٣) راد ؟

٢- ما المقصود بكل من السرعة المنتظمة والسرعة غير المنتظمة ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تدريب(١): باستخدام وحدات القياس أثبت صحة العلاقات التالية:

أ- ف = ع ز ± $\frac{1}{2}$ جـ ز^{2} ب- الدفع(دفع) = التغير في كمية التحرك(Δكت) .

تدريب(٢): جسيم يتحرك بسرعة (٥) جيجا متر/ساعة في مسار يصنع دائرة مساحتها ٩ سم^{2} ، احسب:

أ- تردد هذا الجسيم . ب- المسافة التي يقطعها في كل دورة .

جـ- الإزاحة التي يعملها الجسيم: ١- خلال نصف الدورة ، ٢- خلال دورة كاملة .

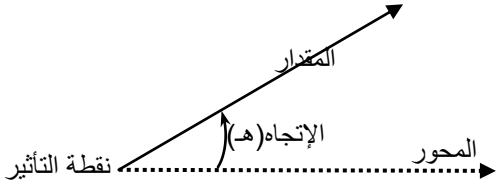
مساعدة: أ- (مقدار) سم^{2} = (مقدار) سم × سم = (مقدار) ×١٠$^{-٢}$ م × ١٠$^{-٢}$ م = (مقدار) ×١٠$^{-٤}$ م^{2} **١سم^{2}=١٠$^{-٤}$ م^{2}**

ب- مساحة الدائرة = πنق^{2} . جـ- محيط الدائرة = ٢πنق .

تدريب(٣): ضع (كم/ساعة ، م/ث) في الفراغين التاليين لتصبح العبارة صحيحة:

٣٠٠ ..... < ٣٠٠ .....

المتجهات(Vectors - الكميات الفيزيائية المتجهة):



شكل (١)

تمثل الكمية الفيزيائية المتجهة بمتجه يتحدد بأربعة عناصر هي:

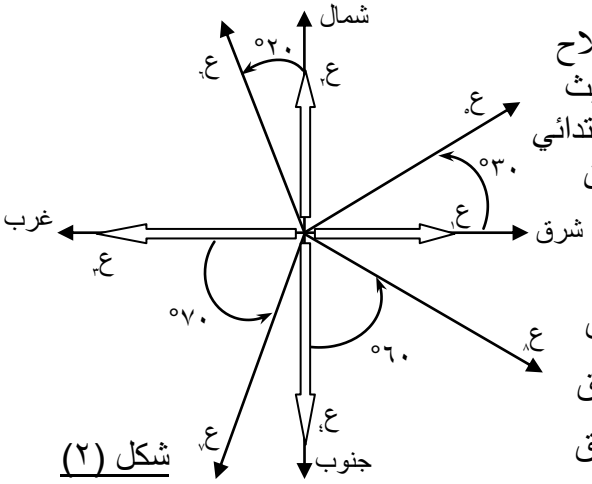
١- المقدار: طول السهم الذي يمثل الكمية الفيزيائية المتجهة .

٢- الإتجاه: الزاوية (هـ) المحصورة بين موجب السينات والسهم .

٣- نقطة الإسناد(التأثير): بداية السهم(ذيل المتجه) .

٤- المحور: الخط الذي تقع عليه الكمية المتجهة . - كما في الشكل (١) المجاور - .

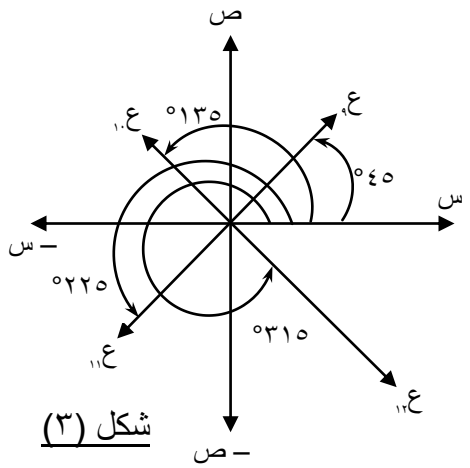
تحديد إتجاه المتجه(السرعة مثلا):



شكل (٢)

يحدد اتجاه السرعة بالنسبة للأفق(موجب السينات) وهذا هو الإصطلاح وقد يحدد بالنسبة لأحد المحاور الإحداثية أو بالنسبة للجهات الأربع بحيث تمثل السرعة الضلع النهائي للزاوية(الإتجاه) والمحور يمثل الضلع الإبتدائي لها ، فقد يتحرك الجسم بسرع مختلفة المقادير(ع) والإتجاهات(هـ) ومن أمثلتها - كما في الشكلين(٢ ، ٣) - ما يلي:

- (ع$_{١}$) باتجاه موجب السينات(باتجاه الأفق) ↔ باتجاه موجب السينات
- (ع$_{٢}$) باتجاه موجب الصادات ↔ باتجاه الشمال ↔ (٩٠°) مع الشرق
- (ع$_{٣}$) باتجاه سالب السينات ↔ باتجاه الغرب ↔ (١٨٠°) مع الأفق
- (ع$_{٤}$) باتجاه سالب الصادات ↔ باتجاه الجنوب ↔ (٢٧٠°) مع الأفق
- (ع$_{٥}$) باتجاه (٣٠°) مع موجب السينات(الأفق) ↔ (٣٠°) مع الشرق
- (ع$_{٦}$) باتجاه (٢٠°) مع موجب الصادات ↔ (٢٠°) مع الشمال
- (ع$_{٧}$) باتجاه (٧٠°) مع سالب السينات ↔ (٧٠°) مع الغرب
- (ع$_{٨}$) باتجاه (٦٠°) مع سالب الصادات ↔ (٦٠°) مع الجنوب
- (ع$_{٩}$) باتجاه الشمال الشرقي ↔ هـ = ٤٥° مع الأفق(الشرق)
- (ع$_{١٠}$) باتجاه الشمال الغربي ↔ هـ = ٤٥° مع موجب الصادات = ١٣٥° مع موجب السينات
- (ع$_{١١}$) باتجاه الجنوب الغربي ↔ هـ = ٤٥° مع سالب السينات = ٢٢٥° مع الأفق



شكل (٣)

- (ع$_{١٢}$) باتجاه الجنوب الشرقي ↔ هـ = ٤٥° مع سالب الصادات = ٣١٥° مع الأفق .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

نقل المتجه:

يمكن نقل المتجه من مكانه إلى أي مكان آخر بشرط الإحتفاظ بخصائصه الهندسية(مقداره و اتجاهه) .

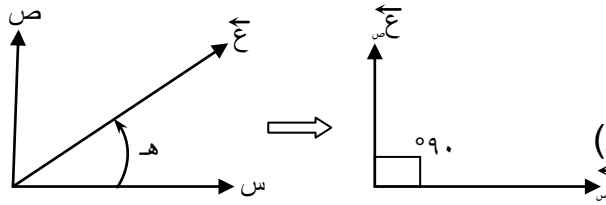
تحليل المتجه(السرعة مثلا):

إذا كان لدينا السرعة $\overleftarrow{ع}$ تصنع زاوية (هـ) مع موجب السينات فيمكن تحليلها إلى مركبتين متعامدتين حسب العلاقتين:

- المركبة السينية($ع_س$) = ع جتاهـ ..... (١) .

- المركبة الصادية($ع_ص$) = ع جاهـ ..... (٢) .

وبمعلومية المركبتين ($\overleftarrow{ع_س}$ ، $\overleftarrow{ع_ص}$) يمكن حساب مقدار السرعة(ع) والإتجاه(الزاوية هـ) الذي تصنعه مع الأفق بإستخدام العلاقتين:



شكل (٤)

$ع = \sqrt{(ع_س)^2 + (ع_ص)^2}$ ..... (٣) .

$هـ = ظا^{-1}\left(\frac{ع_ص}{ع_س}\right)$ ..... (٤) - وكما في الشكل (٤) - .

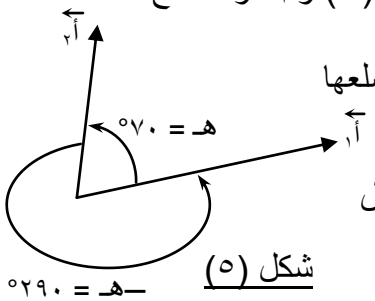
والقاعدة العامة لهذا التحليل هي: - المركبة القريبة من الزاوية (هـ) المجاورة لها تكون بدلالة جتاهـ .
- المركبة البعيدة عن الزاوية (هـ) المقابلة لها تكون بدلالة جاهـ .

تعيين الزاوية بين متجهين:

الحالة الأولى: لتعيين الزاوية بين متجهين $\overleftarrow{أ_1}$ ، $\overleftarrow{أ_2}$ يجب أن يكونا خارجين من نقطة واحدة كما في الشكل (٢) التالي:

- تكون الزاوية بين $\overleftarrow{أ_1}$ $\overleftarrow{أ_2}$ هي (هـ) = ٧٠° حيث أن $\overleftarrow{أ_1}$ هو الضلع الإبتدائي للزاوية (هـ) و$\overleftarrow{أ_2}$ هو الضلع النهائي لها .

- أما الزاوية بين $\overleftarrow{أ_2}$ $\overleftarrow{أ_1}$ فهي (–هـ) = ٣٦٠° – ٧٠° = ٢٩٠° ، حيث أن $\overleftarrow{أ_2}$ هو ضلعها الإبتدائي و$\overleftarrow{أ_1}$ هو ضلعها النهائي .

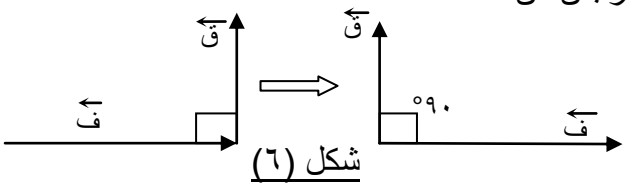


شكل (٥)

الحالة الثانية: إذا كان المتجهين $\overleftarrow{أ_1}$ ، $\overleftarrow{أ_2}$ غير خارجين من نقطة واحدة فيجب أن ننقل أحدهما(على امتداده) أو كليهما حتى يصبحا خارجين من نقطة واحدة ثم نعين الزاوية كما في الحالة الأولى ، ففي الشكل (٦) المجاور:

- تكون الزاوية بين المتجهين $\overleftarrow{ف}$ $\overleftarrow{ق}$ بعد ترتيبهما حتى أصبحا خارجان من نقطة واحدة هي الزاوية (هـ) = ٩٠° .

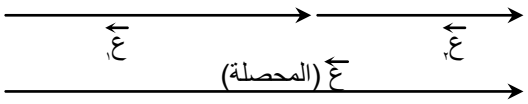
- أما الزاوية بين المتجهين $\overleftarrow{ق}$ $\overleftarrow{ف}$ فهي (–هـ) = ٣٦٠° – ٩٠° = ٢٧٠° .



شكل (٦)

إيجاد محصلة متجهين(السرعة - كمثال -):

ليكن لدينا السرعتين $\overleftarrow{ع_1}$ ، $\overleftarrow{ع_2}$ ولحساب محصلتيهما واتجاهها يجب معرفة الزاوية(هـ) بينهما:



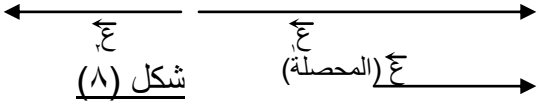
شكل (٧)

أ- إذا كانت السرعتان $\overleftarrow{ع_1}$ ، $\overleftarrow{ع_2}$ في نفس الإتجاه فالزاوية بينهما(هـ) = ٠° ، لذلك يكون مقدار محصلتيهما هو:

ع = $ع_1$ + $ع_2$! واتجاه السرعة المحصلة هو نفس اتجاههما - كما يوضحه الشكل (٧) - .

ب- إذا كانت السرعتان $\overleftarrow{ع_1}$ ، $\overleftarrow{ع_2}$ في اتجاهين متضادين فالزاوية بينهما (هـ) = ١٨٠° ، لذلك فمقدار محصلتيهما هو:

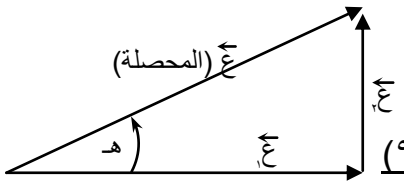
ع = |$ع_1$ – $ع_2$| ! واتجاه السرعة المحصلة هو اتجاه السرعة الأكبر أي باتجاه ($ع_1$) ! - كما في الشكل (٨) - .



شكل (٨)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

جـ- إذا كانت السرعتان $\overleftarrow{ع_1}$ ، $\overleftarrow{ع_2}$ متعامدتان فالزاوية بينهما(هـ) = ٩٠° ، لذلك يكون مقدار محصلتيهما هو: ع = $\sqrt{(ع_1)^2 + (ع_2)^2}$ ، واتجاهها يحسب من العلاقة: هـ = ظا$^{-1}$ $\left(\frac{ع_{المقابلة}}{ع_{المجاورة}}\right)$ ، كما في الشكل (٩) المجاور .



شكل (٩)

ضرب متجهين:

ضرب متجهين ($\overleftarrow{أ_1}$ ، $\overleftarrow{أ_2}$)

- ضرب قياسي(•)
  - $\overleftarrow{أ_1} \cdot \overleftarrow{أ_2}$ = أ١ أ٢ جتاهـ = أ٣ (كمية قياسية)
  - مثال: $\overleftarrow{ف} \cdot \overleftarrow{ق}$ = ف ق جتاهـ = شغ
- ضرب متجهي(×)
  - $\overleftarrow{أ_1} \times \overleftarrow{أ_2}$ = أ١ أ٢ جاهـ = $\overleftarrow{أ_3}$ (كمية متجهة)
  - مثال: $\overleftarrow{ف} \times \overleftarrow{ق}$ = ف ق جاهـ = $\overleftarrow{ع(ق)}$

حيث أن (هـ) هي الزاوية بين المتجهين ($\overleftarrow{أ_1}$ ، $\overleftarrow{أ_2}$)

إثراء: أ- $\overleftarrow{ع_1}$ ، $\overleftarrow{ع_2}$ كميتان متجهتان تكون الزاوية (هـ) بين $\overleftarrow{ع_1}$ $\overleftarrow{ع_2}$ تساوي الزاوية بين $\overleftarrow{ع_1}$ $\overleftarrow{ع_2}$ والتي هي (–هـ) في حالة أنهما: (متضادتين ، في نفس الإتجاه ، متعامدتين ، لا توجد حالة التساوي) . (اختر الإجابة الصحيحة)

ب- تعتبر الطاقة الحركية كمية فيزيائية قياسية بالرغم من أنها حاصل ضرب الكتلة(ك) في مربع السرعة($ع^2$) ، وضح ذلك .

تدريب(٤): سيارتان تتحرك الأولى باتجاه الشرق والأخرى باتجاه الجنوب الغربي ، فإذا كان مقدار سرعة كلٍ منهما ١٢٠ كم/ساعة ، فهل يصح قولنا إن سرعتيهما متساويتان ؟ وضح إجابتك .

معادلات الحركة في خط مستقيم(Equations of Motion at straight line):

معادلات الحركة في خط مستقيم

للاتجاه الأفقي:		للاتجاه الرأسي(سقوط حر):
ع = ع١ + جـ ز	الأولى	ع = ع١ + ؏ ز
ف = ع١ ز + $\frac{1}{2}$ جـ ز^2	الثانية	ف = ع١ ز + $\frac{1}{2}$ ؏ ز^2
ع^2 = ع١^2 + ٢جـ ف	الثالثة	ع^2 = ع١^2 + ٢ ؏ ف

فإذا كانت حركة الجسم في خط مستقيم أفقياً تكون عجلته(جـ) متغيرة اعتماداً على القوة المؤثرة عليه ، أما إذا كانت رأسياً(السقوط الحر) فتصبح العجلة قيمة ثابتة وهي عجلة الجاذبية الأرضية(؏) ، لأن القوة المؤثرة على الجسم قوة ثابتة وهي قوة الجاذبية الأرضية(ق$_{ج}$ = و = ك ؏) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٩): (خيارات) إذا سقط جسم سقوطا حرا من ارتفاع ٨٠ م لكي يصل إلى الأرض فسيستغرق زمنا قدره (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) ث . (سؤال وزاري)

المعطيات:
ف = ٨٠ م ، ع = صفر
ء = ٩,٨ م/ث^{٢} ، ز = ؟ .

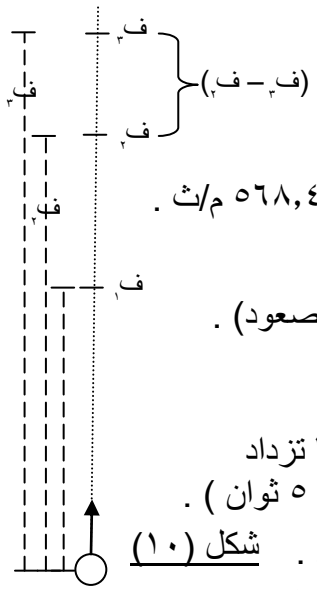
الحل:
سقوط حر(الحركة في خط مستقيم) لذلك نستخدم المعادلة الثانية للحركة:

∵ ف = ع ز + $\frac{١}{٢}$ ء ز^{٢} ⟸ ٨٠ = صفر × ز + $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ز^{٢} ⟸ ١٦٠ = ٩,٨ز^{٢} ∴ ز = $\sqrt{\frac{١٦٠}{٩,٨}}$ ≅ ٤ ث .

مثال(١٠): أطلقت قذيفة مضادة للطائرات رأسيا إلى أعلى فوجد أنها قطعت مسافة قدرها ٥٤٣,٩ م خلال الثانية الثالثة ، احسب:
أ- السرعة الابتدائية لها ، ب- زمن التحليق الكلي للقذيفة .

المعطيات:
ف$_{٣}$ – ف$_{٢}$ = ٥٤٣,٩ م ،
ع = صفر ، ز$_{٣}$ = ٣ ث ، ز$_{٢}$ = ٢ ث .
ع = ؟ ، ز = ؟ ، ء$_{صعود}$ = – ٩,٨ م/ث^{٢} .

الحل:
أ- بإمعان النظر في الشكل(١٠) ستلاحظ أنه بعد ثانية واحدة ستقطع القذيفة المسافة (ف$_{١}$) وبعد ثانيتين ستقطع المسافة (ف$_{٢}$) أي أنها ستقطع خلال الثانية الثانية المسافة (ف$_{٢}$ – ف$_{١}$) . وكذلك ستقطع خلال الثانية الثالثة المسافة (ف$_{٣}$ – ف$_{٢}$) ..... وهكذا ، وباستخدام المعادلة الثانية للحركة في خط مستقيم يكون:



ف$_{٣}$ – ف$_{٢}$ = ٥٤٣,٩ = (ع ز$_{٣}$ + $\frac{١}{٢}$ ء ز$_{٣}^{٢}$) – (ع ز$_{٢}$ + $\frac{١}{٢}$ ء ز$_{٢}^{٢}$)

⟸ ٥٤٣,٩ = (ع × ٣ – $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ × ٣^{٢}) – (ع × ٢ – $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ × ٢^{٢})

⟸ ٥٤٣,٩ = ٣ع – ٤٤,١ – ٢ع + ١٩,٦ ∴ ع = (٥٤٣,٩ + ٤٤,١) – ١٩,٦ = ٥٦٨,٤ م/ث .

ب- وباستخدام المعادلة الأولى:

∵ ع = ع + ء ز ⟸ صفر = ٥٦٨,٤ – ٩,٨ز ⟸ ز = $\frac{٥٦٨,٤}{٩,٨}$ = ٥٨ ث (هذا زمن الصعود) .

∴ الزمن الكلي للتحليق = زمن الصعود + زمن الهبوط = ٢ز = ٢× ٥٨ = ١١٦ ث .

إثراء: ١- اختر الإجابة الصحيحة - سيارة تسارعها(عجلتها) ٥ م/ث^{٢} هذا يعني أن سرعتها تزداد بمقدار (١ م/ث كل ٥ ثوان ، ٥ م/ث في الثانية ، ١ م/ث في الثانية ، ٥ م/ث كل ٥ ثوان) .

شكل (١٠)

٢- أثبت أن للكمية (ع^{٢} – ع$_{٠}^{٢}$)/ ء والكمية ع ز + ع$_{٠}$/ ء نفس وحدات القياس .

٣- سقط حجر من سطح عمارة تلقائيا وبعد ثانية قذف آخر من النقطة نفسها إلى الأسفل بسرعة ابتدائية مقدارها ١٢ م/ث ، احسب:
أ- الزمن اللازم للحاق الثاني بالأول (٣,٢) ، ب- بعد مكان التقاء الحجرين عن نقطة الإسقاط . (٥٠)
جـ- سرعة كل منهما عند نقطة الالتقاء . (٣١,٣٦ ، ٣٣,٥٦)

قوانين نيوتن الثلاثة في الحركة(Newton's Laws of Motion):

قانون نيوتن الأول(التعريف الوصفي للقوة والقصور الذاتي):

"يستمر الجسم في حالته من السكون أو الحركة في خط مستقيم ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي(قوة) يغير من حالته" .
والصيغة الرياضية لهذا القانون هي: $\Sigma \overleftarrow{ق} = \overleftarrow{صفر} \Leftrightarrow \overleftarrow{ج} = \overleftarrow{صفر}$.

قانون نيوتن الثاني(التعريف الكمي للقوة وتسارع الجسم):

"إذا أثرت محصلة قوى لا تساوي الصفر على جسم أكسبته عجلة في اتجاهها تتناسب طردياً مع مقدار هذه القوة وعكسياً مع كتلة الجسم" ، والصيغة الرياضية لهذا القانون هي: $\Sigma \overleftarrow{ق} = ك \times \overleftarrow{ج}$.

قانون نيوتن الثالث(قوة الفعل وقوة رد الفعل):

"لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الإتجاه" والصيغة الرياضية له هي: $\overleftarrow{ق} = - \overleftarrow{ق}_{ر}$.

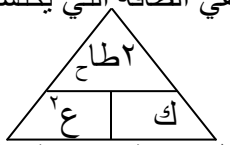
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ملحوظات على قانون نيوتن الثالث(للإطلاع فقط):

- هذا القانون يتحدث عن القوى المتبادلة بين الأجسام ، وليس عن حركة الأجسام أو سكونها إذ يمكن تطبيقه على الأجسام الساكنة(كتاب على طاولة) وعلى الأجسام المتحركة أيضا(الصاروخ واندفاع الغاز منه) .
- هذا القانون يحتاج في تطبيقه إلى جسمين بخلاف القانونين الأول والثاني .
- القوى المتبادلة(زوج القوى) تؤثر على جسمين مختلفين لا على جسم واحد ولذا فإنهما لا تلغيان بعضهما .
- من أهم نتائج هذا القانون اختزال القوى الداخلية لكل نظام أي لكل مجموعة مترابطة من الأجسام مثل قوى الشد أو القوى بين الجزيئات الصغيرة للجسم الواحد .
- يتحرك الجسم بسبب تأثير القوة المؤثرة عليه من الخارج ، وليس بسبب تأثير القوة التي يؤثر بها هو على الأجسام ولا تحت تأثير محصلة هاتين القوتين .
- لا توجد في الكون قوة مفردة لوحدها ، بل جميع القوى عبارة عن أزواج متبادلة من القوى بين الأجسام .
- يفيدنا هذا القانون في تمثيل قوى الترابط(قوى الشد ، قوى رد الفعل) .
- ينطبق هذا القانون على أي جزأين من نظام ما بغض النظر عن كونهما مرتبطين مادياً أم لا ، مثل تجاذب الكواكب .
- يطبق هذا القانون على جميع أنواع القوى المعروفة .

الطاقة الحركية للجسم(Kinetic Energy):

* هي الطاقة التي يكتسبها الجسم والناشئة عن حركته ، ويرمز له بالرمز(ط$_ح$) .



(١) ط$_ح$ = $\frac{١}{٢}$ ك ع^٢ ⟸ (٢) ك = ٢ط$_ح$/ع^٢ (٣) ع = $\sqrt{٢ط_ح / ك}$ ، حيث أن:

ك: كتلة الجسم ، ع: سرعة الجسم .

* ط$_ح$ كمية فيزيائية مشتقة ..... علل !
* ط$_ح$ كمية فيزيائية قياسية ..... علل !
* ط$_ح$ تقاس بوحدات الجول في النظام الدولي(SI) وبالأرج في نظام جاوس .

مثال(١١): شاحنة كتلتها ٣ طن ، احسب طاقتها الحركية الناشئة عند تحركها بسرعة مقدارها ٧٢ كم في الساعة .

المعطيات:
ك = ٣ طن = ٣ × ١٠٠٠ كجم = ٣ × ١٠^٣ كجم
ع = $\frac{٧٢ \text{ كجم}}{١ \text{ ساعة}} = \frac{٧٢ \times ١٠٠٠ \text{ م}}{١ \times ٣٦٠٠ \text{ ث}}$ = ٢٠ م/ث ، ط$_ح$ = ؟

الحل: ط$_ح$ = $\frac{١}{٢}$ ك ع^٢ = $\frac{١}{٢}$ × ٣ × ١٠^٣ × ٢٠^٢ = ٦ × ١٠^٥ جول .

وينص مبدأ حفظ الطاقة على أن:
"الطاقة لا يمكن أن تفنى أو تستحدث في حدود علم الإنسان ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى" .

الدفع المسلط على جسم(Thrusting):

* هو التأثير بقوة($\overleftarrow{ق}$) على جسم لفترة زمنية محددة(ز) ، ويكون باتجاه القوة الدافعة ، ويرمز له بالرمز ($\overleftarrow{دفع}$) .



(١) $\overleftarrow{دفع}$ = $\overleftarrow{ق}$ ز ⟸ (٢) $\overleftarrow{ق}$ = $\overleftarrow{دفع}$ / ز (٣) ز = $\overleftarrow{دفع}$ / $\overleftarrow{ق}$ ، حيث أن:

$\overleftarrow{ق}$: قوة الدفع ، ز: زمن الدفع .

* $\overleftarrow{دفع}$ كمية فيزيائية مشتقة ..... علل !
* $\overleftarrow{دفع}$ كمية فيزيائية متجهة ..... علل !
* $\overleftarrow{دفع}$ تقاس بوحدات (نيوتن.ث) في نظام (SI) ..... أثبت ذلك !

مثال(١٢) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

- إذا اكتسب جسم دفعاً مقداره (٦٠) نيوتن.ث في زمن قدره (٥) ثوان فإن مقدار القوة التي سببت هذا الدفع تساوي (٦ ، ٨ ، ١٠ ، ١٢) نيوتن . (اختر الإجابة الصحيحة)

المعطيات:
الدفع = ٦٠ نيوتن.ث ، ز = ٥ ث .

الحل: ∵ دفع = ق ز ⟸ ق = $\frac{\text{دفع}}{\text{ز}}$ = $\frac{٦٠}{٥}$ = ١٢ نيوتن .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١٣): أثرت قوة على جسم كتلته ٣٠ كجم فتحرك من السكون حتى أصبحت سرعته ٤٠ م/ث بعد ثانيتين ، احسب:
أ- مقدار القوة التي أثرت على الجسم ،
ب- مقدار الدفع المسلط على الجسم .

المعطيات:
ك = ٣٠ كجم
ع١ = صفر
ع٢ = ٤٠ م/ث
ز = ٢ ث
ق = ؟
دفع = ؟

الحل: أ- بما أن القوة سببت تسارع(عجلة) الجسم فبالتالي:

القوة المؤثرة = قوة التسارع(ق) = ك جـ = $\frac{ك(ع_٢ - ع_١)}{ز}$ ، لأن: جـ = $\frac{(ع_٢ - ع_١)}{ز}$

= ٣٠ × $\frac{٤٠ - صفر}{٢}$ = ٦٠٠ نيوتن .

ب- دفع = ق ز = ٦٠٠ × ٢ = ١٢٠٠ نيوتن.ث .

مثال(١٤): سقط جسم كتلته ٥٠ كجم سقوطاً حراً إلى الأرض من ارتفاع ٤٥ متر ،
أ- احسب مقدار القوة المؤثرة على الجسم ،
ب- احسب مقدار الدفع المسلط على الجسم .

المعطيات:
ك = ٥٠ كجم ، ف = ٤٥ م ، $ء_{هبوط}$ = ٩,٨ م/ث^{٢}
ع١ = صفر ، ق = ؟ ، دفع = ؟

الحل:
أ- بما أن الحركة سقوط حر فإن:
القوة المؤثرة = قوة الجاذبية(ق$_{جـ}$) = وزن الجسم(و) = ك ء = ٥٠ × ٩,٨ = ٤٩٠ نيوتن

ب- لحساب مقدار الدفع لابد من حساب الزمن المستغرق ونستخدم لذلك المعادلة الثانية للحركة:

∵ ف = ع١ ز + $\frac{١}{٢}$ ء ز^{٢} ⟸ ٤٥ = صفر × ز + $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ ز^{٢} ⟸ ز^{٢} = $\frac{٤٥ - صفر}{٤,٩}$ ⟸ ز = $\sqrt{\frac{٤٥}{٤,٩}}$ = ٣ ث

∴ دفع = ق ز = ٤٩٠ × ٣ = ١٤٧٠ نيوتن.ث .

تدريب(٥): أ- في المثال (١٤) السابق احسب سرعة الجسم لحظة ارتطامه بالأرض .
ب- احسب مقدار الدفع المسلط على جسم يتحرك بسرعة ثابتة .

كمية التحرك الخطي أو الزخم الخطي(Momentum):

* هي الخاصية التي تعبر عن مدى صعوبة إيقاف حركة جسم كتلته (ك) بسرعة ($\overleftarrow{ع}$) ، ويرمز لها بالرمز ($\overleftarrow{كت}$) .

⟸ (١) $\overleftarrow{كت}$ = ك $\overleftarrow{ع}$ (٢) ك = $\frac{\overleftarrow{كت}}{\overleftarrow{ع}}$ (٣) $\overleftarrow{ع}$ = $\frac{\overleftarrow{كت}}{ك}$ ، حيث أن:



ك: كتلة الجسم ، $\overleftarrow{ع}$: سرعته .

* $\overleftarrow{كت}$ كمية فيزيائية مشتقة ..... علل !
* $\overleftarrow{كت}$ كمية فيزيائية متجهة ..... علل !
* $\overleftarrow{كت}$ تقاس بوحدات (كجم . م/ث = نيوتن . ث) في النظام المتري(SI) ، أو بوحدات (جم . سم/ث) في نظام جاوس .

مثال(١٥) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):
جسم كتلته ٥٠٠٠ جم يتحرك بسرعة خطية مقدارها ٧٢ كم/ساعة فإن كمية تحركه تساوي (٢٥ ، ٥٠ ، ٧٥ ، ١٠٠) كجم.م/ث .

المعطيات:
ك = ٥٠٠٠ جم = ٥ كجم ،
ع = ٧٢ كم/ساعة = ٢٠ م/ث .

الحل: كمية التحرك(كت) = ك ع = ٥ × ٢٠ = ١٠٠ كجم.م/ث .

مثال(١٦): جسم كتلته ٣٥٠ جم يتحرك بطاقة حركة مقدارها ٢٨٠ جول ، احسب كمية تحركه(زخمه) الخطي ثم بين متى يكون إيقاف هذا الجسم أكثر صعوبة في هذه الحالة أم عندما تكون سرعته ٦٥ كم/ساعة ؟

المعطيات:
ك = ٣٥٠ جم = ٠,٣٥ كجم
طح = ٢٨٠ جول ، كت = ؟
ع٢ = ٦٥ كم/ساعة = $\frac{٦٥ \times ١٠٠٠ م}{١ \times ٣٦٠٠ ث}$ = ١٨ م/ث

الحل: ∵ طح = $\frac{١}{٢}$ ك ع$_{١}^{٢}$ ⟸ ع$_{١}$ = $\sqrt{\frac{٢ \times ٢٨٠}{٠,٣٥}}$ = ٤٠ م/ث ، أو ع$_{١}$ = $\sqrt{٢ طح / ك}$

كت$_{١}$ = ك ع$_{١}$ = ٠,٣٥ × ٤٠ = ١٤ كجم.م/ث للحالة الأولى، وللحالة الثانية

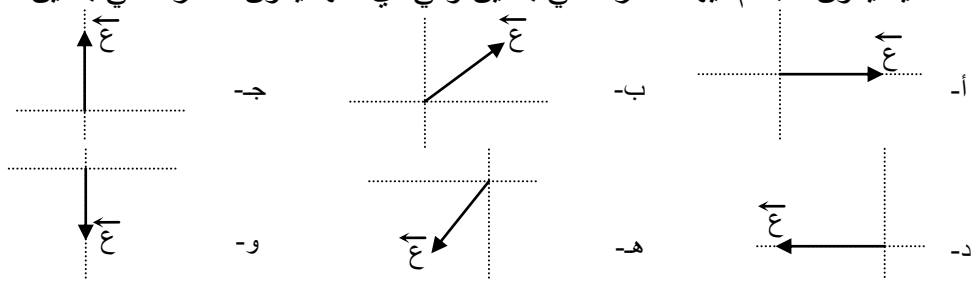
كت$_{٢}$ = ك ع$_{٢}$ = ٠,٣٥ × ١٨ = ٦,٣ كجم.م/ث ،

∵ كت$_{١}$ > كت$_{٢}$ ∴ يكون إيقاف الجسم أصعب في الحالة الأولى .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وينص مبدأ حفظ كمية التحرك على أن:
"كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة قبل التصادم مباشرة تساوي كمية التحرك لها بعد التصادم مباشرة"
ورياضيا:
Σ ك$\overleftarrow{ع}_{قبل}$ = Σ ك$\overleftarrow{ع}_{بعد}$ ⟸ ك$_١$ $\overleftarrow{ع}_١$ + ك$_٢$ $\overleftarrow{ع}_٢$ + ٠٠٠ = ك$_١$ $\overleftarrow{ع}'_١$ + ك$_٢$ $\overleftarrow{ع}'_٢$ + ٠٠٠ حيث: Σ (سيجما) تعني المجموع .

مثال(١٧): حدِّد أي الأشكال التالية يكون الجسم فيها متحركاً في بعدين وفي أي منها يكون متحركا في بعدين ؟



الحل:
السرعة المنطبقة على أحد المحورين تكون مركبتها على المحور الآخر صفر(معدومة) وبالتالي تكون في بعد واحد وهو المحور المنطبقة عليه ، بينما السرعة التي ليست منطبقة على أحد المحورين وواقعة بينهما تكون في بعدين ، وبالتالي ففي الشكلين (ب ، هـ) فقط يكون الجسم متحركا في بعدين .

إثراء:

أ- <u>(أسئلة وزارية مختارة):</u>

- ينتج عن قسمة وحدة قياس الطاقة الحركية على وحدة قياس الدفع وحدة قياس (العجلة ، السرعة ، الشغل ، الإزاحة) .
- مقدار الدفع اللازم لإيقاف سيارة كتلتها ١٢٠٠ كجم تسير بسرعة ٢٠ م/ث هو (٢٠ ، ١٢٠٠ ، ٢٤٠٠٠ ، ٢٥٠٠٠) نيوتن.ث .
- باستخدام وحدات القياس أثبت تساوي الكميتين الفيزيائيتين فيما يلي:

١- (ع ز ق ، ث ح ع^٢) ، ٢- ($\frac{\text{ق ف}}{\text{ك ع}}$ ، جـ × ز) ، ٣- ($\frac{\text{الدفع}}{\text{الزمن}}$ ، ك ء) .

- طاقة الحركة لجسم تتناسب طردياً مع كتلة الجسم ومربع سرعته . ( )
- جسم كتلته ٤ كجم ساكن أثرت عليه قوة لمدة ٢ ثوان فتحرك بسرعة ٨ م/ث ، احسب:
١- التغير في كمية تحركه ، ٢- الدفع المسلط عليه ، ٣- مقدار القوة التي أثرت عليه .
- جسم وزنه ٤٠ نيوتن يتحرك بطاقة حركة ٩٨ جول ، احسب كمية تحركه .
- سقط جسم وزنه ٤٠ نيوتن سقوطاً حراً من ارتفاع ٧,٢ متر عن سطح الأرض ، احسب كمية تحركه قبل اصطدامه بالأرض مباشرة .

ب- أيهما أكبر π أم $\frac{٢٢}{٧}$ ؟ ، وما معنى ذلك ؟

جـ- ارسم متجه السرعة لجسم يتحرك باتجاه ٣٠ درجة مع الغرب .
د- كيف تثبت أن الجسم المتحرك بسرعة ثابتة تكون عجلته صفر ؟
هـ- متى تكون كمية تحرك جسم أكبر من طاقة حركته ؟ وضح ذلك .

و- أثبت أن الكميتان (ع/ف + ز ، $\frac{ع - ع}{جـ}$) لهما نفس وحدات القياس .

ز- إملأ الفراغات في الجدول التالي بما يناسبها:

٢٠٠ أنجستروم	..... ديسي متر
٢ ميجا ثانية	..... ساعة
٥٠٠٠ مللي جرام	..... سنتي جرام
٥ هكتو فولت	..... نانو فولت
..... درجة مئوية	صفر درجة فهرنهايتية

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ح- أثبت(استنتج) قانون حفظ كمية التحرك لاصطدام جسمين كانا يتحركان في اتجاهين متضادين .
ط- تسير كل من شاحنة وسيارة بسرعتين معينتين بحيث تكون الطاقة الحركية للشاحنة ثلث الطاقة الحركية للسيارة وإذا زادت الشاحنة سرعتها بمقدار ٥٠ كم/ساعة تصبح الطاقة الحركية لهما متساوية فإذا كانت كتلة الشاحنة خمسة أضعاف كتلة السيارة : أ- ما هي سرعة كل منهما ؟
ب- ما هي نسبة كمية تحرك السيارة إلى كمية تحرك الشاحنة ؟ .

إجابات تدريبات التمهيد

تدريب(١): أ- وحدة الطرف الأيمن = وحدة(ف) = م ،

وحدة الطرف الأيسر = وحدة(ع ز ± $\frac{١}{٢}$ جـ ز^{٢}) = $\frac{\text{م}}{\text{ث}}$ × ث ± $\frac{\text{م}}{\text{ث}^{٢}}$ × ث^{٢} = م ± م = م

∵ وحدة الطرف الأيمن = وحدة الطرف الأيسر ∴ العلاقة صحيحة ■

ب- وحدة الطرف الأيمن = وحدة(دفع) = وحدة(ق × ز) = نيوتن × ث = كجم. $\frac{\text{م}}{\text{ث}^{٢}}$ × ث = كجم.م/ث ،

وحدة الطرف الأيسر = وحدة(Δكت) = وحدة(كت – كت.) = وحدة(ك ع – ك ع.)

= كجم. $\frac{\text{م}}{\text{ث}}$ – كجم. $\frac{\text{م}}{\text{ث}}$ = كجم. $\frac{\text{م}}{\text{ث}}$ = كجم.م/ث .

∵ وحدة الطرف الأيمن = وحدة الطرف الأيسر ∴ العلاقة صحيحة ■

تدريب(٢):

المعطيات:
ع = $\frac{\text{٥ جيجا متر}}{\text{١ ساعة}}$ = $\frac{\text{٥ × ١٠}^{٩}\text{ م}}{\text{١ × ٣٦٠٠ ث}}$
≅ ١,٣٩ × ١٠^{٦} م/ث
مساحة الدائرة = ٩ سم^{٢}
= ٩×١٠$^{-٤}$ م^{٢}
f = ؟ ، المسافة خلال الدورة = ؟

أ- ∵ مساحة الدائرة = πنق^{٢} ⟸ نق = $\sqrt{\frac{\text{مساحة الدائرة}}{\pi}}$ = $\sqrt{\frac{٩ \times ١٠^{-٤}}{\pi}}$ ≅ ١,٧ × ١٠$^{-٢}$ م

، ∵ ع = ٢πنق f ⟸ f = $\frac{\text{ع}}{٢\pi\text{نق}}$ = $\frac{١,٣٩ \times ١٠^{٦}}{٢ \times \pi \times ١,٧ \times ١٠^{-٢}}$ ≅ ١,٣×١٠^{٧} هرتز .

ب- المسافة المقطوعة خلال الدورة = ٢πنق = ٢π × ١,٧ × ١٠$^{-٢}$ = ٠,١ م .

جـ- ١- خلال نصف الدورة = ٢نق = ٣,٤ × ١٠$^{-٢}$ م ، ٢- خلال دورة كاملة = صفر .

تدريب(٣): م/ث ، كم/ساعة .

تدريب(٤): لا يصح ذلك لأنهما مختلفتان في الإتجاه ، حيث أن السرعة كمية متجهة تتألف من شقين المقدار والإتجاه فلأجل أن تتساوى سرعتين لا بد من تساوي مقدارهما واتجاههما معاً .

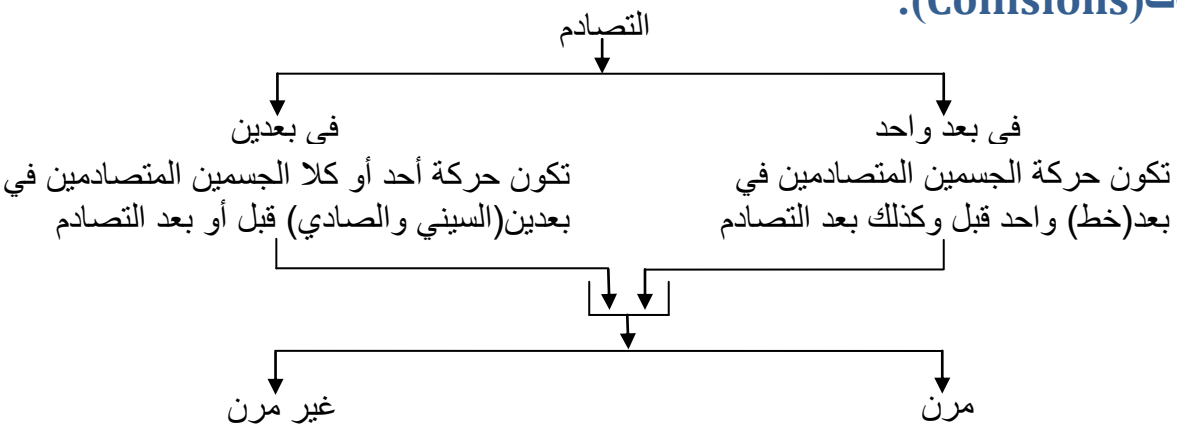
تدريب(٥): أ- ع = ع$_{.}$ + ء ز = صفر + ٩,٨ × ٣ = ٢٩,٤ م/ث .

ب- ∵ ع (ثابتة) ⟸ جـ = صفر ⟸ ق = صفر ⟸ دفع = ق × ز = صفر × ز = صفر .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة الأولى(كمية التحرك والمقذوفات - Momentum and Projectiles)

التصادمات(Collisions):



ملاحظات:

١- من أمثلة التصادمات المرنة بعض التصادمات لجزيئات غاز موضوع في إناء مقفل وتصادم كرتين من الزجاج أو العاج(مرن تقريباً) .

٢- في التصادمات غير المرنة تفقد الطاقة الحركية بصورة صوت أو حرارة أو ضوء أو ..... .

٣- في التصادمات غير المرنة تكون (طاح)$_{بعد}$ < (طاح)$_{قبل}$ ، بينما في التفكك تكون (طاح)$_{بعد}$ > (طاح)$_{قبل}$! .

أولاً:التصادم في بعد واحد(One-Dimensional Collision):

وفيه تأخذ الصيغة الرياضية لمبدأ حفظ كمية التحرك لجسمين فقط ثلاث صور هي:

* $ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع'_١ + ك_٢ ع'_٢$ (الجسمان مفترقان قبل وبعد التصادم)
* $ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = (ك_١ + ك_٢) ع'$ (التحام الجسمين بعد التصادم)
* $ك ع = ك_١ ع'_١ + ك_٢ ع'_٢$ (تفكك الجسم إلى جزأين)

مثال(١): كرتان كتلتيهما (٠,٤ ، ٠,٢) كجم تسير إحداهما بسرعة ١٥م/ث نحو الأخرى الساكنة ، فإذا تصادمتا فتحركت الثانية(الساكنة) بسرعة ٢٠م/ث في نفس اتجاه سرعة الأولى:
أ- احسب سرعة الأولى(مقداراً واتجاهاً) بعد التصادم ، ب- أثبت أن هذا التصادم تام المرونة .

$ك_١$ = ٠,٤ كجم ،
$ع_١$ = ١٥ م/ث ، $ع'_١$ = ؟
$ك_٢$ = ٠,٢ كجم ،
$ع_٢$ = صفر ، $ع'_٢$ = ٢٠ م/ث

الحل: التصادم في بعد واحد حالة إفتراق وبالتالي:

أ- ∵ $ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع'_١ + ك_٢ ع'_٢$ ⟸ ٠,٤ × ١٥ + ٠,٢ × صفر = ٠,٤ $ع'_١$ + ٠,٢ × ٢٠

∴ $ع'_١ = \frac{١٥ \times ٠,٤ + صفر - ٢٠ \times ٠,٢}{٠,٤}$ = ٥ م/ث ، وبنفس اتجاهها قبل التصادم ، لأن إشارتها موجب(+) .

ب- (طاح)$_{قبل}$ = $\frac{١}{٢} ك_١ ع_١^٢ + \frac{١}{٢} ك_٢ ع_٢^٢ = \frac{١}{٢} \times ٠,٤ \times ١٥^٢ + \frac{١}{٢} \times ٠,٢ \times$ (صفر)^٢ = ٤٥ جول ..... (١)

، (طاح)$_{بعد}$ = $\frac{١}{٢} ك_١ ع'_١{}^٢ + \frac{١}{٢} ك_٢ ع'_٢{}^٢ = \frac{١}{٢} \times ٠,٤ \times ٥^٢ + \frac{١}{٢} \times ٠,٢ \times ٢٠^٢$ = ٤٥ جول ..... (٢)

من (١) و (٢) نجد أن: (طاح)$_{بعد}$ = (طاح)$_{قبل}$ ∴ التصادم تام المرونة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٢) ← (٢٠١١ - ٢٠١٢):

- جسم كتلته ١ كجم يتحرك بسرعة ٢ م/ث صدم جسما آخر كتلته ٢ كجم يتحرك في اتجاه معاكس فإذا التحما وكونا جسماً واحداً ساكناً فإن سرعة الجسم الثاني قبل التصادم كانت ..... م/ث . (أكمل العبارة)

الحل: التصادم في بعد واحد حالة التحام وفيه يكون مبدأ حفظ كمية التحرك بالصورة:

$ك_{١}ع_{١} + ك_{٢}ع_{٢} = (ك_{١} + ك_{٢})ع' \Longleftarrow ١ \times ٢ + ٢ \times ع_{٢} = (١ + ٢) \times$ صفر $\therefore ع_{٢} = \frac{\text{صفر} - ٢}{٢} = -١$ م/ث .

مثال(٣): اصطدمت سيارة كتلتها ٣ طن متحركة بسرعة مقدارها ١٢٠ كم/ساعة بشاحنة كتلتها ٥ طن تسير في الإتجاه المعاكس وبسرعة مقدارها ٩٠ كم/ساعة فالتحمتا ،

أ- بأي سرعة وفي أي اتجاه سيتحركان كجسماً واحداً بعد التصادم ؟

ب- احسب الفقد في طاقة حركتيهما .

للسيارة: $ك_{١} = ٣ \times ١٠^{٣}$ كجم ، $ع_{١} = \frac{١٢٠ \text{ كم}}{١ \text{ ساعة}} = \frac{١٠٠}{٣}$ م/ث

للشاحنة: $ك_{٢} = ٥ \times ١٠^{٣}$ كجم ، $ع_{٢} = \frac{-٩٠ \text{ كم}}{١ \text{ ساعة}} = -٢٥$ م/ث

(إشارة $ع_{٢}$ سالب لتعاكسهما في الإتجاه) ، ع′ = ؟ .

الحل: التصادم في بعد واحد حالة التحام

أ- بتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك $ك_{١}ع_{١} + ك_{٢}ع_{٢} = (ك_{١} + ك_{٢})ع'$ يكون:

$\Longleftarrow ٣ \times ١٠^{٣} \times \frac{١٠٠}{٣} + ٥ \times ١٠^{٣} \times (-٢٥) = ٨ \times ١٠^{٣} ع' \Longleftarrow ع' = \frac{١٢٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠٠}{٨٠٠٠} = -٣,١٢٥$ م/ث .

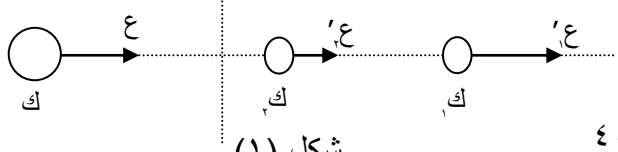
الإشارة (–) تدل على أن سرعة حطام السيارتين سيكون في اتجاه سرعة الشاحنة والتي افترضناها سالبة .

ب- الفقد في طاقة الحركة$(\Delta ط_{ح}) = (ط_{ح})_{بعد} - (ط_{ح})_{قبل} = \frac{١}{٢}(ك_{١} + ك_{٢})ع'^{٢} - (\frac{١}{٢}ك_{١}ع_{١}^{٢} + \frac{١}{٢}ك_{٢}ع_{٢}^{٢})$

$\therefore \Delta ط = \frac{١}{٢} \times ٨ \times ١٠^{٣} \times (-٣,١٢٥)^{٢} - [\frac{١}{٢} \times ٣ \times ١٠^{٣} \times (\frac{١٠٠}{٣})^{٢} + \frac{١}{٢} \times ٥ \times ١٠^{٣} \times (-٢٥)^{٢}]$

$= -٣,١٩ \times ١٠^{٦}$ جول .

مثال(٤): جسم كتلته ٤ كجم يتحرك بسرعة ١٠٠ م/ث انقسم إلى جزأين كتلتيهما متساويتين ، الجزء الثاني لحق الأول بسرعة ٤٠ م/ث وبنفس اتجاهه ، احسب كمية تحرك الأول وطاقة حركته . (سؤال وزاري)



شكل (١)

الحل: ∵ التفكك في بعد واحد - الشكل(١) -

وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك في حالة تفكك:

$ك\ ع = ك_{١}ع_{١}' + ك_{٢}ع_{٢}' \Longleftarrow ٤ \times ١٠٠ = ٢ \times ع_{١}' + ٢ \times ٤٠$

$\Longleftarrow ع_{١}' = \frac{٤ \times ١٠٠ - ٢ \times ٤٠}{٢} = ١٦٠$ م/ث .

$\therefore$ كت′ $= ك_{١}ع_{١}' = ٢ \times ١٦٠ = ٣٢٠$ كجم.م/ث .

، $ط_{ح}' = \frac{١}{٢}ك_{١}ع_{١}'^{٢} = \frac{١}{٢} \times ٢ \times ١٦٠^{٢} = ٢٥٦٠٠$ جول .

المعطيات:

$ك = ك_{١} + ك_{٢} = ٤$ كجم $\Longleftarrow ك_{١} = ك_{٢} = ٢$ كجم

ع = ١٠٠ م/ث ، ع′ = ؟ ، $ع_{٢}' = ٤٠$ م/ث

كت′ = ؟ ، $ط_{ح}'$ = ؟

ملاحظة: نجد هنا في المثال السابق أن $(ط_{ح})_{بعد} > (ط_{ح})_{قبل}$ ، وذلك بسبب أن الجسم لم يتفكك إلا بإعطائه طاقة كانت بصورة أخرى أضيفت إلى طاقته الحركية أدت إلى انقسامه .

إثراء:

١- (٢٠١١ - ٢٠١٢): - في التصادم غير المرن تكون كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة بعد التصادم أقل من كمية التحرك الكلية لها قبل التصادم . ( )

- يعد التصادم بين جزيئات الأكسجين تصادماً مرناً . ( )

٢- اصطدم جسم كتلته ٢ كجم بآخر ساكن كتلته ٣ كجم فإذا تحرك الأول بعد التصادم بسرعة تساوي ربع سرعته قبل التصادم وتحرك الآخر بسرعة ٢ م/ث فكم كانت سرعة الجسم الأول قبل التصادم ؟

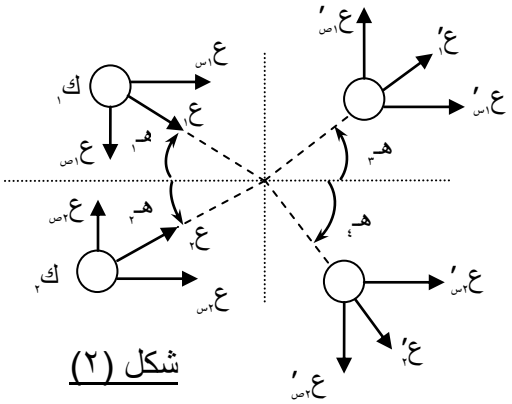
٣- اصطدم جسم كتلته ٢ كجم اصطداماً مرناً بجسم آخر ساكن فإذا تحرك الأول بعد التصادم بسرعة تساوي ثلث سرعته قبل التصادم فإن كتلة الجسم الثاني تساوي ..... كجم.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تدريب(١): اصطدم جسمان كانا يتحركان بسرعتين مقدارهما متساويين وفي اتجاهين متضادين وكانت كتلة الأول ضعف كتلة الثاني فالتحما مكونين جسماً واحداً مقدار سرعته ٧ م/ث ، احسب مقدار سرعتيهما .

ثانياً: التصادم في بعدين(Two-Dimensional Collision):

التصادمات التي في بعدين نحلل فيها السرعة إلى مركبتيها المتعامدتين (السينية والصادية) فتأخذ الصيغة الرياضية لمبدأ حفظ كمية التحرك لجسمين الصيغة التالية - الشكل (٢) -:



شكل (٢)

<u>أولاً- على المحور السيني(م . س):</u>

ك١ع١س + ك٢ع٢س = ك١ع١س′ + ك٢ع٢س′ ..... (*) .

<u>ثانياً- على المحور الصادي(م . ص):</u>

ك١ع١ص + ك٢ع٢ص = ك١ع١ص′ + ك٢ع٢ص′ ..... (**) .

وبالإعتماد على الإعتبارات التالية:

أ- تمثل بيانياً سرعات الجسمين المتصادمين مع مركباتها بحيث تنطبق نقطة التصادم(أو التفكك أو الإلتحام في التصادم عديم المرونة) على نقطة الأصل للمحورين الإحداثيين .

ب- ع = ع جتاهـ ، ع = ع جاهـ ، حيث (هـ) هي الزاوية بين سهم السرعة وأقرب جهة إليها من المحور السيني .

جـ- لأي ع منطبقة على المحور السيني فإن: ع = ع ، ع = صفر .

ولأي ع منطبقة على المحور الصادي فإن: ع = صفر ، ع = ع .

د- المركبات التي باتجاه موجب السينات وموجب الصادات تأخذ الإشارة (+) ، والمركبات التي باتجاه سالب السينات وسالب الصادات تأخذ الإشارة (–) ،

نستطيع وبشكل عام تكوين علاقة خاصة لأي مسألة حسب معطياتها ، وحالة التصادم الأولى(حالة افتراق) الواردة في كتاب مقرر الثالث الثانوي - الشكل (٣) - فيها:

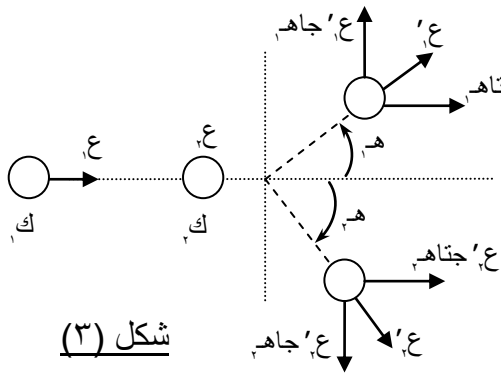
١- حركة الجسمين قبل التصادم تكون في نفس الإتجاه أي في بعد واحد فقط أي أن السرعتين (ع١ ، ع٢) منطبقتين على المحور السيني ⟸ ع١س = ع١ ، ع٢س = ع٢ ، ع١ص = صفر ، ع٢ص = صفر .

٢- حركة الجسمين بعد التصادم تكون في بعدين أي لا تنطبق أي من السرعتين (ع١ ، ع٢) على المحور السيني ولا على المحور الصادي ⟸ ع١س′ = ع١′ جتاهـ١ ، ع٢س′ = ع٢′ جتاهـ٢ ، ع١ص′ = ع١′ جاهـ١ ، ع٢ص′ = –ع٢′ جاهـ٢

٣- قد تكون كتلتي الجسمين متساويتين ⟸ ك١ = ك٢ = ك .

٤- قد يكون أحد الجسمين(الثاني) قبل التصادم ساكن ⟸ ع٢ = صفر .

وبتعويض هذه القيم في المعادلتين (*) و (**) يأخذ مبدأ حفظ كمية التحرك في هذه الحالة الصيغة التالية:



شكل (٣)

<u>أولا- على (م.س):</u> ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ع١′ جتاهـ١ + ك٢ع٢′ جتاهـ٢ .... (١) .

<u>ثانيا- على (م.ص):</u> صفر = ك١ع١′ جاهـ١ – ك٢ع٢′ جاهـ٢ ..... (٢) .

ملاحظة: في العلاقة (٢) لمركبات كميات التحرك الصادية تكون:

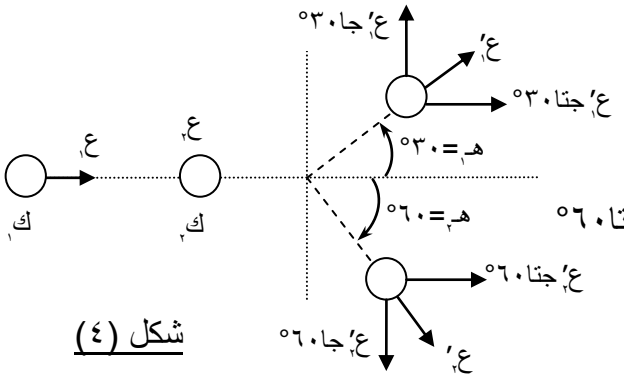
١- كمية التحرك قبل التصادم تساوي صفر لعدم وجود حركة على المحور الصادي قبل التصادم .

٢- مركبة السرعة (ع٢ص′ = –ع٢′ جاهـ٢) أخذت الإشارة (–) لأنها باتجاه سالب الصادات(إلى الأسفل) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٥): كرتان متساويتان في الكتلة كتلة كل منهما (٠,١) كجم تتحرك الأولى بسرعة ١ م/ث نحو الثانية الساكنة ، وبعد التصادم تحركتا في مسارين متعامدين بحيث صنعتا الزاويتين (٣٠° ، ٦٠°) بالترتيب على جانبي خط حركتيهما الإبتدائي ، احسب سرعتيهما بعد التصادم . (مثال الكتاب صفحة -١٢-) ، (٢٠١٢ - ٢٠١٣)

الحل: بما أنه وردت في المثال الزاويتين (هـ١ ، هـ٢) بعد التصادم فهو في بعدين ، ولأن الجسم الثاني ساكن فنستخدم صيغة مبدأ حفظ كمية التحرك التالية:



شكل (٤)

أولا- على (م.س): - كما في الشكل (٤) -

∵ ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ ع١ جتاهـ١ + ك٢ ع٢ جتاهـ٢

⟸ ٠,١ × ١ + ٠,١ × صفر = ٠,١ ع١ جتا٣٠° + ٠,١ ع٢ جتا٦٠°

⟸ ٠,١ = ٠,١ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع١ + ٠,١ × $\frac{١}{٢}$ ع٢

وبضرب الطرفين في ($\frac{٢}{٠,١}$) نحصل على:

٢ = $\sqrt{٣}$ ع١ + ع٢ ..... (١)

المعطيات:
ك١ = ك٢ = ٠,١ كجم
ع١ = ١ م/ث ، ع١ = ؟
ع٢ = صفر ، ع٢ = ؟
هـ١ = ٣٠° ، هـ٢ = ٦٠°

ثانيا- على (م.ص):

∵ صفر = ك١ ع١ جاهـ١ – ك٢ ع٢ جاهـ٢ ⟸ صفر = ٠,١ ع١ جا٣٠° – ٠,١ ع٢ جا٦٠°

صفر = ٠,١ × $\frac{١}{٢}$ ع١ – ٠,١ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ ع٢ ، وبضرب الطرفين في ($\frac{٢}{٠,١}$) نحصل على:

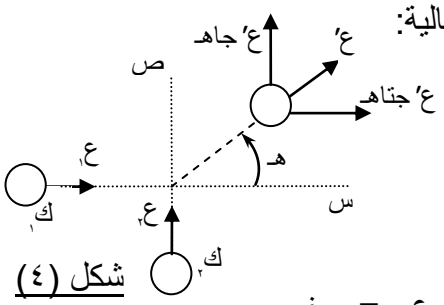
صفر = ع١ – $\sqrt{٣}$ ع٢ ∴ ع١ = $\sqrt{٣}$ ع٢ ..... (٢)

وبتعويض (٢) في (١) نحصل على: ٢ = $\sqrt{٣}$($\sqrt{٣}$ ع٢) + ع٢

⟸ ٢ = ٣ ع٢ + ع٢ ⟸ ٢ = ٤ ع٢ ⟸ ع٢ = $\frac{٢}{٤}$ = $\frac{١}{٢}$ ∴ ع٢ = $\frac{١}{٢}$ م/ث ،

وبالتعويض في العلاقة (٢) نحصل على: ع١ = $\sqrt{٣}$ ($\frac{١}{٢}$) = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ م/ث ، (على الطالب اثبات أن التصادم تام المرونة) .

أما حالة التصادم الثانية(حالة التحام) الموجودة في كتاب مقرر الثالث الثانوي فهي حالة التحام في بعدين كما في الشكل (٤) فتأخذ الصيغة الرياضية لمبدأ حفظ كمية التحرك لجسمين الصيغة التالية:



شكل (٤)

أولا- على المحور السيني: ك١ ع١س + ك٢ ع٢س = (ك١ + ك٢) ع س ′ (*) .

ثانيا- على المحور الصادي: ك١ ع١ص + ك٢ ع٢ص = (ك١ + ك٢) ع ص ′ (**) .

وفيها: ١- يتحرك الجسم الأول باتجاه موجب السينات(الشرق) ⟸ ع١س = ع١ ، ع١ص = صفر .

٢- يتحرك الجسم الثاني باتجاه موجب الصادات(الشمال) ⟸ ع٢س = صفر ، ع٢ص = ع٢ .

٣- حركة الجسم المتكون بالالتحام في بعدين ⟸ ع س ′ = ع ′ جتاهـ ، ع ص ′ = ع ′ جاهـ .

وبتعويض هذه القيم في المعادلتين (*) و (**) يأخذ مبدأ حفظ كمية التحرك في هذه الحالة الصيغة التالي:

أولا- على (م . س): ك١ ع١ = (ك١ + ك٢) ع ′ جتاهـ ..... (١) .

ثانيا- على (م . ص): ك٢ ع٢ = (ك١ + ك٢) ع ′ جاهـ ..... (٢) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٦): سيارة كتلتها ١٥٠٠ كجم تسير في اتجاه الشرق بسرعة مقدارها ٢٥ م/ث اصطدمت في التقاطع بسيارة أخرى(شاحنة) كتلتها ٢٥٠٠ كجم تسير نحو الشمال بسرعة مقدارها ٢٠ م/ث ، أوجد سرعة الحطام(المقدار والإتجاه) بعد التصادم .

في اتجاه موجب السينات(الشرق):
$ك_١$ = ١٥٠٠ كجم ، $ع_١$ = ٢٥ م/ث
في اتجاه موجب الصادات(الشمال):
$ك_٢$ = ٢٥٠٠ كجم ، $ع_٢$ = ٢٠ م/ث
هـ = ؟ ، ع′ = ؟

الحل: التصادم في بعدين عديم المرونة - كما في الشكل (٤) - ، ولهذه الحالة (كما سبق) يأخذ مبدأ حفظ كمية التحرك الصيغة التالية:

أولا- على (م . س): $ك_١ع_١ = (ك_١ + ك_٢)ع'$ جتاهـ ⟸ ١٥٠٠ × ٢٥ = (١٥٠٠ + ٢٥٠٠)ع′ جتاهـ ..... (١) .

ثانيا- على (م . ص): $ك_٢ع_٢ = (ك_١ + ك_٢)ع'$ جاهـ ⟸ ٢٥٠٠ × ٢٠ = (١٥٠٠ + ٢٥٠٠)ع′ جاهـ ..... (٢) .

وبقسمة (٢)على(١) نحصل على: $\frac{٥٠٠٠٠}{٣٧٥٠٠} = \frac{\text{جاهـ}}{\text{جتاهـ}}$ = ظاهـ ⟸ هـ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{٥٠٠٠٠}{٣٧٥٠٠}\right)$ = ٥٣,١°

وبالتعويض في العلاقة (٢) نحصل على: ع′ = $\frac{٥٠٠٠٠}{٤٠٠٠ \text{جا} ٥٣,١°}$ = ١٥,٦ م/ث .

مثال(٧): كرتان كتلة الأولى ضعف كتلة الثانية وسرعة الثانية ضعف سرعة الأولى وكانت الأولى قبل التصادم تتحرك باتجاه موجب السينات والثانية باتجاه موجب الصادات ، فإذا تصادمتا عند نقطة تلاقيهما والتحمتا لتتحركا كجسم واحد فأوجد اتجاهه مع موجب السينات . (٢٠١٢ - ٢٠١٣)

المعطيات:
$ك_١ = ٢ك_٢ \Longleftarrow ك_٢ = \frac{١}{٢}ك_١$
$ع_٢ = ٢ع_١ \Longleftarrow ع_١ = \frac{١}{٢}ع_٢$

الحل: ∵ الكرتان التحمتا بعد تصادمهما ⟸ هـ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{\sum ك ت_{ص}\text{قبل}}{\sum ك ت_{س}\text{قبل}}\right)$ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{ك_٢ع_٢}{ك_١ع_١}\right)$

∴ هـ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{\frac{١}{٢}ك_١ \times ٢ع_١}{ك_١ع_١}\right)$ = ظا$^{-١}$(١) = ٤٥° مع موجب السينات .

س: في التصادم في بعدين اذكر كلا من: ١- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور السينات .
٢- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور الصادات . (٢٠١١ - ٢٠١٢)

جـ: للتصادم في بعدين والذي فيه يفترق الجسمان بعد التصادم وقبله كان أحدهما ساكن (مرن أو غير مرن):

١- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور السينات: $ك_١ع_١ + ك_٢ع_٢ = ك_١ع'$ جتاهـ$_١ + ك_٢ع'$ جتاهـ$_٢$.

٢- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور الصادات: صفر = $ك_١ع'$ جاهـ$_١ - ك_٢ع'$ جاهـ$_٢$.

أما للتصادم في بعدين والذي فيه يلتحم الجسمين بعد التصادم وقبله كانت حركة أحدهما منطبقة على محور السينات والآخر على محور الصادات (غير مرن):

١- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور السينات: $ك_١ع_١ = (ك_١ + ك_٢)ع'$ جتاهـ .

٢- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور الصادات: $ك_٢ع_٢ = (ك_١ + ك_٢)ع'$ جاهـ .

إثراء :

١- استنتج العلاقة: هـ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{\sum ك ت_{ص}\text{قبل}}{\sum ك ت_{س}\text{قبل}}\right)$ المستخدمة في حالة التحام أي جسمين بعد التصادم .

٢- أسئلة وزارية مختارة: أ- التصادم بين جزيئات الغاز عديم المرونة ( ) . - ضع (✓) أو (×) -
ب- في التصادم غير المرن تكون الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم ..... طاقتها بعد التصادم . - أكمل الفراغ -

٣- إذا كان التغير في طاقة الحركة ١٨ جول فالتصادم (مرن ، غير مرن ، إلتحام ، تفكك) - اختر الإجابة الصحيحة -

٤- لكرتين كتلتيهما (٠,٣ ، ٠,١٥) كجم وسرعتيهما قبل التصادم (٩ ، صفر) م/ث تصادمتا وصنعتا بعده الزاويتين (٣٠° ، ٦٠°) على جانبي خط حركة الأولى الابتدائية يكون التصادم في هذه الحالة (تام المرونة ، عديم المرونة ،

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تفكك ، لا يمكن حدوثه) - اختر الإجابة الصحيحة ثم فسر إجابتك - !

٥- تتحرك سيارة باتجاه الشرق اصطدمت بأخرى كانت متحركة باتجاه الشمال عند التقاطع فالتحمتا كجسم واحد ليتحرك بعد التصادم بسرعة مركبتها السينية ١٦,٧٧ م/ث ومركبتها الصادية ١٠,٩ م/ث ، احسب:
أ- الزاوية التي يصنعها الحطام مع الشرق ، ب- مقدار سرعة الحطام بعد التصادم مباشرة .

٦- جسم كتلته ٥ كجم يتحرك بسرعة($ع_1$) باتجاه الشرق ليتقابل مع آخر كتلته ٣ كجم يتحرك بسرعة ($ع_2$) باتجاه الشمال فاصطدما والتحما مكونين جسماً واحدً تحرك بزاوية ٦٠° مع اتجاه الشرق فإذا كانت الطاقة الحركية المفقودة (– ٨٩) جول فاحسب سرعة الجسمين قبل التصادم .

العلاقة بين الدفع والتغير في كمية التحرك الخطي:

∵ دفع = ق × ز لكن: ق = ك جـ(قانون نيوتن الثاني) ، جـ = $\frac{ع - ع_{.}}{ز}$ ⟸ دفع = ك جـ × ز = ك($\frac{ع - ع_{.}}{ز}$) × ز

⟸ دفع = ك(ع – ع.) = ك ع – ك ع. = كت – كت. = Δكت ∴ الدفع($\overrightarrow{دفع}$) = التغير في كمية التحرك($\overrightarrow{Δكت}$) ■

مثال(١): اصطدمت كرة كتلتها ٠,٦ كجم بسرعة مقدارها ٢٠ م/ث بحائط وارتدت بسرعة ١٢ م/ث ، أوجد القوة المؤثرة عليها أثناء التصادم إذا كان زمن التصادم هو ٢ مللي ثانية .

ك = ٠,٦ كجم ، ق = ؟
ع. = ٢٠ م/ث ، ع = ١٢ م/ث
ز = ٢ مللي ثانية = ٠,٠٠٢ ث

الحل: ∵ دفع = Δكت ⟸ ق × ز = كت – كت.

⟸ ق = $\frac{ك ع - ك ع_{.}}{ز}$ = $\frac{٠,٦ \times ١٢ - ٠,٦ \times ٢٠}{٠,٠٠٢}$ = – ٢٤٠٠ نيوتن ،

الإشارة (–) تدل على أن قوة الإيقاف تعمل عكس اتجاه حركة الكرة .

تدريب(٢): أثبت أن الكميتين (ق ز ، ك ع) لهما نفس وحدات القياس . (سؤال وزاري) .

الصواريخ ذاتية الدفع(Rockets of self-inflicted Propulsion) أو ذات المحركات النفاثة:

الصاروخ: هو جسم طائر يعمل وفق مبدأ الإندفاع عن طريق رد الفعل لإنفجارات تحدث في غرفة الإحتراق.

لمحة تاريخية:

- ١٩٥٧/١٠/٤م إطلاق الإتحاد السوفيتي أول قمر صناعي (سبوتنيك ١) .
- ١٩٥٧/١١/٣م إطلاق الإتحاد السوفيتي ثاني قمر صناعي (سبوتنيك ٢) وكان يحمل أول كائن حي يدور حول الأرض وهو الكلبة "لايكا" .
- يناير ١٩٥٨م إطلاق الولايات المتحدة الأمريكية أول قمر صناعي لها (المستكشف - Discovery) .
- ١٩٦٩م هبوط الأمريكيان أرمسترونج وأدوين ألدرين على سطح القمر .
- وقد وصلت أول مركبة فضائية للإنسان إلى المريخ منذ سنوات .

وتعمل(فكرة عمل) الصواريخ ذاتية الدفع طبقا لمبدأ حفظ كمية التحرك الخطي ومبدأ قوة الفعل وقوة رد الفعل "قانون نيوتن الثالث" حيث أن:

- انطلاق دقائق الغازات بسرعة عالية يعتبر قوة فعل إلى أسفل .
- انطلاق الصاروخ بالاتجاه المعاكس يعتبر قوة رد فعل إلى أعلى .

ولتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك على انطلاق الصاروخ($ك_ص$) والغازات($ك_غ$) - تعتبر حالة تفكك - كما يلي:

($ك_ص ع_{.ص}$ + $ك_غ ع_{.غ}$)قبل = ($ك_ص ع_ص$ + $ك_غ ع_غ$)بعد ، وبضرب الطرفين بـ (– ١) ثم إعادة ترتيب الحدود نحصل على أن: ($ك_ص ع_ص$ – $ك_ص ع_{.ص}$) + ($ك_غ ع_غ$ – $ك_غ ع_{.غ}$) = صفر

⟸ Δكت$_{صاروخ}$ = – Δ كت$_{غازات}$ ..... (١) ، ∴ $ك_ص ع_ص$ = – $ك_غ ع_غ$ ، وكذلك:

دفع$_{صاروخ}$ = Δكت$_{صاروخ}$ ..... (٢) ، دفع$_{صاروخ}$ = – Δ كت$_{غازات}$ ..... (٣) ، دفع$_{غازات}$ = Δكت$_{غازات}$ ..... (٤) .

لأن:
$ع_{.ص}$ = صفر ⟸ $ك_ص ع_{.ص}$ = صفر
⟸ $كت_{.ص}$ = صفر ∴ $Δكت_ص$ = $ك_ص ع_{.ص}$
$ع_{.غ}$ = صفر ⟸ $ك_غ ع_{.غ}$ = صفر
⟸ $كت_{.غ}$ = صفر ∴ $Δكت_غ$ = $ك_غ ع_{.غ}$

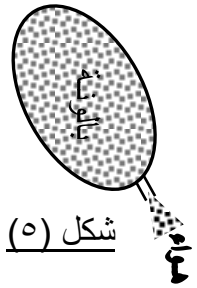
حيث أن:
ع.:السرعة الابتدائية ، ع:السرعة النهائية
$ك_ص$: كتلة الصاروخ ، $ك_غ$:كتلة الغازات
$ع_ص$:سرعة الصاروخ ، $ع_غ$:سرعة الغازات

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وتستخدم الصواريخ في حمل الأقمار الصناعية إلى مداراتها حول الأرض والمركبات الفضائية وجميع المسابر إلى الفضاء الخارجي .

نشاط(١) - يبين فكرة عمل الصواريخ ذاتية النفث :-

خطوات التنفيذ: ١- أحضر بالونة مطاطية وأنفخها حتى تمتلئ بالهواء .
٢- أترك البالونة حرة الحركة بعد نفخها .


شكل (٥)

الملاحظة: - يخرج الهواء من الفتحة بينما تتجه البالونة نحو الإتجاه المعاكس لاندفاع الهواء من البالونة كما في الشكل (٥) .

الاستنتاج: - اندفاع الهواء من فتحة البالونة بقوة الفعل لتنشأ عنها قوة رد الفعل تدفع البالونة عكس اتجاه خروج الهواء .

ملاحظات:
* الصاروخ يعمل بطريقة أفضل في الفضاء الخارجي حيث ينعدم الهواء الجوي لأن عملية الفعل ورد الفعل تحدث داخل المحرك النفاث نفسه ولا تؤثر على السفينة أو الصاروخ أية قوة خارجية .
* الصواريخ المستخدمة في إطلاق الأقمار الصناعية إلى مداراتها حول الأرض يشتعل وقودها على مراحل ! ليتم التخلص من جزء من كتلتها فيخف وزنها وبذلك تقل الطاقة المستهلكة في عملية الدفع .
* يكون الصاروخ مدبباً من الأمام ليقل احتكاكه بهواء الغلاف الجوي ، كما يحترق وقوده من الأسفل لينطلق للأعلى .

مثال(٩) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):
صاروخ كتلته الكلية ١٠٠٠٠ كجم يطلق الغاز من مؤخرته بمعدل ١٠٠٠ كجم في الثانية بسرعة مقدارها ٩٠ كم/ث ، احسب: ١- قوة دفع محرك الصاروخ ، ٢- سرعة الصاروخ خلال الثانية الأولى من انطلاقه .

الحل: ١- ∵ دفع = ق × ز ⟸ ق = $\frac{\text{دفع}}{\text{ز}}$ ، ولذلك فإن:

قوة دفع محرك الصاروخ($ق_د$) = $\frac{\text{دفع}_{\text{صاروخ}}}{\text{ز}} = \frac{\Delta \text{كت}_{\text{صاروخ}}}{\text{ز}} = \frac{-\Delta \text{كت}_{\text{غازات}}}{\text{ز}} = \frac{-\text{ك}_{\text{غ}} \text{ع}_{\text{غ}}}{\text{ز}}$

$= \frac{-١٠٠٠ \times (-٩٠٠٠٠)}{١} = ٩ \times ١٠^{٧}$ نيوتن .

المعطيات:
$\text{ك}_{\text{ص}}$ = ١٠٠٠٠ كجم ،
$\text{ك}_{\text{غ}}$ = ١٠٠٠ كجم ، ز = ١ث ،
$\text{ع}_{\text{غ}}$ = – ٩٠٠٠٠ م/ث .

٢- ∵ $\text{ك}_{\text{ص}} \text{ع}_{\text{ص}} = - \text{ك}_{\text{غ}} \text{ع}_{\text{غ}}$ ∴ $\text{ع}_{\text{ص}} = \frac{-\text{ك}_{\text{غ}} \text{ع}_{\text{غ}}}{\text{ك}_{\text{ص}}} = \frac{-١٠٠٠ \times (-٩٠٠٠٠)}{١٠٠٠٠} = ٩٠٠٠$ م/ث .

مثال(١٠): صاروخ كتلته $١٠^{٤}$ كجم يقذف غازات ساخنة بمعدل ١٣٠٠ كجم في الثانية فإذا كانت سرعة جزيئات الغازات المندفعة بالنسبة للصاروخ هي ٥ × $١٠^{٤}$ م/ث فاحسب:
أ- قوة دفع محرك الصاروخ . ب- التغير في كمية تحرك الصاروخ . جـ- القوة المحصلة التي يصعد بها الصاروخ .

الحل: أ- $\text{دفع}_{\text{صاروخ}} = - \Delta \text{كت}_{\text{غازات}} \Longleftarrow (\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}} \times \text{ز} = - \text{ك}_{\text{غ}} \text{ع}_{\text{غ}}$

$\Longleftarrow (\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}} = \frac{-\text{ك}_{\text{غ}} \text{ع}_{\text{غ}}}{\text{ز}} = \frac{-١٣٠٠ \times (-٥ \times ١٠^{٤})}{١} = ٦٥ \times ١٠^{٦}$ نيوتن .

ب- $\text{دفع}_{\text{صاروخ}} = \Delta \text{كت}_{\text{صاروخ}}$

$\Longleftarrow \Delta \text{كت}_{\text{صاروخ}} = (\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}} \times \text{ز} = ٦٥ \times ١٠^{٦} \times ١ = ٦٥ \times ١٠^{٦}$ كجم.م/ث

المعطيات:
$\text{ك}_{\text{ص}} = ١٠^{٤}$ كجم ، $\text{ك}_{\text{غ}}$ = ١٣٠٠ كجم ،
ز = ١ ث ، $\text{ع}_{\text{غ}} = - ٥ \times ١٠^{٤}$ م/ث ،
ء = ٩,٨ م/$\text{ث}^{٢}$ ، $(\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}}$ = ؟ ،
$\Delta \text{كت}_{\text{صاروخ}}$ = ؟ ، $\text{ق}_{\text{ص}}$ = ؟ .

جـ- القوة التي يصعد بها الصاروخ = $(\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}} - \text{ق}_{\text{جـ}} = (\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}} - \text{و}_{\text{صاروخ}} = (\text{ق}_{\text{د}})_{\text{صاروخ}} - \text{ك}_{\text{صاروخ}} \times$ ء

$= ٦٥ \times ١٠^{٦} - ١٠^{٤} \times ٩,٨ = ٦٤٩ \times ١٠^{٥}$ نيوتن .

وهنا تسارع الصاروخ(عجلة تحركه) يكون (٩,٨ ، – ٩,٨ ، ٦٥٠٠ ، ٦٤٩٠,٢) م/$\text{ث}^{٢}$ ، (اختر الإجابة الصحيحة) .

س: سرعة الصاروخ أقل من سرعة الغازات ، علل . (٢٠١١ - ٢٠١٢)
جـ: لأن كتلة الصاروخ أكبر من كتلة الغازات ، حيث كمية تحرك الصاروخ يجب أن تساوي كمية تحرك الغازات .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

قوة الطرد المركزية(قم - Centripetal Force):

وهي القوة التي تنشأ عن سرعة دوران الجسم ، وتحسب بالعلاقة: $ق_م = \frac{ك\ ع^2}{نق}$ حيث أن:

ك: كتلة الجسم ، ع: سرعته ، نق: نصف قطر مساره الدائري .

قوة الجذب العام(قجـ - Force of Gravity):

وهي القوة التي تنشا بين كتلتي أي جسمين في الكون ، وتحسب بالعلاقة: $ق_{جـ} = ج \frac{ك_1 ك_2}{ل^2}$ حيث أن:

ج: ثابت الجذب العام ، $ك_1 ك_2$: كتلتي الجسمين ، ل: البعد بين مركزي كتلتيهما .

وزن الجسم(و - Weight of Body):

هو قوة جذب الأرض للجسم وتحسب بالعلاقة: و = ك ء ، حيث أن: ك: كتلة الجسم ، ء: عجلة الجاذبية الأرضية .

س: بالرغم من أن التفاحة تجذب الأرض بنفس القوة التي تجذبها بها إلا أن التفاحة تسقط(تنجذب) إلى سطح الأرض ، وضح سبب ذلك رياضياً !

جـ: ∵ $ق_{جـ} = ج \frac{ك\ ك}{ل^2}$ ، ل = $نق_ر$ ⟸ $(ق_{جـ})_{التفاحة\ للأرض} = ج \frac{ك_{الأرض}\ ك_{التفاحة}}{نق_ر^2} = (ق_{جـ})_{الأرض\ للتفاحة} = ق_{جـ}$ ، وبفرض أن:

$ك_{التفاحة}$ = ١٥٥ جم ، $ك_{الأرض}$ = ٥,٩٨ × $١٠^{٢٤}$ كجم ، $نق_ر$ = ٦,٣٨ × $١٠^{٦}$ م ، ج = ٦,٦٧٢ × $١٠^{-١١}$ نيوتن.م^2/كجم^2 ،

يكون تسارع الأرض نحو التفاحة(جـ$_ر$) = $\frac{ق_{جـ}}{ك_{الأرض}}$ = ٢,٥ × $١٠^{-٢٥}$ م/ث^2 ≅ صفر ،

وتسارع التفاحة نحو الأرض(جـ$_{ت}$) = $\frac{ق_{جـ}}{ك_{التفاحة}}$ = ٩,٨ م/ث^2 ، ولهذا لن تتحرك الأرض نحو التفاحة لأن تسارعها نحوها صفر بينما تتحرك التفاحة نحو الأرض لامتلاكها تسارع نحوها مقداره (٩,٨) م/ث^2 .

طاقة وضع الجسم(طو - Potential Energy):

هي الطاقة التي تنشأ عن وضع(موقع) الجسم بالنسبة لمستوى أفقي معين وهي طاقة الجذب وتحسب بالعلاقة:

طو = و × ل = ك ء ل ، حيث أن: و: وزن الجسم ، ل: بعد الجسم عن المستوى الأفقي المعين .

س: ما علاقة التناسب بين طاقة وضع الجسم وبعده عن مركز الأرض ؟

جـ: ∵ طو = و ل = ك ء ل ، ء = $\frac{ج\ ك_ر}{ل^2}$ ⟸ طو = ك($\frac{ج\ ك_ر}{ل^2}$) ل = ك$\frac{ج\ ك_ر}{ل}$ هذا يعني أن طاقة وضع الجسم تتناسب عكسيا مع بعده عن مركز الأرض (طو ∝ $\frac{١}{ل}$) فكلما ابتعد الجسم عن مركز الأرض قلت طاقة وضعه .

س: كلما ابتعد الجسم عن سطح الأرض تزداد طاقة وضعه إلى حد معين ثم بعده تقل ، فسر ذلك !

جـ: لأن انطلاق الجسم(الصاروخ مثلاً) عادة يكون من موضع يبعد عن مركز الأرض بمقدار (نق) أقل من متوسط نصف قطر الأرض(نق$_ر$) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وللشرح والتوضيح أكثر:

بسبب كون الأرض ليست كروية تماما فعند وجود الجسم عند نقطة على سطح الأرض يكون بعده عن مركز الأرض أقل من متوسط نصف قطر الأرض*(ل < نقِ) حيث أن جزءا من كتلة الأرض(عند طرفيها البعيدين عن موضع الجسم) لا يمسحها دوران بعد الجسم عن مركز الأرض(ل) لذلك لا تعمل مع قوة جذب الأرض للجسم(قِ) بل ضدها ، وعند ارتفاع الجسم إلى بعد معين يساوي متوسط نصف قطر الأرض(ل = نقِ) بحيث يمسح هذا البعد كل كتلة الأرض بالمتوسط يدخل هذا الجزء من الكتلة في حساب (قِ) فيزداد مقدارها (قِ ∝ ك) لتزداد طاقة وضع الجسم (طاِ ∝ قِ) ، أما بعد هذا الارتفاع(ل > نقِ) فيعمل قانون نيوتن العام في الجاذبية فكلما زاد بعد الجسم عن مركز الأرض(ل) تقل قوة جذب الأرض له(قِ) فتقل تبعا لذلك طاقة وضعه(طاِ) ، لذلك نستنتج أن الجسم (صاروخ مثلا) إذا أطلق من موضع على سطح الأرض بعده عن مركزها أقل من متوسط نصف قطر الأرض فإن طاقة وضعه ستزداد كلما ابتعد حتى يصبح بعده مساويا تماما لمتوسط نصف قطر الأرض ثم بعده تقل ، أما إذا أطلق من موضع آخر بعده عن مركز الأرض يساوي أو أكبر من متوسط نصف قطر الأرض فإن طاقة وضعه ستقل بابتعاده مباشرة وباستمرار .

* متوسط نصف قطر الأرض(نقِ) = $\frac{\text{نق}_1 + \text{نق}_2 + \text{نق}_3 + \cdots + \text{نق}_\text{ن}}{\text{ن}}$ = ٦,٣٨ × ١٠^{٦} متر .

إثراء:

١- محصلة سرعة الصاروخ وسرعة الغازات لحظة انطلاق الصاروخ صفر . ( ) - ضع (✓) أو (×) -

٢- رائد فضاء انفصل عن مركبته خارج الغلاف الجوي حيث ينعدم تأثير الجاذبية ، كيف يستطيع العودة إليها ؟

٣- اختر الإجابة الصحيحة -

أ- جسم يقع على ارتفاع (ف) من سطح الأرض تكون طاقة وضعه (ك ء ف ، ك ء نق ، ك ء$_{\text{ن}}$ نق ، Δطاِ) .

ب- جسم فوق سطح الأرض يؤثر على سطحها بقوة مقدارها (قوة جذب الأرض له ، قوة الطرد الناشئة عن سرعة دورانه معها حول نفسها وحول الشمس ، الفرق بين هاتين القوتين ، صفر) .

٤- صاروخ يقذف غازات بمعدل ٠,٠٢ من كتلته في الثانية وبسرعة مقدارها ١٣٠٠ م/ث فإذا اعتبرنا عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث^{٢} فاحسب العجلة التي يصعد بها الصاروخ . (١٦)

٥- صاروخ يقذف غازات بمعدل ٥٠٠ كجم في الثانية بسرعة مقدارها ٧٠ مرة قدر سرعة الصاروخ ، احسب:

أ- مقدار كتلة الصاروخ . (٣٥٠٠٠)

ب- قوة دفع محرك الصاروخ إذا تحرك بعجلة مقدارها ٨ م/ث^{٢} . (٦,٣ × ١٠^{٥})

٦- إذا كانت الكتلة الكلية لصاروخ عند إقلاعه ١٥ طن واندفعت منه الغازات بمعدل ١٥٠ كجم في الثانية وكانت عجلة صعوده ٤ م/ث^{٢} فاحسب سرعة خروج الغازات .

٧- جسم انطلق رأسياً إلى أعلى بطاقة حركة ٢ × ١٠^{١٠} جول وبكمية تحرك مقدارها ٤٤ × ١٠^{٦} كجم.م/ث ، هل سيفلت من الجاذبية الأرضية ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

السرعتان الكونيتان الأولى والثانية($\overleftarrow{ع}_{ق}$ ، $\overleftarrow{ع}_{م}$):

سرعة الإفلات($\overleftarrow{ع}_{ق}$)

* هي السرعة الابتدائية الرأسية اللازمة لأي جسم (صاروخ مثلا) لكي يتمكن من الإفلات من مجال جاذبية جسم آخر .

* شرط إفلات جسم من مجال جاذبية جسم آخر:

طـ$_{ح}$ = طـ$_{و}$ $\Longleftarrow$ $\frac{1}{2}$ ك ع$_{ق}^{2}$ = ك ء نق $\Longleftarrow$ ع$_{ق}^{2}$ = ٢ ء نق

$\therefore$ ع$_{ق}$ = $\sqrt{٢ ء نق}$ ..... (١) .

* من (١) نجد أن سرعة الإفلات تختلف من كوكب إلى آخر اعتمادا على عجلة جاذبيته(ء) ونصف قطره(نق) انظر الجدول (١) ، ولنفس الكوكب(الأرض مثلا) يكون لسرعة الإفلات مقدارا ثابتا لأن ، (ء$_{ه}$ ، نق$_{ه}$) مقداران ثابتان .

* لذلك ستكون سرعة إفلات أي جسم(مهما كانت كتلته) من سطح الأرض أكبر من:

ع$_{ق}$ = $\sqrt{٢ ء_{ه} نق_{ه}}$ = $\sqrt{٢ \times ٩,٨ \times ٦,٣٨ \times ١٠^{٦}}$

= ١١١٨٢ م/ث $\cong$ ١١,٢ كم/ث .

مثال(١١): احسب مقدار الطاقة الحركية اللازم إعطاؤها لجسم كتلته ٢٠٠ طن لكي يفلت من مجال الجاذبية الأرضية .

الحل:

طـ$_{ح}$ = $\frac{1}{2}$ ك ع$_{ق}^{2}$ = $\frac{1}{2}$ × ٢ × ١٠^{٥} × (١١,٢ × ١٠^{٣})^{٢}

= ١,٢٥ × ١٠^{١٣} جول .

إثراء: جسم كتلته ٥٣ طن وآخر كتلته ٢٥طن ما السرعة اللازمة لكل منهما ليفلتا من مجال الجاذبية الأرضية ؟

السرعة المدارية($\overleftarrow{ع}_{م}$)

* هي السرعة الأفقية اللازمة لجسم (قمر صناعي مثلاً) لكي يدور حول جسم آخر (الأرض مثلا) في مسار دائري ثابت .

* شرط دوران جسم حول آخر في مسار دائري:

ق$_{م}$ = ق$_{جـ}$ $\Longleftarrow$ $\frac{ك_{م} ع_{م}^{٢}}{نق}$ = $\frac{ج ك_{م} ك_{ه}}{نق^{٢}}$ $\Longleftarrow$ ع$_{م}^{٢}$ = $\frac{ك_{ه}}{ج نق}$

$\Longleftarrow$ ع$_{م}$ = $\sqrt{\frac{ك_{ه}}{ج نق}}$ $\therefore$ ع$_{م}$ = $\sqrt{\frac{ك_{ه}}{ج نق_{ه}}}$ ..... (٢) .

* هنا نجد أن (ع$_{م}$) حول الأرض لا تعتمد إلا على نصف قطر المسار(الارتفاع عن سطح الأرض بالتحديد) فقط فهي تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي له (ع$_{م}$ $\propto$ $\frac{1}{\sqrt{نق}}$) .

* لذلك ستكون السرعة المدارية لأقرب قمر عن سطح الأرض أقل من:

ع$_{م}$ = $\sqrt{\frac{ج ك_{ه}}{نق_{ه}}}$ = $\sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{٦,٣٨ \times ١٠^{٦}}}$

= ٧٩٠٨ م/ث $\cong$ ٨ كم/ث .

مثال(١٢): القمر الطبيعي يدور حول الأرض مرة كل ٢٧,٣ يوم ، احسب بعده عن سطح الأرض .

الحل: ع$_{م}$ = $\frac{٤\pi^{٢} نق}{ز_{ر}^{٢}}$ = $\frac{٤\pi^{٢} نق}{٢,٣٦ \times ١٠^{٦}}$ ، حيث أن:

ز$_{ر}$ = ٢٧,٣ × ٢٤ × ٣٦٠٠ ث = ٢,٣٦ × ١٠^{٦} ث

$\Longleftarrow$ ع$_{م}^{٢}$ = $\frac{٤\pi^{٢} نق}{٥,٥٦ \times ١٠^{١٢}}$ ..... (١) .

كذلك: ع$_{م}^{٢}$ = $\frac{ج ك_{ه}}{نق}$ = $\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{نق}$ ..... (٢)

من (١) و (٢): نق^{٣} = $\frac{٣,٩٩ \times ١٠^{١٤} \times ٥,٥٦ \times ١٠^{١٢}}{٤\pi^{٢}}$ ،

$\Longleftarrow$ نق = ٣,٨٣ × ١٠^{٨} م ،

$\therefore$ بعد القمر عن سطح الأرض(ف) = نق – نق$_{ه}$

= (٣٨٣ – ٦,٣٨) × ١٠^{٦} = ٣,٧٧ × ١٠^{٨} م .

إثراء :

أ- لإفلات أي جسم من الجاذبية الأرضية يعطى سرعة مقدارها ٠,١١٢ × ١٠^{٧} سم/ث . ( ) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣)

ب- يستطيع جسم الابتعاد عن مجال جاذبية جسم آخر(كوكب مثلا) إذا امتلك (طـ$_{ح}$ > طـ$_{و}$ ، طـ$_{ح}$ = طـ$_{و}$ ، طـ$_{ح}$ < طـ$_{و}$) - خيارات - .

جـ- لكي يفلت جسم من نطاق الجاذبية الأرضية فيجب إعطاؤه طاقة حركية مقدارها ٦٢ مليون جول لكل كيلو جرام من كتلته على الأقل . (أحسب ذلك !)

الجسم	سرعة الإفلات من الجسم (كم/ث)		الجسم
الشمس	٤٢,٢	١١,٢	الأرض
المشتري	٦٠,٢	١٠,٤	الزهرة
زحل	٣٦	٥	المريخ
نبتون	٢٤,٩	٤,٣	عطارد
أورانوس	٢٢,٣	٢,٤	القمر

جدول (١)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

س: هل يمكن لجسم أن يفلت من مجال الجاذبية إذا كان يتحرك بسرعة ثابتة أقل من سرعة الإفلات ؟
جـ: نعم . رأسية كانت أم أفقية !

مثال(١٣) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):
إذا علمت أن نصف قطر القمر التابع الطبيعي للأرض هو ١٧٦٣,٢٧ كم وأن سرعة الإفلات منه ٢,٤ كم/ث فاحسب مقدار عجلة جاذبيته .

نق$_{القمر}$ = ١٧٦٣,٢٧ كم = ١٧٦٣٢٧٠ م ،
(ع$_{ف}$)$_{قمر}$ = ٢,٤ كم/ث = ٢٤٠٠ م/ث .

الحل: ∵ ع$_{ف}$ = $\sqrt{٢ \text{ ء نق}}$ ⟸ ع$_{ف}^{٢}$ = ٢ ء نق

∴ ء$_{القمر}$ = $\frac{ع_{ف}^{٢}}{٢ نق}$ = $\frac{(٢٤٠٠)^{٢}}{٢ \times ١٧٦٣٢٧٠}$ = ١,٦٣ م/ث^{٢} .

جدول مقارنة بين سرعة الإفلات(ع$_{ف}$) والسرعة المدارية(ع$_{م}$):

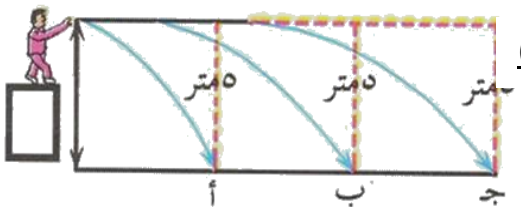
السرعة / وجه القارنة	سرعة الإفلات(ع$_{ف}$)	السرعة المدارية(ع$_{م}$)
الزاوية التي تصنعها مع قوة الجاذبية	١٨٠° ، معاكسة لها	٩٠° ، عمودية عليها
الزاوية التي تصنعها مع سطح الأرض	٩٠° ، عمودية عليها	صفر° ، موازية لها
تسارع الجسم(العجلة)	خطي(عجلة خطية) ، ومقداره سالب عجلة الجاذبية الأرضية	مركزي(عجلة مركزية جـ$_{م}$)
ما ينتج عنها	إفلات(هروب) الجسم من مجال الجاذبية	نشوء قوة طرد مركزية تعادل قوة الجذب ليسلك الجسم مساراً دائرياً
أثر الجاذبية عليها	تقلل من مقدارها ! ، تأثير سلبي .	ضرورية لدوران الجسم في مسار دائري !

الأقمار الصناعية(Satellites):

تعريفها: القمر الصناعي عبارة عن جسم يدور حول جسم آخر كالأقمار الطبيعية التابعة للكواكب .
فكرة عملها: تعمل الأقمار الصناعية وفقاً لمبدأ حفظ كمية التحرك الزاوي .
استخدامها والغرض منها: تستخدمها الدول المتقدمة لعدة أغراض منها:
- دراسة سطح الأرض وكذلك دراسة القمر وكواكب المجموعة الشمسية . - تستخدم في التجسس .
- دراسة الطقس فتقوم بإرسال معلومات إلى الأرض عن الطقس وتوقعاته . - نقل الرسائل وأخبار التلفزيون .

نشاط(٢) - يوضح كيفية حركة الأقمار الصناعية في مساراتها الدائرية:

افرض أن شخصاً قذف حجراً بسرعة معينة فإن الحجر سيتحرك لمسافة معينة ثم يسقط في موضع على الأرض بسبب الجاذبية الأرضية وليكن النقطة (أ) في الشكل (٦) ،
لأن: ق$_{م}$ << ق$_{جـ}$.



شكل (٦)

- ماذا لو رمي الحجر بسرعات أكبر . أين سيسقط ؟ حتما سيسقط في نقطة أبعد من النقطة السابقة ولتكن النقطة (ب) ثم (جـ) وهكذا ،
ولنفرض أن الحجر بعد ثانية واحدة سقط سقوطاً حراً مسافة ٥ م تحت الخط المتقطع عند النقطة (أ) فإن الحجر في القذفة الثانية سيسقط سقوطاً حراً مسافة ٥ م من أعلى بالرغم من أن المسافة الأفقية الثانية ستكون أكبر من المسافة الأفقية الأولى . وهكذا فإن الحجر يسلك ممراً منحنياً ليصل إلى سطح الأرض وفي كل مرة تزداد المسافة الأفقية التي يقطعها قبل أن يصل إلى سطح الأرض بسبب زيادة قوة الطرد(ق$_{م}$) نتيجة الزيادة في سرعة الجسم .
وبمقارنة رمي الحجر بقذف القمر الصناعي فسنجد أن القمر إذا قذف بسرعة أفقية فإن المدى الذي سيقطعه أفقياً سيعتمد على مقدار السرعة التي إذا وصلت إلى القيمة المناسبة والتي تولد قوة طرد مساوية لقوة الجذب(ق$_{م}$ = ق$_{جـ}$) فإن

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

القمر سيدور حول الأرض في مسار دائري ذي نصف قطر ثابت وسرعة مقدارها ثابت ، والسرعة اللازمة لدوران أقرب قمر حول الأرض سيكون مقدارها أقل من ٨ كم/ث .

ملاحظات:

* عند وضع قمر صناعي يدور حول الأرض يجب أن يوضع في الاعتبار كل من سرعة واتجاه الصاروخ الحامل له .
* توضع الأقمار الصناعية في مدارات على ارتفاع ١٥٠ كيلومتر عن سطح الأرض ! لتصبح بعيدة عن مقاومة الهواء .
* من الخطأ القول بأن القمر الصناعي يوضع خارج نطاق الجاذبية ليتمكن من الدوران ! لأنه إذا افلت من تأثير الجاذبية فسيستمر بالحركة في خط مستقيم (قانون نيوتن الأول) .
* الجاذبية لا تنعدم ولكن ينعدم تأثيرها ! بسبب تساوي قوتها مع قوة جاذبية أجسام(كواكب) أخرى معاكسة لها في الإتجاه لتصبح المحصلة صفر .
* إن قوة الجاذبية لا تؤثر في سرعة القمر الصناعي لأنها عمودية على سرعته فتكون مركبتها التي باتجاه سرعته صفر فلا تؤثر على مقدار سرعته بل على اتجاهها فقط ، ومن ثم فإن القمر سيتحرك عموديا على اتجاه قوة الجاذبية وموازيا لسطح الأرض (أو أي كوكب آخر) وبسرعة مقدارها ثابت واتجاهها يتغير باستمرار لتكون الحركة في مسار دائري منتظم .
* أقرب قمر صناعي لسطح الأرض يحتاج إلى ٩٠ دقيقة ليكمل دورة كاملة حول الأرض ، (احسب ارتفاع هذا القمر عن سطح الأرض وسرعته المدارية) . (٢٧٤,٦٧٥ كم ، ٧٧٤١,٧ م/ث)

مثال(١٤) ← (٢٠١١ - ٢٠١٢):

قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري على ارتفاع ٩٤٠ كم من سطح الأرض ، فإذا علمت أن كتلة الأرض ($ك_ر$ = ٦ × $١٠^{٢٤}$ كجم) ونصف قطرها($نق_ر$ = ٦٣٦٠ كم) وثابت الجذب العام($ج_{ج}$) = ٦,٦٧ × $١٠^{-١١}$ نيوتن.م^{٢}/كجم^{٢} ، فاحسب: ١- سرعته المدارية وقارنها بسرعة الهروب ، ٢- زمنه الدوري .

المعطيات:
ف = ٩٤٠ كم = ٠,٩٤ × $١٠^{٦}$ م .

الحل: ١- ∵ نق = $نق_ر$ + ف = ٦,٣٦ × $١٠^{٦}$ + ٠,٩٤ × $١٠^{٦}$ = ٧,٣ × $١٠^{٦}$ م .

∴ ع$_م$ = $\sqrt{\frac{ج_{ج} \times ك_ر}{نق}}$ = $\sqrt{\frac{٦,٦٧ \times ١٠^{-١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{٧,٣ \times ١٠^{٦}}}$ = ٧٤٠٤,١٨ م/ث = ٧,٤ كم/ث < ع$_ى$.

٢- ∵ ع$_م$ = $\frac{٢\pi نق}{ز_ر}$ ⟸ ز$_ر$ = $\frac{٢\pi نق}{ع_م}$ = $\frac{٢ \times ٧,٣ \times ١٠^{٦}}{٧٤٠٤,١٨}$ = ٦١٩٤,٧٧٨ ث = ١,٧٢ ساعة .

س: لا تتصادم الأقمار الصناعية أثناء دورانها في نفس المدار حول الأرض ، فسر ذلك .
جـ- لأنها تتحرك بسرعة مقدارها ثابت وبالتالي تظل المسافات بينها ثابتة على طول المسار فلا تتصادم .

مثال(١٥) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

اذكر القوى التي تبقي القمر الصناعي في مدار ثابت ، ثم احسب السرعة الزاوية(ω) لقمر صناعي يدور حول الأرض نصف قطر مداره (١٦٠٠٠) كم .

الحل: قوة التجاذب بينه والأرض وقوة الطرد المركزية الناشئة عن سرعته المدارية والمتساويتان في المقدار والمتعاكستان في الإتجاه ، ونحسب السرعة الزاوية(ω) لهذا القمر كما يلي:

ω = $\frac{ع_م}{نق}$ = $\sqrt{\frac{ج_{ج} \times ك_ر}{نق^{٣}}}$ = $\sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{(١,٦ \times ١٠^{٧})^{٣}}}$ = ٣,١٢ × $١٠^{-٤}$ راد/ث .

مثال(١٦): قمر صناعي يدور حول الأرض في مسار دائري طوله ٧ × $١٠^{٧}$ م ، احسب:
أ- إرتفاعه عن سطح الأرض ،
ب- عدد الدورات التي يعملها خلال اليوم الواحد .

الحل:

أ- ∵ طول محيط الدائرة = ٢πنق ⟸ نق = $\frac{\text{محيط الدائرة}}{٢\pi}$ = $\frac{٧ \times ١٠^{٧}}{٢\pi}$ = ١,١ × $١٠^{٧}$ م .

∴ إرتفاع القمر عن سطح الأرض(ف) = نق – $نق_ر$ = ١,١ × $١٠^{٧}$ – ٦,٣٨ × $١٠^{٦}$ = ٤,٦٢ × $١٠^{٦}$ م .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ب- لمعرفة عدد الدورات في اليوم نمر بالخطوات التالية:

$ع_م = \sqrt{\frac{ج_ك}{نق_م}} = \sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{١,١ \times ١٠^{٧}}} = ٦٠٢٢,٦$ م/ث ،

لكن: $ع_م = ٢\pi f نق \Longleftarrow f = \frac{ع_م}{٢\pi نق} = \frac{٦٠٢٢,٦}{٢\pi \times ١,١ \times ١٠^{٧}} = ٨,٧ \times ١٠^{-٥}$ HZ .

∴ عدد الدورات التي يعملها القمر الصناعي خلال اليوم = $\frac{٨,٧ \times ١٠^{-٥} \text{ دورة}}{١ \text{ ث}} = \frac{٨,٧ \times ١٠^{-٥} \text{ دورة}}{\frac{١}{٢٤ \times ٣٦٠٠} \times ١ \text{ يوم}} = ٧,٥١٦٨$ دورة/يوم .

إثراء:

١- أسئلة وزارية مختارة:

أ- ما المقصود بالقمر الصناعي ؟ - اذكر وظيفة الأقمار الصناعية .

ب- ما التدابير المتبعة لتجنيب الأقمار الصناعية مقاومة الهواء ؟

جـ- خيارات: ١- تعمل الصواريخ ذاتية الدفع طبقا لقانون (الجاذبية الأرضية ، حفظ كمية التحرك الزاوي ، الجذب العام ، حفظ كمية التحرك الخطي) .

٢- إذا أردنا للجسم أن يفلت من الجاذبية الأرضية فلا بد من إعطاءه سرعة رأسية أكبر من (١١,٢ م/ث ، ٨,٢ كم/ث ، ٦٧٢ كم/دقيقة ، ٦٨٠ كم/ث) .

٣- جسم يتحرك حركة دائرية ولو زادت سرعته الخطية إلى الضعف فإن مقدار قوة الطرد المركزية له سوف (يزداد إلى الضعف ، يقل إلى النصف ، يقل إلى الربع ، يزداد إلى أربعة أضعاف) .

٤- إذا زادت سرعة القمر الصناعي إلى الضعف فإن نصف قطر مداره الجديد سوف (يقل إلى النصف ، يقل إلى الربع ، يزداد الربع ، يزداد النصف) .

د- علل: ١- يعمل الصاروخ بطريقة أفضل في الفضاء الخارجي !

٢- السرعة المدارية تحفظ القمر الصناعي على نفس الإرتفاع !

هـ- اذكر تطبيقاً واحداً لمبدأ حفظ كمية التحرك الخطي .

و- اذكر استخداما واحدا لـ: - الأقمار الصناعية ، - الصواريخ .

ز- مستخدماً وحدات القياس أثبت أن الكميات فيما يلي متساوية: ١- (ك $ع^٢$ ، ك ء نق) ، ٢- (ع ز ق ، ث ح $ع^٢$) .

ح- ما مقدار السرعة الخطية لسيارة قطر عجلتها ٧٥ سم وتكمل ١٠ دورات في الثانية الواحدة ؟ (٢٣,٥٦)

٢- ضع (✓) أو (×): - يحتاج الجسم ذو الكتلة الأكبر إلى طاقة حركة أكبر لكي يفلت من الجاذبية الأرضية . ( )

- تكون محصلة القوى المؤثرة على القمر الصناعي في مداره تساوي صفر . ( )

- سرعة إفلات جسم من سطح الأرض تصنع مع قوة جاذبيتها زاوية مقدارها ١٨٠° . ( )

- كلما اقترب القمر الصناعي من سطح الأرض فإن سرعته تزداد . ( )

- السرعة المدارية للقمر الصناعي ثابتة ومنتظمة مهما تغير نصف قطر مداره . ( )

٣- لحساب السرعة المدارية لأي نقطة أو جسم يقع على سطح الأرض لدورانه معها(سرعة الأرض حول نفسها) أي العلاقتين نستخدم ($\frac{٢\pi نق_ر}{ز_ر}$ ، $\sqrt{\frac{ج_ك}{نق_ر}}$) ؟ ولماذا ؟ ثم احسبها . (٤٦٤)

٤- عند انطلاق صاروخ ذاتي الدفع مهما كانت سرعة انطلاقه الرأسية لا بد وأن يكون متحركاً بعجلة تزايدية ، بينما ولا بد لجسم لا يملك دفع ذاتي أن ينطلق بسرعة الإفلات على الأقل نجد أنه سيتحرك بعجلة تناقصية وذلك ليخرجا من نطاق تأثير الجاذبية ، وضح السبب في الحالتين .

٥- أثبت أن: $\frac{نق^٣}{ز_ر^٢} = ١٠^{١٣}$ (لأي جسم يدور حول الأرض) .

٦- أثبت أن السرعة المدارية للقمر الصناعي يمكن حسابها من العلاقة: $ع_م = \sqrt{\frac{ء_ه \, نق_ر^٢}{نق}}$.

٧- معلوم أن سرعة القمر الصناعي المدارية تتناسب عكسياً مع نصف قطر مداره ، أثبت ذلك من خلال العلاقة: $ع_م = ٢\pi f$ نق .

٨- احسب السرعة المدارية للأرض حول الشمس إذا علمت أن كتلة الشمس ١,٩٧ × $١٠^{٣٠}$ كجم وأن الأرض تعمل دورة كاملة حول الشمس خلال ٣٦٥,٢٥ يوم . (٢٩,٦٧ كم/ث ، قارنها مع سرعتها حول نفسها !)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٩- إذا علمت أن سرعة إفلات الجسم من سطح القمر مقدارها ٢,٤ كم/ ث وعجلة الجاذبية للقمر سدس عجلة الجاذبية الأرضية فكم يبلغ نصف قطر القمر ؟ (١,٧٦ × ١٠^٦ م ، أي ٢٧% من نصف قطر الأرض)

١٠- قمر صناعي يدور في مسار دائري يبعد عن سطح الأرض ١٥٠ كم ، احسب المسافة التي يقطعها:
أ- خلال دورة كاملة ، ب- خلال يوم واحد . (٤,١ × ١٠^٧ م ، ٢,٧ × ١٠^٥ كم ، كم دورة يعملها في اليوم ؟)

١١- احسب كتلة كوكب الزهرة إذا علمت أن سرعة إفلات جسم من سطحه مقدارها ١٠,٤ كم/ث وعجلة جاذبيته ٨,٧٨ م/ث^٢ . (٤,٩٩ × ١٠^٢٤ كجم ، أي ٨٣% من كتلة الأرض)

١٢- صاروخ يفقد ٢% من كتلته في الثانية الأولى لإنطلاقه على شكل غازات متحركة بسرعة ١٠^٤ م/ث بالنسبة للصاروخ ، احسب سرعة انطلاق الصاروخ . (٢٠٠ م/ث)

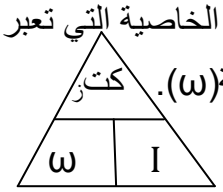
١٣- سرعة دوران أقرب جسم للأرض حولها ٧٩٠٨ م/ث بينما سرعة أي نقطة على سطحها(سرعة دوران الأرض حول نفسها) هي ٤٦٤ م/ث فقط على الرغم أنهما يقعان على نفس البعد عن مركزها تقريبا ، فسر ذلك .

تدريب(٣): احسب الارتفاع عن سطح الأرض لقمر صناعي(نايل سات مثلا) والذي يجعله يسلك مساراً يسمح له بالبقاء فوق منطقة محددة من الأرض باستمرار .

تدريب(٤): أثبت رياضيا أنه لا يمكن لقمر صناعي أن يدور حول الأرض بسرعة مقدارها ١٠ كم/ث .

كمية التحرك الزاوي أو الزخم الزاوي(Angular Momentum):

هي الخاصية التي تعبر عن مدى صعوبة إيقاف دوران جسم عزمه ألقصوري الذاتي ألدوراني(I) وسرعته الزاوية(ω). $\overleftarrow{كت_ز} = I \overleftarrow{\omega}$ ، $I = \frac{\overleftarrow{كت_ز}}{\overleftarrow{\omega}}$ ، $\overleftarrow{\omega} = \frac{\overleftarrow{كت_ز}}{I}$ ، حيث أن: $كت_ز$ هي كمية التحرك الزاوي للجسم ،



* كذلك: $I = ك نق^2$ ، $\overleftarrow{\omega} = \frac{\overleftarrow{ع}}{نق}$ حيث أن: ك ، $\overleftarrow{ع}$ ، نق كتلة وسرعة ونصف قطر مسار الجسم .

* كمية التحرك الزاوية كمية فيزيائية مشتقة ..... علل !
* كمية التحرك الزاوية كمية فيزيائية متجهة ..... علل !
* كمية التحرك الزاوية تقاس بوحدات (كجم.م^٢/ث = نيوتن.م.ث = جول.ث) في النظام المتري(SI) .

وكما أن خاصية القصور الذاتي الخطي عبارة عن مقاومة الجسم للقوة التي تحاول التغيير في حالة حركته الخطية فإن القصور الذاتي ألدوراني هو مقاومة الجسم لعزم القوة الذي يحاول التغيير في حالة حركته الدورانية ، أما السرعة الزاوية(ω) فهي معدل تغير الإزاحة الزاوية(θ) بالنسبة للزمن(ز) .

ك = ٢ كجم ، ω = ٦٠ راد/ث .
نق = القطر/٢ = ٢٠٠/٢ = ١٠٠ سم = ١ م

مثال(١٧) ← (٢٠١١ - ٢٠١٢):
- دراجة هوائية كتلة الإطار الخارجي لعجلتها ٢ كجم وقطره ٢٠٠ سم ، إذا كانت سرعته الزاوية ٦٠ راد/ث فاحسب:
١- عزم القصور الذاتي ألدوراني للإطار . ٢- كمية التحرك الزاوي للإطار .

الحل: ١- عزم القصور الذاتي ألدوراني للإطار(I) = $ك نق^2 = ٢ \times ١^2 = ٢$ كجم.م^٢ ،
٢- كمية التحرك الزاوي للإطار($كت_ز$) = $I \omega = ٢ \times ٦٠ = ١٢٠$ كجم.م^٢/ث .

مثال(١٨): منشار قطع الأحجار على شكل قرص مستدير يدور بسرعة منتظمة حول محور يمر من مركزه وعمودي على وجهيه ، فإذا كان ينجز ٣٠٠ دورة في $\frac{٢}{٣}$ دقيقة وكان عزم قصوره الذاتي ألدوراني ١٤ كجم.م^٢ فما مقدار كل من:
١- سرعته الزاوية ، ٢- كمية تحركه الزاوي .

$f = \frac{٣٠٠ \text{ دورة}}{\frac{٢}{٣} \text{ دقيقة}} = \frac{٣٠٠}{٦٠ \times \frac{٢}{٣}} = ٧,٥$ HZ
I = ١٤ كجم.م^٢ ، ω = ؟ ، $كت_ز$ = ؟

الحل: ١- $\omega = ٢ \pi f = ٢ \pi \times ٧,٥ = ١٥ \pi$ راد/ث $\cong ٤٧,١٢٤$ راد/ث .
٢- $كت_ز = I \omega = ١٤ \times ١٥ \pi = ٢١٠ \pi$ كجم.م^٢/ث $\cong ٦٥٩,٧$ كجم.م^٢/ث .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مبدأ حفظ كمية التحرك الزاوي(Conservation Principle of Angular Momentum):

وينص على أن: "كمية التحرك الزاوي لجسم تظل ثابتة ما لم تؤثر عليها عزوم خارجية" ، وبالتالي سيستمر هذا الجسم في حالته من السكون أو الدوران حول نفس المحور ما لم تعمل عزوم أخرى على التغيير من هذه الحالة ، ومن أهم تطبيقات هذا المبدأ:

١- تفسير استمرار دوران الأرض حول الشمس وحول نفسها في محور دوران ثابت ، ودوران جميع الأقمار والكواكب والنجوم والمجرات بالنسبة لبعضها البعض وكذلك دوران الإلكترونات حول النواة .

٢- التنبؤ بحدوث الكسوف والخسوف وتحديد مكان وزمان حدوثهما على سطح الأرض .

نشاط(٣) - يوضح مبدأ حفظ كمية التحرك الزاوي:

* احضر عجلة دراجة هوائية ثم نفذ الخطوات التالية: ١- قم بتدويرها حول محور دورانها حتى تبدأ بالدوران .
٢- استمر في تدويرها لتزيد من سرعة دورانها .
٣- حاول إيقاف حركتها بعزم قوة معاكسة لحركتها الدورانية .

ستلاحظ: أ- صعوبة إدارتها في الحالتين (١) و (٢) لكن بدرجة أقل في (٢) .
ب- صعوبة إيقاف حركتها في الحالة (٣) .

الاستنتاج: مما سبق يتضح لنا:

١- خاصية القصور الذاتي ألدوراني فالعجلة تقاوم محاولة التغيير من حالتها الحركية الدورانية ! لأن معظم كتلتها تتركز في الإطار البعيد عن مركز دورانها ! بسبب قوة الطرد المركزية الناتجة عن السرعة الدائرية للعجلة .

٢- كمية التحرك الزاوي محفوظة فعزوم القوى المبذولة في تدوير أو زيادة سرعة التدوير تحولت إلى دوران كبير للعجلة .

* نلاحظ أن العجلة ستقف في النهاية"بعد فترة زمنية من إزالة عزم القوة المسبب لدورانها" . فسر ذلك !

إثراء: ١- (أسئلة وزارية مختارة):

- تظل كمية التحرك الزاوي لجسم ثابتة عندما تؤثر عليه عزوم دوران خارجية . ( )
- يدور قمر صناعي حول الأرض على ارتفاع ٧٠٠ كم وبسرعة مقدارها ٧,٥ كم/ث بحيث كانت كمية تحركه الزاوي ٥٤ × $١٠^{١٤}$ كجم.م^{٢}/ث وكان نصف قطر الأرض ٦٤٠٠ كم فكتلة القمر $١٠^{٥}$ كجم .( )
- علل لما يأتي: - تتركز الكتلة في الحركة الدورانية في الإطار البعيد عن مركز الدوران .
- يكتسب جسم كتلته ١٠ كجم يدور حول محور ثابت يبعد عنه ٥٠ سم بسرعة مقدارها ٣,٥ م/ث كمية تحرك زاوي مقدارها ..... . (أكمل الفراغ) .
- ساعة حائطية كبيرة طول عقرب دقائقها ١,٨ متر وكتلته ٢ كجم ، احسب كمية تحركه الزاوي .

٢- ما هي علاقة التناسب بين السرعة الزاوية(ω) ونصف قطر مسار الجسم الدائري(نق) ؟

٣- قمر صناعي يدور حول الأرض بعزم قصور دوراني مقداره ١٦ × $١٠^{١٦}$ كجم.م^{٢} وعلى ارتفاع ٣٠٠ كم فوق سطحها ، احسب: أ- كمية التحرك الزاوي له ، ب- كتلة القمر الصناعي .

تدريب(٥): إذا علمت أن المسافة بين القمر والأرض تساوي حوالي ٣,٨٤ × $١٠^{٨}$ م وبين الأرض والشمس حوالي ١,٤٩٦ × $١٠^{١١}$ م فاحسب: أ- الزمن الدوري للقمر حول الأرض ب- السرعة الزاوية للقمر
جـ- العجلة الجاذبة المركزية للقمر د- كتلة الشمس
هـ- عزم القصور الذاتي ألدوراني للأرض و- كمية التحرك الزاوي للأرض حول الشمس .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

حركة المقذوفات(Motion of Projectiles):

تعريفات وملاحظات:

١- حركة المقذوفات: هي حركة جسم منطلق بسرعة إبتدائية في بعدي المستوى الرأسي تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية ، كما يوضحه الشكل (٧) في الصفحة التالية .

٢- البعد الأفقي(ف$_{س}$): هو البعد بين المقذوف والمسقط الرأسي لنقطة القذف .

٣- البعد الرأسي(ف$_{ص}$): هو البعد بين المقذوف والمسقط الأفقي لنقطة القذف .

٤- المدى الأفقي: هو أقصى مسافة يصل إليها المقذوف في الإتجاه الأفقي من المسقط الرأسي لنقطة القذف .

٥- ذروة القذف: هو أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف في الإتجاه الرأسي من المسقط الأفقي لنقطة القذف .

٦- عند وصول المقذوف إلى أقصى ارتفاع(ذروة القذف) فإن سرعته العمودية(ع$_{ص}$) = صفر .

٧- عند وصول المقذوف إلى نقطة سقوط على سطح الأرض فإن :

أ- ف$_{ص}$ = صفر ، إذا كانت نقطة القذف ونقطة السقوط في نفس المستوى الأفقي(سطح الأرض) .

ب- ف$_{ص}$ = الارتفاع الذي قذف منه المقذوف ، إذا كان القذف أفقيا من ارتفاع ما(قمة هضبة أو طائرة مثلا) .

جـ- أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف عن سطح الأرض = ف$_{ص}$ + الارتفاع الذي قذف منه المقذوف ، إذا كان القذف بزاوية(هـ) مع الأفقي من ارتفاع ما(قمة هضبة أو برج مثلا) .

٨- إذا كان القذف أفقيا فإن: - زاوية القذف(هـ) = صفر ، - زمن المدى الأفقي = زمن الذروة .

٩- سرعة المقذوف الكلية(ع$_{ح}$) عند أية لحظة زمنية(ز) هي محصلة السرعتين المتعامدتين(ع$_{س}$ ، ع$_{ص}$) كما في العلاقة:

ع$_{ح}$ = $\sqrt{ع_{س}^{٢} + ع_{ص}^{٢}}$ حيث أن: - (ع$_{س}$ = ع جتاهـ) هي المركبة الأفقية الثابتة المقدار على طول منحنى حركة المقذوف .

- (ع$_{ص}$ = ع جاهـ ± ء ز) هي المركبة الرأسية المتغيرة باستمرار .

معادلات حركة المقذوف(Equations of Projectiles):

الإتجاه الأفقي(محور س)	معادلات الحركة في خط مستقيم	الإتجاه الرأسي(محور ص)
* لا تؤثر قوة في الإتجاه الأفقي (بإهمال احتكاك المقذوف بجزيئات الهواء) لذلك: ق$_{س}$ = صفر ⇔ جـ$_{س}$ = صفر "نيوتن الأول" ⇐ السرعة في الإتجاه الأفقي ثابتة على طول المنحنى . * ع$_{س}$ = ع جتاهـ .	الأولى ⇐ ع = ع$_{.}$ + جـ ز	* القوة المؤثرة في الإتجاه الرأسي هي قوة الجاذبية الأرضية لذلك: ق$_{ص}$ ≠ صفر ⇐ جـ$_{ص}$ = ± ء (+ ↑ ، − ↓) "نيوتن الثاني" ⇐ السرعة في الإتجاه الرأسي متغيرة على طول المنحنى . * ع$_{ص}$ = ع جاهـ .
	الثانية ⇐ ف = ع$_{.}$ز + $\frac{١}{٢}$ جـ ز^{٢}	
	الثالثة ⇐ ع^{٢} = ع$_{.}^{٢}$ + ٢جـ ف	

ع$_{س}$ = ع جتاهـ ... (١) ⇔	ع$_{س}$ = ع$_{س}$ + جـ$_{س}$ز	الأولى	ع$_{ص}$ = ع$_{ص}$ + جـ$_{ص}$ز ⇐ ع$_{ص}$ = ع جاهـ ± ءز ... (٣)
ف$_{س}$ = ع جتاهـ ز (٢) ⇔	ف$_{س}$ = ع$_{س}$ز + $\frac{١}{٢}$ جـ$_{س}$ز^{٢}	الثانية	ف$_{ص}$ = ع$_{ص}$ز + $\frac{١}{٢}$ جـ$_{ص}$ز^{٢} ⇐ ف$_{ص}$ = ع جاهـ ز ± $\frac{١}{٢}$ ءز^{٢} .. (٤)
ع$_{ص}$ = ع جاهـ ... (١) ⇔	ع$_{ص}^{٢}$ = ع$_{س}^{٢}$ + ٢جـ$_{س}$ف$_{س}$	الثالثة	ع$_{ص}^{٢}$ = ع$_{.}^{٢}$ + ٢جـ$_{ص}$ف$_{ص}$ ⇐ ع$_{ص}^{٢}$ = (ع جاهـ)^{٢} ± ٢ءف$_{ص}$ ..(٥)

مثال(١٩): يوجه إطفائي يقف على بعد ٥٠ متراً من مبنى يحترق تياراً مائياً من خرطوم بزاوية ٣٠° فوق الأفقي ، إذا كانت سرعة التيار المائي الإبتدائية ٣٠ م/ث ،

أ- إلى أي ارتفاع من المبنى سيصل التيار المائي ؟

ب- احسب المركبة العمودية لسرعة التيار المائي لحظة ارتطامه بالمبنى($ع_{ص}$) .

المعطيات:
$ف_{س}$ = ٥٠ م ،
هـ = ٣٠° ،
ع = ٣٠ م/ث .

الحل: لحساب الزمن المستغرق(ز) للوصول الى المبنى نستخدم العلاقة(٢):

$ف_{س} = ع جتاهـ ز \Leftarrow ٥٠ = ٣٠ \times$ جتا٣٠° $\times ز \Leftarrow ز = \frac{٥٠}{٣٠ \times \text{جتا}٣٠°} = ١,٩$ ث ،

أ- الإرتفاع الذي سيصل إليه التيار المائي:

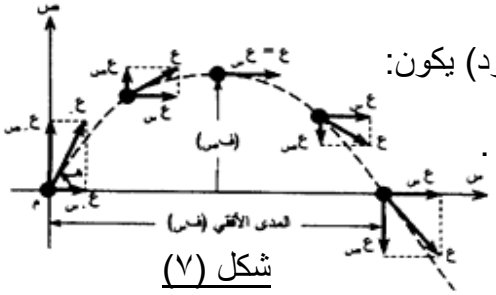
$(ف_{ص}) = ع جاهـ ز - \frac{١}{٢} ء ز^{٢} = ٣٠ \times$ جا٣٠° $\times ١,٩ - \frac{١}{٢} \times ٩,٨ \times (١,٩)^{٢} = ١٠,٨$ م ،

ب- المركبة العمودية لسرعة التيار المائي لحظة ارتطامه:

$(ع_{ص}) = ع جاهـ - ء ز = ٣٠ \times$ جا٣٠° $- ٩,٨ \times ١,٩ = -٣,٦٢$ م/ث .

ملاحظة: عند انطلاق المقذوف إلى أعلى عكس الجاذبية نعتمد إشارة (ء) سالبة في جميع العلاقات المستخدمة في الحل .

علاقتي حساب زمن الذروة($ز_{ذروة}$) وزمن المدى الأفقي($ز_{مدى أفقي}$):



شكل (٧)

من العلاقة (٣) وعند أقصى ارتفاع حيث $ع_{ص}$ = صفر وإشارة ء سالبة(صعود) يكون:

صفر = $ع جاهـ - ء ز_{ذروة} \Leftarrow ء ز_{ذروة} = ع جاهـ \Leftarrow ز_{ذروة} = \frac{ع جاهـ}{ء}$ ..... (٦) .

كذلك: $ز_{مدى أفقي} = ٢ ز_{ذروة} = ٢(\frac{ع جاهـ}{ء}) \Leftarrow ز_{مدى أفقي} = \frac{٢ ع جاهـ}{ء}$ ..... (٧) .

العلاقة بين ذروة القذف($ف_{ص}$) والمدى الأفقي($ف_{س}$):

بتعويض (٦) في (٤): $ف_{ص} = ع جاهـ(\frac{ع جاهـ}{ء}) - \frac{١}{٢} ء(\frac{ع جاهـ}{ء})^{٢} = \frac{ع^{٢} جا^{٢}هـ}{ء} - \frac{١}{٢} \frac{ع^{٢} جا^{٢}هـ}{ء}$ ،

∴ ذروة القذف($ف_{ص}$) = $\frac{ع^{٢} جا^{٢}هـ}{٢ء}$ .... (٨) .

كذلك بتعويض (٧) في (٢): $ف_{س} = ع جتاهـ (\frac{٢ ع جاهـ}{ء}) = \frac{ع^{٢} (٢ جاهـ جتاهـ)}{ء} = \frac{ع^{٢} جا٢هـ}{ء}$ ،

∴ المدى الأفقي($ف_{س}$) = $\frac{ع^{٢} جا^{٢}هـ}{ء}$ ..... (٩) ، لأن: ٢جاهـ جتاهـ = جا٢هـ ، وبقسمة (٨) على (٩) نحصل على أن:

$\frac{ف_{ص}}{ف_{س}} = \frac{ع^{٢} جا^{٢}هـ}{٢ء} \times \frac{ء}{ع^{٢} (٢ جاهـ جتاهـ)} = \frac{١}{٤}$ ظاهـ ،

∴ العلاقة بين ذروة القذف والمدى الأفقي تكون: $(\frac{ف_{ص}}{ف_{س}}) = \frac{١}{٤}$ ظاهـ ..... (١٠) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٢٠): أطلق مدفع قذيفة في اتجاه يصنع مع الأفق زاوية ٤٥° ، فإذا وصلت القذيفة إلى أقصى مدى أفقي لها مقداره ٢٠٠٠ م في زمن قدره ٢٠ ثانية فاحسب:
أ- زمن ذروة القذف . ب- ذروة قذفها . جـ- السرعة الابتدائية للقذيفة . (سؤال وزاري)

المعطيات:
هـ = ٤٥°
ف$_س$ = ٢٠٠٠ م
ز$_س$ = ٢٠ ث .

الحل:

أ- ∵ ز$_{مدى\ أفقي}$ = ٢ز$_{ذروة}$ ⟸ ز$_{ذروة}$ = $\frac{ز_{مدى\ أفقي}}{٢}$ = $\frac{٢٠}{٢}$ = ١٠ ث ،

ب- ∵ ظاهـ = $\frac{ف_{ص}}{ف_{س}}$ ⟸ ف$_{ص}$ = $\frac{ف_{س}\ ظاهـ}{٤}$ = $\frac{٢٠٠٠}{٤}$ = ٥٠٠ م .

جـ- ∵ ز$_{ذروة}$ = $\frac{ع\ جاهـ}{ء}$ ⟸ ع = $\frac{ء\ ز_{ذروة}}{جاهـ}$ = $\frac{٩,٨ \times ١٠}{جا٤٥°}$ = ١٣٨,٦ م/ث .

مثال(٢١) ← (٢٠١١ - ٢٠١٢):
- قذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها ١٦ م/ث في اتجاه يصنع زاوية مقدارها ٣٠° مع الأفق وباعتبار أن (ء = ١٠ م/ث^٢) احسب ما يلي: ١- أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف . ٢- زمن الذروة . ٣- المدى الأفقي له .

الحل:

١- أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف(ف$_ص$) = $\frac{ع^٢\ جا^٢هـ}{ء^٢}$ = $\frac{(١٦)^٢ \times جا^٢(٣٠°)}{٢ \times ١٠}$ = ٣,٢ م ،

٢- ز$_{ذروة}$ = $\frac{ع\ جاهـ}{ء}$ = $\frac{١٦ \times جا٣٠°}{١٠}$ = ٠,٨ ث .

٣- المدى الأفقي للمقذوف(ف$_س$) = $\frac{ع^٢\ جا٢هـ}{ء}$ = $\frac{(١٦)^٢\ جا(٢ \times ٣٠°)}{١٠}$ = ٢٢,١٧ م .

س: - أثبت أن ذروة القذف(ف$_ص$) = $\frac{١}{٢}$ ء(ز$_{ذروة}$)^٢ .

جـ: ∵ ذروة القذف(ف$_ص$) = $\frac{ع^٢\ جا^٢هـ}{ء^٢}$ ..... (١) ، (ز$_{ذروة}$)^٢ = $\frac{ع^٢\ جا^٢هـ}{ء^٢}$ ..... (٢)

وبقسمة (١) على (٢) نحصل على أن: ذروة القذف(ف$_ص$) = $\frac{١}{٢}$ ء(ز$_{ذروة}$)^٢ ■

مثال(٢٢): قذفت قذيفة من مدفع يميل بزاوية مقدارها ٣٠° مع الأفقي فإذا كان أقصى إرتفاع تصل إليه القذيفة ٢٥٠ م فاحسب: ١- بعد الهدف . ٢- زمن وصول القذيفة إلى الهدف . (سؤال وزاري)

هـ = ٣٠° ، ف$_ص$ = ٢٥٠ م
ف$_س$ = ؟ ، ز$_{مدى\ أفقي}$ = ؟ .

الحل:

١- بعد الهدف(ف$_س$): ∵ $\frac{ف_{ص}}{ف_{س}}$ = $\frac{١}{٤}$ ظاهـ ⟸ ف$_س$ = $\frac{٤ف_{ص}}{ظاهـ}$ = $\frac{٤ \times ٢٥٠}{ظ٣٠°}$ = $\frac{١٠٠٠}{\sqrt{٣}}$ = ١٧٣٢ م .

٢- زمن الوصول للهدف(ز$_{مدى\ أفقي}$): ∵ ف$_ص$ = $\frac{١}{٢}$ ء(ز$_{ذروة}$)^٢ ⟸ ز$_{ذروة}$ = $\sqrt{\frac{٢ف_{ص}}{ء}}$ = $\sqrt{\frac{٢ \times ٢٥٠}{٩,٨}}$ = ٧,١٤ ث ،

∴ ز$_{مدى\ أفقي}$ = ٢ز$_{ذروة}$ = ٢ × ٧,١٤ = ١٤,٣ ث .

فقط - لمن يعشق التفوق ..!
- متى يكون المدى الأفقي للمقذوف أقل من ذروة قذفه ؟ استنتج ذلك رياضياً .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٢٣) ← (السؤال السابع من تقويم الوحدة):

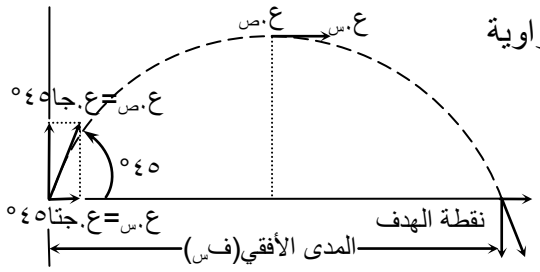
أطلق مدفع قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها ٢٠٠ √٢ م/ث باتجاه يصنع زاوية مقدارها ٤٥° مع الإتجاه الأفقي ، بإهمال مقاومة الهواء واعتبار عجلة الجاذبية الأرضية تساوي ١٠ م/ث^{٢} أوجد:

أ- ذروة القذف .

ب- المدى الأفقي .

جـ- سرعة القذيفة الكلية بعد مرور ٣٥ ثانية من لحظة القذف .

د- ارتفاع القذيفة بعد مرور ٣٥ ثانية من لحظة القذف .



شكل (٨)

المعطيات:
ع = ٢٠٠ √٢ م/ث ، هـ = ٤٥° ،
ء = ١٠ م/ث^{٢} ، ف$_{ص}$ = ؟ ، ف$_{س}$ = ؟ ،
(ع$_{ص}$)$_{٣٥ث}$ = ؟ ، (ف$_{ص}$)$_{٣٥ث}$ = ؟

الحل: نرسم حركة المقذوف كما في الشكل(٨) ،

أ- ذروة القذف(ف$_{ص}$) = $\frac{ع^{٢} جا^{٢}هـ}{٢ء}$ = $\frac{(٢٠٠ √٢)^{٢} \times جا^{٢}(٤٥°)}{٢ \times ١٠}$ = ٢٠٠٠ م .

ب- المدى الأفقي(ف$_{س}$) = $\frac{ع^{٢} جا٢هـ}{ء}$ = $\frac{(٢٠٠ √٢)^{٢} \times جا(٢ \times ٤٥°)}{١٠}$ = ٨٠٠٠ م .

جـ- (ع$_{س}$)$_{٣٥ث}$ = ع جتاهـ = ٢٠٠ √٢ × جتا٤٥° = ٢٠٠ م/ث ،

(ع$_{ص}$)$_{٣٥ث}$ = ع جاهـ – ءز = ٢٠٠ √٢ × جا٤٥° – ١٠ × ٣٥ = – ١٥٠ م/ث ،

الإشارة (–) تدل على أن المقذوف في مرحلة الهبوط عند هذه اللحظة .

∴ سرعة القذيفة الكلية بعد مرور ٣٥ ثانية من لحظة القذف(ع$_{ح}$)$_{٣٥ث}$ = $\sqrt{ع_{س}^{٢} + ع_{ص}^{٢}}$ = $\sqrt{(٢٠٠)^{٢} + (-١٥٠)^{٢}}$

= ٢٥٠ م/ث .

د- إرتفاع القذيفة بعد مرور ٣٥ ثانية من لحظة القذف(ف$_{ص}$)$_{٣٥ث}$ = ع جاهـ × ز – $\frac{١}{٢}$ ءز^{٢}

= ٢٠٠ √٢ × جا٤٥° × ٣٥ – $\frac{١}{٢}$ × ١٠ × (٣٥)^{٢}

= ٨٧٥ م .

س: يكون المدى الأفقي للمقذوف أكبر ما يمكن عندما يكون القذف بزاوية ٤٥° مع الأفق ، أثبت ذلك .

جـ: نلاحظ من العلاقة ف$_{س}$ = $\frac{ع^{٢} جا٢هـ}{ء}$ أن أقصى قيمة لـ(ف$_{س}$) تكون عندما جا٢هـ = ١ ⟸ ٢هـ = ٩٠°

⟸ هـ = $\frac{٩٠°}{٢}$ ∴ هـ = ٤٥° ■

- استخدم هذه النتيجة في حل السؤال التالي:

إذا كانت أقصى إزاحة لجسم ١٠٠ متر فكم يكون أقصى ارتفاع له ؟

*** للمتميزين فقط ..!**

الزاوية(هـ) التي يصنعها المقذوف مع الأفق عند أية نقطة على منحنى حركته تحسب من العلاقة:

هـ = ± جتا$^{-١}$($\frac{ع جتاهـ}{ع_{ح}}$) ، حيث أن: ع: هي السرعة التي انطلق بها المقذوف .

، هـ: هي الزاوية التي يصنعها المقذوف مع الأفق لحظة الإنطلاق .

، ع$_{ح}$: هي سرعة المقذوف المحصلة عند تلك اللحظة .

- استخدم العلاقة السابقة في حل المسألة التالية:

قلت سرعة مقذوف إلى نصف سرعته التي انطلق بها ، احسب الزاوية التي يصنعها مع الأفق عند تلك اللحظة إذا كان يصنع ٧٥° مع الأفق لحظة القذف . (٥٨,٨°)

مثال(٢٤): طائرة حربية أطلقت صاروخ أفقياً من ارتفاع ١٥٠ م على هدف أرضي يبعد ١٨٠٠ م عن المسقط الرأسي للطائرة أوجد:

أ- السرعة العمودية(الرأسية) للصاروخ قبل اصطدامه بالهدف مباشرة .

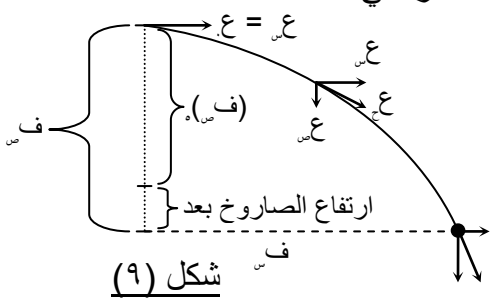
ب- زمن وصول الصاروخ إلى الهدف .

جـ- سرعة الصاروخ الإبتدائية .

د- سرعة الصاروخ لحظة الإصطدام مباشرة .

هـ- ارتفاع الصاروخ بعد ٥ ثوان .

و- بعد الصاروخ عن الهدف بعد ٣ ثوان .



شكل (٩)

∵ القذف أفقيا ∴ هـ = صفر ، ز ذروة = ز مدى أفقي

ذروة القذف(ف ص) = ١٥٠ م ،

المدى الأفقي(ف س) = ١٨٠٠ م ،

ء = ٩,٨ م/ث٢ . (هبوط +)

الحل:

أ- السرعة العمودية(الرأسية) للصاروخ قبل اصطدامه بالهدف مباشرة هي:

ع ص = $\sqrt{(ع جاهـ)^{٢} + ٢ ء ف_{ص}}$ لأن: ع ص^{٢} = (ع جاهـ)^{٢} + ٢ ء ف ص

= $\sqrt{صفر + ٢ \times ٩,٨ \times ١٥٠}$ = ٥٤,٢٢ م/ث ، لأن: جا(صفر) = صفر .

ب- زمن الوصول إلى الهدف(ز) = ز = $\frac{ع_{س} - ع جاهـ}{ء}$ = $\frac{٥٤,٢٢ - صفر}{٩,٨}$ = ٥,٥٣ ث ، لأن: ع س = ع جاهـ + ء ز .

جـ- سرعة الصاروخ الإبتدائية(ع) = $\frac{ف_{س}}{جتاهـ \times ز}$ = $\frac{١٨٠٠}{جتا(صفر) \times ٥,٥٣}$ = ٣٢٥,٥ م/ث ، لأن: ف س = ع جتاهـ ز .

د- سرعة الصاروخ لحظة الإصطدام مباشرة(ع ح) = $\sqrt{ع_{س}^{٢} + ع^{٢}}$ = $\sqrt{(٣٢٥,٥)^{٢} + (٥٤,٢٢)^{٢}}$ = ٣٣٠ م/ث .

حيث أن: ع س = ع جتاهـ = ٣٢٥,٥ × جتا(صفر) = ٣٢٥,٥ م/ث ، ع س = ٥٤,٢٢ م/ث (من الفقرة - أ-) .

هـ- إذا افترضنا أن (ف ص)ه = ع جاهـ ز + $\frac{١}{٢}$ ء ز^{٢} = صفر + $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ × (٥)^{٢} = ١٢٢,٥ م هو المسافة الرأسية التي قطعها الصاروخ خلال ٥ ثوان ، وأن (ف ص) هو إرتفاع الطائرة عن مستوى سطح الأرض ، وحيث: ز = ٥ ث .

∴ ارتفاع الصاروخ بعد ٥ ثوان = ف ص – (ف ص)ه = ١٥٠ – ١٢٢,٥ = ٢٧,٥ م - كما في الشكل (٩) -

و- على الطالب كإثراء لمعلوماته أن يوجد بعد الصاروخ عن الهدف بعد ٣ ثوان. (٨٣٠,٢٨ م)

س: هل يمكن لمدفع أن يطلق قذيفتين بزاويتين مختلفتين بحيث يكون لهما نفس المدى الأفقي ؟ أثبت ذلك .

جـ: نعم ، والإثبات كما يلي:

لنفس المدفع يكون ف س١ = ف س٢ ⟸ $\frac{ع^{٢} جا٢هـ_{١}}{ء}$ = $\frac{ع^{٢} جا٢هـ_{٢}}{ء}$ ⟸ جا٢هـ١ = جا٢هـ٢

⟸ جا٢هـ١ – جا٢هـ٢ = صفر ⟸ ٢جتا($\frac{٢هـ_{١} + ٢هـ_{٢}}{٢}$)جا($\frac{٢هـ_{١} - ٢هـ_{٢}}{٢}$) = صفر

⟸ ٢جتا(هـ١ + هـ٢)جا(هـ١ – هـ٢) = صفر ، وهنا :

إما جتا(هـ١ + هـ٢) = صفر ⟸ هـ١ + هـ٢ = ٩٠° ، أي كل زاويتين مجموعهما ٩٠°(متتامتين) ،

أو جا(هـ١ – هـ٢) = صفر ⟸ هـ١ – هـ٢ = صفر ⟸ هـ١ = هـ٢ وهذا ينافي شرط السؤال ■

إثراء:

أ- ضع (✓) أو (×): أ- زاوية اتجاه القذيفة(هـ) تظل ثابتة على طول منحنى حركة المقذوف . ( )

ب- عند ذروة قذف المقذوف تكون ع جاهـ = ء ز ذروة . ( )

جـ- للمقذوف تكون نسبة ذروة القذف إلى أقصى مدى أفقي هي $\frac{١}{٤}$. ( )

د- عجلة الجسم المقذوف في الإتجاه الأفقي عند أية لحظة تساوي صفر . ( )

هـ- وجد أن مقدار المركبة الأفقية للسرعة الإبتدائية للمقذوف لا يتأثر بقوة جذب الأرض . ( )

ب- أقل قيمة لسرعة المقذوف تكون (لحظة القذف ، عند ذروة القذف ، لحظة الاصطدام بالهدف) . - خيارات -

جـ- علل: - المركبة الأفقية لسرعة المقذوف(ع س) تظل ثابتة على طول منحنى مسار المقذوف ،

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- المركبة الرأسية(العمودية) لسرعة المقذوف عند منتصف المدى الأفقي تساوي صفر .

د- هل يمكن لمقذوف أن يتحرك حركة دائرية منتظمة ؟ ولماذا ؟

هـ- إحسب أقصى مدى أفقي ممكن لمدفع تستغرق قذيفته ٢٠ ثانية لتقطع هذا المدى .

و- من مسائل العام (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

١- أطلقت قذيفة كتلتها ٢٠٠٠ جم في اتجاه يصنع ٣٠° مع الأفق فوصلت أقصى ارتفاع لها ٢٨,٨ متر ، اعتبر ء =١٠ م/ث^{٢} واحسب الآتي: أ- السرعة الإبتدائية للقذيفة ، ب- كمية تحركها الخطي عند بدأ حركتها .

٢- قذف جسم كتلته ١ كجم بسرعة ابتدائية ٨٠ م/ث ، فإذا كانت المحصلة الكلية لسرعته عند ذروة القذف ٤٠ م/ث و أن ء =١٠ م/ث^{٢} فاحسب ما يلي: أ- طاقة حركته عند ذروة القذف ، ب- زاوية القذف .

٣- قذف جسم بسرعة ابتدائية مقدارها ١٠٠ م/ث وبزاوية ٣٠° مع الأفق ، فإذا علمت أن ء = ١٠ م/ث^{٢} فاحسب المركبة الرأسية للسرعة الإبتدائية وكذلك السرعة المحصلة بعد أربع ثوان من قذفه .

ز- أجب عن الأسئلة التالية:

١- قذف حجر بسرعة ابتدائية مقدارها ٤٠ م/ث باتجاه يصنع ٥٣° مع الأفق وباعتبار ء =١٠ م/ث^{٢} احسب:

أ- أقصى ارتفاع يصل إليه الحجر .

ب- سرعة الحجر عندما يصطدم بالأرض مباشرة . (٤٠)

٤- إذا كانت نسبة سرعة المقذوف عند ذروة القذف إلى الجذر التربيعي لأقصى إرتفاع له هي (٥) فأوجد زاوية القذف . (٤١,٥°)

٦- إذا اطلقت قذيفة مرة من سطح الأرض ومرة أخرى من سطح القمر بنفس السرعة الإبتدائية وبنفس زاوية القذف فأين سيكون لها أكبر مدى أفقي ؟ وأين سيكون لها ذروة قذف أعلى ؟

٧- قذف جسم بسرعة ٥ م/ث وبزاوية ٦٠° مع الأفق احسب سرعة جسم آخر قذف بزاوية ٤٥° مع الأفق إذا كان المدى الأفقي لهما متساويان (ء = ١٠ م/ث^{٢} وبإهمال مقاومة الهواء) . (٤,٦٥٣ م/ث ، هل تتساوى ذروتي القذف لهما ؟) .

٨- انطلقت قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها ٥٠ م/ث بحيث تصنع زاوية مقدارها ٣٠° مع الأفق احسب:

أ- السرعة الكلية للقذيفة عند منتصف أقصى ارتفاع لها . (٤٦,٧٧ م/ث)

ب- السرعة الكلية للقذيفة عند ربع زمن الذروة لها . (٤٧,١٨٦ م/ث) ، وأي النقطتين أبعد عن نقطة القذف ؟

٩- صبي طوله ١,٨ متر وبيده حجر مربوط بخيط طوله ٠,٥ متر بدأ هذا الصبي بإدارة الحجر بشكل أفقي وبسرعة ١٢٠ دورة في كل نصف دقيقة ثم أطلقه ، احسب:

أ- سرعة انطلاق الحجر(١٢,٥٦٦) ، ب- المسافة التي قطعها الحجر أفقيا قبل سقوطه على الأرض(٧,٥٤) ، جـ- سرعة الحجرعند وصوله الأرض(١٣,٨٧) ، د- الزاوية التي يسقط بها الحجر على الأرض(– ٢٥) .

١١- أطلق مدفع يميل مع الأفق قذيفة فوصلت إلى الهدف الذي يبعد ٨٠٠٠$\sqrt{٣}$ متر بعد مرور زمن قدره ٤٠ ثانية ، احسب سرعتها الإبتدائية .

١٢- أطلقت قذيفة من مدفع بسرعة ٥٠ م/ث وبزاوية ٦٠° مع الأفق ، أوجد سرعة هذه القذيفة على ارتفاع ٦٠ متر والزاوية التي تصنعها مع الأفق عند ذلك الإرتفاع . (٣٦ ، ٤٦)

١٣- إذا كان أقصى ارتفاع يصل إليه مقذوف مساوياً لربع مداه الأفقي وزمن طيرانه ٥ ثوان فأوجد مداه الأفقي .

١٤- احسب أقصى مدى أفقي لمدفع تنطلق قذائفه بسرعة ٣٠٠ م/ث .

تدريب(٦): بأية زاوية قذف يكون المدى الأفقي للمقذوف(ف$_{س}$) مساويا لذروة قذفه(ف$_{ص}$) ؟

إجابات أسئلة تقويم الوحدة الأولى

السؤال الأول: أ- (×) ، ب- (✓) ، جـ- (✓) ، د- (×) ، هـ- (×) ، و- (×) ، ز- (✓) ، ح- (×) ، ط- (✓) ، ي- (✓) ، ك- (✓) ، ل- (✓) .

السؤال الثاني: ∵ كت = ك ع ⟸ ك = $\frac{\text{كت}}{\text{ع}}$ ∴ كتلة الصاروخ(ك) = $\frac{٥ \times ١٠^{٨}}{٥ \times ١٠^{٣}}$ = ١٠^٥ كجم

كت = ٥ × ١٠^٨ كجم م/ ث
ع = ٥ × ١٠^٣ م/ث ، ك = ؟

السؤال الثالث: ∵ ع$_{ق}$ = $\sqrt{٢ \text{ء}_{٠} \text{ نق}_{\text{ر}}}$ ⟸ ع$_{ق}^{٢}$ = ٢ء$_{٠}$ نق$_{\text{ر}}$ ،

∴ نصف قطر الأرض(نق$_{\text{ر}}$) = $\frac{\text{ع}_{ق}^{٢}}{٢ \text{ء}_{٠}}$ = $\frac{(١١٢٠٠)^{٢}}{٢ \times ٩,٨}$ = ٦,٤ × ١٠^٦ م .

ع$_{ق}$ = ١١,٢ كم/ث = ١١٢٠٠ م/ث
ء$_{٠}$ = ٩,٨ م/ث^{٢} ، نق$_{\text{ر}}$ = ؟

السؤال الرابع: ∵ التصادم تام المرونة وفيه حركة الجسمين قبل التصادم في بعد واحد وبعده في بعدين - الشكل(١٠) - ،

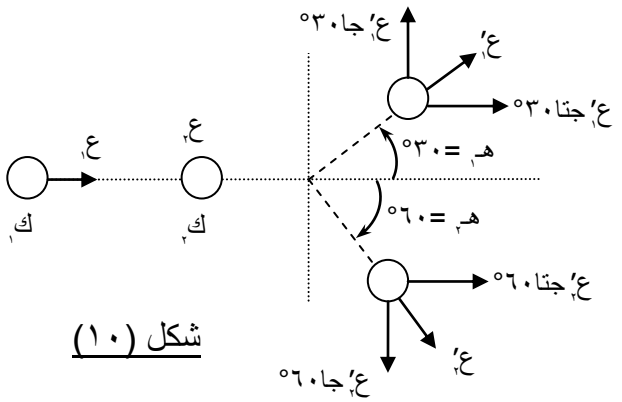
∴ نستخدم العلاقتين المباشرتين كما يلي:

ع′$_{١}$ = $\frac{(\text{ك}_{١} \text{ع}_{١} + \text{ك}_{٢} \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{٢}}{\text{ك}_{١} \text{ جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$ = $\frac{\text{ك}(\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{٢}}{\text{ك جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$

= $\frac{(\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{٢}}{\text{جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$ = $\frac{(١٥٠ + \text{صفر}) \text{ جا}٦٠°}{\text{جا}(٩٠°)}$ = ١٢٩,٩ م/ث .

ع′$_{٢}$ = $\frac{(\text{ك}_{١} \text{ع}_{١} + \text{ك}_{٢} \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{١}}{\text{ك}_{١} \text{ جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$ = $\frac{\text{ك}(\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{١}}{\text{ك جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$

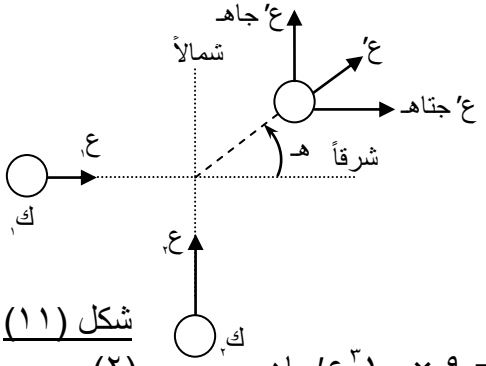
= $\frac{(\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{١}}{\text{جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$ = $\frac{(١٥٠ + \text{صفر}) \text{ جا}٣٠°}{\text{جا}(٩٠°)}$ = ٧٥ م/ث .



شكل (١٠)

المعطيات:
ك$_{١}$ = ك$_{٢}$ = ك ، ع$_{١}$ = ١٥٠ م/ث ، ع$_{٢}$ = صفر ، هـ$_{١}$ = ٣٠°
هـ$_{١}$ + هـ$_{٢}$ = ٩٠° ⟸ هـ$_{٢}$ = ٩٠° – هـ$_{١}$ = ٩٠° – ٣٠° = ٦٠°

السؤال الخامس: بما أن التصادم عديم المرونة في بعدين - الشكل (١١) - وفيه حركة الجسمين قبل التصادم الأول شرقا والآخر شمالا لذلك تكون صيغة مبدأ حفظ كمية التحرك لهذه الحالة:



شكل (١١)

أولا- على (م . س): ك$_{١}$ع$_{١}$ = (ك$_{١}$ + ك$_{٢}$)ع′ جتاهـ

⟸ ٥ × ١٠^٣ × ١٠ = (٥ × ١٠^٣ + ٤ × ١٠^٣)ع′ جتاهـ

∴ ٥ × ١٠^٤ = ٩ × ١٠^٣ ع′ جتاهـ ..... (١) .

ثانيا- على (م . ص): ك$_{٢}$ع$_{٢}$ = (ك$_{١}$ + ك$_{٢}$)ع′ جاهـ

⟸ ٤ × ١٠^٣ × ٢٠ = (٥ × ١٠^٣ + ٤ × ١٠^٣)ع′ جاهـ ∴ ٨ × ١٠^٤ = ٩ × ١٠^٣ ع′ جاهـ ..... (٢) .

ب- بقسمة (٢) على (١) نحصل على:

$\frac{٨ \times ١٠^{٤}}{٥ \times ١٠} = \frac{٩ \times ١٠^{٣} \text{ ع′ جاهـ}}{٩ \times ١٠^{٣} \text{ ع′ جتاهـ}}$ ⟸ ظاهـ = $\frac{٨}{٥}$ ∴ هـ = ظا^-١ $(\frac{٨}{٥})$ = ٥٨° .

أ- بالتعويض في العلاقة (١) نحصل على أن: ع′ = $\frac{٥ \times ١٠^{٤}}{٩ \times ١٠^{٣} \text{ جتا}(٥٨°)}$ = ١٠,٥ م/ث .

جـ- الطاقة الحركية المفقودة(Δط) = (ط$_{ح}$)$_{\text{قبل}}$ – (ط$_{ح}$)$_{\text{بعد}}$

= $\frac{١}{٢}$ ك$_{١}$ع$_{١}^{٢}$ + $\frac{١}{٢}$ ك$_{٢}$ع$_{٢}^{٢}$) – $\frac{١}{٢}$ (ك$_{١}$ + ك$_{٢}$)ع′^{٢}

في اتجاه الشرق(العربة الأولى):
ك$_{١}$ = ٥ طن = ٥ × ١٠^٣ كجم ،
ع$_{١}$ = ٣٦ كم/ساعة = ١٠ م/ث
في اتجاه الشمال(العربة الأخرى):
ك$_{٢}$ = ٤ طن = ٤ × ١٠^٣ كجم ،
ع$_{٢}$ = ٧٢ كم/ساعة = ٢٠ م/ث
هـ = ؟ ، ع′ = ؟ ، Δط = ؟

∴ Δط = [$\frac{١}{٢}$ × ٥ × ١٠^٣ × (١٠)^٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٤ × ١٠^٣ × (٢٠)^٢] – $\frac{١}{٢}$ × ٩ × ١٠^٣ × (١٠,٥)^٢ = ٥٥٣٨٧٥ جول

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

السؤال السادس: ∵ ع$_م$ = $\sqrt{\frac{ج\ ك_ر}{نق}}$

المعطيات:
ع$_م$ = ٤ كم/ث = ٤ × ١٠^{٣} م/ث
ج = ٦,٦٧٢ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن.م/كجم^{٢}
ك$_ر$ = ٥,٩٨ × ١٠^{٢٤} كجم
نق$_ر$ = ٦,٣٨ × ١٠^{٦} م ، ف = ؟

⟸ نق = $\frac{ج\ ك_ر}{ع_م^{٢}}$ = $\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{(٤ \times ١٠^{٣})^{٢}}$ = ٢٥ × ١٠^{٦} م .

∴ إرتفاع القمر فوق سطح الأرض(ف) = نق – نق$_ر$

= ٢٥ × ١٠^{٦} – ٦,٣٨ × ١٠^{٦}

= (٢٥ – ٦,٣٨) × ١٠^{٦} = ١٨,٦٢ × ١٠^{٦} م .

السؤال السابع: محلول في الأمثلة الخاصة بالدرس .

السؤال الثامن:

المعطيات:
ف$_ص$ = ٤٠ م
ف$_س$ = $\sqrt{٣}$١٦٠ م

أ- زاوية القذف(هـ) = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{٤ف_ص}{ف_س}\right)$ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{٤ \times ٤٠}{\sqrt{٣}١٦٠}\right)$ = ظا$^{-١}$ $(\frac{١}{\sqrt{٣}})$ = ٣٠° .

ب- ∵ ف$_ص$ = $\frac{ع_م^{٢} جا^{٢}هـ}{٢ء}$ ⟸ ع$_م^{٢}$ = $\frac{٢ء ف_ص}{جا^{٢}هـ}$

∴ سرعة المقذوف الإبتدائية(ع$_م$) = $\sqrt{\frac{٢ء ف_ص}{جا^{٢}هـ}}$ = $\sqrt{\frac{٢ \times ٩,٨ \times ٤٠}{جا^{٢}(٣٠°)}}$ = ٥٦ م/ث .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات تدريبات الوحدة الأولى

تدريب(١): التصادم في بعد واحد (التحام) وفيه:

المعطيات:
ع١ = –ع٢ = ؟
ك١ = ٢ك٢
ع′ = ٧ م/ث .

ك١ع١ + ك٢ع٢ = (ك١ + ك٢)ع′ ⟸ ٢ك٢(–ع٢) + ك٢ع٢ = (٢ك٢ + ك٢)ع′

⟸ ك٢ع٢(–٢ + ١) = ك٢(٢ + ١)ع′ ⟸ –ع٢ = ٣ع′

∴ ع٢ = – ٣ع′ = – ٣ × ٧ = – ٢١ م/ث ، ع١ = –ع٢ = – (– ٢١) = ٢١ م/ث .

تدريب(٢): وحدة (ق ز) = نيوتن.ث = $\frac{\text{كجم.م}}{\text{ث}^{٢}}$.ث = كجم.م/ث ..... (١) .

وحدة (ك ع) = كجم.م/ث ..... (٢) .

من (١) و (٢) نستنتج أن الكميتان (ق ز ، ك ع) لهما نفس وحدات القياس .

تدريب(٣): بما أن هذا الارتفاع يسمح للقمر بالبقاء ثابتا فوق منطقة معينة من الأرض فسيكون له نفس الزمن الدوري للأرض حول نفسها ، ⟸ زٍ = ٢٤ ساعة = ٢٤ × ٣٦٠٠ ث = ٨٦٤٠٠ ث .

ولحساب نصف قطر مسار القمر نستخدم العلاقة المباشرة التالية:

نق = ($\frac{\text{زٍ}}{\text{٣,١٤٥٦ × ١٠}^{-٧}}$)$^{٣/٢}$ = ($\frac{\text{٨٦٤٠٠}}{\text{٣,١٤٥٦ × ١٠}^{-٧}}$)$^{٣/٢}$ = ٤,٢٢٥ × ١٠^{٧} م ،

∴ ف = نق – نقٍ = ٤,٢٢٥ × ١٠^{٧} – ٦,٣٨ × ١٠^{٦} = (٤٢,٢٥ – ٦,٣٨) × ١٠^{٦} = ٣,٦ × ١٠^{٧} م .

تدريب(٤): عم = $\sqrt{\frac{\text{ج ك}_{\text{ش}}}{\text{نقٍ}}}$ = ١٠ كم/ث = ١٠^{٤} م/ث ولأجل أن يدور القمر حول الأرض فمعنى ذلك أن نصف قطر مساره الدائري هو على الأقل نصف قطر الأرض(نق = نقٍ) لذلك فإن:

⟸ قم = $\frac{\text{ك ع}_{\text{م}}^{٢}}{\text{نق}}$ = $\frac{\text{(١٠}^{٤}\text{)}^{٢}}{\text{٦١٠ × ٣,٩٩}}$ ك ، ٢٥ك = قجـ = $\frac{\text{ك ك}_{\text{ش}}}{\text{نقٍ}^{٢}}$ = $\frac{\text{٦,٦٧٢ × ١٠}^{-١١}\text{ × ٥,٩٨ × ١٠}^{٢٤}}{\text{(٦١٠ × ٦,٣٨)}^{٢}}$ ك = ١٠ك ، ك: هي كتلة القمر .

∵ قم ≠ قجـ ∴ لا يستطيع القمر أن يدور في مسار دائري حول الأرض بسرعة ١٠ كم/ث .

تدريب(٥): أ- (ع)قمر = $\sqrt{\frac{\text{ج ك}_{\text{ش}}}{\text{نق}_{١}}}$ = $\sqrt{\frac{\text{٦,٦٧٢ × ١٠}^{-١١}\text{ × ٥,٩٨ × ١٠}^{٢٤}}{\text{٣,٨٤ × ١٠}^{٨}}}$

= ١٠١٩،٣ م/ث .

المعطيات:
المسافة بين القمر والأرض(نق١) = ٣,٨٤ × ١٠^{٨} م
المسافة بين الأرض والشمس(نق٢) = ١,٤٩٦ × ١٠^{١١} م

لكن: عم = $\frac{\text{٤π}^{٢}\text{نق}}{\text{زٍ}^{٢}}$ ⟸ زٍ = $\frac{\text{٤π}^{٢}\text{نق}_{١}}{\text{(ع}_{\text{م}}\text{)}_{\text{قمر}}^{٢}}$ = $\frac{\text{π}^{٢}\text{ × ٣,٨٤ × ١٠}^{٨}}{\text{١٠١٩,٣}}$ = ٢٣٦٧٠٥٨,٩٢١ ث = ٦٥٧,٥ ساعة ≅ ٢٧,٤ يوم .

ويمكن استخدام العلاقة المباشرة: زٍ = ٣,١٤٥٦ × ١٠$^{-٧}$ نق$^{٣/٢}$ = ٣,١٤٥٦ × ١٠$^{-٧}$ (٣,٨٤ × ١٠^{٨})$^{٣/٢}$

= ٢٣٦٧٠١١,٣٠٨ ث = ٦٥٧,٥ ساعة ≅ ٢٧,٤ يوم . (نفس النتيجة السابقة)

ب- ωقمر = $\frac{\text{(ع}_{\text{م}}\text{)}_{\text{قمر}}}{\text{نق}_{١}}$ = $\frac{\text{١٠١٩,٣}}{\text{٣,٨٤ × ١٠}^{٨}}$ = ٢,٦٥ × ١٠$^{-٦}$ راد/ث .

جـ- جـم = $\frac{\text{(ع}_{\text{م}}\text{)}_{\text{قمر}}^{٢}}{\text{نق}_{١}}$ = $\frac{\text{(١٠١٩,٣)}^{٢}}{\text{٣,٨٤ × ١٠}^{٨}}$ = ٢,٧ × ١٠$^{-٣}$ م/ث^{٢} ، - احسب(د) للقمر عند هذا الارتفاع وماذا تستنتج ؟ -

د- (ع)أرض = $\frac{\text{٤π}^{٢}\text{نق}_{٢}}{\text{زٍ}^{٢}}$ = $\frac{\text{π}^{٢}\text{ × ١,٤٩٦ × ١٠}^{١١}}{\text{٣٦٥ × ٢٤ × ٣٦٠٠}}$ = ٢٩٨٠٦ م/ث ،

لكن: (ع)أرض^{٢} = $\frac{\text{ج ك}_{\text{ش}}}{\text{نقٍ}^{٢}}$ ⟸ كش = $\frac{\text{(ع}_{\text{م}}\text{)}_{\text{أرض}}^{٢}\text{ × نق}_{٢}^{٢}}{\text{ج}}$ = $\frac{\text{(٢٩٨٠٦)}^{٢}\text{ × ١,٤٩٦ × ١٠}^{١١}}{\text{٦,٦٧٢ × ١٠}^{-١١}}$ ≅ ١,٩٩ × ١٠^{٣٠} كجم .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

هـ- I = ك$_{نق}$ ٢ = ٥,٩٨ × ١٠^{٢٤} × (٦,٣٨ × ١٠^{٦})^{٢} ≅ ٢,٤ × ١٠^{٣٨} كجم.م^{٢} .

و- (كت)$_{أرض}$ = ك$_{ر}$(ع$_{م}$)$_{أرض}$ نق^{٢} = ٥,٩٨ × ١٠^{٢٤} × ٢٩٨٠٦ × ١,٤٩٦ × ١٠^{١١}

= ٢,٦٧ × ١٠^{٤٠} كجم.م^{٢}/ث .

تدريب(٦):

∵ ف$_{س}$ = ف$_{ص}$ ⟸ $\frac{ع_{ر}^{٢} جا^{٢}٢هـ}{ء}$ = $\frac{ع_{ر}^{٢} جا^{٢}هـ}{ء^{٢}}$ ⟸ جا٢هـ = $\frac{١}{٢}$ جا^{٢}هـ ⟸ ٢جاهـ جتاهـ = $\frac{١}{٢}$ جاهـ جاهـ

⟸ ٤جتاهـ = جاهـ ⟸ ظاهـ = ٤ ∴ هـ = ظا$^{-١}$(٤) = ٧٦° . (هناك طرق أخرى لحسابها)

اختبر نفسك(أسئلة وزارية معظمها للعام الدراسي ٢٠١٨ - ٢٠١٩ م)

الأول - ماذا يقصد بـ: - التصادم المرن ، السرعة الزاوية ، عزم القصور الذاتي الدوراني .

الثاني - أكمل العبارات التالية:

أ- ينبغي أن تكون طاقة حركة الصاروخ عند الإنطلاق مساوية لـ ..... كي يفلت من جاذبية الأرض .

ب- وحدة قياس عزم القصور الذاتي الدوراني(I) هي ..... .

جـ- لكي يدور القمر الصناعي في مدار ثابت لا بد أن تتزن قوة الجذب مع ..... .

الثالث - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة في كل مما يأتي:

أ- حركة المقذوف هي حركة في مستوى رأسي تحت تأثير الجاذبية . ( )

ب- يرتد المدفع بنفس السرعة التي تنطلق بها القذيفة . ( )

جـ- كمية التحرك الزاوي كمية قياسية . ( )

د- إذا قذف جسم بسرعة ٤٠٠ م/ث وبزاوية ٣٠° مع الأفق فإن سرعته الرأسية بعد ٤ ثوان من انطلاقه تساوي ٢٠٠ م/ث ، (ء = ١٠ م/ث^{٢}) . ( )

الرابع - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:

أ- أقل طاقة حركة لإفلات الكيلوجرام الواحد من مجال الجاذبية الأرضية هي (٦٢,٧٢ ، ٦٤ ، ٣٢ ، ٨) مليون جول .

ب- القمر الصناعي الذي يدور حول الأرض دورة كاملة خلال ٩٠ دقيقة يمكنه في اليوم الواحد عمل ..... (١٢ ، ٦ ، ١٦ ، ٢٤) دورة .

جـ- قمران اصطناعيان يدوران حول الأرض على نفس الإرتفاع وكانت كتلة الأول ضعف كتلة الثاني فإن النسبة بين سرعة الأول إلى سرعة الثاني تساوي (١ : ٢ ، ١ : ١ ، ٢ : ١ ، ٣ : ٢) .

د- تعتمد السرعة المدارية للأقمار الصناعية على ... (كتلتها ، طاقة حركة انطلاقها ، عجلة الجذب المركزي ، ارتفاعها فوق سطح الأرض) .

هـ- عند قذف جسم بزاوية ٤٥° وبسرعة ابتدائية (٢٠٠$\sqrt{٢}$) م/ث فإنه بعد ٢٠ ثانية يصل إلى ... (المدى الأفقي ، ذروة القذف ، نصف المدى الأفقي ، نصف ذروة القذف) .

و- السرعة الكلية(المحصلة) للمقذوف عند ذروة القذف تساوي (صفر ، ع$_{ص}$ ، ع$_{س}$ ، ع$_{س}$ + ع$_{ص}$) .

الخامس - مسائل:

أ- قمر صناعي يدور حول الأرض علماً بأن طول مساره الدائري ٤٦ × ١٠^{٣} كيلومتر وزمنه الدوري ١,٧ ساعة ، أوجد:

١- سرعته المدارية ، ٢- نصف قطر مداره .

ب- قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار نصف قطره (٨٠٠٠) كم ، فإذا علمت أن: (ك$_{ر}$ = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم ، ج = ٦,٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن.م^{٢}/كجم^{٢} ، نق$_{ر}$ = ٦٤٠٠ كم) فاحسب:

١- سرعة المدارية ، ٢- زمنه الدوري ٣- ارتفاعه عن سطح الأرض .

جـ- عجلة سيارة كتلتها ١٠ كجم ونصف قطرها ٥٠ سم تعمل ٢١٠٠ دورة في الدقيقة ، احسب:

١- سرعتها الزاوية ، ٢- عزم قصورها الذاتي الدوراني ، ٣- كمية التحرك الزاوي لها .

د- أطلق مقذوف بزاوية ٣٠° مع الأفق على هدف أفقي وبكمية تحرك ٢٠٠٠ نيوتن.ث فإذا كانت كتلة المقذوف ٥ كجم فأوجد كلاً مما يلي:

١- السرعة التي أطلق بها المقذوف ، ٢- المسافة الأفقية التي قطعها ، علماً بأن ء = ١٠ م/ث^{٢} .

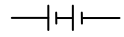
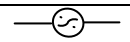
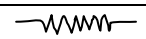
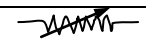
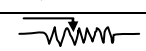
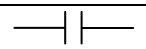
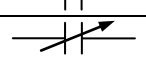
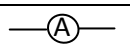
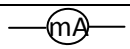
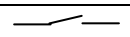
هـ- أطلق مقذوف بسرعة ابتدائية ١٦٠ م/ث فوصل إلى ذروته خلال (٨$\sqrt{٣}$) ثانية ، اعتبر ء = ١٠ م/ث^{٢} ثم احسب:

١- زاوية القذف ، ٢- ذروة القذف ، ٣- المدى الأفقي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة الثانية(التيار المتناوب - Alternating Current)

أجزاء الدائرة الكهربية:

رمز الجزء	الإسم	وظيفته	ملاحظات
	عمود أو بطارية كهربية	مصدر تيار مستمر	توصل على التوالي أو على التوازي في الدائرة
	دينامو	مصدر تيار متردد	
	مقاومة أومية ثابتة	التحكم بشدة التيار الكهربي	
	مقاومة أومية متغيرة		
	ريوستات زلق		
	مكثف سعوي ثابت السعة	خزن الطاقة الكهربية في صورة مجال كهربي	
	مكثف سعوي متغير السعة		
	ملف حثي	خزن الطاقة الكهربية في صورة مجال مغناطيسي	
	أميتر	قياس شدة التيار الكهربي	توصل على التوالي في الدائرة
	مللي أميتر	قياس شدة التيارات الضعيفة	
	جلفانومتر	الاستدلال على مرور التيار و قياس شدة التيارات الضعيفة	
	فولتميتر	قياس فروق الجهد	توصل على التوازي في الدائرة
	مصباح كهربي	تحويل الطاقة (كهربية←حرارية←ضوئية)	توصل على التوالي أو على التوازي في الدائرة
	مفتاح كهربي	فتح وغلق الدائرة الكهربية	

جدول (١)

علاقات بين كميات فيزيائية كهربية:



حيث أن: - ش(كولوم): الشحنة الكهربية

- ت(أمبير): شدة التيار الكهربي
- ز(ثانية): الزمن
- جـ(فولت): فرق الجهد الكهربي
- م(أوم): المقاومة الكهربية
- قد(وات): القدرة الكهربية
- طا(جول): الطاقة
- ϕ(وبر): الفيض المغناطيسي
- ب(تسلا): كثافة الفيض المغناطيسي
- س(م^{٢}): مساحة السطح .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ملاحظات هامة:

١- الفكرة العلمية ⟺ فكرة العمل ⟺ النظرية العلمية ⟺ الأساس العلمي ⟺ مبدأ العمل

٢- الوظيفة ⟺ الغرض من ⟺ الأهمية ⟺ الفائدة

٣- علل ..! ⟺ اذكر السبب ..! ⟺ فسر فيزيائيا ..!

٤- التطبيق العملي ⇄ عكس ⇄ فكرة العمل

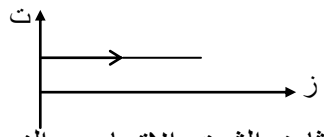
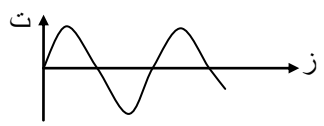
٥- الاستخدام ≠ الوظيفة

التيار الكهربائي:

تعريفه: هو عبارة عن شحنات كهربائية موجبة(فجوات) أو سالبة(الكترونات) متحركة خلال الموصل في اتجاه واحد .

شدته(ت): هي كمية الشحنة الكهربائية المارة خلال مقطع معين من الموصل خلال الثانية الواحدة .

نوعيه:

نوع التيار	مستمر(DC)	متناوب(AC)
التعريف	ثابت الشدة وموحد الإتجاه	متغير الشدة ومتغير الإتجاه
رمزه في الدائرة	—|||—	—(ت)—
الحصول عليه	الأعمدة والمراكم والبطاريات	مولد التيار المتردد(الدينامو)
الإستخدام	التحليل الكهربي والإلكترونيات	المنازل والمصانع والشوارع
أنواعه	نوع واحد	جيبي ، منشاري ، رباعي ، مثلثي
مقياس شدته	الأميتر العادي ، الأميتر الحراري	الأميتر الحراري
بيانيا	 ثابت الشدة والإتجاه مع الزمن	 متغير الشدة والإتجاه مع الزمن

جدول (٢)

*** فكر ..!**

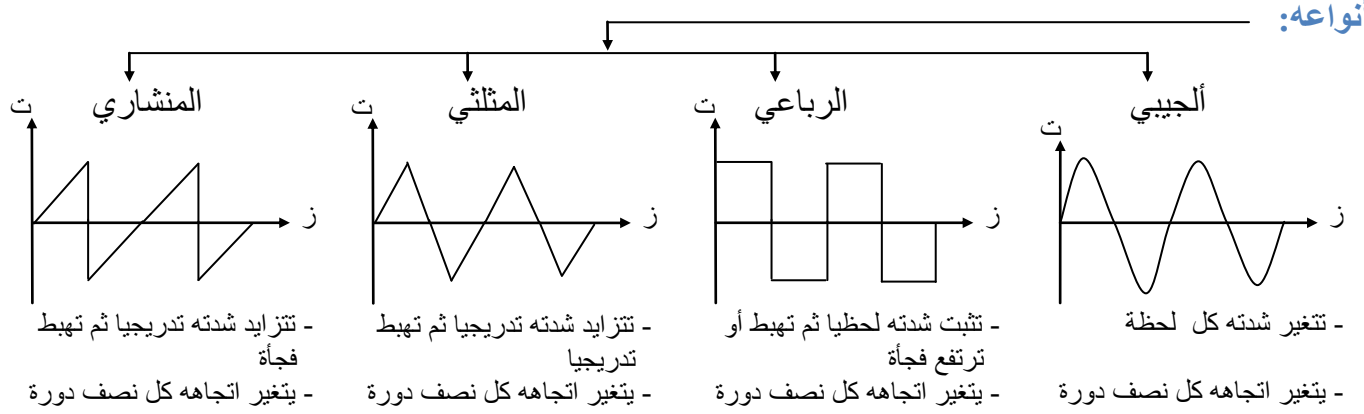
ما الخطأ في العبارة التالية:

"التيار الكهربائي(ت) هو سيل من الشحنات الكهربائية" ؟

التيار الكهربي المتردد(AC):

تعريفه: هو تيار كهربي متغير الشدة والإتجاه مع الزمن .

أنواعه:



* تختلف أنواع التيار المتردد في أشكال منحنياتها ونهاياتها العظمى وتتفق في أن اتجاهها يتغير كل نصف دورة .

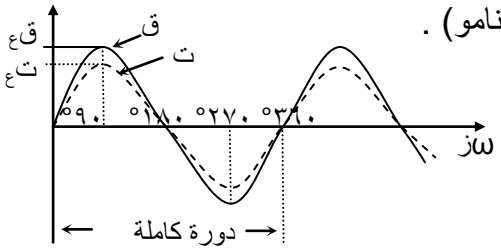
التيار المتردد ألجيبي(AC):

* يعرف بأنه تيار كهربائي متغير الشدة لحظيا ومتغير الإتجاه في كل نصف دورة من دورات ملف مولده .

* شدة التيار المتردد ألجيبي(ت) وكذلك قوته الدافعة الكهربية(ق.د.ك) التأثيرية الناتجة من دوران ملف المولد له تتغير من الصفر إلى قيمة عظمى موجبة ثم تهبط إلى الصفر خلال النصف الأول للدورة ، ثم ينعكس اتجاهه إلى قيمة سالبة لتزداد من الصفر إلى قيمة عظمى سالبة ثم تهبط من جديد إلى الصفر وذلك خلال النصف الثاني للدورة ، ويتكرر ذلك بنفس الطريقة في كل دورة كاملة من دورات ملف المولد الكهربي(الدينامو) .

* سمي هذا التيار بالمتردد ألجيبي لأنه يسري بصورة موجية جيبية أي تتغير شدته وقوته الدافعة بنفس تغير دالة الجيب - كما يوضحه الشكل (١) -

* التيار المتردد ألجيبي هو الأكثر انتشارا وشيوعا ! لسهولة الحصول عليه وكثرة مجالات استخداماته .



شكل (١)

* (ق.د.ك) تصل قيمتها إلى قيمة عظمى ثم إلى الصفر ، وبالرغم من ذلك لا نلاحظ انطفاء المصابيح الكهربية ! بسبب ظاهرة مداومة الرؤية للعين البشرية .

* عدد مرات وصول شدة التيار المتردد(ت) وكذلك القوة الدافعة الكهربية(ق.د.ك) للقيمة العظمى في الثانية الواحدة هو (f٢) ولفترة زمنية(ز) يساوي (f٢ز) ..... (١) .

* عدد مرات وصول شدة التيار المتردد وكذلك القوة الدافعة الكهربية للصفر في الثانية الواحدة هو (f٢ + ١) ولفترة زمنية(ز) يساوي (f٢ز) + ١ ..... (٢) .

* القيمة المتوسطة لشدة التيار المتردد(ت) وقوته الدافعة الكهربية(ق.د.ك) خلال دورة كاملة تساوي الصفر . !

مثال(١) ← (٢٠١١ - ٢٠١٢):

- هل العبارة التالية صحيحة ؟ أم خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:
- التيار المتردد الذي يعمل ربع دورة في (٥×١٠^{-٣}) ثانية يكون عدد مرات وصوله إلى الصفر (٥١) مرة .

الحل: ∵ $\frac{١}{٤}$ ز$_{د}$ = ٥×١٠^{-٣} ⟸ ز$_{د}$ = $٤ \times ٥ \times ١٠^{-٣}$ = ٠,٠٢ ث ، ⟸ f = $\frac{١}{ز_{د}}$ = $\frac{١}{٠,٠٢}$ = ٥٠ هرتز ،

∴ عدد مرات وصول التيار الى الصفر = f٢ + ١ = ٢ × ٥٠ + ١ = ١٠١ مرة ،

فتكون إجابة السؤال كما يلي: - العبارة خاطئة ، وتصحيحها:

التيار المتردد الذي يعمل ربع دورة في (٥×١٠^{-٣}) ثانية يكون عدد مرات وصوله إلى الصفر (١٠١) مرة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

* يتفق التياران المستمر والمتردد في توليدهما طاقة حرارية أثناء مرورهما في المقاومات (ظاهرة التأثير الحراري) ! لأن التأثير الحراري لا يتوقف على اتجاه التيار بل على مقاومة الموصلات وزمن مروره فيها .

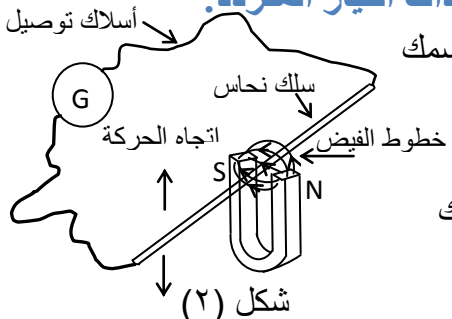
* يتميز التيار المتردد عن التيار المستمر بما يلي:
١- إمكانية رفع أو خفض قوته الدافعة الكهربية باستخدام المحولات ! لأن عمل المحولات مبني على التغير في المعدل الزمني لخطوط الفيض ، وهذا للتيار المتردد دون التيار المستمر .
٢- إمكانية نقله من محطات توليده إلى أماكن استخدامه ولمسافات بعيده دون فقد نسبة كبيرة من طاقته ! لاستخدام محولات عند محطات التوليد رافعة للجهد خافضة لشدة التيار فتقل نسبة الفقد أي تقل كمية الطاقة الكهربية المتحولة إلى حرارة في الموصل .
٣- إمكانية تحويله إلى تيار مستمر ! لوجود طرق تقويم التيار المتردد إلى تيار مستمر مثل الوصلة الثنائية وغيرها .
٤- تكاليف نقله منخفضة ! نظرا إلى تكاليف نقل التيار المستمر .
٥- أجهزة الحصول عليه بسيطة التركيب وأرخص ثمنا ! بالمقارنة مع أجهزة الحصول على التيار المستمر .
٦- يمر خلال الدوائر التي بها مكثفات ! لأن التيار المتردد متغير الإتجاه فيمر من أحد لوحي المكثف إلى الآخر المتصل بالدائرة مع مصدر التيار المتردد على التوالي في الدائرة الخارجية فقط ولا يمر عبر المكثف نفسه فتحدث بالتبادل عمليتي شحن وتفريغ بين لوحي المكثف .

* لنقل التيار المتردد تستخدم أسلاك نحاسية سميكة المقطع ! لأن علاقة مقاومة الموصل عكسية مع مساحة مقطعه فكلما زاد سمك المقطع قلت مقاومته الأومية وبالتالي تقل نسبة الفقد حراريا ، ومن النحاس لأن مقاومته النوعية صغيرة .

* يتميز التيار المستمر عن المتردد باستخدامه في عملية التحليل الكهربي(طلاء المعادن وتنقيتها و ...) ! لأن عملية التحليل الكهربي تعتمد على ثبات اتجاه التيار(ثبات أقطاب عمود التحليل) ، وهذا للتيار المستمر دون التيار المتردد .

إثراء:
أ- (التيار الكهربائي ، المجال الكهربائي ، الشحنة الكهربائية ، المجال المغناطيسي) تعتبر كمية فيزيائية . - خيارات -
ب- عرف(ما المقصود بـ) كلا من: - التيار المتردد الرباعي - التيار المتردد المثلثي - التيار المتردد المنشاري .
جـ- تيار كهربائي تردده ٧٠ هرتز ، احسب: أ- عدد مرات وصول شدته إلى قيمة عظمى .
ب- عدد مرات وصول (ق.د.ك) إلى الصفر .
د- عمل دينامو لفترة زمنية مقدارها ثلث ساعة ، فإذا كان الزمن الدوري للتيار المتولد ٢ × ١٠$^{-٢}$ ثانية فاحسب:
أ- عدد مرات وصول القوة الدافعة الكهربائية المتولدة إلى قيمة عظمى موجبة خلال الثانية الواحدة .
ب- عدد مرات وصول شدة التيار إلى الصفر خلال فترة عمل الدينامو كاملة .

نشاط(٤) ـ يوضح الفكرة العلمية التي تمت على أساسها صناعة مولدات التيار المتردد:



شكل (٢)

الأدوات المطلوبة: مغناطيس على شكل حدوة الفرس ، سلكا(قضيب) متوسط السمك من النحاس ، جلفانومتر حساس(صفره في الوسط !) ، وأسلاك توصيل .

خطوات إجراء النشاط: - كما في الشكل (٢) المجاور -
١- صل طرفي سلك النحاس بالجلفانومتر بواسطة أسلاك التوصيل وحرك السلك إلى أعلى وأسفل ثم يمينا ويسارا بعيدا عن المغناطيس .
٢- ضع السلك النحاسي بين قطبي المغناطيس دون تحريك .
٣- حرك السلك لأسفل ولأعلى بسرعة بحيث يقطع خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس ثم زد من سرعة التحريك .
٤- حرك السلك يمينا ويسارا موازيا لخطوط الفيض .
٥- حرك المغناطيس لأسفل ولأعلى بسرعة بحيث تُقطع خطوط المجال المغناطيسي له بواسطة السلك النحاسي الثابت .
٦- حرك المغناطيس يميناً ويساراً بحيث توازي خطوطه السلك النحاسي .

الملاحظات:
- في الخطوات (١)، (٢) ، (٤) ، (٦) لا ينحرف مؤشر الجلفانومتر دلالة على عدم مرور تيار كهربي .
- في الخطوتين (٣) ، (٥) ينحرف مؤشر الجلفانومتر دلالة على مرور تيار كهربي خلاله ، ومع زيادة الحركة يزداد انحراف المؤشر لزيادة شدة التيار الكهربي المار .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الإستنتاج:
عند قطع سلك موصل في دائرة مغلقة لخطوط المجال المغناطيسي تنشأ قوة دافعة كهربية تأثيرية تولد تيار كهربي تأثيري ، تسمى هذه الظاهرة بالحث الكهرومغناطيسي .

س: فسر فيزيائيا: تولد تيار كهربي تأثيري بالظاهرة الكهرومغناطيسية ! **(التفسير)**
جـ: بقطع الموصل لخطوط المجال تنفصل الشحنات لتتراكم عند طرفيه فينشأ فرق جهد بينهما يولد (ق.د.ك) تأثيرية تسبب سريان تيار كهربي تأثيري عند غلق الدائرة .

* تتولد (ق.د.ك) تأثيرية في دائرة مفتوحة أو مغلقة بينما لا يتولد التيار الكهربي التأثيري إلا في دائرة مغلقة ! لأن التيار الكهربي عبارة عن حركة شحنات كهربية وحركتها تحتاج إلى غلق الدائرة ، بينما (ق.د.ك) تنشأ عن فرق جهد بين قطبين تتراكم عليهما الشحنة سواء كانت الدائرة مغلقة أو مفتوحة .

* التيار الكهربي التأثيري المتولد متغير الإتجاه(متردد) ! لتغير اتجاه الحركة لأعلى ثم لأسفل مما يؤدي إلى تغير اتجاه حركة الشحنة فيتولد تيار كهربي متردد ، ويستدل على تغير اتجاه التيار بتغير اتجاه انحراف مؤشر الجلفانومتر ولملاحظة ذلك نستخدم جلفانومتر صفره في وسط التدريج .

مولد التيار المتناوب(الدينامو):

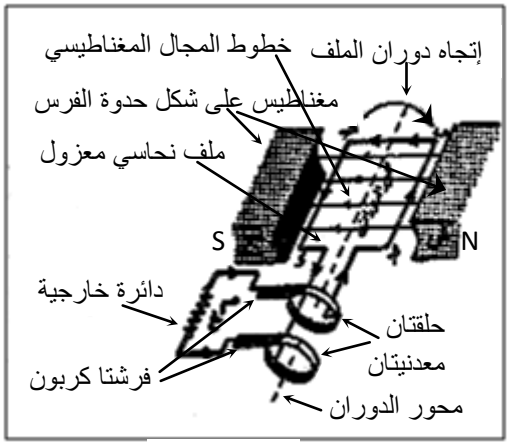
الدينامو	فكرة عمله / تطبيقه العملي	الحث الكهرومغناطيسي

الغرض منه: الحصول على الطاقة الكهربية بتحويلها من الصورة الميكانيكية(الحصول على التيار الكهربي المتردد) .

استخدامه: يستخدم لإنارة المدن والقرى النائية وفي تشغيل المصانع و ..... وغيرها .

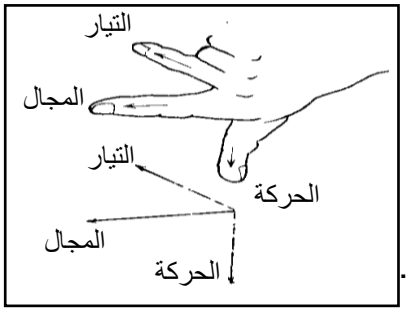
فكرة عمله: ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي .

تركيبه: - كما في الشكل(٣) - يتركب من الأجزاء التالية:
١- قلب اسطواني من الحديد المطاوع السليكوني(شرائح رقيقة معزولة عن بعضها البعض) !
أ- لتوليد (ق.د.ك) أكبر ،
ب- للحد من التيارات الدوامية التي تعيق مرور التيار المتولد .
٢- الملف وهو عبارة عن سلك نحاسي معزول ملفوف حول القلب الإسطواني قابل للدوران حول محوره .
٣- قطبي مغناطيس متقابلان ومقعران ! لتجميع وتركيز وتنظيم خطوط الفيض المغناطيسي .
٤- حلقتان معدنيتان تلامسهما فرشتان من الكربون ! تعملان على توصيل التيار المتولد إلى الدائرة الخارجية ، ولهذا تسميان قطبي الدينامو .



شكل (٣)

* يتحدد اتجاه التيار التأثيري المتولد بقاعدة اليد اليمنى لفلمنج(حمت) والتي تنص على أنه "إذا تعامدت أصابع اليد اليمنى الإبهام والسبابة والوسطى بحيث يشير الإبهام إلى اتجاه حركة دوران ملف الدينامو وتشير السبابة إلى اتجاه المجال فإن الوسطى ستشير إلى اتجاه التيار" - كما يوضحه الشكل (٤) -



شكل (٤)

س: قلب الدينامو يكون من الحديد المطاوع وليس من أي نوع آخر من الحديد ، علل .
جـ: لأن الحديد المطاوع يتمغنط بسرعة كما يفقد مغنطته بسرعة أيضا .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

عمل الدينامو واستنتاج علاقة لحساب (ق.د.ك) التأثيرية المتولدة فيه :

تعلم من دراستك في الصف الثاني أن الفيض المغناطيسي(ϕ) الذي يخترق سطحا مساحته(س) إذا كانت كثافته(ب) يحسب من العلاقة: ϕ = س × ب جاθ ..... (١) ، حيث (θ) هي الزاوية بين مستوى الملف ومتجه كثافة الفيض .

فلمولد بسيط ملفه يتكون من لفة واحدة(ن = ١) ومستواه عمودياً على اتجاه خطوط الفيض($\theta = \frac{\pi}{٢}$) فإن:

ϕ = س × ب جاθ = س × ب جا$\frac{\pi}{٢}$ ، حيث (ωز = صفر) وهي الزاوية بين متجه مساحة وجه الملف(المتجه العمودي على مستوى الملف) ومتجه كثافة الفيض .

أما إذا دار الملف بسرعة زاوية(ω) منتظمة فبعد فترة زمنية(ز) ستكون الزاوية التي قطعها هي (ω ز)

$\Leftarrow \theta = \frac{\pi}{٢} + \omega$ ز ، لذلك سيكون:

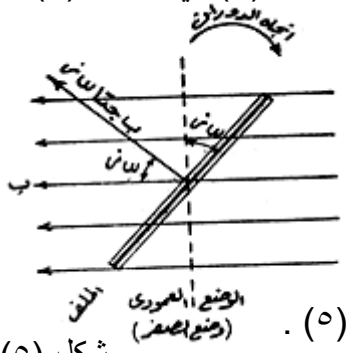
ϕ = س × ب جاθ = س × ب جا($\frac{\pi}{٢} + \omega$ ز) = س × ب جتاω ز ..... (٢) ، لأن: جا($\frac{\pi}{٢} + \omega$ ز) = جتاω ز

ونتيجة لتغير الفيض المغناطيسي خلال الملف عند دورانه تتولد (ق.د.ك) تأثيرية تعطى بالعلاقة(قانون فاراداي):

ق = $-\frac{\Delta\phi}{\Delta ز}$ ..... (٣) ، الإشارة (–) تعني أن (ق.د.ك) المتولدة تولد بدورها فيضا مغناطيسيا يضاد التغير في الفيض المغناطيسي المولد لها . وبتعويض العلاقة (٢) في العلاقة (٣) واستخراج الاشتقاق التفاضلي كما يلي:

ق = $-\frac{\Delta}{\Delta ز}$(س×ب جتاωز) = – س×ب×$\frac{\Delta}{\Delta ز}$(جتاωز) = – س×ب×(– ωجاωز) = س ب ωجاωز ..... (٤) .

ولملف يتكون من (ن) لفة يكون: ق = ن س ب ωجاωز ..... (٥) ، وتكون القوة الدافعة الكهربية التأثيرية(ق) قيمة عظمى عند جاωز = ±١ $\Leftarrow$ ωز = ٩٠° أو ωز = ٢٧٠° $\Leftarrow$ ق$_{ع}$ = ± ن س ب ω ..... (٦) حيث (ق$_{ع}$) هي القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية التأثيرية المتولدة في ملف الدينامو ، وبتعويض العلاقة (٦) في العلاقة (٥) يكون: ق$_{ل}$ = ق$_{ع}$ جاωز ..... (٧) .



شكل (٥)

* نجد من العلاقة (٥) أن (ق.د.ك) المتولدة تعتمد على العوامل التالية:

١- عدد لفات الملف(ن) . ٢- مساحة وجه الملف(س) .

٣- كثافة الفيض المغناطيسي(ب) . ٤- سرعة الملف الزاوية(ω) .

٥- جيب الزاوية(ωز) بين المتجه العمودي على مستوى الملف واتجاه خطوط الفيض المغناطيسي(جاωز) ، حيث المقدار "ب جا($\frac{\pi}{٢} + \omega$ ز) = ب جتاω ز)" هو مركبة كثافة الفيض المغناطيسي العمودية على مستوى ملف المولد ، والتي يوضحها الشكل (٥) .

مثال(٢): ملف مولد تيار كهربي متردد على شكل مستطيل مساحته ١٠٠٠ سم^{٢} يتكون من ١٠٠ لفة ملفوفة على التوالي ويدور حول محور مواز لطوله بمعدل خمس دورات في الثانية في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ٠,٧ تسلا ، احسب القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية(ق$_{ع}$) المتولدة بين طرفيه .

س = ١٠٠٠ سم^{٢} = ١٠٠٠ × ١٠$^{-٤}$ م^{٢} = ٠,١ م^{٢}
ن = ١٠٠ لفة ، f = ٥ دورات/ثانية = ٥ هرتز
ب = ٠,٧ تسلا ، ق$_{ع}$ = ؟ .

الحل:

ق$_{ع}$ = ن س ب ω = ن س ب (٢π f) = ١٠٠ × $\frac{١}{١٠}$ × $\frac{٧}{١٠}$ × ٢ × $\frac{٢٢}{٧}$ × ٥ = ٢٢٠ فولت .

- إنعش معلوماتك! ... وأثبت أن:
"وبر = فولت.ث" .

مثال(٣) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

ملف مولد عدد لفاته ١٥٠ لفة وكانت اللفة الواحدة منها تشغل حيزا مساحته ٠,٢ م^{٢} من وجه الملف ، يتحرك في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٧ × ١٠$^{-٢}$ تسلا وسرعته الزاوية ٤٤٠ راديان/ث ، أوجد:

١- التردد ، ٢- (ق.د.ك) العظمى الناتجة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الحل: ١- التردد(f) = $\frac{\omega}{\pi^2}$ = $\frac{٤٤٠}{\pi^2}$ = ٧٠ هرتز ،

٢- ∵ س = مساحة الحيز الذي تشغلة اللفة الواحدة × عدد اللفات
= ٠,٢ × ١٥٠ = ٣٠ م^2 ،

∴ (ق.د.ك) العظمى الناتجة = ن س ب ω = ١٥٠ × ٣٠ × ٠,٠٧ × ٤٤٠ = ١٣٨٦٠٠ فولت .

ن = ١٥٠ لفة ، ب = ٠,٠٧ تسلا ،
ما تشغلها اللفة الواحدة = ٠,٢ م^2 ،
ω = ٤٤٠ راد/ث .

مثال(٤): ملف دينامو مستطيل طوله ٤٠ سم وعرضه ٢٠ سم لف حول محيطه سلكا طوله ٦٠ م والملف يدور حول محور مواز لطوله بسرعة ٧٥٠٠ دورة في الدقيقة في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ٠,٠٧ تسلا ، أوجد:

أ- القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربية(ق$_ع$) المتولدة .

ب- الزاوية (ω ز) بين العمودي على مستوى الملف واتجاه كثافة الفيض بعد زمن قدره($\frac{١}{١٥٠}$) ثانية .

جـ- قيمة (ق$_ر$) عند ذلك الموضع .

الطول = ٤٠ سم = ٠,٤ م
العرض = ٢٠ سم = ٠,٢ م
طول السلك = ٦٠ م ،
f = ٧٥٠٠ دورة/الدقيقة ،
ب = ٠,٠٧ تسلا ،
ق$_ع$ = ؟ ، ω ز = ؟ ، ق$_ر$ = ؟
عند: ز = $\frac{١}{١٥٠}$ ثانية .

الحل: لحساب المساحة: س = الطول × العرض = ٠,٤ × ٠,٢ = ٠,٠٨ م^2 .

ولحساب عدد لفات الملف: ن = $\frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط الملف(مستطيل الشكل)}}$ = $\frac{\text{طول السلك}}{٢ \times (\text{الطول} + \text{العرض})}$

= $\frac{٦٠}{٢ \times (٠,٤ + ٠,٢)}$ = ٥٠ لفة .

ولحساب التردد: f = $\frac{٧٥٠٠ \text{ دورة}}{\text{دقيقة}}$ = $\frac{٧٥٠٠ \text{ دورة}}{٦٠ \text{ ثانية}}$ = ١٢٥ هرتز .

أ- ق$_ع$ = ن س ب ω = ن س ب (f π٢) = ٥٠ × $\frac{٨}{١٠٠}$ × $\frac{٧}{١٠٠}$ × ٢ × $\frac{٢٢}{٧}$ × ١٢٥ = ٢٢٠ فولت .

ب- ω ز = (f π٢)ز = ٢π × ١٢٥ × $\frac{١}{١٥٠}$ = $\frac{\pi٥}{٣}$ راديان = $\frac{\pi٥}{٣}$ × $\frac{١٨٠}{\pi}$ = ٣٠٠° ، لأن: ١ راديان = $\frac{١٨٠}{\pi}$ درجة .

جـ- ق$_ر$ = ق$_ع$ جاωز = ٢٢٠ × جا٣٠٠° = – ١٩٠,٥ فولت .

س: عندما تكون (ق.د.ك) قيمة عظمى موجبة يكون الفيض(ϕ) مساويا الصفر ، أثبت ذلك !

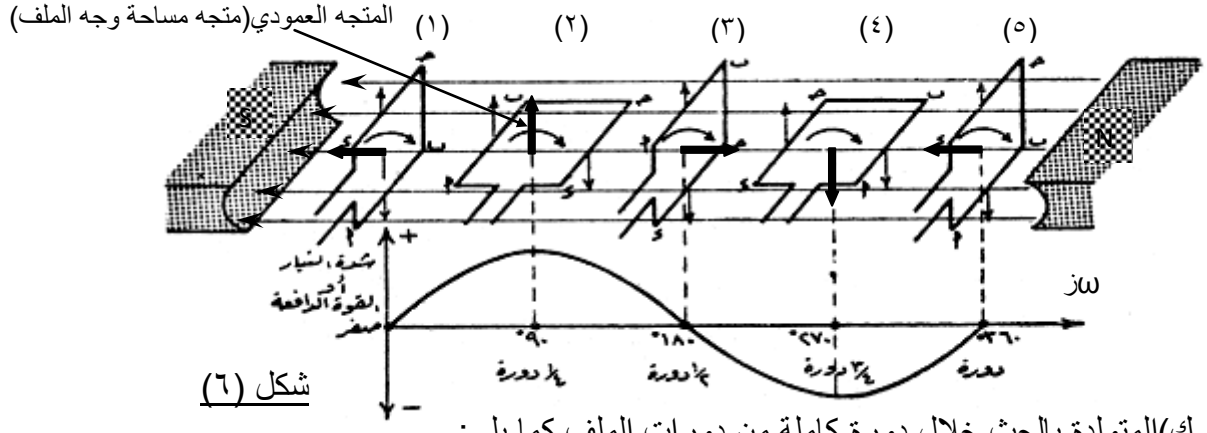
جـ: عند (ق.د.ك) قيمة عظمى ⟸ ωز = $\frac{\pi}{٢}$ راد ⟹

∴ ϕ = س × ب جاωز = س × ب جا٩٠° = س × ب × صفر = صفر . لأن: جتا٩٠° = صفر .

مفاهيم متعلقة بالتيار المتردد:

- الذبذبة الكاملة للتيار المتردد: هي التغير الذي يحدث للتيار المتردد خلال دورة كاملة لملف الدينامو المولد له .
- زمن الذبذبة الكاملة للتيار المتردد(الزمن الدوري"ز$_ر$"): هو الزمن اللازم لحدوث دورة كاملة لملف الدينامو .
- التردد(Frequency-f): هو عدد الذبذبات(الدورات) التي يحدثها التيار المتردد في الثانية الواحدة .

التغيرات التي تطرأ على (ق.د.ك) المتولدة بالحث خلال دورة كاملة من دورات الملف:



شكل (٦)

تتغير (ق.د.ك)المتولدة بالحث خلال دورة كاملة من دورات الملف كما يلي:

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

١- بداية عندما يكون مستوى الملف عموديا على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي(ωز= صفر ، θ = ٩٠°) لا يحدث قطع للخطوط وتكون (قِ) = صفر .

٢- تزداد (قِ) بزيادة (ωز) حتى تصبح (ωز= ٩٠° ، θ = ١٨٠°) فتكون لها قيمة عظمى موجبة والملف مستواه موازيا لخطوط الفيض المغناطيسي ويكون قد قطع ربع دورة .

٣- تقل (قِ) بزيادة (ωز) حتى تصل (ωز= ١٨٠°، θ = ٢٧٠°) فتكون قيمتها الصفر والملف مستواه عموديا على خطوط الفيض المغناطيسي ويكون قد قطع نصف دورة .

٤- تزداد (قِ) بزيادة (ωز) ولكن بقيمة سالبة حتى تصبح (ωز= ٢٧٠° ، θ = ٣٦٠°) فتكون لها قيمة عظمى سالبة ومستوى الملف موازيا لخطوط المجال المغناطيسي ويكون قد قطع ثلاثة أرباع الدورة .

٥- تقل (قِ) بزيادة (ωز) وبالقيمة السالبة حتى تصبح (ωز= ٣٦٠° ، θ = ٤٥٠° ≡ ٩٠°) فتكون قيمتها الصفر ويكون مستوى الملف عموديا على خطوط المجال المغناطيسي ويكون قد قطع دورة كاملة حول محوره .

* القيم السابقة تتكرر في كل دورة من دورات الملف وبذلك تتغير شدة واتجاه التيار وكذلك قيمة واتجاه (ق.د.ك) المتولدة بنفس الكيفية وبصورة موجية جيبية كما يوضحه المنحنى الجيبي المبين في الشكل (٦) والشكل (١) السابق ، وكما يلاحظ ذلك من العلاقة (٧) أيضا .

س: وضح باختصار فكرة عمل الدينامو . (٢٠١٢ - ٢٠١٣)

جـ: فكرة عمل الدينامو هي ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي والتي تتلخص في أنه عند دوران ملف بحيث يقطع سلكه خطوط الفيض في مجال مغناطيسي تتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربية تأثيرية يمكن الحصول منها على تيار كهربائي تأثيري .

ملاحظات:

١- عندما يكون الملف عموديا على الخطوط(معدل قطع الخطوط أقل ما يمكن) فإن الملف يصنع زاوية(θ) مقدارها ٩٠° أو ٢٧٠° مع الخطوط هذا يعني انه:

- إما ωز = ٩٠° – ٩٠° = صفر ⟸ قِ = قِ ع جاωز = قِ ع جا صفر = صفر أي أن (ق.د.ك) المتولدة صفر .
- أو ωز = ٢٧٠° – ٩٠° = ١٨٠° ⟸ قِ = قِ ع جاωز = قِ ع جا ١٨٠° = صفر أي أن (ق.د.ك) المتولدة صفر.

٢- عندما يكون الملف موازيا للخطوط(أي معدل قطع الخطوط أكبر ما يمكن) فإن الملف يصنع زاوية(θ) مقدارها ٠° أو ١٨٠° مع الخطوط هذا يعني انه:

- إما ωز = ٠° – ٩٠° = –٩٠° = ٣٦٠° – ٩٠° = ٢٧٠° ⟸ قِ = قِ ع جاωز = قِ ع جا ٢٧٠° = – قِ ع ، أي أن (ق.د.ك) المتولدة قيمة عظمى سالبة .
- أو ωز = ١٨٠° – ٩٠° = ٩٠° ⟸ قِ = قِ ع جاωز = قِ ع جا ٩٠° = قِ ع ، أي أن (ق.د.ك) المتولدة قيمة عظمى موجبة .

٣- إذا كان الملف يصنع زاوية "θ" مع خطوط الفيض المغناطيسي فإن:

ωز = θ – ٩٠° ⟸ قِ = قِ ع جاωز = قِ ع جا(θ – ٩٠°) ، أي أن (ق.د.ك) المتولدة تعتمد على الزاوية "θ" .

فمثلا: لحظة ما يصنع الملف زاوية مقدارها (θ = ٣٧°) مع خطوط الفيض المغناطيسي يكون:

ωز = ٣٧° – ٩٠° = –٥٣° = ٣٦٠° – ٥٣° = ٣٠٧° ⟸ قِ = قِ ع جاωز = قِ ع جا ٣٠٧° ≅ – ٠,٨قِ ع .

٤- الزاوية (ωز) ↔ الزاوية بين العمودي على الملف والخطوط ↔ زاوية دوران العمودي على الملف من بدأ الدوران ↔ زاوية دوران الملف ابتداء من مستواه العمودي على الخطوط ↔ زاوية تحرك الملف من مستواه العمودي على خطوط المجال المغناطيسي ↔ الزاوية التي يصنعها الملف مع وضعه العمودي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- يتولد تيار كهربائي تأثيري في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي عندما تكون الدائرة ..... أكمل .

٢- كيف يمكنك الحصول على تيار تأثيري بحركة موصل في مجال مغناطيسي ؟ وضح ذلك مع الرسم .

٣- نفترض أن ملف مولد التيار المتردد يتكون من لفة واحدة وإن دوران هذا الملف عموديا على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي وكثافة فيضه (ب) تسلا ، فإذا كان الملف يدور بسرعة زاوية منتظمة (ω) راد/ث فإن الزاوية التي يقطعها الملف بعد مرور زمن مقداره (ز) ثانية تساوي (ωز) ، احسب مقدار الفيض المغناطيسي(ϕ) الذي يخترقه الملف في هذه الحالة بدلالة الرموز الواردة ، ثم القوة الدافعة الكهربائية العظمى($ق_ع$) المتولدة مقاسة بوحدة الفولت

ب- أكمل العبارات التالية:

١- مقدار القوة الدافعة الكهربائية التأثيرية عند أية لحظة أثناء دوران ملف المولد تتناسب طردياً مع ..... .

٢- إذا كان مقدار ($ق_ع$) المتولدة في الدينامو ١٠٠ فولت فإن مقدار ($ق_ل$) عندما يصنع ملفه زاوية (٣٠°) مع وضعه العمودي يساوي ..... .

جـ- مركبة الفيض المغناطيسي "ب جتاωز" موازية لمتجه مساحة وجه الملف ( ) . - ضع (✓) أو (×) -

- يكون ملف الدينامو موازياً لخطوط المجال عندما (ωز) = نπ راد ، حيث: ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ..... ( ) .

د- اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:

١- يتغير اتجاه التيار المتولد من الدينامو نتيجة:

- تغير اتجاه دوران الملف ، - تغير موقع القطبين ،

- تغير موقع جانبي الملف بالنسبة للقطبين المغناطيسين ، - تغير موقع الحلقتين المعدنيتين .

٢- مركبة الفيض المغناطيسي "ب جا($\frac{\pi}{٢}$ + ωز)" موازية لـ (مستوى الملف ، اتجاه التيار ، اتجاه حركة الملف ، كل ما ذكر) .

٣- عدد مرات وصول شدة التيار المتردد إلى قيمة عظمى موجبة في الثانية الواحدة (f ، f٢ ، f + ١ ، f٢ ز)

٤- درجة/ثانية هي وحدة لقياس (السرعة الخطية(ع) ، السرعة الزاوية(ω) ، التردد(f) ، لا شيئ مما ذكر) .

هـ- ما الزاوية التي يصنعها الملف مع خطوط الفيض المغناطيسي بعد دورانه ٧٥° من وضعه العمودي الإبتدائي ؟

و- متى تتساوى القيمة اللحظية مع ثلث القيمة العظمى في الدينامو ؟

ز- ملف دينامو وجهيه على شكل مربع لف حوله سلك طوله ٥٠٠ متر فإذا كان عدد لفاته ٢٥٠ لفة ويدور حول محور عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ٠,٠٧ تسلا فاحسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة إذا علمت ان تردد التيار المتولد ٥٠ هرتز .

ح- مولد دينامو ملفه يقطع ١٣٥٠° في الثانية ، احسب:

أ- السرعة الزاوية(ω) لملفه حول المحور .

ب- عدد مرات وصول شدة التيار الكهربي المتولد إلى الصفر خلال دورانه لربع ساعة .

جـ- عدد مرات وصول (ق.د.ك) المتولدة إلى قيمة عظمى سالبة خلال نفس الفترة(ربع ساعة) .

د- عند نهاية الثانية الأولى ماهي قيمة: ١- (ق.د.ك) ؟ ٢- (ϕ) ؟ .

ط- ملف دينامو طوله ٥٠ سم ومكون من ١٠٠ لفة يدور في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٠,٧ تسلا بسرعة مدارية مقدارها ٢٠ م/ث ، اوجد القوة الدافعة الكهربائية العظمى الناتجة عنه .

ي- ملف دينامو مستطيل الشكل مساحته ١٠٠٠ سم^٢ ومكون من ١٠٠ لفة يدور في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٠,٠٧ تسلا حول محور موازٍ لطوله بحيث يكمل دورته خلال ٠,٠٢ ث ، ارسم منحنى القوة الدافعة الناتجة عنه .

ك- دينامو يتكون ملفه من ٥٠٠ لفة وطول اللفة ٠,٤ متر وعرضها ٠,٢ متر يدور بسرعة زاوية مقدارها $\frac{١١٠٠}{٧}$ راد/ث في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٧ × ١٠$^{-٢}$ تسلا ، احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في ملفه بعد مرور $\frac{١}{٣٠٠}$ ثانية من بداية دورانه .

ل- إذا كانت القوة الدافعة الكهربائية التي يولدها ملف مستطيل الشكل أبعاده (٤٠ ، ٢٥) سم تساوي ٣,٨٩ فولت مكون من ٥٠٠ لفة ويدور حول محور موازٍ لطوله في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٣٠ × ١٠$^{-٤}$ تسلا بسرعة ٣٥٠٠ دورة في الدقيقة فاحسب مقدار زاوية دوران الملف مع الموضع العمودي له .

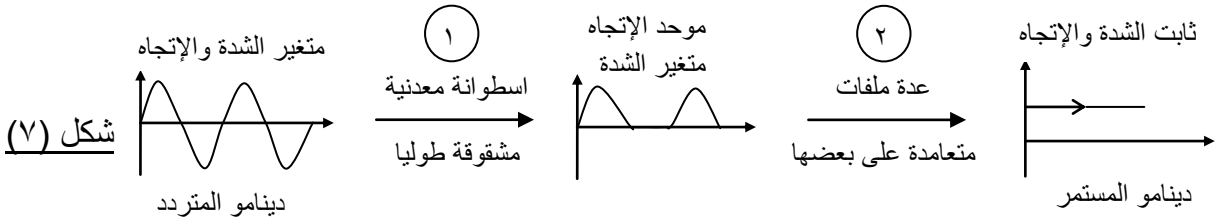
تدريب(١): ما المقصود بـ: أ- ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟ ، ب- (ق.د.ك) التأثيرية ؟
جـ- التيار الكهربي التأثيري ؟

تدريب(٢): فسر مستعينا بالعلاقات الرياضية أن عمل قلب من الحديد المطاوع للدينامو يولد (ق.د.ك) أكبر !

تدريب(٣): عندما يكون الفيض المغناطيسي(ϕ) صفر تكون القوة الدافعة الكهربية المتولدة($ق_{ل}$) قيمة عظمى . علل !

تدريب(٤): دينامو ملفه دائري قطره ٢٨ سم مكون من ٣٦٠ لفة يدور حول محور عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ٠,٢٦ تسلا ،
أ- بأي تردد يدور الملف لكي تتولد قوة دافعة كهربية تأثيرية مقدارها ٢٢٠ فولت ؟
ب- احسب مقاومة الملف إذا كانت القيمة العظمى لشدة التيار المتولد ٢٠ أمبير .

للإطلاع فقط: يمكن تحويل دينامو التيار المتردد إلى دينامو للتيار المستمر بإجراء التعديلين التاليين:
١- استبدال الحلقتين المعدنيتين باسطوانة معدنية مشقوقة طولياً ! تعمل على توحيد اتجاه التيار .
٢- استخدام عدة ملفات متعامدة على بعضها ! تعمل على تثبيت شدة التيار . - يوضح ذلك المخطط في الشكل (٧) -



شكل (٧)

القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد($ت_{ف}$):

نعلم أن التيار الكهربائي المتردد(AC) متغير الشدة والإتجاه مع الزمن لذلك لا يمكن قياس شدته بالأميتر العادي المستخدم في قياس شدة التيار المستمر(DC) الثابت الشدة والإتجاه مع الزمن ، وإذا علمنا أن التيارين المتردد والمستمر يتفقان في توليدهما طاقة حرارية عند مرورهما في الموصلات الكهربائية فبإمكاننا استخدام اتفاقهما هذا في تقدير شدة التيار المتردد .

فعند إمرار تيارين كهربائيين احدهما مستمر والآخر متردد في نفس الموصل ولنفس الفترة الزمنية ليولدا نفس الطاقة الحرارية أي أن لهما نفس التأثير الحراري على الموصل وبذلك تكون قيمة شدة التيار المستمر الممكن قياسها بواسطة الأميتر ذو الملف المتحرك(الأميتر العادي) هي القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد .

وتعرف القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد بأنها مقدار شدة التيار المستمر الذي يولد نفس الطاقة الحرارية التي يولدها التيار المتردد عند مرورهما في نفس الموصل ولنفس الفترة الزمنية ، ويرمز لها بالرمز ($ت_{ف}$) .

وبعد إجراء عدة تجارب عملية وعمليات حسابية وجد أن:

القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد($ت_{ف}$) = $\frac{\text{القيمة العظمى لشدته}(ت_{ع})}{\sqrt{٢}}$ $\Longleftarrow$ $ت_{ف} = ٠,٧٠٧\ ت_{ع}$.

وبضرب الطرفين في المقاومة(م) نحصل على: $ت_{ف} \times م = \frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}} \times م \Longleftarrow ق_{ف} = \frac{ق_{ع}}{\sqrt{٢}} = ٠,٧٠٧\ ق_{ع}$.

ملاحظة:
* (ق.د.ك) $\equiv$ ق
- $ق_{ل}$: (ق.د.ك) لحظية
- $ق_{ع}$: (ق.د.ك) عظمى
- $ق_{ف}$: (ق.د.ك) فعالة
- $ق_{م}$: (ق.د.ك) متوسطة

* شدة التيار المتردد $\equiv$ ت
- $ت_{ل}$: شدة التيار المتردد اللحظية
- $ت_{ع}$: شدة التيار المتردد العظمى
- $ت_{ف}$: شدة التيار المتردد الفعالة
- $ت_{م}$: شدة التيار المتردد المتوسطة

س: ماذا نعني بقولنا إن القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد هي ٩ أمبير ؟
جـ: نعني بذلك أن شدة التيار المستمر الذي يولد نفس كمية الحرارة التي يولدها التيار المتردد عند مرورهما في نفس الموصل ولنفس الزمن هي ٩ أمبير .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

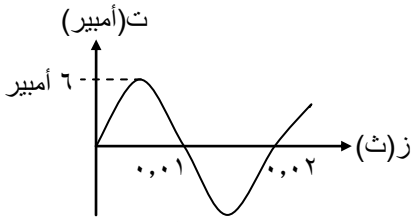
مثال(٥): الشكل (٨) المجاور يوضح تغير شدة التيار المتردد لمصدر ، إذا وصلت مقاومة مقدارها ٤٠ أوم بين طرفي المصدر فأوجد:

أ- القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد المار في المقاومة .

ب- القيمة الفعالة لـ(ق.د.ك) للمصدر.

جـ- تردد مصدر التيار المتردد .

د- شدة التيار اللحظية بعد مرور زمن قدره $\frac{١}{٣٠٠}$ ثانية .



شكل (٨)

الحل:

أ- القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد المار في المقاومة$(ت_{ف}) = \frac{ت_ع}{\sqrt{٢}} = \frac{٦}{\sqrt{٢}} = ٣\sqrt{٢} = ٤,٢٤٣$ أمبير .

ب- القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية للمصدر$(ق_{ف}) = \frac{ق_ع}{\sqrt{٢}} = \frac{ت_ع}{\sqrt{٢}} \times م = \frac{٦}{\sqrt{٢}} \times ٤٠$

$= ت_{ف} \times م = ٤,٢٤٣ \times ٤٠ = ١٦٩,٧$ فولت .

جـ- تردد مصدر التيار المتردد$(f) = \frac{١}{ز_د} = \frac{١}{\frac{٢}{١٠٠}} = \frac{١٠٠}{٢} = ٥٠$ هرتز .

المعطيات:
$ت_ع = ٦$ أمبير
$ز_د = ٠,٠٢$ ث
م = ٤٠ أوم
$ز_د = \frac{١}{٣٠٠}$ ث

د- $\omega ز = (f\pi٢)ز = \pi٢ \times ٥٠ \times \frac{١}{٣٠٠} = \frac{\pi}{٣}$ راد $= \frac{\pi}{\pi} \times ١٨٠ = ٦٠°$.

$\Leftarrow ق_د = ق_ع$ جاωز $= ت_ع \times م \times$ جاωز $= ٦ \times ٤٠ \times$ جا٦٠° $= ٢٠٧,٨٥$ فولت .

$\therefore ت_د = \frac{ق_د}{م} = \frac{٢٠٧,٨٥}{٤٠} = ٥,٢$ أمبير .

س: في أي لحظة من دوران ملف الدينامو تكون شدة التيار الكهربائي المتولدة فيه هي القيمة الفعالة ؟

جـ: عند $ت_{ف} = ت_د \Leftarrow \frac{ت_ع}{\sqrt{٢}} = ت_ع$ جاωز $\Leftarrow$ جاωز $= \frac{١}{\sqrt{٢}} \Leftarrow$ ωز $=$ جا$^{-١}(\frac{١}{\sqrt{٢}}) = ٤٥°$ ، $\theta = \frac{\pi}{٢} + \frac{\pi}{٤} = \frac{\pi٣}{٤}$ راد .

$\therefore$ تتساوى القيمة الفعالة مع القيمة اللحظية لشدة التيار المتردد عند (ωز = ٤٥°) أي لحظة ما يصنع الملف مع خطوط الفيض الزاوية (θ = ωز + ٩٠° = ٤٥° + ٩٠° = ١٣٥°) .

إثراء:

أ- بدأ ملف دينامو الدوران من الوضع العمودي على خطوط المجال وبعد ٠,٠٢ من الثانية وصلت القوة الدافعة الكهربية المتولدة إلى قيمتها الفعالة ، احسب تردد التيار المتولد .

ب- إذا كانت $ق_د = ٠,٦ ق_ع$ فالملف لحظتها يصنع (١٢٦,٨٧° ، ٢,٢١٤راد ، ١٢″٥٢′١٢٦° ، كل ما ذكر) مع خطوط الفيض المغناطيسي .

جـ- تيار كهربائي تردده ٧٥ دورة/ثانية ، احسب الزمن الذي يستغرقه ملف مولده من بدأ دورانه لتصل شدته إلى القيمة العظمى السالبة .

د- تيار متردد قيمة شدته العظمى ٢ أمبير وتزداد من الصفر حتى واحد أمبير خلال $\frac{١}{٤٠٠}$ ثانية ، كم يكون تردده ؟

تدريب(٥): ملف دينامو يدور ٤٢٠٠ دورة في الدقيقة في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٠,٠٥ تسلا ، فإذا كان عدد لفات ملفه ١٠٠ لفة وطول كل وجهة فيه ٥٠ سم وعرضها ٢٠ سم فاحسب ما يلي:

أ- أقصى قوة دافعة كهربائية تأثيرية تتولد بين طرفي الملف . ب- القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربية المتولدة .

جـ- القيمة اللحظية للـ(ق.د.ك)المتولدة:١- عندما يدور الملف $\frac{١}{١٢}$ دورة ابتداء من المستوى العمودي على المجال .

٢- لحظة ما يصنع الملف ٣٠° مع إتجاه خطوط الفيض المغناطيسي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الأميتر الحراري:

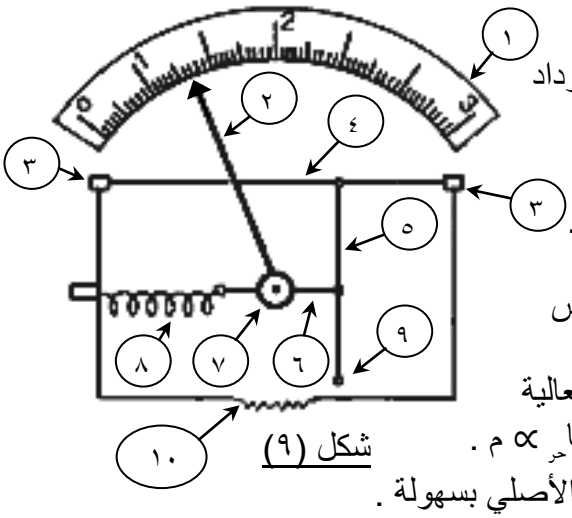
الغرض منه: قياس القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد وقياس شدة التيار المستمر .

الأميتر الحراري	فكرة عمله ←	التأثير الحراري
	تطبيقه العملي ←	

استخدامه: يستخدم في المعامل ومحطات توليد الكهرباء و ..... وغيرها .

فكرة عمله: ظاهرة التأثير الحراري(تولد طاقة حرارية في الموصل عند مرور تيار كهربائي خلاله) .

تركيبه: - الشكل (٩) - يتركب الأميتر الحراري من الأجزاء التالية:



شكل (٩)

١- لوحة التدريج وتكون غير منتظمة ⟷ ذات أبعاد غير متساوية ⟷ تزداد اتساعا باتجاه القيم الأعلى للشدة ! لأن الطاقة الحرارية المتولدة في سلك الإريديوم البلاتيني تتناسب طرديا مع مربع شدة التيار(ط$_{حر}$ ∝ ت^{٢}) .

٢- المؤشر ويكون من الألومونيوم ! لخفة وزنه وبالتالي ينحرف بسهولة .

٣- مسماري توصيل ! لتوصيل الأميتر الحراري على التوالي مع الدائرة المراد قياس القيمة الفعالة أو شدة التيار المار فيها ! ليمر خلال الأميتر نفس التيار المار في الدائرة .

٤- سلك من سبيكة إريديوم البلاتين ! لمقاومته الكبيرة ودرجة انصهاره العالية فيسخن ويتمدد بمقدار محسوس لمرور تيار كهربائي خلاله ، حيث أن: ط$_{حر}$ ∝ م .

٥- سلك من البرونز الفسفوري ! لمرونته العالية فينحني ثم يعود لوضعه الأصلي بسهولة .

٦- خيط ⟵ - من الحرير ! لأجل أن: ١- لا ينقطع بسهولة ٢- يكون قابل للشد ٣- يكون عازل كهربيا .
⟵ - ملفوف حول البكرة ! ليقوم بتدويرها عند شده من قبل الزنبرك .

٧- بكرة ملساء ! لتدور والمؤشر دون احتكاك .

٨- زنبرك قابل للاستطالة ! لشد الخيط فتدور البكرة وينحرف المؤشر .

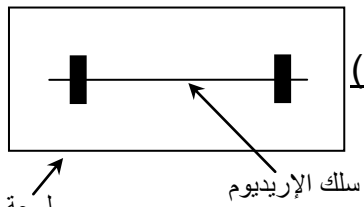
٩- نقاط تثبيت ! لتثبيت أجزاء الأميتر وربطها ببعضها .

١٠- مجزئ التيار ويوصل على التوازي مع سلك الإريديوم ! وذلك لـ:
أ- جعل مقاومة الأميتر الداخلية صغيرة فلا تؤثر في شدة التيار المقاسة ،
ب- زيادة مدى الأميتر وجعله يقيس شدة تيارات أكبر ،
جـ- حماية الأميتر من التلف .

معايرته: ترقيم تدريجه بمقارنته بتدريج الأميتر ذو الملف المتحرك وذلك بتوصيلهما على التوالي بمصدر تيار مستمر ثم تعيين وتغيير قراءات مؤشر الأميتر ذو الملف المتحرك وتسجيلها أمام مؤشر الأميتر الحراري .

شرح عمله: عند مرور تيار كهربي في الأميتر الحراري يسخن سلك إريديوم البلاتين ويتمدد فيستطيل الزنبرك ليشد خيط الحرير فتدور البكرة مما يؤدي إلى انحراف المؤشر حتى تتساوى الطاقة الحرارية التي يكتسبها السلك مع التي يفقدها إلى المحيط فيقف المؤشر عند قراءة التدريج التي تعطي القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد أو شدة التيار المستمر .

عيوبه: ١- انحراف مؤشره وعودته إلى الصفر ببطء .
٢- تتأثر قراءته بدرجة حرارة الجو المحيط ارتفاعا وانخفاضا .



شكل (١٠)

ويمكن التخلص من العيب الثاني بشد سلك الإريديوم البلاتيني على لوحة كما في الشكل(١٠) على أن يكون:
١- للوحة نفس معامل تمدد السلك ! ليتأثرا معا(تمدداً وانكماشاً) بدرجة حرارة الجو فيبقى المؤشر على الصفر .
٢- عزل السلك عن اللوحة بمادة عازلة كهربيا ! ليمر التيار الكهربي في السلك فقط دون اللوحة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مقارنته مع الأميتر ذو الملف المتحرك:

وجه المقارنة	الأميتر العادي	الأميتر ذو السلك الحراري
الغرض منه	قياس شدة التيار المستمر	قياس القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد وقياس شدة التيار المستمر
فكرة عمله	التأثير المغناطيسي	التأثير الحراري
تدريجه	منتظم	غير منتظم
مؤشره	ينحرف بسرعة	ينحرف ببطء
قراءته	لا تتأثر بدرجة حرارة الجو المحيط	تتأثر بدرجة حرارة الجو المحيط
توصيله مع الدائرة	على التوالي	على التوالي

س: ينحرف مؤشر الأميتر الحراري وكذلك يعود إلى الصفر ببطء ، علل !
جـ: لأن حركته تتوقف على توليد الطاقة الحرارية في السلك وكذلك فقدها وذلك يحدث ببطء .

* الأميتر العادي(ذو الملف المتحرك) يقيس شدة التيار المستمر فقط ! لأن عمله مبني على ثبات اتجاه المجال المغناطيسي وهذا للتيار المستمر فقط دون التيار المتردد .

* الأميتر الحراري يقيس القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد وشدة التيار المستمر معا ! لأن عمله مبني على التأثير الحراري وكلا من التيارين المستمر والمتردد متفقان في التأثير الحراري .

مثال(٦) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):
استخدم أميتر حراري في قياس شدة تيار متردد خارج من دينامو فكانت قراءته ٥ أمبير ، أوجد شدة التيار المتردد لحظة ما يصنع مستوى ملف الدينامو مع خطوط الفيض زاوية ٤٥° .

الحل:
الأميتر الحراري يقيس القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد($ت_{ف}$)

$ت_{ف} = \frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}} \Longleftarrow ت_{ع} = ت_{ف} \times \sqrt{٢} = ٥ \times \sqrt{٢} = ٥\sqrt{٢}$ أمبير .

$\theta = ٤٥° = \frac{\pi}{٢} + \omega ز \Longleftarrow \omega ز = \theta - \frac{\pi}{٢} = ٤٥° - ٩٠° = -٤٥° = ٣٦٠° - ٤٥° = ٣١٥°$ ،

$\therefore ت_{ل} = ت_{ع}$ جا$\omega ز = \sqrt{٢}٥ \times$ جا$(٣١٥°) = -٥$ أمبير .

س: مولد كهربي يولد تيار تردده(٥٠) هرتز ، احسب الزمن الذي يستغرقه الملف ابتداء من وضعه العمودي الإبتدائي على خطوط الفيض حتى يصنع الزاوية ٢٧٠° مع الخطوط .
جـ: الملف يصنع الزاوية (θ =٢٧٠°) مع الخطوط $\Longleftarrow \omega ز = \theta - ٩٠° = ٢٧٠° - ٩٠° = ١٨٠° = \pi$ راد .

$\omega ز = \pi \Longleftarrow \therefore ز = \frac{\pi}{\omega} = \frac{\pi}{f\pi٢} = \frac{١}{f٢} = \frac{١}{٥٠ \times ٢} = \frac{١}{١٠٠} = ٠,٠١$ ثانية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- أملأ الفراغات: أ- إذا كان عدد دورات ملف دينامو ٤٩ دورة في الثانية فإن سرعته الزاوية ..... .

ب- عندما يصنع ملف المولد زاوية ٣٧° مع اتجاه خطوط المجال المغناطيسي فإن (ق.د.ك) المتولدة تساوي تقريبا ..... فولت .

جـ- فكرة عمل جهاز الدينامو هي ..... ويعمل على ..... .

٢- ضع (✓) أو (×): أ- من الممكن رفع أو خفض (ق.د.ك) باستخدام الأميتر الحراري . ( )

ب- يتفق كلا من التيار المتردد والتيار المستمر في توليد طاقة حرارية . ( )

جـ- عندما يتحرك ملف المولد الكهربائي زاوية ١٨٠° فإن (ق.د.ك) المتولدة ≠ صفر . ( )

د- إذا كان تردد التيار ٥٠ هرتز فعدد مرات وصوله للقيمة العظمى ١٠١ مرة . ( )

٣- اختر الإجابة الصحيحة:

أ- للتيار المتردد عدة أنواع والنوع الأكثر استخداما هو (الرباعي ، الجيبي ، المثلثي ، المنشاري) .

ب- يكون معدل قطع ملف المولد الكهربائي لخطوط الفيض المغناطيسي أكبر ما يمكن عندما يكون: (مستوى الملف عموديا على خطوط الفيض ، مساحة الملف أقل ما يمكن ، مستوى الملف موازيا لخطوط الفيض) .

٤- علل: أ- ازدياد اتساع تدريج الأميتر الحراري كلما زادت شدة التيار المار فيه .

ب- يفضل استخدام التيار المتردد بدلا عن التيار المستمر .

جـ- يصنع سلك الأميتر الحراري من سبيكة إيريديوم البلاتين .

٥- ماذا يحدث إذا أوقف السلك المتحرك بين قطبي مغناطيس والدائرة متصلة بجلفانومتر ؟

٦- تيار متردد القيمة الفعالة لشدته ٦ أمبير وتردده ١٠٠ د/ث ، احسب:

أ- شدته العظمى ، ب- شدته اللحظية بعد $\frac{١}{٤٠٠}$ ثانية من بدأ دوران ملف مولده .

٧- في مختبر الفيزياء حاول الطلاب قياس شدة التيار الكهربائي المتردد باستخدام الأميتر ذو الملف المتحرك فلم يحصلوا على أي نتيجة ، فأرشدهم المعلم إلى استخدام جهاز خاص لقياس مثل هذه التيارات . أجب عن الأسئلة التالية: ١- ما اسم هذا الجهاز ؟ ٢- صف تركيبه وارسمه . ٣- أذكر عيوبه .

٤- كيف يدرج هذا الجهاز للحصول على القيمة الفعالة للتيار المتردد(معايرته) ؟

٨- ملف مولد كهربائي مساحة أحد وجهيه ٠,١ م^{٢} يتكون من ١٠٠ لفة يدور حول محور موازٍ لطوله في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ٠,٠٧ تسلا فيولد قوة دافعة كهربائية لحظية مقدارها ٢٢٠ فولت وتساوي القوة الدافعة الكهربائية العظمى ، أوجد: ١- الزاوية التي يصنعها ملف الدينامو ، ٢- تردد التيار .

٩- ملف مولد على شكل دائرة نصف قطرها $\frac{٧}{٢٢}$ متر يدور حول قطبي مغناطيس كثافة فيضه ٠,٠٢ تسلا ويعمل ٥٠ دورة في الثانية الواحدة ، احسب القوة الدافعة العظمى إذا كان عدد لفات ملفه ١٠٠ لفة .

ب- وضح كيف أن مجزئ التيار يجعل المقاومة الداخلية للأميتر صغيرة ؟

جـ- (علل) يوجد دائما خطأ صفري في الأميتر الحراري ، وكيف تم معالجة ذلك ؟

د- بإمرار التيار الكهربائي في الأميتر الحراري يستمر مؤشره في الإنحراف حتى يقف ، ما سبب توقف المؤشر بالرغم من أن التيار الكهربائي ما زال يمر خلال الأميتر الحراري ؟

تدريب(٦): - أسئلة وزارية مختارة -

١- اختر الإجابة الصحيحة:

أ- النسبة بين القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد وقيمته العظمى كنسبة ($\frac{١}{\sqrt{٢}}$ ، $\frac{٢}{\sqrt{٢}}$ ، $\frac{\sqrt{٢}}{٢}$ ، $\frac{\sqrt{٢}}{١}$) .

ب- في مولد التيار المتردد تكون (ق.د.ك) تساوي ٠,٦ق$_{ع}$ تقريبا عند (ωز) تساوي (٣٧° ، ٤٥° ، ٥٣° ، ٩٠°) .

٢- علل: - اتفاق العلماء على أن تقدر القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد بقيمة شدة التيار المستمر !

٣- يدور ملف دينامو ١٥٠٠ دورة في $\frac{١}{٢}$ دقيقة في مجال مغناطيسي كثافة فيضه ٠,٠٧ تسلا ، فإذا كان عدد لفات الملف ١٠٠ لفة وطول أحد أوجهه ٢٥ سم وعرضه ١٠ سم ، فاحسب القوة الدافعة الكهربية التأثيرية المتولدة بين طرفي الملف عندما يصنع الملف زاوية مقدارها ٢٧٠° مع اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

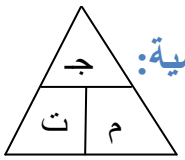
قانون أوم:

نصه: "عند ثبات درجة الحرارة تتناسب شدة التيار الكهربائي المار في الموصل طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه" .

أي أن: جـ ∝ ت ⟸ جـ = ثابت التناسب × ت ⟸ $\frac{جـ}{ت}$ = ثابت التناسب = م

∴ $\frac{جـ}{ت}$ = م ، حيث (م) المقاومة الكهربائية هي ثابت التناسب بين فرق الجهد(جـ) وشدة التيار(ت) وتقاس بوحدة الأوم .

صيغته الرياضية:



أي أن: جـ = م × ت ⟸ فولت = أوم.أمبير ،

م = $\frac{جـ}{ت}$ ⟸ أوم = $\frac{فولت}{أمبير}$ ، ت = $\frac{جـ}{م}$ ⟸ أمبير = $\frac{فولت}{أوم}$.

المقاومة الأومية(م):

رمزها في الدائرة الكهربائية: - (—WWW—) مقاومة أومية ثابتة القيمة .

- (—WWW—) مقاومة أومية متغيرة القيمة .

تعريفها: هي ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي خلاله نتيجة تصادم الإلكترونات ، وتقاس بوحدات الأوم(Ω) .

الغرض منها: التحكم بمرور التيار الكهربائي .

استخدامها: في الأجهزة الكهربائية .

العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الأومية:

نجد من العلاقة (م = $\frac{ρ\ ل}{س}$) أن العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الأومية هي:

١- طول الموصل(ل) ..... م ∝ ل "علاقة طردية" .

٢- مساحة مقطع السلك(س) ... م ∝ $\frac{١}{س}$ "علاقة عكسية" .

٣- درجة حرارة الموصل(T)
٤- نوع مادة الموصل
} م ∝ ρ ، حيث (ρ) هي المقاومة النوعية لمادة الموصل .

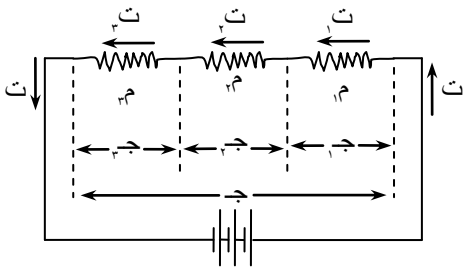
طرق توصيل المقاومات في الدائرة الكهربائية: نعلم أن:

١- توصل أجزاء الدائرة (المقاومات ، المكثفات ، الملفات ، ...) على التوالي بحيث تتصل بداية التالي بنهاية السابق ، وفي هذه الحالة يتوزع الجهد دون التيار فيكون:

جـ = جـ١ + جـ٢ + جـ٣ + ... ، ت = ت١ = ت٢ = ت٣ = ...

٢- توصل أجزاء الدائرة الكهربائية على التوازي بحيث تتصل بداياتها كلها في نقطة واحدة وتتصل نهاياتها كلها في نقطة أخرى ، وفي هذه الحالة يتوزع التيار دون الجهد فيكون:

ت = ت١ + ت٢ + ت٣ + ... ، جـ = جـ١ = جـ٢ = جـ٣ = ...



شكل (١١)

أولا- توصيل المقاومات على التوالي:

ويكون كما في الشكل (١١) وفيه يتوزع الجهد دون التيار وبالتالي فإن:

جـ = جـ١ + جـ٢ + جـ٣ ، لكن: جـ = م × ت

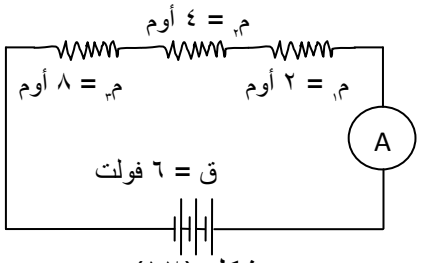
⟸ مك × ت = م١ × ت + م٢ × ت + م٣ × ت ، لأن التوصيل على التوالي

فتيار الدائرة نفسه يمر في كل المقاومات ولذلك فإن:

مك × ت = ت × (م١ + م٢ + م٣) ∴ مك = م١ + م٢ + م٣ + ... في حالة توصيلها على التوالي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٧): في الشكل (١٢) المقابل للدائرة الكهربائية كم ستكون قراءة الأميتر ؟



شكل (١٢)

الحل: ∵ م١ ، م٢ ، م٣ متصلة على التوالي ولذلك فإن:

∴ مك = م١ + م٢ + م٣ = ٢ + ٤ + ٨ = ١٤ أوم .

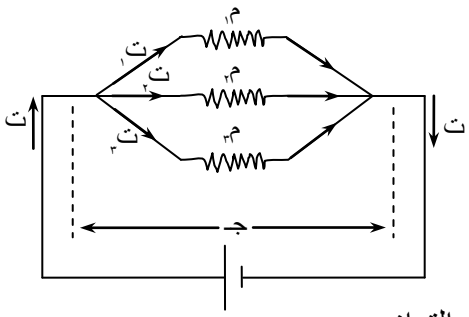
وبتطبيق قانون أوم: ت = $\frac{جـ}{م_ك}$ = $\frac{٦}{١٤}$ = ٠,٤٣ أمبير . "وهي قراءة الأميتر"

ثانيا- توصيل المقاومات على التوازي:

ويكون كما في الشكل (١٣) وفيه يتوزع التيار دون الجهد وبالتالي فإن:

ت = ت١ + ت٢ + ت٣ ، لكن: ت = $\frac{جـ}{م}$

⟸ $\frac{جـ}{م_ك}$ = $\frac{جـ}{م_١}$ + $\frac{جـ}{م_٢}$ + $\frac{جـ}{م_٣}$ ، لأن التوصيل على التوازي فالجهد بين طرفي كل المقاومات له نفس القيمة ولذلك فإن:

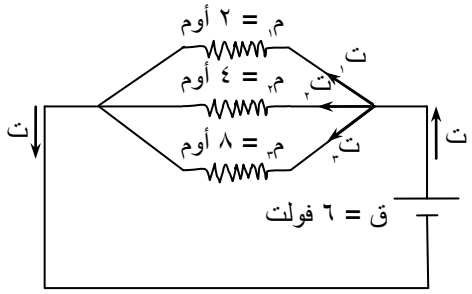


شكل (١٣)

جـ × $\frac{١}{م_ك}$ = جـ × ($\frac{١}{م_١}$ + $\frac{١}{م_٢}$ + $\frac{١}{م_٣}$) ∴ $\frac{١}{م_ك}$ = $\frac{١}{م_١}$ + $\frac{١}{م_٢}$ + $\frac{١}{م_٣}$ + ... في حالة توصيلها على التوازي .

مثال(٨): في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (١٤) المقابل احسب:

أ- شدة التيار المار في الدائرة ، ب - قيمة كلا من (ت١ ، ت٢ ، ت٣) .



شكل (١٤)

الحل: م١ ، م٢ ، م٣ متصلة على التوازي ⟸ $\frac{١}{م_ك}$ = $\frac{١}{م_١}$ + $\frac{١}{م_٢}$ + $\frac{١}{م_٣}$

⟸ $\frac{١}{م_ك}$ = $\frac{١}{٢}$ + $\frac{١}{٤}$ + $\frac{١}{٨}$ = $\frac{١ + ٢ + ٤}{٨}$ = $\frac{٧}{٨}$ ⟸ مك = $\frac{٨}{٧}$ أوم ، وبذلك يكون:

أ- ت(المار في الدائرة) = $\frac{جـ}{م_ك}$ = $\frac{٦}{\frac{٨}{٧}}$ = ٦ × $\frac{٧}{٨}$ = ٥,٢٥ أمبير .

ب- ت١ = $\frac{جـ}{م_١}$ = $\frac{٦}{٢}$ = ٣ أمبير ، ت٢ = $\frac{جـ}{م_٢}$ = $\frac{٦}{٤}$ = ١,٥ أمبير ، ت٣ = $\frac{جـ}{م_٣}$ = $\frac{٦}{٨}$ = ٠,٧٥ أمبير .

ملاحظات:

١- عند توصيل المقاومات على التوالي تكون قيمة المقاومة المكافئة(مك) أكبر من قيمة أي من هذه المقاومات .

٢- عند توصيل المقاومات على التوازي تكون قيمة المقاومة المكافئة(مك) أصغر من قيمة أي من هذه المقاومات .

٣- المقاومة الأومية تسمح بمرور كل من التيار المستمر والتيار المتردد خلالها .

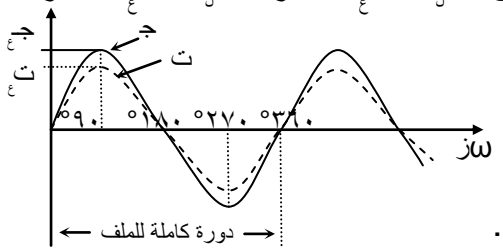
٤- المقاومة الأومية تستنفذ(تستهلك) جزء من الطاقة الكهربائية(التيار الكهربائي) على شكل طاقة حرارية(حرارة) .

٥- زاوية فرق الطور بين شدة التيار وفرق الجهد المتردد في مقاومة أومية عديمة الحث تساوي صفر ! لأنهما متفقان في الطور فيصلان(جـ ، ت) للصفر وللقيمة العظمى معا كما في الشكل (١٥) التالي .

٦- في دائرة مقاومة أومية متصلة بمصدر تيار متردد وعند أية لحظة يكون: تل = تع جاωز ، جـل = جـع جاωز

، حيث أن (تل ، جـل) دالتان في جيب الزاوية (ωز) .

٧- المقاومة الأومية لا تعتمد على تردد التيار .



شكل (١٥)

إثراء: ← أسئلة وزارية مختارة:

- المقاومة الأومية تعيق مرور التيار لكنها لا تخسرنا طاقة كهربائية ( ) .
- المقاومة الأومية الخالصة لا تعتمد على تردد الفولتية . ( )
- ماذا يقصد بالمقاومة ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

المكثف الكهربائي:

رمزه في الدائرة الكهربائية: - (—||—) مكثف كهربائي ثابت السعة .
- (—//—) مكثف كهربائي متغير السعة .

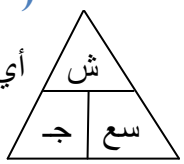
تعريفه: هو أداة تختزن الطاقة على صورة مجال كهربائي .

تركيبه: عبارة عن لوحين معدنيين مستويين متوازيين متساويين في المساحة تفصلهما مسافة صغيرة توضع فيها مادة عازلة ! ١- تعمل على زيادة سعة المكثف ! .
٢- تجعل المكثف يعمل تحت جهد عالٍ دون حدوث شرارة كهربائية بين لوحيه ! .

الغرض منه: الحصول منه على الطاقة الكهربائية وقت الحاجة .
تتضح الفائدة من استعمال المكثفات في التطبيقات العلمية بصورة رئيسة من خلال مقدرتها على تخزين مقادير كبيرة من الطاقة الكهربائية وإمكانية تفريغ هذه الطاقة بسرعة كبيرة جداً وباندفاع قوي جداً ومفاجئ وبكميات هائلة وبوقت قصير جداً عند الحاجة إليها.

استخدامه: يستخدم في الدوائر الإلكترونية للأجهزة(مذياع ، تلفزيون ، تلفون ، كمبيوتر ، ...) .

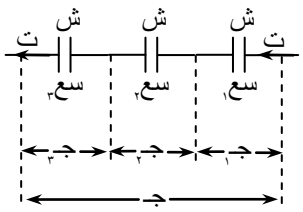
سعة المكثف(سع): هي كمية الشحنة الكهربائية(ش) اللازمة لتغيير جهد المكثف(جـ) بمقدار فولت واحد .



أي أن: ش = سع جـ ⟸ كولوم = فاراد.فولت ،
سع = $\frac{ش}{جـ}$ ⟸ فاراد = $\frac{كولوم}{فولت}$ ، جـ = $\frac{ش}{سع}$ ⟸ فولت = $\frac{كولوم}{فاراد}$.

طرق توصيل المكثفات في الدائرة الكهربائية:

أولا- على التوالي: ويكون كما في الشكل (١٦) وفيه يتوزع الجهد دون التيار ولذلك فإن:



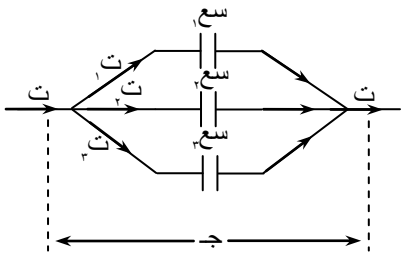
شكل (١٦)

جـ = جـ١ + جـ٢ + جـ٣ ، لكن: جـ = $\frac{ش}{سع}$

⟸ $\frac{ش}{سع_ك} = \frac{ش}{سع_1} + \frac{ش}{سع_2} + \frac{ش}{سع_3}$ ، لأن التيار نفسه يمر في دائرة المكثفات وبالتالي تشحن كلها بنفس الشحنة(ش) .

⟸ $\frac{ش}{سع_ك}$ = ش($\frac{1}{سع_1} + \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_3}$) ∴ $\frac{1}{سع_ك} = \frac{1}{سع_1} + \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_3}$ + ... في حالة توصيل المكثفات على التوالي .

ثانيا- على التوازي: ويكون كما في الشكل (١٧) وفيه يتوزع التيار وبالتالي تتوزع الشحنة دون الجهد ولذلك فإن:



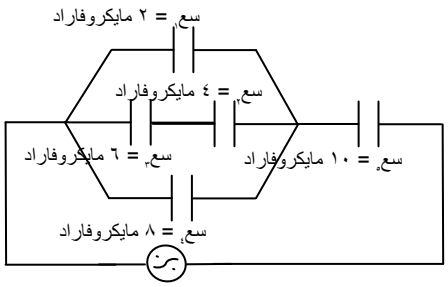
شكل (١٧)

ش = ش١ + ش٢ + ش٣ ، لكن: ش = سع جـ

⟸ سعك جـ = سع١جـ + سع٢جـ + سع٣جـ ⟸ سعك جـ = جـ(سع١ + سع٢ + سع٣)

∴ سعك = سع١ + سع٢ + سع٣ + ... في حالة توصيل المكثفات على التوازي .

مثال(٩): للدائرة الكهربائية في الشكل (١٨) المجاور أوجد السعة الكلية المكافئة(سعك) للمكثفات .



شكل (١٨)

الحل: المكثفان (سع٢ ، سع٣) متصلان على التوالي لذلك:

$\frac{1}{سع_{ك1}} = \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{10}{24}$ ⟸ سعك١ = $\frac{24}{10}$ = ٢,٤ مايكروفاراد

، السعات (سع١ ، سعك١ ، سع٤) متصلة على التوازي لذلك:

سعك٢ = سع١ + سعك١ + سع٤ = ٢ + ٢,٤ + ٨ = ١٢,٤ مايكروفاراد ،

لكن سعك٢ على التوالي مع سع٥ لذلك: $\frac{1}{سع_{ك2}} = \frac{1}{سع_5} + \frac{1}{10} = \frac{1}{سع_{ك2}} + \frac{1}{12,4} = \frac{28}{155}$

∴ السعة الكلية المكافئة(سعك) = $\frac{155}{28}$ = ٥,٥ مايكروفاراد = ٥,٥ × ١٠$^{-٦}$ فاراد .

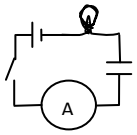
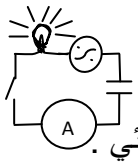
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- فكر ..!

إذا طلب منك ربط تسعة مكثفات متماثلة سعة كل منها ١٠ مايكروفاراد جميعها مع بعض للحصول على سعة مكافئة مقدارها ١٠ مايكروفاراد ، وضح طريقة ربط هذه المجموعة من المكثفات وارسم مخططاً تبين فيه ذلك .

دائرة مكثف كهربائي متصل بمصدر تيار متردد:

نشاط(٥) - التيار المستمر والتيار المتردد في دائرة المكثف:

	دائرة التيار المستمر مع المكثف	دائرة التيار المتردد مع المكثف
الأدوات المستخدمة:	مصباح كهربائي ، بطارية(مصدر مستمر) ، مفتاح ، أميتر حراري ، مكثف كهربائي .	مصباح كهربائي ، (مصدر متردد) ، مفتاح ، أميتر حراري ، مكثف كهربائي .
خطوات تنفيذ النشاط:	١- نوصل الأدوات على التوالي كما في الشكل المقابل .  ٢- نقفل الدائرة بالمفتاح الكهربائي .	١- نوصل الأدوات على التوالي كما في الشكل المقابل .  ٢- نغلق الدائرة بالمفتاح الكهربائي .
الملاحظة:	لا يضئ المصباح .	يضئ المصباح .
الاستنتاج:	التيار المستمر لا يمر خلال دائرة المكثف .	التيار المتردد يمر خلال دائرة المكثف .
التفسير:	التيار المستمر لا يمر في الدائرة إلا لفترة شحن المكثف وهي فترة قصيرة لا تكفي لتسخين فتيل المصباح فلا يضئ .	بعد شحن المكثف يعكس التيار المتردد اتجاهه من أحد لوحي المكثف إلى اللوح الآخر فيمر عبر الدائرة الخارجية للمكثف (عملية التفريغ) ثم يعكس اتجاهه من جديد ... وهكذا تتكرر عمليتي شحن وتفريغ المكثف فيمر التيار المتردد خلال الدائرة .

عمليتي الشحن والتفريغ:

لتعلم أن:

- الجسم المتعادل كهربائيا: هو الجسم الذي تتساوى فيه الشحنات السالبة والموجبة .
- الجسم المشحون كهربائيا: هو الجسم الذي تزداد فيه الشحنات السالبة عن الموجبة(ذو الشحنة السالبة) أو الذي تزيد فيه الشحنات الموجبة عن السالبة(ذو الشحنة الموجبة) .
- عملية شحن الجسم كهربائيا: هي عملية إكساب الجسم إلكترونات لشحنه بشحنة سالبة أو إفقاده إلكترونات لشحنه بشحنة موجبة .
- عملية تفريغ الجسم كهربائيا: هي عملية إفقاده أو إكسابه إلكترونات حتى يتعادل كهربائيا .
- عملية شحن المكثف: هي عملية تراكم الشحنات السالبة على أحد لوحي المكثف وبالتالي تراكم الشحنات الموجبة على اللوح الآخر .
- عملية تفريغ المكثف: هي عملية عكس اتجاه الإلكترونات لتعود إلى اللوح الموجب حتى يتعادل لوحي المكثف كهربائيا أي يصبح فرق الجهد بينهما صفراً .
- كلا من التيار المتردد والمستمر لا يمر خلال المكثف نفسه ! .
- التيار المتردد يمر خلال دائرة المكثف بينما التيار المستمر لا يمر خلالها ! .
- يشحن المكثف بتغذيته بطاقة من المصدر(تفريغ المصدر) ويفرغ المكثف بإعادة هذه الطاقة إلى المصدر(شحن المصدر) أي أن عملية الشحن والتفريغ تتم بالتبادل بين المكثف والمصدر ، لذلك فالمكثف لا يستهلك طاقة ! لأن متوسط الطاقة(أو القدرة) المسحوبة من المصدر خلال الدورة الكاملة صفر ! .
- يتم شحن وتفريغ المكثف مرة واحدة كل نصف دورة أي مرتين في كل دورة وبالتالي فإن:

أ- عدد مرات شحن المكثف = عدد مرات تفريغ المكثف = عدد مرات (شحن وتفريغ) المكثف = (ز٢f) مرة .

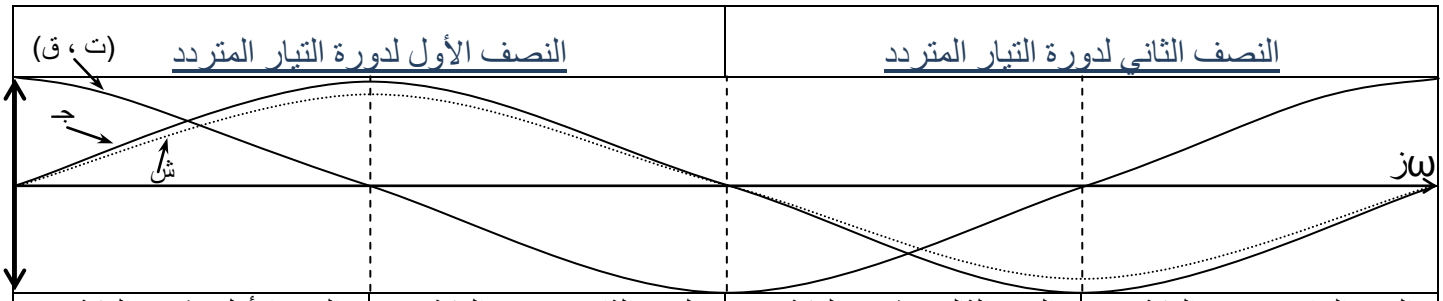
ب- عدد مرات شحن المكثف + عدد مرات تفريغ المكثف = (ز٤f) مرة .

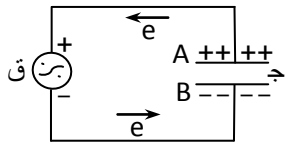
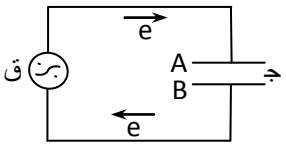
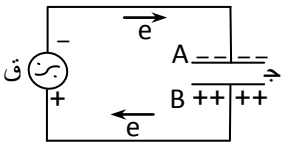
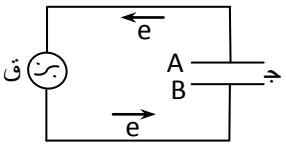
حيث أن (ز) هو زمن مرور التيار في دائرة المكثف(أي فترة غلق الدائرة وليس الزمن الدوري للتيار المتردد) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

فمثلاً: لتيار تردده ٧٥ هرتز يمر في دائرة مكثف يكون:
أ- عدد مرات شحن وتفريغ المكثف خلال الثانية الواحدة = ٢f ز = ٢ × ٧٥ × ١ = ١٥٠ مرة .
ب- عدد مرات تفريغ المكثف خلال ٤ ثوان = ٢f ز = ٢ × ٧٥ × ٤ = ٦٠٠ مرة .

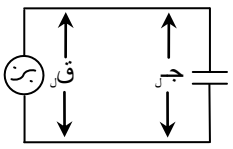
وتتم عمليتي الشحن والتفريغ لمكثف خلال دورة كاملة للتيار المتردد كما يلي:



الربع الأول (شحن المكثف)	الربع الثاني (تفريغ المكثف)	الربع الثالث (شحن المكثف)	الربع الرابع (تفريغ المكثف)
			
* حركة الإلكترونات من اللوح (A) نحو القطب الموجب ومن القطب السالب نحو اللوح (B) .	* حركة الإلكترونات من القطب الموجب للمصدر نحو اللوح (A) ومن اللوح (B) نحو القطب السالب .	* حركة الإلكترونات من القطب السالب للمصدر نحو اللوح (A) ومن اللوح (B) نحو القطب الموجب .	* حركة الإلكترونات من اللوح (A) نحو القطب السالب ومن القطب الموجب نحو اللوح (B) .
* (جـ) تتزايد من الصفر إلى جـ = جـ$_{ع}$.	* (جـ) تتناقص قيمتها من العظمى الموجبة إلى الصفر .	* (جـ) تزداد من (٠) إلى جـ = – جـ$_{ع}$	* (جـ) تتناقص قيمتها العظمى السالبة إلى الصفر .
* (ش) تتراكم على لوحي المكثف إلى أعلى ما يمكن .	* (ش) تسحب من لوحي المكثف حتى يفرغ منها تماما	* (ش) تتراكم على لوحي المكثف إلى أعلى ما يمكن بتبادل مواقعها على اللوحين .	* (ش) تعاد من لوحي المكثف حتى يفرغ تماما من الشحنة .
* (ت ، ق) تنخفضا من قيمة عظمى موجبة إلى الصفر .	* (ت ، ق) ترتفعا من الصفر إلى ت = – ت$_{ع}$، ق = – ق$_{ع}$.	* (ت ، ق) تقل قيمتيهما من عظمى سالبة إلى الصفر .	* (ت ، ق) تتزايدا من الصفر إلى ت = ت$_{ع}$ ، ق = ق$_{ع}$.

علاقة الطور بين (ت ، جـ) في دائرة المكثف:

كما في الشكل (١٩) يكون لهذه الدائرة:



شكل (١٩)

جـ$_{ل}$(للمكثف) = ق$_{ل}$(للمصدر) = جـ$_{ع}$ جاωز ..... (١) . ولكننا نعلم أنه للمكثف:

جـ$_{ل}$ = $\frac{ش_{ل}}{سع}$ ⟸ $\frac{ش_{ل}}{سع}$ = جـ$_{ع}$ جاωز ⟸ ش$_{ل}$ = سع جـ$_{ع}$ جاωز ..... (٢) .

⟸ ت$_{ل}$ = $\frac{ءش_{ل}}{ءز}$ = $\frac{ء}{ءز}$(سع جـ$_{ع}$ جاωز) ∴ ت$_{ل}$ = ω سع جـ$_{ع}$ جتاωز ..... (٣) .

ويكون لشدة التيار قيمة عظمى عند جتاωز = ±١ ⟸ ωز = صفر° ، ١٨٠° ، ... ، أي عند ωز = نπ راد ، حيث أن: ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ... من الأعداد الصحيحة .

⟸ ت$_{ع}$ = ± ω سع جـ$_{ع}$ ..... (٤) ، حيث أن (ت$_{ع}$) هي القيمة العظمى لشدة التيار المتردد المار في دائرة المكثف .

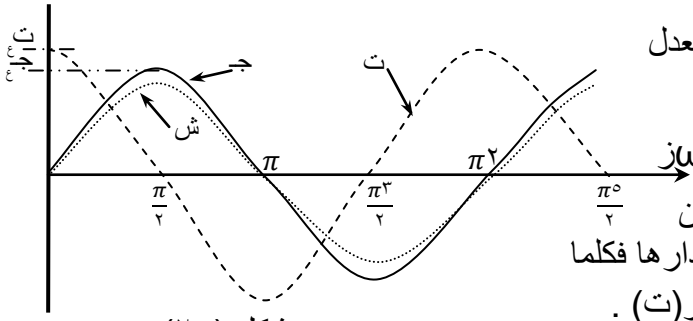
وبتعويض (٤) في (٣) نحصل على: ت$_{ل}$ = ت$_{ع}$ جتاωز ..... (٥) . حيث أن (ت$_{ل}$) هي شدة التيار المتردد اللحظية المار في دائرة المكثف عند أية لحظة زمنية .

كذلك نجد أن: ت$_{ل}$ = ت$_{ع}$ جا(ωز + $\frac{\pi}{٢}$) ..... (٦) . لأن: جتاهـ = جا($\frac{\pi}{٢}$ + هـ) ، وبمقارنة (٦) مع (١) نلاحظ

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تقدم (ت) عن (جـ) في أية لحظة بزاوية طور مقدارها (٩٠° = $\frac{\pi}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) في دائرة المكثف - الشكل (٢٠) - .

س: في منحنى (جـ ، ش ، ت) لدائرة المكثف (الشكل - ٢٠) نلاحظ أنه كلما زاد مقدار الشحنة(ش) قلت شدة التيار(ت) ، وضح سبب ذلك !



شكل (٢٠)

جـ: لأنه كلما زاد تراكم الشحنة(ش) على لوحي المكثف قل معدل تراكمها(Δش) أي أن معدل التغير يكون في حالة تناقص وبالتالي يكون التيار تبعا لذلك وحسب العلاقة (ت = $\frac{\Delta ش}{ز}$) في حالة تناقص أيضا بمعنى أن شدة التيار(ت) تقل ، فنقول أن شدة التيار تتناسب طرديا مع معدل تغير الشحنة وليس مع مقدارها فكلما زادت الشحنة(ش) أي قل معدل تراكمها(Δش) قلت شدة التيار(ت) .

س: وضح كيف أنه في دائرة المكثف تتقدم شدة التيار بـ(٩٠°) عن فرق الجهد ؟

جـ: في البداية لحظة غلق دائرة المكثف يكون معدل تراكم الشحنة(Δش) على لوحي المكثف أعلى ما يمكن مما يعني أن شدة التيار(ت) قيمة عظمى بينما عدد الشحنات المتراكمة عليهما صفر أي أن فرق الجهد(جـ) بين اللوحين حينها صفر ، ويكون العكس عند نهاية شحن المكثف أي بعد ربع دورة حيث يقف تراكم الشحنات فتكون شدة التيار صفر بينما عدد الشحنات المتراكمة على لوحي المكثف قيمة عظمى أي أن فرق الجهد أحتاج إلى ربع دورة(٩٠°) ليلحق بشدة التيار إلى القيمة العظمى ، انظر الجدول في الصفحة السابقة .

المفاعلة السعوية(مسع):

تعريفها: هي الممانعة التي يلقاها التيار الكهربائي المتردد عند مروره في دائرة المكثف نتيجة سعة المكثف ، وتقاس بوحدات الأوم(Ω) .

اشتقاق علاقة حسابها: مسع = $\frac{جـ_ع}{ت_ع}$ = $\frac{جـ_ع}{ω سع جـ_ع}$ = $\frac{١}{ω سع}$ = $\frac{١}{سع f π٢}$ = $\frac{ز_ر}{سع π٢}$ ، و نجد أن (مسع) تتناسب طرديا مع ($ز_ر$) وعكسيا مع (ω ، f ، سع) .

المعطيات:
$ز_ر$ = ٠,٠٢ ث
سع = ٠,٢ مايكروفاراد = ٢ × ١٠$^{-٧}$ فاراد
جـ = ق = ٢٥٠ فولت
عدد مرات الشحن = ١٢٠٠ مرة

مثال(١٠): تيار متردد زمنه الدوري ٠,٠٢ ثانية ، احسب:
أ- الممانعة التي يتلقاها التيار عند مروره في دائرة مكثف سعته ٠,٢ مايكروفاراد .
ب- شدة التيار المار في دائرة المكثف إذا كانت (ق.د.ك) للمصدر ٢٥٠ فولت .
جـ- زمن غلق الدائرة إذا كان عدد مرات شحن المكثف ١٢٠٠ مرة .

الحل:

أ- مسع = $\frac{ز_ر}{سع π٢}$ = $\frac{٠,٠٢}{٢ × ١٠^{-٧} × π٢}$ = ١,٦ × ١٠^{٤} أوم .

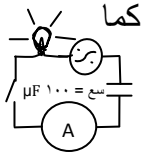
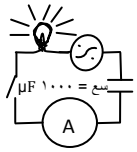
ب- ت = $\frac{جـ}{مسع}$ = $\frac{٢٥٠}{١,٦ × ١٠^{٤}}$ = ٠,٠٢ أمبير .

جـ- ∵ عدد مرات شحن المكثف = f٢ز ، f = $\frac{١}{ز_ر}$ = $\frac{١٠٠}{٢}$ = ٥٠ هرتز ، ∴ ز = $\frac{عدد\ مرات\ الشحن}{f٢}$ = $\frac{١٢٠٠}{٥٠ × ٢}$ = ١٢ ث .

تنبيه ..! هنا زمن غلق الدائرة(ز) ليس هو الزمن الدوري للتيار($ز_ر$) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

نشاط(٦) - يوضح العلاقة بين شدة التيار(ت) وسعة المكثف(سع):

	دائرة المكثف(سع١٠٠)	دائرة المكثف(سع١٠٠٠)
الأدوات المستخدمة:	مكثف سعته ١٠٠مايكروفاراد ، مصباح ومفتاح كهربائيين ، ⏦ ، أميتر حراري .	مكثف سعته ١٠٠٠مايكروفاراد ، مصباح ومفتاح كهربائيين ، ⏦ ، أميتر حراري .
خطوات التنفيذ:	١- نوصل الأدوات على التوالي كما في الشكل المجاور . ٢- نغلق الدائرة . 	- نوصل الأدوات على التوالي كما في الشكل المقابل . ٢- نقفل الدائرة . 
الملاحظة:	إضاءة خافته للمصباح .	يضيء المصباح بشكل أقوى .
الاستنتاج:	شدة التيار تتناسب طرديا مع سعة المكثف (ت ∝ سع) .	
التفسير:	من العلاقة (ت = $\frac{جـ}{م_{سع}}$ = ω سع جـ) نجد أن (ت ∝ سع) أي أن شدة التيار تتناسب طرديا مع سعة المكثف فتكون إضاءة المصباح أقوى عند استخدام المكثف ذو السعة الأكبر .	

مثال(١١): ثلاثة مكثفات سعاتها (٢٠ ، ٤٠ ، ٦٠) مايكروفاراد وصلت بمصدر تيار متردد قوته الدافعة الكهربائية ٢٠٠ فولت وتردده ٣٥ هرتز ، ١- إذا وصلت على التوالي فاحسب: أ- شدة التيار المار في الدائرة .
ب- فرق الجهد بين لوحي المكثف الأول .
٢- إذا وصلت على التوازي فاحسب: أ- شدة التيار المار في الدائرة .
ب- شدة التيار المار في دائرة المكثف الثالث .

الحل: - كما في الشكل (٢١) -

سع١ = ٢٠ مايكروفاراد
سع٢ = ٤٠ مايكروفاراد
سع٣ = ٦٠ مايكروفاراد
جـ = ٢٠٠ فولت ، f = ٣٥ هرتز .

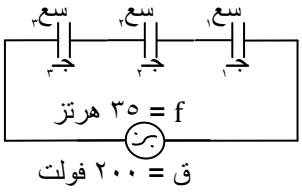
١- في حالة التوصيل على التوالي: $\frac{١}{سع_ك} = \frac{١}{سع_١} + \frac{١}{سع_٢} + \frac{١}{سع_٣} = \frac{١}{٢٠} + \frac{١}{٤٠} + \frac{١}{٦٠} = \frac{١١}{١٢٠}$

∴ سع$_ك$ = $\frac{١٢٠}{١١}$ مايكروفاراد = $\frac{١٢}{١١}$ × ١٠$^{-٥}$ فاراد

⟸ م$_{سع}$ = $\frac{١}{٢\pi f سع_ك}$ = $\frac{١١ \times ١٠^{٥}}{٢ \times ٣٥ \times \pi ٢}$ = ٤١٦,٨ أوم . ولذلك يكون:

أ- ت = $\frac{جـ}{م_{سع}}$ = $\frac{٢٠٠}{٤١٦,٨}$ = ٠,٥ أمبير .

ب- جـ$_١$ = ت × م$_{سع_١}$ = ت × $\frac{١}{٢\pi f سع_١}$ = $\frac{٠,٥ \times ١٠^{٦}}{٢٠ \times ٣٥ \times \pi ٢}$ = ١١٣,٧ فولت .



شكل (٢١ - ١)

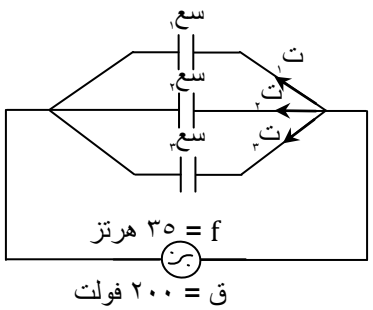
٢- في حالة التوصيل على التوازي:

سع$_ك$ = سع$_١$ + سع$_٢$ + سع$_٣$ = ٢٠ + ٤٠ + ٦٠ = ١٢٠ مايكروفاراد .

⟸ م$_{سع}$ = $\frac{١}{٢\pi f سع_ك}$ = $\frac{١٠^{٦}}{٢ \times ٣٥ \times \pi ١٢٠}$ = ٣٧,٩ أوم . ولذلك يكون:

أ- ت = $\frac{جـ}{م_{سع}}$ = $\frac{٢٠٠}{٣٧,٩}$ = ٥,٣ أمبير .

ب- ت$_٣$ = $\frac{جـ}{م_{سع_٣}}$ = $\frac{جـ}{\frac{١}{٢\pi f سع_٣}}$ = ٢π٢ سع$_٣$جـ = ٢ × π٢ × ٣٥ × ٥٠ × ١٠$^{-٦}$ × ٢٠٠ = ٢,٦ أمبير .



شكل (٢١ - ٢)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ملاحظات:

١- في دائرة المكثف المتصل بمصدر تيار متردد:

* عند توصيل المكثفات على التوالي تكون (سع$_{ك}$) أصغر من أي (سع) لأي من هذه المكثفات !

⟸ (م سع)$_{ك}$ أكبر من (م سع) لأي من هذه المكثفات ! .

* عند توصيل المكثفات على التوازي تكون (سع$_{ك}$) أكبر من أي (سع) لأي من هذه المكثفات !

⟸ (م سع)$_{ك}$ أصغر من (م سع) لأي من هذه المكثفات ! .

* شدة التيار المار في حالة توصيل المكثفات على التوالي أقل منها في حالة توصيلها على التوازي ! .

٢- * عند الترددات المنخفضة يمر تيار صغير جدا في دائرة المكثف ! أما إذا كان التردد صفر(ظروف DC) فإن التيار يكون دائما صفر ! وتعتبر الدائرة كأنها مفتوحة .

* يعمل المكثف كمقاومة كبيرة عند الترددات المنخفضة وكمقاومة صغيرة عند الترددات المرتفعة ! ولكنه لا يسبب أي فقد في الطاقة ! .

٣- في دائرة المكثف المتصل بمصدر متردد وفي أية لحظة: جـ$_{ك}$ = جـ$_{ع}$ جاωز دالة في جيب الزاوية (ωز) .

، ت$_{ك}$ = ت$_{ع}$ جتاωز دالة في جيب تمام الزاوية (ωز) .

س: اذكر أوجه الإختلاف وأوجه التشابه بين المفاعلة السعوية والمقاومة الأومية .

جـ: أوجه التشابه: ١- أنهما يعيقان مرور التيار الكهربائي .

٢- أن محصلتهما تزداد بالتوصيل على التوالي وتقل بالتوصيل على التوازي .

٣- ان وحدة قياسهما هي الأوم .

- أوجه الإختلاف: ١- المفاعلة السعوية لا تستهلك طاقة كهربائية عند مرور التيار الكهربائي خلال دائرتها بينما المقاومة الأومية تستهلكها على صورة حرارة .

٢- المفاعلة السعوية تتوقف على تردد التيار الكهربائي بينما المقاومة الأومية لا تتوقف عليه .

٣- في دائرة المفاعلة السعوية يكون فرق الطور بين (ت ، جـ) ربع دورة بينما يكونان متفقان فيه في دائرة المقاومة الأومية .

إثراء:

أ- <u>أسئلة وزارية مختارة:</u>

١- تمرر الدائرة الكهربائية المحتوية على مكثفات التيار المتردد الجيبي ولا تمرر التيار المتردد ألمنشوري ( )

٢- الجهد الكهربائي اللحظي بين طرفي المكثف عبارة عن دالة جيب تمام الزاوية (ωز) . ( )

٣- <u>أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:</u>

- يمكن حساب شدة التيار المتردد في دائرة المكثف عند أية لحظة من العلاقة (ت$_{ك}$ = ت$_{ع}$ جاω ز) .

- للحصول على تيار أكبر نستخدم مكثفات موصلة مع بعضها على التوازي .

٤- إذا مر تيار متردد في دائرة كهربائية تحتوي مكثف سعته (٢٨) مايكروفاراد ومفاعلته السعوية هي ($\frac{٢٥٠٠}{١١}$) أوم فإن تردده هو (١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠) هرتز . - خيارات -

٥- مكثف سعته ٣٠ µF وصل بمصدر تردده ٥٠ HZ وجهده الفعال ٤٠٠ فولت تكون شدة التيار الفعال المار في الدائرة ..... أمبير . - أكمل الفراغ -

٦- إذا كان تردد التيار المار في دائرة مكثف ٧٠ هيرتز فإن عملية شحنه وتفريغه تتكرر ..... مرة في الثانية ، وعدد مرات وصوله إلى الصفر ..... مرة . <u>- أكمل الفراغ -</u>

٧- ثلاثة مكثفات سعاتها (٤٠ ، ٨٠ ، ١٢٠) مايكروفاراد وصلت على التوازي بمصدر تيار كهربائي قوته الدافعة الكهربائية ٣٣,٨ فولت وتردده (٩٨) هرتز ، احسب شدة التيار المار في الدائرة .

٨- <u>علل لما يأتي:</u>

أ- المفاعلة السعوية للمكثف لا تحول جزء من طاقتها الكهربائية إلى طاقة حرارية .

ب- كلما قلت سعة المكثف تقل قدرته على تمرير التيار المتردد .

جـ- عدم إضاءة المصباح عند توصيله مع مصدر تيار مستمر ومكثف سعته صغيرة .

٩- استنتج علاقة رياضية تبين فيها أن شدة التيار اللحظية في دائرة تحتوي على مكثف هي دالة في جيب تمام

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الزاوية (ωز) .

ب- لا يوجد مكثف كهربائي سعته واحد فاراد ، علل ذلك .

جـ- أثبت أن: فاراد = ث^{٢}.كولوم^{٢}/(كجم.م^{٢}) .

د- تتناسب شدة التيار المتردد المار في دائرة مكثف طردياً مع ..... التغير في شحن المكثف .

هـ- عند غلق دائرة المكثف المتصل بمصدر متردد مباشرة تكون قيمة شدة التيار قيمة عظمى ، فسر ذلك ! .

و- إذا علمت أن الزمن الدوري للتيار المتردد المار في دائرة مكثف هو ٠,٠٢ ث فاحسب الفترة الزمنية المستغرقة في شحن هذا المكثف .

ز- في دائرة المكثف تتقدم (ت) عن (جـ) بمقدار (١,٦ راد ، ١,٥ راد ، ١,٤ راد ، لا شيئ مما ذكر) .

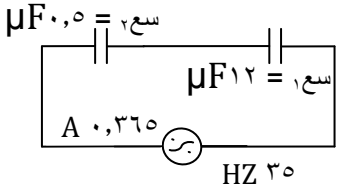
ح- ثلاثة مكثفات سعة الأول ضعف سعة الثاني وسعة الثاني ثلاثة أمثال سعة الثالث وصلت مع بعضها على التوالي بمصدر تردده ٤٥ هرتز وجهده ٣٠٠ فولت ، فإذا كانت شدة التيار المار في الدائرة ٠,١٢٥ أمبير فاحسب سعات هذه المكثفات بالمايكروفارد .

ط- مكثفان سعتيهما متساويتان عند توصيلهما على التوالي كانت شدة التيار المار في الدائرة ٠,٤ أمبير ، احسب شدة التيار المار فيها عند توصيلهما على التوازي .

ي- من الشكل المقابل أوجد:

١- فرق الجهد بين طرفي المصدر .

٢- جهد المكثف الأول(سع$_{١}$) .

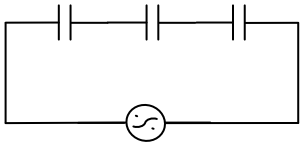


ك- أثبت أن للكميتين الفيزيائيتين التاليتين وحدات القياس نفسها: $\frac{\text{ش}^{٢}}{\text{سع} \times \text{ز}}$ ، ت^{٢} × م .

تدريب(٧):

١- اختر الإجابة الصحيحة: حركة الشحنات الكهربائية في دائرة المكثف بين (قطبي المصدر ، لوحي المكثف ، لوحي المكثف وقطبي المصدر) .

٢- اشرح كيف يسري التيار المتردد في دائرة المكثفات المتصلة على التوالي (الشكل -٢٢-) مع العلم بوجود المادة العازلة التي تفصل بين لوحي كل مكثف .



شكل (٢٢)

تدريب(٨): ثلاثة مكثفات سعاتها مختلفة (سع$_{١}$ ، سع$_{٢}$ ، سع$_{٣}$) وصلت بمصدر تيار متردد مرة على التوالي ومرة أخرى على التوازي ، في أية حالة تكون قيمة شدة التيار أكبر ؟ أثبت ذلك !

تدريب(٩): مكثف سعته ٥٠ مايكروفاراد متصل بملف دينامو مستطيل الشكل مساحة أحد وجهيه ١٠٠٠ سم^{٢} ويمر في دائرة المكثف تيار شدته ١٢ أمبير ، احسب الزمن الدوري لتيار دائرة المكثف علما بأن عدد لفات الملف (١٠٠) لفة وكثافة الفيض بين قطبي المغناطيس ٠,٧ تسلا .

الملف الحثي:

رمزه في الدائرة: () .

تعريفه: هو أداة تختزن الطاقة على صورة مجال مغناطيسي .

تركيبه: عبارة عن سلك موصل ملفوف حلزونياً بشكل اسطواني .

الغرض منه: توليد تيار كهربائي تأثيري ذاتي .

استخدامه: يستخدم في بعض الدوائر الكهربائية (الدائرة المهتزة ، دائرة الرنين ، ...) .

الحث الذاتي للملف(حث):

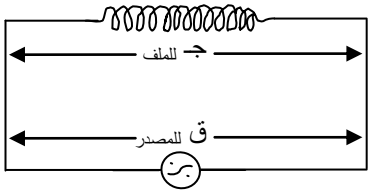
هو التأثير الكهرومغناطيسي في ملف بتغير شدة التيار المار فيه وتتولد عنه (ق.د.ك) تأثيرية عكسية .

دائرة ملف حثي(مهمل المقاومة الأومية) متصل بمصدر تيار متردد:

عند توصيل ملف حثي مهمل المقاومة الأومية بمصدر تيار متردد كما في الشكل (٢٣) تكون شدة التيار المتردد الذي يمر خلاله حسب العلاقة:

ت$_{ل}$ = ت$_{ع}$ جاωز .....(١) ، لأنه نفس تيار المصدر المتردد .

هذا التيار يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً في الملف مما يؤدي إلى تولد قوة دافعة كهربائية تأثيرية مترددة تحسب عند أية لحظة من العلاقة:



شكل (٢٣)

(ق.د.ك)$_{تأثيرية}$ = – حث $\frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}$ .....(٢) ، حيث أن (حث) هو معامل الحث الذاتي للملف

ويقاس بوحدات (هنري = فولت.ث/أمبير = أوم.ث) ! .

هذه القوة تساوي في المقدار وتعاكس في الإتجاه القوة الدافعة الكهربائية للمصدر ، أي أن:

(ق)$_{للمصدر}$ = – (ق.د.ك)$_{تأثيرية}$ = – (– حث $\frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}$) ⟸ ق = حث $\frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}$ .....(٣) ،

وفي الشكل (٢٣) نجد أن (جـ$_{ل}$)$_{للملف}$ = (ق$_{ل}$)$_{للمصدر}$ ، وبتعويض العلاقة (١) في العلاقة (٣) نحصل على:

جـ$_{ل}$ = ق = حث $\frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}$ = حث $\frac{\Delta}{\Delta ز}$(ت$_{ع}$ جاωز) = حث ت$_{ع}$ $\frac{\Delta}{\Delta ز}$(جاωز) = حث ت$_{ع}$ ω جتاωز ،

⟸ جـ$_{ل}$ = ω حث ت$_{ع}$ جتاωز .....(٤) ،

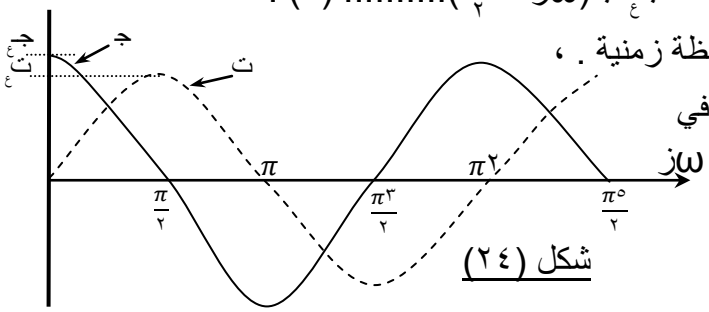
ويكون لفرق الجهد قيمة عظمى عندما جتاωز = ±١ ⟸ ωز = صفر° ، ١٨٠° ، ... ، أي عند ωز = نπ ، حيث أن: ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ... من الأعداد الصحيحة .

⟸ جـ$_{ع}$ = ± ω حث ت$_{ع}$ ..... (٥) ، حيث أن (جـ$_{ع}$) هي القيمة العظمى لفرق جهد دائرة الملف الحثي .

وبتعويض (٥) في (٤) نحصل على: جـ$_{ل}$ = جـ$_{ع}$ جتاωز = جـ$_{ع}$ جا(ωز + $\frac{\pi}{٢}$).....(٦) .

حيث أن (جـ$_{ل}$) هي فرق جهد دائرة الملف الحثي عند أية لحظة زمنية . ،

وبمقارنة العلاقتين (١) و (٦) نلاحظ أن (جـ$_{ل}$) يتقدم (ت$_{ل}$) في دائرة الملف الحثي المتصل بمصدر تيار متردد بزاوية طور ثابتة قيمتها (٩٠° = $\frac{\pi}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) في أية لحظة كما يتضح من البياني في الشكل (٢٤) .



شكل (٢٤)

س: لحظة غلق دائرة ملف حثي متصل بمصدر متردد يكون جهد الملف أعلى ما يمكن ... علل!

جـ: لأنه لحظة غلق الدائرة يكون معدل التغير في شدة التيار أعلى ما يمكن والعلاقة بينه والجهد هي علاقة طردية .

المفاعلة الحثية(م$_{حث}$):

تعريفها: هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد عند مروره في الملف الحثي نتيجة حث الملف الذاتي ، وتقاس بوحدات الأوم(Ω) .

اشتقاق علاقة حسابها: م$_{حث}$ = $\frac{\text{جـ}_{ع}}{\text{ت}_{ع}}$ = $\frac{\text{ω حث ت}_{ع}}{\text{ت}_{ع}}$ = ω حث = ٢πf حث = $\frac{٢\pi \text{ حث}}{\text{ز}}$ ، و نجد أن (م$_{حث}$) تتناسب طرديا مع (ω ، حث ، f) وعكسيا مع (ز) .

مثال(١٢): ملف معامل حثه الذاتي ٣٥ ملي هنري متصل بمصدر تيار تردده ٧٠ هرتز إذا كانت القيمة الفعالة لجهد المصدر ١٥٠ فولت فأوجد:

أ- المفاعلة الحثية للملف . ب- القيمة الفعالة لشدة التيار المار في الدائرة . جـ- شدة التيار العظمى المار في الدائرة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الحل:

المعطيات:
حث = ٣٥ × ١٠^-٣ أوم.ث
f = ٧٠ هرتز
جـ_ق = ١٥٠ فولت .

أ- م_حث = ٢π f حث = ٢π × ٧٠ × ٣٥ × ١٠^-٣ = ١٥,٤ أوم .

ب- ت_ف = جـ_ق / م_حث = ١٥٠ / ١٥,٤ = ٩,٧٤ أمبير .

جـ- ت_ف = ت_ع / √٢ ⟸ ت_ع = √٢ ت_ف = √٢ × ٩,٧٤ = ١٣,٨ أمبير .

مثال(١٣): وصل ملف بمصدر متردد قوته الدافعة الكهربائية العظمى ٤٨٤ فولت وتردده ٥٠ هرتز وكانت شدة التيار العظمى المار في الملف ٤ أمبير ، احسب:

أ- معامل الحث الذاتي للملف ، ب- شدة التيار اللحظية بعد زمن (١/٣٠٠) ثانية ، جـ- فرق الجهد اللحظي بعد نفس الفترة .

الحل:

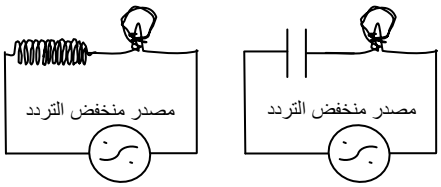
جـ_ع = ٤٨٤ فولت ، ق_ع = ٥٠ HZ
ت_ع = ٤ أمبير ، ز_ل = ١/٣٠٠ ثانية .

أ- م_حث = جـ_ع / ت_ع = ٤٨٤ / ٤ = ١٢١ Ω ، م_حث = ٢π f حث ⟸ حث = م_حث / ٢π f ∴ حث = ١٢١ / (٢π × ٥٠) = ٠,٣٨٥ هنري .

ب- ت_ل = ت_ع جا ω ز = ٤ × جا(٢π × ٥٠ × ١/٣٠٠) = ٤ × جا π/٣ = ٣,٤٦٤ أمبير .

جـ- جـ_ل = جـ_ع جتا ω ز = ٤٨٤ × جتا π/٣ = ٢٤٢ فولت .

مثال(١٤): الشكلين المقابلين (١) و (٢) في أي منهما تكون الإضاءة أقوى للمصباح ؟ علل لما تقول . (٢٠١٢ - ٢٠١٣)



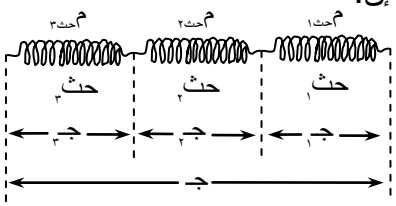
شكل (١) شكل (٢)

الحل:

دائرة المكثف في الشكل(١) فيها:
f منخفض ⟸ م_سع = ١ / (٢π f سع) ستكون كبيرة ⟸ ت = جـ / م_سع سيكون صغيراً ،
∴ إضاءة المصباح ستكون صغيرة .
دائرة الملف في الشكل(٢) فيها:
f منخفض ⟸ م_حث = ٢π f حث ستكون صغيرة ⟸ ت = جـ / م_حث سيكون كبيراً ∴ إضاءة المصباح ستكون أقوى .

طرق توصيل الملفات الحثية في الدائرة الكهربائية:

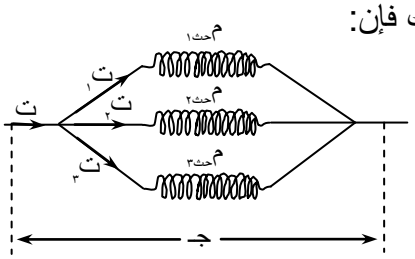
أولا- على التوالي: ويكون كما في الشكل (٢٥) وفيه يتوزع الجهد دون التيار ولذلك فإن:



شكل (٢٥)

جـ = جـ_١ + جـ_٢ + جـ_٣ ، لكن: جـ = ت × م_حث = ت × ω حث (قانون أوم) .
⟸ ت × ω حث_الكلي = ت × ω حث_١ + ت × ω حث_٢ + ت × ω حث_٣
⟸ ت × ω حث_الكلي = ت × ω (حث_١ + حث_٢ + حث_٣)
∴ حث_الكلي = حث_١ + حث_٢ + حث_٣ + ... في حالة توصيل الملفات على التوالي .

ثانيا- على التوازي: ويكون كما في الشكل (٢٦) وفيه يتوزع التيار دون الجهد ولذلك فإن:



شكل (٢٦)

ت = ت_١ + ت_٢ + ت_٣ ، لكن: ت = جـ / م_حث = جـ / ω حث ،
⟸ جـ / ω حث_الكلي = جـ / ω حث_١ + جـ / ω حث_٢ + جـ / ω حث_٣ ⟸ جـ / ω (١/حث_١ + ١/حث_٢ + ١/حث_٣)
١/حث_الكلي = ١/حث_١ + ١/حث_٢ + ١/حث_٣ + ... في حالة توصيل الملفات على التوازي .

* ويكون في الحالتين(التوالي والتوازي): م$_{حث}$ = ω حث$_{الكلي}$ = fπ٢ حث$_{الكلي}$ = $\frac{\pi٢ \text{ حث}_{الكلي}}{\text{ز}_{ر}}$.

مثال(١٥): ملفان حثهما الذاتي (٠,٠٣ ، ٠,٠٥) هنري موصلان على التوالي بمصدر جهد متردد مقداره ٨٠ فولت وتردده ٤٥ هرتز .
أ- احسب شدة التيار المار في الدائرة .
ب- إذا استبدل الملفان بمكثفين سعتيهما (٦ ، ٨) مايكروفاراد فاحسب (ت) المار في الدائرة .

المعطيات:
حث$_{١}$ = ٠,٠٣ هنري
حث$_{٢}$ = ٠,٠٥ H
جـ = ٨٠ فولت
f = ٤٥ HZ
سع$_{١}$ = ٦ × ١٠$^{-٦}$ فاراد
سع$_{٢}$ = ٨ × ١٠$^{-٦}$ فاراد

الحل:
أ- الملفان متصلان على التوالي ⟸ حث$_{ك}$ = حث$_{١}$ + حث$_{٢}$ = ٠,٠٣ + ٠,٠٥ = ٠,٠٨ هنري .
⟸ (م$_{حث}$)$_{ك}$ = fπ٢ حث$_{ك}$ = ٢π × ٤٥ × ٠,٠٨ = ٢٢,٦ Ω ∴ ت = $\frac{\text{جـ}}{(\text{م}_{حث})_{ك}}$ = $\frac{٨٠}{٢٢,٦}$ = ٣,٥ أمبير .

ب- عند الاستبدال ويكون المكثفان متصلان على التوالي ⟸ $\frac{١}{\text{سع}_{ك}}$ = $\frac{١}{\text{سع}_{١}}$ + $\frac{١}{\text{سع}_{٢}}$ = $\frac{١}{٦}$ + $\frac{١}{٨}$ = $\frac{٧}{٢٤}$

⟸ سع$_{ك}$ = $\frac{٢٤}{٧}$ = ٣,٤ مايكروفاراد = ٣,٤ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ⟸ (م$_{سع}$)$_{ك}$ = $\frac{١}{\text{f}\pi٢\text{سع}_{ك}}$ = $\frac{١}{٢\pi \times ٤٥ \times ٣,٤ \times ١٠^{-٦}}$ = ١٠٤٠ أوم

∴ ت = $\frac{\text{جـ}}{(\text{م}_{سع})_{ك}}$ = $\frac{٨٠}{١٠٤٠}$ = ٠,٠٧٧ أمبير .

ملاحظات:
١- يشحن الملف(تكوين مجاله المغناطيسي) بتغذيته بطاقة من المصدر(تفريغ المصدر) ويفرغ الملف بإعادة هذه الطاقة إلى المصدر(شحن المصدر) أي أن عملية الشحن والتفريغ تتم بالتبادل بين الملف والمصدر ، لذلك فالملف لا يستهلك طاقة ! لأن متوسط الطاقة(أو القدرة) المسحوبة من المصدر خلال الدورة الكاملة صفر ! .
٢- * كلا من التيار المتردد والمستمر يمر خلال الملف الحثي .
* عند مرور تيار مستمر في ملف حثي لا تنشأ مفاعله حثيه ! بل يعتبر الملف كمقاومة أومية فقط .
* عند مرور تيار متردد في ملف حثي تنشأ مفاعله حثيه(م$_{حث}$) بالإضافة إلى المقاومة الأومية لسلك الملف لكننا نعتبر الملف الحثي مهمل المقاومة للتبسيط فقط .
٣- في دائرة الملف الحثي المتصل بمصدر تيار متردد:
* عند توصيل الملفات على التوالي تكون (حث$_{ك}$) أكبر من أي (حث) لأي من هذه الملفات !
⟸ (م$_{حث}$)$_{ك}$ أكبر من (م$_{حث}$) لأي من هذه الملفات ! .
* عند توصيل الملفات على التوازي تكون (حث$_{ك}$) أصغر من أي (حث) لأي من هذه الملفات !
⟸ (م$_{حث}$)$_{ك}$ أصغر من (م$_{حث}$) لأي من هذه الملفات ! .
* شدة التيار المار في حالة توصيل الملفات على التوالي أقل منها في حالة توصيلها على التوازي ! .
٤- * عند الترددات المنخفضة يمر تيار كبير في دائرة الملف ! وعند الترددات العالية يمر تيار صغير جدا في الدائرة ويمكن اعتبار الدائرة مفتوحة عند الترددات العالية جدا حيث لا يمر التيار !
٥- في دائرة الملف الحثي المتصل بمصدر متردد وفي أية لحظة: ت$_{ل}$ = ت$_{ع}$ جاωز دالة في جيب الزاوية (ωز) .
، جـ$_{ل}$ = جـ$_{ع}$ جتاωز دالة في جيب تمام الزاوية (ωز) .

٦- لكل أنواع الممانعة يكون:
* في حالة التوصيل على التوالي:
(م)$_{الكلية}$ = م$_{١}$ + م$_{٢}$ + م$_{٣}$ + ... ، (م$_{سع}$)$_{الكلية}$ = م$_{سع١}$ + م$_{سع٢}$ + م$_{سع٣}$ + ... ، (م$_{حث}$)$_{الكلية}$ = م$_{حث١}$ + م$_{حث٢}$ + م$_{حث٣}$ + ...
* في حالة التوصيل على التوازي:
$\frac{١}{\text{(م)}_{الكلية}}$ = $\frac{١}{\text{م}_{١}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{٢}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{٣}}$ + ... ، $\frac{١}{(\text{م}_{سع})_{الكلية}}$ = $\frac{١}{\text{م}_{سع١}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{سع٢}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{سع٣}}$ + ... ، $\frac{١}{(\text{م}_{حث})_{الكلية}}$ = $\frac{١}{\text{م}_{حث١}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{حث٢}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{حث٣}}$ + ...

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- علل: - التيار الكهربائي في دائرة الملف لا يصل إلى قيمته العظمى لحظة غلق الدائرة مباشرة .
- المقاومة الأومية تخسرنا طاقة كهربائية بينما المفاعلة الحثية لا تخسرنا طاقة كهربائية .
- في دائرة الملف يتأخر التيار عن فرق الجهد بزاوية $\frac{\pi}{٢}$ راديان .

٢- إن مرور تيار كهربائي متردد في دائرة ملف حثي يؤدي إلى تغير ..... خلال الملف مع ..... .

٣- المفاعلة الحثية للملف ..... مرور التيار الكهربائي ولكنها ..... طاقة كهربائية .

٤- تردد التيار المار في دائرة مكثف يشحن ويفرغ ١٠٠ مرة في الثانية يساوي ١٠٠ ذ/ث . ( )

٥- ملف حثه الذاتي ٠,١٤ هنري يمر فيه تيار تردده ٥٠ HZ لذلك تكون مفاعلته ٤٤ Ω . ( )

٦- اشرح باختصار مع الرسم التوضيحي نشاطا تبين فيه العلاقة بين شدة التيار المتردد المار في دائرة ملف حثي ومعامل الحث الذاتي للملف .

ب- أعط تفسيراً فيزيائياً لما يلي:

١- قد يوضع في تجويف الملف الحثي قلب من الحديد المطاوع .

٢- قد يغطى الملف الحثي بطبقة من الحديد .

جـ- أثبت أن الكميتان ($\frac{١}{\omega_{سع}}$ ، $\omega_{حث}$) لهما نفس وحدات القياس .

د- عند مرور تيار كهربائي مستمر في ملف حثي لا تنشأ مفاعله حثيه بالرغم من تولد مجال مغناطيسي ، علل !

هـ- في حالة التوصيل على التوالي للـ(المقاومات الأومية ، المكثفات السعوية ، الملفات الحثية ، كل ما ذكر) تكون شدة التيار المار في دائرتها أقل منها في حالة توصيلها على التوازي . - اختر الإجابة الصحيحة -

و- أكمل جدول المقارنة التالي:

أوجه المقارنة / الدائرة	دائرة المقاومة الأومية	دائرة المكثف السعوي	دائرة الملف الحثي
فرق الطور بين (ت ، جـ)			
فرق الطور بين (جـ ، ت)			
دالة حساب ($ت_{ل}$)			
دالة حساب ($جـ_{ل}$)			

تدريب(١٠): ملفان وصلا على التوالي في دائرة كهربية فكانت محصلة مفاعلتيهما ٤٥ أوم وعند توصيلهما على التوازي في نفس الدائرة كانت ١٠ أوم ، فإذا كان تردد المصدر ٧٠ هرتز فاوجد معامل الحث الذاتي لكل منهما .

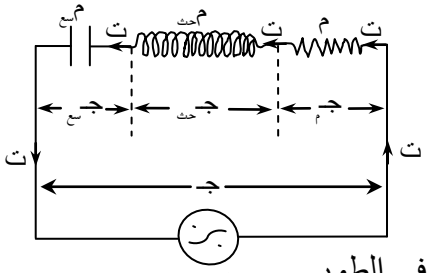
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

المعاوقة(م$_{ق}$):

تعريفها: هي مكافئ المفاعلة الحثية للملف والمفاعلة السعوية للمكثف والمقاومة الأومية ، وتقاس بوحدة الأوم .
أو هي محصلة الممانعة التي يتلقاها التيار المتردد عند مروره في الدائرة الكهربائية .

دائرتها(دائرة مقاومة أومية وملف حثي ومكثف سعوي متصلة معا على التوالي بمصدر متردد):

هذه الدائرة الموضحة في الشكل (٢٧) تعاني من مقاومة للتيار ناتجة عن أسلاك التوصيل والمقاومة الأومية والمفاعلة السعوية للمكثف والمفاعلة الحثية للملف .



شكل (٢٧)

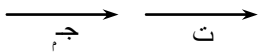
اشتقاق علاقة حسابها: نلاحظ من دائرة المعاوقة في الشكل (٢٧) أن أجزائها متصلة على التوالي ولذلك يتوزع الجهد دون التيار أي أن:

$$\left.\begin{array}{l}\overleftarrow{جـ_{م}} + \overleftarrow{جـ_{حث}} + \overleftarrow{جـ_{سع}} = \overleftarrow{جـ_{ل}} = \overleftarrow{جـ_{ع}} \text{ جا}\omega z \\ ت_{م} = ت_{حث} = ت_{سع} = ت_{ل} = ت_{ع} \text{ جا}\omega z\end{array}\right\} \text{ .... (١) ، (جـ$_{ل}$ ، ت$_{ل}$) للمصدر ومتفقان في الطور .}$$

$$\Longleftarrow ت_{ع_{م}} = ت_{ع_{حث}} = ت_{ع_{سع}} = ت_{ع} \text{ ..... (٢) .}$$

للمقاومة الأومية:

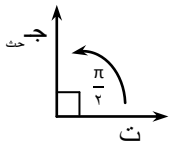
جـ$_{م}$ يتفق في الطور مع ت $\Longleftarrow$ $\left.\begin{array}{l}جـ_{ل_{م}} = جـ_{ع_{م}} \text{ جا}\omega z \\ ، ت_{ل} = ت_{ع} \text{ جا}\omega z\end{array}\right\}$ ..... (٣) .



وتكون زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) في المقاومة الأومية تساوي (صفر°) .

للملف الحثي:

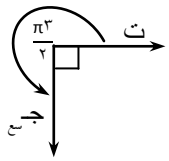
جـ$_{حث}$ يتقدم في الطور بـ($\frac{\pi}{٢}$ راد) على ت $\Longleftarrow$ $\left.\begin{array}{l}جـ_{ل_{حث}} = جـ_{ع_{حث}} \text{ جا}(\omega z + \frac{\pi}{٢}) \\ ، ت_{ل} = ت_{ع} \text{ جا}\omega z\end{array}\right\}$ ..... (٤) .



وتكون زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) في الملف الحثي تساوي (٩٠°) .

للمكثف السعوي:

جـ$_{سع}$ يتأخر في الطور بـ($\frac{\pi}{٢}$ راد) عن ت $\Longleftarrow$ $\left.\begin{array}{l}جـ_{ل_{سع}} = جـ_{ع_{سع}} \text{ جا}(\omega z - \frac{\pi}{٢}) \\ ، ت_{ل} = ت_{ع} \text{ جا}\omega z\end{array}\right\}$ ..... (٥) .

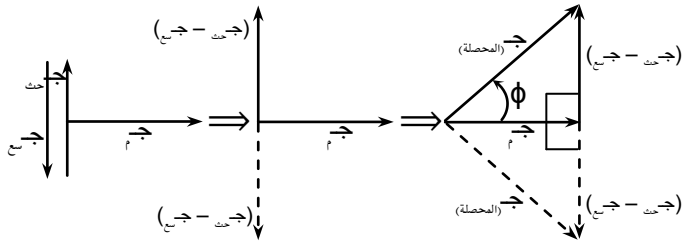


وتكون زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) في المكثف تساوي (٢٧٠°) .

ولوجود فروق في الطور مختلفة للمتجهات الدوارة ($\overrightarrow{جـ_{م}}$ ، $\overrightarrow{جـ_{حث}}$ ، $\overrightarrow{جـ_{سع}}$) مع شدة التيار فلا يمكن جمعها جمعاً جبرياً لذلك تجمع كمتجهات كما يلي:

أولا- على المحور السيني: $\Sigma جـ_{س} = جـ_{م}$

ثانيا- على المحور الصادي: $\Sigma جـ_{ص} = جـ_{حث} - جـ_{سع}$.



شكل (٢٨)

ولأن: جـ = $\sqrt{جـ_{س}^{٢} + جـ_{ص}^{٢}}$ فيكون المتجه المحصلة هو:

جـ = $\sqrt{جـ_{م}^{٢} + (جـ_{حث} - جـ_{سع})^{٢}}$ ..... (٦) ،

هذه العلاقة تستخدم لحساب فرق الجهد في دائرة المعاوقة .

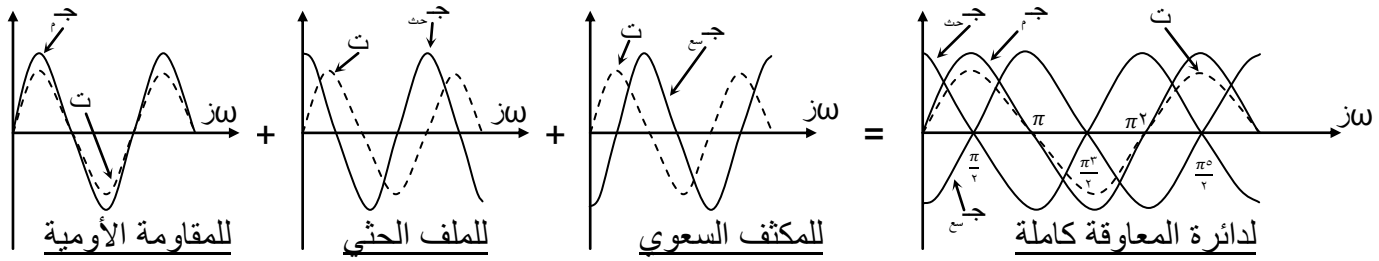
$$\Longleftarrow ت_{م} \times م_{ق} = \sqrt{ت^{٢} \times م^{٢} + (ت \times م_{حث} - ت \times م_{سع})^{٢}} = ت\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$$

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

∴ $م_{ق} = \sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ ..... (٧) ، ويكون اتجاه (جـ) المحصلة هو الزاوية (ϕ) والتي تمثل فرق الطور بين شدة التيار(ت) وفرق الجهد(جـ) في دائرة المعاوقة كما في الشكل (٢٨) ، وتحسب بالعلاقة:

$\phi = ظا^{-١}\left(\frac{جـ_{حث} - جـ_{سع}}{جـ_{م}}\right) = ظا^{-١}\left(\frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}\right)$ ..... (٨) . لأن: $ظا\phi = \frac{جـ_{حث} - جـ_{سع}}{جـ_{م}} = \frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}$.

منحنيات (ت ، جـ$_{م}$ ، جـ$_{حث}$ ، جـ$_{سع}$) في دائرة المعاوقة:



من منحنى دائرة المعاوقة - الشكل (٢٩) - أعلاه نجد أن: شكل (٢٩)

* جـ$_{م}$ يتفق في الطور مع ت ويسبق جـ$_{سع}$ ويتأخر عن جـ$_{حث}$ بـ(٩٠° = $\frac{\pi}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) .

* جـ$_{حث}$ يسبق ت و جـ$_{م}$ بـ(٩٠° = $\frac{\pi}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) ويسبق جـ$_{سع}$ بـ(١٨٠° = π راد = $\frac{١}{٢}$ دورة) .

* جـ$_{سع}$ يتأخر عن ت و جـ$_{م}$ بـ(٩٠° = $\frac{\pi}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) ويتأخر عن جـ$_{حث}$ بـ(١٨٠° = π راد = $\frac{١}{٢}$ دورة) .

ملاحظات:

لأي دائرة معاوقة متصلة بمصدر متردد و (ϕ) زاوية فرق الطور بين (ت) و(جـ) للدائرة:

١- إذا كانت (ϕ = صفر) فهذا يعني أن: * فرق الجهد و شدة التيار متفقان في الطور ! كما في دائرة المقاومة الأومية .
* $م_{سع} = م_{حث}$ (شرط الرنين) ⟸ $م_{ق} = م$.
* المعاوقة($م_{ق}$) أقل ما يمكن ⟸ شدة التيار(ت) أكبر ما يمكن !

٢- إذا كانت (ϕ > صفر) فهذا يعني أن: * فرق الجهد متقدم على شدة التيار بالزاوية (ϕ) كما في دائرة الملف الحثي .
* $م_{حث} > م_{سع}$.
* التأثير العام للدائرة تأثير حثي .

٣- إذا كانت (ϕ < صفر) فهذا يعني أن: * فرق الجهد متأخر عن شدة التيار بالزاوية (ϕ) كما في دائرة المكثف .
* $م_{حث} < م_{سع}$.
* التأثير العام للدائرة تأثير سعوي .

س: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس فيما يلي:

أ- في دائرة المعاوقة يتفق كلا من جهد المكثف وجهد الملف عندما تكون قيمتيهما (صفر ، قيمة عظمى موجبة ، قيمة عظمى سالبة ، لا يتفقان أبداً) .

ب- في دائرة المعاوقة يتفق كلا من جهد المكثف وجهد الملف عندما (ωز) تساوى (صفر ، $\frac{\pi}{٢}$ ، ٢نπ ، $\frac{(٢ن + ١)\pi}{٢}$) راد

جـ: أ- (صفر) ، ب- ($\frac{(٢ن + ١)\pi}{٢}$) ، انظر منحنى المعاوقة في الشكل (٢٩) السابق ، حيث أن: (ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ...) .

مثال(١٦) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

- تيار متردد شدته العظمى ٢ أمبير يمر في دائرة تحتوي على ملف فرق الجهد بين طرفيه ٨٠ فولت ومقاومة أومية فرق الجهد بين طرفيها ٤٠ فولت ومكثف فرق الجهد بين طرفيه ٥٠ فولت ، احسب الآتي:

١- القيمة العظمى لجهد المصدر ، ٢- المعاوقة .

المعطيات:
ت ع = ٢ أمبير ، جـ حث = ٨٠ فولت ،
جـ م = ٤٠ فزلت ، جـ سع = ٥٠ فولت .

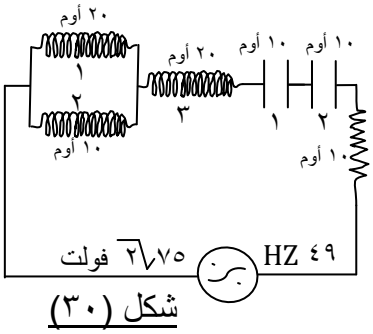
الحل:

١- جـ ع = $\sqrt{\text{جـ}_{م}^{٢} + (\text{جـ}_{حث} - \text{جـ}_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(٤٠)^{٢} + (٨٠ - ٥٠)^{٢}}$ = ٥٠ فولت .

٢- م$_{اق}$ = $\frac{\text{جـ}_{ع}}{\text{ت}_{ع}}$ = $\frac{٥٠}{٢}$ = ٢٥ أوم .

مثال(١٧): أمعن النظر في الشكل (٣٠) المقابل ثم أوجد:

١- شدة التيار المار في الدائرة .
٢- معامل الحث الذاتي للملف الواحد .
٣- زاوية الطور بين شدة التيار وفرق الجهد(ϕ) .
٤- ما التأثير العام لهذه الدائرة ؟ (سؤال وزاري)



شكل (٣٠)

الحل: المعطيات واضحة على الشكل:

١- م حث١ ، م حث٢ متصلة على التوازي ⟸ $\frac{١}{(\text{م}_{حث})_{ك_١}}$ = $\frac{١}{\text{م}_{حث_١}}$ + $\frac{١}{\text{م}_{حث_٢}}$ = $\frac{١}{٢٠}$ + $\frac{١}{١٠}$ = $\frac{٣}{٢٠}$

⟸ $(\text{م}_{حث})_{ك_١}$ = $\frac{٢٠}{٣}$ = ٦,٦٧ أوم .

$(\text{م}_{حث})_{ك_١}$ ، م حث٣ متصلة على التوالي ⟸ $(\text{م}_{حث})_{ك}$ = $(\text{م}_{حث})_{ك_١}$ + م حث٣ = ٦,٦٧ + ٢٠ = ٢٦,٦٧ أوم .

م سع١ ، م سع٢ متصلة على التوالي ⟸ $(\text{م}_{سع})_{ك}$ = م سع١ + م سع٢ = ١٠ + ١٠ = ٢٠ أوم .

م ، $(\text{م}_{حث})_{ك}$ ، $(\text{م}_{سع})_{ك}$ متصلة على التوالي لذلك:

م$_{اق}$ = $\sqrt{\text{م}^{٢} + (\text{م}_{حث} - \text{م}_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(١٠)^{٢} + (٢٠ - ٢٦,٦٧)^{٢}}$ = ١٢ أوم .

∴ ت = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}_{اق}}$ = $\frac{\sqrt{٢٧٥}}{١٢}$ = ٨,٨٤ أمبير .

٢- ∵ م حث = ٢πf حث ∴ حث$_{١}$ = $\frac{\text{م}_{حث_١}}{٢\pi f}$ = $\frac{٢٠}{٢ \times \pi^{٢} \times ٤٩}$ = ٠,٠٦٥ H .

، حث$_{٢}$ = $\frac{\text{م}_{حث_٢}}{٢\pi f}$ = $\frac{١٠}{٢ \times \pi^{٢} \times ٤٩}$ = ٠,٠٣٢ هنري .

، حث$_{٣}$ = $\frac{\text{م}_{حث_٣}}{٢\pi f}$ = $\frac{٢٠}{٢ \times \pi^{٢} \times ٤٩}$ = ٠,٠٦٥ هنري .

٣- زاوية الطور بين شدة التيار وفرق الجهد(ϕ) = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{\text{م}_{حث} - \text{م}_{سع}}{\text{م}}\right)$ = ظا$^{-١}$ $(\frac{٢٠ - ٢٦,٦٧}{١٠})$ = ٣٣,٧° .

٤- ∵ ϕ < صفر ∴ التأثير العام للدائرة تأثير حثي .

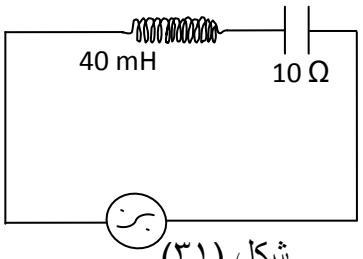
أنواع دائرة المعاوقة المتصلة بمصدر متردد:

دائرة المعاوقة

أحادية الممانعة	ثنائية الممانعة	ثلاثية الممانعة
* دائرة مقاومة أومية فقط(م$_{اق}$ = م)	* دائرة مقاومة أومية ومكثف(م$_{اق}$ = $\sqrt{\text{م}^{٢} + \text{م}_{سع}^{٢}}$)	* دائرة مقاومة أومية ومكثف وملف، وفيها: م$_{اق}$ = $\sqrt{\text{م}^{٢} + (\text{م}_{حث} - \text{م}_{سع})^{٢}}$
* دائرة مكثف سعوي فقط(م$_{اق}$ = م$_{سع}$)	* دائرة مكثف سعوي وملف(م$_{اق}$ = | م$_{حث}$ − م$_{سع}$ |)	
* دائرة ملف حثي فقط(م$_{اق}$ = م$_{حث}$)	* دائرة ملف حثي ومقاومة أمية(م$_{اق}$ = $\sqrt{\text{م}^{٢} + \text{م}_{حث}^{٢}}$)	

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١٨): في الشكل المقابل إذا كان التيار والجهد في طور واحد فاحسب تردد التيار المار في الدائرة .



شكل (٣١)

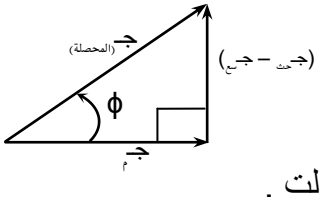
الحل: (م$_{سع}$ = ١٠ أوم ، حث = ٤٠ ملي هنري = ٤٠ × ١٠$^{-٣}$ هنري = ٠,٠٤ هنري)

∵ م$_{سع}$ = م$_{حث}$ = ٢πحf ⟸ f = $\frac{م_{سع}}{٢\pi حث}$ = $\frac{١٠}{٠,٠٤ \times \pi ٢}$ = ٤٠ HZ .

مثال(١٩): دائرة معاوقة تحتوي على ملف ومكثف ومقاومة أومية فرق الجهد بين طرفيها(جـ$_م$) يساوي ٥٠ فولت وزاوية فرق الطور فيها (°٣٧) احسب:

أ- فرق الجهد للمصدر .

ب- فرق الجهد بين طرفي المكثف إذا كان فرق الجهد بين طرفي الملف يساوي ٤٠ فولت .



الحل: أ- جـ$_م$ = جـ جتاϕ ⟸ جـ = $\frac{جـ_م}{جتاϕ}$ = $\frac{٥٠}{جتا٣٧°}$ = ٦٢,٦ فولت .

ب- الطريقة الأولى: ∵ جـ$_{حث}$ – جـ$_{سع}$ = جـ جاϕ

⟸ ٤٠ – جـ$_{سع}$ = ٦٢,٦ × جا٣٧° ⟸ جـ$_{سع}$ = ٤٠ – ٦٢,٦ × جا٣٧° = ٢,٣ فولت .

الطريقة الثانية: ∵ جـ^٢ = جـ$_م^٢$ + (جـ$_{حث}$ – جـ$_{سع}$)^٢

⟸ جـ$_{سع}$ = جـ$_{حث}$ – $\sqrt{جـ^٢ – جـ_م^٢}$ = ٤٠ – $\sqrt{(٦٢,٦)^٢ – (٥٠)^٢}$ = ٢,٣ فولت ، وهي نفس نتيجة الطريقة الأولى.

س: ما العلاقة بين التردد وشدة التيار في دائرة المعاوقة ؟

جـ: تكون العلاقة حسب التأثير العام للدائرة وكما يلي:

- إذا كان التأثير العام للدائرة رنيني فلا توجد علاقة بينهما ،
- إذا كان التأثير العام للدائرة حثي فالعلاقة بينهما عكسية ،
- إذا كان التأثير العام للدائرة سعوي فالعلاقة بينهما طردية .

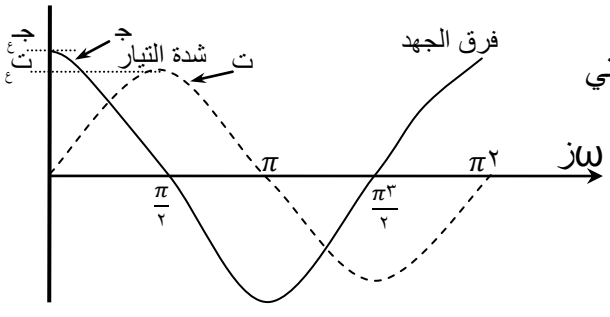
إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- عند تساوى المفاعلة الحثية والمقاومة الأومية في دائرتيهما فإن زاوية الإزاحة تساوي ($\frac{\pi}{٢}$ ، $\frac{\pi ٣}{٢}$ ، $\frac{\pi}{٤}$ ، صفر) راد .

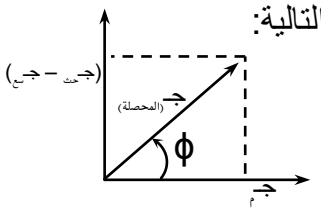
٢- تيار كهربائي تردده (٣٥) هرتز يمر في مقاومة أومية مقدارها $\frac{١٠٠}{١١}$ أوم ومكثف سعته ٥٠ مايكروفاراد ، احسب المعاوقة للتيار .

٣- وضح لأي دائرة المنحنى في الشكل المجاور ؟ ثم اكتب معادلتي حساب شدة التيار اللحظي والجهد اللحظي لها .



٤- من الشكل المقابل استنتج العلاقة التالية:

∴ م$_{اق}$ = $\sqrt{م_م^٢ + (م_{حث} – م_{سع})^٢}$.



٥- دائرة كهربائية تتكون من مقاومة أومية مقدارها ٥ أوم وملف حثه الذاتي ٥٠٠ مللي هنري وصلت هذه الدائرة بمصدر كهربائي متردد جهده الفعال ١٢٥ فولت وتردده ٥٠ هرتز ، احسب:

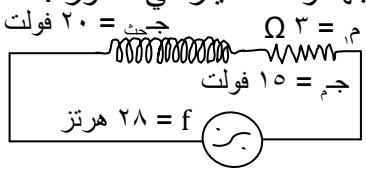
١- القيمة الفعالة لشدة التيار المار في الدائرة .

٢- سعة المكثف اللازم إدخاله في الدائرة على التوالي حتى يتفق فرق الجهد وشدة التيار في الطور .

٦- أوجد من الشكل المقابل الموضح:

١- شدة التيار المار في الدائرة .

٢- معامل الحث الذاتي للملف .



حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ب- ماذا يقصد بـالمتجهات الدوارة ؟ ولماذا سميت بهذا الإسم ؟

جـ- في دائرة المكثف فرق الجهد(جـ$_{سع}$) يتقدم في الطور بـ($\frac{\pi}{٢}$ ، π ، $\frac{\pi^{٣}}{٢}$ ، $\pi٢$) راد عن شدة التيار(ت) . خيارات

د- لنفس المقاومة الأومية والملف والمكثف يمكن تغيير قيمة المفاعلتين الحثية والسعوية بينما تظل المقاومة الأومية ثابتة لا يمكن تغيير قيمتها ، كيف يكون ذلك ؟

هـ- أي دائرة معاوقة يتقدم فيها فرق الجهد عن شدة التيار بمقدار زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) . ( )

و- اختر الإجابة الصحيحة - في دائرة الملف الحثي يكون:

أ- فرق الجهد يتقدم في الطور بـ $\frac{\pi}{٢}$ راد عن شدة التيار ، ب- فرق الجهد يتأخر في الطور بـ $\frac{\pi^{٣}}{٢}$ راد عن شدة التيار ،

جـ- شدة التيار تتقدم في الطور بـ $\frac{\pi^{٣}}{٢}$ راد عن فرق الجهد ، د- شدة التيار تتأخر في الطور بـ $\frac{\pi}{٢}$ راد عن فرق الجهد ،

هـ- كل الفقرات الأربع السابقة صحيحة .

ز- عند توصيل ملف بمصدر مستمر قوته الدافعة الكهربية ١١ فولت كانت شدة التيار المار فيه ٢,٢ أمبير وعند توصيله(الملف) بمصدر تيار تردده ٥٠ هرتز وقوته الدافعة الكهربية ١٣ فولت كانت شدة التيار المار فيه ١ أمبير ، احسب معامل الحث الذاتي للملف .

ح- تتصل مقاومة أومية مقدارها ١٠٠ أوم على التوالي بملف حثي في دائرة تيار متردد يمكن التحكم في تردده وقد وجد أن معاوقة الدائرة للتيار المتردد تزداد إلى ضعف قيمتها عندما يتغير تردد المصدر من ٥٠ هرتز إلى ٢٠٠ هرتز ، ما مقدار الحث الذاتي للملف ؟ ($\frac{١}{\pi^{٢}}$ = ٠,١٦)

ط- أثبت زاوية فرق الطور(ϕ) بين شدة التيار وفرق الجهد لجميع دوائر المعاوقة باستخدام القانون العام لحساب المعاوقة ، مع الإنتباه الى أن المقاومة الأومية لا يمكن أن تكون صفر تماما بسبب وجود مقاومة أسلاك التوصيل .

ي- باعتبار أن: أ- م > م$_{سع}$ ب- حث(هنري) للملف = سع(فاراد) للمكثف ، حدد مع الإثبات في أي دائرة من الدوائر التالية(المتصل أجزائها على التوالي) يلقى التيار المتردد أكبر ممانعة عند مروره خلالها ؟ ، وفي أي منها يلقى الممانعة الأصغر ؟

(دائرة مقاومة أومية ، دائرة ملف ، دائرة مكثف ، دائرة ملف ومكثف ، دائرة مقاومة أومية وملف ، دائرة مقاومة أومية ومكثف ، دائرة مقاومة أومية وملف ومكثف) .

تدريب(١١): استعن بالمعطيات على الشكل (٣٢) المجاور لحساب:

أ- معاوقة الدائرة . ب- المقاومة الأومية(م$_{١}$) .

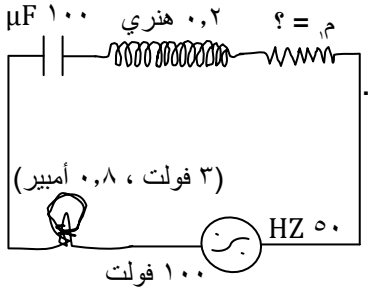
جـ- القيم القصوى لفروق الجهد بين طرفي كل من المقاومة الأومية والملف والمكثف .

د- ما هو التأثير العام لهذه الدائرة ؟

هـ- إذا أدمج ملفين آخرين حثيهما (٠,١٦ ، ٠,٠٤) هنري على التوازي في الدائرة مع الملف الموجود فيها:

١- احسب شدة التيار المار في الدائرة .

٢- ما التأثير العام للدائرة في هذه الحالة ؟



شكل (٣٢)

تدريب(١٢): دائرة كهربائية تتكون من مقاومة أومية مقدارها ٥ أوم ومكثف مفاعلته السعوية ٣٠ أوم وصلا على التوالي بمصدر تردده ٧٠ هرتز وجهده الفعال ٢٥٠ فولت ، احسب:

أ- القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد المار في الدائرة .

ب- معامل حث الملف الذاتي اللازم إدخاله في الدائرة على التوالي حتى تتفق شدة التيار وفرق الجهد في زاوية الطور .

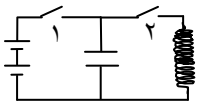
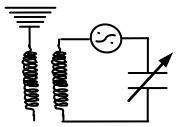
جـ- شدة التيار المار في الدائرة بعد إدخال الملف .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الرنين الكهربائي:

هو تولد ذبذبات عالية التردد عند بلوغ تيار دائرة رنين حد الذروة .

دائرتي الرنين:

اسم الدائرة	الدائرة المهتزة	دائرة الرنين
الغرض منها	توليد موجات لاسلكية بإحداث ذبذبات عالية التردد	انتقاء والتقاط تردد موجة المحطة المراد سماعها أو مشاهدتها
استخدامها	في أجهزة الإرسال اللاسلكي	في أجهزة الاستقبال اللاسلكي
فكرة عملها	تبادل الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمكثف والمجال المغناطيسي للملف .	
تركيبها	- ملف حثي - مكثف سعوي ثابت السعة - مصدر تيار مستمر(بطارية) - مفتاحان كهربائيان 	- ملف حثي يمكن تغيير عدد لفاته - مكثف سعوي متغير السعة - مصدر تيار متردد 
شرح عملها	شحن المكثف: يغلق المفتاح (١) ويترك المفتاح (٢) مفتوحا فيشحن المكثف بطاقة على صورة مجال كهربائي تبادل الطاقة: - يغلق المفتاح (٢) مع فتح المفتاح (١) فيفرغ المكثف شحنته إلى الملف حتى يصبح فرق الجهد بين لوحيه صفرا لتختزن الطاقة في الملف بصورة مجال مغناطيسي . - يولد الملف تيارا تأثيريا ذاتيا عكسيا فيشحن المكثف بالاتجاه المعاكس فتخزن فيه الطاقة بصورة مجال كهربائي من جديد . - تتكرر الخطوتين السابقتين فتستمر عملية تبادل الطاقة وبسرعة عالية جدا لتتولد اهتزازات عالية التردد . إعادة الشحن: نتيجة لوجود مقاومة أسلاك التوصيل تضمحل التذبذبات وبالتالي لا بد من إعادة شحن المكثف باستمرار ! حتى تستمر عملية توليد الموجات الاسلكية .	- يوضع ملف الدائرة في مجال ملف هوائي استقبال الموجات المختلفة . - يتحكم في الدائرة بتغيير سعة المكثف أو عدد لفات الملف حتى الحصول على تردد موافق لتردد المحطة المراد سماعها أو مشاهدتها . إثراء: ١- يستخدم مصدر تيار مستمر في الدائرة المهتزة ومتردد في دائرة الرنين . فسر ذلك ! ٢- ما المقصود بـ: - الدائرة المهتزة ؟ - دائرة الرنين ؟ ٣- علل: تستخدم دائرة الرنين في دوائر المذياع .

س: كيف يحدث الرنين الكهربائي ؟

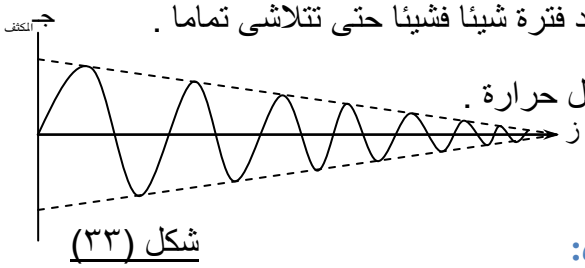
جـ: بالتحكم بسعة المكثف أو عدد لفات الملف في دائرة الملف والمكثف حتى يصبح ($جـ_{حث}$ = $جـ_{سع}$) وبالتالي يتحقق الشرط ألرنيني($م_{حث}$ = $م_{سع}$) فتكون معاوقة الدائرة أقل ما يمكن وهي مقاومة أسلاك التوصيل فقط لذلك يحدث تبادل سريع جدا للطاقة بين المكثف والملف فيبلغ التيار حد الذروة (أكبر ما يمكن) محدثا ذبذبات(اهتزازات) عالية التردد فتتولد موجات لا سلكية .

ظاهرة اضمحلال الذبذبات:

تعريفها: هي ظاهرة ضعف الذبذبات المتولدة في الدائرة المهتزة بعد فترة شيئا فشيئا حتى تتلاشى تماما .

سببها: استهلاك مقاومة أسلاك التوصيل الطاقة الكهربائية على شكل حرارة .

علاجها(حلها): إعادة شحن المكثف كل فترة زمنية معينة .



شكل (٣٣)

منحنى العلاقة بين فرق الجهد بين لوحي المكثف وزمن الاضمحلال:

تستنفد الطاقة بشكل حرارة فيقل فرق الجهد بين لوحي المكثف لتقل الطاقة المتبادلة بينه والملف فتضمحل تبعاً لذلك الموجات المتولدة ، ومع الزمن يزداد الاضمحلال حتى تتوقف الموجات كما يوضحه الشكل (٣٣) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

حساب التردد ألرنيني(f_o):

شرط حدوث الرنين هو $م_{حث} = م_{سع} \Longleftarrow 4\pi^2 f_o^2 حث = \frac{1}{سع}$ $\Longleftarrow (2\pi f_o)^2 حث\ سع = 1$

$\therefore f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{حث\ سع}}$ ..... (١) لكن: $حث = \frac{\mu ن^2 س}{ل}$ ..... (٢) ، وبتعويض (٢) في (١) نحصل على العلاقة:

$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{\mu ن^2 س}{ل}\ سع}}$ $\therefore f_o = \frac{\sqrt{ل}}{2\pi ن س\sqrt{\mu\ سع}}$ ..... (٣) ، وهي العلاقة التي توضح العلاقة بين التردد الرنيني والخواص الفيزيائية للملف .

العوامل التي يتوقف عليها التردد ألرنيني(f_o):

نلاحظ من العلاقتين (١) و (٣) أن التردد ألرنيني يتوقف على:

١- حث الملف الذاتي(حث): وهي علاقة عكسية $f_o \propto \frac{1}{\sqrt{حث}}$.

٢- سعة المكثف(سع): وهي علاقة عكسية $f_o \propto \frac{1}{\sqrt{سع}}$.

٣- معامل النفاذية المغناطيسية لقلب الملف(μ): وهي علاقة عكسية $f_o \propto \frac{1}{\sqrt{\mu}}$.

٤- عدد لفات الملف(ن): وهي علاقة عكسية $f_o \propto \frac{1}{ن}$.

٥- مساحة مقطع الملف(س): وهي علاقة عكسية $f_o \propto \frac{1}{\sqrt{س}}$.

٦- طول الملف(ل): وهي علاقة طردية $f_o \propto \sqrt{ل}$.

س: ماذا يقصد بالتردد الرنيني ؟ ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣)

جـ: التردد الرنيني(f_o) هو عدد الذبذبات(الدورات) التي يحدثها التيار المتردد في الثانية الواحدة عند مروره في دائرة رنين كهربائية .

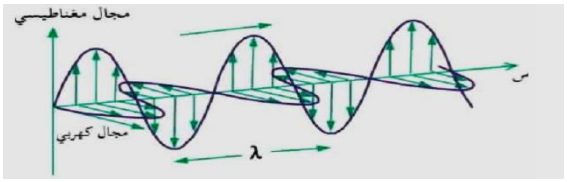
ملاحظات:

١- التناسب في حالتين مختلفتين لكميتين من كميات العلاقتين (١) و (٣) السابقتين مع ثبات الكميات الأخرى يكون كما يلي:

$\frac{f_1}{f_2} = \frac{ن_2}{ن_1} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}} = \sqrt{\frac{حث_2}{حث_1}} = \sqrt{\frac{سع_2}{سع_1}} = \sqrt{\frac{س_2}{س_1}} = \sqrt{\frac{ل_1}{ل_2}}$ ، أثبت ذلك ! .

٢- الموجات الكهرومغناطيسية:

- تتركب من مركبتين متعامدتين(المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي) كما يوضحه الشكل (٣٤) .
- تتحرك بسرعة الضوء($ع_{ض}$) $= \lambda f_o = 3 \times 10^8$ م/ث .
- من وسائل نقل الطاقة(الصوت ، الضوء ، .....) .



شكل (٣٤)

٣- دوائر الإرسال تبث نوعين من الموجات الكهرومغناطيسية هي:

- موجات مكيفة التردد(F.M) أي متغيرة التردد .
- موجات مكيفة السعة(A.M) أي متغيرة السعة .

٤- $\mu_{هواء} = \mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ تسلا.م/أمبير . لأن: ($\frac{ويبر}{أمبير.م} = \frac{تسلا.م^2}{أمبير.م}$ = تسلا.م/أمبير)

مثال(٢٠): أوجد تردد التيار في الدائرة المهتزة إذا كان الحث الذاتي للملف ٩ مايكرو هنري ، وسعة المكثف ٠,٤ مللي فاراد . (٢٠١١ - ٢٠١٢)

حث = ٩ مايكروهنري
سع = ٠,٤ مللي فاراد

الحل: $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{حث\ سع}} = \frac{1}{2\pi \times (9 \times 10^{-6} \times 0.4 \times 10^{-4})^{1/2}} = 2652.6$ هرتز .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٢١):
دائرة رنين تحتوي مقاومة قيمتها ٢٠ أوم وملف حثه الذاتي ٥ مللي هنري ومكثف موصلة على التوالي مع مصدر متردد قوته الدافعة ٢٠٠ فولت وتردد ٤٩ هرتز ، احسب كلا من:
١- سعة المكثف ، ٢- شدة التيار المار في الدائرة .

الحل:

م = ٢٠ أوم ، ق = ٢٠٠ فولت ،
حث = ٥ مللي هنري = ٠,٠٠٥ هنري ،
f = ٤٩ هرتز ،

١- $f = \frac{١}{\pi٢\sqrt{حث\ سع}} \Leftarrow$ سع $= \frac{١}{\pi٤\ حث\ f^{٢}} = \frac{١}{\pi٤ \times ٠,٠٠٥ \times (٤٩)^{٢}}$
$= ٢,١ \times ١٠^{-٣}$ فاراد ،

٢- شدة التيار المار في الدائرة(ت) $= \frac{ق_{م}}{م} = \frac{ق}{م} = \frac{٢٠٠}{٢٠} = ١٠$ أمبير .

مثال(٢٢): وصل مكثف بملف حثه الذاتي ٠,٨ هنري في دائرة مهتزة فكان تردده ١٠ هرتز ، ولما وصل نفس المكثف بملف آخر كان تردده ٢٠٠ هرتز . احسب الحث الذاتي للملف الآخر .

المعطيات:
حث$_{١}$ = ٠,٨ هنري
f$_{١}$ = ١٠ هرتز
سع$_{١}$ = سع$_{٢}$ = سع
f$_{٢}$ = ٢٠٠ هرتز .

الحل: $f_{١} = \frac{١}{\pi٢\sqrt{حث_{١}\ سع_{١}}}$ ، $f_{٢} = \frac{١}{\pi٢\sqrt{حث_{٢}\ سع_{٢}}} \Leftarrow \frac{f_{١}}{f_{٢}} = \frac{\pi٢\sqrt{حث_{٢}\ سع_{٢}}}{١} \times \frac{١}{\pi٢\sqrt{حث_{١}\ سع_{١}}}$

$\Leftarrow \frac{f_{١}}{f_{٢}} = \sqrt{\frac{حث_{٢}}{حث_{١}}}$ ∴ حث$_{٢}$ $= \left(\frac{f_{١}}{f_{٢}}\right)^{٢} \times$ حث$_{١}$ $= \left(\frac{١٠}{٢٠٠}\right)^{٢} \times ٠,٨ = ٢ \times ١٠^{-٣}$ هنري .

مثال(٢٣): دائرة مهتزة تولد موجة كهرومغناطيسية طولها ($١٠^{-٤}$) انكستروم ، فإذا كان حث ملفها $\frac{٧}{٤٨٤}$ هنري احسب سعة مكثفها بالمايكروفاراد ، علما بأن سرعة الموجة ٣×١٠^{٨} م/ث . (سؤال وزاري)

المعطيات:
λ = $١٠^{-٤}$ A° = $١٠^{-١٤}$ م
حث = $\frac{٧}{٤٨٤}$ هنري
سع = ؟
ع = ٣×١٠^{٨} م/ث .

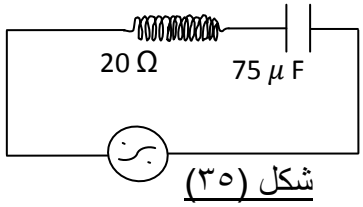
الحل: ∵ ع = λf $\Leftarrow$ f = $\frac{ع}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{١ \times ١٠^{-١٤}} = ٣ \times ١٠^{٤}$ هرتز ، $f = \frac{١}{\pi٢\sqrt{حث\ سع}}$

$\Leftarrow$ سع $= \frac{١}{\pi٤\ حث\ f^{٢}} = \frac{١}{\pi٤ \times \frac{٧}{٤٨٤} \times ٩ \times ١٠^{٨}} = ١,٩ \times ١٠^{-٩}$ فاراد

$= ١,٩ \times ١٠^{-٣} \times ١٠^{-٦}$ فاراد $= ١,٩ \times ١٠^{-٣}$ μF .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- ماذا يقصد بالخواص الفيزيائية للملف ؟
٢- في دائرة الرنين تكون سعة المكثف مساوية للحث الذاتي للملف في حالة الرنين . ( )
٣- اذكر وظيفة واحدة لما يلي: - الدائرة المهتزة .
٤- وحدة قياس ($\sqrt{\frac{حث}{سع}}$) هي (فولت ، أوم ، هنري ، كولوم) . - اختر الإجابة الصحيحة -
٥- هل العبارة التالية صحيحة ؟ أم خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:
- يتناسب التردد ألرنيني تناسبا عكسيا مع كل من سعة المكثف ومعامل الحث الذاتي للملف .



شكل (٣٥)

ب- احسب معامل الحث الذاتي لملف دائرة الرنين الموضحة في الشكل (٣٥) المجاور .
جـ- دائرة مهتزة سعة مكثفها بالفاراد تساوي حث ملفها بالهنري ، احسب:
أ- المفاعلة السعوية للمكثف والمفاعلة الحثية للملف .
ب- سعة المكثف بالمايكروفاراد والحث الذاتي للملف بالمللي هنري إذا علمت أن التردد الرنيني لها ٧٥ هرتز .
د- أثبت صحة العلاقة: م$_{سع}$ = م$_{حث}$ = $\sqrt{\frac{حث}{سع}}$ في دائرة رنين .
هـ- سلك نحاسي معزول طوله ٤ م ملفوف حول قضيب اسطواني من الحديد معامل النفاذية المغناطيسية له

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

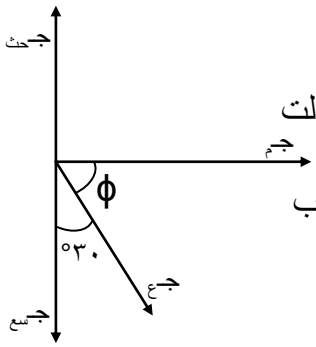
٠,٠٠٢٢ وبر/(أمبير.م) وطوله ٢٠ سم ، احسب معامل حثه الذاتي علماً بأن محيط الدائرة (2π نق) . (٠,٠١٤)

و- دائرة رنين كان ترددها ٧٥ × ١٠^{٤} هرتز ، فإذا استبدل الملف بآخر حثه الذاتي خمسة أمثال الحث الذاتي للملف الأول وزيدت سعة المكثف بمقدار ٣٢ مايكروفاراد فاحسب:

أ- تردد الدائرة بعد الإستبدال .

ب- معامل الحث الذاتي للملف في الحالتين .

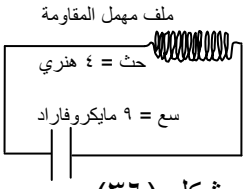
ز- مصدر متردد القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة منه ١٢٠ فولت وتردده ٧٠ ذ/ث وصل على التوالي بملف حثي ومقاومة أومية مقدارها ٢٠٠ اوم ومكثف سعته ٤μF ، مستعيناً بالشكل الموضح لذلك جانباً احسب ما يلي:



١- الحث الذاتي للملف . (٠,٥)

٢- شدة التيار المار في الدائرة . (٠,٣)

تدريب(١٣): من الشكل(٣٦) المرسوم جانبا احسب: (أ ، ب: ٢٠١٢ - ٢٠١٣)



شكل (٣٦)

أ- تردد الموجات المتولدة .

ب- الطول ألموجي عند انبعاثها بسرعة ٣ × ١٠^{٨} م/ث .

جـ- إذا وصلت الدائرة بمصدر تيار قوته الدافعة (١٠٠) فولت وتردده ٥٠ ذ/ث فما شدة التيار الكلي المار في الدائرة ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات أسئلة تقويم الوحدة الثانية

السؤال الأول:

أ- الجيبي ، جـ- حرارية ، د- الذبذبة الكاملة للتيار المتردد .

ب- ١- إمكانية رفع أو خفض قوته الدافعة الكهربية باستخدام المحولات .

٢- إمكانية نقله من محطات توليده إلى أماكن استخدامه ولمسافات بعيده دون فقد نسبة كبيرة من طاقته .

٣- تكاليف نقله منخفضة .

٤- إمكانية تحويله إلى تيار مستمر .

٥- أجهزة الحصول عليه بسيطة التركيب وأرخص ثمناً .

٦- يمر خلال الدوائر التي بها مكثفات .

السؤال الثاني:

أ- (✓) ، ب- (×) ، جـ- (✓) ، د- (✓) ، هـ- (×) ، و- (✓) ، ز- (×) .

السؤال الثالث:

أ- (تستنفد جزءاً من طاقة التيار المتردد) ، ب- $\frac{١ \times ١٠^{٤}}{٢٢}$ ، جـ- (١,١) ، د- (معاكس لاتجاه القوة المولدة لها) ،

هـ- ($جـ_{ل} = جـ_{ع} \, جتا\omega ز$) ، و- (حثه الذاتي) ، ز- $\left(\frac{١}{سع f \pi ٢}\right)$ ، ح- ($م_{سع} = م_{حث}$) ، ط- $\left(\frac{\pi}{٢}\right)$ ، ي- ($جـ_{ع} = ت_{ع} \times م_{ق}$) ،

ك- $\left(\frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}\right)$ ، ل- (٣١٨) ، م- (٧,٨٥) ، ن- (٣٢) .

السؤال الرابع:

- المفاعلة الحثية: هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد عند مروره في الملف الحثي نتيجة حث الملف الذاتي .
- المفاعلة السعوية: هي الممانعة التي يلقاها التيار المتردد عند مروره في دائرة المكثف نتيجة سعة المكثف .
- المعاوقة: هي مكافئ المفاعلة الحثية للملف والمفاعلة السعوية للمكثف والمقاومة الأومية .
- الرنين الكهربائي: هو تولد ذبذبات عالية التردد عند بلوغ التيار الكهربائي المتردد حد الذروة عند تساوي المفاعلة الحثية مع المفاعلة السعوية في دائرة المكثف والملف .
- التيار المتردد: هو تيار كهربي متغير الشدة والإتجاه مع الزمن .

السؤال الخامس:

المعطيات:
م = ١٠ Ω
حث = ٠,١ H
سع = ١٠٠ × ١٠$^{-٦}$ F
جـ$_{ق}$ = ٢٥٠ V
$f = \frac{٢٠٠}{\pi}$ HZ .

$م_{حث} = f \pi ٢ حث = \frac{٢٠٠}{\pi} \times \pi ٢ \times \frac{١}{١٠} = ٤٠$ أوم .

$م_{سع} = \frac{١}{سع f \pi ٢} = \frac{١}{\frac{٢٠٠}{\pi} \times \pi ٢ \times ١٠٠ \times ١٠^{-٦}} = ٢٥$ أوم .

$\Leftarrow م_{ق} = \sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}} = \sqrt{(١٠)^{٢} + (٤٠ - ٢٥)^{٢}} = ١٨$ أوم ، ولذلك فإن:

أ- الشدة الفعالة للتيار($ت_{ف}$) = $\frac{جـ_{ق}}{م_{ق}} = \frac{٢٥٠}{١٨} = ١٣,٩$ أمبير .

ب- فرق الجهد الفعال بين طرفي الملف($جـ_{ف}$)$_{حث}$ = $ت_{ف} \times م_{حث} = ١٣,٩ \times ٤٠ = ٥٥٦$ فولت .

السؤال السادس:

المعطيات:
م = ٣٠٠ Ω
حث = ١ H
جـ = ق = ٢٠٠ V
f = ٢٠٠ HZ .

م$_{حث}$ = ٢π f حث = ٢π × ٢٠٠ × ١ = ١٢٥٦,٦ أوم .

⟸ م$_{ق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(٣٠٠)^{٢} + (١٢٥٦,٦ - صفر)^{٢}}$ = ١٢٩٢ أوم ،

⟸ شدة التيار(ت) = $\frac{جـ}{م_{ق}}$ = $\frac{٢٠٠}{١٢٩٢}$ = ٠,١٥ أمبير ، ولذلك فإن:

- فرق الجهد بين طرفي الملف(جـ$_{حث}$) = ت × م$_{حث}$ = ٠,١٥ × ١٢٥٦,٦ = ١٨٨,٥ فولت .

- فرق الجهد بين طرفي المقاومة الأومية(جـ$_{م}$) = ت × م = ٠,١٥ × ٣٠٠ = ٤٥ فولت .

السؤال السابع:

المعطيات:
م = ١٥ Ω
م$_{حث}$ = ٢٠ Ω
جـ$_{ق}$ = ١٥٠ V
f = ٦٠ HZ .

م$_{ق}$ = $\sqrt{م^{٢} + م_{حث}^{٢}}$ = $\sqrt{(١٥)^{٢} + (٢٠)^{٢}}$ = ٢٥ أوم ، ولذلك فإن:

أ- القيمة الفعالة لشدة التيار المار في الدائرة(ت$_{ق}$) = $\frac{جـ_{ق}}{م_{ق}}$ = $\frac{١٥٠}{٢٥}$ = ٦ أمبير .

ب- الاتفاق في الطور بين (ت) و (جـ) يعني أن م$_{سع}$ = م$_{حث}$ ⟸ م$_{حث}$ = $\frac{١}{٢\pi f سع}$ ،

∴ سع = $\frac{١}{٢\pi f م_{حث}}$ = $\frac{١}{٢ \times ٦٠ \times \pi ٢}$ = ١,٣٣ × ١٠$^{-٤}$ فاراد = ١٣٣ مايكروفاراد .

جـ- شدة التيار الفعال المار في الدائرة بعد إدخال الملف(ت$_{ق}$) = $\frac{جـ_{ق}}{م}$ = $\frac{١٥٠}{١٥}$ = ١٠ أمبير .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات تدريبات الوحدة الثانية

تدريب(١):

أ- ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي: هي ظاهرة توليد تيار كهربي تأثيري بسبب توليد قوة دافعة كهربية تأثيرية نتيجة قطع موصل لخطوط الفيض المغناطيسي أو حركة مغناطيس بالقرب من الموصل(تغير الفيض المغناطيسي) .

ب- (ق.د.ك) التأثيرية: هي القوة الدافعة الكهربية المتولدة في موصل بسبب تكون فرق جهد بين طرفيه نتيجة قطع الموصل لخطوط الفيض المغناطيسي أو حركة مغناطيس بالقرب منه .

جـ- التيار الكهربي التأثيري: هو الشحنات الكهربية المتحركة خلال موصل في دائرة مغلقة بسبب التأثير عليها بمجال مغناطيسي منتظم لفصل الإلكترونات عن الفجوات عند طرفي موصل نتيجة قطع الموصل لخطوط المجال المغناطيسي أو حركة مغناطيس بالقرب منه .

تدريب(٢): ∵ $\mu_{\text{حديد}} \gg \mu_{\text{هواء}} \Longleftarrow$ ب$_{\text{حديد}} \gg$ ب$_{\text{هواء}}$ ، لأن كثافة الفيض(ب) تتناسب طرديا مع معامل النفاذية المغناطيسية(μ) ، حيث أن: ب = $\frac{\mu \text{ ت ن}}{\text{ل}}$.

∴ (ق.د.ك)$_{\text{قلب(وسط) من الحديد}} \gg$ (ق.د.ك)$_{\text{وسط من الهواء}}$ ، لأن (ق.د.ك) تتناسب طرديا مع كثافة الفيض(ب)

حيث أن: (ق.د.ك) = ن س ب ω جا(ωز) .

تدريب(٣): لأنه عندما يكون الفيض المغناطيسي(ϕ) = صفر يكون معدل تغيره(معدل قطع خطوطه) أعلى ما يمكن و(ق.د.ك) تتناسب طرديا مع معدل تغير الفيض وليس مع الفيض نفسه .

تدريب(٤):

لحساب مساحة وجه الملف(دائري الشكل):

س = πنق^{٢} = $\frac{٢٢}{٧}$ × (٠,١٤)^{٢} = ٦,١٦ × ١٠$^{-٢}$ م^{٢} .

أ- ∵ ق$_{ع}$ = ن س ب ω = ن س ب (٢π f)

∴ تردد الملف(f) = $\frac{\text{ق}_{ع}}{\text{ن س ب } ٢\pi}$ = $\frac{٢٢٠}{٣٦٠ \times \pi٢ \times ٦,١٦ \times ١٠^{-٢} \times ٠,٢٦}$ = ٦ هرتز .

المعطيات:
نصف القطر(نق) = $\frac{٢٨}{٢}$ سم = ٠,١٤ م
ن = ٣٦٠ لفة ، ب = ٠,٢٦ تسلا
ق$_{ع}$ = ٢٢٠ فولت ، ت$_{ع}$ = ٢٠ أمبير
f = ؟ ، م = ؟ .

ب- مقاومة الملف(م) = $\frac{\text{ق}_{ع}}{\text{ت}_{ع}}$ = $\frac{٢٢٠}{٢٠}$ = ١١ أوم .

تدريب(٥):

أ- أقصى قوة دافعة كهربائية تأثيرية تتولد بين طرفي الملف:

ق$_{ع}$ = ن س ب ω = ن س ب (٢π f)

= ١٠٠ × $\frac{١}{١٠}$ × $\frac{٥}{١٠٠}$ × ٢ × $\frac{٢٢}{٧}$ × ٧٠ = ٢٢٠ فولت .

المعطيات:
f = $\frac{٤٢٠٠ \text{ دورة}}{\text{دقيقة}}$ = $\frac{٤٢٠٠ \text{ دورة}}{٦٠ \text{ ثانية}}$ = ٧٠ هرتز
ب = ٠,٠٥ = $\frac{٥}{١٠٠}$ تسلا ، ن = ١٠٠ لفة
س = الطول × العرض = ٠,٥ × ٠,٢ = ٠,١ م^{٢}

ب- القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربية المتولدة(ق$_{ف}$) = $\frac{\text{ق}_{ع}}{\sqrt{٢}}$ = $\frac{٢٢٠}{\sqrt{٢}}$ = ١١٠ $\sqrt{٢}$ = ١٥٥,٥٦ فولت .

جـ- ١- القيمة اللحظية للـ(ق.د.ك)المتولدة عندما يدور الملف $\frac{١}{١٢}$ دورة ابتداءً من المستوى العمودي على المجال:

يدور الملف $\frac{١}{١٢}$ دورة $\Longleftarrow$ ωز = $\frac{١}{١٢}$ دورة = $\frac{١}{١٢}$ × ٣٦٠° = ٣٠° = $\frac{\pi}{٦}$ راد .

∴ ق$_{ل}$ = ق$_{ع}$ جاωز = ٢٢٠ × جا٣٠° = $\frac{١}{٢}$ × ٢٢٠ = ١١٠ فولت .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٢- القيمة اللحظية للـ(ق.د.ك) المتولدة لحظة ما يصنع الملف ٣٠° مع إتجاه خطوط الفيض المغناطيسي:
يصنع الملف ٣٠° مع إتجاه خطوط الفيض المغناطيسي ⟸ θ = ٣٠° ،
⟸ ωز = ٩٠° – θ = ٩٠° – ٣٠° = ٦٠° ، ٣٦٠° – ٦٠° = ٣٠٠° .
∴ ق = ق$_{ع}$ جاωز = ٢٢٠ × جا٣٠٠° = ٢٢٠ × (–$\frac{\sqrt{٣}}{٢}$) = – ١١٠$\sqrt{٣}$ = – ١٩٠,٥ فولت .

تدريب(٦):

١- أ- ت$_{ف}$: ت$_{ع}$ = $\frac{ت_{ف}}{ت_{ع}}$ = $\frac{ت_{ف}}{\frac{١}{٢\sqrt{}}}$ ÷ ت$_{ع}$ = $\frac{ت_{ف}}{\frac{١}{٢\sqrt{}}}$ × $\frac{١}{ت_{ع}}$ = $\frac{١}{٢\sqrt{}}$ ..... (١) ، وحيث أن: $\frac{\sqrt{٢}}{٢}$ = $\frac{٢}{٢\sqrt{٢}}$ = $\frac{١}{٢\sqrt{}}$ ..... (٢) .

من (١) و (٢) نجد أن: ت$_{ف}$: ت$_{ع}$ = $\frac{١}{٢\sqrt{}}$ ، لذلك يكون الاختيار الصحيح هو ($\frac{\sqrt{٢}}{٢}$) .

ب- (ق.د.ك)$_{ع}$ = ق$_{ع}$ × ٠,٦ ⟸ ن س ب ω جا(ωز) = ن س ب ω × ٠,٦ ⟸ جا(ωز) = ٠,٦
∴ ωز = جا$^{-١}$(٠,٦) ≅ ٣٧° ، لذلك يكون الاختيار الصحيح هو (٣٧°) .

٢- لأن التيار المتردد متغير الشدة مع الزمن بينما التيار المستمر ثابت الشدة باستمرار ولهما نفس التأثير الحراري ، لذلك أمكن اعتبار قيمة شدة التيار المستمر بأنها القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد عند مرورهما في نفس الموصل ولنفس الفترة الزمنية .

٣- لحساب التردد: f = $\frac{١٥٠٠ \text{ دورة}}{\frac{١}{٢} \text{ دقيقة}}$ = $\frac{١٥٠٠ \text{ دورة}}{\frac{١}{٢} \times ٦٠ \text{ ثانية}}$ = $\frac{١٥٠٠}{٣٠}$ د/ث = ٥٠ هرتز .

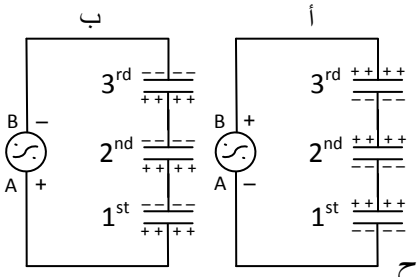
لحساب مساحة وجه الملف: س = الطول × العرض = ٢٥ × ١٠ = ٢٥٠ سم^{٢}
= ٢٥٠ × ١٠$^{-٤}$ م^{٢} = ٠,٠٢٥ م^{٢} = $\frac{٢٥}{١٠٠٠}$ م^{٢} .

لحساب الزاوية بين العمودي والخطوط: ωز = θ = ٩٠° – ٢٧٠° = ٩٠° – ١٨٠°
∴ ق = ن س ب ω جا(ωز) = ن س ب (f π٢) جا(ωز)
= ١٠٠ × $\frac{٢٥}{١٠٠٠}$ × $\frac{٧}{١٠٠}$ × ٢ × $\frac{٢٢}{٧}$ × ٥٠ جا١٨٠° = صفر .

المعطيات:
f = ١٥٠٠ دورة في $\frac{١}{٢}$ دقيقة
ب = ٠,٠٧ تسلا = $\frac{٧}{١٠٠}$ تسلا
ن = ١٠٠ لفة
طول الملف = ٢٥ سم = ٠,٢٥ م
عرض الملف = ١٠ سم = ٠,١ م
θ = ٢٧٠° ، ق = ؟ .

تدريب(٧):

١- الإجابة الصحيحة هي (لوحي المكثف وقطبي المصدر) .



شكل (١٩)

٢- في نصف الدورة الأول الشكل (١٩ - أ) وبسبب فرق الجهد(الضغط الكهربائي) بين قطبي المصدر تنجذب إلكترونات اللوح الأعلى للمكثف الثالث(3rd) نحو القطب (B) الموجب وتسري الإلكترونات من قطب المصدر (A) السالب نحو اللوح الأسفل للمكثف الأول(1st) لتتراكم عليه مكونة جهداً سالباً يسبب تكون جهداً موجباً على اللوح الآخر للمكثف عن طريق التجاذب والتنافر الكهربائي لتبتعد إلكتروناته فتتراكم على اللوح الأسفل للمكثف الثاني(2nd) مكونة جهداً سالباً عليه وجهداً موجباً على اللوح الآخر له ، وهكذا يحدث للمكثف الثالث فيمر التيار الكهربائي خلال الدائرة .
وبنفس الطريقة يمر التيار الكهربائي خلال الدائرة في النصف الثاني للدورة عند عكس قطبي المصدر المتردد فتنعكس قطبية جهد لوحي كل مكثف في الدائرة كما في الشكل (١٩ - ب) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تدريب(٨):

$$\left\{\begin{array}{l}\frac{١}{سع_ك}=\frac{١}{سع_١}+\frac{١}{سع_٢}+\frac{١}{سع_٣}\\ سع_ك = سع_١ + سع_٢ + سع_٣\end{array}\right. \Leftarrow (سع)_{\text{على التوالي}} < (سع)_{\text{على التوازي}}$$

ونعلم أن: $(م_{سع})_ك = \frac{١}{٢\pi f سع_ك} \Leftarrow (م_{سع})_ك$ على التوالي $<$ $(م_{سع})_ك$ على التوازي ،

وأن: $ت = \frac{جـ}{(م_{سع})_ك}$ ∴ $(ت)_{\text{على التوالي}} < (ت)_{\text{على التوازي}}$ ■

تدريب(٩):

المعطيات:
سع = ٥٠ مايكروفاراد = ٥×١٠^{-٥} فاراد
س = ١٠٠٠ سم^٢ = $١٠^{٣} \times ١٠^{-٤}$ م^٢ = ٠,١ م^٢
ت = ١٢ أمبير ، ن = ١٠٠ لفة
ب = ٠,٧ تسلا ، $ز_ذ$ = ؟ .

$(ق)_{\text{للدينامو}} = (جـ)_{\text{للمكثف}} \Leftarrow ن س ب \omega = ت \times م_{سع} \Leftarrow ن س ب(٢\pi f) = \frac{ت}{٢\pi f سع}$

$\Leftarrow ت = ٤\pi^٢ f^٢ سع ن س ب \Leftarrow ت = \frac{٤\pi^٢ سع ن س ب}{ز_ذ^٢}$

∴ $ز_ذ = \sqrt{\frac{٤\pi^٢ سع ن س ب}{ت}} = \sqrt{\frac{٤\pi^٢ \times ٥ \times ١٠^{-٥} \times ١٠٠ \times ١٠^{-١} \times ٧ \times ١٠^{-١}}{١٢}}$ = ٠,٠٣٤ ث .

تدريب(١٠):

المعطيات:
$م_{حث_١} + م_{حث_٢}$ = ٤٥ Ω
$\frac{١}{م_{حث_١}} + \frac{١}{م_{حث_٢}} = \frac{١}{١٠ Ω}$
f = ٧٠ هرتز .
$حث_١$ = ؟ ، $حث_٢$ = ؟ .

عند توصيل الملفين على التوالي يكون: $م_{حث_١} + م_{حث_٢}$ = ٤٥ أوم ..... (١) .

عند توصيل الملفين على التوازي يكون: $\frac{١}{(م_{حث})_{الكلية}} = \frac{١}{م_{حث_١}} + \frac{١}{م_{حث_٢}} = \frac{م_{حث_١} + م_{حث_٢}}{م_{حث_١} \times م_{حث_٢}}$

$\Leftarrow \frac{١}{١٠} = \frac{٤٥}{م_{حث_١} \times م_{حث_٢}} \Leftarrow م_{حث_١} \times م_{حث_٢}$ = ٤٥٠

∴ $م_{حث_١} = \frac{٤٥٠}{م_{حث_٢}}$ ..... (٢) ، وبتعويض (٢) في (١) نحصل على:

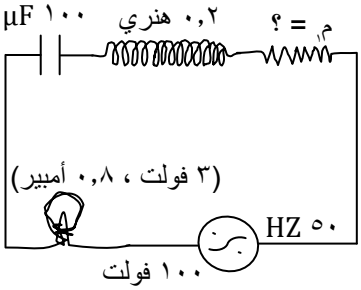
$\frac{٤٥٠}{م_{حث_٢}} + م_{حث_٢}$ = ٤٥ $\Leftarrow$ ٤٥٠ + $(م_{حث_٢})^٢$ = ٤٥$م_{حث_٢}$ $\Leftarrow$ $(م_{حث_٢})^٢ - ٤٥ م_{حث_٢} + ٤٥٠$ = صفر .

وهذه معادلة من الدرجة الثانية في المتغير $(م_{حث_٢})$ وحلها باستخدام القانون العام لنحصل على:

$م_{حث_١}$ = ٣٠ أوم ، $م_{حث_٢}$ = ١٥ أوم .

∵ $م_{حث} = ٢\pi f$ حث ∴ $حث_١ = \frac{م_{حث_١}}{٢\pi f} = \frac{٣٠}{٧٠ \times \pi ٢}$ = ٠,٠٦٨ H .

، $حث_٢ = \frac{م_{حث_٢}}{٢\pi f} = \frac{١٥}{٧٠ \times \pi ٢}$ = ٠,٠٣٤ هنري .



شكل (٣١)

تدريب(١١):

أ- معاوقة الدائرة$(م_ق)$ = $\frac{جـ}{ت} = \frac{١٠٠}{٠,٨}$ = ١٢٥ أوم .

ب- $م_{حث} = ٢\pi f$ حث = $\pi ٢ \times ٥٠ \times ٠,٢$ = ٦٢,٨٣ Ω ، $م_{سع} = \frac{١}{٢\pi f سع} = \frac{١}{\pi ٢ \times ٥٠ \times ١٠٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ٣١,٨٣ أوم ،

$م_{مصباح} = \frac{جـ_{مصباح}}{ت} = \frac{٣}{٠,٨}$ = ٣,٧٥ أوم ، $م_ق$ = ١٢٥ أوم ، $م_ق^٢ = م^٢ + (م_{حث} - م_{سع})^٢$

$\Leftarrow م = \sqrt{م_ق^٢ - (م_{حث} - م_{سع})^٢} = \sqrt{(١٢٥)^٢ - (٦٢,٨٣ - ٣١,٨٣)^٢}$ = ١٢١,١ أوم .

ولأن $م_ذ$ ، $م_{مصباح}$ متصلتان على التوالي $\Leftarrow م = م_ذ + م_{مصباح} \Leftarrow م_ذ = م - م_{مصباح}$ ،

∴ المقاومة الأومية$(م_ذ)$ = ١٢١,١ – ٣,٧٥ = ١١٧,٣٥ أوم .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

جـ- القيمة القصوى لفرق الجهد بين طرفي المقاومة الأومية($جـ_{م_{١}}$) = ت × $م_{١}$ = ٠,٨ × ١١٧,٣٥ = ٩٣,٨٨ فولت .

القيمة القصوى لفرق الجهد بين طرفي المفاعلة الحثية($جـ_{حث}$) = ت × $م_{حث}$ = ٠,٨ × ٦٢,٨٣ = ٥٠,٣ فولت .

القيمة القصوى لفرق الجهد بين طرفي المفاعلة السعوية($جـ_{سع}$) = ت × $م_{سع}$ = ٠,٨ × ٣١,٨٣ = ٢٥,٥ فولت .

د- ϕ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{جـ_{حث} - جـ_{سع}}{جـ_{م}}\right)$ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{٢٥,٥ - ٥٠,٣}{٩٣,٨٨}\right)$ = ١٤,٨° < صفر ∴ التأثير العام للدائرة تأثير حثي .

هـ- ١- عند دمج الملفين(٠,١٦ ، ٠,٠٤) هنري مع الملف الموجود(٠,٢) هنري على التوازي فإن:

$\frac{١}{حث_{ك}} = \frac{١}{حث_{١}} + \frac{١}{حث_{٢}} + \frac{١}{حث_{٣}} = \frac{١}{٠,١٦} + \frac{١}{٠,٠٤} + \frac{١}{٠,٢} = \frac{١}{١٦} = \frac{٥٨٠}{١٦}$ ⟸ حث$_{ك}$ = $\frac{١٦}{٥٨٠}$ = ٠,٠٣ هنري ،

$(م_{حث})_{ك}$ = $f\pi٢$ حث$_{ك}$ = ٢π × ٥٠ × $\frac{٣}{١٠٠}$ = $\pi٣$ = ٩,٤ Ω .

⟸ $م_{ق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(١٢١,١)^{٢} + (٩,٤ - ٣١,٨٣)^{٢}}$ = ١٢٣ Ω .

∴ ت = $\frac{جـ}{م_{ق}}$ = $\frac{١٠٠}{١٢٣}$ = ٠,٨١٣ أمبير .

٢- ϕ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}\right)$ = ظا$^{-١}$$\left(\frac{٣١,٨٣ - ٩,٤}{١٢١,١}\right)$ = – ١٠,٥° < صفر ∴ التأثير العام للدائرة تأثير سعوي .

تدريب(١٢):

أ- $م_{ق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(٥)^{٢} + (صفر - ٣٠)^{٢}}$ = ٣٠,٤ أوم .

المعطيات:
م = ٥ أوم
$م_{سع}$ = ٣٠ Ω
f = ٧٠ HZ
$جـ_{ق}$ = ٢٥٠ V

∴ القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد المار في الدائرة($ت_{ق}$) = $\frac{جـ_{ق}}{م_{ق}}$ = $\frac{٢٥٠}{٣٠,٤}$ = ٨,٢ أمبير .

ب- يتفق فرق الجهد مع شدة التيار إذا تحقق شرط الرنين ⟸ $م_{حث}$ = $م_{سع}$ ⟸ $م_{سع}$ = $f\pi٢$ حث

∴ حث = $\frac{م_{سع}}{f\pi٢}$ = $\frac{٣٠}{٧٠ \times \pi٢}$ = ٠,٠٦٨ هنري .

جـ- شدة التيار المار في الدائرة بعد إدخال الملف(ت) = $\frac{جـ_{ق}}{م_{ق}}$ = $\frac{\sqrt{٢} \times ٢٥٠}{٥}$ = $\frac{\sqrt{٢} \times جـ_{ق}}{م}$ = ٧٠,٧ أمبير .

تدريب(١٣):

أ- تردد الموجات المتولدة(f_o) = $\frac{١}{٢\pi\sqrt{حث\ سع}}$ = $\frac{١}{٢\pi\sqrt{(٩ \times ١٠^{-٦}) \times (٤ \times ١٠^{-٦})}}$ = ٢٦,٥ هرتز .

ملف مهمل المقاومة
حث = ٤ هنري
سع = ٩ مايكروفاراد
شكل (٣٥)

ب- ∵ ع = λf ∴ λ = $\frac{ع}{f}$ = $\frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٢٦,٥}$ = ١,١٣ × ١٠^{٧} م .

جـ- $م_{ق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ = $م_{حث} - م_{سع}$ = $f\pi٢$ حث – $\frac{١}{f\pi٢ سع}$

= ٢π × ٥٠ × ٤ – $\frac{١}{٢\pi \times ٥٠ \times ٩ \times ١٠^{-٦}}$ = ٩٠٢,٩٦ أوم .

∴ ت = $\frac{جـ_{ق}}{م_{ق}}$ = $\frac{١٠٠}{٩٠٢,٩٦}$ = ٠,١١ A .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(أسئلة اختبارات وزارية للعام الدراسي ٢٠١٨ - ٢٠١٩ م)

الأول - ماذا يقصد بكل من: - القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد ؟ - المفاعلة الحثية ؟

الثاني - اذكر تطبيقاً واحداً لكل من: - ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟ - ظاهرة التأثير الحراري للتيار الكهربائي ؟

الثالث - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة أو علامة (×) أمام العبارة الخاطئة في كل مما يأتي:

أ- يتغير اتجاه التيار المتردد الجيبي في كل نصف دورة من دورات ملف الدينامو المولد له . ( )

ب- تصل (ق.د.ك) الناتجة من ملف الدينامو إلى نصف قيمتها العظمى عندما (ωز = ٣٠°) ( )

جـ- التيار الذي شدته العظمى ($\frac{١}{\sqrt{٢}}$) أمبير تكون القيمة الفعالة لشدته (١) أمبير . ( )

د- عندما تكون زاوية الطور سالبة يكون التيار سابقاً للجهد في دائرة المعاوقة . ( )

هـ- السعة الكلية لعدة مكثفات متصلة على التوالي أكبر منها عندما تكون متصلة على التوازي . ( )

الرابع - علل(إعط تفسيراً علمياً) لما يأتي:

أ- يشد سلك الأميتر الحراري على لوحة من مادة لها نفس معامل تمدده مع عزله عنها .

ب- يمكن استخدام الأميتر الحراري لقياس كلاً من القيمة الفعالة للتيار المتردد وشدة التيار المستمر .

جـ- لا يمر التيار المستمر ولا المتردد خلال لوحي المكثف .

د- تضمحل الذبذبات الكهربائية المتولدة من الدائرة المهتزة تدريجياً .

هـ- يتفق الجهد والتيار في زاوية الطور لدائرة الرنين عند حدوث الرنين .

الخامس - اشرح - باختصار مع الرسم - نشاطاً علمياً توضح فيه سلوك المكثف في دوائر التيار المستمر .

السادس - وضح بالرسم مع كتابة البيانات: - تركيب الأميتر الحراري .

- دائرة تحتوي على ملفين متصلين على التوالي وأخرى تحتوي على ملفين متصلين على التوازي ، وفي أي منهما تكون ($م_{حث}$) أكبر ؟

السابع - أسئلة:

١- اذكر العوامل التي تتوقف عليها القوة الدافعة الكهربائية العظمى المتولدة في ملف الدينامو .

٢- اذكر العوامل التي تتوقف عليها (ق.د.ك) التأثيرية اللحظية المتولدة في ملف الدينامو .

٣- اذكر العوامل المؤثرة في تردد الدائرة المهتزة .

٤- اذكر العوامل التي تتوقف عليها المفاعلة الحثية($م_{حث}$) .

٥- اذكر العوامل التي يتوقف عليها معامل الحث الذاتي للملف(حث) .

٦- ماذا يحدث عند تساوي كمية الحرارة المتولدة في سلك الأميتر الحراري مع كمية الحرارة المفقودة منه ؟

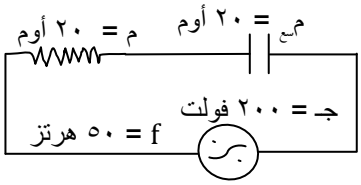
٧- ماذا يحدث لسلك الأميتر الحراري عندما يمر فيه تيار كهربائي متردد أو مستمر ؟

٨- ماذا يحدث لشدة التيار والمعاوقة عند حدوث الرنين في دائرة الرنين ؟

الثامن - مسائل:

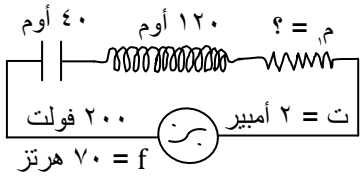
أ- باستخدام المعطيات في الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم إحسب:

١- زاوية الطور ، ٢- المعاوقة ، ٣- شدة التيار .



ب- انظر إلى الدائرة الكهربائية في الشكل المقابل ثم احسب:

١- المقاومة الأومية ، ٢- معامل الحث الذاتي للملف .



حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة الثالثة(الإلكترونيات - Electronics)

مدخل:

الإلكترونيات: هو العلم والتقنية المختصان بانتقال الدقائق المشحونة في مادة شبه الموصل أو في الغازات أو في الفراغ .

- ١٩٠٤م: دخلت الإلكترونيات في مجال التقنية بعد أن استطاع فلمنج اختراع الصمام الثنائي فكان هذا الإختراع اللبنة الأولى في عالم الإلكترونيات .
- ١٩٢٠م: الإستخدام الأول للإلكترونيات وكان في مجال الإتصالات الإذاعية .
- ١٩٥٠م: حدثت نقلة كبيرة ونوعية في علم الإلكترونيات حيث تم اختراع الترانزستور فحل محل الصمام في الدائرة الإلكترونية .

- إن ازدياد الإعتماد على الدوائر الكهربائية المتكاملة(IC) مترافقا مع ظهور اسلوب تقارب أجزاء الدوائر الكهربائية أدى إلى تناقص احجام الأجهزة الإلكترونية حتى أصبح من الممكن وضع بعضها في جسم الإنسان .
- إن الخواص الكهربائية للذرة تعتمد على ما يحتويه مدارها الخارجي من الإلكترونات الطليقة حرة الحركة وتبعا لذلك تنقسم المواد إلى:

١- مواد موصلة تسمى الموصلات(Conductors) تكون جيدة التوصيل الكهربي مثل الذهب والفضة والنحاس والحديد والألمونيوم وغيرها من الفلزات والمعادن ! لإمتلاكها عددا كبيرا من الإلكترونات الطليقة(حرة الحركة) .

٢- مواد عازلة تسمى العوازل(Insulators) تكون عديمة التوصيل كهربيا مثل الخشب والمطاط والجلد المدبوغ والزجاج والخزف الصيني(البورسلين) ! لعدم امتلاكها إلا لعدد قليل جدا من الإلكترونات حرة الحركة(الطليقة) .

٣- مواد نصف موصلة أو نصف عازلة تسمى أشباه الموصلات(SemiConductors) ومعظم المواد في الشكل (١) أشباه موصلات ! لإمتلاكها عددا قليلا من الإلكترونات الطليقة ، وأكثرها انتشارا ودراسة من قبل العلماء الجرمانيوم($_{32}Ge$) والسليكون($_{14}Si$) .

- أهم ما يميز أشباه الموصلات هو أن قدرتها على توصيل الكهرباء تتناسب طرديا مع درجة الحرارة فتزداد بارتفاع درجة الحرارة وتقل بانخفاض درجة الحرارة حتى أن مادة شبه الموصل تكون عازلة تماما عند درجة الصفر المطلق! لأن الإلكترونات مرتبطة ارتباطا وثيقا مع ذراتها وطاقتها الحركية صفر فلا تستطيع الإفلات منها ، (حيث طح = طحر = $\frac{3}{2}KT$ = صفر ، لأن T = صفر) .

$_{5}B$ البورون	$_{6}C$ الكربون			
$_{13}AL$ الألومنيوم	$_{14}Si$ السيليكون	$_{15}P$ الفوسفور	$_{16}S$ الكبريت	
$_{31}Ga$ الجاليوم	$_{32}Ge$ الجرمانيوم	$_{33}As$ الزرنيخ	$_{34}Se$ السلينيوم	
$_{49}In$ الأنديوم	$_{50}Sn$ القصدير	$_{51}Sb$ الأنتيمون	$_{52}Te$ التيلوريوم	$_{53}I$ اليـــود

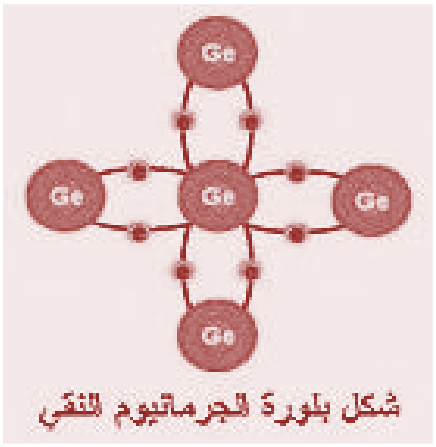
شكل (١)

أشباه الموصلات:

اشباه الموصلات: هي مواد عازلة كهربائيا في الظروف الإعتيادية وتصبح جيدة التوصيل تحت ظروف خاصة مثل التسخين الشديد(رفع درجة حرارتها) وإضافة الشوائب ، ولذلك يوجد نوعان من أشباه الموصلات نقية وغير نقية .

أولا: - اشباه الموصلات النقية:

تصل الكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة في الموصلات الجيدة $١٠^{٢٨}$ إلكترون/ م^{٣} وفي العازلة $١٠^{٧}$ إلكترون/ م^{٣} وفي أشباه الموصلات تتراوح بين هاتين القيمتين .



شكل بلورة الجرمانيوم النقي

التركيب البلوري لأشباه الموصلات النقية:

الشكل المرسوم جانبا يبين التركيب البلوري لبلورة شبه الموصل (الجرمانيوم) ، ويعد الجرمانيوم والسليكون من أهم أشباه الموصلات المستخدمة في التطبيقات الإلكترونية وهي من عناصر المجموعة الرابعة الأساسية في الجدول الدوري أي أن تكافؤها

رباعي بحيث يحتوي مدار ذراتها الأخير على أربعة إلكترونات لذلك ترتبط كل ذرة منها مع اربع ذرات مجاورة لها بأربع روابط تساهمية حيث تصبح كل ذرة محاطة بثمانية الكترونات شديدة التماسك بذراتها لذلك تكون أشباه الموصلات أقل توصيلا للتيار الكهربائي في الظروف الإعتيادية(درجة الحرارة والضغط الجوي العاديين) .

س: ما الظروف التي تجعل أشباه الموصلات النقية جيدة التوصيل كهربيا ؟

جـ: ١- رفع درجة حرارتها فتكتسب الإلكترونات طاقة حرارية($\frac{3}{2}KT$) تمكنها من كسر الروابط التساهمية فتتحرر لتصبح إلكترونات طليقة فتقل مقاومتها الكهربائية لتصبح جيدة التوصيل .

٢- تطعيمها بنسبة ضئيلة من أحد عناصر المجموعتين الخامسة أو الثالثة فتصبح أشباه موصلات غير نقية جيدة التوصيل للتيار الكهربائي .

س: كيف نميز/قارن بين المواد الموصلة والعازلة وشبه الموصلة من حيث ميكانيكية التوصيل(حاملات الشحنة) وتأثير درجة الحرارة ؟ .

جـ:

وجه المقارنة	المواد الموصلة	المواد العازلة	المواد شبه الموصلة
ميكانيكية التوصيل (حاملات الشحنة)	بواسطة الإلكترونات الحرة	لا يوجد فيها توصيل	بواسطة الإلكترونات الحرة والفجوات
تأثير ارتفاع درجة الحرارة	تزداد المقاومة فتقل قدرتها على التوصيل الكهربائي	تنخفض المقاومة ولكنها تظل كبيرة لدرجة أن المادة الصلبة تنصهر قبل أن تصبح موصلة	تنخفض المقاومة بشكل كبير فتزداد قدرتها على التوصيل الكهربائي

ثانياً: ـ أشباه الموصلات غير نقية :

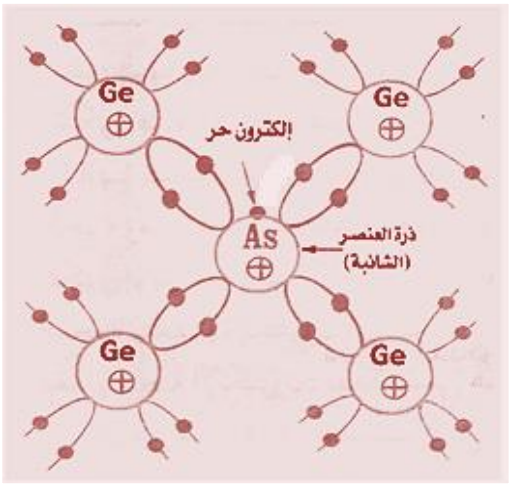
هي أشباه موصلات نقية مطعمة بنسبة ضئيلة من أحد عناصر مجموعتي الشوائب الخامسة والثالثة في الجدول الدوري لتكسبها خصائص مميزة منها:

١ـ تزيد من قدرة شبه الموصل على توصيل التيار الكهربي .

٢ـ الحصول على نوعين من أشباه الموصلات غير النقية هما النوع السالب والنوع الموجب .

ـ النوع الأول - شبه الموصل من النوع السالب (الشائبة المانحة للإلكترونات) ويكون فيها:

* شبه الموصل هو عنصر الجرمانيوم($_{32}Ge$) أحد عناصر المجموعة الرابعة فيكون رباعي التكافؤ ويحتوي المدار الأخير لذراته على أربعة إلكترونات($4S^2 4P^2$) .
* الشائبة هو عنصر الزرنيخ($_{33}As$) أحد عناصر المجموعة الخامسة فيكون خماسي التكافؤ ويحتوي المدار الأخير لذراتها على خمسة إلكترونات($4S^2 4P^3$) .
* عند التطعيم ترتبط أربعة إلكترونات من كل ذرة زرنيخ مكونة أربع روابط تساهمية مع أربعة الكترونات لأربع ذرات جرمانيوم مجاورة لها فيبقى الإلكترون الخامس غير المشارك في هذا الترابط ضعيف الإرتباط بذرة الزرنيخ(إلكترون حر) فيزداد عدد الإلكترونات الطليقة في بلورة شبه الموصل لتصبح جيدة التوصيل للتيار الكهربائي .
* حاملات الشحنة في هذه البلورة هي الإلكترونات سالبة الشحنة لهذا تسمى بلورة هذا النوع البلورة السالبة (N - Type) .

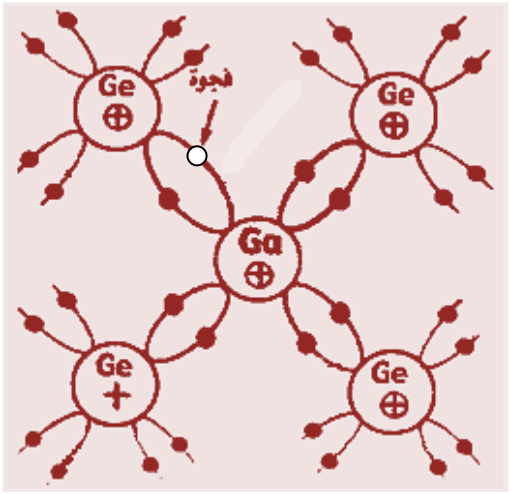


التركيب البلوري لشبه الموصل من النوع السالب

ـ النوع الثاني - شبه الموصل من النوع الموجب (الشائبة المستقبلة للإلكترونات) ويكون فيها:

* شبه الموصل هو عنصر الجرمانيوم($_{32}Ge$) أحد عناصر المجموعة الرابعة فيكون رباعي التكافؤ ويحتوي المدار الأخير لذراتها على أربعة إلكترونات($4S^2 4P^2$) .

* الشائبة هو عنصر الجاليوم($_{31}Ga$) أحد عناصر المجموعة الثالثة فيكون ثلاثي التكافؤ ويحتوي المدار الأخير لذراته على ثلاثة إلكترونات($4S^2 4P^1$) .
* عند التطعيم ترتبط إلكترونات كل ذرة جاليوم الثلاثة مكونة ثلاث روابط تساهمية مع ثلاثة الكترونات لثلاث ذرات جرمانيوم مجاورة لها أما مكان الإلكترون الرابع للرابطة التساهمية الرابعة(غير المكتملة) مع الكترون ذرة الجرمانيوم الرابعة فيظل شاغرا(فارغا) ويسمى فجوة(ثغرة) تسمح بانتقال إلكترون إليها من رابطة تساهمية مجاورة فتنتقل الفجوة إلى هذه الرابطة وهكذا تتكرر عملية انتقال(حركة) الفجوات بعكس اتجاه انتقال(حركة) الإلكترونات فتبدو الفجوات وكأنها تنتقل في البلورة من موضع إلى آخر - كما في الشكل أسفل - فتصبح البلورة جيدة التوصيل كهربائيا .
* حاملات الشحنة في هذه البلورة هي الفجوات موجبة الشحنة ولهذا تسمى بلورة هذا النوع البلورة الموجبة(P - Type) .



التركيب البلوري لشبه الموصل من النوع الموجب



ملاحظات:
١- عدد الإلكترونات الحرة في بلورة شبه الموصل من النوع السالب يساوي عدد الذرات الشائبة . !
٢- عدد الفجوات في بلورة شبه الموصل من النوع الموجب يساوي عدد الذرات الشائبة . !
٣- شحنة الفجوة = شحنة الإلكترون = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم .

س: لماذا يستخدم الزرنيخ أو الجاليوم كشوائب لإضافتها إلى الجرمانيوم للحصول على بلورة شبه الموصل ؟
جـ: لأنهما العنصران التالي والسابق للجرمانيوم وكل من ذرتيهما لها نفس حجم ذرة الجرمانيوم تقريبا فتكون ملائمة لتحل محلها في البلورة .

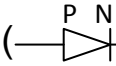
إثراء:
أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- ماذا يقصد بكل من: - أشباه الموصلات غير النقية ؟ - الشوائب في أشباه الموصلات ؟

٢- تكون أشباه الموصلات عازلة تماما عند درجة الصفر المئوي . ( )
- عندما تنتظم ذرات الجرمانيوم لتكوين بلورته فإن كل ذرة ترتبط مع ذرتين مجاورتين بروابط تساهمية . ( )
- في درجة الصفر المطلق تكون مقاومة بلورة شبه الموصل كبيرة . ( )
- عند إضافة العنصر (Sb) كشائبة إلى بلورة نقية من السليكون نحصل على بلورة من النوع (P) . ( )
٣- أكمل العبارات التالية:
- ذرات عنصر الجرمانيوم والسليكون يحتوي مستوى طاقتيهما الخارجي على ..... إلكترونات .
٤- البلورة المانحة للإلكترونات تتكون من ذرات جرمانيوم مطعمة بذرات (نحاس ، زرنيخ ، سيليكون ، كربون) .
- تكون أشباه الموصلات عازلة تماما عند درجة(صفر°م ، ١٠٠°م ، ٢٧٣°م ، –٢٧٣°م) .
٥- علل: - حاملات الشحنة في بلورة السليكون السالب هي الإلكترونات .
- ازدياد توصيل السليكون بارتفاع درجة الحرارة .
٦- وضح أثر ازدياد ونقصان درجة الحرارة على توصيلية أشباه الموصلات .
٧- ما الخاصية الهامة التي تتميز بها المواد شبه الموصلة عن غيرها من المواد ؟ وما أهميتها في الحياة ؟
٨- لديك بلورة سليكون نقية(Si) طعمت مرة بشوائب من الجاليوم(Ga) ومرة أخرى طعمت وهي نقية بشوائب من الزرنيخ(As) ، وضح بالرسم - فقط - طبيعة الروابط المتكونة في البلورتين وحدد الشحنة لكل منهما .
ب- الإلكترون الحر في بلورة شبه الموصل من النوع السالب ضعيف الإرتباط بـ (ذرة شبه الموصل ، الذرة الشائبة) .
جـ- علل: - للحصول على بلورة شبه موصل من النوع السالب يطعم شبه الموصل بأحد عناصر المجموعة الخامسة .
- للحصول على بلورة شبه موصل من النوع الموجب يطعم شبه الموصل بأحد عناصر المجموعة الثالثة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوصلة الثنائية(ثنائي القطب أوالدايود P-N Junction):

تعريفها: هي نقطة الإتصال أو المعبر بين بلورتي شبه موصل ملتحمتان إحداهما من النوع السالب والأخرى من النوع الموجب .

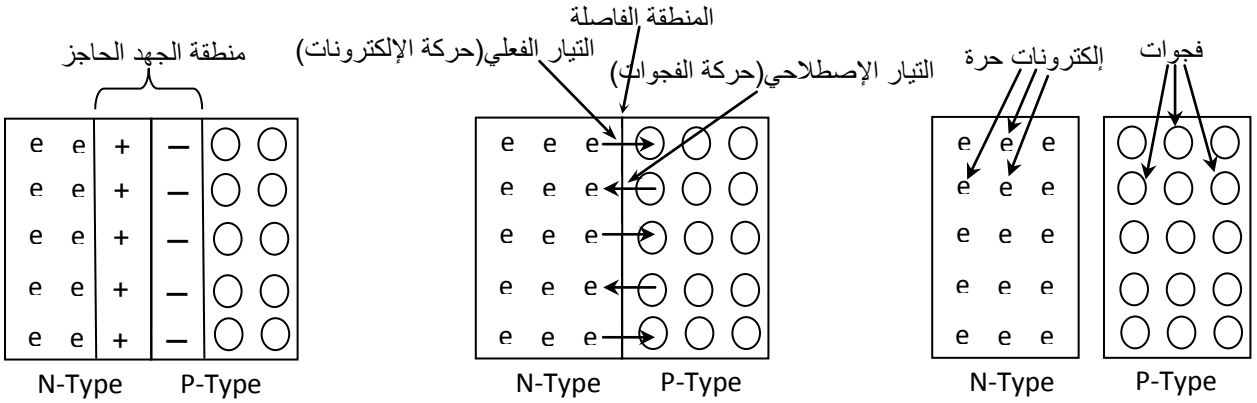
رمزها في الدائرة الكهربائية: (

) ، واتجاه السهم يوضح اتجاه التيار الإصطلاحي(حركة الفجوات) .

الغرض منها: تقويم التيار المتناوب(المتردد) إلى تيار مستمر .

استخدامها: تستخدم في الأجهزة الإلكترونية .

تكوُّن منطقة فرق الجهد الحاجز في بلورة الوصلة الثنائية:



عندما تكون البلورتان منفردتان قبل الإلتحام (شكل - أ) تكون كل منهما متعادلة كهربائياً ولحظة بدأ التحامهما لتكوين بلورة الوصلة الثنائية تنتقل الإلكترونات من البلورة السالبة(يصبح جهدها موجب) لتملأ بعض فجوات البلورة الموجبة (يصبح جهدها سالب) وتنتقل الفجوات من البلورة الموجبة إلى البلورة السالبة (شكل - ب) وتتكون نتيجة لذلك منطقة صغيرة على جانبي المنطقة الفاصلة سمكها تقريباً (٢) مايكرومتر تسمى منطقة حاجز الجهد (شكل – جـ) ، أي انه بعد إلتحام البلورتين وامتلاكهما جهدين مختلفين ينشأ فرق جهد في منطقة تلامسهما يتزايد تدريجيا حتى يصل إلى حد معين يكفي لمنع عبور المزيد من الإلكترونات والفجوات يسمى الجهد الحاجز(أو جهد الحاجز الداخلي) تكون قيمته لأشباه الموصلات (٠,١ ← ١) فولت وعملياً للجرمانيوم ٠,٣ فولت وللسليكون ٠,٧ فولت في الظروف الإعتيادية .

وتتغير قيمة فرق الجهد الحاجز بما يلي:

١- تغير درجة الحرارة ،

٢- تغير نسبة الشوائب ،

٣- دمج الوصلة الثنائية بدائرة كهربائية مغلقة .

نتيجة لحركة الإلكترونات والفجوات يمر تيار في الوصلة الثنائية لكنه ضعيف ولفترة قصيرة جدا هي فترة تكون الجهد الحاجز .

فرق الجهد الحاجز: هو أقصى فرق جهد يتكون في الوصلة الثنائية حين تكون منفردة بحيث يمنع مرور المزيد من الإلكترونات والفجوات بين بلورتيها ، كما في (شكل - جـ) أعلاه .

ملاحظات:

- في البلورة السالبة تكون حاملات الشحنة السائدة(الأساسية) هي الإلكترونات وحاملات الشحنة غير السائدة(غير الأساسية) هي الفجوات .
- في البلورة الموجبة تكون حاملات الشحنة السائدة(الأساسية) هي الفجوات وحاملات الشحنة غير السائدة(غير الأساسية) هي الإلكترونات .
- تسمح الوصلة الثنائية للتيار الكهربائي بالمرور خلالها إذا ما تم التغلب على فرق الجهد الحاجز .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

طرق توصيل الوصلة الثنائية ومرور التيار الكهربائي:

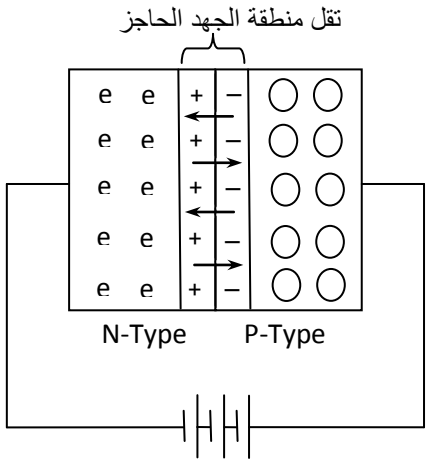
أولا: طريقة التوصيل الأمامي:

يوصل القطب الموجب للبطارية بالبلورة الموجبة والقطب السالب لها بالبلورة السالبة كما في (الشكلين - أ،ب) المقابل فعند التوصيل بفرق جهد خارجي أكبر من الجهد الحاجز يسري تيار في مرحلتين مختلفتين وفي اتجاهين متضادين:

التيار المار في مرحلة التغلب على الجهد الحاجز والتي فيها تعود إلكترونات الجهد السالب للبلورة الموجبة(تنتقل) إلى البلورة السالبة وتعود فجوات الجهد الموجب للبلورة السالبة إلى البلورة الموجبة (الشكل - أ) وهي هنا شحنات غير سائدة ، ونتيجة لذلك:

١- يسري تيار ضعيف يسمى التيار الناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة .

٢- يتناقص فرق الجهد الحاجز حتى الصفر وتعود بلورتي الوصلة الثنائية إلى حالة التعادل الكهربائي تقريبا .

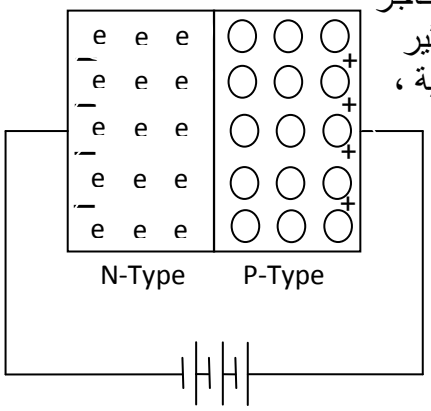


أ- مرحلة التغلب على الجهد الحاجز

التيار المار في مرحلة ما بعد التغلب على الجهد الحاجز ونتيجة لإنخفاض الجهد الحاجز (الشكل - ب) تتحرك الإلكترونات الحرة بعيدا عن القطب السالب للبطارية تحت تأثير الضغط الكهربائي الناتج عن التنافر بين الإلكترونات الحرة والقطب السالب للبطارية ، كما تتحرك الفجوات الموجبة بعيدا عن القطب الموجب للبطارية تحت تأثير الضغط الكهربائي الناتج عن التنافر بين الفجوات الموجبة والقطب الموجب للبطارية ونتيجة لتدفق الإلكترونات إلى البلورة السالبة يصبح جهدها سالبا وجهد البلورة الموجبة موجبا وهي هنا شحنات سائدة ، ونتيجة لذلك:

١- يسري تيار كبير نسبيا معاكس للسابق يسمى التيار الناشئ عن حاملات الشحنة السائدة يستمر لفترة غلق الدائرة .

٢- يمر عبر الوصلة تيارا كهربائيا يسمى التيار الأمامي للوصلة الثنائية يمثل الفرق بين التيار الناشئ عن حاملات الشحنة السائدة والتيار الناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة .



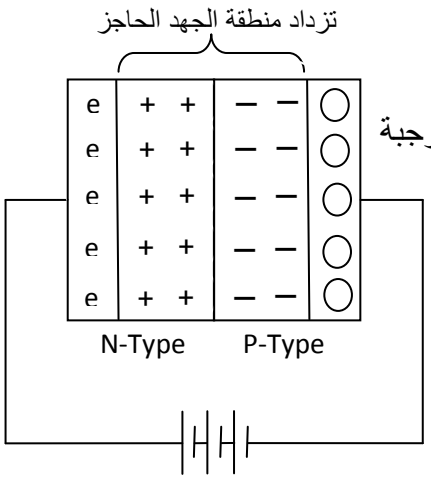
ب- التوصيل الأمامي

ثانيا: طريقة التوصيل الخلفي(العكسي):

يوصل القطب الموجب للبطارية بالبلورة السالبة والقطب السالب لها بالبلورة الموجبة (الشكل - جـ) فعند التوصيل بفرق جهد خارجي أكبر من الجهد الحاجز تنجذب إلكترونات البلورة السالبة نحو القطب الموجب للبطارية فيزداد جهدها الموجب وفجوات البلورة الموجبة نحو القطب السالب فيزداد جهدها السالب وبذلك يزداد فرق الجهد الحاجز ، وهي هنا شحنات سائدة ونتيجة لذلك:

١- يسري تيار ضعيف جدا ناشئ عن حاملات الشحنة السائدة لكنه لا يمر عبر الوصلة بل في الدائرة الخارجية لها يعتمد على قيمة جهد البطارية .

٢- يمر في الوصلة تيار ضعيف جدا ناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة يعتمد على نسبة الشوائب في البلورتين وقد لا يمر تيار كهربائي عبر الوصلة الثنائية في حالة التوصيل الخلفي(العكسي) .



جـ- التوصيل الخلفي

* عند زيادة فرق الجهد الخارجي بين طرفي الوصلة الثنائية عن حد معين(جهد الإنهيار) فإن مقاومة الوصلة الثنائية تنهار وتزيد شدة التيار ويسمى هذا التيار تيار التسرب(تيار الإنهيار) وغالبا ما يحدث تلف دائم للوصلة .

جهد الإنهيار: هو فرق الجهد المطبق بين طرفي الوصلة الثنائية والذي تنهار عنده مقاومتها للتيار الكهربائي عندما توصل توصيلا عكسيا .

* الإتجاه الإصطلاحي للتيار في الوصلة الثنائية هو اتجاه الفجوات ويكون من البلورة (P) إلى البلورة (N) ، والإتجاه الفعلي هو اتجاه الإلكترونات ويكون من البلورة (N) إلى البلورة (P) .

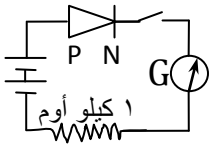
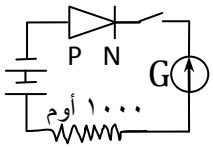
*** فكر ..!**

بما يختلف تيار تكون الجهد الحاجز لحظة التحام بلورتي الوصلة الثنائية عن تيار زيادة الجهد الحاجز نتيجة التوصيل الخلفي للوصلة الثنائية ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

س: مستعينا بالرسم اشرح تجربة تبين فيها أن الوصلة الثنائية تسمح بمرور التيار الكهربائي في حالة التوصيل الأمامي ولا تسمح بمروره في حالة التوصيل الخلفي . - سؤال وزاري -

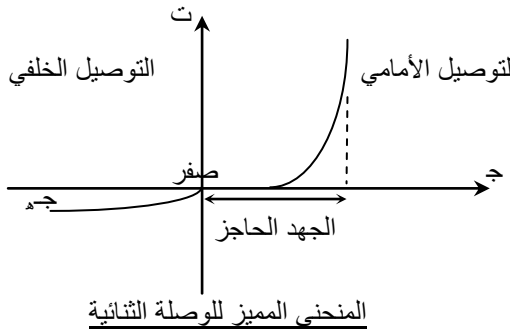
جـ: - نشاط(٧)(تجربة) - التوصيل الأمامي والتوصيل الخلفي للوصلة الثنائية:

	دائرة التوصيل الأمامي	دائرة التوصيل الخلفي
الأدوات المستخدمة:	* وصلة ثنائية ، مصدر تيار مستمر ، مقاومة ١ كيلو أوم ، أسلاك توصيل ، جلفانومتر .	* نفس الأدوات .
خطوات تنفيذ النشاط:	* ١- نوصل الأدوات على التوالي كما في الشكل المقابل . ٢- نقفل الدائرة بالمفتاح الكهربائي . 	* ١- نعكس قطبي مصدر التيار المستمر ليصبح التوصيل عكسي . ٢- نغلق الدائرة . 
الملاحظة:	* ينحرف مؤشر الجلفانومتر .	* لا ينحرف مؤشر الجلفانومتر .
الاستنتاج:	* في حالة التوصيل الأمامي للوصلة الثنائية يمر تيار في الدائرة(مغلقة) .	* في حالة التوصيل الخلفي للوصلة الثنائية لا يمر تيار في الدائرة(مفتوحة) .
التفسير:	* بسبب التوصيل الأمامي للوصلة الثنائية يقل الجهد الحاجز فتقل المقاومة فيمر التيار .	* بسبب التوصيل الخلفي للوصلة الثنائية يزداد الجهد الحاجز فتزداد المقاومة فلا يمر تيار كهربائي .

المنحنى المميز للوصلة الثنائية:

ويقصد به العلاقة بين فرق الجهد الحاجز وشدة التيار المار في الوصلة الثنائية ونلاحظ من الشكل المجاور أنه:

- في حالة التوصيل الأمامي أن زيادة ضئيلة في فرق الجهد الخارجي تؤدي إلى مرور التيار في الوصلة الثنائية هذه الزيادة تبلغ ٠,٣ فولت في الوصلة الثنائية المصنوعة من الجرمانيوم و ٠,٧ فولت في الوصلة الثنائية المصنوعة من السليكون .
- أما في حالة التوصيل العكسي فإن التيار لا يمر إلا إذا زادت قيمة فرق الجهد الخارجي إلى جهد الإنهيار العكسي(جـ) فتتزايد شدته بسرعة عالية ويسمى هذا التيار تيار التسرب(تيار الإنهيار) وغالباً ما يحدث تلف دائم للوصلة .



المنحنى المميز للوصلة الثنائية

س: وضح بالرسم فقط مع كتابة البيانات على الرسم المنحنى المميز للوصلة الثنائية ثم فسر مناطق المنحنى تفسيرا فيزيائيا . - سؤال وزاري -

جـ: كما هو موضح على الرسم للشكل أعلاه .

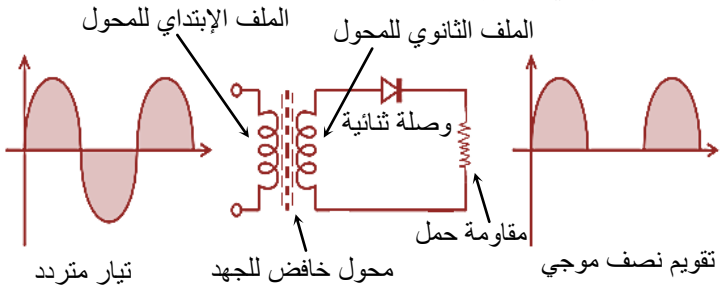
*** فكر ..!**

عند توصيل القطب الموجب للمصدر بالبلورة ذات الجهد الموجب والقطب السالب للمصدر بالبلورة ذات الجهد السالب يسمى هذا التوصيل توصيلاً أمامياً ، هل هذه العبارة صائبة أم خاطئة ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

استخدام الوصلة الثنائية في تقويم التيار المتناوب:

مما سبق نجد أن مقاومة الوصلة الثنائية صغيرة في اتجاه معين بينما مقاومتها في الإتجاه المضاد كبيرة أي أن الوصلة تسمح فقط لأنصاف الذبذبات بالمرور عندما يكون جهد البلورة الموجبة موجبا وجهد البلورة السالبة سالبا وهي حالة التوصيل الأمامي ، هذه الخاصية جعلت الوصلة الثنائية تستخدم في تقويم التيار المتردد .



الدائرة المستخدمة في التقويم:

هي عبارة عن محول كهربائي خافض للجهد يتصل طرفا ملفه الإبتدائي بمصدر التيار المتردد(الجهد الداخل) أما الملف الثانوي فيوصل طرفاه بالوصلة الثنائية ومقاومة حمل بين طرفيها يتكون الجهد الخارج

شرح العمل:

١- خلال النصف الموجب من دورة التيار المتردد يكون التوصيل أمامي فيمر التيار في دائرة الوصلة الثنائية .
٢- خلال النصف السالب من دورة التيار المتردد يكون التوصيل خلفي فلا يمر تيار في دائرة الوصلة الثنائية ويكون فرق الجهد بين طرفي مقاومة الحمل مساويا الصفر .

* ومن الوصلات المعروفة ثنائية الجرمانيوم وثنائية السليكون .

* حلت الوصلة الثنائية محل الصمام الثنائي المفرغ في عملية تقويم التيار في معظم الأجهزة الإلكترونية ، وذلك للأسباب التالية: ١- انها أقل استهلاكا للطاقة فهي: - تعمل على جهد منخفض ،
- تولد حرارة أقل بكثير .
٢- انها أصغر حجما وأخف وزنا .
٣- تخدم لفترة أطول ولا تتلف بسهولة .

س: ماذا يقصد بالتقويم النصف الموجي غير المكتمل ؟ (٢٠١٢ - ٢٠١٣)
جـ: هو الذي ينتج عنه مرور أنصاف موجات التيار الكهربائي خلال دائرة التقويم بالوصلة الثنائية وهو تقويم نصف موجي لأن دائرته لا تسمح بمرور أنصاف الذبذبات التي في الإتجاه المضاد أو المعاكس .

خصائص ومميزات الوصلة الثنائية شبه الموصل(N-P):

١- أهم ميزة للوصلة الثنائية هي قابليتها لمرور التيار خلالها في اتجاه واحد فقط .
٢- تمتلك متانة عالية - أداء ثابتا - حجما أصغر - فترة خدمة طويلة .
٣- تعمل في مدى محدد من درجات الحرارة (–٧٠ ← ١٧٥) درجة مئوية .
٤- سمك منطقة الإتصال(N-P) أقل من المسافة الفاصلة بين الذرات .
٥- تغطى بغلاف معدني ! لتجنيبها الأضرار الناتجة عن الهواء والضوء .

إثراء: - أسئلة وزارية مختارة -
١- ماذا يقصد بكل مما يأتي: أ- الجهد الحاجز في الوصلة الثنائية ؟
ب- التوصيل الأمامي للوصلة الثنائية ؟
٢- قلة مقاومة الوصلة الثنائية يعني صغر المنطقة الفاصلة . ( )
٣- عند ربط الوصلة الثنائية بمصدر للتيار الكهربائي بحيث تربط البلورة الموجبة بالقطب السالب والبلورة السالبة بالقطب الموجب فإن منطقة الجهد الحاجز (تقل ، تزداد ، تبقى ثابتة) .
- لا يمر تيار في الوصلة الثنائية إلا إذا كان جهد البلورة السالبة والموجبة (سالباً – سالباً ، موجباً – موجباً ، موجباً – سالباً ، سالباً - موجباً) .
٤- علل - تعتبر دائرة التوصيل الخلفي للوصلة الثنائية دائرة مفتوحة .
٥- اشرح كيف ينشأ الجهد الحاجز في الوصلة الثنائية ؟
٦- وضح بالرسم وكتابة البيانات الدائرة الكهربائية التي تستخدم فيها الوصلة الثنائية لتقويم التيار المتردد .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تدريبات(١): - أجب عن الأسئلة التالية -

١- إعط تعريفا لكل مما يلي: أ- الوصلة الثنائية ، ب- بلورة الوصلة الثنائية .

٢- أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خطأ ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:

أ- لحظة التحام بلورتي الوصلة الثنائية يسري تيار ضعيف جدا ناشئ عن انتقال حاملات الشحنة غير السائدة .

ب- اتجاه التيار الإصطلاحي في الوصلة الثنائية يكون من البلورة (P) إلى البلورة (N) .

جـ- عند توصيل الوصلة الثنائية بجهد خارجي التيار الناشئ عن حاملات الشحنة السائدة يتوقف على نسبة الشوائب والتيار الناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة يتوقف على قيمة الجهد الخارجي .

٣- علل: أ- لا تنتقل جميع الإلكترونات الحرة من البلورة السالبة إلى البلورة الموجبة عند التحامهما لتكوين الدايود .

ب- في حالة التوصيل الخلفي للوصلة الثنائية تعتبر دائرتها دائرة مفتوحة .

جـ- في دائرة الوصلة الثنائية لتقويم التيار المتناوب يستخدم محول خافض للجهد .

د- عند صناعة الدايود يراعى ان يكون سمك منطقة الإتصال(N-P) أقل من المسافة الفاصلة بين الذرات .

٤- هل يكون الإلكترون الحر أكثر ميلا لتكوين رابطة تساهمية أم ليظل حرا طليقا ؟

٥- ما أهم ميزة للوصلة الثنائية ؟

٦- ما سبب انتقال الإلكترونات الحرة من البلورة السالبة إلى البلورة الموجبة لحظة التصاقهما معا ؟

٧- متى تكون البلورة السالبة(N-type): ١- متعادلة كهربائيا ؟

٢- ذات جهد سالب ؟

٣- ذات جهد موجب ؟

٨- ما الذي سيحدث عند توصيل الوصلة الثنائية بفرق جهد خارجي أقل من الجهد الحاجز:

أ- في حالة التوصيل الأمامي ؟ ، ب- في حالة التوصيل الخلفي ؟

٩- صف ما سيحدث للوصلة الثنائية عند توصيلها بجهد خارجي أكبر من جهد الإنهيار توصيلا عكسيا ؟

الترانزستور(Transistor):

صنعه: اخترع لأول مرة عام ١٩٤٨م من قبل العالمان الأمريكيان براتينيان وباردين .

تعريفه: هو عبارة عن قطعة شبه موصلة مكونة من ثلاث بلورات تختلف البلورة الوسطى فيه في النوع عن البلورتين الطرفيتين ، وقد يطلق عليه ثنائي قطب أو وصلة الساندويتش بسبب:

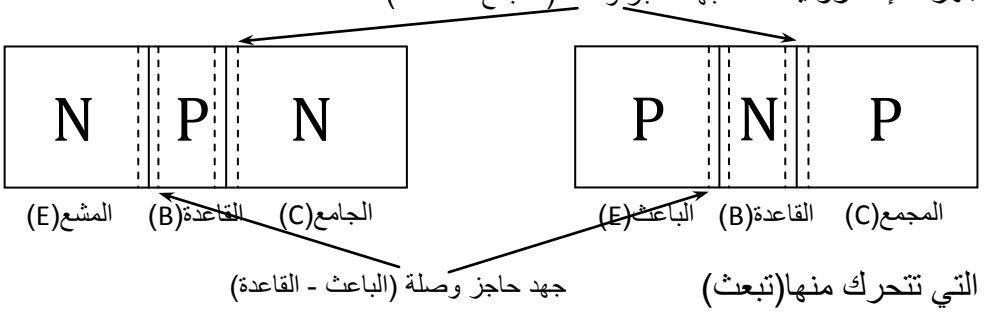
١- احتوائه على وصلتين ثنائيتين .

٢- مساهمة الفجوات والإلكترونات في حمل التيار فيه .

الغرض منه: تكمن أهميته في قدرته على تضخيم التيار والجهد والقدرة الكهربائية .

استخدامه: يستخدم في كثير من الأجهزة الإلكترونية .

تركيبه: يتكون من ثلاث بلورات متلاصقة من مادة شبه موصل (Ge أو Si) بحيث تتكون بين كل بلورتين وصلة ثنائية كما في الشكل المجاور ، وهذه البلورات هي:



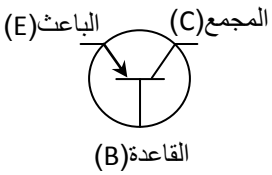
١- الباعث(Emitter): وهي البلورة التي تتحرك منها(تبعث) الإلكترونات الحرة أو الفجوات ورمزها (E) .

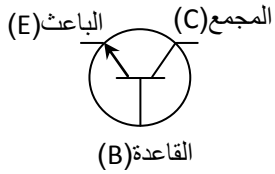
٢- القاعدة(Base): وهي البلورة الوسطى ورمزها (B) والتي تعمل كمفتاح لتشغيل وإطفاء الترانزستور .

٣- المجمع(Collector): وهي البلورة التي تجذب إليها(تُجمِّع) الإلكترونات الحرة أو الفجوات ورمزها (C).

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

رمزه في الدائرة:





نوعيه:

١- النوع (P - N - P)

وحاملات الشحنة فيه هى الفجوات

٢- النوع (N - P - N)

وحاملات الشحنة فيه هى الإلكترونات

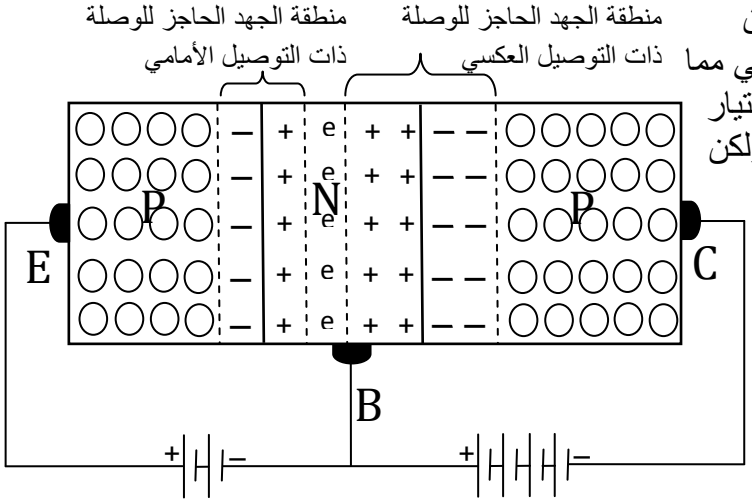
التمييز بين بلوراته(أقطابه) الثلاث:

١ـ القاعدة(B): تقع بين الباعث والمجمع وتكون أقرب إلى الباعث منها إلى المجمع .
٢ـ الباعث(E): غالباً يرسم البلورة الطرفية اليسرى ويوضع عليه سهم ! ١ـ ليبين إتجاه التيار .
٢ـ ليحدد نوع الترانزستور .
٣ـ المجمع(C): غالباً يرسم البلورة الطرفية اليمنى وقد توضع عليه دائرة ملونة عند طرفه .
٤ـ نسبة الشوائب: $B < C < E$.
٥- مساحة السطح: $B < E < C$.

* الترانزيستور نوع (NPN) أكثر شيوعا في الإستخدام من نوع (PNP) وذلك لإستجابته العالية بسبب أن سرعة حركة الإلكترونات في البلورة السالبة أعلى بكثير من سرعة حركة الفجوات في البلورة الموجبة .
* يفضل صناعة الترانزستور من السليكون لأنه:
١- يتحمل درجات حرارة أعلى تصل إلى ١٧٥ درجة مئوية .
٢- أسهل في تصنيعه من الجرمانيوم .
٣- أرخص ثمنا(الثاني من العناصر انتشارا في الطبيعة) .
* حل الترانزستور محل الصمام الثلاثي المفرغ في الإستخدامات التالية:
١ـ تقويم التيار المتناوب .
٢ـ تكبير التيار والجهد والقدرة الكهربائية .
٣ـ توليد الموجات اللاسلكية .
٤ـ توليد الإشارات الكهربية .
٥ـ يدخل في تركيب أجهزة الكشف عن الذبذبات والإشارات .
وذلك لتميزه عنه(مميزات الترانزستور) بما يلي:
١ـ صغر حجمه .
٢ـ خفة وزنه .
٣ـ متانته (صلابته) .
٤ـ عدم إحتياجه إلى تيار تسخين .
٥ـ قدرته العالية .
٦ـ يحتاج إلى جهد كهربي صغير ليعمل .
٧ـ يخدم لفترة زمنية طويلة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

فكرة عمل الترانزستور(التحكم بنسبة شوائب ومساحة بلوراته وطريقة توصيل وصلتيه الثنائيتين):

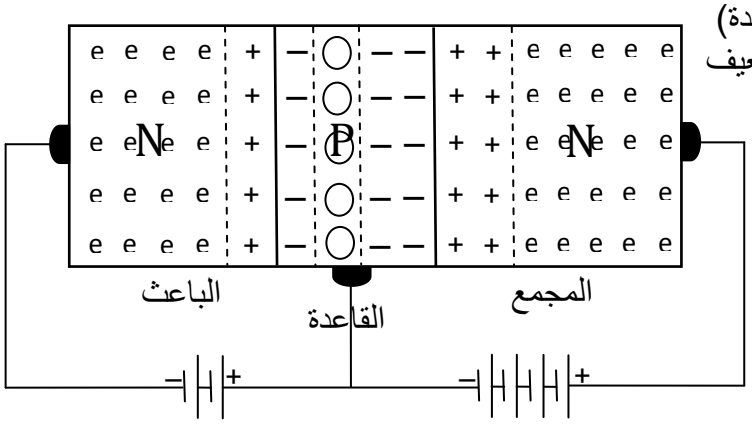


إن فكرة عمل الترانزستورات هي وجود وصلتين يكون في الغالب وضع التوصيل لإحداهما أمامي وللأخرى خلفي مما يعني أن الوصلة ذات التوصيل الأمامي ستسمح بمرور التيار بينما لا تسمح الوصلة ذات التوصيل العكسي بمروره ، ولكن إذا ما تم تصنيع الترانزستور بحيث يكون عرض بلورة القاعدة قليل جداً وأن منطقة الجهد الحاجز للوصلة ذات التوصيل العكسي تغطي معظم أجزائها فإن الإلكترونات أو الفجوات التي تصل إلى بلورة القاعدة من تيار الوصلة ذات التوصيل الأمامي ستقع في أسر المجال الكهربائي لمنطقة الجهد الحاجز للوصلة ذات التوصيل الخلفي وسيمر تياراً عالياً فيها رغم أن توصيلها عكسياً وكلما قل عرض بلورة القاعدة كلما زادت نسبة عدد الإكترونات أو الفجوات التي يتم اقتناصها من قبل الوصلة ذات التوصيل العكسي من العدد الكلي المتولد في الوصلة ذات التوصيل الأمامي .

إن هذه الآلية في طريقة عمل الترانزستور تمكن تياراً ضعيفا يمر في القاعدة من السيطرة على تيار قوي يمر بين الباعث والمجمع فتجعل القاعدة تعمل كمفتاح لتشغيل وإطفاء الترانزستور فعندما يسري التيار إلى القاعدة سيكون هناك طريق لسريان التيار من الباعث إلى المجمع (المفتاح بوضع التشغيل) ولكن إذا لم يوجد تيار يسري إلى القاعدة فإن التيار لا يمكنه السريان من الباعث إلى المجمع (يكون المفتاح بوضع إطفاء) .

وعند وضع التشغيل يتحكم تيار الباعث في تيار المجمع زيادةً أو نقصاناً لأن الباعث مصدر ناقلات الشحنة فهو ذو النسبة الأكبر من الشوائب ولذلك يسمى تيار الباعث بالتيار الحاكم وتيار المجمع بالتيار المحكوم !

شرح عمل الترانزستور(NPN):



أولا: توصل القاعدة والباعث بجهد ثابت توصيلا أماميا(الشكل - أ) وبالتالي يكون حاجز الجهد صغيرا جدا بين البلورتين وعلى ذلك تكون مقاومة وصلة (الباعث - القاعدة) صغيرة أيضا وعلى الرغم من ذلك لا يمر سوى تيار ضعيف نسبيا في الوصلة ! بسبب قلة الشوائب في القاعدة وصغر مساحتها .

ثانيا: يوصل المجمع والقاعدة بجهد ثابت توصيلا خلفيا (الشكل - ب) وبالتالي يكون حاجز الجهد بين البلورتين كبير وعلى ذلك تكون مقاومة وصلة (المجمع - القاعدة) كبيرة فلا يمر سوى تيار ضعيف ! بسبب التوصيل الخلفي .

ثالثا: بما أن مساحة القاعدة صغيرة وتحتوي على عدد قليل من ذرات الشوائب فإن عدد الفجوات بها يكون منخفضا وبالتالي يكون عدد الإلكترونات التي تملؤها منخفضا فلا يمر منها إلا تيارا ضعيفا ومعظم الإلكترونات تمر من الباعث إلى المجمع (معظم تيار الباعث يمر إلى المجمع) .

رابعا: بتطبيق قانون كيرتشوف على الترانزستور يكون:

شدة تيار الباعث($ت_E$) = شدة تيار المجمع($ت_C$) + شدة تيار القاعدة($ت_B$) .

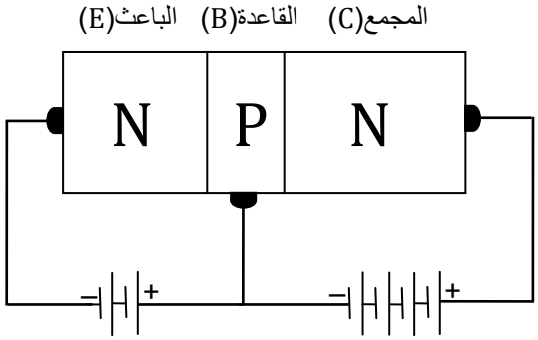
*** عليك - سهلة جداً ..!**

القاعدة في الترانزستور يمر بها تيار أقل بكثير من التيار المار في المجمع ، اذكر السبب في ذلك . (٢٠١٨ - ٢٠١٩)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

س: ما السبب/علل: - الجزء الأكبر من تيار الباعث يمر في المجمع ↔ يمر تيار ضعيف نسبيا بين القاعدة والباعث ↔ شدة تيار المجمع تساوي تقريبا شدة تيار الباعث في الترانزستور نوع (N-P-N) .

جـ: ذلك للأسباب التالية:



١- وجود فرق كبير في الجهد بين المجمع والباعث (اتصال جهديهما - بطاريتيهما - على التوالي) يولد مجالا كهربائيا شديدا يعمل على دفع إلكترونات الباعث باتجاه المجمع .

٢- كبر المساحة المتقابلة بين المجمع والباعث وصغر مساحة القاعدة تجعل الإلكترونات تعبر من الباعث إلى المجمع بمعدل أكبر .

٣- قلة عدد الشوائب في القاعدة يجعلها لا تقبل سوى عدد قليل من الإلكترونات فلا يمر بها سوى تيار ضعيف ويمر الجزء الأكبر من التيار في المجمع .

الترانزستور (PNP) كمكبر(كمضخم):

يحسب معامل تكبير الإشارة (ت ، جـ ، قد) من العلاقة معا(الإشارة) = $\frac{\text{الإشارة الخارجة}}{\text{الإشارة الداخلة}}$ ، وبالتالي يكون:

١- معامل تكبير الترانزستور = معا(تر) = $\frac{\text{م}_{\text{خروج}}}{\text{م}_{\text{دخول}}}$ ،

٢- معامل تكبير التيار = $\frac{\text{تيار الخروج}}{\text{تيار الدخول}}$ ⟸ معا(ت) = $\frac{\text{ت}_{\text{خروج}}}{\text{ت}_{\text{دخول}}}$ ،

٣- معامل تكبير الجهد = معا(جـ) = $\frac{\text{جـ}_{\text{خروج}}}{\text{جـ}_{\text{دخول}}}$ = $\frac{\text{ت}_{\text{خروج}} \times \text{م}_{\text{خروج}}}{\text{ت}_{\text{دخول}} \times \text{م}_{\text{دخول}}}$ = معا(ت) × معا(تر) ،

٤- معا(قد) = $\frac{\text{قد}_{\text{خروج}}}{\text{قد}_{\text{دخول}}}$ = $\frac{\text{جـ}_{\text{خروج}} \times \text{ت}_{\text{خروج}}}{\text{جـ}_{\text{دخول}} \times \text{ت}_{\text{دخول}}}$ = $\frac{\text{ت}^{٢}_{\text{خروج}} \times \text{م}_{\text{خروج}}}{\text{ت}^{٢}_{\text{دخول}} \times \text{م}_{\text{دخول}}}$ = معا(جـ) × معا(ت) = معا(ت)^{٢} × معا(تر) = $\frac{\text{معا(جـ)}^{٢}}{\text{معا(تر)}}$ ،

حيث أن: جـ = ت × م ، قد = جـ × ت = ت^{٢} × م .

مثال(١) ← (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

إذا كانت مقاومة دائرة الباعث في الترانزستور ٣٠٠ أوم ومقاومة دائرة المجمع ٢٤٠ كيلو أوم فإن معامل التكبير له يساوي ..... . أكمل الفراغ .

الحل:

معامل تكبير الترانزستور{معا(تر)} = $\frac{\text{م}_{\text{خروج}}}{\text{م}_{\text{دخول}}}$ = $\frac{٢٤٠٠٠٠}{٣٠٠}$ = ٨٠٠ ، وهذه النتيجة تكتب في الفراغ .

ويستخدم الترانزستور كمكبر للإشارة الكهربائية بحيث تدخل الإشارة من وصلة التوصيل الأمامي(الباعث - القاعدة) وتخرج من وصلة التوصيل الخلفي(المجمع - القاعدة) بثلاث طرق هي:

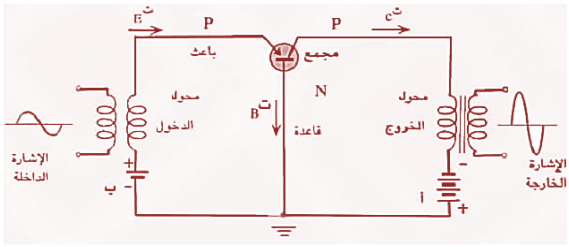
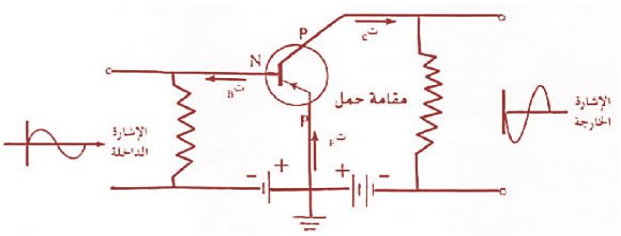
الأولى: طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة بين الإشارة الداخلة من الباعث والخارجة من المجمع .

الثانية: طريقة التكبير بالباعث المشترك بين الإشارة الداخلة من القاعدة والخارجة من المجمع .

الثالثة: طريقة التكبير بالمجمع المشترك .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وسنكتفي بدراسة الطريقتين الأولى والثانية فقط ونوضح أوجه الشبه والإختلاف بين الطريقتين كما يلي:

التكبير بطريقة القاعدة المشتركة(PNP)	التكبير بطريقة الباعث المشترك(PNP)
	
مقاومة المدخل(الباعث - القاعدة) صغيرة ومقاومة المخرج(المجمع - القاعدة) كبيرة .	مقاومة المدخل(الباعث - القاعدة) صغيرة ومقاومة المخرج(المجمع - القاعدة) كبيرة .
معا(تر) = $\frac{\text{مقاومة وصلة(المجمع - القاعدة)}}{\text{مقاومة وصلة(الباعث - القاعدة)}}$ (عاليا)	معا(تر) = $\frac{\text{مقاومة وصلة(المجمع - القاعدة)}}{\text{مقاومة وصلة(الباعث - القاعدة)}}$ (عاليا)
إشارة الخروج($ت_C$ ، جـ ، قد) → إشارة الدخول($ت_E$ ، جـ ، قد) (أخفض أعلى أعلى)	إشارة الخروج($ت_C$ ، جـ ، قد) → إشارة الدخول($ت_B$ ، جـ ، قد) (أعلى أعلى أعلى)
معامل تكبير التيار أقل من الواحد الصحيح !	معامل تكبير التيار عاليا !
معامل تكبير الجهد عاليا !	معامل تكبير الجهد عاليا !
معامل تكبير القدرة عاليا لكن أقل من معامل تكبير الجهد !	معامل تكبير القدرة عاليا جدا وأكبر من معامل تكبير الجهد !
زاوية فرق الطور بين الإشارة الخارجة والإشارة الداخلة صفر ! لأن: تيار المخرج يتغير بنفس اتجاه تغير تيار المدخل ! .	زاوية فرق الطور بين الإشارة الخارجة والإشارة الداخلة ١٨٠° ! لأن: تيار المخرج يتغير بعكس اتجاه تغير تيار المدخل ! .
تستخدم هذه الطريقة لتكبير الجهد بصورة رئيسية وتكبير القدرة ولكن بمقدار أقل من تكبير الجهد .	هذه الطريقة الأكثر شيوعا في الإستخدام ! لأنها الوحيدة التي فيها: ١- معاملات تكبير(ت ، جـ ، قد) عالية جدا ، ٢- تعكس الطور .

مثال(٢): في دائرة القاعدة المشتركة كان تيار الباعث ٦٥ مايكروأمبير وتيار المجمع ٦٠ مايكروأمبير ومقاومة دائرة الباعث ١٥ أوم ومقاومة دائرة المجمع ٤٠ كيلوأوم ، احسب معاملات تكبير التيار والجهد والقدرة .

المعطيات:
$ت_E$ = ٦٥ مايكروأمبير
= ٦٥ × $١٠^{-٦}$ أمبير .
$ت_C$ = ٦٠ مايكروأمبير
= ٦٠ × $١٠^{-٦}$ أمبير .
$م_{الدخل}$ = ١٥ أوم ، $م_{الخرج}$ = ٤٠٠٠٠ أوم .

الحل: ∵ التكبير بطريقة القاعدة المشتركة

∴ معا(ت) = $\frac{ت_{خروج}}{ت_{دخول}} = \frac{ت_C}{ت_E} = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{٦٥ \times ١٠^{-٦}}$ = ٠,٩٢ .

، معا(جـ) = $\frac{جـ_{خروج}}{جـ_{دخول}} = \frac{جـ_C}{جـ_E} = \frac{ت_C \times م_{خروج}}{ت_E \times م_{دخول}} = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{٤}}{٦٥ \times ١٠^{-٦} \times ١٥}$ = ٢٤٦١,٥ .

، معا(قد) = معا(جـ) × معا(ت) = ٠,٩٢ × ٢٤٦١,٥ = ٢٢٧٢ .

لاحظ هنا: معامل تكبير القدرة أقل من معامل تكبير الجهد أما معامل تكبير التيار فأقل من الواحد الصحيح .

مثال(٣): في دائرة الباعث المشترك تيار الباعث ٤٥ مللي أمبير وتيار المجمع ٤٠ مللي أمبير ومقاومة المدخل ١٠ أوم ومقاومة دائرة المخرج ٣٠ كيلو أوم إحسب معاملات تكبير :
أ- التيار . ب- الجهد . جـ- القدرة .

المعطيات:
$ت_E$ = ٤٥ مللي أمبير .
= ٤٥ × $١٠^{-٣}$ أمبير .
$ت_C$ = ٤٠ مللي أمبير .
= ٤٠ × $١٠^{-٣}$ أمبير .
$م_{الدخل}$ = ١٠ أوم ، $م_{الخرج}$ = ٣٠٠٠٠ أوم .

الحل: بما أن التكبير بالباعث المشترك فتيار الدخول هو تيار القاعدة ولإيجاده:
∵ $ت_E = ت_C + ت_B$ ⇐ $ت_B = ت_E - ت_C$ = (٤٥ – ٤٠) × $١٠^{-٣}$
= ٥ × $١٠^{-٣}$ أمبير .

أ- معا(ت) = $\frac{ت_{خروج}}{ت_{دخول}} = \frac{ت_C}{ت_B} = \frac{٤٠ \times ١٠^{-٣}}{٥ \times ١٠^{-٣}}$ = ٨ .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ب- معا(جـ) = $\frac{\text{جـ}_{\text{خروج}}}{\text{جـ}_{\text{دخول}}} = \frac{\text{C}_{\text{جـ}}}{\text{B}_{\text{جـ}}} = \frac{\text{ت}_{\text{C}} \times \text{م}_{\text{خروج}}}{\text{ت}_{\text{B}} \times \text{م}_{\text{دخول}}} = \frac{٤٠ \times ١٠^{-٣} \times ٣ \times ١٠^{٤}}{٥ \times ١٠^{-٣} \times ١٠} = ٢٤٠٠٠$.

جـ- معا(قد) = معا(جـ) × معا(ت) = ٨ × ٢٤٠٠٠ = ١٩٢٠٠٠ .

كما تلاحظ هنا: معامل تكبير القدرة أكبر من معامل تكبير الجهد أما معامل تكبير التيارفعالياً .

مثال(٤): ترانزستور فيه تيار الباعث ٦٠ مللي أمبير وتيار القاعدة ٥ مللي أمبير ومقاومة الدخول ٢٠ أوم ومقاومة الخروج ٥٠ كيلو أوم ، احسب: أ- معامل تكبير الترانزستور والجهد في دائرة القاعدة المشتركة .
ب- معامل تكبير القدرة في دائرة الباعث المشترك .

الحل:

أ- التكبير بطريقة القاعدة المشتركة فتيار الدخول هو تيار الباعث ولحساب تيار المجمع:

∵ $\text{ت}_{\text{E}} = \text{ت}_{\text{C}} + \text{ت}_{\text{B}} \Leftarrow \text{ت}_{\text{C}} = \text{ت}_{\text{E}} - \text{ت}_{\text{B}} = (٦٠ - ٥) \times ١٠^{-٣}$

$= ٥٥ \times ١٠^{-٣}$ أمبير .

معا(تر) = $\frac{\text{م}_{\text{خروج}}}{\text{م}_{\text{دخول}}} = \frac{٥ \times ١٠^{٤}}{٢٠} = ٢٥٠٠$ ، معا(ت) = $\frac{\text{ت}_{\text{C}}}{\text{ت}_{\text{E}}} = \frac{٥٥ \times ١٠^{-٣}}{٦٠ \times ١٠^{-٣}} = \frac{١١}{١٢}$ ،

معا(جـ) = معا(ت) × معا(تر) = $\frac{١١}{١٢} \times ٢٥٠٠ = ٢٢٩١,٧$.

لنفس الترانزستور:
ت_{E} = ٦٠ مللي أمبير .
= ٦٠ × $١٠^{-٣}$ أمبير .
ت_{B} = ٥ مللي أمبير .
= ٥ × $١٠^{-٣}$ أمبير .
$\text{م}_{\text{الدخل}}$ = ٢٠ أوم ، $\text{م}_{\text{الخرج}}$ = ٥٠٠٠٠ أوم .

ب- اما في حالة التكبير بطريقة الباعث المشترك فتيار الدخول هو تيار القاعدة ولذلك:

معا(جـ) = $\frac{\text{جـ}_{\text{C}}}{\text{جـ}_{\text{B}}} = \frac{\text{ت}_{\text{C}} \times \text{م}_{\text{خروج}}}{\text{ت}_{\text{B}} \times \text{م}_{\text{دخول}}} = \frac{٥٥ \times ١٠^{-٣}}{٥ \times ١٠^{-٣}} \times ٢٥٠٠ = ٢٧٥٠٠$. لأن معا(تر) هو نفسه في الطريقتين لنفس الترانزستور .

معا(قد) = $\frac{\text{معا(جـ)}^{٢}}{\text{معا(تر)}} = \frac{٢٧٥٠^{٢}}{٢٥٠٠} = ٣٠٢٥٠٠$.

فوائد إستخدام الترانزستور في الصناعات الإلكترونية:

إن دخول الترانزستور في الصناعات أدى إلى النتائج التالية:

١- ظهور أسلوب تقارب الأجزاء الرئيسية للدوائر الكهربائية لتصبح هذه الدوائر صغيرة الحجم إذ يمكن تركيبها على ألواح الدوائر المطبوعة هذا أدى إلى صغر حجم الأجهزة الإلكترونية وخفة وزنها .

٢- تطوير الدوائر المتكاملة التي تقوم بوظائف معقدة جدا على رقاقة سيليكون واحدة صغيرة جدا .

إن ازدياد الإعتماد على الدوائر المتكاملة أو الموحدة أو المدمجة ساعد في تطوير الصناعات الإلكترونية الحديثة مثل الإلكترونيات الطبية بحيث جعلها صغيرة الحجم جدا يمكن زرعها في جسم الإنسان ، وأكبر مجال لاستعمال الدوائر المتكاملة هو صناعة الحاسبات والساعات والصواريخ الموجهة .

س: ماذا يقصد بالدوائر المتكاملة ؟ (٢٠١٢ - ٢٠١٣)

جـ: الدوائر المتكاملة(IC) هى عبارة عن شرائح سيليكونية كل منها ذات بلورة واحدة تحتوى على عدة عناصر مثل المقاومات و المكثفات و الموحدات و الترانزستورات أو عدة دوائر مجتمعة مع توصيلاتها الداخلية ، وتباع قطعة واحدة .

مميزات(فوائد) الدوائر المتكاملة تتمثل في:

١- أسرع بكثير من الدوائر المنفصلة ! لعدم إحتوائها ملفات حثية كما في الدوائر المنفصلة .

٢- تقلل مبالغ التجميع ! لأن الدوائر المنفصلة تحتاج إلى عمل يدوي فتصرف الأموال لتجميها .

٣- تحتل حيزاً أصغر بكثير مقارنة بالإجهزة القديمة .

عيب الدوائر المتكاملة(IC):

هو أنه لا يمكن فصل مكوناتها عن بعضها بعد تصنيعها فإذا تعطل جزء منها تلفت كلها ويجب استبدالها .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- اذكر وظيفة الترانزستور/ اذكر إستخداما واحدا للترانزستور .

٢- يكون اتجاه التيار الإصطلاحي في الترانزستور (P-N-P) من الباعث إلى القاعدة . ( )

- من مزايا طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة يكون معامل تكبير القدرة عاليا بسبب كبر مقاومة دائرة المجمع . ( )

- يمكن التحكم بتوصيل شبه الموصل عن طريقة الحرارة بشكل أفضل من إضافة الشوائب. ( )

- في جميع دوائرالتكبيرمقاومة المدخل منخفضة ومقاومة المخرج عالية . ( )

٣- أكمل العبارات التالية: أ- أغلب دوائر الترانزستور شيوعا هي ذات ..... .

ب- للتمييز بين أقطاب الترانزستور تكون القاعدة أقرب إلى ..... منها إلى ..... .

جـ- يكون سمك بلورة القاعدة في الترانزستور صغير جدا ونسبة ..... جدا .

د- من أكثر المجالات استخداما للدوائر المتكاملة مجال ..... ومجال ..... الموجهة .

٤- اختر الإجابة الصحيحة:

- تستخدم طريقة القاعدة المشتركة لتكبير إشارة (الجهد فقط ، القدرة فقط ، الجهد والقدرة ، التيار فقط) .

- عندما يكون معامل تكبير التيار أكبر من الواحد الصحيح فإن زاوية فرق الطور بين إشارتي الخروج والدخول تساوي (صفر ، ٩٠ ، ١٨٠ ، ٢٧٠) درجة .

٥- علل: أ- يفضل استخدام الترانزستور بدلاً من الصمامات . ب- طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة لا تكبر التيار .

٦- إذكر وجهين من أوجه الإختلاف بين الوصلة الثنائية والترانزستور/إذكر وجهين من أوجه التشابه بينهما .

٧- إذا كانت شدة التيار الحاكم ١,٨ مللي أمبير ومعامل تكبير التيار في ترانزستور الباعث المشترك هو ٤٤ فكم يكون مقدار شدة تيار القاعدة ؟ ثم احسب شدة تيار المخرج له .

٨- في طريقة التكبير بدائرة الباعث المشترك إذا كان معامل تكبير التيار ١٠٠ ومعامل تكبير القدرة ٥ × ١٠^{٥} وكانت مقاومة مدخل الدائرة واحد كيلو أوم فاحسب: أ- مقاومة مخرج الدائرة بالكيلوأوم ، ب- معامل تكبير الجهد .

ب- في الترانزستور يتصل القطب الأرضي بـ(بلورة دخول الإشارة ، بلورة خروج الإشارة ، البلورة المشتركة) .

جـ- علل: ١- في طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة فرق الطور بين الإشارة الخارجة والإشارة الداخلة مساويا الصفر .

٢- تعمل القاعدة كمفتاح تشغيل وإطفاء الترانزستور ↔ يتحكم تيار القاعدة بالتيار المار بين المجمع والباعث.

٣- يتحكم تيار الباعث بتيار المجمع .

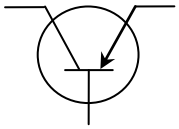
د- في دائرة ترانزستور (NPN) مغلقة نلاحظ أن القاعدة تكون موجبة بالنسبة للباعث ويكون المجمع موجبا بالنسبة للقاعدة ، وضح ذلك .

هـ- في أي طريقة تكبير يكون معا(تر) > معا(جـ) ؟ هل القاعدة المشتركة أم الباعث المشترك ؟

و- في دائرة باعث مشترك كان معامل تكبير القدرة يساوي ١٠٠ مرة قدر معامل تكبير الجهد ، إحسب تيارالباعث إذا علمت أن شدة تيار مدخل الدائرة (١٠) ميكروأمبير .

ز- اثبت أن: معا(قد) = $\frac{\text{معا(جـ)}^{٢}}{\text{معا(تر)}}$.

تدريبات(٢):



١- على الشكل المقابل: أ- إكتب أسماء بلورات الترانزستور .

ب- حدد نوع الترانزستور .

٢- علل/فسر: أ- في دائرة الترانزستور كمكبر يكون فرق جهد دائرة المجمع أكبر من فرق جهد دائرة الباعث !

ب- في دائرة الباعث المشترك فرق الطور بين إشارتي الخروج والدخول (١٨٠°) !

جـ - في دائرة القاعدة المشتركة معا(قد) < معا(جـ) !

٣- ماذا نعني بقولنا: "إن التيار المار في الوصلة الثنائية يمثل الفرق بين التيار الناشئ عن حاملات الشحنة السائدة والتيار الناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة" ؟

٤- إشرح مع التوضيح بالرسم فكرة عمل الترانزستور .

٥- في دائرة ترانزستور كمكبر عند استخدام ترانزستور معامل تكبيره (٢٢٥٠) كان معامل تكبير الجهد (٢١٥٠) ، إحسب معامل تكبير القدرة ، وما هي طريقة التكبير في هذه الدائرة ؟

٦- دائرة ترانزستور فيها معامل تكبير الجهد ٥٠٠٠ ومعامل تكبير الترانزستور ٤٠٠٠ تكون اشارتها الخارجة واشارتها الداخلة متفقتان في الطور . ( ) - ضع علامة (✓) أو (×) -

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات أسئلة تقويم الوحدة الثالثة

السؤال الأول:

أ- التساهمية .
ب- الخامسة + الثالثة .
جـ- السالب + الموجب .
د- الإلكترونات + الفجوات .
هـ- الجهد .
و- موجبا + سالبا + تقويم .
ز- متانة + اداء ثابتا + فترة .
ح- القاعدة + الباعث + المجمع .
ط- الباعث + المجمع .
ي- مساحة + الشوائب + مساحة + الشوائب .
ك- الحاكم + المحكوم .
ل- القاعدة المشتركة + الباعث المشترك + المجمع المشترك .
م- معامل تكبير القدرة .

السؤال الثاني:

أ-(✓) ، ب-(✓) ، جـ- (×) ، د- (×) ، هـ- (✓) ، و- (×) ، ز- (×) ، حـ- (✓) ، ط- (✓) ، ي- (×) .

السؤال الثالث:

١- (ب) ، ٢- (د) ، ٣- (جـ) ، ٤- (أ) ، ٥- (د) ، ٦- (أ) ، ٧- (ب) ، ٨- (د) ، ٩- (جـ) ، ١٠- (د) .

السؤال الرابع:

- أشباه الموصلات النقية: هي عناصر المجموعة الرابعة مثل السليكون والجرمانيوم والتي تترتب ذراتها في شكل بلوري دون إضافة شوائب لها .
- أشباة الموصلات غير النقية: هي أشباه موصلات نقية مطعمة بنسبة ضئيلة من أحد عناصر مجموعتي الشوائب الخامسة والثالثة في الجدول الدوري .
- الوصلة الثنائية: هي نقطة الإتصال أو المعبر بين بلورتي شبه موصل ملتحمتان إحداهما من النوع السالب والأخرى من النوع الموجب .
- الجهد الحاجز: هو أقصى فرق جهد يتكون في الوصلة الثنائية حين تكون منفردة بحيث يمنع مرور المزيد من الإلكترونات والفجوات بين بلورتيها .
- الترانزستور: هو عبارة عن قطعة شبه موصلة مكونة من ثلاث بلورات تختلف البلورة الوسطى فيه في النوع عن البلورتين الطرفيتين .
- معامل تكبير الترانزستور: هو حاصل قسمة مقاومة المخرج(مقاومة دائرة المجمع) على مقاومة المدخل(مقاومة دائرة الباعث) .

السؤال الخامس:

أ- لأن أشباه الموصلات عند رفع درجة حرارتها تكتسب إلكتروناتها طاقة حرارية تمكنها من كسر الروابط التساهمية فتتحرر لتصبح إلكترونات طليقة فتقل مقاومتها الكهربائية فتزداد توصيليتها للتيار الكهربائي .
ب- بسبب زيادة الجهد الحاجز .
جـ- لأن مقاومة الوصلة الثنائية صغيرة في اتجاه معين بينما مقاومتها في الإتجاه المضاد كبيرة أي أن الوصلة تسمح فقط لأنصاف الذبذبات بالمرور .
د- بسبب صغر مساحة القاعدة وقلة الشوائب فيها .
هـ- بسبب التوصيل الخلفي(العكسي) الذي يزيد من الجهد الحاجز .
و- لأن تيار الباعث يتحكم بتيار المجمع .
ز- وذلك لتميزه عنه بما يلي:

١- صغر حجمه .
٢- خفة وزنه .
٣- متانته (صلابته) .
٤- عدم إحتياجه إلى تيار تسخين .
٥- قدرته العالية .
٦- يحتاج إلى جهد كهربي صغير ليعمل .
٧- يخدم لفترة زمنية طويلة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ح- لأن تيار المجمع(تيار الخروج) أكبر بكثير من تيار القاعدة(تيار الدخول) .

السؤال السادس:

أ- المقارنة بين البلورة(الشوائب) المانحة والبلورة(الشوائب) المستقبلة .

وجه المقارنة	شبه الموصل من المجموعة	الشائبة من المجموعة	نتيجة التطعيم بالشائبة	النوع	الشحنات السائدة	غير السائدة	جهد البلورة		
							منفردة	توصيل أمامي	توصيل خلفي
البلورة(الشوائب) المانحة	الرابعة(ns^2np^2) رباعي التكافؤ	الخامسة(ns^2np^3) خماسي التكافؤ	الكترون حر	N-Type	الإلكترونات	الفجوات	متعادلة	سالب	موجب
البلورة(الشوائب) المستقبلة	الرابعة(ns^2np^2) رباعي التكافؤ	الثالثة(ns^2np^1) ثلاثي التكافؤ	فجوة شاغرة	P-Type	الفجوات	الإلكترونات	متعادلة	موجب	سالب

ب- المقارنة بين طريقة التويل الأمامي وطريقة التوصيل الخلف(العكسي) .

وجه المقارنة	طريقة التوصيل	نوع القوة بين الطرفين	جهد الجاجز	المقاومة	تيار الشحنات السائدة	تيار الشحنات غير السائدة	الدائرة	جهد(N)	جهد(P)
التوصيل الأمامي	الموجب مع الموجبة والسالب مع السالبة	تنافر	يقل	تقل	يمر وكبير نسبيا	يمر وضعيف نسبيا	مغلقة (يمر تيار)	سالب	موجب
التوصيل الخلفي	الموجب مع السالبة والسالب مع الموجبة	تجاذب	يزداد	تزداد	لا يمر	يمر وضعيف	مفتوحة (لا يمر تيار)	موجب	سالب

جـ- الإجابة هي نفس الجدول الموضح في درس الترانزستور كمكبر .

السؤال السابع:

إن ازدياد الإعتماد على الدوائر الكهربائية المتكاملة(IC) مترافقا مع ظهور اسلوب تقارب أجزاء الدوائر الكهربائية هي الأسباب التي جعلت حجوم الأجهزة الإلكترونية تصغر كثيرا عما كانت عليه في السابق .

ـ (٢٠١٠ ـ ٢٠١١): - ماسبب مرور الجزء الأكبر من تيار الباعث باتجاة المجمع بدلا من مروره باتجاه القاعدة في ترانزستور من نوع (PNP) ؟

جـ: ذلك للأسباب التالية: ١- فرق الجهد الكبير بين المجمع والباعث(أي تجاذب بلورة المجمع الموجبة مع القطب السالب للبطارية وتنافر بلورة الباعث الموجبة مع القطب الموجب للبطارية) .

٢- كبر المساحة بين الباعث والمجمع وصغرها بينه والقاعدة .

٣- قلة الشوائب في القاعدة .

هذه الأسباب تؤدي إلى اندفاع الفجوات من الباعث إلى المجمع بمعدل أكبر أي أن الجزء الأكبر من تيار الباعث يمر باتجاة المجمع بدلا من مروره باتجاه القاعدة .

السؤال التاسع: - الإجابة في موضوعه .

السؤال العاشر:

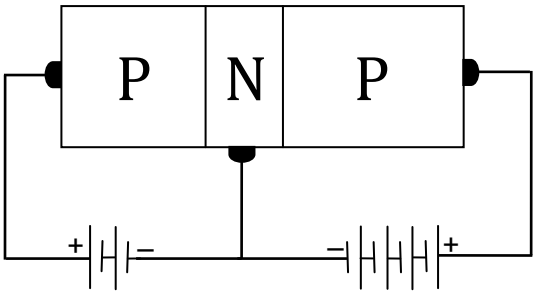
عندما تكون البلورتان منفردتان قبل الإلتحام تكون كل منهما متعادلة كهربائيا ولحظة بدأ التحامهما لتكوين بلورة الوصلة الثنائية تنتقل الإلكترونات من البلورة السالبة(يصبح جهدها موجب) إلى البلورة الموجبة(يصبح جهدها سالب) وتنتقل الفجوات من البلورة الموجبة إلى البلورة السالبة ، أي انه بعد إلتحام البلورتين وامتلاكهما جهدين مختلفين ينشأ فرق جهد في منطقة تلامسهما يتزايد تدريجيا حتى يصل إلى حد معين يكفي لمنع عبور المزيد من الإلكترونات والفجوات يسمى هذا الجهد بالجهد الحاجز(أو جهد الحاجز الداخلي) للوصلة الثنائية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

السؤال الحادي عشر: الإجابة في موضوعه بالتفاصيل .

السؤال الثاني عشر:

المجمع(C) القاعدة(B) الباعث(E)



كما في الشكل المقابل ←

السؤال الثالث عشر:

المعطيات:
م$_{\text{دائرة الباعث}}$ = ٤٠ أوم ، م$_{\text{دائرة المجمع}}$ = ١٣٠٠٠٠ أوم ،
ت$_{\text{الخرج}}$ = ٤٠ مايكروأمبير = ٤٠ × ١٠$^{-٦}$ أمبير ،
ت$_{\text{الدخل}}$ = ٥٠ مايكروأمبير = ٥٠ × ١٠$^{-٦}$ أمبير .

أ- معا(ت) = $\frac{\text{ت}_{\text{مخرج}}}{\text{ت}_{\text{مدخل}}}$ = $\frac{٤٠ \times ١٠^{-٦}}{٥٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ٠,٨ .

ب- معا(جـ) = $\frac{\text{جـ}_{\text{خروج}}}{\text{جـ}_{\text{دخول}}}$ = $\frac{\text{جـ}_{C}}{\text{جـ}_{B}}$ = $\frac{\text{ت}_{\text{مخرج}} \times \text{م}_{\text{دائرة المجمع}}}{\text{ت}_{\text{مدخل}} \times \text{م}_{\text{دائرة الباعث}}}$ = $\frac{٤٠ \times ١٠^{-٦} \times ١٣ \times ١٠^{٤}}{٥٠ \times ١٠^{-٦} \times ٤٠}$ = ٢٦٠٠ .

جـ- معا(قد) = معا(جـ) × معا(ت) = ٢٦٠٠ × ٠,٨ = ٢٠٨٠ .

السؤال الرابع عشر: بنفس الطريقة والأسلوب .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

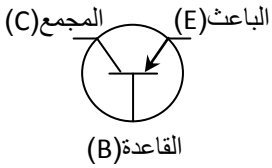
إجابات تدريبات الوحدة الثالثة

تدريبات(١):

١- أ- الوصلة الثنائية: هي نقطة الإتصال أو المعبر بين بلورتي شبه موصل ملتحمتان إحداهما من النوع السالب والأخرى من النوع الموجب .
ب- بلورة الوصلة الثنائية: هي قطعة شبه موصل تكونت من التحام بلورتين إحداهما من النوع الموجب والأخرى من النوع الساب .
٢- أ- العبارة خاطئة ← وتصحيحها: ..... ناشئ عن حاملات الشحنة السائدة .
ب- العبارة صحيحة .
جـ- العبارة خاطئة ← وتصحيحها بتبديل موقع نسبة الشوائب مع قيمة الجهد الخارجي .
٣- أ- بسبب تكون منطقة الجهد الحاجز الذي يمنع مرور المزيد من الإلكترونات والفجوات .
ب- لعدم مرور تيار كهربائي بسبب التوصيل الخلفي .
جـ- لأن الوصلة الثنائية لا تتحمل فروق الجهد العالية .
د- لكي تستطيع الإلكترونات الإنتقال بين البلورتين .
٤- لتكوين رابطة تساهمية .
٥- أنها تسمح بمرور التيار الكهربائي في اتجاه واحد فقط ولا تسمح بمروره بالإتجاه الآخر .
٦- ميل الإلكترونات إلى تكوين روابط تساهمية .
٧- أ- عندما تكون منفردة .
ب- عندما تكون الوصلة الثنائية : ١- في حالة توصيل أمامي .
٢- في دائرة مفتوحة (منفردة) .
جـ- في حالة التوصيل الخلفي للوصلة الثنائية .
٨- أ- تقل منطقة الجهد الحاجز ويمر تيار ضعيف جدا عبر الوصلة ناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة .
ب- تزداد منطقة الجهد الحاجز ويمر تيار ضعيف جدا في دائرة الوصلة ناشئ عن حاملات الشحنة السائدة .
٩- تنهار مقاومتها للتيار الكهربائي فتزداد شدة التيار باضطراد ، وغالبا ما يحدث تلف دائم للوصلة .

تدريبات(٢):

١- أ- كماهو موضح على الرسم ،



ب- نوع الترانزستور (PNP) .
٢- أ- لجعل معامل التكبير عاليا .
ب- لأن تيار المخرج يتغير بعكس اتجاه تغير تيار المدخل .
جـ- لأن معا(قد) = معا(جـ) × معا(ت) ، وأن الزيادة في مقاومة المخرج عن مقاومة المدخل أكبر من النقص في تيار الخروج عن تيار الدخول .
٣- هذا يعني أنه عندما توصل الوصلة الثنائية بمصدر جهد خارجي توصيلا أماميا فإنه يمر تيارين كهربائيين متضادين في الإتجاه ، الأول ناشئ عن حاملات الشحنة غير السائدة والثاني ناشئ عن حاملات الشحنة السائدة وهو أكبر بالنسبة للأول ولذلك فمحصلة التيار المار عبر الوصلة يمثل الفرق بين قيمتيهما .
٤- كما في الدرس الخاص به .
٥- أ- معا(قد) = $\frac{\text{معا(جـ)}^{٢}}{\text{معا(تر)}} = \frac{٢١٥٠^{٢}}{٢٢٥٠} = ٢٠٥٤,٤$.

المعطيات:
معا(جـ) = ٢١٥٠ ،
معا(قد) = ٢٢٥٠ .

ب- ∵ معا(قد) > معا(جـ) ، كما نلاحظ من المعطيات والفقرة (أ) من الحل .
∴ طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة .
٦- (×) ، على الطالب أن يعرف سبب خطأ العبارة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(أسئلة إختبارات وزارية للعام الدراسي ٢٠١٨ - ٢٠١٩ م)

الأول - اكتب المصطلح العلمي الدال على كل فقرة من الفقرات التالية:
أ- يتكون من ثلاث بلورات شبه موصل غير نقية متلاصقة مع بعضها ويسمى أحياناً بوصلة الساندوتش (.....) .
ب- مواد تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث قدرتها على التوصيل الكهربائي (.....) .
جـ- يقوم بعمل الصمام الثلاثي ويفوقه في عمليتي التقويم والتكبير (.....) .

الثاني - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخاطئة في كل مما يأتي:
أ- الشائبة المستقبلة للإلكترونات هي بلورة سيليكون مطعمة بشوائب مثل عنصر (As) . ( )
ب- الشائبة المانحة للإلكترونات هي بلورة جرمانيوم مطعمة بشوائب مثل عنصر (In) . ( )
جـ- حاملات الشحنة السائدة(الأساسية) في بلورة شبه موصل من النوع (P) هي الإلكترونات . ( )
د- تعمل الوصلة الثنائية عمل الترانزستور في تكبير التيار المتردد . ( )

الثالث - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:
أ- للحصول على بلورة (P) من شبه الموصل النقي يطعم بعنصر ... (البروم ، البريليوم ، الباريوم ، البورون).
ب- إذا علمت أن معا(قد) يساوي ضعف معا(جـ) فإن معا(ت) يساوي ... (٢ ، ١ ، ٣ ، ٤) .
جـ- قيمة الجهد الحاجز في الوصلة الثنائية تتراوح بين ... (١ – ٥ ، ٠,١ – ٠,٥ ، ٠,١ – ٧ ، ٠,١ – ١) فولت .
د- النسبة بين تيار المجمع وتيار القاعدة في دائرة القاعدة المشتركة يكون ...
(أكبر من الواحد ، أقل من الواحد ، يساوي الواحد ، يساوي الصفر) .

الرابع - أكمل العبارات التالية:
أ- عند درجة الحرارة المنخفضة يصعب كسر ..... وتحرير الإلكترونات في بلورة الجرمانيوم أو السليكون .
ب- قبل التحام بلورتي الوصلة الثنائية تكون كل من البلورة السالبة والبلورة الموجبة ..... كهربائياً .
جـ- يتغير مقدار فرق الجهد الحاجز في الوصلة الثنائية بتغير ..... ونسبة الشوائب المضافة .
د- تقل مقاومة بلورة شبه الموصل النقي عند ..... درجة حرارة البلورة .
هـ- نحصل على بلورة شبه الموصل (N - Type) بإضافة عنصر من المجموعة ..... إلى شبه الموصل النقي .

الخامس - علل ما يأتي: - تزداد توصيلية أشباه الموصلات للتيار الكهربائي بارتفاع درجة حرارتها .
- الإشارة الكهربائية الداخلة والخارجة في دائرة التكبير بالقاعدة المشتركة في نفس الطور .
- معامل تكبير التيار بطريقة القاعدة المشتركة أقل من الواحد الصحيح .
- يزداد توصيل أشباه الموصلات للكهرباء بإضافة الشوائب .

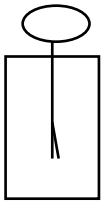
السادس - مسائل:
أ- في دائرة للتكبير بطريقة القاعدة المشتركة كانت شدة تيار المجمع ٦٠ مللي أمبير وشدة تيار القاعدة ١٥ مللي أمبير ومقاومة دائرة الباعث ٢٠٠ أوم ومقاومة دائرة المجمع ٢ كيلو أوم ، احسب:
١- تيار الباعث ، ٢- معامل تكبير التيار ، ٣- معامل تكبير الجهد .
ب- في دائرة باعث مشترك إذا كان تيار القاعدة ٥ مللي أمبير ومعامل تكبير التيار ٤٤ فاحسب:
١- تيار المجمع .
٢- تيار الباعث .
٣- معامل تكبير الجهد إذا كان معامل تكبير الترانستور (٥٠٠) .
جـ- في إحدى دوائر التكبير بواسطة الترانزستور كان معامل تكبير التيار ٢٤ ومقاومة المدخل ٢٠ أوم ومقاومة المخرج ٢٠ كيلو أوم :
١- احسب معامل تكبير الجهد ، ٢- احسب معامل تكبير القدرة ، ٣- ما نوع طريقة التكبير المستخدمة ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة الرابعة(الأجهزة الإلكترونية - Electronic Devices)

تقديم:

فيها سوف نستعرض بعضاً من الأجهزة الإلكترونية مثل الرادار والراديو والتلفاز العادي والملون والتي تعد تطبيقا لما درس في الوحدتين السابقتين مثل دائرة الرنين والدائرة المهتزة والوصلة الثنائية والترانزستور وغيرها .



الكشاف الكهربائي

تعلم مما درسته أن المواد تنقسم من حيث قدرتها على التوصيل الكهربائي إلى:

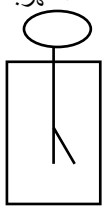
١- موصلات: تقل قدرتها على التوصيل الكهربائي بارتفاع درجة الحرارة .

٢- أشباه موصلات: تزيد قدرتها على التوصيل الكهربائي بارتفاع درجة الحرارة .

٣- عوازل: لا تتأثر قدرتها على التوصيل الكهربائي بارتفاع درجة الحرارة قبل درجة انصهارها .

س: إلى أي نوع من هذه الأنواع تنتمي الغازات ؟

جـ: للإجابة على هذا السؤال نجري لنشاط التالي:



انفراج ورقتي الكشاف

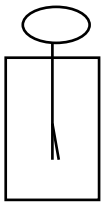
نشاط(٨) - يبين أثر ارتفاع درجة الحرارة على التوصيل الكهربائي للغازات:

الأدوات: كشاف كهربائي ، قضيب أبونايت ، قطعة من الصوف ، شمعة ، عود ثقاب .

خطوات التنفيذ: ١- نشحن قرص الكشاف الكهربائي بشحنه سالبة وذلك بدلك قضيب الأبونايت بقطعة الصوف ثم نلمس قرص الكشاف بالقضيب .

٢- نشعل الشمعة ونقربها من قرص الكشاف الكهربائي .

الملاحظة: نلاحظ في الخطوة (١) إنفراج ورقتي الكشاف الكهربائي ، وفي الخطوة (٢) زوال انفراجهما ، كما في الشكل المقابل .



زوال انفراج الورقتين

الإستنتاج: ١- تكون جزيئات الغاز عازلة كهربائيا في الظروف الإعتيادية ! لأنها متعادلة الشحنة .

٢- أما عند تسخينها برفع درجة حرارتها فتصبح جيدة التوصيل الكهربائي .

التفسير: ١- عند شحن ورقتي الكشاف بنفس الشحنة تتولد بينهما قوة تنافر تسبب انفراجهما أي لم يحدث تفريغ للشحنة المتراكمة على القرص والورقتين خلال جزيئات الغاز المحيطة لذلك فالغاز عازل في الظروف الإعتيادية.

٢- وعند تسخين الغاز(الهواء) المحيط بالقرص تتأين بعض جزيئاته(تتحلل) إلى الكترونات سالبة وأيونات موجبة مما يوفر حاملات شحنة تنتقل خلالها(تفرغ) شحنة القرص عبر جزيئات الغاز ليصبح الغاز جيد التوصيل .

ملاحظات:

* في هذا النشاط وجدنا أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من قدرة الغازات على التوصيل الكهربائي مما يعني أنها تنتمي إلى أشباه الموصلات .
* عند تسخين جزيئات الغاز قد تتكون أيونات سالبة ! بسبب اكتساب الذرات المتعادلة الكترونات .
* تتم عملية التوصيل الكهربائي(حاملات الشحنة): - في الفلزات(المعادن) عبر الإلكترونات الحرة والفجوات .
  - في المحاليل الإلكتروليتية عبر الأيونات الموجبة والأيونات السالبة.
  - في الغازات المتأينة عبر الإلكترونات الحرة والأيونات الموجبة .

٢٠١٣ - ٢٠١٤: - أجب (باختصار) عن أسئلة النشاط التالية:

١- ماذا تلاحظ عند شحن قرص كشاف كهربائي بشحنة موجبة أو سالبة ؟

٢- ماذا تلاحظ عند تسخين الهواء المحيط بالقرص بواسطة شمعة مشتعلة ؟

٣- ماذا تستنتج من هذا النشاط ؟

التفريغ(التوصيل) الكهربائي خلال الغازات(Electric Conduction in Gases):

إن عملية التفريغ الكهربائي هي عملية إفراغ الشحنة الكربائية من مكان تراكمها بانتقالها عبر جزيئات الغاز المحيط بها ، ولتوضيح كيف يتم ذلك ننفذ التجربة التالية:

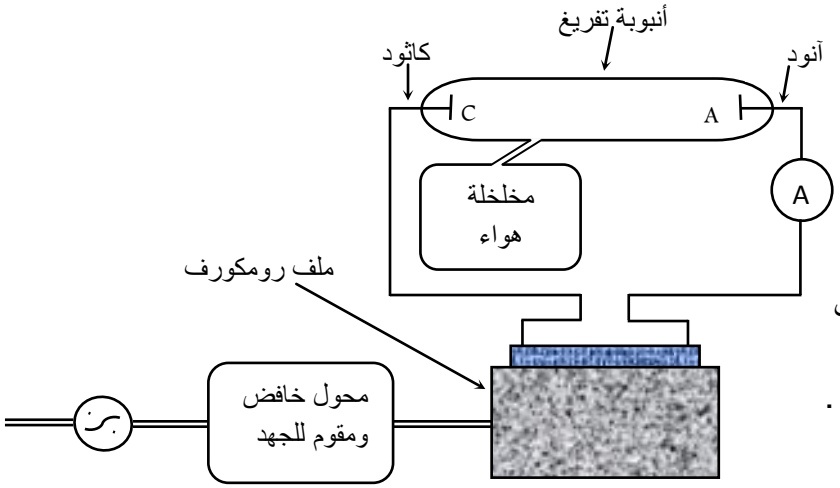
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

نشاط(٩)(تجربة بلوكر) - أثر إنخفاض الضغط على التوصيل الكهربي(التفريغ الكهربي) في الغازات:

الأهداف: ١- إنتاج أشعة المهبط(أشعة الكاثود) وهي الإلكترونات .
٢- وصف الظروف التي يحدث عندها التفريغ الكهربائي في الغازات .

الأدوات: أنبوبة تفريغ ، مخلخلة هواء ، محول خافض ومقوم للجهد ، ملف رومكورف ، أسلاك توصيل ، أميتر .

خطوات التنفيذ:



١- نوصل الأدوات كما في الشكل المجاور .
٢- نغلق الدائرة .
٣- نخفض ضغط الغاز إلى المقدار (١,٣ × ١٠$^{-٤}$ بار = ٠,١ ملم زئبق) باستخدام مخلخلة الهواء(مضخة تفريغ) ونزيد فرق الجهد بين طرفي أنبوبة التفريغ إلى المقدار (٥ × ١٠^{٤} فولت) باستخدام ملف رومكورف .
٤- نستمر في خفض الضغط وزيادة فرق الجهد .

الملاحظات:
- في الخطوة (٢) لم ينحرف مؤشر الأميتر .
- وفي الخطوة (٣) انحرف مؤشر الأميتر وأخذ الغاز شكل ضياء متوهج يملأ الأنبوبة .
- وفي الخطوة (٤) يقل وقد يختفي التوهج ويظهر وميض يميل إلى الزرقة على جدار الأنبوبة المقابل للكاثود(المهبط) أو على الآنود الموجب .

الإستنتاج: ١- لا يمر تيار كهربائي خلال غاز الأنبوبة في الظروف الإعتيادية .
٢- يمر تيار كهربائي خلال الغاز عند فرق جهد عالٍ وضغط منخفض ويسبب توهج الأنبوبة .
٣- بإنخفاض الضغط إلى قيم صغيرة جدا(ض ≅ صفر) يختفي التوهج .
٤- يبعث المهبط(الكاثود) بأشعة غير مرئية تسري خلال الأنبوبة هي الإلكترونات سالبة الشحنة يستدل على وجودها بظهور الوميض .

التفسير:

أولا: لا يمر تيار كهربائي خلال الغازات في الظروف الإعتيادية لأنها عازلة كهربائيا حينها(تنتمي إلى أشباه الموصلات) .

ثانيا- (مرور التيار في أنبوبة التفريغ): عند تطبيق فرق جهد عالٍ حوالي ٥ × ١٠^{٤} فولت بين طرفي أنبوبة التفريغ تنطلق الكترونات من الكاثود(عملية الإنبعاث الإلكتروني الذاتي) نتيجة اكتسابها طاقة حركية تساوي شغل قوة المجال الكهربائي تمكنها من الإفلات من سطح المهبط لتصطدم بذرات أو جزيئات الغاز في الأنبوبة عند ضغط منخفض حوالي (١,٣ × ١٠$^{-٤}$ بار = ٠,١ ملي متر زئبق) فتسبب لها ما يلي:
١- إما إثارتها لتنتقل بعض الكتروناتها إلى مستويات طاقة أعلى .
٢- أو تأينها لتنطلق الكترونات أخرى إضافة إلى الإلكترونات المسببة للتأين تساهم جميعها في تأين بقية ذرات الغاز فتزداد حاملات الشحنة(الإلكترونات الحرة والأيونات الموجبة) بسرعة كبيرة فيصبح الغاز داخل الأنبوبة جيد التوصيل للكهرباء .

ثالثا- (توهج أنبوبة التفريغ):
إن: - عودة الذرات المثارة إلى حالة الإستقرار أي عودة الكتروناتها على مستوياتها الأصلية ،
- إعادة الإتحاد بين الإلكترونات الحرة والأيونات الموجبة لإعادة تكوين ذرات متعادلة .
هاتان العمليتان ينتج عنهما التوهج المستمر لأنبوبة التفريغ فبسببهما تشع الإلكترونات الطاقة التي اكتسبتها .

رابعا- (استمرار انبعاث الإلكترونات من الكاثود): باستمرار تسليط فرق الجهد العالي تكتسب الأيونات الموجبة طاقة حركية تزيد من حركتها فتصطدم بسطح الكاثود مسببة ما يلي:
١- الأنبعاث الإلكتروني الثانوي نتيجة إصطدام أيونات موجبة ذات طاقة كافية لإنتزاع الكترونات سطح الكاثود المعدني وتسمى هذه العملية عملية الأنبعاث الألكتروني الثانوي .
٢- الأنبعاث الإلكتروني الحراري نتيجة تكرار إصطدام أيونات موجبة ذات الطاقة الصغيرة وأيضاً ذات الطاقة الكبيرة معاً مما يؤدي إلى تسخين الكاثود فتنبعث منه الكترونات حرارية وتسمى هذه العملية عملية الإنبعاث الحراري .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وباستمرار حدوث هاتان العمليتان يستمر التفريغ الكهربائي(مرور التيار الكهربائي) خلال الغازات .
خامسا- (اختفاء التوهج): باستمرار خفض الضغط تفرغ الأنبوبة من ذرات الغاز فتتوقف عمليتي الإثارة والتأين مما يعني إختفاء التوهج .
سادسا- (ظهور الوميض): إن ظهور وميض يميل إلى الزرقة على جدار الأنبوبة المقابل للمهبط ينتج عن تحول جزء من طاقة حركة الإلكترونات المصطدمة بالجدار إلى طاقة ضوئية(وميض) عند نقطة الإصطدام .

ملاحظات:

ملف رومكورف:

الغرض منه: الحصول على (ق.د.ك) مستحثة كبيرة جدا وفي اتجاه واحد تستطيع توليد شرارة كهربائية طولها تقريبا ٥ سم باستخدام قوة دافعة مستمرة وصغيرة .
استخدامه: ملف الإشعال في آلات الإحتراق الداخلي لإحداث شرارة كهربائية تشعل الوقود في محركات السيارات والطائرات وفي المعامل .

* يصبح الغاز موصلا للكهرباء إذا تأين(تحلل) إلى الكترونات حرة وأيونات موجبة ويتم ذلك بالطرق التالية:
١- خفض ضغطه ، ٢- اصطدام الأشعة بجزيئاته أو ذراته ، ٣- تسخينه .
* تم اكتشاف إنبعاث الأشعة المهبطية او اشعة الكاثود(الإلكترونات) عند ضغط منخفض عام ١٨٠٨م على يد العالم الألماني بلوكر .
* إن اكتشاف ظاهرة توهج أنبوبة التفريغ أدى إلى ظهور فكرة الإضاءة بمصابيح(أنابيب) النيون المستخدمة في المنازل

س: ماذا سيحدث إذا حدث تأين ذاتي للغاز في أنبوبة التفريغ ؟ - سؤال وزاري -
جـ: يصبح الغاز موصلا للتيار الكهربائي ويظهر توهج يملأ الأنبوبة وقد يختفي وذلك يعتمد على ضغط الغاز داخل الأنبوبة .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- ماذا يقصد بـ: - الإلكترون الحراري ؟ - التفريغ الغازي ؟ - عملية إعادة الإتحاد ؟
٢- لكي توصل الغازات التيار الكهربائي لابد من وجود حاملات الشحنة وهي ..... و ..... .
٣- علل: - يستمر مرور التيار الكهربائي خلال الغازات في أنبوبة التفريغ الكهربائي بالرغم من اختفاء الإلكترونات الناتجة من التأين الذاتي لذرات الغاز .
- تنطبق ورقتي الكشاف الكهربائي المشحون عند تقريب شمعة مشتعلة من قرصه المعدني !
- توصل الغازات الساخنة التيار الكهربي !
٤- ما أثر ارتفاع درجة الحرارة على قدرة الغازات للتوصيل الكهربائي ؟
٥- كيف تفسر حدوث توهج في أنبوبة التفريغ الكهربائي أثناء حدوث عمليتي تأين الغاز وإعادة التوحيد ؟
٦- عدد بعض العوامل التي تسبب تأين الغازات .
٧- اذكر بعض الإختلافات الجوهرية في التوصيل الكهربائي في الغازات المتأينة والمحاليل الإلكتروليتية والمعادن .
٨- ما الظروف التي عندها يكون الغاز موصلاً للتيار الكهربي ؟ اشرح موضحاً بالرسم نشاطاً تستدل به على ذلك .
٩- في تجربة بلوكر يتم تأيين الغازات بانبعاث إلكترونات حرارية من الكاثود ، اشرح حدوث ذلك الإنبعاث .
ب- في تجربة بلوكر وضح كيف استنتجنا أن الإلكترونات الناتجة فيها هي سالبة الشحنة ؟

تدريبات (١):

أ- ما القصود بـ: ١- الأيون الموجب ؟ ٢- الأيون السالب ؟ ٣- الإنبعاث الإلكتروني الذاتي ؟
٤- التاين الذاتي للغاز ؟ ٥- توهج أنبوبة التفريغ ؟
ب- أكمل العبارات التالية:
١- يعتمد توهج أنبوبة التفريغ على ..... و ..... بينما يعتمد الوميض على ..... و ..... .
٢- العملية العكسية لتأين ذرات الغاز هي ..... بينما عملية استقرار الذرة هي عملية عكسية لـ ..... .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

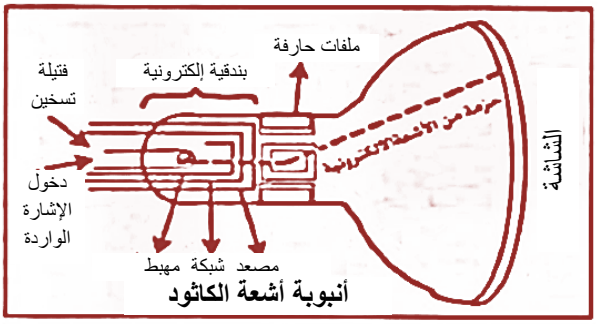
جـ- اختر الإجابة الصحيحة:
- تنبعث الأشعة المهبطية نتيجة (خفض ضغط الغاز داخل ، إرتفاع فرق الجهد بين قطبي ، إصدام الإلكترونات بالكاثود في) أنبوبة التفريغ .
- الإنبعاث الإلكتروني الحراري ناتج عن تصادم (الإلكترونات ، الذرات ، الإيونات الموجبة) بكاثود أنبوبة التفريغ .

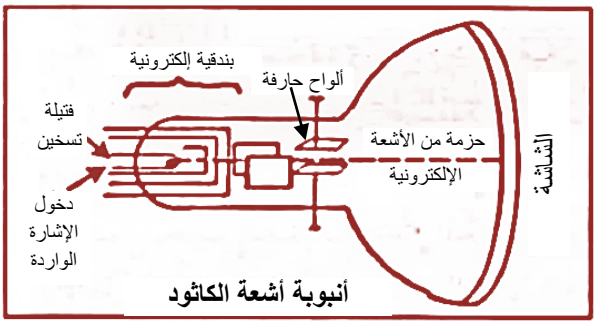
د- أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خطأ ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:
١- التفريغ الكهربائي هو تفريغ الأنبوبة من الغاز باستخدام مخلخلة الهواء .
٢- بإنخفاض ضغط الغاز تزداد المسافة بين جزيئاته أو ذراته .

هـ- فسر/علل: ١- كلما قل ضغط الغازات زادت قدرتها على التوصيل الكهربائي .
٢- زيادة فرق الجهد بين قطبي أنبوبة التفريغ يسبب انبعاث الإلكترونات من الكاثود .
٣- تكرار تصادم الإيونات الموجبة بالكاثود يسبب إنبعاث الإلكترونات الحرارية .
٤- تتجه الإلكترونات نحو الآنود في أنبوبة التفريغ .
٥- الغازات تنتمي إلى أشباه الموصلات .

و- أثبت أن ١,٣ × ١٠$^{-٤}$ ضغط جوي = ٠,١ ملم زئبق .
ز- ما الفرق بين التوهج والوميض ؟ وأيهما يحدث أولاً ؟ فسر إجابتك .
ح- في تجربة التفريغ الكهربي في الغازات - كيف نستدل عل حدوث التفريغ الكهربي .
ط- وضح كيف تساهم الإنبعاثات الإلكترونية الثانوية والحرارية في التوصيل الكهربائي للغازات .
ي- ماذا سيحدث عند: ١- خفض ضغط الغاز داخل أنبوبة التفريغ مع وجود فرق جهد عال بين قطبيها ؟
٢- تفريغ أنبوبة التفريغ من الغاز تماما مع وجود فرق في الجهد بين قطبيها ؟
٣- منع حدوث الإنبعاث الإلكتروني الثانوي والحراري ؟
٤- تقريب شمعة مشتعلة من: أ- جسم مشحون بشحنة سالبة ؟
ب- جسم مشحون بشحنة موجبة ؟

ك- ابتداءً بأولها حدوثا والتي تحدث داخل أنبوبة التفريغ رتب العمليات التالية:
الإنبعاث الإلكتروني الذاتي ، التأين الذاتي ، إعادة الإتحاد لتكوين الذرة المتعادلة ، الوميض ، التوهج ، تصادم الإلكترونات بالذرات .





أنبوبة أشعة الكاثود(Cathode Rays Tube):

الغرض منها: هي أداة لتوليد الأشعة المهبطية(الإلكترونات) .
استخدامها: في دوائر رسم الموجات(الذبذبات) مثل كاشف الذبذبات ، الرادار ، جهاز تخطيط القلب وغيرها .
فكرة عملها: ظاهرة انبعاث الإلكترونات من الكاثود وحرف مسارها بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية الناشئة عن الإشارات الواردة لترسم النقاط المضيئة لاصطدامها بالشاشة منحنيات يمكن دراستها .

تركيبها:

تتركب وكما في الشكل المقابل من الأجزاء التالية:
١- بندقية إلكترونية ! لبعث وقذف الأشعة الإلكترونية نحو الشاشة ، وتتكون من:
أ- فتيلة تسخين ! لتسخين الكاثود .
ب- مهبط(كاثود) ! لبعث الأشعة المهبطية .
جـ- شبكة حاكمة ! للتحكم بعدد وتركيز الإلكترونات المتجهة نحو الشاشة .
د- مصعد(آنود) ! لتعجيل(تسريع) الإلكترونات نحو الشاشة .
٢- مجموعة حارفة ! تعمل على حرف الأشعة الإلكترونية حسب الغرض بواسطة المجالات التي تولدها وتتكون:
- إما من زوجين من الملفات(٤ ملفات) الحثية يولدان مجالين مغناطيسيين متعامدين ،
- أو من زوجين من الألواح(٤ ألواح = مكثفين سعويين) يولدان مجالين كهربائيين متعامدين .
٣- أنبوبة زجاجية مغلقة ! للمحافظة على الضغط المنخفض داخلها ، وتكون مفرغة تماماً من الغازات ! لأن وجود

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ذرات الغاز فيها يسبب حرف مسار الأشعة ، وتبطن الجوانب المخروطية للجزء المتسع بطبقة من مستحلب الكاربون لإعادة الإلكترونات الساقطة على الشاشة إلى الكاثود ! لمنع تراكم الإلكترونات على الشاشة .

٤- الشاشة(الطرف المتسع) ! لرسم منحنيات الموجات عليها ! لدراستها أو لتكوين الصورة عليها وتكون مغطاة بمادة فلوريسية من مادة كبريتيد الخارصين(ZnS) مثلا ! لتضئ لحظة سقوط الأشعة الإلكترونية عليها .

* الضوء المشع(النقاط المضيئة) ذو اللون المعين على الشاشة يتوقف على: ١- نوع المادة الفلوريسية ، ٢- طاقة حركة الإلكترونات المصطدمة .

* النقطة المضيئة تحدد موضع سقوط الأشعة الإلكترونية على الشاشة .

س: إذا بلغ فرق الجهد الكلي في أنبوبة أشعة الكاثود ٢ كيلو فولت وشدة التيار الإلكتروني ٣٠ مايكروأمبير ، فما قدرة التيار ؟

جـ = ٢ كيلو فولت = ٢٠٠٠ فولت ،
ت = ٣٠ مايكروأمبير = ٣٠×١٠^{-٦} أمبير

جـ: قد = جـ × ت = $٢٠٠٠ \times ٣٠ \times ١٠^{-٦} = ٦ \times ١٠^{-٢}$ وات .

إثراء - أسئلة وزارية مختارة -

أ- أكمل العبارات فيما يلي:

١- تتكون بندقية الإلكترونات في أنبوبة أشعة الكاثود من ..... و ..... و ..... .

٢- يتوقف لون الضوء الذي تشعه الشاشة على نوع المادة ..... وعلى ..... الإلكترونات .

ب- في أنبوبة أشعة الكاثود يتوقف لون الضوء الذي يشع على الشاشة على لون الشعاع الإلكتروني المنبعث من البندقية . ( ) .

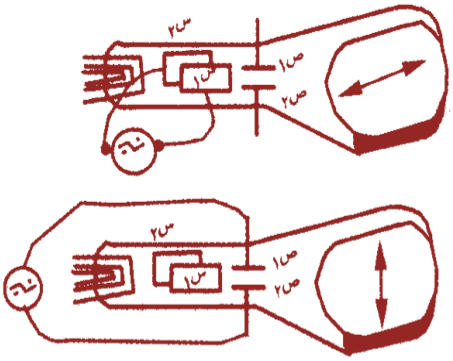
جـ- اختر الإجابة الصحيحة:

- المادة التي تمنع تراكم الإلكترونات على شاشة أنبوبة الكاثود هي مستحلب (Zn ، C ، P ، S) .

د- علل: - وجود زوج من الملفات المتعامدة في أنبوبة أشعة الكاثود !

هـ- حدد الغرض والإستخدام للبندقية الإلكترونية .

كاشف الذبذبات(الأسيلوسكوب - Oscilloscope):



الغرض منه: كشف ورسم منحنيات الذبذبات(الموجات) المجهولة ومعرفة ترددتها .

استخدامه: في أجهزة الرصد والتنصت .

تركيبه: يتركب من أنبوبة أشعة الكاثود تكون فيها المجموعة الحارفة زوجين من الألواح المعدنية(مكثفين) .

آلية حرف الشعاع الإلكتروني في أنبوبة اشعة الكاثود(كاشف الذبذبات):

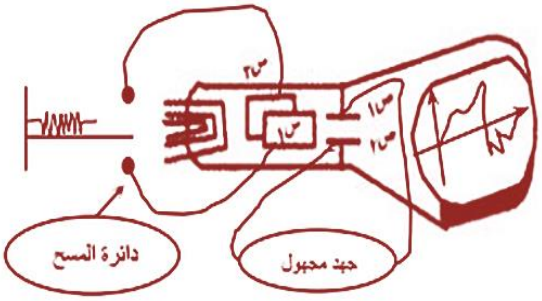
- عند توصيل مصدر متردد باللوحين (س١ ، س٢) الرأسيين(مكثف) تتراكم الشحنة عليهما فيتكون فرق جهد بينهما مولدا مجالا كهربائيا يتغير بانتظام ليحرف الشعاع الإلكتروني وبالتالي النقطة المضيئة على الشاشة يمينا ويسارا في خط مستقيم أفقي .

- عند توصيل مصدر متردد باللوحين (ص١ ، ص٢) الأفقيين(مكثف) تتراكم الشحنة عليهما فيتكون فرق جهد بينهما مولدا مجالا كهربائيا يتغير بانتظام ليحرف الشعاع الإلكتروني وبالتالي النقطة المضيئة على الشاشة أعلى وأسفل في خط مستقيم رأسي .

* إذا كان تردد الإشارة الكهربائية أكبر من ١٦ ذ/ث فإن عين المشاهد ترى على الشاشة خطا مستقيما(أفقياً أو رأسياً) وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة مداومة الرؤية للعين البشرية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

شرح عمله:



أولا: يوصل جهد متردد منشاري يُتحكّم بتردده(متغير التردد) باللوحين (س١ ، س٢) فيُرسم منحناه على الشاشة ، وهذه الدائرة تسمى دائرة المسح أو دائرة الصمام الإلكتروني الخاص .

ثانيا: يوصل الجهد المجهول المراد دراسته باللوحين (ص١ ، ص٢) فيُرسم منحناه كذلك على الشاشة .

ثالثا: يُغيّر تردد دائرة المسح حتى يظهر المنحنيان ساكنان على الشاشة ! عندما ينطبقان على بعضهما ! ويحدث ذلك عند تساوي أو تَضاعُف تردد الجهد المجهول مع تردد الجهد المنشاري المعلوم .

رابعا: بمعرفة قيمة تردد دائرة المسح يكون لتردد الجهد المجهول نفس هذه القيمة أو أضعافها وبذلك يمكن معرفة تردد الجهد تحت الدراسة ، كما إن شكل المنحنيات الناتجة يعطينا تصوراً لطبيعة الإهتزازات الكهربائية المسببة للجهد المجهول .

دائرة المسح: هي دائرة الصمام الإلكتروني الخاص في كاشف الذبذبات وهي دائرة الجهد المتردد المنشاري المتصل باللوحين الرأسيين (س١ ، س٢) في أنبوبة أشعة الكاثود تجعل الشعاع الإلكتروني(النقطة الضوئية) يتحرك من يسار أسفل إلى يمين أعلى الشاشة ثم يختفي ليظهر أسفل الشاشة من جديد .

* تستطيع الإلكترونات أن تهتز بترددات عالية مثل ترددات الموجات اللاسلكية وبترددات منخفضة مثل ترددات التيار الكهربائي ! بسبب كتلتها الصغيرة جداً وكذلك قصورها الذاتي .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- اذكر وظيفة واحدة للأسيلوسكوب/ اذكر استخداماً واحداً للأسيلوسكوب .
٢- ما التطبيقات لدائرة المسح في كاشف الذبذبات ؟
٣- بماذا تفسر ظهور المنحنيات التي على شاشة كاشف الذبذبات ؟

ب- وضح الفكرة العلمية لكاشف الذبذبات ، مبينا بالرسم مع كتابة البيانات عليه مما يتركب .

جـ- الأسيلوسكوب يتركب من أنبوبة أشعة الكاثود تكون فيها المجموعة الحارفة (لوحين معدنيين ، مكثفين ، ملفين حثيين ، لا توجد إجابة صحيحة) .

الرادار(Radar):

كلمة مركبة من أوائل حروف كلمات العبارة: Radio Detection anb Raning

الكشف بالموجات الراديوية — تحديد/تعيين المدى

ويقصد بها: الكشف عن الأجسام وتعيين بعدها وسرعتها واتجاهها بواسطة الموجات الراديوية .

في الجو(الطائرات والصواريخ و .....) ، في البحار والمحيطات(السفن والبوارج والغواصات والطوربيدات)

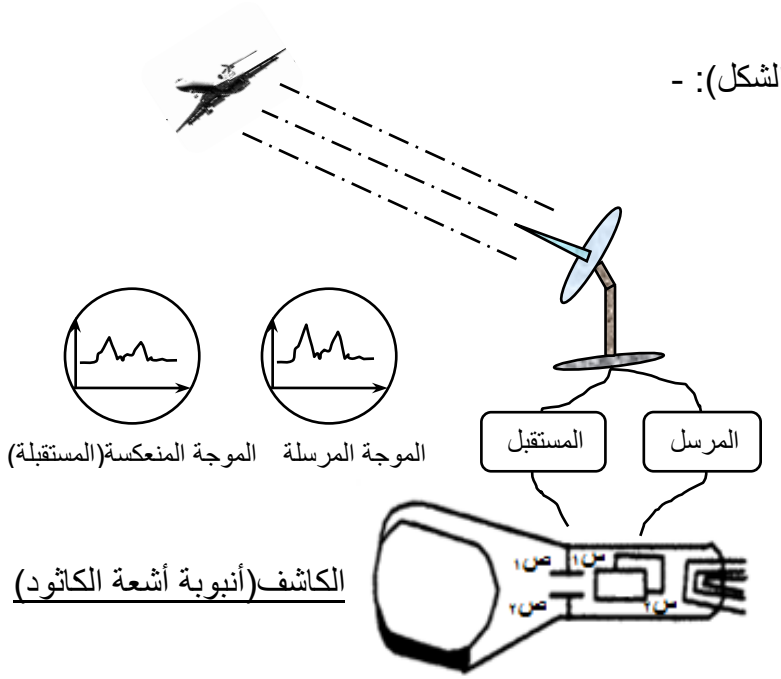
أساس(فكرة) عمله:

ظاهرة الإهتزاز الكهربائي المولد للموجات الكهرومغناطيسية وإرسالها ثم إستقبال صداها ودراسته للكشف عن بعد وسرعة واتجاه الجسم العاكس لها(الهدف) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تركيب محطة(وحدة) الرادار:

تتكون وحدة الرادار من الأجزاء التالية (كما في الشكل): -



الكاشف(أنبوبة أشعة الكاثود)

١- **المرسل:** ويحتوي على:

أ- جهاز كهربي لتوليد تيارات متذبذبة عالية التردد ويكون متصل باللوحين (س١ ، س٢) في الكاشف لإحداث فرق في الجهد بينهما !

ب- ملف معدني لتحويل التيارات المتولدة إلى موجات كهرومغناطيسية عالية التردد وهو موضوع في بؤرة الهوائي حيث المكان الأنسب لإرسال الموجات في حزم متوازية كي تصل إلى مسافات بعيدة .

جـ- هوائي(صحن):

- سطحه عاكس ليقوم بعكس الموجات المشتتة .
- على شكل قطع مكافئ لتجميع وتركيز وتوحيد اتجاه الموجات لتنتشر على شكل حزم متوازية .
- قابل للدوران كي يمسح أوسع منطقة محيطه به .

٢- **المستقبل:** ويحتوي على:

أ- هوائي(صحن) لتجميع وتركيز الموجات المنعكسة(الصدى الكهرومغناطيسي) وتوجيهها نحو البؤرة !

ب- ملف معدني لتحويل الصدى الكهرومغناطيسي(الموجات المرتدة) إلى تيارات تأثيرية لها نفس ترددها .

جـ- جهاز تكبير لتكبير التيارات التأثيرية ، ويكون متصل باللوحين (ص١ ، ص٢) في الكاشف لتمر الإشارات المستقبلة إلى الكاشف لدراستها .

٣- **الكاشف(أنبوبة أشعة الكاثود - الكينوسكوب):** لدراسة الجسم العاكس للموجات المرسلة(الهدف) وتعيين بعده وسرعته واتجاهه .

تشغيل وحدة(محطة) الرادار:

أولا: بغلق الدائرة الكهربائية يحدث ما يلي:

١- يتكون فرق جهد بين اللوحين (س١ ، س٢) الرأسيين فيتولد مجالاً كهربائياً يتغير بنظام معين لينحرف الشعاع الإلكتروني وبالتالي النقطة المضيئة على الشاشة أفقياً(من اليسار إلى اليمين مثلاً) .

٢- يرسل المرسل حزمة ضيقة من الموجات اللاسلكية إلى الوسط المحيط به .

ثانيا: عند مصادفة الموجات سطحا عاكسا(طائرة أو غواصة أو ...) تنعكس ليلتقطها المستقبل ويحولها إلى تيارات تأثيرية ثم يكبرها .

ثالثا: بمرور التيارات التاثيرية إلى اللوحين (ص١ ، ص٢) الأفقيين في الكاشف يتكون فرق جهد بينهما مولداً مجالاً كهربائياً يتغير بانتظام لينحرف الشعاع الإلكتروني وبالتالي النقطة المضيئة رأسياً راسماً قمة على الشاشة .

رابعا: بواسطة تدريجات الشاشة يحدد زمن ذهاب وإياب الموجات .

وبمعرفة أن سرعة الموجات هي ($ع_{ض}$ = ٣ × $١٠^{٨}$ م/ث) يمكن حساب بعد الهدف بالعلاقة:

بعد الهدف(ف) = $ع_{ض} \times \frac{١}{٢} ز_{ذهاب وإياب}$ = $ع_{ض} \times ز_{ذهاب فقط}$ = $ع_{ض} \times ز_{إياب فقط}$.

مثال(١): هوائي رادار أرسل موجة فاستغرقت ٠,٢ ثانية حتى استقبلها من جديد ، احسب بعد الهدف العاكس لها عن محطة الرادار بالكيلو مترات .

المعطيات:

$ع_{ض}$ = ٣ × $١٠^{٨}$ م/ث ،

$ز_{ذهاب وإياب}$ = ٢ × $١٠^{-١}$ ث .

الحل: بعد الهدف = $ع_{ض} \times \frac{١}{٢} ز_{ذهاب وإياب}$ = ٣ × $١٠^{٨} \times \frac{١}{٢} \times ٢ \times ١٠^{-١}$

= ٣ × $١٠^{٧}$ م = ٣ × $١٠^{٤}$ كيلو متر .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ملاحظات:

* للحصول على إشارة واضحة على شاشة الرادار يراعى الآتي:

١- أن تكون قدرة المرسل على ارسال الموجات عالية لأن الموجات تضعف طاقاتها عند قطعها للمسافات الطويلة فطاقة الموجات تتناسب عكسيا مع مربع المسافة المقطوعة($ط_{الموجة} \propto \frac{١}{ف^{٢}}$) .

٢- أن تكون قدرة المستقبل على تكبير التيارات التأثيرية عالية ليتمكن من التقاط الإشارات الضعيفة ويكبرها .

* إن أجهزة الرادار بعد تطويرها أصبحت متكاملة تتميز بـ:

١- أنها تعين بعد الهدف وتعطي سرعته واتجاهه مباشرة إلى الصواريخ المضادة لتستعد للإنطلاق نحو الهدف عند كبس الزر مباشرة .

٢- أنها تستخدم هوائيا واحدا يوصل بالمرسل والمستقبل بالتبادل لتوفير الجهد والوقت المبذول في تحريك الهوائيين .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- ما وظيفة كل من: - الكينوسكوب ؟ ، - الملف المعدني في بؤرة هوائي مستقبل الرادار ؟

٢- ضع علامة (✓) أو (×) أمام الفقرات التالية:

- كلمة رادار تعني الكشف عن الأجسام وتعيين بعدها وسرعتها واتجاهها بواسطة موجات ترددها عالياً جداً . ( )

- يستخدم في الرادار الحديث هوائي واحد يوصل بالمرسل والمستقبل . ( )

- إذا كان الزمن الذي تستغرقه موجه لاسلكية لمحطة رادار للذهاب هو $\frac{١}{٣}$ ثانية فبعد الهدف ١٠° كيلو متر . ( )

٣- أكمل الفراغ التالي: أ- المجموعة الحارفة في الكينوسكوب تتكون من ..... من ..... المعدنية .

ب- إذا استغرقت موجة كهربائية مغناطيسية عندما ارسلها جهاز الرادار مدة ٢ × $١٠^{-٤}$ ثانية للذهاب والإياب فإن بعد الهدف يساوي ..... متر .

جـ- إذا كان البعد بين محطة الرادار والهدف ١٠ كيلومتر فإن الزمن الكلي لذهاب وإياب الموجة ..... ثانية .

٤- خيارات: - يعمل الرادار على أساس ظاهرة الإهتزاز (الموجي ، الطبيعي ، الكهربائي ، الميكانيكي) .

- الرادار جهاز للكشف عن الأجسام وتحديد بعدها واتجاهها وسرعتها بواسطة موجات (تحت حمراء ، راديوية ، ضوئية ، فوق بنفسجية) .

٥- ماهي النتائج التي آلت إليها أجهزة الرادار بعد تطورها ؟

٦- ما الأساس الذي يقوم عليه عمل الرادار ؟

ب- ما المقصود بالصدى الكهرومغناطيسي ؟

جـ- اذكر الغرض من واستخدام الرادار .

د- (الجهاز الكهربائي ، الملف المعدني ، الهوائي) في المرسل يبث موجات لاسلكية قصيرة ، اختر الإجابة الصحيحة .

هـ- نلاحظ في الرادار أن الإشارة المرسلة أقوى من الإشارة(الموجة) المستقبلة . فسر ذلك !

تدريبات(٢):

أ- أرسلت موجة رادار نحو هدف في السماء فاستقبلها الرادار بعد ٠,٢ من الثانية ، احسب:

١- زمن ذهاب الموجة فقط بالساعات .

٢- بعد الهدف عن الرادار .

ب- وصلت موجة رادار إلى قمر صناعي بعد ٠,٤ مللي ثانية من إرسالها من سطح الأرض ، احسب:

١- المسافة التي يقطعها القمر الصناعي خلال دورة كاملة .

٢- الزمن الدوري للقمر الصناعي .

جـ- قمر صناعي يدور في مسار دائري حول الأرض بسرعة ٧٢٠٠ م/ث أرسلت نحوه موجة من رادار ، احسب الزمن الذي تستغرقه هذه الموجة حتى تعود إلى الرادار .

د- أرسل رادار موجة طولها ٤٠ سم نحو هدف يبعد ٤ × $١٠^{٤}$ كم ، احسب:

١- الزمن المستغرق من لحظة الإرسال إلى لحظة الإستقبال للموجة .

٢- الزمن الدوري للموجة .

٣- معامل الحث الذاتي لملف الدائرة المهتزة المولدة لهذه الموجات إذا كانت سعة مكثفها $١٠^{-٧}$ مايكروفاراد .

٤- وإذا كان ملف الدائرة المهتزة مكعب الشكل وطول ضلعه ٢ سم فاحسب عدد لفاته .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الإرسال والإستقبال الإذاعي الراديوي:

أولا- إرسال الموجات اللاسلكية الإذاعية:

عملية الإرسال الراديوي(فكرة عمل جهاز الإرسال الراديوي):
هي عملية بث الموجات الصوتية المسموعة من محطة الإذاعة بعد تحويلها إلى تيار معبر عن الصوت ثم تحميلها على تيار حمل عالي التردد لتنتشر في الجو على شكل موجات كهرومغناطيسية بسرعة الضوء وفي جميع الإتجاهات .

تركيب جهاز الإرسال الراديوي:

١- دائرة الميكروفون
وتتالف من:
- مايك .
- مصدر مستمر .
- ملف .

٢- الدائرة المهتزة
وتتالف من:
- ملف .
- مكثف متغير السعة

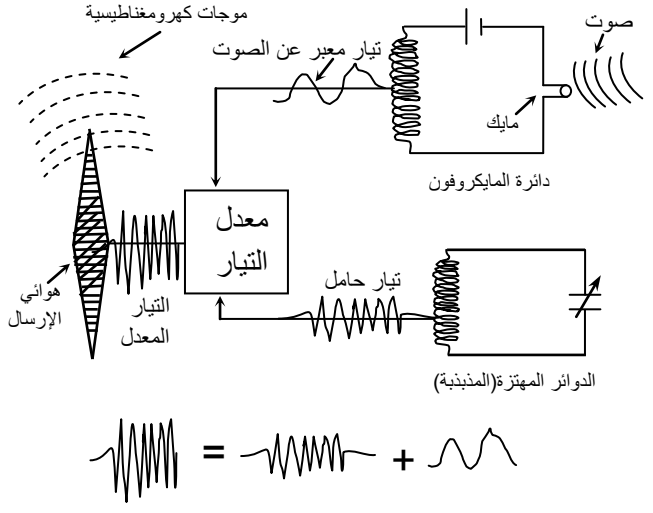
٣- دائرة الهوائي
وهي عبارة عن أسلاك معدنية ويتصل بمعدل التيار .

مراحل عملية بث الموجات الراديوية:

١- يوجه الصوت إلى المايك فيهتز غشاءه فتتغير تبعاً لذلك شدة التيار المستمر زيادة ونقصاً وفقاً للموجات الصوتية ليتولد تياراً متردداً معبراً عن الصوت .
٢- تقوم الدائرة المهتزة بتوليد تيارات عالية التردد تسمى التيارات الحاملة .
٣- في معدل التيار تؤثر التيارات المعبرة في التيارات الحاملة فتغير من سعتها فتنتج تيارات تسمى تيارات معدلة .

تيار معبر عن الصوت + تيار حامل = تيار معدل

٤- تُحَث التيارات المعدلة إلى الهوائي ليبثها في الهواء وفي جميع الإتجاهات على شكل موجات كهرومغناطيسية .



عملية إرسال الموجات اللاسلكية الراديوية

ثانيا- إستقبال الموجات اللاسلكية الراديوية:

عملية الإستقبال الإذاعي (فكرة عمل جهاز الإستقبال الإذاعي):
هي عملية استلام الموجات اللاسلكية من قبل جهاز الإستقبال الإذاعي(الراديوي) وتحويلها إلى تيارات تأثيرية ثم إلى موجات صوتية سمعية لها نفس تردد وخصائص الصوت الأصلي لسماعها .

تركيب جهاز الإستقبال الإذاعي:

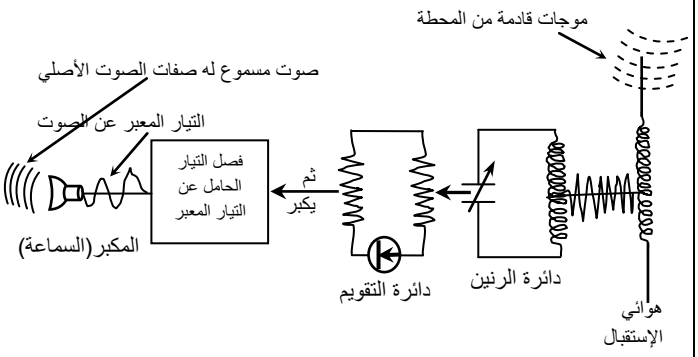
١- دائرة الهوائي
وهي عبارة عن أسلاك معدنية ويتصل بدائرة الرنين .

٢- دائرة الرنين
وتتألف من:
- ملف .
- مكثف متغير السعة

٣- دائرة السماعة
وهي عبارة عن مكبر الصوت الديناميكي .

مراحل عملية استقبال الموجات الإذاعية:

١- يقوم الهوائي باستقبال الموجات اللاسلكية ثم تحويلها إلى تيارات تأثيرية مختلفة التردد
٢- تقوم دائرة الرنين بانتقاء (اختيار) تردد المحطة المراد سماعها وذلك بتغيير ترددها حتى يتفق مع تردد الموجات المطلوب استقبالها ، (عملية التوليف) .
٣- يُقوّم التيار الذي تسمح بمروره دائرة الرنين ويكبر .
٤- ثم يفصل التيار الحامل عن التيار المعبر عن الصوت .
٥- تقوم السماعة بتحويل التيار المعبر عن الصوت إلى موجات صوتية مشابهة للصوت الأصلي في محطة الإذاعة .



عملية إستقبال الموجات اللاسلكية الإذاعية

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مكبر الصوت الديناميكي:

تعريفه: هو السماعة في الراديو أو التلفون أو التلفاز أو الكمبيوتر أو في غيرها .

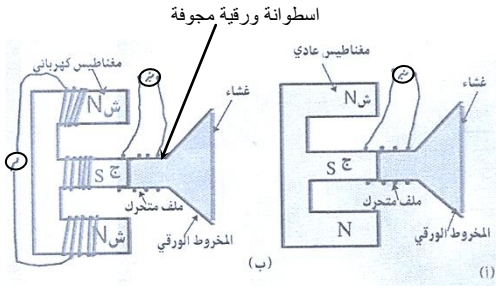
رمزه في الدائرة الكهربائية: ( )

الغرض منه: تحويل التيارات المعبرة عن الصوت إلى موجات صوتية مسموعة ثم تكبيرها .

استخدامه: في الراديو و التلفون و التلفاز و الكمبيوتر وغيرها .

فكرة(أساس) عمله: حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي لتهتز مولدة موجات صوتية مسموعة .

تركيبه: يتكون مكبر الصوت كما في الشكل المجاور من الأجزاء التالية:



المكبر ذو المغناطيس الدائم المكبر ذو المغناطيس المؤقت

١- ملف متحرك نحاسي معزول لتوليد مجال مغناطيسي عند مرور التيار المعبر عن الصوت فيه ، ويقع في فجوة اسطوانية بين قطبي المغناطيس ليتداخل مجاليهما معاً !

٢- اسطوانة صغيرة من الورق المقوى لعمل الملف بداخلها ، وهي مثبتة عند رأس المخروط ليتأثرا بالإهتزاز معاً .

٣- مخروط أجوف من الورق المقوى محبوس بداخله كمية من جزيئات الهواء لتهتز باهتزاز المخروط مولدة الموجات الصوتية ثم يقوم بتكبيرها(تكبير الصوت) بسبب شكله المخروطي وسطحه العاكس للموجات من الداخل ، وتثبت قاعدته في واجهة جهاز الراديو خلف جزء مثقوب لينقل الصوت إلى السامع .

٤- مغناطيس(دائم أو مؤقت) لتوليد مجال مغناطيسي يساهم بتداخله مع مجال الملف في التأثير بقوة تسبب اهتزاز الملف مع الإسطوانة ومع المخروط وما يحتويه .

٥- غشاء رقيق يغطي الطرف المتسع من المخروط لتصفية وترشيح الصوت(الموجات الصوتية) المار خلاله الى السامع .

شرح عمله: كيف تتم عملية تحويل التيار الكهربائي المعبر عن الصوت إلى موجات صوتية مسموعة ؟

عند مرور التيار المعبر عن الصوت في ملف السماعة يتولد مجال مغناطيسي تتغير شدته وفقا لتغير شدة التيار المعبر فتتغير بذلك القوى المتبادلة(تجاذب أو تنافر) بينه وبين المجال المغناطيسي الدائم أو المؤقت مسببة اهتزازاً (حركة) عموديا على كل من اتجاه الفيض المغناطيسي واتجاه التيار وتبعا لذلك يهتز المخروط الورقي مع كمية كبيرة من جزيئات الهواء المحبوس بداخله فتتولد موجات صوتية ذات شدة مناسبة ومشابهة للصوت المرسل من محطات الإذاعة ليتم سماعها .

ملاحظات:

* أقطاب المغناطيس الكهربائي المؤقت تكون دائرية الشكل(له قطب مركزي وقطب آخر حلقي يحيط بالمركزي) .
* يستخدم عدد من دوائر الترانزستور في جهاز الإرسال الإذاعي لتكبير التيار المعدل لأن قدرة محطة الإذاعة تتوقف على معدل الطاقة المصاحبة للموجات المرسلة .
* يستخدم عدد من دوائر الترانزستور في جهاز الإستقبال الإذاعي لتكبير التيار المقوّم للحصول على صوت واضح وقوي .
* تدخل الدائرة المهتزة في جهاز الإرسال الإذاعي لتوليد تيارات حمل عالية التردد تولد موجات كهرومغناطيسية عالية التردد($f = \frac{٣ \times ٨١٠}{\lambda}$) لأن التيار المعبر عن الصوت يولد عادة موجات ترددتها صغيرة جدا($f = \frac{٣٣٠}{\lambda}$) لذلك يحتاج لتيار حمل عالٍ التردد .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة -

١- حدد الغرض من والإستخدام للسماعة/ما وظيفة المخروط الورقي الأجوف في مكبر الصوت ؟

٢- أكمل العبارات التالية:

- عندما تصل الموجات الإذاعية إلى هوائي الإستقبال فإنه يقوم بتحويلها إلى ..... مختلفة .....

٣- يقوم هوائي الإرسال الإذاعي بتحويل الموجات اللاسلكية إلى تيارات كهربائية . ( )

٤- اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

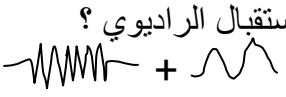
- التي تقوم بتحويل الموجات الكهرومغناطيسية إلى تيارات معدلة هي دائرة (الرنين ، هوائي الإرسال ، هوائي الإستقبال) .
- التيار المعبر عن الصوت لا يعطي موجات لا سلكية لأن ترددات الأصوات (صغيرة ، متوسطة ، عالية) .
- تتحول الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية في جهاز الإرسال الإذاعي بواسطة (هوائي الإرسال ، المايكروفون ، الإهتزاز ، الرنين) .

٥- ما الإجراء المتبع لزيادة قدرة البث الإذاعي لتغطية مساحات أكبر ؟

٦- ما المقصود بعملية الإرسال الإذاعي ؟ ثم ارسم فقط - بدون شرح - الشبكة اللازمة لذلك .

٧- موجة إذاعية مرسلة بسرعة ٣ × $١٠^{٨}$ م/ث استقبلها مذياعك في فترة زمنية مقدارها ٠,٠٢ من الثانية ، كم يكون بعد محطة الإذاعة عنك بالكيلو مترات ؟

ب- ما هي فكرة عمل كل من: ١- جهاز الإرسال الإذاعي ؟ ٢- شبكة الإستقبال الراديوي ؟

جـ- في دائرة الإرسال الإذاعي ما المعنى الفيزيائي لمعادلة الرموز التالية:  =  + ؟

التلفاز(التلفزيون - Television):

Tele - vition
من بعد ← ← الرؤية المباشرة

ويقصد بها الرؤية المباشرة للصور أو المناظر من بعد .

الإرسال التلفزيوني للصور:

التعريف(فكرة العمل): هي عملية بث الصور(طاقة ضوئية) من محطة التلفاز بعد تحويلها إلى تيارات معبرة عن الصورة(طاقة كهربائية) ثم تحميلها على تيارات حمل عالية التردد بشكل موجات كهرومغناطيسية لتنتشر في الجو بسرعة الضوء وفي جميع الإتجاهات .

تركيب جهاز(شبكة) إرسال الصور تلفازيا: يتكون من الأجزاء الرئيسية التالية:

أولا: آلة التصوير(كاميرا التلفزيون - الأيكونوسكوب) لأخذ صورة المنظر أو المشهد المراد إرساله وتحويلها إلى تيارات معبرة عن الصورة ، وتتألف من:

١- أنبوبة التصوير لتوفير الظروف الملائمة لتكوين المنظر أو المشهد على لوح الصورة ، وتكون:
- مظلمة لتظهر الصورة على اللوح واضحة .
- مخلخلة الهواء للمحافظة على مسار الأشعة مستقيمة .
- لها نافذة زجاجية لدخول الأشعة التي ترسم الصورة ويكون في مقدمتها عدسات لتكوين الصورة على لوح الخلايا الكهروضوئية .

٢- لوح الصورة(لوح الإشارات – لوح الموزاييك) لتحويل الصور إلى تيارات معبرة عنها ، وهو عبارة عن:

أ- لوح(آلاف) الخلايا الكهروضوئية ليستقبل كل من أشعة صورة المنظر أو المشهد(فوتونات) وأشعة المدفع الإلكتروني(إلكترونات) ، وتتصف كل خلية من الخلايا الكهروضوئية بما يلي:
١- أنها معزولة عن الخلايا الأخرى لكي لا تتداخل الإشارات أو نقاط الإستكشاف .
٢- أنها عبارة عن حبيبة صغيرة جدا لتناسب الفوتونات والإلكترونات الساقطة عليها .
٣- وأنها من الفضة موصل جيد ولونها الأبيض لتحافظ على ألوان الصورة(المنظر) ولا تمتص أي منها .
٤- تغطيها طبقة من السيزيوم لتبعث بإلكترونات عند سقوط أشعة ضوئية عليها .

ب- لوح الميكا(مادة شبه زجاجية) يعتبر عازل كهربائي بين لوحي الخلايا الكهروضوئية والصفيحة المعدنية ، كما يمكن أن تشطر إلى رقاقات لزيادة عازليتها .

جـ- صفيحة معدنية يتكون فيها ويسري منها التيار المعبر عن الصورة إلى جهاز التكبير المتصلة به .

٣- بندقية إلكترونية(مدفع إلكتروني) تحتوي على فتيلة تسخين ، كاثود ، شبكة حاكمة وآنود تزداد قيمة جهده الموجب من الطرف القريب من الشبكة الحاكمة باتجاه لوح الصورة بالتدريج وذلك لتعجيل(تسريع) وتركيز الإلكترونات نحو طبقة الخلايا الكهروضوئية كحزمة ضيقة ومركزة تسمى الشعاع الإلكتروني .

٤- ملفات تحريك الشعاع الإلكتروني(ملفات حارفة) تتكون من زوجين من الملفات هما (س١ ، س٢) ذو المحور المشترك الرأسي و (ص١ ، ص٢) ذو المحور المشترك الأفقي للقيام بعملية المسح التلفزيوني .

ثانيا: جهاز تكبير الإشارة .

ثالثا: الدائرة المهتزة .

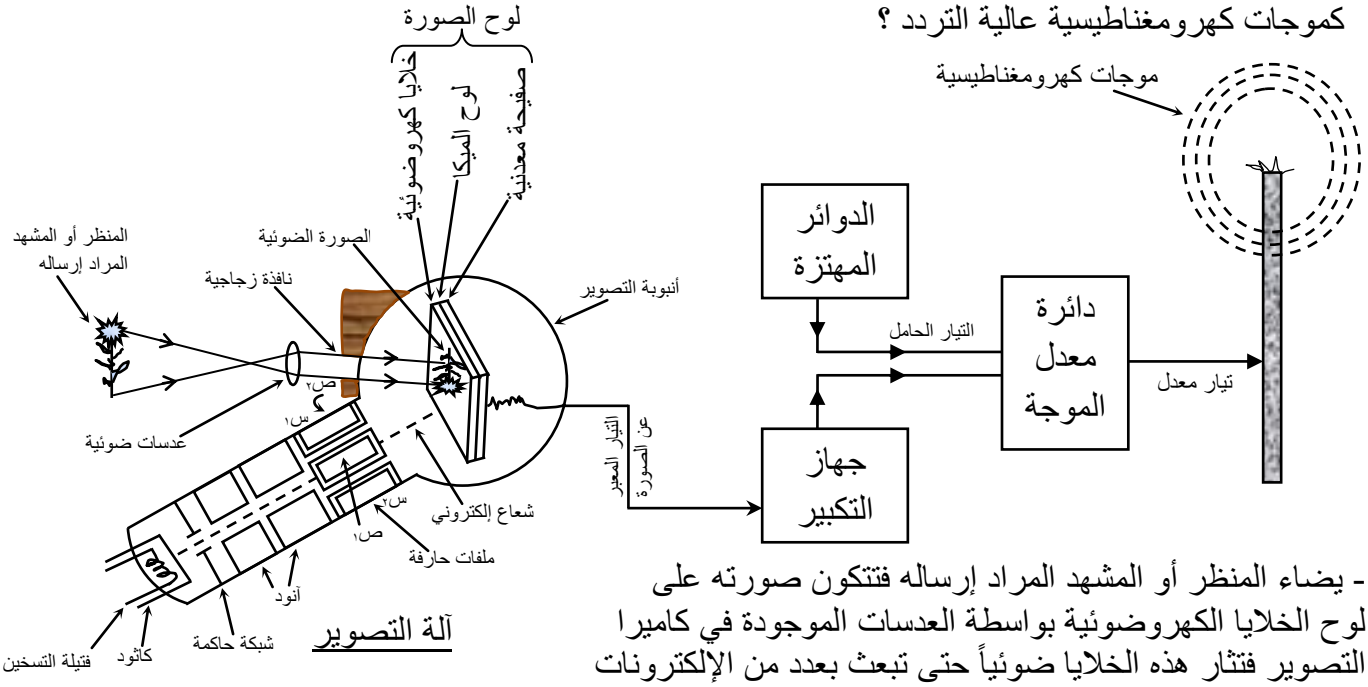
رابعا: دائرة معدل الموجة .

خامسا: دائرة هوائي الإرسال .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

عملية إرسال الصور تلفازيا:

- كيف تتم عملية تكوين الصورة على لوح الخلايا الكهروضوئية ثم تحويلها الى تيار معبر عن الصورة ليتم ارسالها كموجات كهرومغناطيسية عالية التردد ؟



- يضاء المنظر أو المشهد المراد إرساله فتتكون صورته على لوح الخلايا الكهروضوئية بواسطة العدسات الموجودة في كاميرا التصوير فتثار هذه الخلايا ضوئياً حتى تبعث بعدد من الإلكترونات لتشحن بشحنات موجبة مساوية لما فقدته من الكترونات فتؤثر هذه الشحنات الموجبة على الصفيحة المعدنية الموجودة على الوجه الآخر للوح الميكا العازل كهربائياً فتتكون عليها شحنات سالبة مساوية لعدد الشحنات الموجبة التي على لوح الخلايا الكهروضوئية .

- تطلِق البندقية الإلكترونية(المدفع الإلكتروني) شعاعاً إلكترونياً على لوح الخلايا الكهروضوئية عند نقطة تسمى نقطة الإستكشاف فيمدها بشحنات سالبة عددها مساوٍ لعدد الإلكترونات التي فقدتها نتيجة تكون الصورة الضوئية عليها وبذلك تتعادل هذه الخلايا كهربائيا ، ونتيجة لذلك تتحرر الشحنات السالبة(الإلكترونات) التي تجمعت على الصفيحة المعدنية .

وبتكرار تكوُّن الصور مرات عديدة لعمل مشهد متحرك تتحرر الشحنات السالبة باستمرار منطلقة على هيئة نبضات كهربائية مختلفة التردد إلى جهاز التكبير وإلى باقي أجزاء جهاز الإرسال(شبكة الإرسال) .

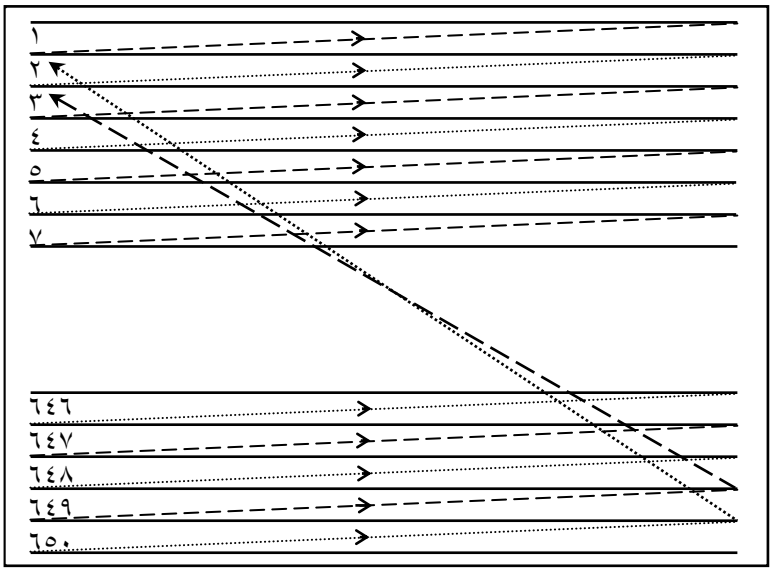
* يختلف عدد الإلكترونات المنبعثة من لوح الخلايا الكهروضوئية باختلاف شدة(كمية) الضوء الساقط عليها .

عملية المسح التلفزيوني:

- كيف يقوم الشعاع الإلكتروني بعملية المسح التلفزيوني للصورة المتكونة ؟ وما الدور الذي تقوم به الملفات الحارفة في عملية المسح هذه ؟

- يقوم الشعاع الإلكتروني بعملية المسح التلفزيوني للصورة المتكونة على لوح الخلايا الكهروضوئية كما يلي:

- عند مرور التيار الكهربائي في زوجي الملفات (س١ ، س٢) و (ص١ ، ص٢) يتولد فيهما مجالين مغناطيسيين يتغير كل منهما باتجاه عمودي على اتجاه تغير الآخر وبنظام معين بحيث يتحرك الشعاع الإلكتروني وبالتالي نقطة الإستكشاف ماسحة الخلايا الكهروضوئية صفا صفا ابتداء من يسار أسفل وانتهاء إلى يمين أعلى الصف .



عملية المسح للخلايا الكهروضوئية وشاشة المستقبِل

- يتم مسح صفوف الخلايا الكهروضوئية ابتداء من الصف الأول ثم الثاني ثم الثالث وحتى الصف الـ ٦٥٠ في زمن قدره $\frac{١}{٢٥}$ ثانية ، وكلما تم مسح الصورة مرة تتكون صورة ضوئية جديدة بالطريقة السابقة نفسها .

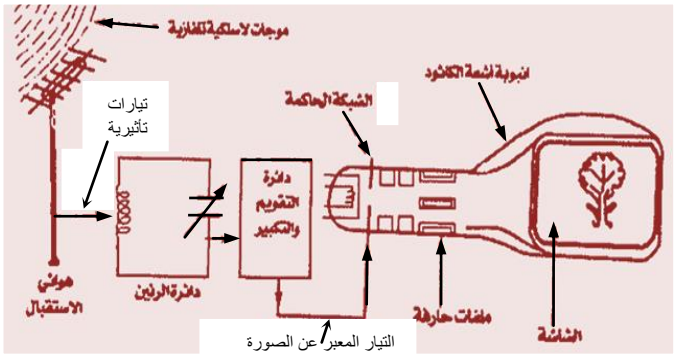
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- ونتيجة لعمليات المسح تنطلق الإلكترونات من الصفيحة المعدنية مكونة التيار المعبر عن الصورة الذي يمر إلى جهاز التعديل حيث يحمل على التيار الحامل الذي تنتجه الدائرة المهتزة وبالتالي يتكون ما يسمى بالتيار المعدل الذي بدوره يتجه إلى دائرة هوائي الإرسال حيث تتحول التيارات المعدلة إلى موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الهواء الجوي في جميع الإتجاهات .

الإستقبال التلفازي للصور(Television Waves Reception):

التعريف(فكرة عمل جهاز الإستقبال التلفزيوني): هي عملية استلام الموجات اللاسلكية المرسلة من محطة التلفاز وتحويلها إلى تيارات تأثيرية(طاقة كهربائية) ثم إلى صور ضوئية(طاقة ضوئية) لها نفس صفات الصورة الأصل المرسلة ليتم مشاهدتها .

تركيب جهاز(شبكة) استقبال الصور تلفازياً: تتكون كما في الشكل التالي من الأجزاء الرئيسية التالية:



- دائرة هوائي الإستقبال .
- دائرة الرنين .
- دائرة التقويم والتكبير .
- أنبوبة أشعة الكاثود ، قاعدتها المخروطية تسمى الشاشة وتغطى الشاشة من الداخل بمادة فلوريسية تومض (تضيئ) عند سقوط الشعاع الإلكتروني عليها .

كيف تتم عملية الإستقبال التلفازي ؟

تتم عملية الإستقبال التلفازي وفقا للخطوات التالية:

١- يقوم هوائي الإستقبال باستلام الموجات الاسلكية (الكهرومغناطيسية) وتحويلها إلى تيارات كهربائية تأثيرية مختلفة التردد .

٢- يتم توليف دائرة الرنين(ضبط الموجة) حتى يتفق ترددها مع تردد موجات المحطة التلفزيونية المراد مشاهدة برامجها فيمر التيار الذي تولده موجات هذه المحطة دون غيرها من المحطات وتكون له صفات التيار الكهربائي في محطة الإرسال عدا شدته .

٣- يمر هذا التيار في دائرة التقويم والتكبير فيقوّم ثم يكبر حتى الحصول على الشدة المناسبة ثم يرسل إلى أنبوبة أشعة الكاثود مارا بكل من شبكتها وآنودها وملفاتها الحارفة .

٤- يتغير جهد كل من شبكة وآنود أنبوبة أشعة الكاثود تبعا لتغير شدة هذا التيار وبذلك يتم التحكم بعدد الإلكترونات(شدة الشعاع الإلكتروني) التي تصل إلى الآنود من الكاثود(قاذف الإلكترونات) .

٥- وتقوم الملفات الحارفة بتحريك الشعاع الإلكتروني لمسح الشاشة بنفس الكيفية التي يتحرك بها لمسح لوح الخلايا الكهروضوئية في جهاز الإرسال وبالتالي تكون إضاءة كل نقطة على الشاشة متناسبة مع شدة استضائتها في الصورة المتكونة على لوح الخلايا في جهاز الإرسال فتظهر على الشاشة صورة مطابقة للصورة الأصلية في جهاز الإرسال تماماً .

* تبدو الصورة على الشاشة غير متقطعة وحركة أجزائها طبيعية لأنها تظهر على الشاشة بمعدل ٢٥ مرة في الثانية أي بسبب ظاهرة مداومة الرؤية .
* وللتخلص من الإهتزازات التي قد تعتري الصورة على شاشة المستقبل جعل الشعاع الإلكتروني في جهاز الإرسال يمسح الصفوف الفردية(١ ، ٣ ، ٥ ، ...) أولاً ثم الصفوف الزوجية(٢ ، ٤ ، ٦ ، ...) في كل مرة وهكذا .
* يتم ارسال الصوت بموجة مصاحبة لموجات الصورة ويتم استقبالها بواسطة دوائر خاصة موجودة داخل جهاز الإستقبال التلفازي .
* يحذر من فتح أجهزة التلفزيون أثناء أوبعد إغلاقها مباشرة لأن في ذلك خطورة ، حيث تخزن أجهزة التلفاز شحنات كثيرة وفولتات عالية أثناء تشغيله وبعد غلقه .

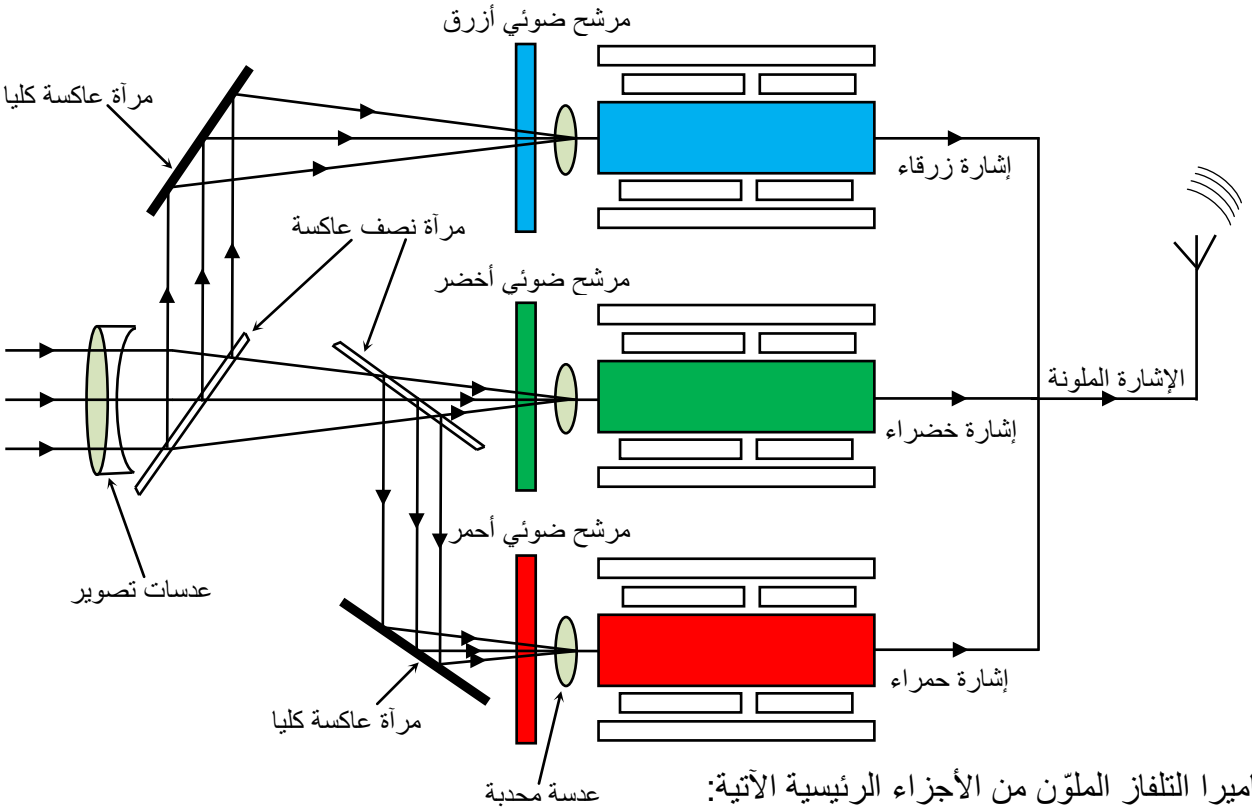
التلفاز الملوّن(Coloured Television):

يتميز التلفاز الملون عن العادي بأن فيه:

١- يتم ارسال الصور واستقبالها بالألوان الأساسية الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق .
٢- آلة التصوير في المرسل تحتوي على ثلاثة أنابيب تصوير وثلاثة مرشحات لهذه الألوان .
٣- أنبوبة أشعة الكاثود في المستقبل تحتوي على ثلاث بندقيات الكترونية(مدافع الكترونية) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تركيب آلة التصوير(الكاميرا) في الإرسال التلفزيوني الملون:



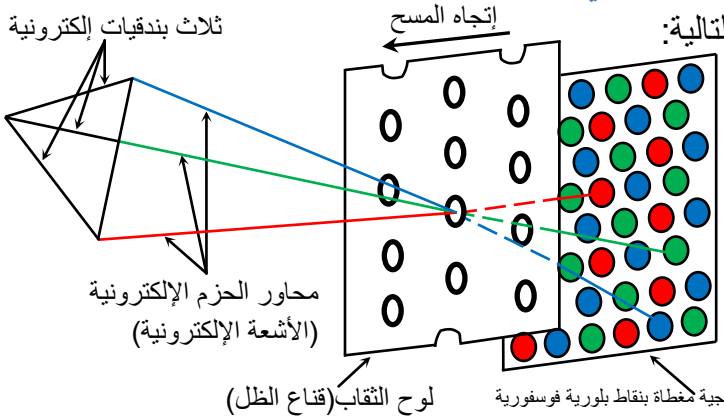
تتكون كاميرا التلفاز الملوّن من الأجزاء الرئيسية الآتية:

- عدسات تصوير .
- مرآتان نصف عاكستان .
- مرآتان عاكستان تماماً .
- ثلاث مرشحات ضوئية .
- ثلاثة أنابيب تصوير . - كما في الشكل أعلاه -

عملية تحليل وإرسال الصور الملونة تلفازيا: يتم ذلك بالخطوات التالية:

١- تقوم العدسات بتكوين الصورة (الأشعة الضوئية) على المرايا النصف عاكسة .
٢- تقوم المرآتان النصف عاكستان بتوزيع أشعة الصورة الضوئية إلى المرآتان العاكستان تماماً وإلى مرشح الضوء الأخضر المقابل لهما أفقياً .
٣- تقوم المرآ تان العاكستان تماماً بعكس الأشعة الضوئية للصورة إلى المرشحان الضوئيان الآخرين الأحمر والأزرق .
٤- تقوم المرشحات الضوئية بتحليل صورة المشهد أو المنظر إلى ألوانه الأساسية الأحمر والأخضر والأزرق .
٥- تقوم ألواح الصور في أنابيب التصوير الثلاث بتحويل كل لون إلى إشارة كهربية مستقلة ترسل على شكل موجات لاسلكية .

تركيب أنبوبة أشعة الكاثود في شبكة الإستقبال التلفزيوني الملون:



تتكون كما في الشكل المقابل من الأجزاء الرئيسية التالية:

- ثلاث بندقيات إلكترونية(مدافع إلكترونية) .
- لوح الثقوب ويسمى قناع الظل وفيه (عدد الثقوب = عدد النقاط الفلوريسية) .
- ستارة(لوحة) فوسفورية وهي صفيحة زجاجية مغطاة بنقاط بلورية فلوريسية(فوسفورية) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

عملية استقبال وتكوين الصورة الملونة على شاشة الإستقبال:

وتتم بالخطوات التالية:

١- بعد استلام الموجات وتحويلها إلى إشارات كهربائية تاثيرية تتوزع إلى الثلاث البندقيات الإلكترونية الموجودة في أنبوبة أشعة الكاثود .

٢- يقوم كل مدفع الكتروني بإعطاء حزمة من الإلكترونات(شعاع الكتروني) تتغير شدتها تبعاً لتغير شدة الإشارة المعبرة عن اللون لأن تغير شدة الإشارة يغير جهد الشبكة الحاكمة فتغير تركيز وشدة الشعاع الإلكتروني الخاص بها .

٣- تتجمع الحزم(الأشعة) الإلكترونية ماسحةً لوح قناع الظل متفرقة عبر كل ثقب لتسقط على لوحة النقاط الفوسفورية .

٤- عند اصطدام الحزمة الإلكترونية الحاملة لإشارة اللون الأحمر بالنقاط الفلوريسية يظهر اللون الأحمر .

، عند اصطدام الحزمة الإلكترونية الحاملة لإشارة اللون الأخضر بالنقاط الفلوريسية يظهر اللون الأخضر .

، عند اصطدام الحزمة الإلكترونية الحاملة لإشارة اللون الأزرق بالنقاط الفلوريسية يظهر اللون الأزرق .

، عند اصطدام الحزم الإلكترونية الحاملة لإشارة الألوان الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق معا على النقاط الفلوريسية يظهر عليها اللون الأبيض .

، النقاط التي لا يحدث عندها أي اصطدام لأي حزمة إلكترونية تظهر سوداء اللون .

، بتغير شدة الحزم الإلكترونية المصطدمة بالنقاط الفلوريسية وتغير زاوية سقوطها يتغير لون الضوء الصادر منها لتظهر جميع ألوان المنظر أو المشهد المرسل على الشاشة .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة :-

١- ما المقصود بـ: المرشح الضوئي ؟ ، عملية الإرسال التلفازي ؟ ، المسح التلفازي ؟ ، لوح الميكا ؟ ، قناع الظل ؟

٢- ما وظيفة كل من: الأيكونوشكوب ؟ ، المرشحات في التلفاز الملون ؟ ، لوح الموزاييك بكاميرا التلفاز ؟

٣- اذكر الغرض من توصيل الملفات الحارفة بمصدر تيار متردد في الأيكونوسكوب .

٤- ما التطبيقات لكل من: الموجات الكهرومغناطيسية ؟ ، أنابيب التفريغ ؟

٥- اذكر استخداماً واحداً لبندقية الإلكترونات في كاميرا التلفاز .

٦- في جهاز الإستقبال التلفزيوني تتجمع الأشعة الإلكترونية على لوح فيه عدد من الثقوب تسمى ..... . أكمل

٧- اختر الإجابة الصحيحة:

- يقوم الشعاع الإلكتروني بمسح الشاشة كلها في التلفزيون في زمن قدره ($\frac{١}{١٦}$ ، ١٦ ، ٢٥ ، $\frac{١}{٢٥}$) ثانية .
- تحتوي كاميرا التصوير الملوّن على (أربع قاذفات ، قاذفة واحدة ، ثلاث قاذفات ، قاذفتين) .
- أحد الأجزاء التالية ليس من مكونات الأيكونسكوب وهو (هوائي الإستقبال ، لوح الإشارة ، بندقية إلكترونية ، ملفات حارفة) .

٨- أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خطأ ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:

- تعمل الشاشة في التلفاز على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية .
- في جهاز الإستقبال التلفازي يقوم الشعاع الإلكتروني بمسح الخلايا الكهروضوئية الموجودة على الشاشة .
- يتم مسح الأعداد الفردية على لوح الصورة في الإرسال خلال زمن ($\frac{١}{٥٠}$) ثانية .
- زمن مسح الصورة في التلفاز ٢٥ ثانية وترددها $\frac{١}{٢٥}$ هرتز .
- أنبوبة التصوير في الأيكونسكوب أنبوبة مخلخلة من الهواء لها نافذة في مقدمتها مجموعة مرايا .

٩- تمسح الصفوف الفردية على الشاشة في ..... ثانية ، بينما تمسح الصورة ..... في الثانية الواحدة .

- في كاميرا التلفاز تطلق البندقية شعاع على لوح ..... عند نقطة تسمى نقطة ..... .

١٠- ما الذي يجعل الصورة على شاشة التلفاز طبيعية وغير متقطعة ؟

١١- كيف تفسر رؤيتك للصورة في شاشة التلفاز بشكل غير متقطع ؟

١٢- كيف يتم ارسال صورة ملوّنة إلى محطة التلفاز ؟

١٣- كيف تتم عملية المسح التلفازي ؟

١٤- إرسم جهاز الإرسال التلفازي الملوّن مع كتابة البيانات على الرسم ثم حدد وظيفة كل مكون من مكوناته .

ب- ما الفرق بين آلة التصوير وأنبوبة التصوير ؟

جـ- ما هي صفات الخلايا الكهروضوئية في كاميرا التلفزيون ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

د- في أي جزء من شبكة الإرسال التلفزيوني يتم تحويل الصور إلى تيارات معبرة ؟ إشرح كيف يتم ذلك .
هـ- إذا استبدل لوح الميكا بلوح من الحديد هل سيتكون تيار معبر عن الصورة ؟ فسر إجابتك .
و- اختر الإجابة الصحيحة:
١- (الملفات الحارفة ، المجالين المغناطيسيين ، الشعاع الإلكتروني) يقوم بعملية المسح في التلفاز .
٢- شدة التيار المعبر عن الصورة تعتمد على (شدة إضاءة المنظر ، شدة الشعاع الإلكتروني للبندقية ، كليهما معاً) .
٣- شدة التيار المعبر لا تؤثر على الشعاع الإلكتروني المنبعث من البندقية الإلكترونية لـ(كاشف الذبذبات ، كاشف الرادار ، كاميرا التلفاز ، شبكة الإستقبال التلفزيوني) .
٤- يتم إرسال الصور في التلفاز العادي بـ (لون واحد ، لونين ، ثلاثة ألوان).
ز- ضع علامة (✓) أو (×) في كل مما يلي:
١- يتم مسح الصف الأول خلال ($\frac{١}{١٦٢٥٠}$) ثانية . ( )
٢- يتم مسح الصف الأول كل ($\frac{١}{٢٥}$) ثانية . ( )
٣- في الثانية الواحدة تتكون على شاشة التلفزيون ٢٥ صورة . ( )

ح- هل العبارة التالية صائبة أم خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ حيثما وجد فيما يلي:
١- جعل الشعاع الإلكتروني في جهاز الإستقبال يمسح الصفوف الفردية أولاً ثم الصفوف الزوجية في كل مرة.
٢- في كاميرا التلفزيون الملون تقوم المرآتان العاكستان تماماً بعكس أشعة الصورة إلى المرشحان الضوئيان الأخضر والأحمر.

تدريبات(٣):

أ- ما المقصود بـ: ١- نقطة الإستكشاف ؟
٢- الشعاع لإلكتروني ؟
٣- الإشارة الملونة في الإرسال التلفزيوني ؟
ب- لماذا سمية الخلايا الكهروضوئية بهذا الإسم ؟
جـ- ما الفرق بين المادة الفلوريسية ومادة السيزيوم ؟
د- ما هي فكرة عمل كل من: ١- جهاز الإرسال الإذاعي ؟
٢- مكبر الصوت الديناميكي ؟
هـ- إشرح كيف تتم عملية تعجيل(تسريع) الشعاع الإلكتروني في الأيكونوسكوب ؟
و- علل/فسر: ١- تحتوي شبكة الإرسال التلفزيوني الملون على مرايا نصف عاكسة .
٢- يحتوي مكبر الصوت الديناميكي على مغناطيس .
٣- وجود صفيحة زجاجية مغطاة بنقاط بلورية فوسفورية في شبكة الإستقبال التلفزيوني الملون .
٤- تصنع الخلايا الكهروضوئية من الفضة .
ز- كيف تتكون النقاط ذات اللون الأبيض على شاشة التلفاز الملون ؟
ح- ضع علامة (✓) أو علامة (×) أمام كل فقرة مما يلي:
١- الضوء الساقط على المرشح الضوئي الأحمر يحوي جميع ألوان الصورة المراد إرسالها . ( )
٢- الضوء الخارج من المرشح الضوئي الأزرق هو الضوء الأزرق فقط . ( )
ط- إختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:
- قاذف الإلكترونات في أنبوبة أشعة الكاثود هو (فتيل التسخين ، الكاثود ، الشبكة الحاكمة ، الآنود) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات أسئلة تقويم الوحدة الرابعة:

السؤال الأول(بعد الترقيم):

أ- الأشعة المهبطية(الكاثودية) + الإلكترونيات .
ب- الإلكترونيات + الأيونات .
جـ- الحرارية .
د- فلوريسية + كبريتيد الخرصين .
هـ- الفلوريسية + طاقة حركة .
و- أنبوبة أشعة الكاثود المجموعة الحارفة فيها زوجين من الألواح المعدنية .
ز- الإهتزاز + صدى .
ح- بعد + اتجاه .
ط- الموجات الصوتية المسموعة + تيارات(إشارات) .
ي- دائرة المايكروفون + الدائرة المهتزة + دائرة الهوائي .
ك- الحاملة .
ل- موجات لاسلكية كهرومغناكيسة ،
م- دائرة الهوائي + دائرة الرنين + دائرة السماعة .
ن- التوليف .
س- معدل الطاقة .
ع- الكهروضوئية + الإستكشاف ،
ف- المعدل .
ص- الأحمر + الأخضر + الأزرق + المرشحات الضوئية .
ق- الأحمر + الأخضر + الأزرق + المرشحات .
ر- قناع الظل .

السؤال الثاني:

١-(✓) ، ٢- (×) ، ٣- (✓) ، ٤- (✓) ، ٥- (×) ، ٦- (✓) ، ٧- (✓) ، ٨- (✓) ، ٩- (×) ، ١٠- (×) ، ١١- (×)
١٢- (✓) ، ١٣- (×) ، ١٤- (✓) ، ١٥- (×) ، ١٦- (✓) ، ١٧- (×) ، ١٨- (✓) .

السؤال الثالث:

١- (أ) ، ٢- (ب) ، ٣- (جـ) ، ٤- (د) ، ٥- (د) ، ٦- (جـ) ، ٧- (جـ) ، ٨- (د) ، ٩- (ب) ، ١٠- (أ) ،
١١- (د) ، ١٢- (أ) ، ١٣- (جـ) ، ١٤- (ب) ، ١٥- (جـ) ، ١٦- (أ) .

السؤال الرابع:

- الأشعة المهبطية: هي أشعة غير مرئية تنبعث من كاثود(مهبط) أنبوبة التفريغ الكهربائية وهي الإلكترونات .
- الإنبعاث الإلكتروني الثانوي: هي عملية انبعاث الإلكترونات من سطح الكاثود نتيجة تصادم الأيونات الموجبة ذات الطاقة الحركية العالية به .
- الإنبعاث الإلكتروني الحراري: هي عملية انبعاث الإلكترونات من سطح الكاثود نتيجة تسخينه بسبب تكرار تصادم الأيونات الموجبة به(ذات الطاقة العالية والمنخفضة معاً) .
- التفريغ الكهربائي في الغازات: هي عملية إفراغ الشحنة الكربائية من مكان تراكمها بانتقالها عبر جزيئات الغاز المحيط بها .
- النقطة المضيئة: هي نقطة سقوط الشعاع الإلكتروني على شاشة أنبوبة أشعة الكاثود .
- الأسيلوسكوب: هو جهاز كاشف الذبذبات الذي يقوم برسم موجات الجهود والتيارات المترددة على شكل منحنيات لدراستها .
- دائرة المسح: هي دائرة الصمام الإلكتروني الخاص في كاشف الذبذبات وهي دائرة الجهد المتردد المنشاري المتصل باللوحين الرأسيين (س١ ، س٢) في أنبوبة أشعة الكاثود .
- التيار الحامل: هو تيار عالي التردد تولده الدائرة المهتزة ويقوم بحمل الموجات المنخفضة التردد(الصوت وألوان الصورة) .
- التيار المعدل: هو التيار الناتج من اختلاط التيار المعبر مع التيار الحامل والذي يتحول إلى موجات لاسلكية .
- أنبوبة التصوير التلفازي: هي أنبوبة كروية الشكل مفرغة تماما من الهواء تحوي مكونات آلة(كاميرا) التصوير .
- المرشح الضوئي: هو عبارة عن غشاء رقيق ملوّن لا يسمح بنفاذ الضوء خلاله إلا للضوء الذي يماثله في اللون .

السؤال الخامس:

١- لأنه عند تسخين الغاز تتأين بعض جزيئاته(تتحلل) إلى الكترونات سالبة وأيونات موجبة مما يوفر حاملات شحنة ليصبح الغاز بذلك جيد التوصيل .
٢- لتضئ لحظة سقوط الأشعة عليها .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٣- لتعمل على حرف الأشعة الإلكترونية حسب الغرض بواسطة المجالات التي تولدها .
٤- لإعادة الإلكترونات الساقطة على الشاشة إلى الكاثود ! لمنع تراكم الإلكترونات على الشاشة .
٥- لأن تردد التيار أكبر من ١٦ذ/ث فتحدث ظاهرة مداومة الرؤية .
٦- بسبب كتلتها الصغيرة جدا وكذلك قصورها الذاتي .
٧- لتجميع وتركيز وتوحيد اتجاه الموجات لتنتشر على شكل حزم متوازية .
٨- لتوفير الجهد والوقت المبذول في تحريك الهوائيين .
٩- لأن التيار المعبر عن الصوت أو الصورة يولد عادة موجات ترددتها صغيرة جدا .
١٠- لأن التيار المعبر عن الصوت يولد عادة موجات ترددتها صغيرة جدا($f = \frac{٣٣٠}{\lambda}$) معدل طاقتها لا تمكنها من الوصول إلى مسافات بعيدة .
١١- لتكبير التيار المعدل لأن قدرة محطّات الإذاعة تتوقف على معدل الطاقة المصاحبة للموجات المرسلة منها .
١٢- لتكبير التيار المقوّم للحصول على صوت واضح وقوي(لزيادة قدرتها) .
١٣- لتبعث بإلكترونات عند سقوط أشعة ضوئية عليها .
١٤- للتحكم بعدد وتركيز الإلكترونات(الشعاع الإلكتروني) المتجهة نحو الشاشة .
١٥- لأنها تظهر على الشاشة بمعدل ٢٥ مرة في الثانية أي بسبب ظاهرة مداومة الرؤية .
١٦- للتخلص من الإهتزازات التي قد تعتري الصورة على شاشة المستقبل .
١٧- لأن شبكة الإستقبال تستقبل ثلاث إشارات الحمراء والخضراء والزرقاء فكل مدفع يتاثر بإشارة معينة منها .

السؤال السادس:

- الأسيلوسكوب وظيفته كشف ورسم منحنيات الذبذبات(الموجات) المجهولة لدراستها ومعرفة ترددتها .
- الملف المعدني في مستقبل الرادار وظيفته تحويل الصدى الكهرومغناطيسي(الموجات المرتدة) إلى تيارات تأثيرية لها نفس ترددتها .
- الدائرة المهتزة وظيفتها توليد تيارات عالية التردد تسمى التيارات الحاملة .
- دائرة الرنين وظيفتها إنتقاء(اختيار) تردد المحطة المطلوب سماعها أو مشاهدتها وذلك بتغيير ترددها حتى يتفق مع تردد الموجات المطلوب استقبالها(عملية التوليف) .
- البندقية الإلكترونية وظيفتها بعث وإرسال أشعة إلكترونية على شكل حزم مركزة ومتسارعة لتسقط على الشاشة راسمة نقاط مضيئة عليها .
- الشبكة الحاكمة وظيفتها التحكم بعدد وتركيز الإلكترونات(الشعاع الإلكتروني) المتجهة نحو الشاشة .
- الشاشة وظيفتها تحويل الطاقة الكهربائية(التيارات المعبرة عن الصورة) إلى طاقة ضوئية(صور ضوئية) .
- الشعاع الإلكتروني يقوم بالوظائف التالية:
١- إثارة ذرات المادة الفلوريسية لتضيئ راسمة منحنيات الموجات المجهولة في كاشف الذبذبات .
٢- معادلة الجهد الكهربائي بين لوحي الصفيحة المعدنية والخلايا الكهروضوئية للمساهمة في إنتاج التيار المعبر عن الصور في مرسل التلفاز الملون .
٣- إثارة ذرات المادة الفلوريسية لتضيئ راسمة الصور على شاشة مستقبل التلفاز الملون .
- المرشحات في التلفاز الملون وظيفتها هي تحليل أو تقسيم الضوء المنعكس من صورة المنظر أو المشهد في كاميرا التلفاز الملوّن إلى ألوانه الأساسية الأحمر والأخضر والأزرق .

بقية الأسئلة: تجد إجاباتها كلها بجميع تفاصيلها كل في عنوانه الخاص به .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات تدريبات الوحدة الرابعة

تدريبات(١):

أ- ١- الأيون الموجب هو ذرة غير متعادلة كهربائياً وعدد البروتونات فيها أكبر من عدد الإلكترونات أي أن الشحنة الموجبة فيها أعلى من الشحنة السالبة .
٢- الأيون السالب هو ذرة غير متعادلة كهربائياً وعدد الإلكترونات فيها أكبر من عدد البروتونات أي أن الشحنة السالبة فيها أكبر من الشحنة الموجبة .
٣- الإنبعاث الإلكتروني الذاتي هي عملية انبعاث الإلكترونات من كاثود أنبوبة التفريغ عندما يطبيق عليها فرق جهد عالٍ وضغط منخفض .
٤- التأين الذاتي للغاز هي عملية تفكك(تحلل) ذرات الغاز المتعادلة إلى إلكترونات وأيونات موجبة نتيجة اصطدام الإلكترونات المنبعثة ذاتياً من الكاثود بهذه الذرات في أنبوبة التفريغ الكهربائي .
٥- توهج أنبوبة التفريغ هي ظاهرة الإضاءة التي تملأ أنبوبة التفريغ نتيجة تخلص الإلكترون من طاقته الزائدة إما ليستقر بعد إثارة الذرة(عملية استقرار الذرة) أو ليتحد مع الأيون الموجب لتكوين ذرة متعادلة(عملية إعادة الإتحاد)

ب- ١- فرق الجهد المطبق بين طرفي أنبوبة التفريغ + نوع مادة الغاز + طاقة حركة الإلكترون + نوع مادة الآنود .
٢- إعادة الإتحاد + إثارة الذرة .

جـ- ١- إرتفاع فرق الجهد بين قطبي ، ٢- الأيونات الموجبة .

د- ١- العبارة خاطئة وتصحيحها ← عملية التفريغ الكهربائي هي عملية إفراغ الشحنة الكربائية من مكان تراكمها بانتقالها عبر جزيئات الغاز المحيط بها .
٢- العبارة صحيحة .

هـ- ١- عندما يقل ضغط الغازات تزداد المسافات بين ذراتها فتزداد فرص التصادمات المسببة لتأينها مما يوفر حاملات الشحنة فتزداد قدرة الغازات على التوصيل الكهربائي .
٢- لأن زيادة فرق الجهد بين قطبي الأنبوبة يولد مجالاً كهربائياً يُكسِب الإلكترونات طاقة حركية تساوي شغل قوة المجال الكهربائي تمكنها من الإفلات من سطح المهبط(الكاثود) .
٣- لأنه كلما اصطدمت الأيونات فقدت جزء من طاقتها الحركية لتتحول إلى حرارة فيسخن الكاثود حتى تكتسب إلكتروناته طاقة حركية كافية فتفلت من سطحه .
٤- لأن شحنتها سالبة .
٥- لأنه وجد من خلال التجربة أن قدرتها على التوصيل الكهربائي تزداد بارتفاع درجة حرارتها وهذه من مميزات أشباه الموصلات .

و- الإثبات:
١,٣ × ١٠$^{-٤}$ ضغط جوي = ١,٣ × ١٠$^{-٤}$ × ٧٦ سم زئبق ، لأن ١ ضغط جوي(١ بار) = ٧٦ سم زئبق .
= ١,٣ × ١٠$^{-٤}$ × ٧٦ × ١٠ ملم زئبق ، لأن ١ سم = ١٠ ملم .
= ٠,١ ملم زئبق ■

ز- التوهج ضوء يملأ تجويف الأنبوبة يعتمد لونه على نوع مادة الغاز وينتج عن عمليتي إستقرار الذرة وإعادة الإتحاد ، بينما الوميض ضوء يميل إلى الزرقة يظهرعلى جدار الأنبوبة المقابل للمهبط أو على الآنود وينتج عن تحول جزء من طاقة حركة الإلكترونات المصطدمة بالجدار إلى طاقة ضوئية عند نقطة الإصطدام ، والتوهج يحدث قبل الوميض لأن الإلكترونات تصطدم بجزيئات الغاز قبل اصطدامها بجدار الأنبوبة أو بالآنود .

ح- بتوصيل أميتر على التوالي مع أجزاء دائرة التجربة وانحراف مؤشره يدل على مرور التيار الكهربائي في الدائرة أي خلال الغازات التي تعتبر جزء من الدائرة .

ط- إن الإلكترونات الناتجة عن عملية الإنبعاث الإلكتروني الذاتي ستتحرك باتجاه الآنود وتختفي دون إحداث تأين كافٍ ولإستمرار التأين يجب أن يستمر انبعاث الإلكترونات من الكاثود وذلك يحدث بسبب عمليتي الإنبعاث الإلكتروني الثانوي والإنبعاث الإلكتروني الحراري .

ي- ١- يظهر التوهج يتلوه الوميض دلالة على مرور التيار الكهربائي في أنبوبة التفريغ الكهربائي للغازات .
٢- يختفي التوهج ويستمر الوميض .
٣- لا تتأين ذرات الغاز بشكل كافٍ في أنبوبة التفريغ .
٤- أ- تفرّغ الشحنة بفقد الجسم إلكترونات حتى يتعادل كهربائياً .
ب- تفرغ الشحنة باكتساب الجسم إلكترونات ليتعادل كهربائياً .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ك- الإنبعاث الإلكتروني الذاتي ← تصادم الإلكترونات بالذرات ← التأين الذاتي ← إعادة الإتحاد لتكوين الذرة المتعادلة ← التوهج ← الوميض .

تدريبات(٢):

أ- ١- $ز_{ذهاب فقط} = \frac{ز_{ذهاب وإياب}}{٢} = \frac{٠,٢}{٢} = ٠,١$ ث $= ٠,١ \times \frac{١}{٣٦٠٠}$ ساعة $= ٢,٨ \times ١٠^{-٥}$ ساعة .

٢- بعد الهدف(ف) $= ع_{ض} \times \frac{١}{٢} ز_{ذهاب وإياب} = ٣ \times ١٠^{٨} \times \frac{١}{٢} \times ٢ \times ١٠^{-١} = ٣ \times ١٠^{٧}$ م .

ب- ١- ∵ $ز_{ذهاب فقط} = ٠,٤$ مللي ثانية $= ٤ \times ١٠^{-٤}$ ث ،

⟸ ارتفاع القمر عن سطح الأرض = بعد الهدف(ف) $= ع_{ض} \times ز_{ذهاب فقط} = ٣ \times ١٠^{٨} \times ٤ \times ١٠^{-٤}$

$= ١٢ \times ١٠^{٤}$ م ،

⟸ نق = $نق_{ر}$ + ف $= ٦,٣٨ \times ١٠^{٦} + ١٢ \times ١٠^{٤} = ٦,٥ \times ١٠^{٦}$ م ،

∴ المسافة التي يقطعها القمر الصناعي خلال دورة كاملة = طول المسار الدائري $= ٢\pi$ نق

$= ٢\pi \times ٦,٥ \times ١٠^{٦} = ٤ \times ١٠^{٧}$ م .

٢- ∵ $ع_م = \sqrt{\frac{ك}{نق_{ر}} ج} = \sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{٦,٥ \times ١٠^{٦}}} = ٧٨٣٤,٧$ م/ث ، $ع_م = \frac{٢\pi نق}{ز_{ر}}$

∴ $ز_{ر} = \frac{٢\pi نق}{ع_م} = \frac{٤ \times ١٠^{٧}}{٧٨٣٤,٧} = ٥١٠٥,٥$ ث .

جـ- ∵ $ع_م = \sqrt{\frac{ك}{نق_{ر}} ج}$ ⟸ نق $= \frac{ج ك_{ر}}{ع_م^{٢}} = \frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{(٧٢٠٠)^{٢}} = ٧,٧ \times ١٠^{٦}$ م .

، نق = $نق_{ر}$ + ف ⟸ ف = نق – $نق_{ر} = ٧,٧ \times ١٠^{٦} - ٦,٣٨ \times ١٠^{٦} = ١,٣٢ \times ١٠^{٦}$ م .

، بعد الهدف(ف) $= ع_{ض} \times \frac{١}{٢} ز_{ذهاب وإياب}$

∴ الزمن المستغرق($ز_{ذهاب وإياب}$) $= \frac{٢ف}{ع_{ض}} = \frac{٢ \times ١,٣٢ \times ١٠^{٦}}{٣ \times ١٠^{٨}} = ٨,٨ \times ١٠^{-٣}$ ث .

المعطيات:
λ = ٤٠ سم = ٠,٤ م .
ف = ٤×١٠^{٤} كم = ٤×١٠^{٧} م .
سع = $١٠^{-٧}$ مايكروفاراد
= $١٠^{-١٣}$ فاراد .
ل = ٢ سم = ٢×١٠^{-٢} م .
س = $ل^{٢} = (٢ \times ١٠^{-٢})^{٢}$ $م^{٢}$
= ٤×١٠^{-٤} م .
$\mu_{هواء} = ٤\pi \times ١٠^{-٧}$ $\frac{ويبر}{أمبير \cdot متر}$.
$ع_{ض} = ٣ \times ١٠^{٨}$ م/ث .

د- ١- بعد الهدف(ف) $= ع_{ض} \times \frac{١}{٢} ز_{ذهاب وإياب}$

⟸ الزمن المستغرق($ز_{ذهاب وإياب}$) $= \frac{٢ف}{ع_{ض}} = \frac{٢ \times ٤ \times ١٠^{٦}}{٣ \times ١٠^{٨}} = ٠,٢٧$ ث .

٢- $f = \frac{ع_{ض}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٤ \times ١٠^{-١}} = ٧,٥ \times ١٠^{٨}$ هرتز

⟸ $ز_{ر} = \frac{١}{f} = \frac{١}{٧,٥ \times ١٠^{٨}} = ١,٣ \times ١٠^{-٩}$ ث .

٣- $f = \frac{١}{\pi٢\sqrt{حث \ سع}}$

⟸ حث $= \frac{١}{f^{٢} \ سع \ \pi٤} = \frac{١}{\pi^{٢} \times (٧,٥ \times ١٠^{٨})^{٢} \times ٤ \times ١٠^{-١٣}} = ٤,٥ \times ١٠^{-٧}$ هنري .

٤- حث $= \frac{\mu ن^{٢} س}{ل}$ ⟸ ن $= \sqrt{\frac{حث \ ل}{\mu \ س}} = \sqrt{\frac{٤,٥ \times ١٠^{-٧} \times ٢ \times ١٠^{-٢}}{\pi^{٢} ٤ \times ١٠^{-٧} \times ٤ \times ١٠^{-٤}}} = ٢,٤$ لفة.

تدريبات(٣):

أ- ١- نقطة الإستكشاف هي نقطة سقوط الشعاع الإلكتروني على لوح الخلايا الكهروضوئية في المرسل أو على شاشة أنبوبة أشعة الكاثود للمستقبل التلفازي .

٢- الشعاع الإلكتروني هو سيل من الإلكترونات التتابعة التي تقذفها البندقية الإلكترونية .

٣- الإشارة الملوّنة في الإرسال التلفزيوني هي عبارة عن مجموع الإشارات الكهربائية للألوان الأساسية الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق والمتجهة نحو هوائي الإرسال لإرسالها على صورة موجات لاسلكية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ب- بسبب حدوث الظاهرة الكهروضوئية عليها .
جـ- المادة الفلوريسية تشع ضوءاً عند سقوط الكترونات عليها بينما مادة السيزيوم تبعث بإلكترونات عند سقوط ضوء عليها .
د- ١- بث الموجات الصوتية المسموعة من محطة الإذاعة بعد تحويلها إلى تيارات معبرة عن الصوت ثم تحميلها على تيارات حمل عالية التردد لتنتشر في الجو على شكل موجات كهرومغناطيسية بسرعة الضوء وفي جميع الإتجاهات .
٢- استلام الموجات اللاسلكية من قبل جهاز الإستقبال الإذاعي(الراديوي) وتحويلها إلى تيارات تأثيرية ثم إلى موجات صوتية سمعية لها نفس تردد وخصائص الصوت الأصلي لسماعها .
هـ- يتم ذلك بجعل قيمة الجهد الموجب للآنود تزداد من الطرف القريب من الشبكة الحاكمة باتجاه لوح الصورة بالتدريج مما يسبب تسارع الإلكترونات .
و- ١- لتقوم بتوزيع أشعة الصورة الضوئية إلى المرآتان العاكستان تماما وإلى مرشح الضوء الأخضر المقابل لها أفقيا .
٢- لتوليد مجال مغناطيسي يساهم بتداخله مع مجال الملف في التأثير بقوة تسبب اهتزاز الملف مع الإسطوانة ومع المخروط وما يحتويه من كمية الهواء .
٣- لأنه بتغير شدة الحزم الإلكترونية المصطدمة بالنقاط الفلوريسية يتغير لون الضوء الصادر منها لتظهر جميع ألوان المنظر أو المشهد المرسل على الشاشة فيشاهده المشاهد .
٤- لأن الفضة معدن موصل جيد ولونها الأبيض يسمح بمرور كل الألوان ولا يمتصها .
ز- عند اصطدام الحزم الإلكترونية الحاملة لإشارة الألوان الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق معا على النقاط الفلوريسية يظهر عليها اللون الأبيض .
ح- ١- (✓) ، ٢- (✓) .
ط- الكاثود .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(أسئلة إختبارات وزارية للعام الدراسي ٢٠١٨ - ٢٠١٩ م)

الأول - ما المقصود بـ: ١- مكبر الصوت الديناميكي ؟ ، ٢- التيارات المعدلة ؟

الثاني - اذكر وظيفة واحدة أو استخداماً واحداً لكل من:
- المرشحات الضوئية ، - الأسيلوسكوب ، - الآنود(المصعد) في الأيكونوسكوب - المرسل في محطة الرادار ،
- الهواء المحبوس في مكبر الصوت الديناميكي ، - البندقية الإلكترونية لأنبوبة أشعة الكاثود ، - معدل التيار ،
- الرادار ، - هوائي الإرسال ، - الألواح الحارفة للأسيلوسكوب ، - العدسات في كاميرا التصوير التلفازي .

الثالث - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية(٢٠١٣ - ٢٠١٤):
أ- للمقارنة بين ترددي مصدرين مجهولين نستخدم (الكينوسكوب ، الأيكونوسكوب ، الأسيلوسكوب ، الألكتروسكوب) .
ب- وجهت نبضة رادار طولها الموجي ٥ سنتيمتر نحو هدف يبعد عن المحطة ٨ كيلومتر فإن عدد الموجات المتكونة في هذه المسافة (١٦ × ١٠^{٤} ، ١,٦ × ١٠^{٤} ، ١٦ × ١٠^{٢} × ١,٦ × ١٠^{٣}) موجة .
جـ- التيار الخارج من دائرة الرنين يعتبر تيار (معبر ، معدل ، حامل ، لا شيئ مما ذكر) .
د- تدخل المرشحات في تركيب (الأسيلوسكوب ، الكينوسكوب ، أنبوبة أشعة الكاثود ، الأيكونوسكوب) .

الرابع - أكمل العبارات التالية بما يناسبها:
أ- ..... توجد في أجهزة الإرسال اللاسلكي وتقوم بتوليد الموجات الكهرومغناطيسية .
ب- ..... عبارة عن انتفاخ زجاجي مظلم ومفرغ من الهواء تماماً وفي مقدمتها مجموعة من العدسات اللامة .
جـ- تصبح الغازات موصلة للكهرباء عند ارتفاع ..... .
د- ..... هي عملية مرور التيار الكهربائي في الغازات المتأينة .
هـ- أساس عمل الرادار يقوم على ظاهرة ..... والحصول على صدى كهرومغناطيسي .
و- يسمى الإلكترون المنبعث من سطح الكاثود نتيجة تسخينه إلى درجة حرارة عالية بالإلكترون ..... .
ز- ..... تولد جهد متردد يتغير تدريجياً بصورة مشابهة لتيار سن المنشار .
ح- يتغير مسار الشعاع الإلكتروني أفقياً ورأسياً على شاشة الأسيلسكوب بواسطة ..... .

الخامس - علل لما يأتي:
أ- تغطى الخلايا الكهروضوئية في لوح الصورة بطبقة من السيزيوم .
ب- تعتبر الغازات مواد عازلة كهربائياً في الظروف الإعتيادية .
جـ- عدم تراكم الإلكترونات على شاشة أنبوبة أشعة الكاثود .
د- هوائي مرسل الرادار(الصحن) قابل للحركة في اتجاهات مختلفة .
هـ- تحمل التيارات المعبرة عن الصوت والصورة على التيارات الحاملة .
و- في البندقية الإلكترونية يحاط الكاثود(المهبط) الباعث للإلكترونات بشبكة حاكمة .
ز- تستطيع الإلكترونات الإهتزاز بترددات عالية ومنخفضة .
ح- التحذير من فتح جهاز التلفاز بعد إطفاءه وملامسة أجزاءه حتى وإن كان لا يعمل .
ط- إذا زاد تردد التيار عن ١٦ هرتز في شاشة الأسيلوسكوب نشاهد خطاً مستقيماً .

السادس - رسمات وتركيب الأجهزة الكهربائية:
أ- وضح بالرسم مع كتابة البيانات تركيب مكبر الصوت الديناميكي(السماعة) .
ب- وضح بالرسم مع كتابة البيانات تركيب أنبوبة أشعة الكاثود المجموعة الحارفة فيها ملفات .
جـ- وضح بالرسم مع كتابة البيانات عملية استقبال الموجات اللاسلكية الراديوية(جهاز الإستقبال الإذاعي) .

السابع - مسائل:
أ- إذا كان الزمن الذي تستغرقه موجة رادار للذهاب والإياب $\frac{١}{٣٠٠٠}$ دقيقة فاحسب بعد الهدف عن الرادار .
ب- أرسلت موجة رادار نحو هدف فعادت ألى المحطة بعد ٤٠ مايكروثانية ، أوجد بعد الهدف .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة الخامسة(الفيزياء الذرية – Atomic Physics)

مجالات الفيزياء التقليدية(الكلاسيكية)	مجالات الفيزياء الحديثة
هي العلوم الفيزيائية التي تُعنى بتفسير الظواهر الجهرية الخاصة بالأجسام التي في متناول حواسنا ، والتي نمت وتطورت تطوراً كبيراً منذ زمن جاليلو ونيوتن حتى أواخر القرن التاسع عشر ، ومنها الإلكتروليك(علم الكهرباء) والميكانيك(علم الحركة) والديناميكا(علم الحرارة) والبصريات(علم الضوء) والسمعيات(علم الصوت) والكهرومغناطيسية .	هي العلوم الفيزيائية التي تُعنى بتفسير الظواهر المجهرية الخاصة بالجسيمات(الأنظمة) الدقيقة كالإلكترونات والبروتونات والنيترونات وغيرها من عالم الصغائر الذي لا يرى ولا يسمع حيث تفقد فيه الفيزياء التقليدية مفعولها عند محاولة تطبيقها على ظواهر هذا العالم ، هذه العلوم تطورت خلال القرن العشرين ، ومنها الفيزياء الذرية والنووية والنسبية وميكانيك الكم .

نظرية دالتون(Dalton's Atomic Theory):

إن العديد من الملاحظات والتجارب الكيميائية وما نتج عنها من قوانين مثل مبدأ حفظ المادة(والذي استبدله فيما بعد إينشتاين بمبدأ حفظ الطاقة) وقانون النسب المتضاعفة واتحاد الحجوم وعدد أفوجادرو وغيرها أدت بالكيميائي الإنجليزي جون دالتون إلى إعلان أول نظرية ذرية عام ١٨٠٣م تنص على أن: **"المادة تتكون من ذرات غير قابلة للهدم أو الإنقسام"** .

إلا أن تجارب عديدة أجراها العلماء فيما بعد قادت إلى إكتشافات جديدة كإكتشاف الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة وخصائصهما أظهرت أن الإلكترون جزء من الذرة وبالتالي ألغي الشق الثاني من نظرية دالتون الذرية أي أن الذرة قابلة للإنقسام .

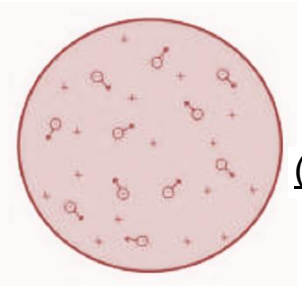
إثراء:

١- ما هي الحقائق العلمية التي استند إليها جون دالتون في وضع أول نظرية ذرية ؟

٢- اذكر فروض نظرية دالتون الذرية(شِقّيها) .

نموذج ثومسون(The Thomson Model of the Atom):

الحقائق العلمية التجريبية التي ألغت الشق الثاني من نظرية دالتون والمعلومات الجديدة التي تلت ذلك في معرفة تركيب الذرة جعلت العالم الإنجليزي جوزيف ثومسون يتوصل إلى النتائج التالية في ذرة الهيدروجين:



شكل (١)

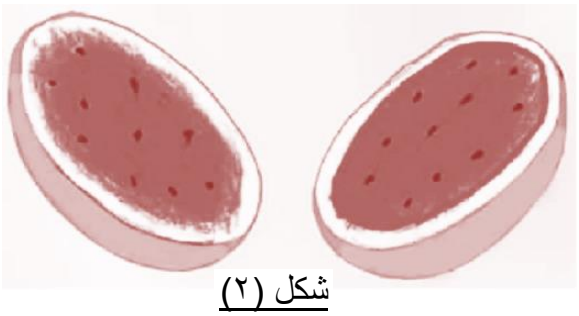
١- الذرة متعادلة كهربائياً .

٢- الأيونات الموجبة لها تقريبا نفس كتلة الذرة .

٣- الإلكترونات السالبة أخف بكثير من الأيونات الموجبة .

هذه الملاحظات والحقائق العلمية التي أدت بالعالم ثومسون إلى إعلان أول نموذج للذرة عام ١٩٠٤م ويعتبر أول نموذج تكلم عن الإلكترونات وينص على أن:

"الذرة شبيهة بكرة مصمتة تتوزع بداخلها الشحنات الموجبة بانتظام (بتجانس) وتتخللها الإلكترونات السالبة بحيث يكون مجموعها مساوياً للشحنة الموجبة" .



شكل (٢)

سمّي هذا النموذج بفطيرة البرقوق شكل(١) ، ويمكن تصوره أيضا كالبطيخة لتمثل المادة الحمراء الشحنة الموجبة والبذور السوداء تمثل الإلكترونات كما يوضحه الشكل (٢) .

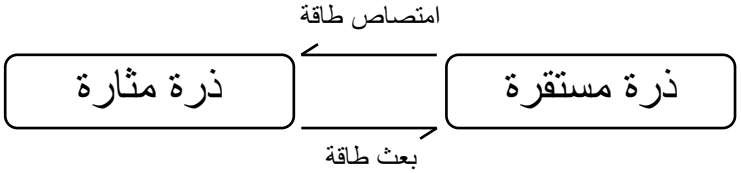
وكان لهذا النموذج الذري آنذاك بعض المزايا منها أن تصوره للذرة على أنها عبارة عن كرة صغيرة مصقولة مرنة كانت خاصية ضرورية لتفسير النظرية الحركية للغازات .

وقد عهد ثومسون لأحد طلابه وهو رذرفورد أن يختبر صلاحية هذا النموذج ، لكن قبل التعرف على عيوب هذا النموذج لا بد أن نتعرف أولاً على بعض المشاهدات التجريبية لبعض العناصر الكيميائية.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثارة ذرات العناصر الكيميائية:

الذرة المستقرة: هي الذرة التي توجد إلكتروناتها في مداراتها(مستويات الطاقة فيها) الطبيعية .
الذرة المثارة: هي الذرة التي انتقلت بعض إلكتروناتها إلى مستويات ذات طاقة أعلى .
يمكن إثارة ذرات العناصر الكيميائية وهي في حالتها الغازية بإعطائها طاقة تمتصها بإحدى الطرق التالية:
١- الصدمة الإلكترونية ، كما يحدث في أنبوب الأشعة المهبطية . ← طاقة حركية .
٢- التسخين ، كما في تجربة الكشاف الكهربائي لتحديد نوع الغازات . ← طاقة حرارية .
٣- امتصاص أشعة ضوئية(فوتونات) ، كما يحدث على جهاز المطياف . ← طاقة ضوئية .
٤- تسليط فرق جهد عالٍ كما يحدث عند تولد شرارة في ملف رومكورف ، ← طاقة كهربائية .
ثم ما تلبث ذرات ذلك العنصر المثارة أن تعود تلقائياً إلى حالتها الأولى المستقرة بإطلاق الطاقة التي امتصتها على شكل إشعاع(طيف) ضوئي .

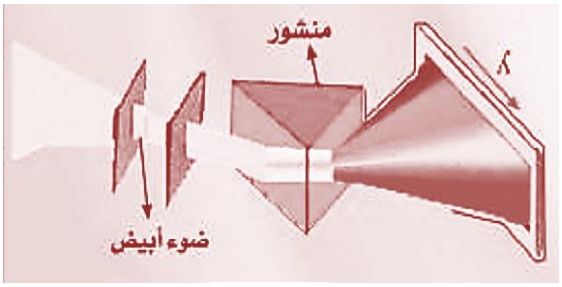


الطيف الضوئي:

الطيف الذري لعنصر: هو عبارة عن مدى معين أو سلسلة محددة من الأشعة الضوئية الصادرة عن ذرات ذلك العنصر.
طيف الإمتصاص لعنصر: هي خطوط سوداء تمثل خطوط الطيف التي امتصتها ذرات ذلك العنصر عند إثارتها .
طيف الإنبعاث لعنصر: هي خطوط(ألوان) الطيف التي تبعثها ذرات ذلك العنصر عند عودتها إلى حالة الإستقرار بعد إثارتها .
الطيف المتصل(المستمر): هو الطيف الذي يحتوي على عدداً من الأطوال الموجية المتتابعة بحيث لا تفصل بينها مناطق سوداء(معتمة) .
الطيف الخطي(المنقطع): هو الطيف الذي يحتوي على عدداً من الأطوال الموجية المتباعدة بحيث تفصل بينها مناطق معتمة .

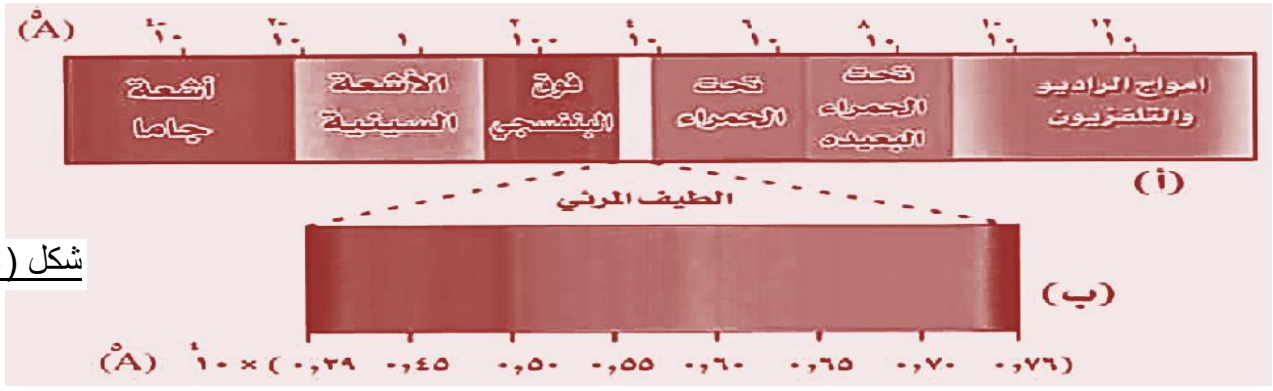
طيف المصادر الضوئية المتوهجة:

إن ضوء عدد كبير من المصادر الضوئية كالمصابيح الضوئية والشمس يمثل طيفاً متصلاً لأنه يحتوي على عدد من الأطوال الموجية المتتابعة بحيث لا تفصل بينها مناطق سوداء(معتمة) ويحتوي على جميع الأطوال الموجية المرئية ، ويتضح ذلك عندما نمرر حزمة ضوئية لمصدر ضوئي خلال منشور ثلاثي فيحللها إلى ألوان الطيف الأساسية وهي الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي والبنفسجي كما هو مبين في الشكل (٣) .



شكل (٣)

وفيما يتعلق بطيف الشمس فهو طيف متصل يحتوي على جميع الأطوال الموجية الضوئية المرئية وغير المرئية والجزء الأكبر منها غير مرئي انظر الى الشكل (٤- أ) ، وقد لوِّن كي يسهل تصوره فقط وإلا فهو يحتوي على الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما وأمواج الراديو والتلفزيون وغيرها من الأشعة ذات الأمواج الطويلة والقصيرة غير المرئية .
أما الجزء المرئي فهو جزء صغير جداً من الطيف الكلي للشمس ويمثله الشريط الأبيض الذي يتوسط الطيف والشكل (٤- ب) صورة مكبرة لهذا الجزء وهو من اللون الأحمر إلى اللون البنفسجي(ألوان قوس قزح) .



شكل (٤)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

طيف العناصر الكيميائية:

هناك مصادر ضوئية أخرى أطيافها ذات مظاهر مختلفة ، فالطيف الذي تشعه العناصر الكيميائية المثارة عبارة عن طيف خطي(غير متصل) لأنه يحتوي على عدد من الأطوال الموجية المتباعدة بحيث تفصل بينها مناطق سوداء ، أبسط هذه الأطياف طيف عنصر الهيدروجين والشكل (٥- أ) يبين أطياف الإنبعاث الخطية لعناصر الهيدؤوجين(H) والزئبق (Hg) والنيون(Ne) للأطوال الموجية مقاسة بالنانومتر .



شكل (٥)

- أثبت العالم الألماني كيرتشوف عام ١٨٥٩م:

١- ان العناصر الكيميائية عندما تثار بالتسخين تشع(تبعث) نفس الألوان(الأطوال الموجية) التي تمتصها .

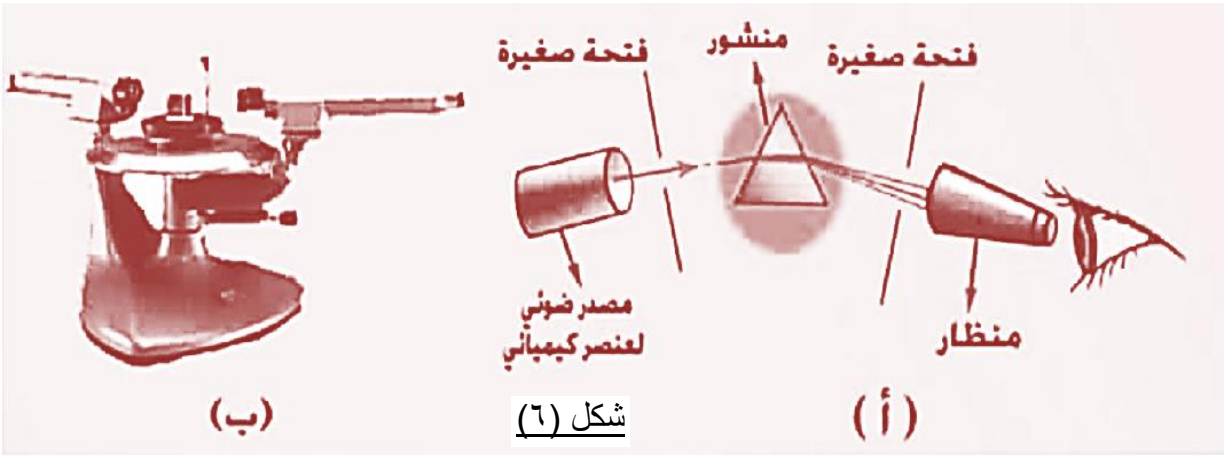
٢- أن لكل عنصر كيميائي ألوان(طيف) خاصة يمتصها تختلف كلياًعن الألوان التي يمتصها أي عنصر آخر ، يمكن اعتبار تلك الألوان(خطوط الطيف) بصمة خاصة بالعنصر .

- تكمن أهمية ظاهرة(أو خاصية) طيف العناصر فيما يلي:

١- استخدمت هذه الخاصية منذ القرن التاسع عشر للكشف عن المعادن والتمييز بينها ، وبذلك استطاع كيرتشوف اكتشاف وجود عناصر مثل الحديد والنيكل والزنك والصوديوم وغيرها في الغلاف الجوي للشمس وذلك عن طريق تحليل أطياف الضوء القادمة من الشمس ومقارنتها مع المصورات القياسية المعروفة للعناصر .

٢- ساهمت هذه الخاصية في وضع نظريات حول البنية الداخلية للذرة .

ويبين الشكل (٦- أ) بان الضوء المنبعث من عنصر كيميائي هو طيف خطي بعد تحليله عبر منشور ويتكون من ثلاثة خطوط أي من ثلاثة أطوال موجية في حالة هذا العنصر . وهذا الشكل هو مخطط للمبدأ الذي يقوم عليه عمل الجهاز المستخدم في دراسة الطيوف الذرية وهو جهاز مقياس الطيف ويسمى أيضا بـ(المطياف ، الإسبكتروم ، الإسبكتروسكوب) الذي يظهر في الشكل (٦- ب) .



شكل (٦)

س: كيف نحصل على كلٍ من: أ- الطيف المتصل المرئي ؟
ب- الطيف الخطي لعنصر ؟

جـ:

أ- نحصل على الطيف المتصل المرئي بتمرير حزمة ضوئية لمصدر ضوئي(مصباح مثلاً) خلال منشور ثلاثي فيحللها إلى ألوان الطيف الأسايسة السبعة تلاحظ بالعين على لوحة المطياف ، كما في الشكل (٣) .

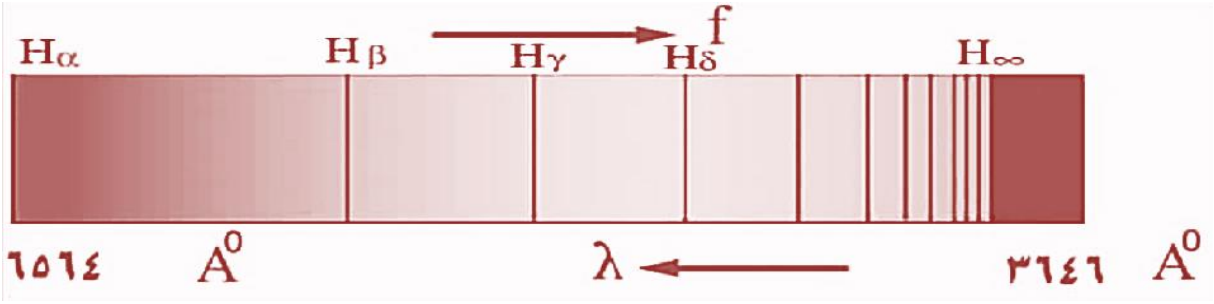
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ب- نحصل على الطيف الخطي لذرات العناصر تبعاً للخطوات التالية:
١- تثار ذرات العنصر لتبعث بضوء عند عودتها إلى حالتها المستقرة(الطبيعية) .
٢- تمرر حزمة من الضوء المنبعث خلال المطياف(منشوره الثلاثي) ليتم تحليل هذا الضوء إلى ألوانه الخاصة .
٣- تسقط هذه الألوان على لوحة في منظار المطياف ليلاحظها المشاهد ، انظر الشكل (٦- أ) .

طيف ذرة الهيدروجين(The Hydrogen Spectrum):

خطوط طيف الإمتصاص: وتظهر عبارة عن خطوط داكنة لأن شريط منظار المطياف يظهر الألوان التي تمر خلال الذرات أما التي امتصتها فتظهر أماكنها فقط على شكل خطوط داكنة ، انظر الشكل (٥- ب) .
خطوط طيف الإنبعاث: وتظهر عبارة عن خطوط ملونة لأن شريط منظار المطياف يظهر الألوان التي تبعثها الذرات فقط ، انظر الشكل (٥- أ) .

لقد أحدث الإنبعاث الطيفي للعناصر الكيميائية قدراً كبيراً من المشاكل المختلفة إذ وجد العلماء أن الطيف لأي عنصر يتألف من أطوال موجية توحي بانتظام وتناسق محددين بحيث يمكن أن تصنف في مجموعات سميت بسلاسل الأطياف ، هذا الأمر جعل العلماء يجتهدون في صياغة النظريات حول البنية الداخلية للذرة ، وعند دراستهم لأبسط الذرات وهي ذرة الهيدروجين(لاحتواءها على إلكترون وحيد) وجدوا أن:
١- خطوط طيف ذرة الهيدروجين تظهر في تراتيب متناظرة منتظمة .
٢- الفرق بين أطوال خطوط طيف ذرة الهيدروجين يتناقص بسرعة باتجاه الموجات القصيرة كما يظهر في الشكل (٧) الذي يمثل طيف ذرة الهيدروجين .



شكل (٧)

هذا الأمر جعل العلماء يفكرون بأنه من الممكن التعبير عن هذه الخطوط الطيفية بسلسلة من السلاسل الجبرية أو الهندسية ولكن لسوء الحظ لم توجد أية سلسلة من هذه السلاسل يمكن أن تعبر عن هذه الخطوط . إلا أنه في عام ١٨٨٥م نجح مدرس ثانوي سويسري يدعى جوهن بالمر بعد كثير من الجهد والدراسة ان يضع صيغة رياضية تجريبية يمكنها أن تحسب بدقة اطوال أمواج خطوط الطيف المرئي لذرة الهيدروجين المقاسة تجريبياً وهذه الصيغة هي:

$$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{ن^{٢}}) \quad \text{..... ، حيث أن:}$$

λ: هو الطول الموجي للخط الطيفي ، ومقلوبه($\frac{١}{\lambda}$): يسمى العدد الموجي ووحدة قياسه هي مقلوب وحدة الطول ،
(R_H = ١,٠٩٧ × ١٠^{٥} سم$^{-١}$ = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧} م$^{-١}$): يسمى ثابت ريد بيرج تكريماً للعالم السويدي جوهن ريد بيرج الذي ساهم في تطوير صيغة بالمر وهذه هي قيمته لعنصر الهيدروجين كما أن وحدة قياسه هي مقلوب وحدة الطول كذلك ، وبإعطاء قيماً صحيحة موجبة(ن ≤ ٣) نحصل على جميع خطوط سلسلة الطيف المرئي لذرة الهيدروجين وهي:
H_α: وهو الطول الموجي المشاهد الأول من سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ونحصل عليه عند (ن = ٣) ،
H_β: وهو الطول الموجي المرئي الثاني من سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ونحصل عليه عند (ن = ٤) ،
H_γ: وهو الطول الموجي المرئي الثالث من سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ونحصل عليه عند (ن = ٥) ،
H_δ: وهو الطول الموجي المشاهد الرابع من سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ونحصل عليه عند (ن = ٦) ،
.
.
.
H_∞: وهو الطول الموجي المشاهد النهائي من سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ونحصل عليه عند (ن = ∞) ويناظر الطول الموجي ٣٦٤٦ Å والذي يسمى بنهاية السلسلة أو حدّ السلسلة ، وقد سميت هذه السلسلة بسلسلة بالمر تكريماً للعالم الفيزيائي بالمر .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١):

احسب ما يلي: أ- الطول الموجي المشاهد الثالث لذرة الهيدروجين(H_γ) ،
ب- العدد الموجي المرئي الرابع في سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين .

الحل:

أ- الطول الموجي المشاهد الثالث(H_γ) ⟸ ن = ٥ ، وباستخدام علاقة بالمر يكون:

$$\frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{٥^{٢}}) \Longleftarrow \lambda = \frac{١٠٠}{١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} (٢٥ - ٤)} = ٤,٣٤٠٨٤ \times ١٠^{-٧} \text{ م} = ٤٣٤١ \text{ Å} ،$$

ب- العدد الموجي المرئي الرابع في سلسلة بالمر لذرة الهيدروجين ⟸ ن = ٦ ، وباستخدام علاقة بالمر يكون:

$$\frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{٦^{٢}}) = ٢٤٣٧٧٧٧,٧٨ \text{ م}^{-١} .$$

لم تستطع الفيزياء التقليدية تفسير الصيغة الرياضية(*) لهذه السلسلة وبقيت بدون تفسير نظري وظلت عبارة عن علاقة رياضية تجريبية لا تعطينا أية فكرة عن البنية الداخلية لذرة الهيدروجين ولكن بلا شك أنها قد تساهم في الإيحاء لإيجاد نموذج جديد للذرة أقرب إلى الحقيقة .

مميزات نموذج ثومسون:

١- استطاع تفسير النظرية الحركية لجزيئات الغاز بتصوره أن الذرة كرة مصمتة مرنة .
٢- ساهم في تطوير نظريات ونماذج ذرية حديثة .

عيوب نموذج ثومسون:

١- لم يستطع تفسير الطيف الخطي المشاهد(المرئي أو الملاحظ) لسلسلة بالمر لذرة الهيدروجين .
٢- لم يستطع تفسير تشتت جسيمات ألفا الساقطة على صفيحة رقيقة جداً من الذهب .

إثراء:

٢٠١٣ - ٢٠١٤: - قارن بين الطيف المتصل والطيف الخطي .
- أول من وضع نظرية ذرية هو العالم ثومسون . - هل العبارة صائبة أم خاطئة مع تصحيح الخطأ -
١- ما سبب فشل الشق الثاني من نظرية دالتون ؟
٢- اذكر نجاحات نموذج ثومسون الذري .
٣- ماذا تعرف عن النظرية الحركية للغازات ؟ ثم وضح كيف أن تصور نموذج ثومسون للذرة ككرة صغيرة مصقولة مرنة كانت خاصية ضرورية لتفسير هذه النظرية .
٤- اذكر فروض نموذج ثومسون الذري .
٥- ما الفرق بين الشعاع الإلكتروني والشعاع الضوئي ؟
٦- أثبت أن ٤٠٠ نانومتر تساوي ٤٠٠٠ إنكستروم .
٧- لا يوجد شعاع طيفي له تردد(طول موجي) وحيد ، علل .
٨- الطيف الذري لبخار الصوديوم يحتوي على ترددين يميل لونهما إلى اللون البرتقالي ، فهل هذا يعني أن لون الصوديوم برتقالي ؟ فسر إجابتك .
٩- وضح كيف تستخدم خاصية أطياف الإنبعاث الخطية للكشف عن العناصر والتمييز بينها .
١٠- ماذا تعرف عن (H_α ، H_β ، H_δ ، H_∞) ؟ احسب قِيَمها ثم بين لون كل منها .
١١- ما الإختلاف بين الطيف المرئي والطيف الضوئي ؟
١٢- هل الطيف المنبعث من المصابيح الضوئية هو نفسه المنبعث من الشمس ؟
١٣- تعتبر العناصر الكيميائية ذات الطيف الخطي مصادر ضوئية ... هل العبارة صحيحة ؟ وضح إجابتك!
١٤- يمكن إثارة ذرات العناصر الكيميائية وهي في حالتها (الغازية ، السائلة ، الصلبة ، أي مما ذكر) - خيارات -

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

نموذج رذرفورد(Rutherford Nuclear Model of the Atom):

تجربة رذرفورد:

في عام ١٩٠٩م قام العالم البريطاني رذرفورد بتجربته المشهورة وهي قذف صفيحة رقيقة جداً من الذهب بحزمة من جسيمات ألفا(أيونات الهليوم الموجبة He^{++}) المنطلقة بطاقة عالية من مصدر مشع موضوع في قالب من الرصاص ، هذه الجسيمات عند اصطدامها بالصفيحة تتشتت وتصطدم بشاشة اسطوانية مطلية بطبقة من كبريتيد الزنك(Zns) لها خاصية الوميض عند اصطدام جسيمات ألف بها ، نلخص هذه التجربة فيما يلي:

الهدف من التجربة: اختبار صلاحية نموذج ثومسون الذري .

أدوات التجربة:

١- منبع(مصدر) مشع لجسيمات ألفا كالراديوم .

٢- قالب: - من الرصاص لمنع الأشعة من النفاذ لحماية من يقوم بتنفيذ التجربة حيث أن كثافة الرصاص العالية تمتص الأشعة !

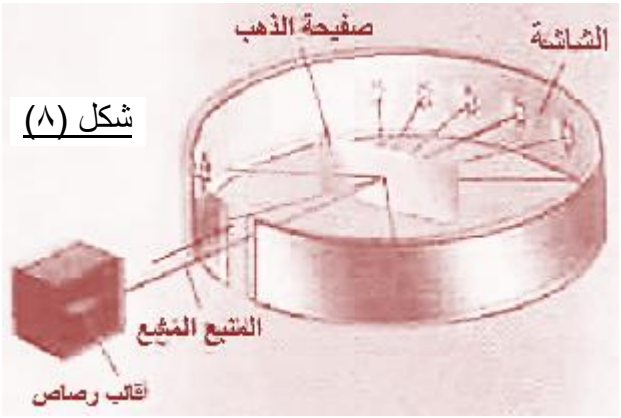
- فيه ثقب ضيق للحصول على حزمة من أشعة ألفا .

٣- صفيحة: - من الذهب لقابليته العالية للسحب والطرق كما أنه من أكثر المواد توصيلاً.

- رقيقة جداً سمكها حوالي ($١٠^{-٣}$ مم = ١ مايكرومتر) لتهيئة ظروف التصادم بين جسيمة ألفا وذرة وحيدة فقط من الصفيحة او على الأقل بضع ذرات منها.

٤- شاشة اسطوانية: - مطلية بطبقة رقيقة من كبريتيد الزنك(Zns) لتضيئ عند اصطدام جسيمات ألفا بها .

- بها شق من الجهة المقابلة للمنبع لدخول أشعة ألفا منها .



شكل (٨)

خطوات التنفيذ:

١- يتم ترتيب الأدوات كما في الشكل (٨) .

٢- تقذف الصفيحة الذهبية بجسيمات ألفا المنطلقة من المنبع المشع .

النتائج المتوقعة حسب نموذج ثومسون:

إذا كان نموذج ثومسون صحيحاً والذي يفترض أن الكتلة والشحنة للذرات تتوزع بشكل منتظم داخل الذرة فالمتوقع أن جسيمات ألفا ستعاني انحرافاً مقداره حوالي:

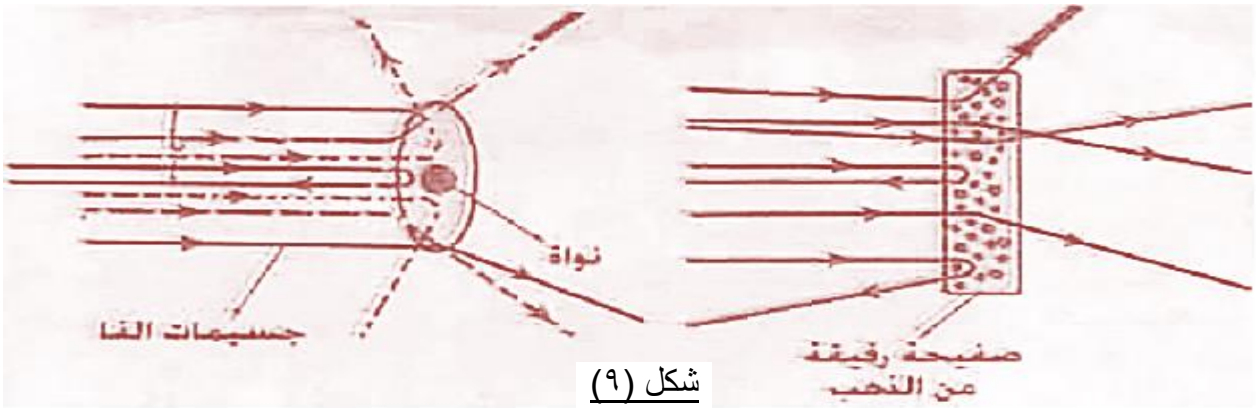
- إما ٠,٠١ من الدرجة إذا كان ناتجاً عن قوى التجاذب(التصادم) بين جسيمات ألفا والإلكترونات !

- أو ٠,٠٢٥ من الدرجة إذا كان ناتجاً عن قوى التنافر بين جسيمات ألفا الموجبة والشحنة الموجبة للذرة ! لأن المجال الناتج ضعيف جداً لا يستطيع حرف جسيمات ألفا .

الملاحظات:

١- عدداً قليلاً جداً حوالي ($\frac{١}{٨٠٠٠}$) جسيمة فقط تشتتت ضمن زوايا أكبر من ٩٠° وقد تصل إلى ١٨٠° لترتد على نفسها .

٢- معظم جسيمات ألفا اجتازت الصفيحة الذهبية دون إعاقة في طريقها كما يوضحه الشكل (٩) .



شكل (٩)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وضع فروض نموذج رذرفورد الذري(الإستنتاجات):

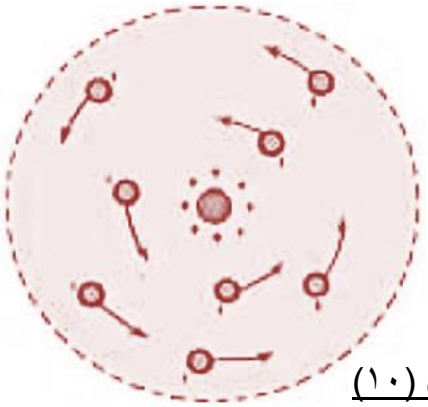
نتيجة لهذه التجربة التي أجراها العالم البريطاني ايرنست رذرفورد عام ١٩٠٩م فقد تصور نموذجاً للذرة قادراً على أن يفسر نتائج هذه التجربة ويعتبر النموذج النووي الأول والذي تكلم عن النواة ويتلخص في الفرضيات التالية:

١- الشحنة الموجبة للذرة ومعظم كتلتها تتركز داخل حجم صغير جداً في مركز الذرة وتسمى النواة .

٢- يعتبر حجم الذرة المحيط بالنواة فراغاً ، وهذا يفسر لماذا معظم جسيمات ألفا الساقطة على الصفيحة الذهبية تجتازها دون أن تعاني أي انحراف .

٣- الإلكترونات تتوزع لتدور حول النواة في مدارات كمدارات الكواكب السيارة في النظام الشمسي بحيث تعادل شحنتها السالبة الشحنة الموجبة للنواة .

هذا النموذج وطدَّ نفسه وأصبح يعرف بالنظام النووي ، والشكل (١٠) يبين صورة تخيلية تقريبية لهذا النموذج .



الشكل (١٠)

عيوب نموذج رذرفورد:

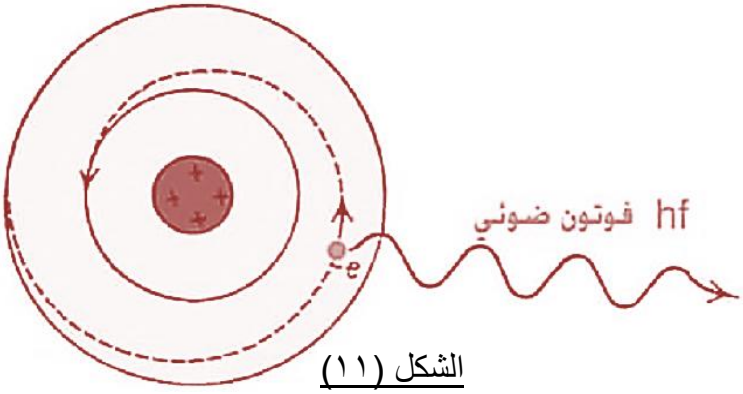
لم يستطع نموذج رذرفورد تفسير استقرار الذرة ، فوفقاً لهذا النموذج لا يمكن أن تكون الذرة مستقرة من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية لأنه إذا كان الإلكترون في ذرة الهيدروجين يتحرك حول النواة حركة دائرية فشحنته تتعجل وبالتالي تشع طاقة باستمرار حسب النظرية الكهرومغناطيسية فتبعث طيفاً مستمراً(متصلاً) ، هذا يعني أن الإلكترون سيفقد طاقته تدريجياً حتى ينهار في النهاية مندمجاً مع النواة انظر الشكل (١١) .

وهذا مخالف للواقع ولم يحدث مثل هذا الإندماج حيث أن:

١- الذرة مستقرة(ذرة الهيدروجين) .

٢- ذرة الهيدروجين تشع طيفاً خطياً وليس متصلاً .

فهذا يعد عجزاً آخر للفيزياء التقليدية(الكلاسيكية) في عدم استطاعتها تفسير الظواهر الذرية ، لذلك فنظرية رذرفورد هذه لا يمكن قبولها ولابد من البحث عن نظرية أخرى فذّة تحل هذه المعضلة ، وهذا ما فعله بلانك حين افترض تكميم الطاقة الإشعاعية .



الشكل (١١)

س: اكتشاف النيترون المتعادل الشحنة وذو الكتلة المتساوية تقريباً وكتلة البروتون على يد شادويك لم يتعارض مع نموذج رذرفورد ، فسِّر ذلك .

ج: لأن شحنة النيترون المتعادلة لم تؤثر على شحنة الذرة أما كتلتها فقد تنبأ بها رذرفورد بقوله "معظم كتلة الذرة" ، حيث وجد أن كتلة البروتونات في ذرة العنصر الواحد يقل عن الكتلة الحقيقية لها .

*** إكتشف عبقريتك ..!**

- كيف استنتج رذرفورد من خلال تجربته .. أ- أن الشحنة الموجبة للذرة تتركز في حجم صغير جداً(النواة) ؟
ب- وجود الإلكترونات في الذرة ؟
جـ- أن حجم الذرة المحيط بالنواة عبارة عن فراغ ؟
د- أن الإلكترونات تدور في مسارات دائرية حول النواة ؟

٢٠١٣ - ٢٠١٤:

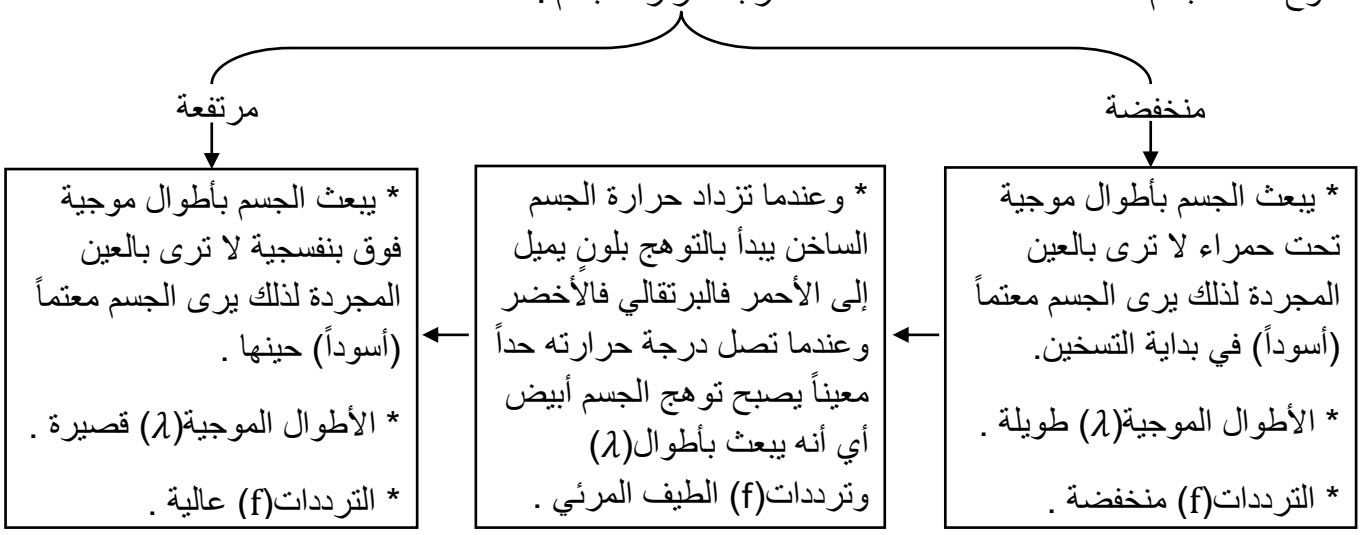
استدل رذرفورد على نفاذ معظم جسيمات ألفا من شريحة الذهب من خلال ..... التي تحدثه على ..... .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إشعاع الجسم الأسود(Blackbody Radiation):

إن الجسم عند أية درجة حرارة فوق الصفر المطلق يبعث بإشعاع يدعى أحياناً الإشعاع الحراري دلّت التجارب على أنه طيف متصل يحوي جميع الأطوال الموجية المختلفة ومنها التي لا ترى بالعين المجردة لأنها تقع في منطقتي الإشعاعات تحت الحمراء أو فوق البنفسجية ، وأن خواصه تعتمد على:

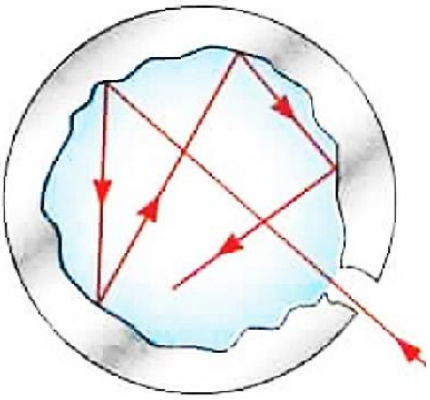
١- نوع مادة الجسم ، ٢- درجة حرارة الجسم .



وبحسب قانون كيرشوف فإن الجسم جيد الإمتصاص هو أيضاً جيد الإشعاع .

- الجسم الأسود: هو الجسم الساخن غير العاكس للأشعة الساقطة عليه أي هو الجسم الذي يمتص الضوء .

- الجسم الأسود المثالي(Blackbody): هو الجسم الذي يمتص جميع الأطوال الموجية أو يشعها(يبعثها) .



الشكل (١٢)

ويمكن تمثيل الجسم الأسود المثالي بتجويف صغير من أي مادة كالحديد أو النحاس فيه فتحة صغيرة فأي إشعاع ساقط على هذه الفتحة يدخل التجويف وينعكس على جدرانه الداخلية انعكاسات متتالية إلى أن يتم امتصاصه كلياً كما يوضحه الشكل (١٢) ، وعند تسخين جدران هذا التجويف من الخارج إلى درجة حرارة معينة ينبعث منها إشعاع حراري يحوي جميع الأطوال الموجية .

المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود:

دلّت التجارب على أن طاقة الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود(طا) تعتمد على:

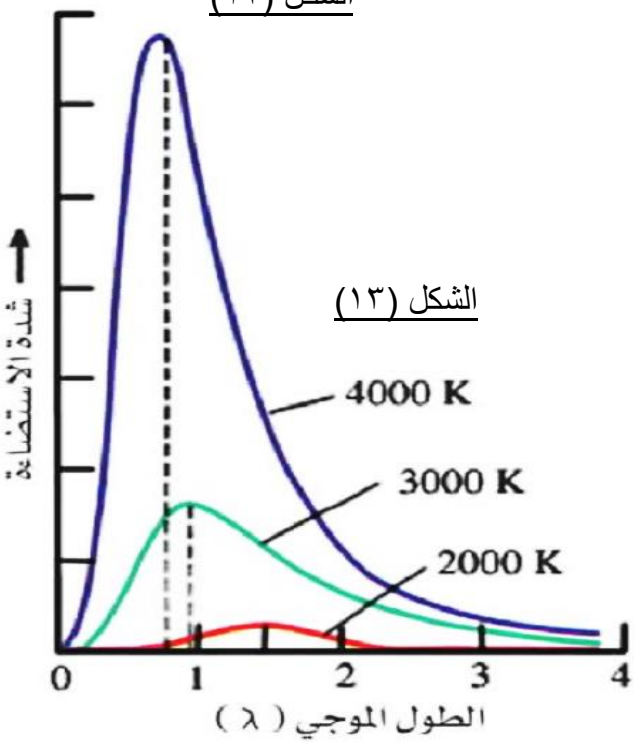
١- الطول الموجي .

٢- درجة حرارة الجسم الأسود .

يلاحظ من الشكل (١٣) الذي يوضح المنحنى التجريبي لطاقة إشعاع الجسم الأسود(طا) بدلالة الطول الموجي(λ) أنه بارتفاع درجة الحرارة فإن القيمة العظمى لطاقة الإشعاع(طاع) الصادر من الجسم الأسود او شدته يحدث لها:

١- زيادة قيمتها .

٢- إزاحة نحو الأطوال الموجية الأقصر .



الشكل (١٣)

عجزت الفيزياء التقليدية عن إيجاد صيغة رياضية تعبر عن المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود لتربط بين طول موجة الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود وطاقته سميت هذه المشكلة معضلة الجسم الأسود .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

(٢٠١٣ - ٢٠١٤) - ما المقصود بالجسم الأسود المثالي ؟

١- يبعث الجسم الأسود بإشعاع ذو طول موجي قصير عند درجات الحرارة المرتفعة ، علل .

٢- كل الأجسام الموجودة في الطبيعة تعتبر أجساماً سوداء ، وضح ذلك .

٣- الجسم الأسود يبعث بإشعاع عندما تكون درجة حرارته صفر مئوية . ( )

٤- برأيك ... لماذا سمي الجسم الساخن أسوداً ؟

٥- حسب ما فهمت من الدرس ... هل كل جسم موجود في الطبيعة يعتبر جسماً أسوداً ؟ وضح ذلك !

٦- هل يمكن اعتبار الجسم ذو اللون الأسود جسم أسود مثالي ؟ ولماذا ؟

٧- ما معنى ... "لا يوجد في الطبيعة جسم أسود مثالي" ؟

مبدأ بلانك في تكميم الطاقة(Plank's Principle of Quantiziation of Radiation):

بذل عدة علماء في نهاية القرن التاسع عشر الكثير من المحاولات لإيجاد صيغة رياضية نظرية انطلاقاً من المفاهيم التقليدية(الكلاسيكية) تعبر عن المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود ولكنهم فشلوا في ذلك ، وفي خضم هذه المحاولات نجح ماكس بلانك في وضع علاقة رياضية تعبر تماماً عن طيف الجسم الأسود مستفيداً من المحاولات السابقة للعلماء في هذا المضمار ثم حاول وضع الأسس النظرية لتفسير هذه العلاقة وذلك بأن تطلع إلى المشكلة بأساليب عدة انطلاقاً من المفاهيم التقليدية دون أن يحالفه أي نجاح ، لكنه طوّر فكرة عبقرية جديدة لا يمكن أن تستنتج بالأسلوب المنطقي من المعلومات التقليدية السائدة في تلك الفترة وكان ذلك عام ١٩٠٠م .

هذا التاريخ كان بالنسبة للفيزياء انعطافاً مهماً وثورة في الأفكار بحيث ارتبط به كل تطور لاحق في الفيزياء بشكل أو بآخر ، وهو **تكميم طاقة الإشعاع** ، إذ افترض بلانك ما يأتي:

١- الجسم الأسود الساخن يبعث بالإشعاع الحراري نتيجة اهتزاز جزيئات أو ذرات سطحه على شكل زخات أو مضاعفات صحيحة من هذه الزخات وكل زخة تدعى كم .

٢- الكم من طاقة هذا الإشعاع(طا) الذي تبعث به هذه المهتزات التي تكوّن سطح الجسم الأسود لا يمكن أن يأخذ إلا قيماً معينة(محددة) تعطى بالعلاقة: طا = ن hf ،

حيث أن:- (طا) هي الطاقة المكممة .

- (ن) عدد الفوتونات المنبعثة(الزخات) ويأخذ قيم الأعداد الصحيحة الموجبة(١ ، ٢ ، ٣ ، ...)
- (f) تردد الإشعاع المنبعث .
- (h) ثابت سمي فيما بعد ثابت بلانك تكريماً للعالم بلانك وقيمته ٦,٦٢٦ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث .

وقد لقيت نظرية بلانك نجاحاً عظيماً واستفاد منها فيما بعد كلٍ من:

١- إينشتاين في تفسيره للظاهرة الكهروضوئية .

٢- بوهر في وضعه النظرية الذرية .

س: فسِّر طيف الجسم الأسود الساخن في ضوء نظرية الكم .

جـ: بارتفاع درجة حرارة الجسم الأسود بالتسخين تزداد الحركة الإهتزازية لذراته حتى تصل طاقة الإهتزاز إلى قيمة تساوي أحد الفروق بين طاقات مستويات الذرات(طاقة مكممة) فتنبعث هذه الطاقة على صورة إشعاع كهرومغناطيسي تردده يساوي تردد اهتزاز هذه الذرات .

مثال(٢): جسم أسود يبعث بإشعاع حراري طاقته ٣ × ١٠$^{-١٨}$ جول ذو تردد مقداره ٣ × ١٠^{٦} هرتز ، احسب عدد الفوتونات المكونة لهذا الإشعاع إذا علمت أن (h = ٦,٦٢٦ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث).

الحل: ∵ طا = ن hf

∴ ن = $\frac{\text{طا}}{hf}$ = $\frac{٣ \times ١٠^{-١٨}}{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}$ = ٥ × ١٠^{٥} فوتون.

٢٠١٣ - ٢٠١٤:

- اذكر مبدأ بلانك في تكميم الطاقة (باختصار) .
- اذكر تطبيقاً واحداً لمبدأ بلانك في تكميم الطاقة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

نظرية بوهر لذرة الهيدروجين(Bohr Theory of the Hydrogen Atom):

أعلن العالم الدينماركي بوهر في عام ١٩١٣م نظريته لذرة الهيدروجين والأيونات الشبيهة بها التي لها إلكترون واحد مثل ذرة الهيليوم أحادي التأين(He^{+}) أو ذرة الليثيوم ثنائي التأين(Li^{++}) وكان ذلك الإعلان إشارة لبداية حقبة جديدة في علم الأطياف والبنية الذرية .

فقد تبنى بوهر النموذج النووي لرذرفورد واعتبر للتبسيط أن الإلكترون في ذرة الهيدروجين يرسم مساراً دائرياً حول النواة الثابتة في المركز (! بسبب كبر كتلتها بالنسبة لكتلة الإلكترون) ، وقد اعتبرت نظريته خليطاً من الفيزياء التقليدية وفكرة تكميم الطاقة لبلانك ، ولذلك سميت بنظرية الكم القديمة أو النظرية الشبه التقليدية .

نلخّص فرضيات هذه النظرية ومبرراتها والعلاقات المستخدمة في الحسابات النظرية لها في الجدول التالي:

	فرضيات النظرية	المبررات(الحقائق العلمية)	علاقات الحسابات	علاقة التناسب
الأولى	يتحرك الإلكترون حول النواة في مسار دائري بتأثير ومساواة مقداري قوتي الطرد المركزية والجذب الكهربائية أي أن: $\frac{ك ع_{ن}^{٢}}{نق} = \frac{ى ش_{e}^{٢}}{نق^{٢}}$	ذرة الهيدروجين مستقرة لا تبعث بأي إشعاع ما لم تثار بطاقة خارجية .	$\because ع_{ن} = \frac{ى ش_{e}^{٢}}{\hbar ن}$ $\Longleftarrow ع_{١} = \frac{ى ش_{e}^{٢}}{\hbar}$ $\therefore ع_{ن} = \frac{ع_{١}}{ن}$.	$ع_{e} \propto \frac{١}{ن}$ ، علاقة عكسية .
الثانية	كمية التحرك الزاوي للإلكترون حول النواة تأخذ قيماً محدّدة(مكمّمة) عبارة عن مضاعفات صحيحة من المقدار ($\hbar = \frac{h}{\pi^{٢}}$) أي أن: $كت_{زe} = ك_{e} ع_{e} نق_{e} = ن\hbar$.	اكتشاف الطبيعة الموجية للإلكترون على يد المهندس الفرنسي ذي برولي عام ١٩٢٦م ، ليصبح ذو طبيعة مزدوجة (موجية وجسيمية) .	$\because نق_{ن} = \frac{ن^{٢}\hbar^{٢}}{ى ش_{e}^{٢} ك_{e}}$ $\Longleftarrow نق_{١} = \frac{\hbar^{٢}}{ى ش_{e}^{٢} ك_{e}}$ $\therefore نق_{ن} = ن^{٢} نق_{١}$.	$نق_{e} \propto ن^{٢}$ ، علاقة طردية .
الثالثة	لا تشع الذرة طاقة ما دام الإلكترون في مداره المحدد لكنها: - **تمتص** طاقة عند انتقالها من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة أعلى، - **تشع** طاقة عند انتقالها من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة منخفض ، أي أن: $\Delta طا = طا_{\text{المستوى الأعلى}} - طا_{\text{المستوى المنخفض}} = hf$.	فرضية تكميم طاقة الإشعاع لبلانك والتي تعبر عن مبدأ حفظ الطاقة .	$\because طا_{ن} = \frac{- ك_{e} ى^{٢} ش_{e}^{٤}}{٢ ن^{٢} \hbar^{٢}}$ $\Longleftarrow طا_{١} = \frac{- ك_{e} ى^{٢} ش_{e}^{٤}}{٢ \hbar^{٢}}$ $\therefore طا_{ن} = \frac{طا_{١}}{ن^{٢}}$.	$طا_{e} \propto ن^{٢}$ ، علاقة طردية !

حيث أن:- $\hbar = \frac{h}{\pi^{٢}} = ١,٠٥٤٦ \times ١٠^{-٣٤}$ جول.ث .

- ى(ثابت العزل الكهربائي) = ٩×١٠^{٩} نيوتن .م^{٢}/كولوم^{٢} .
- ن(العدد الكمي الرئيسي) = ١ ، ٢ ، ٣ ، ... = عدد موجب صحيح .
- $ش_{e}$(شحنة الإلكترون) = $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم .
- $ك_{e}$(كتلة الإلكترون) = $٩,١ \times ١٠^{-٣١}$ كجم .
- $ع_{e}$: سرعة الإلكترون وتتغير حسب رقم المدار الذي يتحرك فيه الإلكترون .
- $طا_{ن}$: الطاقة الكلية للإكترون وهي طاقة المدار أو المستوى(ن) الذي يتواجد فيه الإلكترون .
- Δطا: مقدار الطاقة الممتصة أو المنبعثة .

عمليتي الإمتصاص والإشعاع وفقاً لنظرية بوهر:

يقال عن ذرة الهيدروجين بأنها في مستواها الأرضي عندما تكون في حالتها العادية أي عندما يكون إلكترونها في المستوى الأول الذي نرمز لطاقته بالرمز ($طا_{١}$) ، ونرمز لطاقة المستويات التي تليه بالرموز ($طا_{٢}$) ، ($طا_{٣}$) ، ... وتسمى بالمستويات المثارة ، فإذا سقط على ذرة الهيدروجين وهي في حالتها العادية كمٌ من الطاقة الضوئية(hf) يساوي الفرق بين طاقة المستوى الأرضي($طا_{i}$) وطاقة أي مستوى مثار($طا_{f}$) فإن الذرة ستمتص هذه الطاقة ويؤدي ذلك إلى انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة الأرضي الإبتدائي($طا_{i} = طا_{١}$) إلى مستوى الطاقة العلوي النهائي($طا_{f}$) ونقول عندئذٍ

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إن الذرة قد أثيرت إلى مستوى الطاقة(طاf) ، ولكن سرعان ما يعود هذا الإلكترون تلقائياً من مستوى الطاقة العلوي والذي يسمى في هذا الإنتقال المستوى الإبتدائي(طاi) إلى مداره الأول الذي يسمى في هذا الإنتقال المستوى النهائي (طاf = طا١) باعثاً بالطاقة التي امتصها(hf) على شكل إشعاع له نفس التردد(f) ، وبحسب الفرضية الثالثة لبوهر يكون:

Δ طا = طا$_{\text{الأعلى}}$ – طا$_{\text{المنخفض}}$ = hf ، أي أنه:

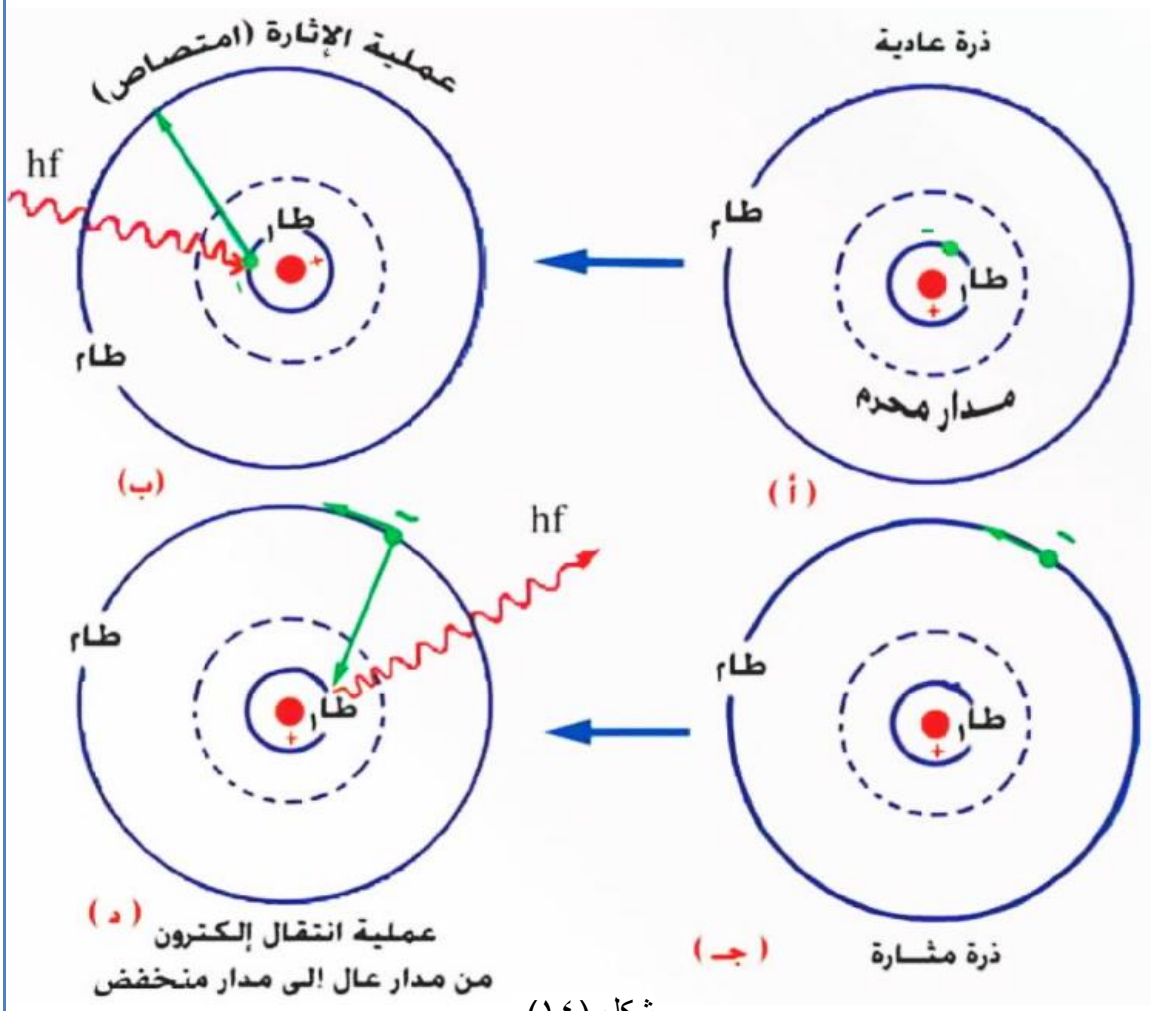
في **عملية الإمتصاص**: Δطا$_{\text{ممتصة}}$ = طاf – طاi = hf ، لأن طاf > طاi .

وفي **عملية الإنبعاث**: Δطا$_{\text{منبعثة}}$ = طاi – طاf = hf ، لأن طاi > طاf ، حيث أن:

طاi : طاقة المستوى الإبتدائي(Initial) الذي انتقل منه الإلكترون .

طاf: طاقة المستوى النهائي(final) الذي انتقل إليه الإلكترون .

وفي الشكل (١٤) توضيح لعمليتي الإمتصاص والإنبعاث التي تحدث بين المستويين (طا١) و (طا٢) ، والمدار المنقط يمثل مدار محرم لا يجوز للإلكترون أن يتواجد فيه لأنه لا يفي بالفرضية الثانية لبوهر .



شكل (١٤)

إشتقاق العلاقات المستخدمة في الحسابات النظرية لبوهر(للإطلاع):

من الفرضية الأولى والتي تبيِّن أن الإلكترون يدور في مسار دائري حول نواة ذرة الهيدروجين وبذلك يتحقق شرط دوران جسم حول جسم آخر:

مقدار قوة الطرد المركزية = مقدار قوة التجاذب بين الإلكترون والنواة ،

ومن دراستنا في الصف الأول الثانوي نعلم أن:

قوة الجذب الكهربائي(قـ$_{\text{جـ}}$) = $\frac{\text{ى ش}_{\text{١}}\text{ش}}{\text{نق}^{\text{٢}}}$ = $\frac{\text{ى ش}_{\text{e}}^{\text{٢}}}{\text{نق}^{\text{٢}}}$ ،

لأن: ش$_{\text{١}}$ = ش$_{\text{e}}$(شحنة الإلكترون) = ش$_{\text{p}}$(شحنة البروتون) = ش$_{\text{e}}$ ، حيث مقداري شحنتيهما متساويين .

$\Longleftarrow$ $\frac{\text{ك}_{\text{e}}\text{ع}_{\text{e}}^{\text{٢}}}{\text{نق}}$ = $\frac{\text{ى ش}_{\text{e}}^{\text{٢}}}{\text{نق}^{\text{٢}}}$ وبضرب الطرفين في (نق) نحصل على أن:

ك$_{\text{e}}$ع$_{\text{e}}^{\text{٢}}$ = $\frac{\text{ى ش}_{\text{e}}^{\text{٢}}}{\text{نق}}$ ..... (١) ، وبقسمة الطرفين على (٢) نحصل على:

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

$طا_{ح e} = \frac{١}{٢} ك_e ع_e^{٢} = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{٢\ نق}$ ..... (٢) ، وتحسب طاقة وضع للإلكترون بالعلاقة:

$\because طا_و = ق_{جـ} نق \Leftarrow طا_{و e} = \frac{-ى\ ش_e^{٢}}{نق^{٢}} \times نق$

$\therefore طا_{و e} = \frac{-ى\ ش_e^{٢}}{نق}$ ..... (٣) ، حيث أن: $ش_١ ش_٢ = ش_e ش_p = -ش_e^{٢}$ ،

حيث أن إشارة الشحنة للإلكترون سالبة وللبروتون موجبة ، ونعلم أن:

الطاقة الكلية للإلكترون($طا_ن$) = $طا_ح + طا_و$ ، وبتعويض العلاقة (٢) والعلاقة (٣) في هذه العلاقة نجد أن:

$طا_ن = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{٢\ نق} + \frac{-ى\ ش_e^{٢}}{نق} = \frac{-ى\ ش_e^{٢}}{٢\ نق}$ ..... (٤) .

علاقة حساب سرعة الإلكترون في مداره($ع_ن$):

من العلاقة (١) يكون:

$ع_ن^{٢} = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{ك_e\ نق_ن}$ ، ومن الفرضية الثانية لبوهر نعلم أن: $نق_ن = \frac{ن\hbar}{ك_e ع_ن} \Leftarrow ع_ن^{٢} = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{ك_e \times \frac{ن\hbar}{ك_e ع_ن}} = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{ن\hbar} \times ع_ن$ ،

$\therefore ع_ن = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{ن\hbar}$ ..... (٥) .

علاقة حساب نصف قطر مدار الإلكترون($نق_ن$):

من العلاقة (١) أيضاً يكون:

$نق_ن = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{ك_e ع_ن^{٢}} = \frac{ى\ ش_e^{٢}}{ك_e (\frac{ى\ ش_e^{٢}}{ن\hbar})^{٢}} \Leftarrow نق_ن = \frac{ن^{٢}\hbar^{٢}}{ك_e\ ى\ ش_e^{٢}}$ ..... (٦) .

علاقة حساب الطاقة الكلية للإلكترون في مداره($طا_ن$):

بتعويض العلاقة (٦) في العلاقة (٤) نحصل على:

$طا_ن = \frac{-ى\ ش_e^{٢}}{٢\ نق_ن} = \frac{-ى\ ش_e^{٢}}{٢ \times \frac{ن^{٢}\hbar^{٢}}{ك_e\ ى\ ش_e^{٢}}} \Leftarrow طا_ن = \frac{-ك_e ى^{٢} ش_e^{٤}}{٢\ ن^{٢}\hbar^{٢}}$ ..... (٧) .

ملاحظات:

١- إشارة طاقة الحركة($طا_ح$) للإلكترون دائماً موجبة داخل أو خارج الذرة لأنها صفر عندما يكون الإلكترون ساكن وتزداد بزيادة حركته ، ويمكن القول لأن السرعة فيها مربعة .

٢- إشارة طاقة الوضع($طا_و$) للإلكترون سالبة داخل الذرة لأنها صفر عند المالانهاية وتنخفض كلما اقترب الإلكترون من النواة ، ويمكن القول لأنها قوة تجاذب .

٣- إشارة الطاقة الكلية($طا_ن$) للإلكترون تكون سالبة ما دام الإلكترون مرتبطاً بالنواة ، لأن ($طا_و$) سالبة وضعف ($طا_ح$) وجمعهما لا بد أن يكون سالباً ، وتعني وفقاً للميكانيكا التقليدية أن الإلكترون مرتبط بالنواة وذلك برسم مدار مقفل حولها .

الحسابات النظرية:

أنصاف أقطار المدارات المسموح للإلكترون التواجد فيها حول نواة ذرة الهيدروجين($نق_ن$):

العلاقة العامة المستخدمة هي:

$نق_ن = \frac{ن^{٢}\hbar^{٢}}{ك_e\ ى\ ش_e^{٢}}$ ، ولحساب نصف قطر المدار الأول نضع (ن = ١) فنحصل على:

$نق_١ = \frac{\hbar^{٢}}{ك_e\ ى\ ش_e^{٢}} = \frac{(١,٠٥٥ \times ١٠^{-٣٤})^{٢}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times ٩ \times ١٠^{٩} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^{٢}} = ٥,٣ \times ١٠^{-١١}$ م ، وهذه القيمة النظرية على وفاق مع القيمة التجريبية ، وتُحسب أنصاف أقطار المدارات الأعلى بدلالة نصف قطر المدار الأول($نق_١$) باستخدام العلاقة ($نق_ن = ن^{٢} نق_١$) كما يلي:

$نق_١ = ٠,٥٣ \times ١٠^{-١٠}$ م = ٠,٥٣ Å ، وهذا هو البعد بين مركز الذرة(نواتها) والمدار الأول للإلكترون .

نق$_{٣}$ = ٣^{٢} × ٠,٥٣ = ٤ × ٠,٥٣ = ٢,١٢ Å ، ⟸ البعد بين المدارين الأول والثاني(Δنق$_{٢،١}$) = ١,٥٩ Å .

نق$_{٣}$ = ٣^{٢} × ٠,٥٣ = ٩ × ٠,٥٣ = ٤,٧٧ Å ، ⟸ البعد بين المدارين الثاني والثالث(Δنق$_{٣،٢}$) = ٢,٦٥ Å .

نق$_{٤}$ = ٤^{٢} × ٠,٥٣ = ١٦ × ٠,٥٣ = ٨,٤٨ Å ، ⟸ المسافة بين المدارين الثالث والرابع(Δنق$_{٤،٣}$) = ٣,٧١ Å .

.

.

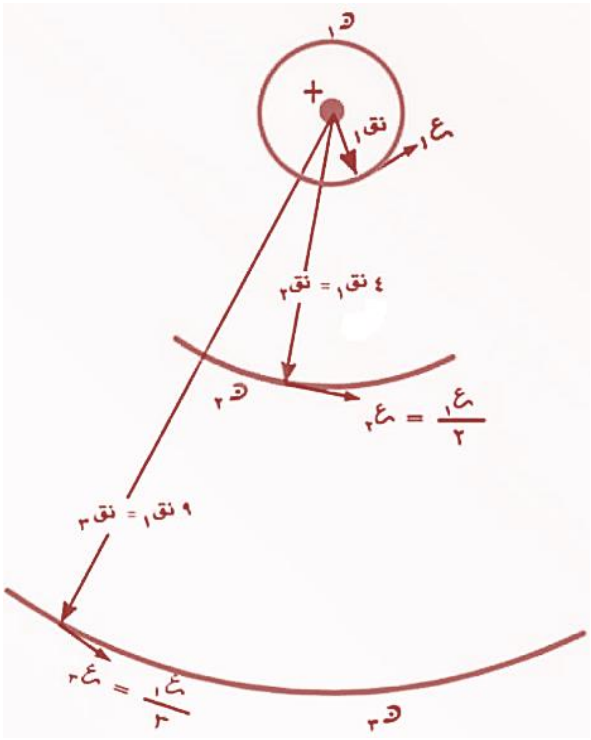
.

نق$_{\infty}$ = ∞ × نق$_{١}$ = ∞ ، نلاحظ مما سبق أن:

١- البعد بين كل مدارين متتاليين(Δنق$_{ن+١،ن}$) يزداد بزيادة العدد الكمي الرئيسي(ن) وأيضاً تزداد أنصاف الأقطار(نق$_{ن}$) ، كما يوضحه الشكل (١٤) .

٢- المدارات المسموحة هي (نق$_{١}$ ، ٤نق$_{١}$ ، ٩نق$_{١}$ ، ١٦نق$_{١}$ ، ٢٥نق$_{١}$ ، ...) والتي يمكن أن يتواجد فيها الإلكترون في ذرة الهيدروجين وليس في أي مدار ، مما يعني أن مدارات الإلكترون هي مدارات مكممة ولهذا يدعى العدد (ن) بالعدد الكمي الرئيسي حيث انه يتحكم بإعطاء قيم هذه المدارات المسموحة .

٣- (نق$_{\infty}$ = ∞) البعد بين النواة والإلكترون في مداره الأبعد عنها لا نهائي في عالم الذرة بينما هذا البعد لا يرى بالعين المجردة للإنسان .



شكل (١٥)

سرعات الإلكترون التي يمتلكها في مدارات ذرة الهيدروجين(ع$_{ن}$):

العلاقة العامة المستخدمة هي:

ع$_{ن}$ = $\frac{ى ش_{ه}^{٢}}{ن \hbar}$ ، ولحساب سرعة الإلكترون في المدار الأول لذرة الهيدروجين نضع (ن = ١) فنحصل على:

ع$_{١}$ = $\frac{ى ش_{ه}^{٢}}{\hbar}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^{٢}}{١,٠٥٥ \times ١٠^{-٣٤}}$ = ٢,٢ × ١٠^{٦} م/ث ، وهذه القيمة النظرية على وفاق مع القيمة التجريبية ، وتحسب سرعات الإلكترون في المدارات الأبعد عن النواة بدلالة سرعته في المدار الأول(ع$_{١}$) باستخدام العلاقة (ع$_{ن}$ = $\frac{ع_{١}}{ن}$) كما يلي:

ع$_{١}$ = ٢,٢ × ١٠^{٦} م/ث = ٢,٢ × ١٠^{٨} سم/ث ،

ع$_{٢}$ = $\frac{٢,٢ \times ١٠^{٦}}{٢}$ = ١,١ × ١٠^{٦} م/ث = ١,١ × ١٠^{٨} سم/ث .

ع$_{٣}$ = $\frac{٢,٢ \times ١٠^{٦}}{٣}$ = ٧,٣ × ١٠^{٥} م/ث = ٧,٣ × ١٠^{٧} سم/ث .

.

.

.

ع$_{\infty}$ = $\frac{ع_{١}}{\infty}$ = صفر ، وهنا نلاحظ أنه كلما زادت قيمة (ن) أو (نق$_{ن}$) أي كلما ابتعد الإلكترون عن النواة أو كَبُر نصف قطر مداره قلّت سرعته حتى الصفر عندما تكون (ن = ∞) وحينها يكون الإلكترون حراً خارج الذرة وغير مرتبط بالنواة ، والشكل (١٥) يبين القياسات النسبية للمدارات الدائرية للإلكترون والسرعات المناظرة لها .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

طاقات المستويات المسموحة التي يأخذها إلكترون ذرة الهيدروجين(طن):

العلاقة العامة المستخدمة هي:

طن = $\frac{-ك_{ه} ى^{٢} ش_{ه}^{٤}}{٢ ن^{٢} \hbar^{٢}}$ ، ولحساب طاقة المستوى الأول لذرة الهيدروجين نضع (ن = ١) فنحصل على:

طا١ = $\frac{-ك_{ه} ى^{٢} ش_{ه}^{٤}}{٢ \hbar^{٢}}$ = $\frac{-٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times (٩ \times ١٠^{٩})^{٢} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^{٤}}{٢ \times (١,٠٥٥ \times ١٠^{-٣٤})^{٢}}$ = – ٢,١٧ × ١٠^–١٨ جول ، وهذه القيمة النظرية على وفاق مع القيمة التجريبية ، وتحسب طاقات المستويات الأبعد عن النواة بدلالة طاقة المستوى الأول(طا١) بالعلاقة (طن = $\frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}^{٢}}$) مع الأخذ بالإعتبار أن:

إلكترون.فولت(إ.ف) = ١,٦ × ١٠^–١٩ جول ⟸ جول = $\frac{١}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$ (إ.ف) ، وذلك كما يلي:

طا١ = – ٢,١٧ × ١٠^–١٨ جول = $\frac{-٢,١٧ \times ١٠^{-١٨}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$ (إ.ف) = – ١٣,٦ (إ.ف) ، وهذه طاقة المستوى الأول .

طا٢ = $\frac{-١٣,٦}{٢^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{٤}$ = – ٣,٤ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المستويين الأول والثاني(Δطا١،٢) = ١٠,٢ (إ.ف) .

طا٣ = $\frac{-١٣,٦}{٣^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{٩}$ = – ١,٥١ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المدارين الثاني والثالث(Δطا٢،٣) = ١,٨٩ (إ.ف) .

طا٤ = $\frac{-١٣,٦}{٤^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{١٦}$ = – ٠,٨٥ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المستويين الثالث والرابع(Δطا٣،٤) = ٠,٦٦ (إ.ف) .

طا٥ = $\frac{-١٣,٦}{٥^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{٢٥}$ = – ٠,٥٤ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المستويين الرابع والخامس(Δطا٤،٥) = ٠,٣ (إ.ف) .

.

.

.

طا∞ = $\frac{\text{طا}_{١}}{\infty}$ = صفر ، وهنا أيضاً نلاحظ أن:

١- فرق الطاقة(Δطا) بين كل مستويين متتاليين يقل بزيادة العدد الكمي الرئيسي(ن) ، بينما طاقة المستوى(طن) تزداد .

٢- فرق الطاقة(Δطا) يكون كبيراً بين المستويات القريبة من النواة وصغيراً بين المستويات البعيدة عنها .

٣- طاقة الإلكترون الأقرب من النواة أقل بينما طاقة الإلكترون الأكثر بعداً عنها تكون أكثر ولذلك فإن:

- الإلكترون الأقرب من النواة يمتلك طاقة أقل ويكون في حالة أكثر استقراراً .
- الإلكترون الأبعد عن النواة هو الأكثر فعالية ونشاطاً في التفاعلات الكيميائية وهو المسؤول عنها وعن الإشعاعات الطيفية .
- إذا امتصت الذرة طاقة فإن الإلكترون ينتقل إلى مستوى أبعد(يصبح إلكترون مثار) نتيجة زيادة طاقته .
- الإلكترون الأبعد عن النواة يميل إلى العودة إلى مداره الأصلي فاقداً الطاقة التي سببت ابتعاده على صورة طيف انبعاث(إشعاع) أي أن طاقته تنقص .

٤- الطاقات المسموحة هي (– ١٣,٦) ، (– ٣,٤) ، (– ١,٥١) ، (– ٠,٨٥) ، ... ، صفر إلكترون.فولت كما يبينها الشكل (١٦) والتي يمكن للإلكترون أن يأخذها داخل الذرة وليس أية طاقة ، فهي إذاً على شكل كمّات او زخّات من الطاقة وليست قيماً متصلة أو مستمرة ولهذا يقال إن طاقات الإلكترون داخل الذرة هي طاقات مكمّمة ، والعدد (ن) هو الذي يتحكم في إعطاء هذه الكمات من الطاقة لهذا سُمِّي بالعدد الكمّي الرئيسي .

٢٠١٣ - ٢٠١٤:

ضع (✓) أو (×): - يستطيع إلكترون ذرة الهيدروجين التواجد على بعد ٢٥ نق١ من نواة الذرة . ( )

أكمل العبارة: - مبرر فرضية بوهر الثالثة يأتي من فرضية ..... لبلانك وهي تعبر عن مبدأ ..... الطاقة .

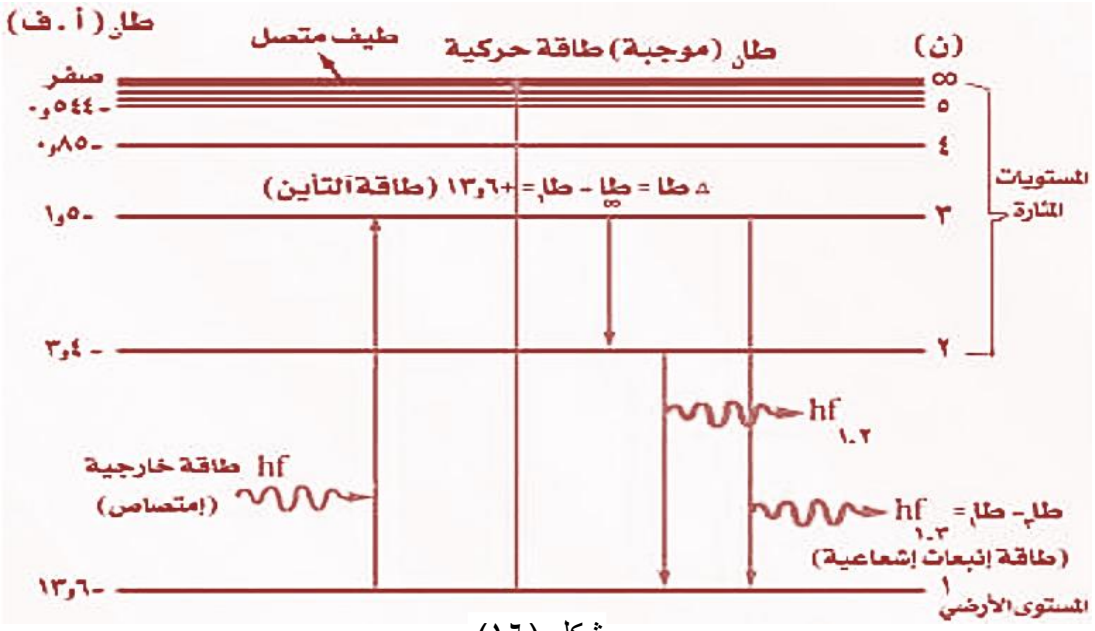
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مخطط مستوى الطاقة(Energy Level Diagram):

الذرة لا ترى ولكن يمكن تمثيل طاقاتها المكممة والإنتقالات الممكنة للإلكترون بين هذه الطاقات بمخطط يسمى مخطط مستوى الطاقة الذي يوضحه الشكل (١٦) ، في هذا المخطط تمثل طاقة الإلكترون في كل مدار بمستوى أفقي يدعى مستوى الطاقة أو الحالة ، ويمثل انتقال الإلكترون من مستوى طاقة إلى آخر بسهم رأسي يعطي خطاً طيفياً بتردد معين (f) طاقته (hf) يساوي الفرق بين طاقتي هذين المستويين بحسب الفرضية الثالثة لبوهر ،

فمن أجل ن = ١ يكون الإلكترون في أدنى مستوى في الطاقة (طا١ = – ١٣,٦ إ.ف) ويسمى بالمستوى الأرضي أو المستوى الأساسي وتسمى المستويات الأخرى بالمستويات المثارة(ن > ١) ، وكلما كبرت (ن) أي كلما ابتعد الإلكترون عن النواة ازدادت قيمة طاقتة الكلية(طاﻥ) جبرياً حتى تصل إلى الصفر(طا∞ = صفر) من أجل ن = ∞ في هذه الحالة يكون الإلكترون حراً خارج الذرة وغير مرتبط بالنواة ونقول عندئذٍ إن الذرة قد فقدت إلكتروناً لها وأصبحت مؤينة ، ومقدار الطاقة الازمة لتأين ذرة الهيدروجين أي الطاقة التي يجب أن تمتصها ذرة الهيدروجين لإخراج الإلكترون من المستوى الأرضي(طا١) إلى خارج الذرة يحسب كما يلي:

Δطا$_{\text{ممتصة}}$ = طا$_{f}$ – طا$_{i}$ = طا∞ – طا١ = صفر – (– ١٣,٦) = ١٣,٦ إلكترون.فولت ، وهي تساوي طاقة المستوى الأرضي ولكن بإشارة موجبة وتسمى هذه الطاقة طاقة التأين .



شكل (١٦)

خارج الذرة تكون طاقة الإلكترون موجبة لأنها عبارة عن طاقة حركية(لحركة مستمرة) ويكون للإلكترون نتيجة ذلك طيف إشعاعي متصل ، بينما داخل الذرة تكون طاقة الإلكترون مكمّمة كما صاغتها نظرية بوهر وبالتالي فانتقاله داخلها يعطي طيفاً خطياً .

مثال(٣): احسب التغير في كمية التحرك الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين عند انتقاله بين المستويين الأول والثالث .

الحل: ∵ كتﻝ = ن $\hbar$ ⟸ كمية التحرك الزاوي للإلكترون في المدار الأول والثالث على الترتيب هي ($\hbar$ ، ٣$\hbar$) ،

∴ التغير في كمية تحرك الإلكترون(Δكتﻝ) = كتﻝ$_{٣}$ – كتﻝ$_{١}$ = ٣$\hbar$ – $\hbar$ = ٢$\hbar$

= ٢ × ١,٠٥٥ × ١٠$^{-٣٤}$ = ٢,١١ × ١٠$^{-٣٤}$ كجم.م^{٢}/ث .

س: أثبت أن الكميتان (كمية التحرك الزاوي ، $\hbar$) لهما نفس وحدات القياس .

جـ: وحدة (كتﻝ) = وحدة (ك ع نق) = كجم × $\frac{\text{م}}{\text{ث}}$ × م = كجم.م^{٢}/ث ..... (١)

وحدة ($\hbar$) = جول × ث = نيوتن × م × ث = = كجم. $\frac{\text{م}}{\text{ث}^{٢}}$ × م × ث = كجم.م^{٢}/ث ..... (٢) .

من (١) و (٢) نجد أن الكميتان (كمية التحرك الزاوي ، $\hbar$) لهما نفس وحدات القياس ■

٢٠١٣ - ٢٠١٤:

علل: - لا تستطيع ذرة الهيدروجين إطلاق أي إشعاع وهي في حالتها الأرضية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٤):

احسب أنصاف أقطار المدارين الثالث والرابع لذرة الهيدروجين بوحدات النانومتر والسنتيمتر ثم احسب سرعة الإلكترون وطاقته في كل منهما بوحدات (SI) وكذلك احسب التردد والطول الموجي وعدده للشعاع المنبعث لإنتقال الإلكترون بين هذين المستويين إذا علمت أن (نق$_{١}$ = ٠,٥٣ Å ، ع$_{١}$ = ٢,٢ × ١٠^{٨} سم/ث ، ط$_{١}$ = – ١٣,٦ إ.ف) .

الحل:

نق$_{ن}$ = ن^{٢}نق$_{١}$ ، وبالتعويض للمدار الثالث بـ (ن = ٣) وللرابع بـ (ن = ٤) و نق$_{١}$ = ٠,٥٣ Å نحصل على:

نق$_{٣}$ = ٣^{٢} × ٠,٥٣ = ٤,٧٧ Å = ٠,٤٧٧ نانومتر = ٤,٧٧ × ١٠$^{-٨}$ سم ،

نق$_{٤}$ = ٤^{٢} × ٠,٥٣ = ٨,٤٨ Å = ٠,٨٤٨ نانومتر = ٨,٤٨ × ١٠$^{-٨}$ سم ، ثم:

ع$_{ن}$ = $\frac{ع_{١}}{ن}$ ، وبالتعويض للمدار الثالث بـ (ن = ٣) وللرابع بـ (ن = ٤) و ع$_{١}$ = ٢,٢ × ١٠^{٨} سم/ث نحصل على:

ع$_{٣}$ = $\frac{٢,٢ \times ١٠^{٨}}{٣}$ = ٧,٣ × ١٠^{٧} سم/ث = ٧,٣ × ١٠^{٥} م/ث ،

ع$_{٤}$ = $\frac{٢,٢ \times ١٠^{٨}}{٤}$ = ٥,٥ × ١٠^{٧} سم/ث = ٥,٥ × ١٠^{٥} م/ث ،

، (ط$_{ن}$ = $\frac{ط_{١}}{ن^{٢}}$) ، وبالتعويض للمدار الثالث بـ (ن = ٣) وللرابع بـ (ن = ٤) و ط$_{١}$ = – ١٣,٦ (إ.ف) نحصل على:

ط$_{٣}$ = $\frac{-١٣,٦}{٣^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{٩}$ = – ١,٥١ (إ.ف) = – ١,٥١ × ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ = – ٢,٤١٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول ،

ط$_{٤}$ = $\frac{-١٣,٦}{٤^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{١٦}$ = – ٠,٨٥ (إ.ف) = – ٠,٨٥ × ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ = – ١,٣٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول ، وكذلك:

∵ Δط = ط$_{٤}$ – ط$_{٣}$ = – ١,٣٦ × ١٠$^{-١٩}$ – (– ٢,٤١٦ × ١٠$^{-١٩}$) = ١,٠٥٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول = hf ،

∴ f = $\frac{Δط}{h}$ = $\frac{١,٠٥٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}$ = ١,٦ × ١٠^{١٤} هرتز ،

، ع$_{ض}$ = λf ⟸ الطول الموجي(λ) = $\frac{ع_{ض}}{f}$ = $\frac{٣ \times ١٠^{٨}}{١,٦ \times ١٠^{١٤}}$ = ١,٨٧٥ × ١٠$^{-٦}$ م = ١٨٧٥٠ × ١٠$^{-١٠}$ م = ١٨٧٥٠ Å .

، العدد الموجي($\frac{١}{λ}$) = $\frac{١}{١,٨٧٥ \times ١٠^{-٦}}$ = ٥,٣ × ١٠^{٥} م$^{-١}$.

س: أ- علل: - طاقات الإلكترون داخل الذرة هي طاقات مكممة .

- يدعى (ن) العدد الكمي الرئيسي .

ب- هل يستطيع إلكترون ذرة الهيدروجين المستقرة امتصاص أو بعث طاقة مقدارها ٣,٤ (إ.ف) ؟ ولماذا ؟

جـ- متى يستطيع إلكترون ذرة الهيدروجين امتصاص أو بعث طاقة مقدارها ٠,٦٥ (إ.ف) ؟ مع التوضيح .

جـ: أ- لأن الطاقات المسموح للإلكترون أن يأخذها داخل الذرة تكون على شكل كمات(زخات) أو مضاعفات صحيحة لهذه الزخات وليس أية طاقة .

- لأن العدد (ن) يتحكم في إعطاء الكمّات(الزخات) من الطاقة المسموحة .

ب- ذرة الهيدروجين المستقرة إلكترونها يتواجد في المستوى الأرضي ولا يوجد مستوى آخر يكون الفرق بين طاقتيهما ٣,٤ (إ.ف) لذلك لا يمكن لإلكترونها امتصاص او بعث هذه الطاقة .

جـ - بما ان الفرق بين طاقتي المستويين الثالث(ن = ٣) والرابع(ن = ٤) هو:

Δط = ط$_{٤}$ – ط$_{٣}$ = – ٠,٨٥ – (– ١,٥) = ٠,٦٥ (إ.ف) لذلك فإن الإلكترون سوف:

- يمتص هذه الطاقة عند انتقاله من المستوى الثالث إلى المستوى الرابع .

- يبعث بهذه الطاقة عند انتقاله من المستوى الرابع إلى المستوى الثالث .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

١- ما هو المبرّر الذي جعل العالم بوهر يعتبر أن النواة ثابتةً في مركز الذرة ؟

٢- هل سيختلف مخطط مستوى الطاقة لأيون الهليوم(He^{+}) عنه لذرة الهيدروجين ؟ ولماذا ؟

٣- أكمل العبارات فيما يلي:

داخل الذرة ..... طاقة حركة الإلكترون حتى تصل إلى الصفر بينما طاقة وضعه ..... حتى تصل إلى الصفر .

٤- مقدار الطاقة الكلية للإلكترون داخل ذرة الهيدروجين يساوي مقدار طاقة حركته ( ) .

- فرق الطاقة(Δطا) يكون كبيراً بين مستويات الطاقة البعيدة عن النواة وصغيراً جداً بين المستويات القريبة منها ( ) .

٥- علل: ١- الطاقة الكلية للإلكترون(طا$_{ن}$) تتناسب طردياً مع (ن^{٢}) على الرغم بأن (طا$_{ن}$ = $\frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}^{٢}}$) .

٢- لا يستطيع الإلكترون امتصاص طاقة مقدارها[(طا$_{٢}$ – طا$_{١}$) < Δطا < (طا$_{٣}$ – طا$_{١}$)] بينما يستطيع امتصاص طاقة مقدارها أكبر من طاقة التأين .

٣- بابتعاد الإلكترون عن النواة تقل سرعته بينما تزداد طاقته الكلية .

٦- عند امتصاص الإلكترون طاقة أكبر من طاقة التأين يصل إلى المستوى النهائي وسرعة (أكبر من ، تساوي ، أقل من) الصفر .

- طاقة الإلكترون في مداره هي (طاقته الكلية ، سالب طاقته الحركية ، نصف طاقة وضعه ، كل ما ذكر صحيح) .

٨- أثبت أن: طا$_{ن}$ = $\frac{-\ ١,٥٢ \times ١٠^{-٢٨}}{\text{نق}_{ن}}$ جول .

٩- ذرة هيدروجين اكتسب إلكترونها طاقة مقدارها ٠,٨٥ (إ.ف) لتتأين ، فإذا علمت أن طاقة تأينها هي ١٣,٦ (إ.ف) فأجب عما يلي:

أ- أي مستوى انتقل إليه الإلكترون ؟ وأي مستوى كان متواجداً فيه ؟

ب- هذه الذرة قبل امتصاصها لهذه الطاقة كانت (متأينة ، مثارة ، مستقرة) .

جـ- احسب تردد الشعاع المنبعث منها إذا قفز الإلكترون إلى المستوى الأرضي بانتقال واحد .

١٠- احسب الطول الموجي وعدده للشعاع المنبعث نتيجة عودة إلكترون ذرة هيدروجين متأينة إلى المستوى الثاني الذي طاقته – ٣,٤١ (إ.ف) ،

١١- إذا كان التغير في كمية التحرك الزاوي لإلكترون ذرة هيدروجين مستقرة عند انتقاله إلى المستوى (ن) مقداره ٢,١١ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث ، فاحسب:

أ- (نق$_{ن}$ ، ع$_{ن}$ ، طا$_{ن}$) للمستوى (ن) الذي انتقل إليه الإلكترون .

ب- التردد والطول الموجي وعدده للفوتون المنبعث من الذرة نتيجة لهذه الإثارة إذا عاد الإلكترون بانتقال واحد إلى الحالة الأرضية للذرة .

حساب الأطوال الموجية لطيف ذرة الهيدروجين:

عند انتقال الإلكترون إلى حالة نهائية طاقتها (طا$_{f}$) أقل من طاقة حالته الإبتدائية (طا$_{i}$) فإن ذرة الهيدروجين تبعث بضوء طاقته (hf) تحسب من العلاقة:

$h\text{f} = \Delta\text{طا}_{\text{منبعثة}} = \text{طا}_{i} - \text{طا}_{f}$ ، لكن: $\text{f} = \frac{\text{ع}_{ض}}{\lambda}$ ، $\text{طا}_{i} = \frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{i}^{٢}}$ ، $\text{طا}_{f} = \frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{f}^{٢}}$ لذلك فإن:

$$\frac{\text{ع}_{ض}}{\lambda} = \frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{i}^{٢}} - \frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{f}^{٢}} = \text{طا}_{١}\left(\frac{١}{\text{ن}_{i}^{٢}} - \frac{١}{\text{ن}_{f}^{٢}}\right) \Longleftarrow \frac{١}{\lambda} = \frac{-\ \text{طا}_{١}}{h\ \text{ع}_{ض}}\left(\frac{١}{\text{ن}_{i}^{٢}} - \frac{١}{\text{ن}_{f}^{٢}}\right) = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}\left(\frac{١}{\text{ن}_{f}^{٢}} - \frac{١}{\text{ن}_{i}^{٢}}\right)$$

$\therefore \frac{١}{\lambda} = \text{R}_{\text{H}}\left(\frac{١}{\text{ن}_{f}^{٢}} - \frac{١}{\text{ن}_{i}^{٢}}\right)$ ، هذه العلاقة تدعى صيغة بوهر لحساب الأطوال الموجية لطيف ذرة الهيدروجين .

حيث أن: $\frac{-\ \text{طا}_{١}}{h\ \text{ع}_{ض}}$ = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧} م$^{-١}$ = ثابت ريدبيرج(R_{H}) ، وذلك بالتعويض بالقيم:

ع$_{ض}$ = ٢,٩٩٧٩٢٥ × ١٠^{٨} م/ث ، طا$_{١}$ = – ١٣,٦ × ١,٦٠٢١٩ × ١٠$^{-١٩}$ جول ، h = ٦,٦٢٦ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث .

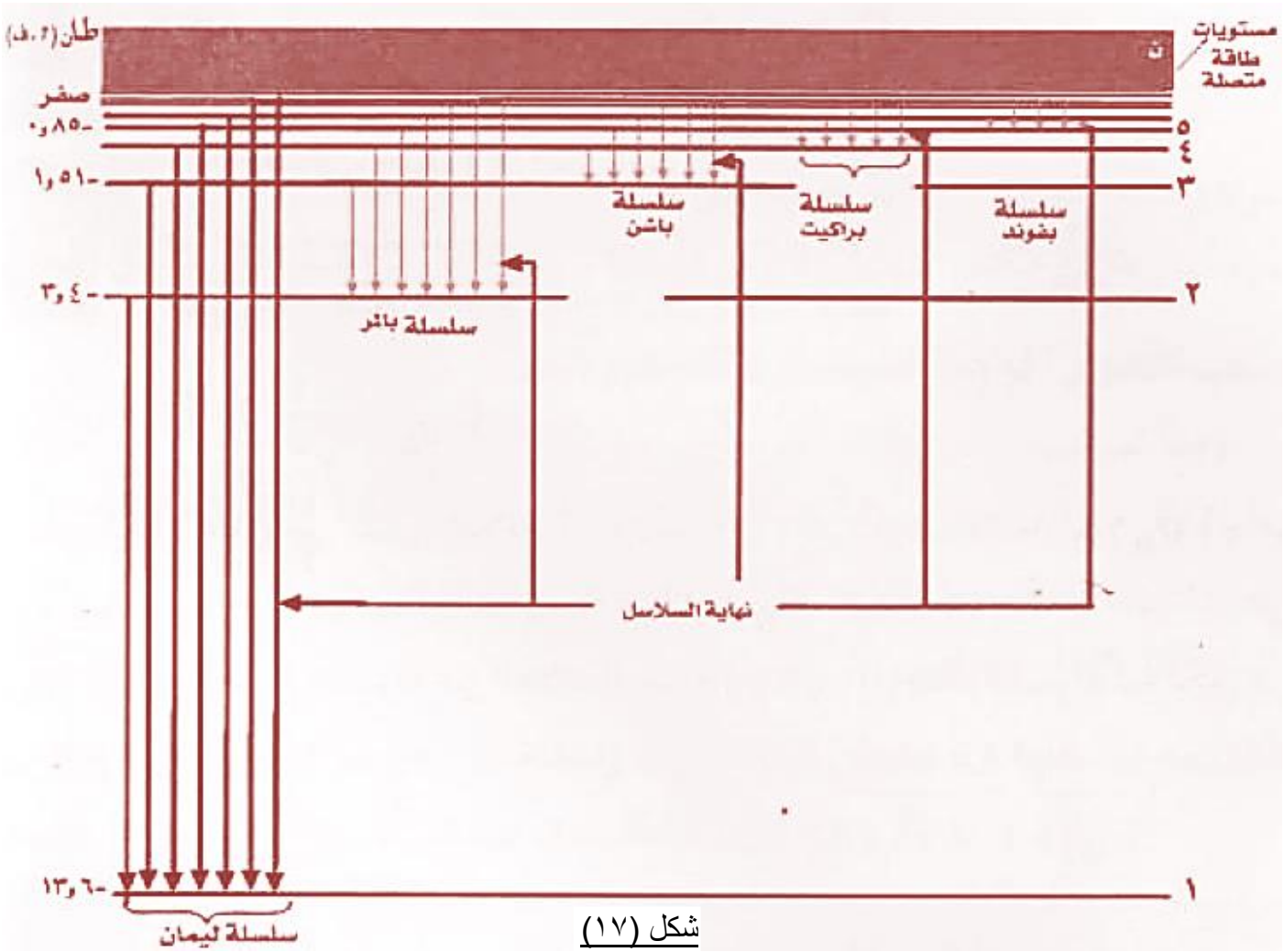
صيغة بوهر ما هي الا العلاقة العامة والتي تعتبر العلاقة التجريبية التي أوجدها بالمر حالة خاصة منها ، وما المقدار ($\frac{-\ \text{طا}_{١}}{h\ \text{ع}_{ض}}$ = ١,٠٩٧٣٧٣١ × ١٠^{٥} سم$^{-١}$ = ١٠٩٧٣٧,٣١ سم$^{-١}$) إلا القيمة المحسوبة من صيغة بوهر لثابت ريدبيرج (R_{H}) الذي قيمته التجريبية (١,٠٩٧٤٧٥٨ × ١٠^{٥} سم$^{-١}$ = ١٠٩٧٤٧,٥٨ سم$^{-١}$) وهي على وفاق معها .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وبإعطاء القيم الموضحة في الجدول التالي لـ (n_f ، n_i) نحصل على سلاسل طيف ذرة الهيدروجين وقد سميت كل سلسلة باسم العالم الذي اكتشفها انظر الشكلين (١٧) و(١٨) وهي:

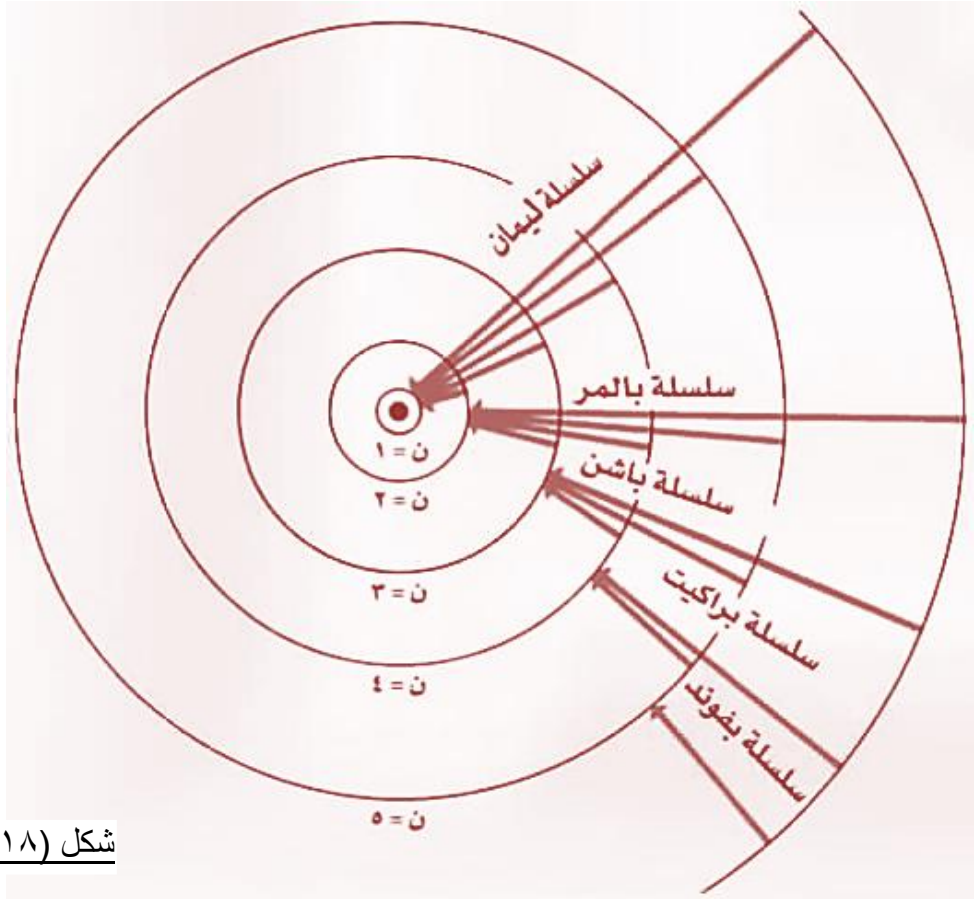
إسم السلسلة	n_f	n_i	الصيغة الرياضية للسلسلة	موقع السلسلة في الطيف الكهرومغناطيسي
ليمان	١	$\leq$ ٢	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{١^٢} - \frac{١}{n_i^٢})$	فوق البنفسجية
بالمر	٢	$\leq$ ٣	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{٢^٢} - \frac{١}{n_i^٢})$	الضوء المرئي
باشن	٣	$\leq$ ٤	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{٣^٢} - \frac{١}{n_i^٢})$	تحت الحمراء
براكيت	٤	$\leq$ ٥	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{٤^٢} - \frac{١}{n_i^٢})$	تحت الحمراء القريبة
بفوند	٥	$\leq$ ٦	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{٥^٢} - \frac{١}{n_i^٢})$	تحت الحمراء البعيدة

لقد أعطت العلاقة النظرية(صيغة بوهر) المعنى الفيزيائي لعلاقة بالمر التجريبية وهو أن طاقة الضوء المنبعثة من ذرة الهيدروجين ما هي إلا الفرق بين طاقتي المستويين الذين انتقل بينهما الإلكترون ، وكذلك بينت أن صيغة بالمر ما هي إلا حالة خاصة لصيغة بوهر ، والجدير بالذكر ان سلسلة بالمر تقع في منطقة الطيف المرئي من طيف ذرة الهيدروجين بينما السلاسل الأخرى تقع في منطقة الطيف غير المرئي(تحت الحمراء أو فوق البنفسجية) ولذلك لا ترى ولهذا السبب اكتشفت أكثرها بعدما تنبأت بها نظرية بوهر ، وهكذا فنظرية بوهر برهنت على نجاح كبير في شرح المظاهر المشاهدة من طيف ذرة الهيدروجين .



شكل (١٧)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة



شكل (١٨)

نلاحظ أن طاقة الطيف الخطي أي طاقة الطول الموجي المرافق ما هي الا الفرق بين طاقتي مستويين كما تشير إليه صيغة بوهر ، وهذه الفروق في الطاقة تتناقص بسرعة كلما اتجهنا نحو مستويات الطاقة العلوية حتى تتلاشى وتصبح مستويات الطاقة مستويات متصلة(الفروق بينها معدومة) فيختفي عندها التكميم ويكون الطيف المناظر لها في آخر السلاسل طيفاً متصلاً كما هو مبين في الأشكال (٧) و (١٦) و (١٧) والإلكترون يكون خارج الذرة .

كما تعلم من دراستك السابقة أن الطول الموجي (λ) لشعاع ما يتناسب عكسياً مع تردده(f) أو طاقته(hf) لذلك فإن:

١- أقصر الأطوال الموجية هي التي تكون طاقاتها أكبر الطاقات وتردداتها أعلى الترددات ، وهي التي تكون من أجلها (n_i) أكبر ما يمكن أي ($n_i = \infty$) .

٢- أطول الموجات هي التي تكون طاقاتها أصغر الطاقات وتردداتها أخفض الترددات ، وهي تلك التي تكون من أجلها (n_i) أصغر ما يمكن أي ($n_i = n_f + 1$) .

وبشكل عام فإن الطول الموجي يعتمد على فرق الطاقة(Δطا) بين طاقتي المستويين الإبتدائي(طا$_i$) والنهائي(طا$_f$) .

مثال(٥):

احسب أقصر الأطوال الموجية الفوق بنفسجية وأطول الموجات تحت الحمراء القريبة من طيف ذرة الهيدروجين .

الحل:

الفوق بنفسجية ⟸ تنتمي إلي سلسلة ليمان ⟸ $n_f = 1$ ، أقصر الأطوال ⟸ $n_i = \infty$ ، وبتطبيق صيغة بوهر:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) = 1{,}097 \times 10^7\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty}\right) = 1{,}097 \times 10^7 \text{ م}^{-1} ،$$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{1{,}097 \times 10^7} = 9{,}116 \times 10^{-8} \text{ م} = 9{,}116 \times 10^{-8} \times 10^{10} \text{ Å} = 911{,}6 \text{ Å} .$$

، تحت الحمراء القريبة ⟸ سلسلة براكيت ⟸ $n_f = 4$ ، أطول الموجات ⟸ $n_i = n_f + 1 = 4 + 1 = 5$ ،

$$\frac{1}{\lambda} = 1{,}097 \times 10^7\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2}\right) = 246825 \text{ م}^{-1} ⟸ ،$$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{246825} = 4{,}05145 \times 10^{-6} \text{ م} = 4{,}05145 \times 10^{-6} \times 10^{10} \text{ Å} = 40514{,}5 \text{ Å} .$$

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٦):

أثيرت ذرات غاز الهيدروجين في الأنبوب المهبطي بقذفها بحزمة من الإلكترونات المنطلقة من المهبط بطاقة مقدارها ١٢,٠٩ (إ.ف) ، احسب ما يلي:

أ- طاقات المستويات المثارة في الذرة .

ب- الأعداد الكمية الرئيسية المناظرة لهذه المستويات .

جـ- الأطوال الموجية التي يمكن أن تبعثها الذرة نتيجة لهذه الإثارة ، واذكر إلى أي سلسلة تنتمي هذه الأطوال الموجية ، علماً بأن (طا$_{١}$ = – ١٣,٦ (إ.ف) ، R_H = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧} م$^{-١}$) .

الحل:

(أ+ب)- هنا عملية امتصاص طاقة ⟸ Δطا$_{\text{ممتصة}}$ = طا$_{f}$ – طا$_{i}$ وبالتعويض يكون:

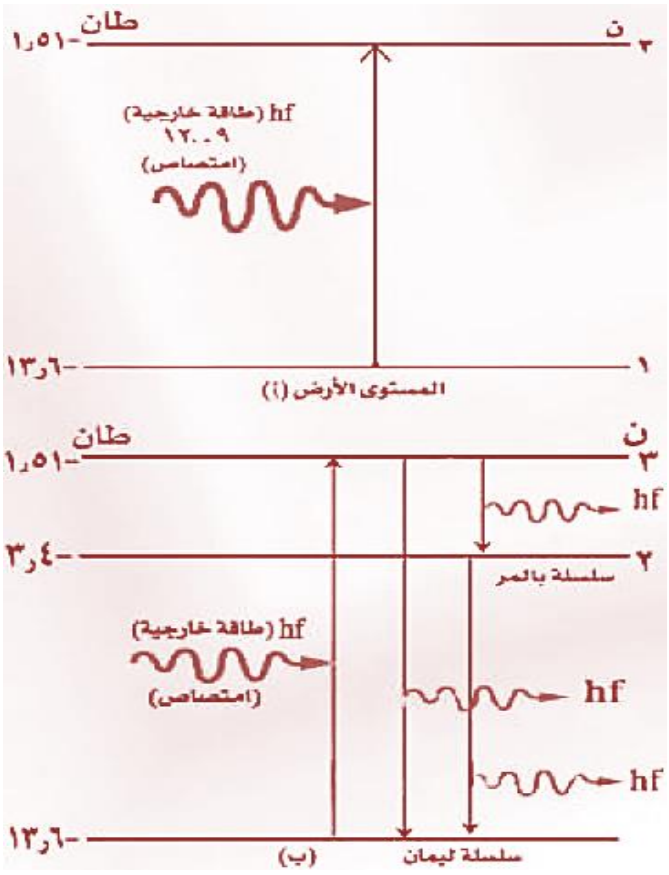
١٢,٠٩ = طا$_{f}$ – (– ١٣,٦) ⟸ طا$_{f}$ = ١٢,٠٩ – ١٣,٦ = – ١,٥١ (إ.ف) وهي طاقة الإلكترون في المستوى المثار انظر الشكل (١٩- أ) ، ولمعرفة العدد الكمي المناظر لهذه الطاقة نعلم أن:

طا$_{f}$ = $\frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{f}^{٢}}$ ⟸ ن$_{f}^{٢}$ = $\frac{\text{طا}_{١}}{\text{طا}_{f}}$ = $\frac{-١٣,٦}{-١,٥١}$ ⟸ ن = $\sqrt{\frac{-١٣,٦}{-١,٥١}}$ = ٣ .

∴ هناك مداران مثاران هما الثالث(ن = ٣) والثاني(ن = ٢) وطاقتيهما هي:

للثالث(طا$_{٣}$ = – ١,٥١ (إ.ف)) ، وللثاني(طا$_{٢}$ = $\frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{٢}^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{٢٤}$ = – ٣,٤ (إ.ف)) .

جـ- الأطوال الموجية المحتملة التي يمكن أن تبعثها ذرة الهيدروجين نتيجة انتقال الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستويات الأخفض المختلفة هي:



شكل (١٩)

الإحتمال الأول: أن يعود الإلكترون بقفزة واحدة من المستوى الثالث(ن$_{i}$ = ٣) إلى المستوى الأرضي(ن$_{f}$ = ١) ليبعث بطول موجي واحد يحسب كما يلي:

$\frac{١}{\lambda}$ = R_H($\frac{١}{\text{ن}_{f}^{٢}}$ – $\frac{١}{\text{ن}_{i}^{٢}}$) = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧}($\frac{١}{١^{٢}}$ – $\frac{١}{٣^{٢}}$)

= $\frac{٨ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٩}$ م$^{-١}$ ،

∴ λ = $\frac{٩}{٨ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}$ = ١,٠٢٥٥ × ١٠$^{-٧}$ م

= ١,٠٢٥٥ × ١٠$^{-٧}$ × ١٠^{١٠} Å = ١٠٢٥,٥ Å .

∵ ن$_{f}$ = ١ ، ن$_{i}$ = ٣ فهذا هو الخط الطيفي(الطول الموجي) الثاني من سلسلة ليمان .

الإحتمال الثاني: أن يعود الإلكترون إلى المستوى الأول المستقر بنقلتين باعثاً شعاعين كما يلي:

النقلة الأولى: أن يقفز الإلكترون من المستوى الثالث(ن$_{i}$ = ٣) إلى المستوى الثاني(ن$_{f}$ = ٢) فيكون:

$\frac{١}{\lambda}$ = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧}($\frac{١}{٢^{٢}}$ – $\frac{١}{٣^{٢}}$) = $\frac{٥ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٣٦}$ م$^{-١}$ ،

∴ λ = $\frac{٣٦}{٥ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}$ = ٦,٥٦٣٤ × ١٠$^{-٧}$ م

= ٦,٥٦٣٤ × ١٠$^{-٧}$ × ١٠^{١٠} Å = ٦٥٦٣,٤ Å . H_α

∵ ن$_{f}$ = ٢ ، ن$_{i}$ = ٣ فهذا هو الخط الطيفي(الطول الموجي) الأول من سلسلة بالمر .

النقلة الثانية: أن يقفز الإلكترون من المستوى الثاني(ن$_{i}$ = ٢) إلى المستوى الأرضي(ن$_{f}$ = ١) فيكون:

$\frac{١}{\lambda}$ = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧}($\frac{١}{١^{٢}}$ – $\frac{١}{٢^{٢}}$) = $\frac{٣ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٤}$ م$^{-١}$ ،

∴ λ = $\frac{٤}{٣ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}$ = ١,٢١٥٤ × ١٠$^{-٧}$ م = ١,٢١٥٤ × ١٠$^{-٧}$ × ١٠^{١٠} Å = ١٢١٥,٤ Å .

∵ ن$_{f}$ = ١ ، ن$_{i}$ = ٢ فهذا هو الخط الطيفي(الطول الموجي) الأول من سلسلة ليمان ، انظر الشكل (١٩- ب) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٧):

في سلاسل طيف ذرة الهيدروجين احسب: أ- أطول الموجات في سلسلة بفوند .
ب- الطول الموجي الأول في سلسلة باشن .
جـ- الطول الموجي الثالث في سلسلة براكيت .
د- نهاية(حد) سلسلة بالمر .
هـ- أعلى تردد في سلسلة ليمان .

الحل:

أ- سلسلة بفوند $\Longleftarrow$ $ن_f = ٥$ ، أطول الموجات $\Longleftarrow$ $ن_i = ن_f + ١ = ٥ + ١ = ٦$ ،

$\Longleftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{٣٦} - \frac{١}{٢٥}) = \frac{١١ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٣٦ \times ٢٥}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{٣٦ \times ٢٥}{١١ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}} = ٧,٤٥٨٤ \times ١٠^{-٦}$ م $= ٧,٤٥٨٤ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ٧٤٥٨٤$ Å .

وهو الطول الموجي الأول في سلسلة بفوند ! .

ب- سلسلة باشن $\Longleftarrow$ $ن_f = ٣$ ، الطول الموجي الأول $\Longleftarrow$ $ن_i = ن_f + ١ = ٣ + ١ = ٤$ ،

$\Longleftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{٢٤} - \frac{١}{٢٣}) = \frac{٧ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{١٦ \times ٩}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{١٦ \times ٩}{٧ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}} = ١,٨٧٥٢٤ \times ١٠^{-٦}$ م $= ١,٨٧٥٢٤ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ١٨٧٥٢,٤$ Å .

وهو أطول الموجات في سلسلة باشن .

جـ- سلسلة براكيت $\Longleftarrow$ $ن_f = ٤$ ، الطول الموجي الثالث $\Longleftarrow$ $ن_i = ن_f + ٣ = ٤ + ٣ = ٧$ ،

$\Longleftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{٢٧} - \frac{١}{٢٤}) = \frac{٣٣ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٤٩ \times ١٦}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{٤٩ \times ١٦}{٣٣ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}} = ٢,١٦٥٦٩ \times ١٠^{-٦}$ م $= ٢,١٦٥٦٩ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ٢١٦٥٦,٩$ Å .

د- سلسلة بالمر $\Longleftarrow$ $ن_f = ٢$ ، نهاية السلسلة $\Longleftarrow$ $ن_i = \infty$ ،

$\Longleftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{\infty} - \frac{١}{٢٢}) = \frac{١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٤}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{٤}{١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}} = ٣,٦٤٦ \times ١٠^{-٦}$ م $= ٣,٦٤٦ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ٣٦٤٦$ Å . H_∞

هـ- سلسلة ليمان $\Longleftarrow$ $ن_f = ١$ ، أعلى تردد $\equiv$ أقصر طول موجي $\equiv$ نهاية السلسلة $\Longleftarrow$ $ن_i = \infty$ ،

$\Longleftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \times (\frac{١}{\infty} - \frac{١}{٢١}) = \frac{١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{١}$ م$^{-١}$ $= R_H$ ،

$\therefore \lambda = \frac{١}{١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}} = ٩,١١٥٧٧ \times ١٠^{-٨}$ م $= ٩,١١٥٧٧ \times ١٠^{-٨} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ٩١١,٥٨$ Å .

$\therefore f = \frac{ع_{ض}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٩,١١٦ \times ١٠^{-٨}} = ٣,٢٩ \times ١٠^{١٥}$ هرتز ، وهو أعلى تردد في سلسلة ليمان .

مثال(٨):

احسب الطاقة والتردد والطول الموجي للشعاع الذي باستطاعته تأيين ذرة الهيدروجين .

الحل:

عند تأيين ذرة الهيدروجين ستمتص طاقة لتنتقل من المستوى الأرضي($ن_i = ١$) إلى النهائي($ن_f = \infty$) لذلك فإن:

طاقة الشعاع الممتص$(hf) = \Delta ط_{ممتصة} = ط_f - ط_i = \frac{ط_١}{ن_f^{٢}} - \frac{ط_١}{ن_i^{٢}} = ط_١(\frac{١}{ن_f^{٢}} - \frac{١}{ن_i^{٢}}) = -١٣,٦(\frac{١}{\infty} - \frac{١}{٢^{٢}})$

$= -١٣,٦ \times (-١) = ١٣,٦$ (إ.ف) .

، تردد الشعاع$(f) = \frac{\Delta ط}{h} = \frac{١٣,٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٣,٢٨ \times ١٠^{١٥}$ هرتز .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

، الطول الموجي(λ) = $\frac{ع_{ض}}{f}$ = $\frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٣,٢٨ \times ١٠^{١٥}}$ = ٩,١٤٦ × ١٠$^{-٨}$ م = ٩,١٤٦ × ١٠$^{-٨}$ × ١٠^{١٠} Å = ٩١٤,٦ Å .

س: اعط تفسيراً علمياً لما يلي:

أ- الضوء المرئي المنبعث يعتمد بشدة على مدى قرب الذرات من بعضها .

ب- الأشعة ذات الأطوال الموجية القصيرة لا تعتمد على قرب أو بعد الذرات من بعضها البعض .

جـ- المصابيح الغازية تشع ضوءاً متوهجاً متصلاً بالرغم من أن الذرات متباعدة للحالة الغازية .

جـ: أ- لأن قرب الذرات من بعضها البعض يزيد من شدة توهج الإضاءة .

ب- لأن طاقاتها عالية أي أن الإنتقالات تكون من مستويات بعيدة عن النواة مما يعني كثرة إنتقالات الإلكترون حتى تعود الذرات إلى حالة الإستقرار فتكون الفوتونات المنبعثة ذات شدة عالية(إضاءة متوهجة) .

جـ- بسبب كثرة الإنتقالات لإلكترونات ذراتها عند عودتها إلى الحالة الأرضية المستقرة أي أنها تتوهج بشدة عالية .

نجاحات ومميزات نظرية بوهر:

١- فسّرت أطياف الإنبعاث والإمتصاص لذرة الهيدروجين .

٢- نجحت في تفسير الطيف الخطي المشاهد لسلسلة بالمر لذرة الهيدروجين بإعطائها معنى فيزيائي لصيغة بالمر التجريبية .

٣- تنبأت بسلاسل طيف ذرة الهيدروجين الأخرى(ليمان ، باشن ، براكيت ، بفوند) والتي تقع في منطقة الطيف غير المرئي ليتم اكتشافها لاحقاً ، كما نجحت في تفسيرها أيضاً .

٤- استطاعت حساب نصف قطر مدار الإلكترون وسرعته وتردده وطاقته وكذلك ثابت ريدبيرج لذرة الهيدروجين والأيونات الشبيهة وحيدة الإلكترون بالإضافة إلى حساب طاقة التأين .

٥- تعتبر خليطاً من الفيزياء التقليدية وفكرة تكميم طاقة الإشعاع لبلانك ، لذلك سميت بنظرية الكم القديمة أو النظرية الشبه التقليدية .

إخفاقات وعيوب نظرية بوهر الذرية:

١- لم تستطع تفسير تحلل بعض الخطوط الطيفية إلى خطوط فرعية متعددة ومتقاربة جداً .

٢- لم تستطع الإجابة عن السؤال (لماذا بعض خطوط الطيف تكون ذات شدة أكثر من خطوط الطيف الأخرى ؟ أي لماذا تكون بعض الإنتقالات بين مستويات الطاقة أكثر إحتمالاً من انتقالات أخرى ؟) .

٣- لم تستطع تفسير أطياف الذرات الأكثر تعقيداً من ذرة الهيدروجين(المتعددة الإلكترونات) .

٤- افتراض أن الإلكترون يتحرك في مدارات دائرية كان إفراطاً في التبسيط .

إثراء:

(٢٠١٣ - ٢٠١٤)- ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة أو علامة (×) أمام العبارة الخاطئة في كل مما يأتي:

- نصف قطر بالمر(نق$_{١}$) هو أقرب وضع للإلكترون من النواة . ( )
- انتقال إلكترون من مستوى الطاقة الخامس إلى المستوى الرابع يمثل سلسلة باشن . ( )
- الطاقة المتحولة إلى إشعاع في سلسلة ليمان أكبر من الطاقة المتحولة إلى إشعاع في سلسلة بالمر . ( )

١- أثبت أن الكميتان ($\frac{١}{\lambda}$ ، $\frac{ط}{h ع_{ض}}$) لهما نفس وحدات القياس .

٢- اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

- النظرية الشبه كلاسيكية هي (نظرية دالتون ، نموذج ثومسون ، نموذج رذرفورد ، نظرية بوهر) .
- R_H يساوي العدد الموجي لأقصر الموجات لسلسلة (بالمر ، باشن ، بفوند ، لا شيئ مما ذكر) .
- مستويات الطاقة الخارجية للذرة (الفروق بينها معدومة ، يختفي عندها التكميم ، طيفها متصل ، الإلكترون خارج الذرة) .
- يمكن أن تأخذ (ن$_{ي}$) لكل سلاسل طيف ذرة الهيدروجين الرقم (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦) .
- نظرية بوهر تنطبق على (H^+ ، He ، Li^+ ، لا شيئ مما ذكر) .
- طاقة لا يستطيع إلكترون ذرة الهيدروجين المستقرة امتصاصها (٣,٤ ، ١٥,٢ ، ١٢,٠٩ ، ١٣,٦) (إ.ف) .
- أقل طاقة تستطيع ذرة الهيدروجين المستقرة امتصاصها هي (٣,٤ ، ١,٥١ ، ١٠,٢ ، لا توجد إجابة صحيحة) .

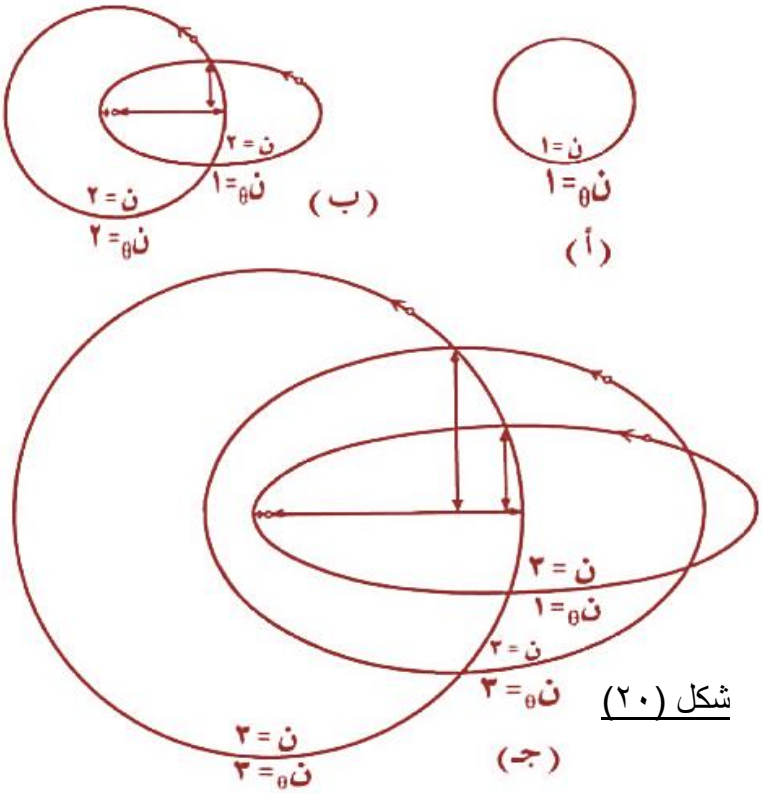
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٣- ضع علامة (✓) أو (×):
- الطول الموجي الأول في أي سلسلة هو أطول الموجات فيها . ( )
- نهاية أي سلسلة هو أقصر موجاتها . ( )

٤- ماذا يعني الرمز (ن) في مبدأ بلانك لتكميم طاقة الإشعاع ؟

٥- علل ما يلي: - انتقالات الإلكترون إلى مدارات قريبة من النواة تؤدي إلى انبعاث أطوال موجية قصيرة .
- انتقالات الإلكترون بين المدارات البعيدة عن النواة تؤدي إلى انبعاث موجات طويلة .
- يكون للإلكترون داخل الذرة طيف اشعاع خطي بينما يكون له خارجها طيف متصل .

نموذج (بوهر - سمرفيلد):



شكل (٢٠)

اقترح سمرفيلد لتحسين نموذج بوهر لذرة الهيدروجين أن مدارات الإلكترونات حول النواة تكون على شكل قطوع ناقصة بشكل عام وليست دائرية ، حيث أنه من المعلوم أن مسار أي جسم يتحرك تحت تأثير قوة تتناسب عكسياً مع مربع المسافة كالقوة الكهربائية التي تؤثر بها النواة على الإلكترون هو بشكل عام قطع ناقص والمسار الدائري يعتبر حالة خاصة من الحالة العامة ، هذا التصحيح أدى إلى ما يلي:

١- فرض عدد كمي آخر سمي بالعدد الكمي السمتي ($ن_{\theta}$ = ١ ، ٢ ، ٣ ، ... ، ن) حيث (ن) هو العدد الكمي الرئيسي .

٢- كل مدار رئيسي ينقسم إلى عدد (ن) من المدارات السمتية الفرعية فالمدار الرئيسي (ن = ٢) ينقسم إلى المدارين الفرعيين ($ن_{\theta}$ = ١) و($ن_{\theta}$ = ٢) شكل (٢٠- ب) والمدار الرئيسي (ن = ٣) ينقسم إلى ثلاثة مدارات سمتية ($ن_{\theta}$ = ١) و($ن_{\theta}$ = ٢) و($ن_{\theta}$ = ٣) شكل (٢٠- جـ) ، وهذه المدارات الثلاثة أي مستويات الطاقة تناظر ثلاثة خطوط طيفية بدلاً من خط طيفي واحد .

٣- المدار الرئيسي الأول(ن = ١) لا ينقسم إلى مستويات سمتية فرعية ويكون فيه مسار الإلكترون دائري تماماً كما يوضحه الشكل (٢٠- أ) .

نجاحات نموذج (بوهر - سمرفيلد):

١- نجح في تفسير تحلل بعض خطوط الطيف إلى خطوط فرعية ومتقاربة جداً .
٢- عالج مشكلة الإفراط في تبسيط مسار الإلكترونات حول النواة بافتراضه أنها تكون قطوع ناقصة بشكل عام وما المسار الدائري إلا حالة خاصة من الحالة العامة .

حدود إمكانية نظرية بوهر بعد التصحيحات:

١- القيم التي تحسب بواسطة نظرية بوهر(نق$_{ن}$ ، ع$_{ن}$ ، ط$_{ان}$ ، R_H ، f ، λ) لم تكن مطابقة تماماً للقيم التجريبية في كل الأحوال .
٢- لم تستطع النظرية تفسير طيف الذرات الواقعة في مجال مغناطيسي خارجي .

إثراء:

اختر الإجابة الصحيحة:
- المدار ($ن_{\theta}$ = ١ ، $ن_{\theta}$ = ∞ ، $ن_{\theta}$ = ن ، لا شيئ مما ذكر) يكون فيه مسار الإلكترون دائرياً تماماً .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات أسئلة تقويم الوحدة الخامسة:

السؤال الأول:

أ- في بداية تسخين الحديد تكون درجة حرارته منخفضة فتكون الطاقة التي يمتصها(Δطا = hf) منخفضة مما يعني أنه سيبعث بأشعة ($\lambda = \frac{ع}{f}$) طويلة وهي أشعة تحت حمراء لا ترى فيظهر الحديد معتماً ، ثم ترتفع درجة حرارته فيزداد تردد الشعاع المنبعث منه حتى تنبعث أشعة ضوئية مرئية أولها الأشعة الحمراء ليرى الحديد محمراً ثم بقية الألوان المرئية وبعدها فوق البنفسجية عند درجات الحرارة المرتفعة جداً ليعود الحديد معتماً من جديد .

ب- لا يمكن ، لأنه لا يوجد مستوى لذرة الهيدروجين بحيث يكون الفرق بين طاقته وطاقة مستواها الأول ٦ (إ.ف) لذلك فلا تمتص أو تطلق إشعاعاً مقدار طاقته ٦ (إ.ف) .

جـ- لا يمكن ، لأن طاقة الربط طاقة سالبة أما الموجبة فهي تعني أن الإلكترون حر طليق غير مرتبط بالذرة ويكون خارجها وليس داخلها .

السؤال الثاني:

أ-(×) ، ب- (✓) ، جـ- (✓) ، د- (×) ، و- (×) ، هـ- (×) ، ي- (×) ، ز- (✓) .

السؤال الثالث:

معضلة الجسم الأسود هي عجز الفيزياء التقليدية عن إيجاد صيغة رياضية تعبر عن المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود لتربط بين طول موجة الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود وطاقة الشعاع المنبعث .

السؤال الرابع:

مبدأ بلانك يتلخص في افتراضه بأن الجسم الأسود الساخن يبعث بالإشعاع الحراري نتيجة اهتزاز جزيئات أو ذرات سطحه على شكل زخات أو مضاعفات صحيحة من هذه الزخات وكل زخة تدعى كم وأن هذا الكم من طاقة الإشعاع (طا) الذي تبعث به هذه المهتزات التي تكوّن سطح الجسم الأسود لا يمكن أن يأخذ إلا قيماً معينة(محددة) تعطى بالعلاقة (طا = ن hf) .

السؤال الخامس:

الطيف المتصل: هو عبارة عن مجموعة من خطوط الطيف المتتابعة بحيث لا تفصل بينها مناطق سوداء كالمصادر الضوئية المتوهجة مثل الشمس والمصابيح الضوئية .

الطيف الاخطي: هو عبارة عن مجموعة من خطوط الطيف المتباعدة بحيث تفصل بينها مناطق سوداء معتمة مثل خطوط الطيف المرئي لذرة الهيدروجين .

السؤال السادس:

لم يستطع تفسير استقرار الذرة .

السؤال السابع:

كما هي في الجدول الموجود في الدرس الخاص بفرضيات بوهر .

السؤال الثامن:

مميزات(نجاحات) نظرية بوهر:

١- فسّرت أطياف الإنبعاث والإمتصاص لذرة الهيدروجين .

٢- نجحت في تفسير الطيف الخطي المشاهد لسلسلة بالمر لذرة الهيدروجين بإعطائها معنى فيزيائي لصيغة بالمر التجريبية .

٣- تنبأت بسلاسل طيف ذرة الهيدروجين الأخرى(ليمان ، باشن ، براكيت ، بفوند) والتي تقع في منطقة الطيف غير المرئي ليتم اكتشافها لاحقاً ، كما نجحت في تفسيرها أيضاً .

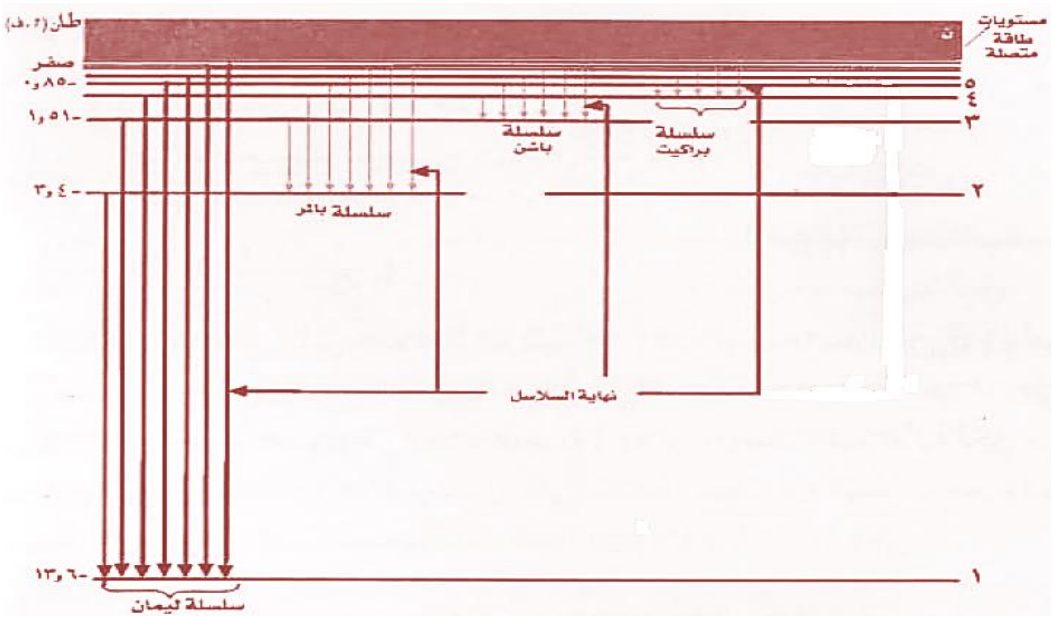
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٤- استطاعت حساب نصف قطر مدار الإلكترون وسرعته وتردده وطاقته وكذلك ثابت ريدبيرج لذرة الهيدروجين والأيونات الشبيهة وحيدة الإلكترون بالإضافة إلى حساب طاقة التأين .
٥- تعتبر خليطاً من الفيزياء التقليدية وفكرة تكميم طاقة الإشعاع لبلانك ، لذلك سميت بنظرية الكم القديمة أو النظرية الشبه التقليدية .

عيوب(إخفاقات) نظرية بوهر الذرية:

١- لم تستطع تفسير تحلل بعض الخطوط الطيفية إلى خطوط فرعية متعددة ومتقاربة جداً .
٢- لم تستطع الإجابة عن السؤال (لماذا بعض خطوط الطيف تكون ذات شدة أكثر من خطوط الطيف الأخرى ؟ أي لماذا تكون بعض الإنتقالات بين مستويات الطاقة أكثر إحتمالاً من انتقالات أخرى ؟) .
٣- لم تستطع تفسير أطياف الذرات الأكثر تعقيداً من ذرة الهيدروجين(المتعددة الإلكترونات) .
٤- افتراض أن الإلكترون يتحرك في مدارات دائرية كان إفراطاً في التبسيط .

السؤال التاسع:



السؤال العاشر:

$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{ن_f^٢} - \frac{١}{ن_i^٢}) = ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦ \times (\frac{١}{٢^٤} - \frac{١}{٢^٣}) = \frac{١٢ \times ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦}{١٦ \times ٤}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{١٦ \times ٤}{١٢ \times ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦} = ١٠^{-٧} \times ٤,٨٦٢٧ = ١٠^{-٧} \times ٤,٨٦٢٧$ م $= ١٠^{١٠} \times ٤٨٦٢,٧$ Å .

السؤال الحادي عشر:

هـ- سلسلة باشن ⟸ ن$_f$ = ٣ ، أقصر الأطوال الموجية ⟸ ن$_i$ = ∞ ،

$\frac{١}{\lambda} = ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦ = (\frac{١}{\infty} - \frac{١}{٣^٢}) = \frac{١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦}{٩}$ م$^{-١}$ ⟸ ،

$\therefore \lambda = \frac{٩}{١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦} = ١٠^{-٧} \times ٨,٢٠٥٩ = ١٠^{-٧} \times ٨,٢٠٥٩$ م $= ١٠^{١٠} \times ٨٢٠٥,٩$ Å .

، أطول الموجات ⟸ ن$_i$ = ن$_f$ + ١ = ٣ + ١ = ٤ ،

$\frac{١}{\lambda} = ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦ = (\frac{١}{٤^٢} - \frac{١}{٣^٢}) = \frac{٧ \times ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦}{١٦ \times ٩}$ م$^{-١}$ ⟸ ،

$\therefore \lambda = \frac{١٦ \times ٩}{٧ \times ١٠^٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦} = ١٠^{-٦} \times ١,٨٧٥٦٣ = ١٠^{-٦} \times ١,٨٧٥٦٣$ م $= ١٠^{١٠} \times ١٨٧٥٦,٣$ Å .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

السؤال الثاني عشر:

سلسلة ليمان ⟸ $ن_f = 1$ ، أطول الأمواج ⟸ $ن_i = ن_f + 1 = 1 + 1 = 2$ ،

$\lambda = ١٢١٦ \times ١٠^{-٨}$ سم $= ١٢١٦ \times ١٠^{-١٠} \times ١٠^{-٢}$ م ،

$\frac{١}{\lambda}$ ، $R_H = (\frac{١}{ن_f^٢} - \frac{١}{ن_i^٢})R_H \Leftarrow R_H = \frac{١}{\lambda(\frac{١}{ن_f^٢} - \frac{١}{ن_i^٢})} = \frac{١}{١٢١٦ \times ١٠^{-١٠} \times (\frac{١}{١^٢} - \frac{١}{٢^٢})} = ١,٠٩٦٥ \times ١٠^{٧}$ م$^{-١}$.

السؤال الثالث عشر:

المعطيات:

$نق_١ = ٠,٥٢٨ \times ١٠^{-٨}$ سم $= ٠,٥٢٨$ Å ،

$ع_١ = ٢,٢ \times ١٠^{٨}$ سم/ث $= ٢,٢ \times ١٠^{٦}$ م/ث ،

$طا_١ = -١٣,٦$ (إ.ف) .

نق$_ن$ = $ن^٢$نق$_١$ ⟸ نق$_ن$ = $٥^٢ \times ٠,٥٢٨ = ١٣,٢$ Å .

، $ع_ن = \frac{ع_١}{ن} \Leftarrow ع_ن = \frac{٢,٢ \times ١٠^{٦}}{٥} = ٤,٤ \times ١٠^{٥}$ م/ث .

، $طا_ن = \frac{طا_١}{ن^٢} \Leftarrow طا_٥ = \frac{-١٣,٦}{٢٥} = -٠,٥٤٤$ (إ.ف) .

السؤال الرابع عشر:

المعطيات:

$\Delta طا_{متصة} = ١٢,٧٥$ (إ.ف) ،

$طا_١ = -١٣,٦$ (إ.ف) = $طا_i$ ،

$R_H = ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}$ م$^{-١}$.

(أ+ب)- $\Delta طا_{متصة} = طا_f - طا_i$ وبالتعويض يكون:

$١٢,٧٥ = طا_f - (-١٣,٦)$

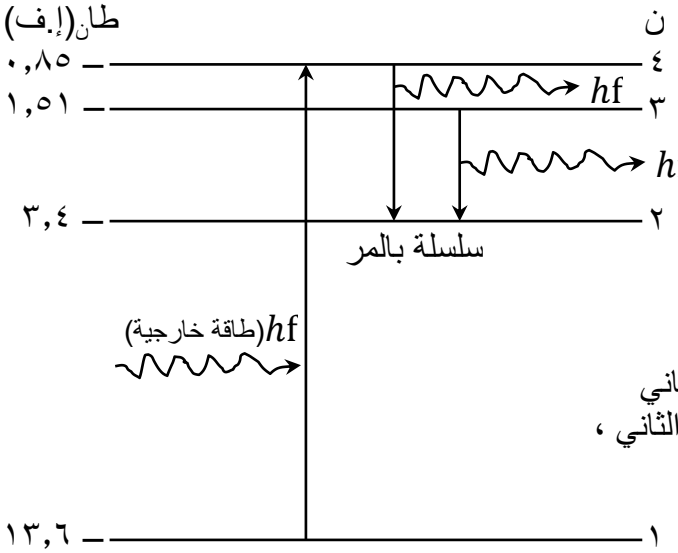
⟸ $طا_f = ١٢,٧٥ - ١٣,٦ = -٠,٨٥$ (إ.ف) وهي طاقة المستوى المثار ، ولمعرفة العدد الكمي الموافق لهذا المستوى:

$طا_f = \frac{طا_١}{ن_f^٢} \Leftarrow ن_f^٢ = \frac{طا_١}{طا_f} \Leftarrow ن = \sqrt{\frac{-١٣,٦}{-٠,٨٥}} = ٤$.

جـ- خطوط سلسلة بالمر تنتج عن الإنتقالات إلى المستوى الثاني($ن_f$ = ٢) من المستويات الأبعد ونتيجة لهذه الإثارة هناك احتمال أن ينبعث خطين ينتميان إلى سلسلة بالمر هما:

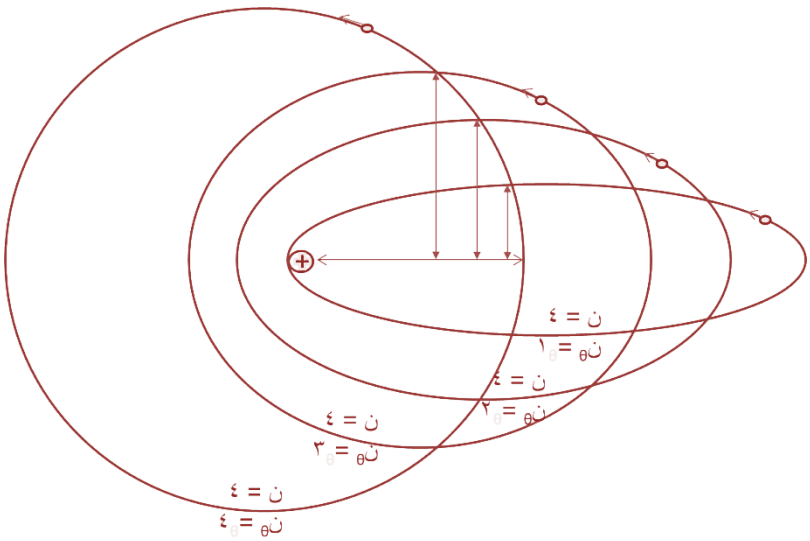
الأول عند انتقال الإلكترون من المستوى الرابع إلى المستوى الثاني

و**الثاني** عند انتقال الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني ، كما هو موضح في الشكل المقابل .



السؤال الخامس عشر:

المدارات الممكنة في نموذج (بوهر - سمرفيلد) لذرة الهيدروجين من أجل (ن = ٤) تكون كما يوضحها الشكل المجاور .



حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(أسئلة إختبارات وزارية للعام الدراسي ٢٠١٨ - ٢٠١٩ م)

الأول - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة أو علامة (×) أمام العبارة الخاطئة في كل مما يأتي:

أ- تشع ذرة الهيدروجين كمية محددة من الطاقة عند انتقال إلكترونها من مستوى الطاقة الأول إلى الثاني . ( )
ب- الطاقة اللازمة لتأين ذرة الهيدروجين أقل من الطاقة اللازمة لإثارتها . ( )
جـ- سلسلة باشن تقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء . ( )
د- مقلوب الطول الموجي يسمى العدد الموجي . ( )
هـ- استطاع بوهر تفسير أطياف الذرات متعددة الإلكترونات . ( )
و- أول نموذج يذكر أن للذرة نواة هو نموذج رذرفورد . ( )
ز- أعطى رذرفورد تفسيراً مقنعاً للطيف الخطي لذرة الهيدروجين . ( )

الثاني - أكمل العبارات التالية بما يناسبها:

أ- في درجة الحرارة المنخفضة تقع الأطوال الموجية المنبعثة للإشعاع الحراري في منطقة ..... .
ب- ..... استخدمها رذرفورد في قذف صفيحة رقيقة جداً من الذهب سمكها (١) مايكرون .

الثالث - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:

- أقصر طول موجي في سلسلة بالمر ... ($\frac{R_H}{٢}$ ، $\frac{R_H}{٤}$ ، $\frac{٢}{R_H}$ ، $\frac{٤}{R_H}$) .
ب- نحصل على جميع خطوط سلسلة بالمر للطيف المرئي لذرة الهيدروجين عندما تكون ...
(ن$_i$ ≤ ٣ ، ن$_i$ > ٣ ، ن$_i$ ≥ ٣ ، ن$_i$ = ٢) .
جـ- عند سقوط إشعاع طاقته ١٣,٦ (إ.ف) على ذرة هيدروجين في الحالة الأرضية فإنها ...
(تثار ، تتأين ، تستقر ، لا تمتص طاقة) .
د- أحد أنصاف الأقطار التالية للإلكترونات يعتبر مدار محرم في ذرة الهيدروجين ...
(٩نق$_١$ ، ١٦نق$_١$ ، نق$_١$ ، ٥نق$_١$) .
هـ- إذا علمت أن طاقة إلكترون ذرة هيدروجين – ٠,٥٤٤ (إ.ف) وطاقة المستوى الأول – ١٣,٦ (إ.ف) فإن الإلكترون يتواجد في المدار ... (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦) .

العاشر - أثبت أن الكميتان لهما نفس وحدات القياس فيما يلي(٢٠١٣ - ٢٠١٤):

١- ($\sqrt{\frac{\text{ع h}}{\text{ث ج}}}$ ، $\frac{\text{I ω}}{\text{ع نق}}$) ، ٢- ($\frac{\text{ك ع}^٢}{\text{f ش}_م}$ ، $\frac{\text{جـ λ}}{\text{ع}}$) .

الحادي عشر - المسائل:

أ- احسب أقصر الأطوال الموجية وأطولها في سلسلة باشن (بالمر .. لسؤال آخر) ، ثم حدد نوع هذه الأشعة .
ب- انتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى الرابع إلى المستوى الثاني ، فإذا علمت أن طا$_١$ = – ١٣,٣ (إ.ف) ، ع$_١$ = ٢,٢ × ١٠^٦ م/ث فاحسب:
١- طاقة الإشعاع المنبعث(Δطا) ، ٢- الفرق بين سرعة الإلكترون في المستوى الثاني والرابع .
جـ- إذا كانت سرعة إلكترون ذرة الهيدروجين المثارة ٥٥ × ١٠^٤ م/ث وعلمت بأن ع$_١$ = ٢,٢ × ١٠^٦ م/ث ، نق$_١$ = ٠,٥٣ × ١٠$^{-١٠}$ م ، طا$_١$ = – ١٣,٦ (إ.ف) فاحسب:
١- عدد الكم الرئيسي لمستوى الإثارة ، ٢- نصف قطر مداره ، ٣- طاقة المستوى المثار .
د- انتقل إلكترون من المستوى الخامس إلى المستوى الثاني باعثاً إشعاعاً ، فإذا علمت أن R_H = ١٠٩٦٧٧,٦ سم$^{-١}$ ، ع$_ض$ = ٣ × ١٠^٨ م/ث فاحسب: ١- الطول الموجي للإشعاع ، ٢- تردد الإشعاع ، ٣- إلى أي سلسلة ينتمي ؟
هـ- إذا علمت أن كمية التحرك الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين في مستوى ما هي ٢,١٠٨٨ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث ، $\hbar$ = ١,٠٥٤ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث ، نق$_١$ = ٠,٥٢٨ إنجستروم فاحسب:
١- عدد الكم الرئيسي لهذا المستوى ، ٢- نصف قطر مدار الإلكترون المناظر لهذا المستوى .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة السادسة(الإشعاع والمادة – Matter and Radiation)

سيدرس الطالب في هذه الوحدة بعض الظواهر الطبيعية الناتجة عن تفاعل المادة مع الإشعاع الساقط عليها وهي:
- الظاهرة الكهروضوئية .
- توليد الأشعة السينية(X - Ray) .
- توليد أشعة الليزر .

مع تفسير هذه الظواهر كل على حدة حيث تعتبر المقدمة التي درسها الطالب في الوحدة الخامسة عن ذرة الهيدروجين وأطيافها عاملاً مساعداً لفهم هذه التفسيرات .

الظاهرة الكهروضوئية(Photoelectric Effect):

هي ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح فلزي عند تعرضه لشعاع ضوئي معين ، وتسمى الإلكترونات المنبعثة بهذه الطريقة بالإلكترونات الضوئية .

اكتشفت هذه الظاهرة على يد العالم الألماني هرنيش هيرتز عام ١٨٨٧م عندما كان يحاول التأكد من وجود الموجات الكهرومغناطيسية التي تنبأ بها ماكسويل عام ١٨٨٤م ، وواصل العلماء فيما بعد البحث والدراسة لهذه الظاهرة ولكن عجزوا في تفسيرها عندما طبقوا مبادئ النظرية الموجية التقليدية(الكلاسيكية) للضوء ، وقد فسرها بنجاح العالم الألماني ألبرت إينشتاين عام ١٩٠٥م انطلاقاً من نظرية تكميم الطاقة الإشعاعية ولم يقبل العلماء الفيزيائيين حينها بتفسيره إلا بعد عشر سنوات من ذلك التاريخ .

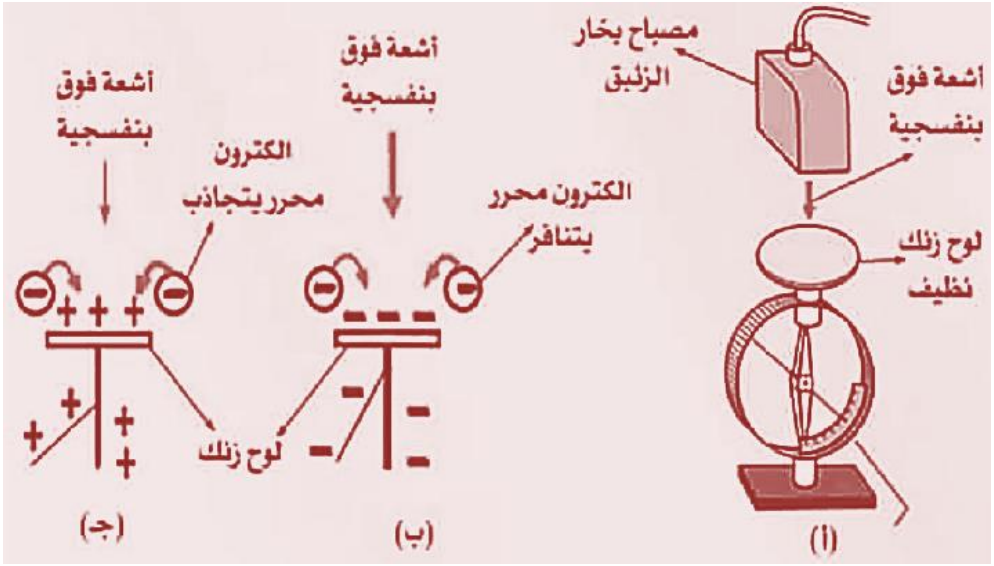
*** فكر ..!**

تنبعث إلكترونات من لوح الخلايا الكهروضوئية للتلفاز تسمى هذه الإلكترونات ..... . - أكمل الفراغ -

وللتعرف على هذه الظاهرة حاول القيام بالنشاط التالي:

نشاط ـ التعرف على الظاهرة الكهروضوئية أو إثبات حدوثها ـ :

الأدوات المستخدمة: كشاف كهربائي ، قطعة من الصوف ، قضيباً من الأبونايت ، مصدر للأشعة فوق البنفسجية (مصباح بخار الزئبق) ، لوحاً من الزنك وآخر من الزجاج العادي .



حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

خطوات تنفيذ التجربة	الملاحظات	التفسيرات
١- نثبت لوح الزنك بعد تنظيفه على قرص الكشاف ثم نشحنه بشحنة سالبة وذلك بدلك قضيب الأبونايت بقطعة الصوف ثم لمسه بها (الشكل - أ) .	إنفراج ورقتي الكشاف الكهربائي .	بتراكم الشحنات السالبة على ورقتي الكشاف الكهربائي تتولد بينهما قوة تنافر تسبب انفراجهما .
٢- نسقط أشعة فوق بنفسجية على لوح الزنك (الشكل - ب) .	يقل انفراج ورقتي الكشاف حتى تنطبقان على بعضهما .	عند سقوط الضوء على سطح معدن الزنك تنبعث إلكترونات منه فيشحن بشحنة موجبة تعادل الشحنة السالبة التي شحن بها معدن الزنك مع ورقتي الكشاف .
٣- نشحن لوح الزنك بشحنة كهربائية موجبة بلمسه بقطعة الصوف (الشكل - جـ) .	إنفراج ورقتي الكشاف الكهربائي .	بتراكم الشحنات الموجبة على ورقتي الكشاف الكهربائي تتولد بينهما قوة تنافر تسبب انفراجهما .
٤- نسلط أشعة فوق بنفسجية على لوح الزنك .	تبقى ورقتي الكشاف على انفراجهما وقد يزداد الإنفراج لكن لحظياً .	بسقوط الأشعة فوق البنفسجية على سطح معدن الزنك تنبعث منه إلكترونات فتزداد شحنته الموجبة مما يزيد من انفراج الورقتين لحظياً فقط ! لأن قوى التجاذب بين الإلكترونات المنبعثة وشحنة اللوح الموجبة تعيد الإلكترونات المحررة إلى اللوح .
٥- نضع لوح الزجاج العادي على لوح الزنك ثم نكرر الخطوات السابقة .	سقوط الأشعة على لوح الزجاج لا يؤثر على انفراج ورقتي الكشاف .	لوح الزجاج الموضوع على لوح الزنك يمتص الأشعة الساقطة ويمنعها من الوصول إلى سطح معدن الزنك فلا تحدث الظاهرة الكهروضوئية .

(٢٠١٢ - ٢٠١٣) - إذا سقطت أشعة فوق بنفسجية على لوح الخارصين الموجب فإن ...
(شحنته $^{(+)}$ تزداد ، شحنته $^{(+)}$ تقل ، شحناته تتعادل ، شحناته تصبح $^{(-)}$) .

تفسير النظرية التقليدية للظاهرة الكهروضوئية:

إن الضوء الساقط يسخِّن سطح الفلز(المعدن) فتكتسب إلكتروناته طاقة حركية تمكنها من التحرر منه(الإنبعاث) .

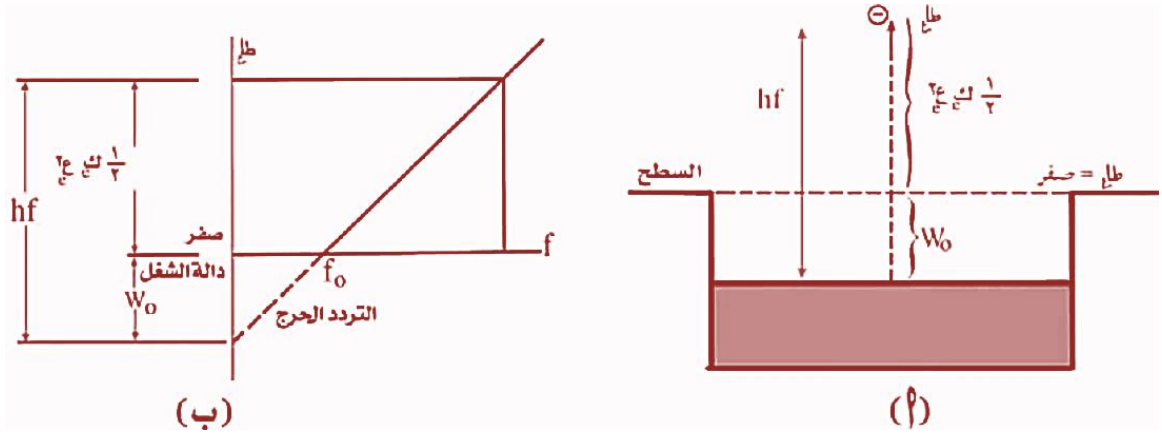
تفسير إينشتاين للظاهرة الكهروضوئية ١٩٠٥م:

فسر إينشتاين الظاهرة الكهروضوئية اعتماداً على:
١- الطبيعة المزدوجة للضوء فافترض من النظرية الجسيمية للضوء أن التصادم(التفاعل) بين جسيمات الإلكترونات وجسيمات الفوتونات الساقطة عليها يحدث واحداً لواحد ، حيث يفنى الفوتون بعد أن يعطي كامل طاقته للإلكترون ! لأنه ليس له كتلة .
٢- تكميم الطاقة لبلانك فافترض منها ومن النظرية الموجية للضوء أن الإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط على سطح الفلز يحوي رزم(كمات) من الطاقة تدعى الفوتونات طاقة كل منها (hf) فإذا امتص الإلكترون هذه الطاقة وكان:
$f_o > f$(التردد الحرج) فإن طاقة الفوتون لا تكفي لإنتزاع الإلكترون من سطح الفلز .
$f_o = f$ فإن طاقة الفوتون تكون كافية لتحرير الإلكترون من طاقة ربطه بالمعدن دون إكسابه طاقة حركية .
$f_o < f$ فإن طاقة الفوتون يستخدم جزء منها (hf_o) لتحرير الإلكترون من طاقة الربط ويدعى هذا الجزء من الطاقة دالة الشغل للفلز(w_o) وهي مقدار ثابت للفلز الواحد وبقية الطاقة $(w_o - hf)$ تتحول إلى طاقة حركية$(\frac{1}{2}ك_e ع_e^2)$ للإلكترون أي أن:

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

طاع = $\frac{1}{2}$ك$_e$ع$_e^2$ = $hf - w_o$ ..... تدعى هذه المعادلة بمعادلة إينشتاين ،

حيث ($hf_o = w_o$) هي طاقة دالة شغل الفلز ، طاع هي الطاقة الحركية العظمى للإلكترون .

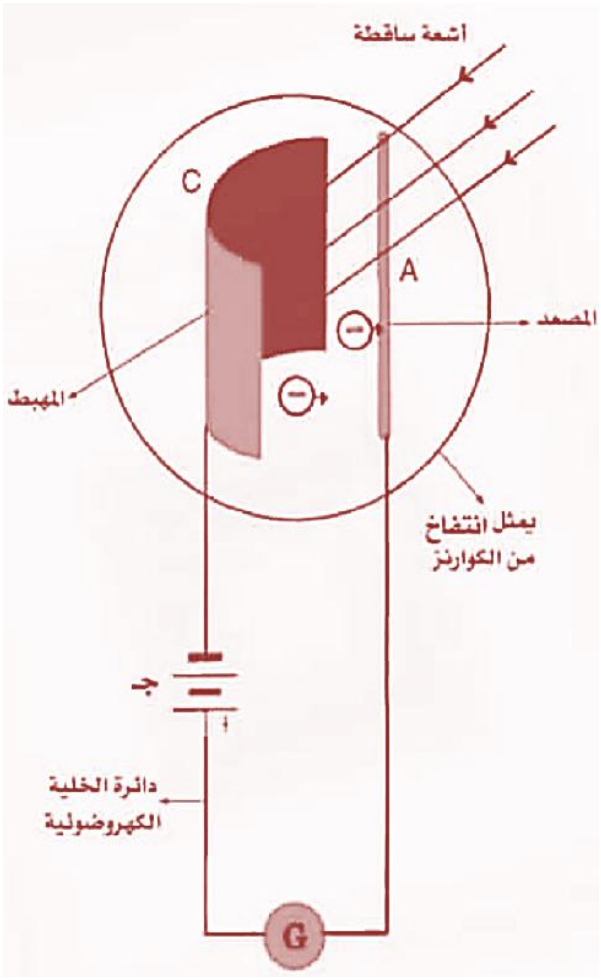


الشكلان (أ و ب) أعلاه يوضحان العلاقة بين الكميات الثلاث دالة الشغل وطاقة حركة الإلكترون المنبعث وطاقة الفوتون الساقط .

سهلة جداً ..!

- اذكر فرضي إينشتاين لتفسير الظاهرة الكهروضوئية مع ذكر الحقائق العلمية التي اعتمد عليها في وضعه لهذا التفسير.

الخلية الكهروضوئية:



رمزها في الدائرة:



الغرض منها: تعمل كمفتاح ضمن دائرتها لدائرة كهربائية أخرى .

فكرة عملها: الظاهرة الكهروضوئية(التأثير الكهروضوئي) .

تركيبها: تتكون كما في الشكل المجاور من الأجزاء الرئسة التالية:

١- انتفاخ زجاجي: - مفرغ من الهواء ! لكي لا تعرقل جزيئات الهواء حركة الإلكترونات نحو المصعد .
- مصنوع من الكوارتز ! لكي تمر الأشعة الساقطة كلها خلاله دون أن يمتصها .

٢- مهبط(C) وهو عبارة عن صفيحة معدنية:
- مقعرة ! لتوجيه الإلكترونات المنبعثة نحو المصعد .
- حساسة ! لإحداث الظاهرة الكهروضوئية .
- موجودة داخل الإنتفاخ الزجاجي ! حيث الضغط المنخفض المناسب .

٣- مصعد(A) وهو عبارة عن قضيب معدني:
- رفيع ! لكي لا يحجب مرور الأشعة الضوئية الساقطة نحو المهبط .
- يوضع في مركز تكور المهبط ! حيث تتجمع الإلكترونات المنبعثة من الكاثود .

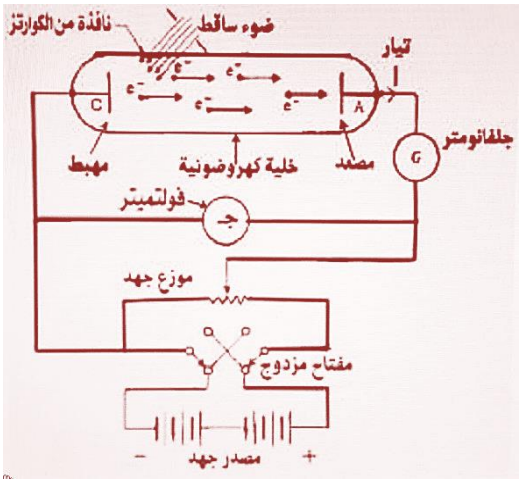
وعند توصيل مصعد الخلية(A) على التوالي مع
٤- جلفانومتر(G) وبالقطب الموجب لـ
٥- بطارية ـ مصدر جهد كهربي(جـ) ـ ثم ربط القطب السالب للمصدر بمهبط الخلية(C) فإن هذه الدائرة تسمى دائرة الخلية الكهروضوئية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

شرح عملها:

بسقوط الأشعة الضوئية على المهبط بتردد مناسب تنبعث الإلكترونات الضوئية فيجذبها المصعد إليه فيمر تيار كهربائي في الدائرة يستدل عليه بانحراف مؤشر الجلفانومتر ، أما إذا حجبت الأشعة عن المهبط فسنلاحظ عدم انحراف مؤشر الجلفانومتر دلالة على عدم مرور التيار الكهربائي في الدائرة بسبب توقف انبعاث الإلكترونات من سطح المهبط .

تجربة مليكان لدراسة الظاهرة الكهروضوئية والتحقق من تفسير إينشتاين لها:



مخطط جهاز تجربة مليكان

لقد قام العالم الأمريكي روبرت مليكان عام ١٩١٦م بدراسة تجريبية وافية للظاهرة الكهروضوئية وتحقق من تفسير إنشتاين لها ، ويبين الشكل مخطط الجهاز الذي استخدمه لدراسة هذه الظاهرة ، وبدايةً سنتعرف على بعض المفاهيم(مصطلحات علمية) المرتبطة بالتجربة وهي:

* تيار التشبع: هو أقصى تيار ثابت يمر في دائرة الخلية الكهروضوئية بحيث يكون جهد المصعد كافيا لجذب جميع الإلكترونات المنبعثة من مهبطها ، وعليه فإن:

١- بعد تيار التشبع مهما زاد جهد الخلية فلن تزيد شدة تيارها ! لعدم وجود إلكترونات أخرى يمكن جذبها إلى المصعد .

٢- زيادة جهد الخلية يزيد من شدة تيارها لكن لا يزيد من عدد الإلكترونات المنبعثة من المهبط .

* جهد الإيقاف($جـ_{o}$): هو فرق الجهد الكهربائي السالب القادر على منع أسرع الإلكترونات من الوصول إلى مصعد الخلية الكهروضوئية ، مع العلم أن جهد الإيقاف سيوقف سريان التيار الكهربائي في دائرة الخلية الكهروضوئية لكنه لن يوقف انبعاث الإلكترونات من مهبطها .

* دالة الشغل(w_{o}): هي أقل طاقة لازمة لتحرير الإلكترون فقط من سطح المعدن ، وهنا يتبين أن الذرة تكتفي بامتصاص طاقة مقدارها دالة الشغل فقط .

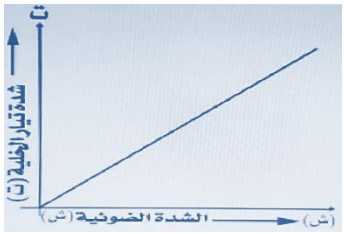
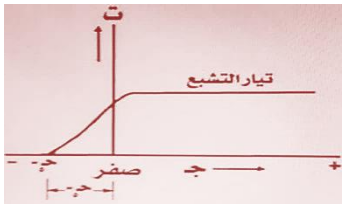
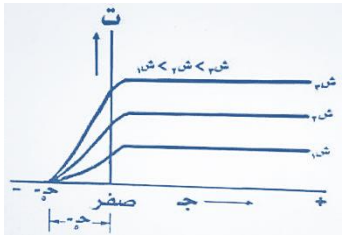
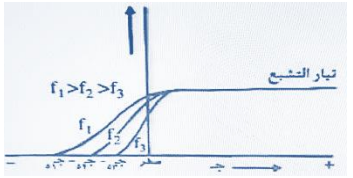
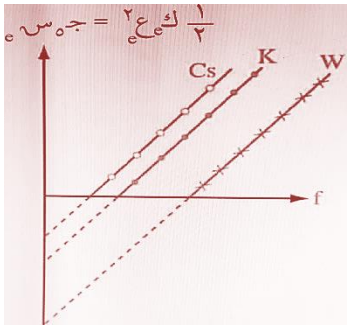
* التردد الحرج(f_{o}): هو أقل تردد للضوء الساقط يلزم لتحرير الإلكترون فقط من سطح الفلز ، وبالتالي فالتردد الحرج يفك ارتباط الإلكترون بالنواة دون إعطاءه طاقة حركية .

وأثناء التجربة نحتاج لتثبيت بعض الكميات الفيزيائية مع تغيير قيم كميات أخرى يتم دراستها ويكون ذلك كما هو موضح في الجدول التالي:

الكمية	كيفية تغيير قيمتها	كيفية تثبيت قيمتها
ش	بتغيير بعد المصدر الضوئي عن مهبط الخلية الكهروضوئية	بجعل المصدر الضوئي على بعد ثابت من الخلية
جـ	بواسطة موزع الجهد نغير قيمة الجهد وبواسطة المفتاح المزدوج نغير إشارته	بتثبيت قيمة مقاومة موزع الجهد
f	بتبديل مرشحات ضوئية مختلفة	باستخدام مرشح ضوئي واحد

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ويمكننا تلخيص تجربة مليكان كما في الجدول التالي:

أهداف التجربة	خطوات التنفيذ	المنحنيات	نتائج التجربة	النظرية التقليدية			تفسير إينشتاين
				توقعاتها	تفسير هذه التوقعات	موافقتها للنتائج	
أولاً: دراسة العلاقة بين (ت) و(ش)	١- نثبت (جـ)،(f) ٢- نغير (ش)		* ت ∝ ش (علاقة طردية). * طـ لا تعتمد على (ش)	ت ∝ ش	بزيادة (ش) يزداد التسخين فتزداد الإلكترونات المنبعثة (ت) .	تتفق معها	بزيادة (ش) يزداد عدد الفوتونات فيزداد عدد الإلكترونات المنبعثة فتزداد (ت) .
ثانياً: دراسة العلاقة بين (ت) و(جـ) ورسم المنحنى المميز للخلية الكهروضوئية	١- نثبت (f)،(ش) ٢- نغير (جـ)		* ت ∝ جـ (علاقة طردية). - للمصعد الموجب: بزيادة (جـ) تزداد (ت) حتى الحصول على تيار التشبع . - للمصعد السالب: بزيادة (جـ) السالب تقل (ت) حتى الوصول إلى جهد الإيقاف(جـ$_{ه}$)	طـ ∝ ش	بزيادة (ش) تزداد الطاقة الممتصة لتزداد (طـ) وكذلك الطاقة الكلية .	لا تتفق معها	بزيادة (ش) يزداد عدد الفوتونات الساقطة ليزداد عدد الإلكترونات المنبعثة ، أما طاقة الإلكترون فتتعلق بطاقة الفوتون الساقط وليس بعددها .
ثالثاً: دراسة العلاقة بين (جـ$_{ه}$) و(ش)	١- نثبت (f) ٢- نغير (ش)		* جـ$_{ه}$ لا يعتمد على (ش) * تيار التشبع ∝ ش	جـ$_{ه}$ ∝ ش	بزيادة (ش) تزداد (طـ) فيزداد (جـ$_{ه}$) .	لا تتفق معها	إن الزيادة في (ش) تؤدي إلى زيادة عدد الإلكترونات وليس طاقة حركتها .
رابعاً: دراسة العلاقة بين (جـ$_{ه}$) و(f)	١- نثبت (ش) ٢- نغير (f)		* جـ$_{ه}$ ∝ f * تيار التشبع لا يعتمد على (f)	جـ$_{ه}$ لا تعتمد على f	إنبعاث الإلكترونات يحدث عند أي تردد ولذلك فـ(جـ$_{ه}$) لا يعتمد على (f) .	لا تتفق معها	بزيادة (f) الساقط تزداد (طـ) فتزداد سرعة الإلكترون المنبعث وبالتالي زيادة (جـ$_{ه}$) اللازم لإيقافه .
خامساً: دراسة العلاقة بين (طـ) و(f) و($w_{ه}$)	١- نثبت (ش) ٢- نغير (f) ٣- نغير نوع مادة سطح المهبط (Cs ، K ، W)		* تنبعث الإلكترونات من المهبط إذا كان: f ≤ f$_{ه}$	- يحدث الإنبعاث عند أي تردد .	لا تعترف بالتردد الحرج .	لا تتفق معها	($hf_{ه}$) طاقة مكممة لذلك أي طاقة تساويها أو أكبر منها (f ≤ f$_{ه}$) ستحرر الإلكترون .
			* زمن حدوث الإنبعاث لحظي(صغير جدا ١٠$^{-٩}$ ث).	- لـ(ش) الضعيفة يحتاج الإلكترون لوقت أكبر لينبعث	لا تعترف بالإنبعاث اللحظي	لا تتفق معها	الإنبعاث إما يكون لحظياً أو لا يكون ، فليس هناك فاصل زمني بين امتصاص الإلكترون طاقة الفوتون وانبعاثه .
			* طـ ∝ f (علاقة طردية) * طـ ∝ $\frac{١}{w_{ه}}$ (علاقة عكسية)	لم تتنبأ بها.			علاقة التناسب تلك تكون واضحة من العلاقة: طـ = $\frac{١}{٢}$ ك$_{e}$ ع$_{e}^{٢}$ = $hf - w_{ه}$

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الأستاذ/محمد بن علي الجمل

س: عندما يكون فرق جهد دائرة الخلية الكهروضوئية صفر يمر فيها تيار كهربائي بالرغم من ذلك .. علل !
جـ: لأن الضوء الساقط على المهبط يعطي الإلكترونات المنبعثة طاقة حركية تمكنها من الوصول إلى المصعد فيمر التيار في دائرة الخلية .

إثراء:
١- ما المقصود بالطول الموجي الحرج(λ_o) ؟
٢- هل الطاقة التي تمتصها الذرة هي نفس الطاقة التي يمكن أن يمتصها الإلكترون ؟
٣- ما إمكانية عدم انبعاث إلكترونات من مهبط الخلية الكهروضوئية رغم امتصاص ذراته للضوء الساقط عليه ؟
٤- فسر(علل) ما يلي:
أ- تيار التشبع يتناسب طردياً مع شدة الإضاءة الساقطة على مهبط الخلية .
ب- تيار التشبع لا يعتمد على تردد الضوء الساقط .
جـ- الطاقة الكهرومغناطيسية ذات الأطوال الموجية الطويلة لا تسبب انبعاث الإلكترونات من سطح الفلز .
د- تستخدم الخلية الكهروضوئية في قياس شدة الضوء(الإضاءة) .
٥- ضع (✓) أو (×):
تنبعث الإلكترونات من سطح الفلز عندما يكون الطول الموجي الساقط(λ) ≥ الطول الموجي الحرج(λ_o) ( ) .

مثال(١): دالة شغل فلز هي ٢,٤٦ (إ.ف):
أ- إذا أسقط عليه ضوء وحيد اللون طول موجته ٦٠٠٠ Å فهل ستنبعث إلكترونات من سطحه ؟
ب- عند تسليط ضوء طول موجته ٦٠٠ Å إحسب طاقة الحركة العظمى وسرعة وجهد إيقاف الإلكترون المنبعث .

المعطيات:
w_o = ٢,٤٦ (إ.ف)
λ_1 = ٦٠٠٠ Å
λ_2 = ٦٠٠ Å .

الحل: $w_o = hf_o \Leftarrow f_o = \frac{w_o}{h} = \frac{٢,٤٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٥,٩٤ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

أ- التردد الساقط أولاً (f_1) = $\frac{ع_{ض}}{\lambda_1} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٦٠٠٠ \times ١٠^{-١٠}} = ٥ \times ١٠^{١٤}$ هرتز ،
وهنا نلاحظ أن $f_o > f_1$ لذلك لن تنبعث إلكترونات من سطح هذا الفلز عند سقوط هذا التردد .

ب- التردد الساقط ثانياً (f_2) = $\frac{ع_{ض}}{\lambda_2} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٦٠٠ \times ١٠^{-١٠}} = ٥ \times ١٠^{١٥}$ هرتز ، أما هنا فنلاحظ أن $f_o < f_2$ لذلك ستنبعث إلكترونات من سطح هذا الفلز ويكون:

طاع = $\frac{١}{٢}ك_e ع_e^{٢} = w_o - hf = ٥ \times ١٠^{١٥} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤} - ٢,٤٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٢,٩٢ \times ١٠^{-١٨}$ جول

$= \frac{٢,٩٢ \times ١٠^{-١٨}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١٨,٢٥$ (إ.ف) .

ع$_e$ = $\sqrt{\frac{٢ طاع}{ك_e}} = \sqrt{\frac{٢ \times ٢,٩٢ \times ١٠^{-١٨}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١}}} = ٢,٥ \times ١٠^{٦}$ م/ث .

طاع = جـ$_o$ ش$_e$ ⇐ جـ$_o$ = $\frac{طاع}{ش_e} = \frac{٢,٩٢ \times ١٠^{-١٨}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١٨,٢٥$ فولت .

مثال(٢): إذا علمت أن أقل تردد يلزم لتحرير الإلكترون من سطح فلز هو ٤ × ١٠^{١٤} هرتز وسقط عليه ضوء طوله ٦٢٠٠ Å فاحسب كمية التحرك الخطي العظمى للإلكترون لحظة إفلاته من سطح الفلز .

المعطيات:
f_o = ٤ × ١٠^{١٤} هرتز
λ = ٦٢٠٠ Å

الحل: $f = \frac{ع_{ض}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٦٠٠ \times ١٠^{-١٠}} = ٤,٨٤ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

طاع = $\frac{١}{٢}ك_e ع_e^{٢} = h(f_o - f) = ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤} \times ١٠^{١٤} \times (٤ - ٤,٨٤)$
$= ٥,٥٦٦ \times ١٠^{-٢٠}$ جول = ٠,٣٥ (إ.ف) .

⇐ $ع_e = \sqrt{\frac{٢طاع}{ك_e}} = \sqrt{\frac{٢ \times ٥,٥٦٦ \times ١٠^{-٢٠}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١}}} = ٣,٥ \times ١٠^{٥}$ م/ث .

∴ $كت_{خ_e} = ك_e ع_e = ٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times ٣,٥ \times ١٠^{٥} = ٣,١٨٥ \times ١٠^{-٢٥}$ كجم.م/ث .

مثال(٣): سقط ضوء أحادي اللون على فلز التنجستن فانبعث إلكترون بطاقة حركة $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول ، إذا كان أكبر طول موجي يمكنه تحرير إلكترون من سطحه هو ٤٠٠٠ Å فاحسب الطول الموجي للضوء الساقط .

الحل: $f_o = \frac{ع_{ض}}{\lambda_o} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٤٠٠٠ \times ١٠^{-١٠}} = ٧,٥ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

طاقة الفوتون(hf) = $طاع + w_o = ١,٦ \times ١٠^{-١٩} + ٧,٥ \times ١٠^{١٤} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}$

$= ٦,٥٧ \times ١٠^{-١٩}$ جول = ٤,١ (إ.ف) .

⇐ $f = \frac{طاقة الفوتون}{h} = \frac{٦,٥٧ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٩,٩ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

المعطيات:
$طاع = ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول
$\lambda_o = ٤٠٠٠$ Å

∴ الطول الموجي الساقط$(\lambda) = \frac{ع_{ض}}{f} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٩,٩ \times ١٠^{١٤}} = ٣,٠٣ \times ١٠^{-٧}$ م = ٣٠٣٠,٣ Å .

مثال(٤): إذا كان الجهد اللازم لإيقاف أسرع الإلكترونات المنطلقة من مهبط خلية كهروضوئية هو ٢ فولت والتردد الساقط ضعف التردد الحرج لفلز المهبط فاحسب: أ- طاقة حركة الإلكترون العظمى .
ب- الطاقة التي استعاضت بها الذرة عن الإلكترون المنبعث .
جـ- الطاقة التي امتصها الإلكترون المنبعث .

الحل:

أ- $طاع = جـ_o ش_e = ٢ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ جول = ٢ (إ.ف) .

ب- الطاقة التي استعاضت بها الذرة عن الإلكترون المنبعث هي دالة الشغل$(hf_o = w_o)$ ونحسبها كما يلي:

$hf = hf_o - طاع$ ، لكن $f = ٢f_o$

⇐ $hf_o = ٢f_o h - طاع$ ⇐ $h(f_o٢ - f_o) = - طاع$ ⇐ $- h f_o = - طاع$ ،

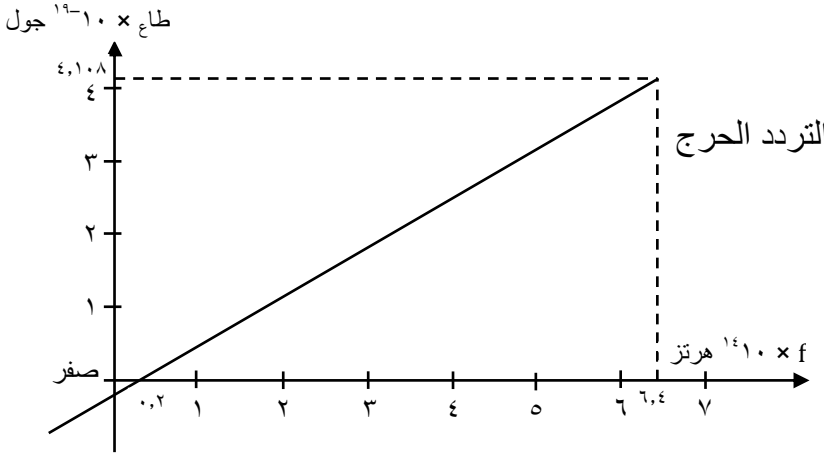
∴ $w_o = طاع = ٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ جول = ٢ (إ.ف) ،

وكان يمكن حساب $f_o = \frac{طاع}{h}$ ثم حساب $(hf_o = w_o)$ كطريقة أخرى .

المعطيات:
$جـ_o$ = ٢ فولت
$f = ٢f_o$

جـ- الطاقة التي امتصها الإلكترون$(hf) = ٢f_o h = ٢w_o = ٢ \times ٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ جول = ٤ (إ.ف) .

مثال(٥): الشكل المقابل يمثل العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط على سطح فلز والطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة ، أوجد كل من $(h ، f_o)$.



الحل:

نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور السيني تمثل التردد الحرج

$f_o = ٠,٢ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

، أما ثابت بلانك(h) فهو ميل الخط المستقيم ولذلك:

$h = \frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{(٤,١٠٨ - ٠) \times ١٠^{-١٩}}{(٦,٤ - ٠,٢) \times ١٠^{١٤}}$

$= ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}$ جول.ث .

اختر الإجابة الصحيحة (٢٠١٢ - ٢٠١٣):

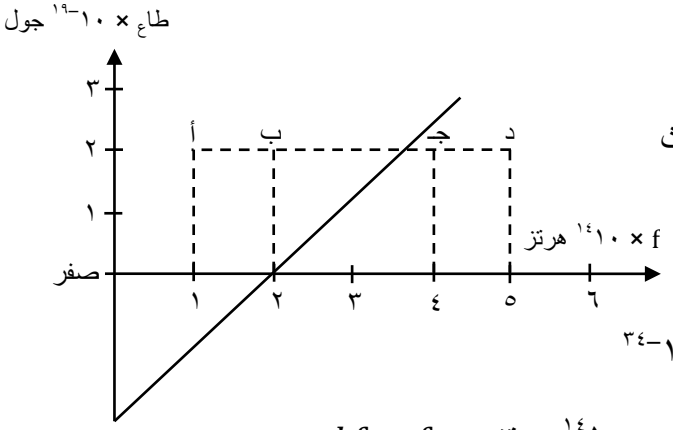
- تمتلك الإلكترونات الضوئية طاقة حركية إذا كان (f) الساقط (أقل من ، أكبرمن ، يساوي ، نصف) التردد الحرج .
- تتوقف الأطوال الموجية للطيف المتصل للأشعة السينية على (جـ ، طاقة المستويات ، نوع مادة الهدف ، عدد الإلكترونات) .

مثال(٦): الشكل المجاور يوضح العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط على كاثود خلية كهروضوئية والطاقة العظمى للإلكترونات المنطلقة من الكاثود ،

أ- أوجد التردد الحرج للفلز ،

ب- احسب دالة الشغل للفلز ،

جـ- وضح ما يحدث في النقاط (أ ، ب ، جـ ، د) من حيث انبعاث الإلكترونات من سطح الفلز ومرور التيار الكهربائي .



الحل:

أ- التردد الحرج للفلز (f_o) = ٢ × ١٠^١٤ هرتز .

ب- دالة شغل الفلز$(w_o) = hf_o$ = ٢ × ١٠^١٤ × ٦,٦٢٦ × ١٠^-٣٤

= ١,٣٢٥ × ١٠^-١٩ جول .

جـ- عند النقطة (أ): - لا يحدث انبعاث للإلكترونات لأن $f_أ$ = ١ × ١٠^١٤ هرتز $< f_o \Leftarrow hf < w_o$.

- لا يمر تيار كهربائي لأنه لم تنبعث إلكترونات من سطح الفلز عند هذه النقطة .

عند النقطة (ب): - تتحرر الإلكترونات لأن $f_ب$ = ٢ × ١٠^١٤ هرتز $= f_o \Leftarrow hf = w_o$.

- لن يمر تيار كهربائي لأن طاع = صفر .

عند النقطة (جـ): - تنبعث إلكترونات من سطح الفلز لأن $f_جـ$ = ٤ × ١٠^١٤ هرتز $> f_o \Leftarrow hf > w_o$.

- يمر تيار كهربائي في دائرة الخلية الكهروضوئية لأن طاع > صفر .

عند النقطة (د): - يحدث فيها انبعاث للإلكترونات لأن $f_د$ = ٥ × ١٠^١٤ هرتز $> f_o \Leftarrow hf > w_o$.

- يمر تيار كهربائي ، وهو نفس تيار النقطة (جـ) لأن شدة التيار لا تعتمد على التردد .

* أبدع - فأنت لها ..!

سقط ضوء تردده ٠,٦ × ١٠^١٥ هرتز على سطح معدن فوجد أن جهد الإيقاف ٠,١٨ فولت وعند سقوط ضوء تردده ١,٦ × ١٠^١٥ هرتز على نفس سطح المعدن وجد أن جهد الإيقاف ٤,٣٢٤ فولت ، أوجد ثابت بلانك .

استخدامات الخلية الكهروضوئية:

تستخدم الخلية الكهروضوئية في استخدامات كثيرة منها يلي:

١- دائرة جرس الإنذار ضد اللصوص .

٢- كمقياس لشدة الإضاءة في آلات التصوير .

٣- كمفتاح كهربائي تلقائي لأبواب البنايات الحديثة كالفنادق والمستشفيات وغيرها .

٤- كمفتاح كهربائي لإضاءة وإطفاء أنوار الشوارع بطريقة آلية ، وسندرس بالتفصيل:

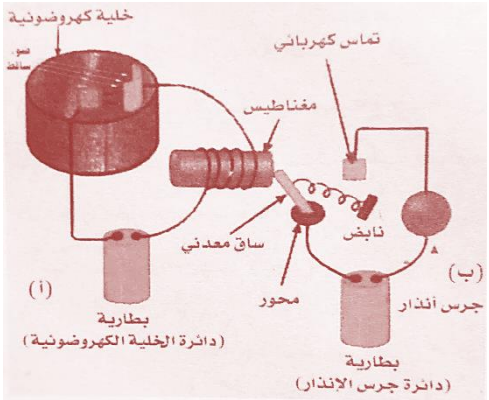
دائرة جرس الإنذار ضد اللصوص:

الغرض منها: كشف اللصوص .

استخدامها: في الأماكن والبنايات المحتمل تعرضها للسرقة مثل البنوك والمتاحف وغيرهما .

فكرة عملها: الظاهرة الكهروضوئية(التأثير الكهروضوئي) .

تركيبها: كما في الشكل المجاور تتركب من دائرتين هما:



الأولى(أ): دائرة الخلية الكهروضوئية وتتألف من:

١- الخلية الكهروضوئية ! وتتحكم بمرور التيار الكهربائي في دائرتها بسقوط الأشعة وانبعاث الإلكترونات .

٢- مغناطيس كهربائي(مؤقت) ! يجذب الساق المعدنية من دائرة الجرس .

٣- بطارية ! توفر الجهد الموجب لمصعد الخلية ليقوم بتسريع الإلكترونات المنبعثة ،

وتعمل الدائرة ككل على فتح وغلق دائرة الجرس .

الثانية(ب): دائرة الجرس الكهربائي وتتألف من:

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

١- نابض حلزوني ! يعمل على جذب الساق المعدنية وغلق الدائرة لإصدار صوت الجرس عند حجب الأشعة الضوئية الساقطة على الخلية الكهروضوئية .
٢- ساق معدنية وتكون: - متحركة حول محور ثابت ! لفتح وغلق الدائرة بسهولة آلياً .
- مربوطة بالنابض الحلزوني ! ليسحبها إلى نقطة التماس عند حجب الأشعة .
- من الحديد المطاوع لتتمغنط وتفقد مغنطتها أيضاً بسهولة .
٣- بطارية ! مصدر للطاقة الكهربائية التي تتحول إلى صوت(طاقة صوتية) .
٤- جرس كهربائي ! لإصدار صوت الإنذار .
٥- تماس كهربائي ! لإمرار التيار الكهربائي بمجرد لمس الساق المعدنية .

شرح عملها:

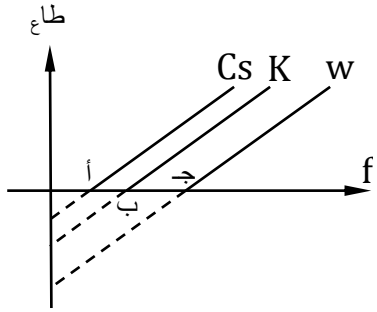
- عند تشغيل الدائرة تسلط عليها أشعة فوق بنفسجية باستمرار نحو مهبط الخلية الكهروضوئية تؤدي إلى نشوء تيار كهربائي في دائرة الخلية ينتج عنه تمغنط المغناطيس الكهربائي ليجذب الساق المعدنية لدائرة الجرس لتصبح مفتوحة باستمرارفلا يصدر عنها صوت .
- أما عند اعتراض جسم أو شخص(سارق مثلاً) طريق الأشعة فيتوقف تيار دائرة الخلية الكهربائية مما يؤدي إلى زوال تمغنط المغناطيس الكهربائي فيعمل النابض على سحب الساق المعدنية لتغلق دائرة الجرس فيمر تيار كهربائي فيها لينطلق صوت الإنذار معلناً عن وجود ذلك الجسم أو الشخص الحاجب للأشعة .

إثراء:

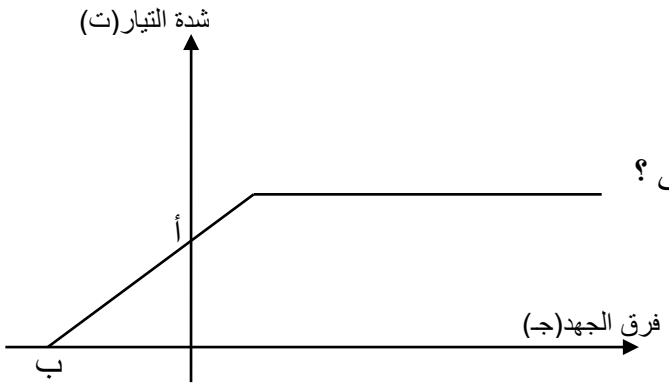
أ- <u>أسئلة وزارية مختارة:</u>
١- ما المقصود بجهد الإيقاف(جـ$_{ه}$) في الخلية الكهروضوئية ؟ وما الطاقة الكهربائية المناظرة له ؟ وبما تساويها ؟
٢- اذكر استخداما واحدا لـ: أ- الخلية الكهروضوئية ، ب- الظاهرة الكهروضوئية .
٣- ماذا يحدث عند وضع لوح زجاجي عادي على سطح معدن الزنك عند سقوط أشعة فوق بنفسجية عليه ؟
٤- عندما يكون تردد الضوء الساقط على سطح معدن يساوي ..... فإن طاقة الفوتون تكون كافية فقط لتحرير الإلكترون من طاقة ربطه بنواة ..... . - أكمل العبارة -
٥- <u>اختر الإجابة الصحيحة:</u> أ- تعتمد شدة تيار الخلية الكهروضوئية على (التردد الساقط ، شدة الضوء ، نوع مادة سطح المهبط ، دالة الشغل) .
ب- الظاهرة الكهروضوئية اكتشفت على يد العالم (رذرفورد ، هرتز ، شادويك) .
جـ- إذا كان جهد الإيقاف ٥ فولت فطاقة حركة الإلكترون (٢٠ ، ١٥ ، ١٠ ، ٥) (إ.ف).
٦- <u>علل:</u> أ- تسلط على الخلية الكهروضوئية أشعة فوق بنفسجية عند استخدامها في تشغيل دوائر جرس الإنذار ضد اللصوص .
ب- انتفاخ الكوارتز في الخلية الكهروضوئية مفرغ تماما من الهواء .
جـ- يدمج مع دائرة الخلية الكهروضوئية ساق من الحديد المطاوع .
٧- <u>فسر:</u> أ- ظاهرة إضاءة مصابيح الشوارع في النهار عندما يكون الجو غائماً بكثافة .
ب- عند تسليط أشعة ضوئية معينة على سطح لوح معدني تنطلق من سطحه إلكترونات .
٨- باستخدام وحدات القياس أثبت أن الكميتان لهما نفس وحدات القياس: أ- (hf) و (ك ع^{٢}) .
ب- (eh) و (جـ × λ × ش) .
٩- على ماذا يتوقف جهد الإيقاف والتردد الحرج في الخلية الكهروضوئية ؟ وضح ذلك .
١٠- عندما يحجب الضوء عن الخلية الكهروضوئية فإنه لا يمر تيار كهربائي بدائرتها ، كيف تتحقق من ذلك ؟
١١- في أي حالة لا تنبعث إلكترونات من سطح فلز على الإطلاق ؟
١٢- <u>مسائل (٢٠١٢ - ٢٠١٣):</u>
أ- أكبر طول موجي يلزم لتحرير إلكترون من سطح فلز هو ١٠$^{-٤}$ Å ، إذا أضيئ بموجة طولها ٦٠٠٠ Å فاحسب: ١- طاقة حركة الإلكترون المنبعث بـ e.v ، ٢- جهد الإيقاف .
ب- للطول الموجي الساقط ٥٨٩٣ Å وجهد الإيقاف ٠,٣٦ فولت إحسب (طاع) للإلكترونات المنبعثة .
جـ- إذا كان جهد الإيقاف(جـ$_{ه}$) يساوي ٠,٥٤ فولت وطاقة الضوء الساقط ٣,٣١٢٥ (إ.ف) فاحسب:
١- سرعة الإلكترون المنبعث ، ٢- الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

١٣- في الشكل المرسوم جانباً استخدم ثلاث فلزات لتنفيذ النشاط ، أجب عن الآتي:



أ- ماذا تعني النقاط (أ ، ب ، جـ) ؟
ب- إمتدادات الخطوط المستقيمة الثلاثة تقطع أجزاء مختلفة من محور الصادات السالب ، ماذا تعني هذه الأجزاء المقطوعة ؟
جـ- ما هو ميل كل خط مستقيم ؟
د- ما العلاقة التي يوضحها الرسم ؟ اكتب المعادلة المستنتجة منه .
ب- ماذا يقصد إينشتاين بقوله عن الظاهرة الكهروضوئية "إن التفاعل بين الفوتونات والإلكترونات يحدث واحد لواحد" ؟
جـ- اختر الإجابة الصحيحة:
١- دائرة جرس الإنذار تحتوي على (مغناطيس ، مغناطيسيين . ثلاثة مغناطيسات) .
٢- الطاقة الممكن للذرة أن تمتصها (أقل من ، أقل من أو تساوي ، أكبر من) دالة شغل عنصر تلك الذرة .
د- ما الذي يسبب مرور التيار الكهربائي في دائرة الخلية الكهروضوئية ؟
هـ- انطلاقاً من مبدأ حفظ الطاقة أين تذهب طاقة دالة الشغل عند تحرر الإلكترون من طاقة ارتباطه بالنواة ؟
و- علل(فسر) الحقائق العلمية التالية:
١- في تجربة التعرف على الظاهرة الكهروضوئية:
أ- نحتاج إلى لوح الزنك بالرغم من وجود قرص الكشاف !
ب- عند شحن ورقتي الكشاف الكهربائي بشحنة موجبة حتى تنفرجا فإن حدوث الظاهرة الكهروضوئية على لوح الزنك لا يؤدي إلى زيادة انفراج الورقتين !
٢- يمكن لإلكترون داخل الذرة أن يمتص فوتون طاقته غير مكممة إذا كانت أكبر من دالة شغل تلك الذرة .
ز- ماذا يحدث: ١- عند التقاء: - شعاع ضوئي بشعاع إلكتروني ؟
- شعاع ضوئي بشعاع ضوئي ؟
- شعاع إلكتروني بشعاع إلكتروني ؟
٢- ذا استبدلت الساق المعدنية في دائرة جرس الإنذار ضد اللصوص بأخرى من النحاس الخالص ؟
ح- وضح اختلاف تفسير إينشتاين عن تفسير النظرية التقليدية للظاهرة الكهروضوئية .
ط- أرسم المنحنى المميز للخلية الكهروضوئية .
ي- من أهداف تجربة مليكان "دراسة العلاقة بين جهد الإيقاف وتردد الضوء الساقط" ، أجب عن الآتي:
- كيف يتم تغيير تردد الضوء الساقط ؟
- ما علاقة تيار التشبع بالتردد الساقط ؟
- إرسم المنحنى البياني الخاص بهذا الهدف .
- اذكر الثلاث النتائج لهذه الدراسة .
- ما توقعات النظرية الكلاسيكية لهذه الدراسة ؟
- ما تفسير النظرية التقليدية لهذه التوقعات ؟
- إشرح تفسير إينشتاين لنتائج الدراسة .
ك- أثبت أن: أ- طاقة حركة الإلكترون العظمى المنبعث بوحدات الإلكترون فولت تساوي جهد الإيقاف بالفولت .
ب- طاقة الفوتون الساقط = $\frac{١,٢٤ \times ١٠^{-٦}}{\lambda}$ (إ.ف) .
ل- من الشكل المقابل أجب عما يلي:



١- ما إسم المنحنى الموضح فيه ؟
٢- ماذا تسمى قيمة المدى الثابت لشدة التيار في هذا المنحنى ؟
٣- ماذا تعنى النقطتين (أ ، ب) ؟
٤- ما علاقة التناسب بين شدة التيار وفرق الجهد ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الأشعة السينية (رونتيجن – ١٨٩٥م):

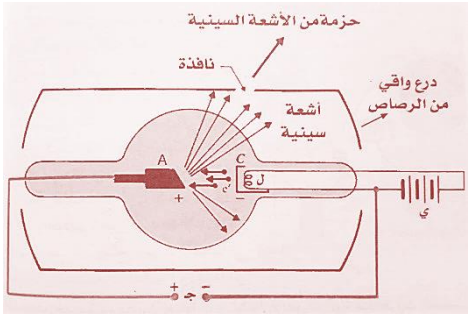
طريقة اكتشافها: لاحظ العالم الألماني رونتيجن عن طريق الصدفة أنه عندما تصطدم حزمة من الجسيمات المشحونة كالإلكترونات مثلاً ذات طاقة حركية كبيرة بسطح فلزي ثقيل موجود داخل أنبوب مفرغ تماماً من الهواء فإن أشعة ذات طاقة عالية تنبعث منه ، أطلق عليها إسم الأشعة السينية ! .

س: ما سبب تسمية هذه الأشعة بالأشعة السينية(x - ray) ؟
جـ: لأن طبيعتها في البداية كانت مجهولة غيرمعروفة .
تعريفها: هي عبارة عن إشعاع كهرومغناطيسي غير مرئي ذو طاقة عالية وبالتالي ذو ترددات عالية وأطوال موجية قصيرة تتراوح بين (٠,١ ، ١٠٠) Å .

*** فكر ..!**
تتراوح ترددات الأشعة السينية بين (..... ، .....) هرتز . - أكمل العبارة -

دائرة(جهاز) توليد الأشعة السنية:

الغرض منها: إنتاج الأشعة السنية .
استخدامها: في المعامل والمختبرات والمصانع والمطارات ونقاط عبور الحدود وغيرها .
فكرة عملها: الظاهرة الكهروضوئية العكسية(ظاهرة توليد الأشعة السينية) ، فعملية توليد الأشعة السينية عملية عكسية للظاهرة الكهروضوئية حيث فيها تسقط الإلكترونات على فلز الهدف فتنبعث منه أشعة(فوتونات) ضوئية ، ولذلك سميت بالظاهرة الكهروضوئية العكسية .
تركيبها: تتألف كما في الشكل من الأجزاء التالية:



١- أنبوب مفرغ من الهواء ! يسمى أنبوب الأشعة السينية .
٢- بطارية(ي) ! لتوفير الطاقة الكهربائية المتحولة إلى حرارة لتسخين فتيل التسخين .
٣- فتيل التسخين(ل) ! .
٤- مهبط(C) ! .
٥- مصعد(A): - من فلز ثقيل ! لتنبعث الأشعة السينية منه .
- يكون على شكل شبه منحرف ! لتوجيه الأشعة السينية المنبعثة منه عبر النافذة .
٦- مصدر جهد عالٍ(جـ) ! لتطبيق فرق جهد (١٠^{٣} ← ١٠^{٦}) فولت بين الكاثود والآنود ! لتعجيل(تسريع) الإلكترونات المنبعثة من المهبط نحو المصعد(الهدف) ! .
٧- درع واقٍ من معدن الرصاص ! لحماية الباحثين من خطر الإشعاع ! لأنه يمتص الإشعاع ! بسبب كثافته العالية .

شرح عملها:

١- تشغيل الجهاز أي غلق: - دائرة فتيل التسخين ليعمل على تسخين الكاثود فتنبعث منه الإلكترونات(من سطحه) .
- دائرة أنبوبة الأشعة السينية لتعجيل الإلكترونات المنبعثة نحو المصعد لتصطدم به مسببةً انبعاث الأشعة السينية .
٢- بسبب شكل المصعد الشبه منحرف تتجه الأشعة السينية عبر النافذة نحو الجسم أو الجزء منه المراد الكشف عنه .
٣- يعمل الدرع الواقي على حماية الباحثين بامتصاص الأشعة المنبعثة والمشتتة في الإتجاهات الأخرى .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تفسير انبعاث الأشعة السينية:

بالإعتماد على نموذج بوهر يمكن تفسير انبعاث الأشعة السينية على أنه نتيجة تفاعل الإلكترونات المصطدمة بالهدف مع مادته بإحدى الطريقتين التاليتين أو كلتيهما:

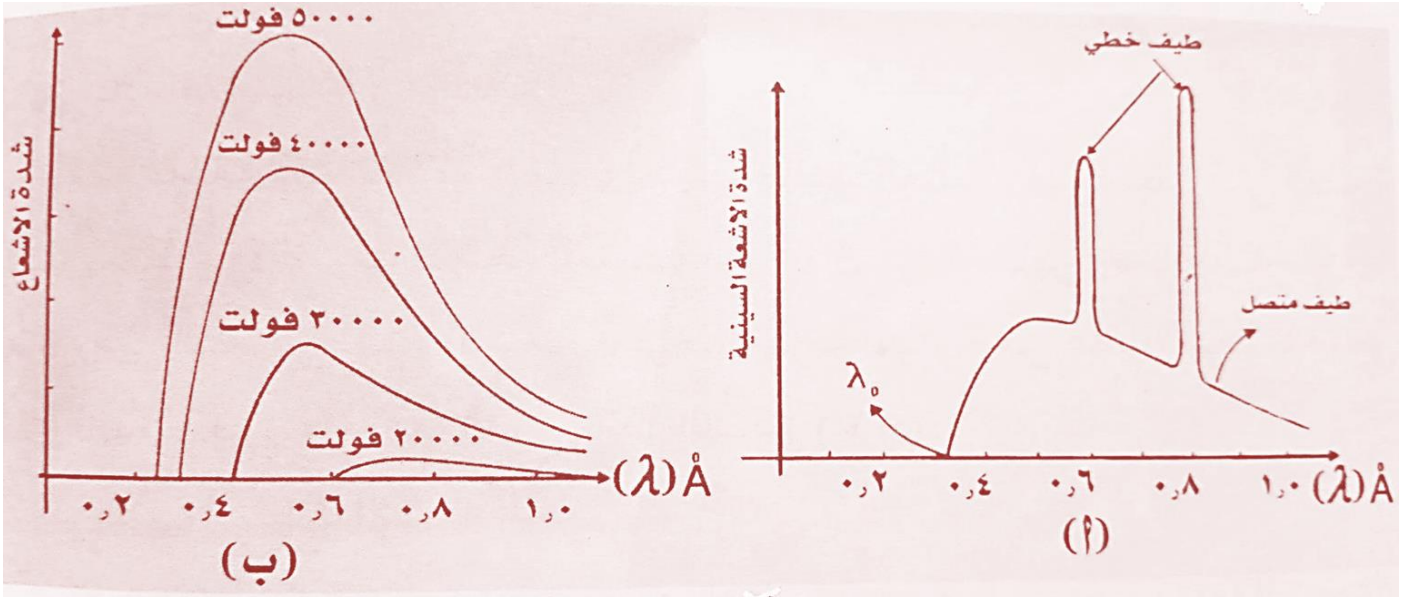
ـ الإحتمال الأول(طريقة الإصطدام):

إذا كانت الإلكترونات المتسارعة تمتلك طاقة حركية كافية للتغلب على قوى التنافر بينها وإلكترونات ذرات الهدف فإنها تخترق مداراتها الإلكترونية لتصطدم بإلكترونات المستويات الداخلية (ن = ١ مثلاً) فتكتسب إلكترونات ذرات الهدف طاقة تمكنها من التحرر منها(تقتلعها) مخلفةً أماكنها فارغة لتقفز إليها إلكترونات من مستوى أبعد عن النواة (ن = ٣ مثلاً) باعثة بإشعاع(فوتونات) طاقة كل منها (hf) مكممة تساوي الفرق بين طاقتي المستويين المنتقلة بينهما وكذلك تاركة أماكنها فارغة لتقفز إليها إلكترونات المستويات الأبعد (ن = ٤ مثلاً) باعثة بأشعة طاقة كل منها (hf) وهكذا ... لذلك تكون هذه الطاقة على صورة إشعاع(طيف) خطي ، ويكون هذا الطيف كما في الشكل (أ) التالي .

* الطيف الخطي للأشعة السينية ناتج عن انتقالات إلكترونات ذرات الهدف لذلك فإن:

١- ترددات وأطوال موجات الطيف الخطي للأشعة السينية تعتمد على نوع مادة الهدف ولا تعتمد على جهد التعجيل المطبق على طرفي أنبوبة الأشعة السينية .

٢- خطوط الطيف الخطي تكون مميزة لمادة الهدف لأن لكل عنصر مستويات طاقة خاصة به ولهذا تسمى هذه الإشعاعات بالأشعة السينية المميزة .



الإحتمال الثاني(طريقة الفرملة):

أما بعض الإلكترونات والتي تمتلك طاقة حركية غير كافية للتغلب على قوى التنافر بينها وإلكترونات ذرات الهدف فعند اختراقها للمدارات الإلكترونية تميل عن مسارها متباطئة(مفرملة) لتقل طاقة حركتها بشكل مستمر فيظهر هذا النقص في طاقاتها على صورة إشعاع تردده يتناقص باستمرار ويكون هذا الإشعاع(الطيف) مستمر ويسمى بأشعة الفرملة .

* الطيف المستمر(أشعة الفرملة) للأشعة السينية ناتج عن التناقص في طاقة الإلكترون المقذوف بسبب تباطئه(تناقص عجلته) وطاقة هذا الإشعاع تساوي الفقد في طاقة حركة الإلكترون المعجل لذلك فإن:

١- ترددات وأطوال موجات الطيف المتصل للأشعة السينية تعتمد على جهد التسارع وهو فرق الجهد المطبق بين طرفي أنبوبة الأشعة السينية ولا تعتمد على نوع مادة الهدف .

٢- تنبعث الأشعة السينية ابتداءً من طول موجي معين وهو أقصر الأطوال الموجية لطيف الأشعة السينية المتصل(λ) أي من تردد معين طاقته الإشعاعية أصغر من أو تساوي طاقة حركة الإلكترون المقذوف ، والشكل (ب) السابق يمثل الطيف المتصل لعنصر التنجستن من أجل فروق جهد مختلفة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- ففي حالة فقد الإلكترون المقذوف كل طاقته الحركية($\frac{1}{2}ك_e ع_e^2$) دفعة واحدة سينبعث أقصر الأطوال الموجية السينية ذو التردد الأكبر(hf) فيكون:

$hf = \frac{1}{2}ك_e ع_e^2 = جـ ش_e \Leftarrow f = \frac{ش_e}{h}$ جـ ..... (١) ، أي أن $f \propto$ جـ (علاقة طردية) .

لكن: $f = \frac{ع_{ض}}{\lambda}$ ..... (٢) وبتعويض (٢) في (١):

$\frac{ع_{ض}}{\lambda} = \frac{ش_e}{h}$ جـ $\Leftarrow \lambda = \frac{h}{ش_e} \times \frac{1}{جـ} \times ع_{ض}$ ، أي أن $\lambda \propto \frac{1}{جـ}$ (علاقة عكسية) .

حيث أن: - (λ) هو أقصر طول موجي للطيف المتصل للأشعة السينية المنبعثة .
- (f) هو أعلى تردد موجي للطيف المتصل للأشعة السينية المنبعثة .

* حاول التمييز بين جهد الإيقاف وجهد التعجيل ..!

إكتشف نفسك فأنت عبقري ..!

- ماذا يحدث للطاقة العظمى لطيف الأشعة السينية بدلالة الطول الموجي عند زيادة فروق جهد التعجيل ؟

مساعدة: استفيد من الشكل السابق (ب) وكذلك من معلوماتك السابقة في موضوع إشعاع الجسم الأسود .

مثال(١): احسب فرق الجهد المطبق على طرفي أنبوبة الأشعة السينية إذا كانت كمية تحرك الإلكترون ($٩,١ \times ١٠^{-٢٤}$ كجم.م/ث) لحظة اصطدامه بالمصعد(الهدف) .

المعطيات:
جـ = ؟
كت$_{خ_e}$ = $٩,١ \times ١٠^{-٢٤}$ كجم.م/ث

الحل: ع$_e$ = $\frac{كت_{خ_e}}{ك_e} = \frac{٩,١ \times ١٠^{-٢٤}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١}} = ١٠^{٧}$ م/ث ، لأن كت$_{خ_e}$ = ك$_e$ ع$_e$.

، طـ$_{ح}$ = $\frac{1}{2}ك_e ع_e^2 = \frac{1}{2} \times ٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times (١٠^{٧})^2 = ٤,٥٥ \times ١٠^{-١٧}$ جول ،

، طـ$_{ح}$ = جـ ش$_e$ $\Leftarrow$ جـ = $\frac{طـ_{ح}}{ش_e} = \frac{٤,٥٥ \times ١٠^{-١٧}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٢٨٤,٣٧٥$ فولت .

*** أكيد تقدر عليها ..!**

تأكد من أن هذا الإصطدام سيبعث بشعاع ينتمي إلى الأشعة السينية .

مثال(٢): فقد إلكترون كامل طاقته لحظة اصطدامه بالهدف في أنبوبة الأشعة السينية بسرعة مقدارها $٣,٥ \times ١٠^{٧}$ م/ث ، احسب طاقة وتردد وطول موجة الشعاع المنبعث .

الحل: طاقة الشعاع المنبعث = طـ$_{ح_e}$ = $\frac{1}{2}ك_e ع_e^2 = \frac{1}{2} \times ٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times (٣,٥ \times ١٠^{٧})^2$

$= ٥,٥٧ \times ١٠^{-١٧}$ جول = ٣٤٨٣,٦ (إ.ف) .

، ∵ طاقة الشعاع(الفوتون) المنبعث = hf

∴ $f = \frac{\text{طاقة الفوتون}}{h} = \frac{٥,٥٧ \times ١٠^{-١٦}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٨,٤ \times ١٠^{١٧}$ هرتز .

، $\lambda = \frac{ع_{ض}}{f} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٨,٤ \times ١٠^{١٧}} = ٣,٥٧ \times ١٠^{-١٠}$ م = ٣,٥٧ Å .

س: ما هي السرعة التي يجب أن يمتلكها الإلكترون المقذوف كي يستطيع أن يبعث بأشعة سينية حين يفقد كل طاقته الحركية عند اصطدامه بفلز صلب ثقيل ؟

جـ- نعلم أن الأطوال الموجية للأشعة السينية تتراوح بين (٠,١ ← ١٠٠) Å ولذلك فترددتها ستتراوح بين القيم ($٣ \times ١٠^{١٦} \leftarrow ٣ \times ١٠^{١٩}$) هرتز ، وبعد حساب السرعة التي ستقابل تلك الترددات ستجدها تتراوح بين القيمتين ($٦,٦١ \times ١٠^{٦} \leftarrow ٢,١ \times ١٠^{٨}$) م/ث ، وبإمكان الطالب التوصل لهذه القيم باستخدام العلاقات المناسبة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٣): من أجل إنتاج طول موجي مقداره ١,٣٧٧ إنجستروم من هدف نحاسي في أنبوبة الأشعة السينية يجب أن يطبق فرق جهد بين طرفي الأنبوب مقداره (٩٠٠٠) فولت ، احسب: أ- النسبة ($\frac{h}{ش_e}$) .
ب- ثابت بلانك(h) .

الحل: أ- hf = جـ ش$_e$ $\Leftarrow$ $\frac{h}{ش_e} = \frac{جـ}{f} = \frac{٩٠٠٠}{٢,١٨ \times ١٠^{١٨}} = ٤,١٣١ \times ١٠^{-١٥}$ فولت.ث .

حيث أن: $f = \frac{ع_ض}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{١,٣٧٧ \times ١٠^{-١٠}} = ٢,١٨ \times ١٠^{١٨}$ هرتز .

ب- $h = \frac{جـ}{f} \times ش_e = ٤,١٣١ \times ١٠^{-١٥} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٦,٦١ \times ١٠^{-٣٤}$ جول.ث .

مثال(٤): إحسب أقصر الأطوال الموجية(λ) في طيف الأشعة السينية إذا علمت أن فرق الجهد الذي يعجل به الإلكترون يساوي ٦,٢ × ١٠^{٣} فولت . - سؤال وزاري -

المعطيات:
λ = ؟
جـ = ٦,٢ × ١٠^{٣} فولت

الحل: $\lambda = \frac{ع_ض}{ش_e} \times \frac{h}{جـ} = \frac{٣ \times ١٠^{٨} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٦,٢ \times ١٠^{٣}} = ٢ \times ١٠^{-١٠}$ م = ٢ Å .

*** سهلة - فقط حاول ..!**

أثبت أن أطوال الأشعة السينية تحسب من العلاقة: $\lambda = \frac{١,٢٤ \times ١٠^{-٤}}{جـ}$ إنكستروم .

خواص(مميزات) الأشعة السينية:

١- عبارة عن موجات كهرومغناطيسية غير مرئية .
٢- ترددتها عالية وأطوالها الموجية قصيرة ! .
٣- لها قدرة عالية على النفاذ عبر المواد ! بسبب طاقتها العالية وطولها الموجي القصير ، وتتناسب هذه القدرة عكسياً مع كثافة المادة وسماكتها .
٤- تمتصها المواد ذات الكثافة العالية .
٥- لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية ولا بمجال الجاذبية الأرضية .
٦- يمكن التحكم في ترددتها بتغيير فرق الجهد بين المصعد والمهبط(الجهد المسرع للإلكترونات) .
٧- تسبب توهج بعض المواد في الظلام عند تعرضها لها مثل تنغستات الكادميوم التي تتوهج باللون الأزرق وكبريتيد الزنك الذي يتوهج باللون الأخضر ، لذلك تستخدم هذه المواد للكشف عنها .

استخدامات الأشعة السينية:

١- في مجال الطب: - للكشف عن كسور العظام وتسوس الأسنان وحصوات الكلى والمرارة ! لأن المواد ذات الكثافة العالية لها القدرة على امتصاص الأشعة السينية .
- التصوير المقطعي(الطبقي) لجسم الإنسان .
٢- في مجال الصناعة: - دراسة البناء البلوري للعناصر .
- الكشف عن الشقوق في الفلزات .
٣- في مجال الأمن للكشف عن وجود الأجسام الصلبة في أمتعة المسافرين دون فتحها .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- اختر الإجابة الصحيحة:
أ- اعتمد في تفسير الأشعة السينية على نموذج (بوهر ، إينشتاين ، طومسون ، الفوتوإلكترون) .
ب- إذا كان الطول الموجي للأشعة السينية ١٢,٤ Å فإن طاقة الفوتون فيها (١٠^{٢} ، ١٠^{٣} ، ١٠^{٤} ، ١٠^{٥}) (إ.ف) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٢- هل العبارة صائبة أم خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ حيثما وجد فيما يلي:
أ- أطوال موجات الأشعة السينية أقل بكثير من أطوال الضوء المرئي .
ب- يمكن استخدام الأشعة السينية في تصوير الأمعاء .
٣- علل: لا يمكن أن يكون هناك إشعاع منبعث طاقته أكبر من طاقة الإلكترون المقذوف على الهدف ! .
٤- ما فائدة أشعة إكس في الطب ؟
٥- ماذا يحدث عند اصطدام الإلكترون المعجل بذرات هدف أنبوبة الأشعة السينية ؟
ب- ما المقصود بكل من: - الظاهرة الكهروضوئية العكسية ؟
- جهد التعجيل(جهد التسريع) ؟
- الإلكترون المقذوف في أنبوبة الأشعة السينية ؟
جـ- اختر الإجابة الصحيحة:
١- أطول وأقصر موجات الأشعة السينية تنتمي إلى طيفها (الخطي ، المتصل) .
٢- التردد ($٢,٥ \times ١٠^{١٧}$) هرتز ينتمي إلى طيف الأشعة (الراديوية ، تحت الحمراء ، المرئية ، السينية) .
٣- عندما يفقد الإلكترون المقذوف كامل طاقته فإن سرعته لحظة الإصطدام بالهدف (أقل من ، تساوي ، أكبر من) سرعة الفوتون المنبعث .
د- علل: ١- مصعد أنبوبة الأشعة السينية يكون على شكل شبه منحرف .
٢- بالرغم من أن طاقة الفوتون المنبعث في أنبوبة الأشعة السينية قد تساوي طاقة حركة الإلكترون المقذوف إلا أن سرعته دائماً أكبر .
٣- ترددات وأطوال موجات الطيف الخطي للأشعة السينية تعتمد على نوع مادة الهدف ولا تعتمد على الجهد المطبق بين قطبي أنبوبة الأشعة السينية .
هـ- عدد الإنبعاثات التي تحدث داخل أنبوبة الأشعة السينية .
و- أثبت أن ($\frac{جـ}{f}$ ، λ جـ) مقادير ثابتة لكل موجات الأشعة السينية ، ثم احسب قيم هذه المقادير .

الليزر(Laser):

قليل من الإكتشافات كان لها وقع خاص عند اكتشافها مثلما كان لاكتشاف الليزر وخاصة في مجال البصريات ، والمصطلح ليزر(Laser) يمثل الأحرف الأولى لكلمات العبارة الإنجليزية التالية:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation .

والتي تعني تضخيم الضوء بواسطة الإنبعاث المستحث للإشعاع ، وقبل عام ١٩١٧م لا أحد كان يعتقد بأن الضوء يمكن أن يضخم مثلما يضخم الصوت حين طرح إينشتاين أفكاره ، ولم تلق هذه الأفكار الإهتمام الذي تستحقه في الأوساط العلمية في ذلك الوقت ، إلا أنه:
- في عام ١٩٥٤م بدأ تطبيق أفكار إينشتاين وذلك بتطوير أول أنواع الليزرات وهو جهاز لتضخيم الأمواج الضوئية القصيرة تحت الحمراء(غير مرئية) وهي الأشعة المايكروية التي أطوالها الموجية من رتبة $١٠^{-٦}$ متر أي أنها تقاس بالمايكرومتر ، سمي هذا الجهاز بالميزر(Maser) وهذا المصطلح يمثل الأحرف الأولى لكلمات العبارة الإنجليزية التالية:

Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation .

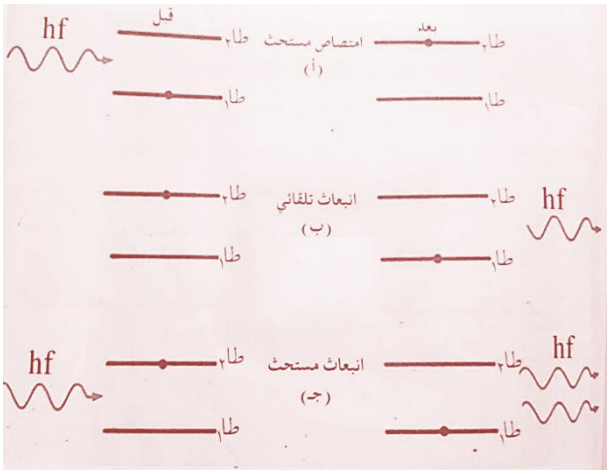
وتعني تضخيم الأمواج المايكروية بواسطة الإنبعاث المستحث للإشعاع .
- وفي عام ١٩٥٨م بدأ تطوير جهاز لتضخيم الأمواج الضوئية المرئية ، وكان أول جهاز من هذا النوع من تصميم العالم الأمريكي ثيودور ميمان عام ١٩٦٠م ، حيث استخدم لذلك الغرض بلورة الياقوت فسمي بجهاز ليزر الياقوت .
- وفيما بعد ذلك التاريخ تم تطوير أجهزة لتضخيم الأمواج الضوئية القصيرة جداً فوق البنفسجية(غير مرئية) ، ويوجد في الوقت الحاضر أنواع عدة من الليزرات لمواد الحالة الصلبة والغازية والسائلة تولد أطوال موجية مختلفة من تحت الحمراء مروراً بالمرئية وحتى فوق البنفسجية .

تنبيه ..! الميزر أحد أنواع الليزرات .

ولفهم عمل أجهزت الليزر لا بد لنا أولاً من التعرف على المبادئ الأساسية التي تقوم عليها عملية توليد الأشعة الليزرية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مبدأ توليد الأشعة الليزرية:



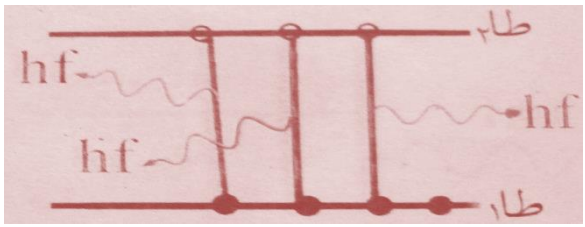
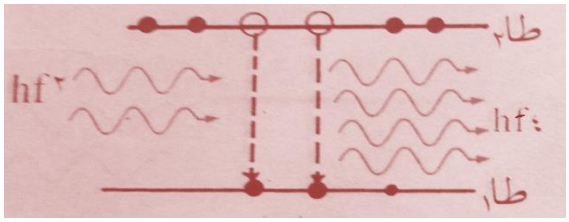
تتفاعل الذرة مع الإشعاع الساقط عليها بثلاث عمليات أساسية مبينة في الشكل المجاور وهي:

١- الإمتصاص المستحث: وهو عملية امتصاص الذرة لفوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين الأدنى والذي أثيرت إليه .

٢- الإنبعاث التلقائي(الطبيعي): وهو عملية بعث الذرة المثارة تلقائياً لفوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين المثار والذي عادت إليه .

٣- الإنبعاث المستحث: هو عملية بعث الذرة المثارة بالحث(بالتحريض) لفوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقتي المستويين شبه المستقر(طا٢) والمستقر(طا١) الأرضي .

وفي الواقع تعود الذرات إلى حالتها المستقرة (المستوى الأرضي طا١) بعمليتين مختلفتين ، ونذكر الإختلافات بينهما بشكل أوسع تفصيلاً وتوضيحاً في الجدول التالي:

الإنبعاث التلقائي(الطبيعي)	الإنبعاث المستحث
بعض المواد تعود ذراتها إلى حالتها المستقرة(الأرضية طا١) بالإنبعاث التلقائي(الطبيعي) .	البعض الآخر من المواد لا تكون ذراتها قادرة على العودة بسرعة من المستوى شبه المستقر(طا٢) إلى مستواها الأرضي(طا١) المستقر إلا بالإنبعاث المستحث .
ذراتها لا تستغرق زمناً لتعود إلى حالتها الأرضية المستقرة	ذرات هذه المواد تحتاج إلى زمن كبير نسبياً لتستقر .
لا يوجد فيها مستويات شبه مستقرة لذلك لا يحدث فيها الإستيطان العكسي .	توجد فيها مستويات شبه مستقرة لذلك يحدث فيها الإستيطان العكسي .
صعوبة إيجاد تقنية لتضخيم الأشعة المنبعثة منها .	تم تطوير أجهزة(ليزرات) لتضخيم الأشعة المنبعثة منها .
أمثلتها: الأشعة المنبعثة من المنابع الضوئية الطبيعية كالشمس والصناعية كالمصابيح الكهربائية .	أمثلتها: الأشعة المنبعثة من ليزرات الهليوم والأرجون وثاني أكسيد الكاربون والياقوت والعاج والزجاج .
	
انبعاث عشوائي في كل الإتجاهات ! لأن كل ذرة تبعث بأشعتها مستقلة عن الذرات الأخرى .	انبعاث منتظم بحيث تكون الأشعة متداخلة تداخلاً بناءً فتقوي بعضها البعض .

الإستيطان العكسي: هو تواجد أو تراكم الذرات في المستوى شبه المستقر(طا٢) بحيث يكون عددها فيه أكبر من عددها في المستوى المستقر(طا١) .

سهلة ..!

ما المقصود بالإستيطان الطبيعي لإلكترونات الذرات ؟

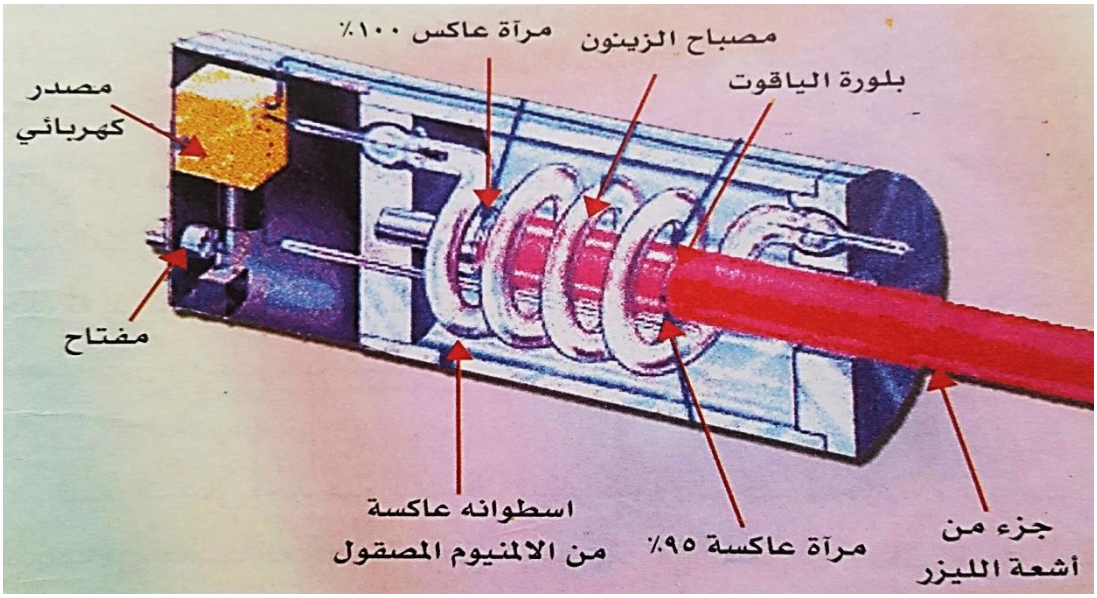
ملاحظات:

* إن الأساس العلمي(المبدأ) لتوليد أشعة الليزر هو تضخيم الضوء بواسطة الإنبعاث المستحث للإشعاع .
* تسمى الليزرات عادة باسم المادة المستخدمة في توليد الأشعة ومن أشهرها ليزر الياقوت .
* توليد أشعة الليزر يتطلب حدوث الإنبعاث المستحث والإنبعاث المستحث يتطلب الإستيطان العكسي والإستيطان العكسي يتطلب وجود المستوى شبه المستقر للمادة ، هذا يعني أن الإنبعاث المستحث هو أساس توليد أشعة الليزر .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

جهاز ليزر الياقوت(Ruby Laser):

وهو أحد ليزرات الحالة الصلبة ، وهو عبارة عن بلورة أكسيد الألمنيوم(Al_2O_3) طعمت بحوالي ٠,٠٥% من مادة الكروم(Cr) التي تكسب البلورة اللون الوردي .



الغرض منه: توليد أشعة ليزر مرئية ذو لون أحمر بطولين موجيين هما (٦٩٤٣ ، ٦٤٢٨) Å .

استخدامه: في المعامل والمختبرات والمستشفيات وفي المصانع وفي الطائرات الحربية والإتصالات وتقنية المعلومات وغيرها .

فكرة عمله: تضخيم الضوء بواسطة الإنبعاث المستحث للإشعاع .

تركيبه: كما يتضح من الشكل السابق فإنه يتألف من الأجزاء التالي:

١- مفتاح كهربائي ! لتشغيل الجهاز .

٢- مصدر جهد كهربائي ! لإضاءة مصباح الزينون .

٣- مصباح الزينون يحيط بالقضيب(بلورة الياقوت) وطول موجته ٥٤٥١ أنجستروم(أخضر - أحمر) ! لإثارة أو ضخ ذرات بلورة الياقوت إلى مستويات الطاقة العليا ، ويكون على شكل حلزوني ! بغية الحصول على أكبر كمية من الضوء .

٤- بلورة الياقوت: - عبارة عن أكسيد الألمنيوم(Al_2O_3) مطعمة بنسبة (٠,٠٥%) من مادة الكروم(Cr) ! لوجود مستويات شبه مستقرة فيها .

- تكون على شكل قضيب طوله عدة سنتيمترات وقطره حوالي ٠,٥ سنتيمتر ،

بحيث: - يكون شكله اسطواني منتظم ! } للحصول على أشعة متوازية .
- تكون نهايتاه متوازيتين !

- تكون نهايتاه مصقولتين ! للحد من الإنبعاثات العشوائية .

٥- مرآتان ، حيث توضع عند كل نهاية مرآة متعددة الطبقات:

- الأولى عاكسة ١٠٠% ! لعكس الفوتونات وإرجاعها إلى داخل القضيب ! لتزيد من تحريض ذرات الكروم على اطلاق فوتوناتها .

- الثانية: - عاكسة بحوالي ٩٥% ! للمساهمة في حث الذرات على إطلاق فوتوناتها وبشكل متوازٍ .
- شفافة بحوالي ٥% ! للسماح لأشعة الليزر بالخروج عند وصول شدتها إلى حد معين .

٦- اسطوانة مصقولة من الألومنيوم ! لاحتواء أجزاء الجهاز وامتصاص الأشعة المشتتة ! .

بكل بساطة - أيش هي (✓) أو (×) ..؟

يتواجد عنصر الكروم بمقدار ٠,٠٠٠٥ من بلورة الياقوت المستخدمة في جهاز ليزر الياقوت . ( )

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

عمل جهاز ليزر الياقوت:

إن مستويات الطاقة في بلورة الياقوت المسؤولة عن انبعاث أشعة الليزر هي مستويات الطاقة الخاصة بعنصر الكروم والتي يوضح مخططها الشكل التالي ، ويتلخص عمل جهاز ليزر الياقوت في الخطوات التالية:

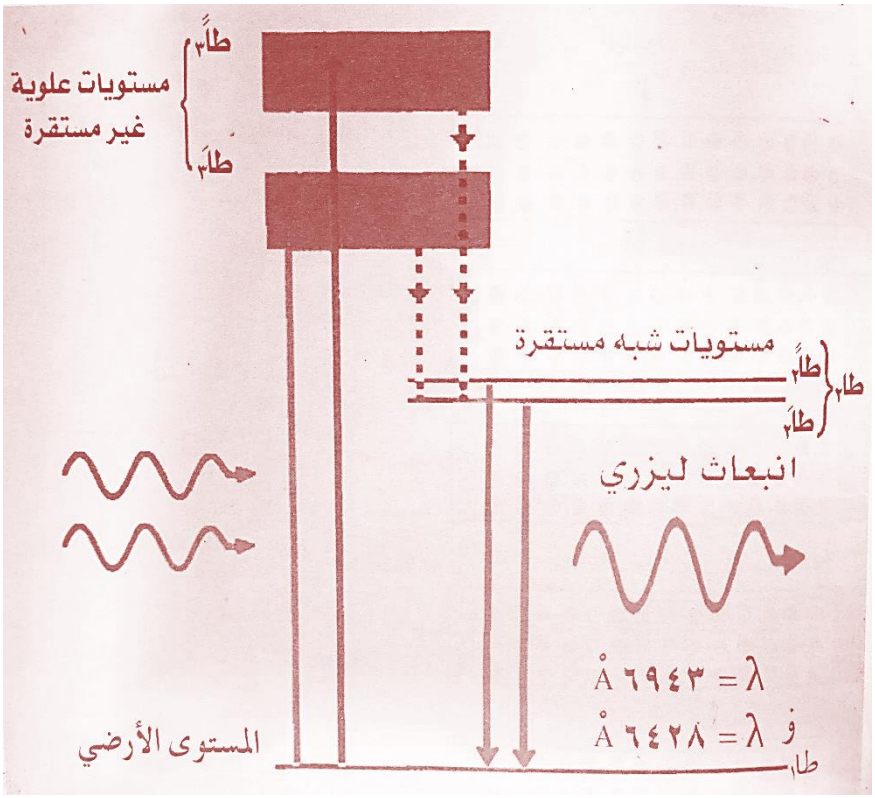
١- التشغيل: يشغل الجهاز بغلق الدائرة بالمفتاح الكهربائي ليضيئ مصباح الزينون بأطوال موجية حول ٥٤٥١ Å ذات اللون الأزرق المائل إلى الخضرة .

٢- الإمتصاص المستحث(الإثارة): يثير ضوء مصباح الزينون ذرات الكروم إلى المستويين الفرعيين من المستوى الثالث(ط٣ ، ط٣) غير المستقرين زمن عمر كل منهما من رتبة $١٠^{-٨}$ ثانية .

٣- الإنبعاث التلقائي: والذي يؤدي إلى:

أ- الإستيطان العكسي: تنتقل الذرات تلقائياً من المستويين غير المستقرين(ط٣ ، ط٣) إلى المستويين شبه المستقرين(ط٢ ، ط٢) زمن عمر كل منهما ٣٠ × $١٠^{-٣}$ ثانية لتتراكم فيهما ويزداد عددها حتى يصبح أكثر من عددها في المستوى الأرضي المستقر(ط١) .

ب- توليد فوتونات الحث(التحريض): تنتقل بعض الذرات تلقائياً من المستوى(ط٢) إلى المستوى الأرضي(ط١) باعثة بفوتونات طاقتها (hf = ط٢ – ط١) منتشرة في كل الإتجاهات فتمتص ولا يبقى منها إلا التي تتحرك ذهاباً وإياباً عمودية على مرآتي الجهاز موازيةً لمحور اسطوانة قضيب الياقوت وهي الفوتونات المحرضة(المحثة) .



٤- الإنبعاث المستحث: بسبب المجال الكهرومغناطيسي المتذبذب للفوتون المحرض(المحث) تنتقل ذرة الكروم من المستوى (ط٢) إلى المستوى (ط١) باعثةً بفوتون له نفس التردد والطور والإتجاه للفوتون المحث .

٥- التضخيم: انعكاسات الفوتونات المتطابقة على المرآتين ذهاباً وإياباً تعمل على زيادة حث الذرات المثارة في المستوى شبه المستقر(ط٢) على الإنتقال إلى المستوى المستقر(ط١) وبالتالي زيادة وتضخيم عدد الفوتونات المنبعثة .

٦- الخروج: عند بلوغ الفوتونات المنبعثة حداً معيناً من الشدة تنفذ من خلال المرآة الشفافة جزئياً بنسبة معينة ليتم الحصول على أشعة ليزر مستقيمة متوازية ذات شدة عالية ! لأنها متفقة في الطور لتتداخل تداخلاً بناءً فتقوي بعضها البعض .

٧- الإستمرار: الذرات التي انتقلت بالحث من المستوى (ط٢) إلى المستوى (ط١) يعاد إثارتها من جديد بواسطة ضوء مصباح الزينون إلى المستوى (ط٣) لتكمل دورة جديدة ، وهكذا تستمر عملية توليد أشعة الليزر .

* لأن المستوى شبه المستقر (ط٢) يحتوي على مستويين فرعيين(ط٢ ، ط٢) فالإشعاع الليزري يعطي في الحقيقة طولين موجيين(ذو لون أحمر) ! مناظرين للإنتقالين التاليين:

ط٢ ⟵ λ = ٦٩٤٣ Å ⟵ ط١ ، ط٢ ⟵ λ = ٦٤٢٨ Å ⟵ ط١

أنت مبدع ..!

جهاز الميزر وجهاز ليزر الياقوت .. أي منهما يضخم الموجات الضوئية الأقصر ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١): احسب الطاقة المفقودة كحرارة عند انبعاث فوتون من أشعة الليزر طول موجته ٦٩٤٣ Å إذا علمت أن طول موجة ضوء مصباح الزينون المسبب لهذا الإنبعاث هو ٥٤٤٦ Å .

الحل: الطاقة المفقودة(Δطا) = طاقة فوتون مصباح الزينون – طاقة الفوتون المنبعث(الليزر) ،

طاقة الفوتون$(hf) = \frac{h\,ع_{ض}}{\lambda}$ لذلك فإن: الطاقة المفقودة = $ع_{ض}\, h\, (\frac{١}{\lambda_{زينون}} - \frac{١}{\lambda_{ليزر}})$

$= ٣ \times ١٠^{٨} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤} \times (\frac{١}{٥٤٤٦ \times ١٠^{-١٠}} - \frac{١}{٦٩٤٣ \times ١٠^{-١٠}})$

$= ٧,٨٧ \times ١٠^{-٢٠}$ جول = ٠,٤٩ (إ.ف) .

مثال(٢): في جهاز ليزر الياقوت إذا علمت أن الإشعاع الليزري يعطي طولين موجيين مناظرين للإنتقالين التاليين:

طا٢ ← λ = ٦٩٤٣ Å ← طا١ ، طا٣ ← λ = ٦٤٢٨ Å ← طا١

فاحسب الفرق في طاقتي المستويين الفرعيين شبه المستقرين(طا٣ ، طا٢) .

الحل: Δطا = طا٣ – طا٢ = (طا٣ – طا١) – (طا٢ – طا١) ، وحيث أن طاقة الفوتون$(hf) = \frac{h\,ع_{ض}}{\lambda}$ لذلك فإن:

$Δ\text{طا} = ٣ \times ١٠^{٨} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤} \times (\frac{١}{٦٩٤٣ \times ١٠^{-١٠}} - \frac{١}{٦٤٢٨ \times ١٠^{-١٠}})$

$= ٢,٢٩ \times ١٠^{-٢٠}$ جول = ٠,١٤ (إ.ف) .

خصائص أشعة الليزر:

١- عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ضوئية .
٢- شدتها عالية ! لاستمرار الشعاع في حزمة ضيقة دون أن يتفرق .
٣- تسير في اتجاه واحد دون أن تتشتت ! لأنها تخرج متوازية ! بسبب تكرار انعكاساتها بين المرآتين العاكستين .
٤- متفقة في الطور وجهة الإنتشار ومتقاربة في التردد والطول الموجي .
٥- تقطع مسافات بعيدة جداً دون أن تضعف ! لتميزها بالصفات السابقة .
٦- تمتلك خاصية الإنعكاس والإنكسار .
٧- لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية ولا بمجال الجاذبية الأرضية !
٨- تعتمد ترددتها وأطوالها الموجية على نوع مادة الليزر .
٩- تختلف في أنواعها من حيث قدرتها على النفاذ خلال المواد وامتصاص المواد لها .

استخدامات أشعة الليزر:

١- مجال الطب: - العمليات الجراحية مثل جراحة العيون والجملة العصبية وعمليات انفصال شبكية العين وتفتيت الحصى والتجميل .
- إزالة الأورام الخبيثة والوشم من الجلد والبقع السوداء من جلد المسنين .
- التشخيص والعلاج كعلاج قصر النضر وفي طب الأسنان .
٢- مجال الأبحاث: تستخدم أشعة الليزر كأداة دقيقة للحصول على أفضل النتائج ، فمثلاً ترسل أشعة الليزر إلى القمر ثم تستقبل عند انعكاسها إلى الأرض مرة أخرى لتستخدم لعمل قياسات على ظهر القمر .
٣- مجال الصناعة: - في مجال الصناعة المدنية تستخدم في عمليات قص وثقب وتلحيم وتشكيل المعادن وشق الأنفاق وحفر المناجم ! بفضل قدرتها على تليين الصخور الصلبة وتفتيتها ! بسبب امتصاص الشعاع داخل المادة .
- في مجال الصناعة الحربية تصنع أسلحة فتاكة توجه بالليزر فتصيب أهدافها بدقة عالية .
٤- مجال الملاحة الجوية: تزود الطائرات بأجهزة قادرة على استقبال إشارات الليزر الصادرة من الأرض لتحديد أهدافها.
٥- مجال الإتصالات: تستخدم في نقل المعلومات عبر مسافات شاسعة بواسطة الألياف الضوئية .
٦- مجال الحاسوب: تستخدم للكتابة والقراءة من الأقراص(اسطوانات الليزر) وتخزين كميات هائلة من المعلومات في

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

هذه الأقراص .
٧- مجال تقنية الأبعاد الثلاثة حيث تستخدم في إظهار صور ثلاثية الأبعاد كما يحدث في بعض الإحتفالات .

س: ماذا يحدث عند انتقال الإلكترونات من المستويين غير المستقرين (طـ٣ ، طـ٣) إلى المستويين شبه المستقرين (طـ٢ ، طـ٢) لذرات الكروم ؟
جـ- إن النقص في الطاقة الناتج عن هذه الإنتقالات لا يظهر على صورة إشعاع منبعث بل يتحول إلى طاقة حركية اهتزازية ثم إلى حرارة والزمن المستغرق في تحول الطاقة من إهتزازية إلى حرارة يتسبب في حدوث الإستيطان العكسي .

إثراء:
أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- ما المقصود بكل من: أ- المحث ؟ ب- الإستيطان العكسي ؟ جـ- أشعة الليزر ؟
٢- اذكر استخدامين لأشعة الليزر .
٣- ما وظيفة كل من: أ- مصباح الزينون في ليزر الياقوت ؟
ب- المرآتين العاكستين في جهاز توليد أشعة الليزر ؟
٤- ما مكونات الياقوت الداخل في تركيب جهاز توليد أشعة الليزر ؟ وكيف تولد ذرات الكروم أشعة الليزر ؟
٥- ضع علامة (✓) أو (×):
أ- من أبرز خصائص أشعة الليزر أنها بالغة الشدة وترددتها متقاربة ومختلفة الطور . ( )
ب- سرعة أشعة الليزر أكبر من سرعة الأشعة السينية . ( )
جـ- المستويات المستقرة وشبه المستقرة لذرات الكروم في ليزر الياقوت هي مستويات مثارة . ( )
٦- علل: احتفاظ أشعة الليزر بطاقاتها مسافات بعيدة !
ب- اختر الإجابة الصحيحة:
١- إن بعث ذرة الكروم فوتون بالحث يعني تعرضها للقذف بـ (١ ، ٢ ، ٣) فوتونات في جهاز ليزر الياقوت .
٢- الإنبعاث المستحث والإستيطان العكسي يحدث حيث توجد المستويات شبه المستقرة في بلورة الياقوت في ذرات عنصر (الكروم ، الألومنيوم ، الأكسجين) .
جـ- علل: ١- يتم التخلص من الأشعة العشوائية المتولدة في الليزرات بامتصاصها أو السماح لها بالنفاذ !
٢- ضوء مصباح الزينون يثير ذرات عنصر الكروم ولا يثير ذرات الأكسجين والألومنيوم !
٣- الأشعة الخارجة من جهاز الليزر شديدة جداً مقارنة بأشعة المصادر الضوئية الأخرى !
د- أسئلة: - ما الصفة اللازمة للفوتون ليستخدم كفوتون محرض ؟
- ما المقصود بالإنتقالات غير المشعة ؟
- كيف يتم الحصول على أول فوتون محرض في جهاز ليزر الياقوت ؟
- ما أوجه الشبه وأوجه الإختلاف بين الأشعة السينية وأشعة الليزر ؟
- قارن بين الأشعة السينية وأشعة الليزر .
- ما السبب الذي يجعل ذرات بعض المواد تمكث زمناً أطول نسبياً في المستوى شبه المستقر(طـ٢) لتلك الذرات ؟
- ماذا تعرف عن الأزمنة التالية : - أقل من $١٠^{-٩}$ من الثانية .
- رتبته $١٠^{-٨}$ ثانية .
- ٣٠×١٠^{-٣٠} ثانية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات أسئلة تقويم الوحدة السادسة

اختر الإجابات الصحيحة: ١- (ب) ، ٢- (ب) ، ٣- (ج) .

٤- ضع علامة (✓) أو (×): - (×) ، - (×) ، - (✓) ، - (×) ، - (✓) ، - (✓) ، - (×) ، - (✓) ، - (✓) .

٥- تزداد شحنته الموجبة ، لأن سقوط الأشعة الفوق بنفسجية يسبب انبعاث عدد من الإلكترونات من سطح الزنك ونقص الشحنات السالبة يعني زيادة عدد الشحنات الموجبة عن السالبة .

٦- إذا كان ترددها أكبر أو يساوي التردد الحرج لهذا الفلز فإنها تفنى باعثة بإلكترونات من سطحه .

(٧ ، ٨ ، ٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٢ ، ١٣)- كلها موجودة بشكل واضح تحت عناوينها .

١٤- ∵ $hf_{\circ} = w_{\circ} \Leftarrow f_{\circ} = \frac{w_{\circ}}{h} = \frac{٣,٥٤ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٨,٥٥ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

المعطيات:
$w_{\circ} = ٣,٥٤$ (إ.ف) .
$\lambda = ٤٠٠٠$ Å .

، التردد الساقط$(f) = \frac{ع_{ض}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٤٠٠٠ \times ١٠^{-١٠}} = ٧,٥ \times ١٠^{١٤}$ هرتز .

∴ $f > f_{\circ}$ ، لا تنبعث إلكترونات من سطح هذا المعدن .

١٥- التردد الساقط$(f) = \frac{ع_{ض}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٣٠٠٠ \times ١٠^{-١٠}} = ١ \times ١٠^{١٥}$ هرتز .

أ- طاع $= \frac{١}{٢} ك_{e} ع_{e}^{٢} = ع f - w_{\circ} = ١٠^{١٥} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤} - ٢,٤٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$= ٢,٦٩ \times ١٠^{-١٩}$ جول $= \frac{٢,٦٩ \times ١٠^{-١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١,٦٨$ (إ.ف) .

المعطيات:
$\lambda = ٣٠٠٠$ Å .
$w_{\circ} = ٢,٤٦$ (إ.ف) .

ب- $ع_{e} = \sqrt{\frac{٢ طا_{ئ}}{ك_{e}}} = \sqrt{\frac{٢ \times ٢,٦٩ \times ١٠^{-١٩}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١}}} = ٧,٧ \times ١٠^{٥}$ م/ث .

جـ- ∵ $f_{\circ} = \frac{w_{\circ}}{h} \Leftarrow \frac{ع_{ض}}{\lambda_{\circ}} = \frac{w_{\circ}}{h} \Leftarrow \lambda_{\circ} = \frac{ع_{ض}}{w_{\circ}} = \frac{h}{٢,٤٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = \frac{٣ \times ١٠^{٨} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}{٥ \times ١٠^{-٧}} = ٥٠٠٠$ Å .

د- ∵ طاع $= جـ ش_{e} \Leftarrow جـ = \frac{طا_{ئ}}{ش_{e}} = \frac{٢,٦٩ \times ١٠^{-١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١,٦٨$ فولت .

١٦- ∵ $\lambda = \frac{ع_{ض}}{ش_{e}} \times \frac{١}{جـ} \therefore جـ = \frac{ع_{ض} h}{\lambda_{ش_{e}}} = \frac{٣ \times ١٠^{٨} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}{١ \times ١٠^{-١٠} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١,٢٤ \times ١٠^{٤}$ فولت . [λ = ١ Å .]

١٧- ∵ $hf = جـ ش_{e} \Leftarrow f = \frac{جـ ش_{e}}{h}$

∴ أعلى تردد منبعث$(f) = \frac{٢٥ \times ١٠^{٣} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}} = ٦ \times ١٠^{١٨}$ هرتز .

جـ = ٢٥ × ١٠^٣ فولت .
f = ؟ .

١٨- ∵ كت$_{خ_{e}} = ك_{e} ع_{e} \Leftarrow ع_{e} = \frac{كت_{خ_{e}}}{ك_{e}} = \frac{٦٣,٧ \times ١٠^{-٢٥}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١}} = ٧ \times ١٠^{٦}$ م/ث .

∴ طاح$_{e} = \frac{١}{٢} ك_{e} ع_{e}^{٢} = \frac{١}{٢} \times ٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times (٧ \times ١٠^{٦})^{٢} = ٢,٢٣ \times ١٠^{-١٧}$ جول = ١٣٩,٣٤ (أ.ف) .

∵ $hf = طا_{ح_{e}} \Leftarrow \lambda = \frac{ع_{ض} h}{طا_{ح_{e}}}$

كت$_{خ_{e}} = ٦٣,٧ \times ١٠^{-٣٥}$ كجم.م/ث .
ك$_{e} = ٩,١ \times ١٠^{-٣١}$ كجم .

∴ أقصر الأطوال الموجية المنبعثة$(\lambda) = \frac{٣ \times ١٠^{٨} \times ٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}{٢,٢٣ \times ١٠^{-١٧}} = ٨,٩ \times ١٠^{-٩}$ م = ٨٩ إنجستروم .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(٢٠١٢-٢٠١٣ م إلا الكهروضوئية فـ ٢٠١٨ - ٢٠١٩م)

الأول - اذكر استخداماً واحداً لمصباح الزينون في ليزر الياقوت .

الثاني - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:

أ- إذا كان فرق الجهد في أنبوبة الأشعة السينية ٢٠ × ١٠^{٣} فولت فإن النهاية الصغرى للطول الموجي للأشعة ... Å (٦٢١ ، ٦,٢١ ، ٠,٦٢١ ، ٦٢,١) .

ب- من أهم الإكتشافات التي كان لها وقع في مجال البصريات هو اكتشاف الأشعة ... (فوق البنفسجية ، تحت الحمراء ، الليزرية ، السينية) .

جـ- أشعة الليزر عبارة عن أشعة من جسيمات صغيرة تسمى (إلكترونات ، بروتونات ، نيوترونات ، فوتونات) .

د- تزداد الطاقة الحركية للإلكترونات المنطلقة من مهبط الخلية الكهروضوئية بزيادة ... (شدة التيار ، تردد الضوء ، الشدة الضوئية ، دالة الشغل) .

هـ- عند سقوط أشعة ضوئية مرئية تنبعث إلكترونات من سطوح الفلزات ما عدا ... (الزنك ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، السيزيوم) .

و- عندما يصبح فرق الجهد بين مصعد ومهبط الخلية الكهروضوئية مساوياً لجهد الإيقاف(جـ$_{ه}$) فإن تيار الخلية ... (يزداد ، يقل ، يظل ثابت ، ينعدم) .

ز- إذا زاد تردد الضوء الساقط على مهبط الخلية الكهروضوئية إلى ضعف ما كان عليه فلن تتغير ... (سرعة الإلكترونات المنبعثة ، دالة الشغل ، طاقة حركة الإلكترونات ، طاقة الضوء الساقط) .

الثالث - أي من العبارات التالية صائبة ؟ وأيها خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:

أ- تستخدم الأشعة السينية في تفتيت الحصوات في الكلى والمرارة .

ب- الإنبعاث التلقائي أساس توليد أشعة الليزر .

جـ- الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طول موجته ٥٠ Å يعد أشعة ليزرية .

د- سرعة أشعة الليزر أقل من سرعة الأشعة السينية .

هـ- تتوقف الأشعة السينية المميزة على طاقة حركة الإلكترونات المسلطة على مادة الهدف .

و- كاثود الخلية الكهروضوئية مقعر الشكل ومطلي بمادة تبعث بالإلكترونات عند سقوط الضوء عليها .

ز- يتوقف عدد الإلكترونات المتحررة من سطح الفلز على تردد الضوء الساقط عليه .

ح- الأطوال الموجية للأشعة السينية أكبر بكثير من الأطوال الموجية لأشعة الليزر .

ط- ليزر الياقوت هو أحد ليزرات الحالة الصلبة .

الرابع - علل(إعط تفسيراً علمياً) لما يأتي:

أ- لا يمر تيار كهربائي في دائرة الخلية الكهروضوئية عند حجب الضوء عن الكاثود .

ب- يزداد جهد الإيقاف كلما زاد تردد الضوء الساقط .

جـ- لا يمر تيار كهربائي في دائرة الخلية الكهروضوئية عندما $f < f_{o}$.

د- تستخدم الأشعة السينية في مجال الطب للكشف عن الكسور في العظام .

هـ- من الممكن توجيه أشعة الليزر بحيث تقطع مسافات طويلة جداً دون تشتت خطوطها .

الخامس - أثبت أن الكميتان ($\frac{جـ_{ه} ش_{e}}{h}$ ، $\frac{ع_{ض}}{\lambda}$) لهما نفس وحدات القياس .

السادس- المسائل:

أ- سقط ضوء طاقته ٩,٦ × ١٠$^{-١٩}$ جول على سطح كاثود خلية كهروضوئية فانبعثت منه إلكترونات طاقة حركتها العظمى ٦,٤ × ١٠$^{-١٩}$ جول ، إذا علمت أن ش$_{e}$ = ٩,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم فاحسب دالة الشغل لمادة الكاثود بوحدة الإلكترون فولت .

ب- إذا علمت أن دالة الشغل لعنصر البوتاسيوم ٢,٤ (إ.ف) ، ع$_{ض}$ = ٣ × ١٠^{٨} م/ث ، h = ٦,٦٢٥ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث فاحسب الطول الموجي الحرج للعنصر مقدراً بالأنجستروم .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة