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 ← إختبار صحة الفروض ← الاستنتاج 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 بتدريسها 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): $\frac{٢}{٣} = \frac{٤}{٦} = \frac{٦}{٩} = \frac{٨}{١٢} = \frac{١٠}{١٥} = \frac{١٢}{١٨} = ...$

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

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

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	$\frac{١}{٢}$	$\frac{١}{\sqrt{٢}}$	$\frac{\sqrt{٣}}{٢}$	٠	١	٠	١-
جتاهـ	$\frac{\sqrt{٣}}{٢}$	$\frac{١}{\sqrt{٢}}$	$\frac{١}{٢}$	١	٠	١-	٠
ظاهـ	$\frac{١}{\sqrt{٣}}$	١	$\sqrt{٣}$	٠	غير معرفة	٠	غير معرفة
ظتاهـ	$\sqrt{٣}$	١	$\frac{١}{\sqrt{٣}}$	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 الخطوات المذكورة في حل المثال التالي:

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

أ- $س^{٥} = ٤ - \frac{ص}{٢}$ ، ب- $س^{٥} = ٣ص + ٤$.

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

$$٤^{٥} = ٤ - \frac{ص}{٢} \Leftarrow ٢٠ = ٤ - \frac{ص}{٢}$$

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

$$\frac{ص}{٢} = ٤ + ٢٠ \Leftarrow \frac{ص}{٢} = ٢٤$$

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

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

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

$$٤^{٥} = ٣ص + ٤ \Leftarrow ٢٠ = ٣ص + ٤$$

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

$$٣ص = ٤ - ٢٠ \Leftarrow ٣ص = ١٦$$

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

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

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 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)

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

وحدات الكميات الفيزيائية المشتقة:

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

مثال(٥): 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(٦): 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 الوحدات(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(٧): 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 = $\frac{٥٠٠٠}{٣٦} \times ٣٠٠ = \frac{١٢٥٠٠٠}{٣} \cong ٤,١٧ \times ١٠^{٤}$ متر .

إثراء: ١- ما المقصود بـ ($\pi = \frac{٢٢}{٧} = ٣,١٤٣$) 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 الجسم: ١- خلال نصف الدورة ، ٢- خلال دورة كاملة .

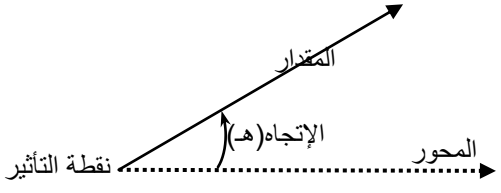
مساعدة: أ- (مقدار) سم^{2} = (مقدار) سم × سم = (مقدار) ×١٠$^{-٢}$ م × ١٠$^{-٢}$ م = (مقدار) ×١٠$^{-٤}$ م^{2} | **١سم^{2}=١٠$^{-٤}$ م^{2}**

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

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:

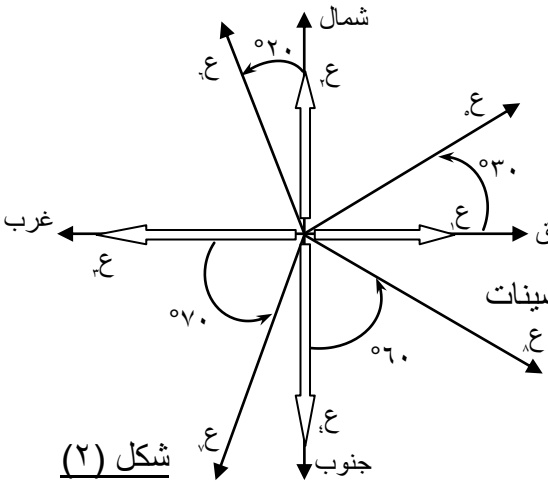
١- المقدار: طول السهم الذي يمثل الكمية الفيزيائية المتجهة .

٢- الإتجاه: الزاوية (هـ) المحصورة بين السهم وموجب السينات .

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

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

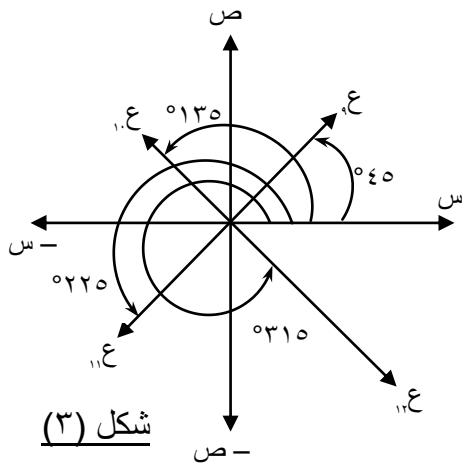
تحديد إتجاه المتجه(السرعة مثلا):



شكل (٢)

يحدد اتجاه السرعة بالنسبة للأفق(موجب السينات) أو بالنسبة لأحد المحاور الإحداثية أو بالنسبة للجهات الأربع ، فقد يتحرك الجسم بسرع مختلفة المقادير(ع) والاتجاهات(هـ) من أمثلتها - كما في الشكلين(٢ ، ٣) - ما يلي:

- (ع$_{١}$) باتجاه موجب السينات(باتجاه الأفق) ↔ باتجاه الشرق
- (ع$_{٢}$) باتجاه موجب الصادات ↔ باتجاه الشمال ↔ (٩٠°) مع موجب السينات
- (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
- (ع$_{١٢}$) باتجاه الجنوب الشرقي ↔ هـ = ٤٥° مع سالب الصادات = ٣١٥° مع الأفق



شكل (٣)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

نقل المتجه:

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

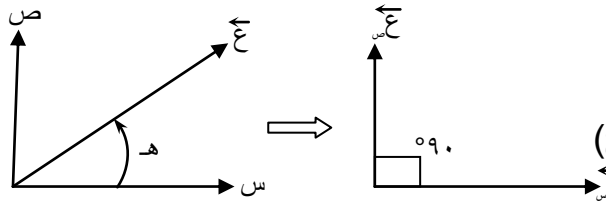
تحليل المتجه(السرعة مثلا):

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) - .

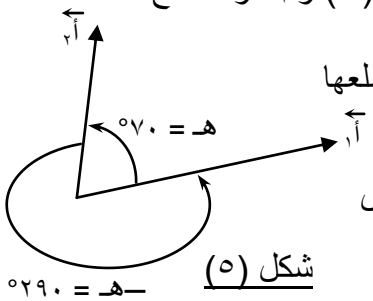
والقاعدة العامة لهذا التحليل هي: - المركبة القريبة من الزاوية (هـ) المجاورة لها تكون بدلالة جتاهـ .
- المركبة البعيدة عن الزاوية (هـ) المقابلة لها تكون بدلالة جاهـ .

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 .

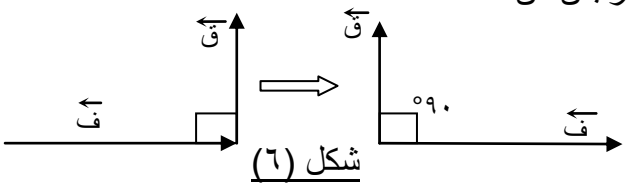


شكل (٥)

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° .

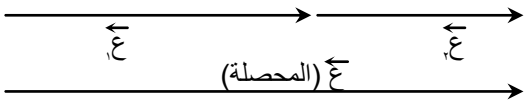
- أما الزاوية بين المتجهين $\overleftarrow{ق}$ $\overleftarrow{ف}$ فهي (–هـ) = ٣٦٠° – ٩٠° = ٢٧٠° .



شكل (٦)

إيجاد محصلة متجهين(السرعة - كمثال -):

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



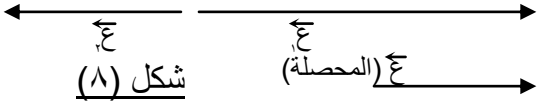
شكل (٧)

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

ع = ع١ + ع٢ ! 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:

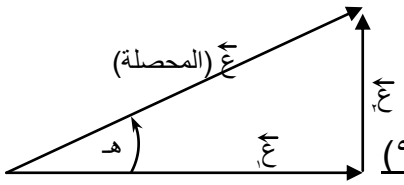
ع = |ع١ – ع٢| ! واتجاه السرعة المحصلة هو اتجاه السرعة الأكبر أي باتجاه (ع١) ! - كما في الشكل (٨) - .



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(•)

$\overleftarrow{أ_1} \cdot \overleftarrow{أ_2} = أ_1 أ_2 جتاهـ = أ_3$ (كمية قياسية)

مثال: $\overleftarrow{ف} \cdot \overleftarrow{ق} = ف ق جتاهـ = شغ$

ضرب متجهي(×)

$\overleftarrow{أ_1} \times \overleftarrow{أ_2} = \overleftarrow{أ_1 أ_2 جاهـ} = \overleftarrow{أ_3}$ (كمية متجهة)

مثال: $\overleftarrow{ف} \times \overleftarrow{ق} = \overleftarrow{ف ق جاهـ} = \overleftarrow{عـ(ق)}$

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($ع^2$) ، فسر 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):
$ع = ع_1 + جـ ز$	الأولى	$ع = ع_1 + ء ز$
$ف = ع_1 ز + \frac{1}{2} جـ ز^2$	الثانية	$ف = ع_1 ز + \frac{1}{2} ء ز^2$
$ع^2 = ع_1^2 + 2 جـ ف$	الثالثة	$ع^2 = ع_1^2 + 2 ء ف$

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(ء) ، لأن القوة المؤثرة على الجسم قوة ثابتة وهي قوة الجاذبية الأرضية($ق_ج = و = ك ء$) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٨): (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 = ؟ .

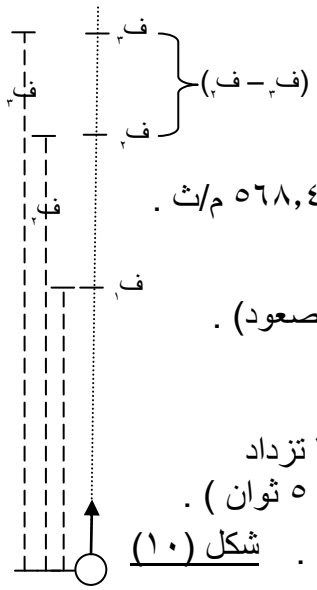
الحل:
سقوط حر(الحركة في خط مستقيم) لذلك نستخدم المعادلة الثانية للحركة:

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

مثال(٩): 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 – ٩,٨ ز ⟸ 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) .

٢- أثبت أن للكمية (ع^{٢} – ع^{٢})/ ء والكمية ع ز + ع^{٢}/ ء نفس وحدات القياس . شكل (١٠)

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)

تدريب(٥): أطلق حجر رأسياً من قمة برج إلى الأعلى بسرعة ٢٠ م/ث وبعد ٣ ثوان أسقط آخر من القمة نفسها سقوطاً حراً ، احسب الزمن اللازم حتى يتلاقى الحجران .

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: $\Sigma \overleftarrow{ق} = ك \times \overleftarrow{ج}$.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

قانون نيوتن الثالث(قوة الفعل وقوة رد الفعل):

"لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الإتجاه"

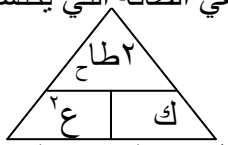
والصيغة الرياضية له هي: $\overleftarrow{ق} = -\overleftarrow{ق}$.

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 هذه 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(طاح) .



$\Longleftarrow$ (١) $طاح = \frac{1}{2} ك ع^2$ (٢) $ك = \frac{2طاح}{ع^2}$ (٣) $ع = \sqrt{\frac{2طاح}{ك}}$ ، حيث أن:

ك: كتلة الجسم ، ع: سرعة الجسم .

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

مثال(١٠): 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 ، طاح = ؟

الحل: طاح = $\frac{1}{2} ك ع^2 = \frac{1}{2} \times ٣ \times ١٠^{٣} \times ٢٠^{٢} = ٦ \times ١٠^{٥}$ 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 ($\overleftarrow{دفع}$) .

$\Longleftarrow$ (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 !

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١١) ← (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 .

مثال(١٢): 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 × $\frac{٤٠ - \text{صفر}}{٢}$ = ٦٠٠ نيوتن .

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

مثال(١٣): 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 = ع$_{١}$ ز + $\frac{١}{٢}$ ء ز^{٢} ⟸ ٤٥ = صفر × ز + $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ ز^{٢} ⟸ ز^{٢} = $\frac{٤٥ - \text{صفر}}{٤,٩}$ ⟸ ز = $\sqrt{\frac{٤٥}{٤,٩}}$ = ٣ ث

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

إثراء ← (أسئلة وزارية مختارة):

- 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:

أ- (الدفع ، ك جـ ز) ، ب- ($\frac{\text{ق ف}}{\text{ك ع}}$ ، جـ × ز) ، جـ- ($\frac{\text{الدفع}}{\text{الزمن}}$ ، ك ء) .

- طاقة الحركة لجسم تتناسب طردياً مع كتلة الجسم ومربع سرعته . ( )

تدريب(٦): أ- في المثال (١٣) السابق احسب سرعة الجسم لحظة ارتطامه بالأرض .
ب- احسب مقدار الدفع المسلط على جسم يتحرك بسرعة ثابتة .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات تدريبات التمهيد

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

وحدة الطرف الأيسر = وحدة(ع$_{ا}$ ز ± $\frac{١}{٢}$ جـ ز^{٢}) = $\frac{م}{ث}$ × ث ± $\frac{م}{ث^{٢}}$ × 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. $\frac{م}{ث^{٢}}$ × ث = كجم.م/ث ،

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

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

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

تدريب(٢):

المعطيات:
ع = $\frac{٥ \text{ جيجا متر}}{١ \text{ ساعة}} = \frac{٥ \times ٩١٠ \text{ م}}{١ \times ٣٦٠٠ \text{ ث}}$
≅ 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 = π٢نق f ⟸ f = $\frac{ع}{\pi٢نق}$ = $\frac{١,٣٩ \times ١٠^{٦}}{٢\pi \times ١,٧ \times ١٠^{-٢}}$ ≅ ١,٣×١٠^{٧} هرتز .

ب- المسافة المقطوعة خلال الدورة = π٢نق = π٢ × 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 .

المعطيات:
صعود: للحجر الأول فقط: ئ$_{صعود}$ = – ٩,٨ م/ث^{٢}
ع$_{ا صعود}$ = ٢٠ م/ث ، ع$_{صعود}$ = صفر .
هبوط من مستوى قمة البرج: ئ$_{هبوط}$ = ٩,٨ م/ث^{٢}
للحجر الأول: ع$_{ا}$ = ٢٠ م/ث ، ع$_{ا}$ = ؟ .
للحجر الثاني: ع$_{٢}$ = صفر م/ث ، ع$_{٢}$ = ؟ .

تدريب(٥): ∵ ع = ع$_{ا}$ + ئ ز ⟸ ز$_{صعود}$ = $\frac{ع_{ا صعود} - ع_{صعود}}{ئ_{صعود}}$

∴ ز$_{صعود}$ = $\frac{٠ - ٢٠}{-٩,٨}$ = ٢,٠٤ ث ،

∴ الزمن الذي يستغرقه الحجر الأول حتى يعود إلى نقطة انطلاقه (قمة البرج) = ٢ز$_{صعود}$ = ٢ × ٢,٠٤ = ٤,٠٨ ث ، أي أنه سيصل عائداً بعد سقوط الحجر الثاني بزمن (٤,٠٨ – ٣= ١,٠٨ث) وبسرعة ٢٠ م/ث وسيلتقيان بعد قطعهما المسافة نفسها من قمة البرج سقوطاً حراً ، أي أن: ف$_{ا}$ = ف$_{٢}$ ، ز$_{٢}$ = ز$_{ا}$ + ١,٠٨

⟸ ع$_{ا}$ ز$_{ا}$ + $\frac{١}{٢}$ ئ ز$_{ا}^{٢}$ = ع$_{٢}$ ز$_{٢}$ + $\frac{١}{٢}$ ئ ز$_{٢}^{٢}$ ⟸ ٢٠ز$_{ا}$ + $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ز$_{ا}^{٢}$ = صفر × ز$_{٢}$ + $\frac{١}{٢}$ × ٩,٨ز$_{٢}^{٢}$

⟸ ٢٠ز$_{ا}$ + ٤,٩ز$_{ا}^{٢}$ = صفر+ ٤,٩(ز$_{ا}$ + ١,٠٨)^{٢} ⟸ ٢٠ز$_{ا}$ + ٤,٩ز$_{ا}^{٢}$ = ٤,٩ز$_{ا}^{٢}$ + ١٠,٥٨ز$_{ا}$ + ٥,٢٩

⟸ ز$_{ا}$(٢٠–١٠,٥٨) = ٥,٢٩ ⟸ ز$_{ا}$ = $\frac{٥,٢٩}{٩,٤٢}$ = ٠,٥٦ ث ، وكان الجسم قد استغرق ٤,٠٨ ث قبل هذا الزمن

∴ الزمن اللازم هو زمن الحجر الأول صعوداً وهبوطاً حتى نقطة الالتقاء = ز$_{ا}$ + ٤,٠٨ = ٠,٥٦ + ٤,٠٨

= ٤,٦٤ ث .

تدريب(٦): أ- ع = ع$_{ا}$ + ئ 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)

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(١) ← (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(٢): 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
طـ = ٢٨٠ جول ، كت = ؟
ع = ٦٥ كم/ساعة = $\frac{١٠٠٠ \times ٦٥ م}{١ \times ٣٦٠٠ ث}$ = ١٨ م/ث

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

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 .

وينص مبدأ حفظ كمية التحرك على أن:

"كمية التحرك الكلية للأجسام المتصادمة قبل التصادم مباشرة تساوي كمية التحرك لها بعد التصادم مباشرة"

ورياضيا:

$\Sigma \overleftarrow{كت}_{قبل} = \Sigma \overleftarrow{كت}_{بعد}$ ⟸ $ك_{١} \overleftarrow{ع}_{١} + ك_{٢} \overleftarrow{ع}_{٢} + ... = ك_{١} \overleftarrow{ع}'_{١} + ك_{٢} \overleftarrow{ع}'_{٢} + ...$ حيث: Σ(سيجما) تعني المجموع .

التصادمات(Collisions):

التصادم

في بعد واحد
تكون حركة الجسمين المتصادمين في بعد(خط) واحد قبل وكذلك بعد التصادم

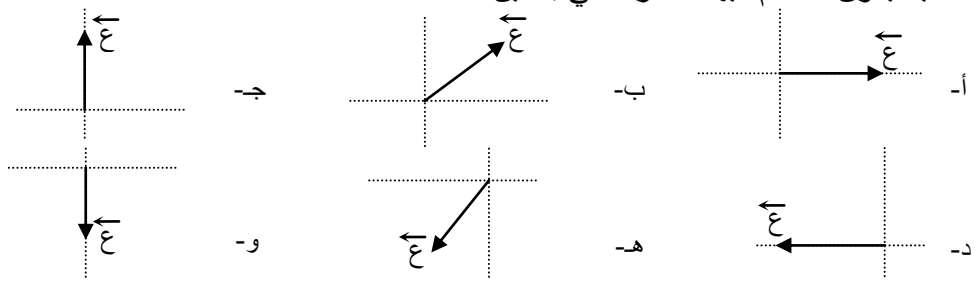
في بعدين
تكون حركة أحد أو كلا الجسمين المتصادمين في بعدين(السيني والصادي) قبل أو بعد التصادم

مرن
* تكون كمية التحرك محفوظة للأجسام المتصادمة
* تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة
* يكون الجسمان مفترقان قبل وكذلك بعد التصادم

غير مرن
* تكون كمية التحرك محفوظة للأجسام المتصادمة
* تكون الطاقة الحركية غير محفوظة للأجسام المتصادمة
* يلتحم الجسمان بعد التصادم أو ملتحمان قبل التفكك وقد يكونان مفترقان قبل وبعد التصادم

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٣): حدِّد أي الأشكال التالية يكون الجسم فيها متحركاً 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 .

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)$_{قبل}$! .

إثراء: - أثبت(استنتج) قانون حفظ كمية التحرك لاصطدام جسمين كانا يتحركان في اتجاهين متضادين .

تدريب(١): 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 ؟ .

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

وفيه تكون الصيغة الرياضية لمبدأ حفظ كمية التحرك لجسمين فقط هي:

* ك$_١$ ع$_١$ + ك$_٢$ ع$_٢$ = ك$_١$ ع$_١$′ + ك$_٢$ ع$_٢$′ هذا للتصادم تام المرونة ،

أما للتصادم عديم المرونة فتكون هناك ثلاث حالات 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(٤): كرتان كتلتاهما (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$_١$′ = $\frac{\text{١٥ × ٠,٤ + صفر − ٢٠ × ٠,٢}}{\text{٠,٤}}$ = 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} = $\frac{١}{٢}$ × ٠,٤ × ١٥^٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٠,٢ × (صفر)^٢ = ٤٥ جول ..... (١)

، (طاح)$_{بعد}$ = $\frac{١}{٢}$ ك$_١$ ع$_١$′^{٢} + $\frac{١}{٢}$ ك$_٢$ع$_٢$′^{٢} = $\frac{١}{٢}$ × ٠,٤ × ٥^٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٠,٢ × ٢٠^٢ = ٤٥ جول ..... (٢)

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٥): كرة كتلتها ٢٠جم تتحرك بسرعة مقدارها نصف مقدار سرعة كرة أخرى كتلتها ٤٠جم متحركة في الإتجاه المعاكس لها على نفس الخط فعند اصطدامهما استمرت الثانية في نفس اتجاهها وبسرعة مقدارها ٢٠سم/ث والأولى ارتدت في عكس اتجاهها بسرعة مقدارها ١٠سم/ث: أ- احسب سرعتي الكرتين قبل التصادم .
ب- احسب الفرق بين طاقتي الكرتين الحركية بعد التصادم .
جـ- أثبت أن هذا التصادم عديم المرونة .

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

أ- ∵ $ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع'_١ + ك_٢ ع'_٢$ ⟸ $٠,٠٢ ع_١ + ٠,٠٤(-ع_٢) = ٠,٠٢(-٠,١) + ٠,٠٤(-٠,٢)$

⟸ $ع_١(٠,٠٢ - ٠,٠٨) = -٠,٠٠١$ ⟸ $ع_١ = \frac{-٠,٠٠١}{-٠,٠٠٦} = \frac{١}{٦}$ م/ث ، $ع_٢ = -ع_١ = -٢ \times \frac{١}{٦} = -\frac{١}{٣}$ م/ث .

ب- الفرق بين طاقتي الكرتين الحركية$(\Delta ط_ح)_{بعد} = \left|\frac{١}{٢} ك_١ ع'^{٢}_١ - \frac{١}{٢} ك_٢ ع'^{٢}_٢\right|$

$= \left|\frac{١}{٢} \times ٠,٠٢(-٠,١)^{٢} - \frac{١}{٢} \times ٠,٠٤(-٠,٢)^{٢}\right|$

$= |-٠,٠٠٠٧|$ جول $= ٧ \times ١٠^{-٤}$ جول .

$ك_١ = ٢٠$ جم $= ٠,٠٢$ كجم
$ك_٢ = ٤٠$ جم $= ٠,٠٤$ كجم
$ع_١$ تكون (+) ⟸ $ع_١ = -ع_٢$
$ع_١ = -١٠$سم/ث $= -٠,١$ م/ث
$ع_٢ = -٢٠$سم/ث $= -٠,٢$ م/ث

جـ- لإثبات أن التصادم عديم المرونة :

$(ط_ح)_{قبل} = \frac{١}{٢} ك_١ ع_١^{٢} + \frac{١}{٢} ك_٢ ع_٢^{٢} = \frac{١}{٢} \times ٠,٠٢(\frac{١}{٦})^{٢} + \frac{١}{٢} \times ٠,٠٤(\frac{١}{٣})^{٢} = ٢,٥ \times ١٠^{-٣}$ جول .

$(ط_ح)_{بعد} = \frac{١}{٢} ك_١ ع'^{٢}_١ + \frac{١}{٢} ك_٢ ع'^{٢}_٢ = \frac{١}{٢} \times ٠,٠٢(-٠,١)^{٢} + \frac{١}{٢} \times ٠,٠٤(-٠,٢)^{٢} = ٩ \times ١٠^{-٤}$ جول .

∵ $(ط_ح)_{بعد} < (ط_ح)_{قبل}$ ∴ التصادم عديم المرونة ، وعلى الطالب أن يكون قادراً على حساب الفقد في (ط_ح) .

مثال(٦) ← (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 الفراغات)

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

$ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = (ك_١ + ك_٢) ع'$ ⟸ $١ \times ٢ + ٢ \times ع_٢ = (١ + ٢) \times$ صفر ∴ $ع_٢ = \frac{\text{صفر} - ٢}{٢} = -١$ م/ث .

مثال(٧): 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 .

<u>للسيارة:</u> $ك_١ = ٣ \times ١٠^{٣}$ كجم ، $ع_١ = \frac{١٢٠ \text{ كم}}{١ \text{ ساعة}} = \frac{١٠٠}{٣}$ م/ث
<u>للشاحنة:</u> $ك_٢ = ٥ \times ١٠^{٣}$ 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:

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

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

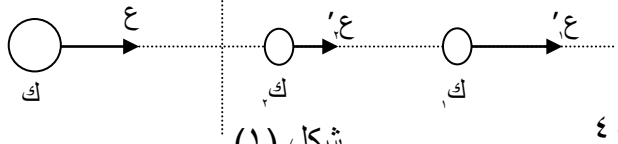
ب- الفقد في الطاقة$(\Delta ط) = (ط_ح)_{بعد} - (ط_ح)_{قبل} = \frac{١}{٢}(ك_١ + ك_٢) ع'^{٢} - (\frac{١}{٢} ك_١ ع_١^{٢} + \frac{١}{٢} ك_٢ ع_٢^{٢})$

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

$= -٣,١٩ \times ١٠^{٦}$ جول .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٨): 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: ∵ التصادم في بعد واحد - الشكل(١) -
وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك حالة تفكك:

ك ع = ك١ع١′ + ك٢ع٢′ ⟸ ٤ × ١٠٠ = ٢ × ع١′ + ٢ × ٤٠

⟸ ع١′ = $\frac{٤ \times ١٠٠ - ٢ \times ٤٠}{٢}$ = ١٦٠ م/ث .

∴ كت١′ = ك١ع١′ = ٢ × ١٦٠ = ٣٢٠ كجم.م/ث .

، طح١′ = $\frac{١}{٢}$ ك١ع١′٢ = $\frac{١}{٢}$ × ٢ × ١٦٠٢ = ٢٥٦٠٠ جول .

المعطيات:
ك = ك١ + ك٢ = ٤ كجم ⟸ ك١ = ك٢ = ٢ كجم
ع = ١٠٠ م/ث ، ع١′ = ؟ ، ع٢′ = ٤٠ م/ث
كت١′ = ؟ ، طح١′ = ؟

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

مثال(٩): كتلة مسدس ١,٢٥ كجم انطلقت منه رصاصة كتلتها ٨ جم بسرعة ٢٠٠ م/ث كم سرعة ارتداده إلى الخلف .

الحل: التصادم في بعد واحد عديم المرونة (تفكك) والتي فيها: (ك١ + ك٢)ع = ك١ع١′ + ك٢ع٢′

⟸ (٨ × ١٠$^{-٣}$ + ١,٢٥) × صفر = ٨ × ١٠$^{-٣}$ × ٢٠٠ + ١,٢٥ع٢′

⟸ صفر = ١,٦ + ١,٢٥ ع٢′ ∴ ع٢′ = $\frac{-١,٦}{١,٢٥}$ = – ١,٢٨ م/ث .

* الإشارة سالب(–) تعني أن حركة المسدس عكس اتجاه حركة الرصاصة .

- (للرصاصة): ك١ = ٨ × ١٠$^{-٣}$ كجم ،
ع١′ = ٢٠٠ م/ث
- (للمسدس): ك٢ = ١,٢٥ كجم ، ع٢′ = ؟ ،
ع(سرعتهما قبل) = صفر .

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- رصاصة كتلتها ٨٠ جم اصطدمت بكتلة خشبية مقدارها ٢٠ كجم فتحركتا معا كجسماً واحداً لمسافة ٢٠ سم ثم توقفتا بعد زمن قدره (٠,٥) من الثانية ، احسب سرعة الرصاصة لحظة اصطدامها بالكتلة الخشبية مباشرة .
(٢٠٠,٨ م/ث)

تدريب(٢): كرتان كتلتيهما (٠,٤ ، ٠,٣) كجم تتحرك الثانية بسرعة ١٠ م/ث لتلحق بالأولى المتحركة في نفس الإتجاه بسرعة ٥ م/ث وبعد اصطدامها بها استمرا بالحركة في نفس اتجاههما لكن بسرعتين مختلفتين فإذا كان هذا التصادم تام المرونة فاحسب مقدار هاتين السرعتين .

تدريب(٣): كتلة طينية(ك) متحركة بسرعة(ع) ارتطمت بالأرض والتحمت معها:
أ- ما الذي سيحدث لطاقتها الحركية ؟ ب- ما الذي سيحدث لكمية تحركها ؟

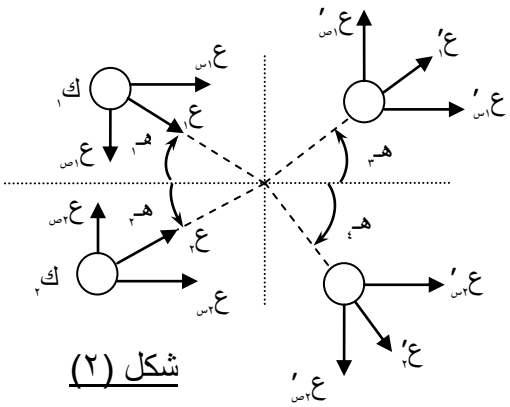
تدريب(٤): في المثال (٩) السابق إذا ارتد المسدس مسافة ٢,٢٥ سم إلى الخلف فاحسب:
أ- الشغل الذي بذلته اليد لإيقافه ، ب- الدفع المسلط عليه خلال هذه المسافة ، جـ- زمن إيقاف المسدس .

تدريب(٥): 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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ثانيا: 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)

أولا- على المحور السيني(م . س):

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

ثانيا- على المحور الصادي(م . ص):

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

وبالاعتماد على الاعتبارات التالية:

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

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

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

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

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

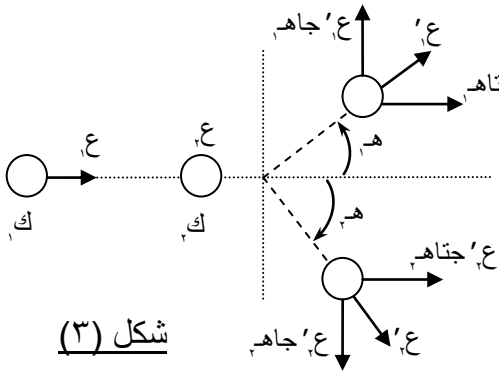
نستطيع وبشكل عام تكوين علاقة خاصة لأي مسألة حسب معطياتها ، وحالة التصادم المرن الواردة في كتاب مقرر الثالث الثانوي - الشكل (٣) - فيها:

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 .



شكل (٣)

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

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

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

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

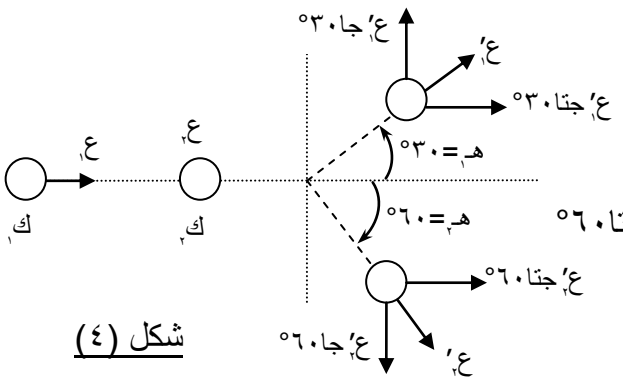
١- كمية التحرك قبل التصادم تساوي صفر لعدم وجود حركة على المحور الصادي قبل التصادم .

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١٠): 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 ، ع٢ = ؟
ع١ = 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) .

طرق أخرى لحل هذا المثال:

الأولى: يمكن حساب (ع١ ، ع٢) باستخدام العلاقتين التاليتين:

ع١ = $\frac{(ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢) جاهـ_٢}{ك_١ جا(هـ_١ + هـ_٢)}$ = $\frac{(٠,١ \times ١ + ٠,١ \times صفر) جا٦٠°}{٠,١ \times جا(٣٠° + ٦٠°)}$ = $\frac{جا٦٠°}{جا٩٠°}$ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ م/ث .

ع٢ = $\frac{(ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢) جاهـ_١}{ك_٢ جا(هـ_١ + هـ_٢)}$ = $\frac{(٠,١ \times ١ + ٠,١ \times صفر) جا٣٠°}{٠,١ \times جا(٣٠° + ٦٠°)}$ = $\frac{جا٣٠°}{جا٩٠°}$ = $\frac{١}{٢}$ م/ث .

ملاحظة: تستخدم هذه الطريقة عند توفر الصفتين (١) و (٢) على الأقل ، أي يمكن استخدامها في حالة أن (ك١ ≠ ك٢ ، ع٢ ≠ صفر) .

الثانية: يمكن حساب (ع١ ، ع٢) باستخدام العلاقتين التاليتين:

ع١ = ع جتاهـ١

ع٢ = ع جاهـ١ ،

حيث أن: ع = ع١ + ع٢ وهي محصلة سرعتي الجسمين قبل التصادم حيث وأنهما في نفس الإتجاه ، وهنا

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ع = ع١ + ع٢ = ١ + صفر = ١م/ث ، فنحصل على:

ع١′ = ع جتاهـ١ = ١ × جتا٣٠° = ١ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ م/ث .

ع٢′ = ع جاهـ١ = ١ × جا٣٠° = ١ × $\frac{١}{٢}$ = $\frac{١}{٢}$ م/ث .

ملاحظة: تستخدم هذه الطريقة عندما تتوفر في المسألة الصفات الثلاث الأولى (١) و (٢) و (٣) على الأقل ، أي يمكن استخدامها في حالة أن (ع٢ ≠ صفر) .

س: في التصادم تام المرونة لجسمين متساويين في الكتلة أحدهما ساكن وبعد التصادم تحركا في بعدين ، أثبت أنهما بعد التصادم سيتحركان في مسارين متعامدين(أي أثبت أن: هـ١ + هـ٢ = ٩٠°) .

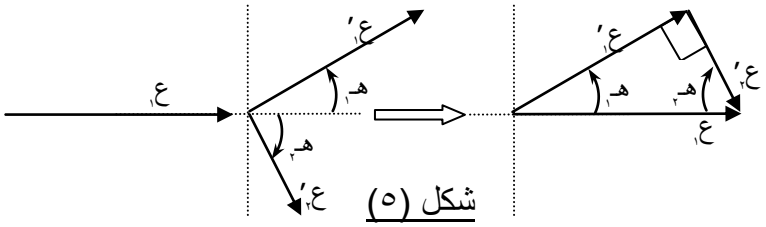
جـ: بما أن التصادم تام المرونة ⟸ (طح)قبل = (طح)بعد ⟸ $\frac{١}{٢}$ ك١ ع١٢ + $\frac{١}{٢}$ ك٢ ع٢٢ = $\frac{١}{٢}$ ك١ ع١′٢ + $\frac{١}{٢}$ ك٢ ع٢′٢

∵ ع٢ = صفر ، ك١ = ك٢ = ك

⟸ $\frac{١}{٢}$ ك ع١٢ = $\frac{١}{٢}$ ك ع١′٢ + $\frac{١}{٢}$ ك ع٢′٢ ،

وبضرب الطرفين في ($\frac{٢}{ك}$) نحصل على:

ع١٢ = ع١′٢ + ع٢′٢ ⟸ ع١ = $\sqrt{ع١′٢ + ع٢′٢}$ ،



شكل (٥)

معنى هذا أن (ع١′ ، ع٢′) متعامدتين وأن (ع١) ما هي إلا محصلتيهما كذلك وكما نلاحظ من الشكل (٥) للمثلث قائم الزاوية أن (هـ١ + هـ٢ = ٩٠°) أي أن الجسمين بعد التصادم سيتحركان في مسارين متعامدين ■

س: أثبت رياضيا الآتي:

١- لجسمين متحركان في نفس الإتجاه وبعد تصادمهما تحركا في بعدين يكون: ك١ ع١′ جاهـ١ = ك٢ ع٢′ جاهـ٢ .

٢- وإذا كان أحدهما ساكنا ثم سلكا بعد التصادم مسارين متعامدين فإن: هـ١ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{ع٢′}{ع١′}\right)$.

جـ: ١- حسب مبدأ حفظ كمية التحرك في التصادمات يكون: (كت ص)قبل = (كت ص)بعد ..... (١) .

وبما أن الجسمين متحركان في نفس الإتجاه فهما في بعد واحد قبل التصادم نفترض أنهما على المحور السيني مما يعني عدم وجود حركة على المحور الصادي ⟸ (كت ص)قبل = صفر ..... (٢) .

، (كت ص)بعد = ك١ ع١′ جاهـ١ – ك٢ ع٢′ جاهـ٢ ..... (٣) .

بتعويض (٢) و (٣) في (١) نحصل على أن: صفر = ك١ ع١′ جاهـ١ – ك٢ ع٢′ جاهـ٢

∴ ك١ ع١′ جاهـ١ = ك٢ ع٢′ جاهـ٢ ■

٢- مما سبق نجد أن الجسمان: - قبل التصادم في بعد واحد وبعد التصادم في بعدين .

- وبما أن الجسمان سلكا بعد التصادم مسارين متعامدين ⟸ هـ١ + هـ٢ = ٩٠°

- هذا يعني أن: ك١ = ك٢ ، مع أن ع٢ = صفر⟸ ع٢′ = ع١ جتاهـ١ ..... (٤) .

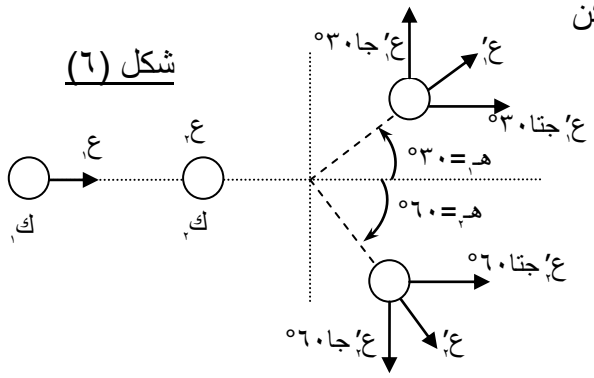
، ع١′ = ع١ جاهـ١ ..... (٥) .

وبقسمة (٥) على (٤) نحصل على أن: هـ١ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{ع٢′}{ع١′}\right)$ ■

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١١): يتحرك جسم بسرعة ١٠٠ م/ث في اتجاه جسم آخر ساكن له الكتلة نفسها حتى تصادما وتحرك الأول في اتجاه يميل بزاوية ٣٠° والثاني بزاوية ٦٠° على جابي المحور الإبتدائي ، - كما في الشكل (٦) المجاور- ، ما مقدار سرعة الجسمين بعد التصادم ؟

شكل (٦)



ك١ = ك٢ = ك ، ع١ = ١٠٠ م/ث ، ع١′ = ؟ ،
ع٢ = صفر ، ع٢′ = ؟ ، هـ١ = ٣٠° ، هـ٢ = ٦٠° .

الحل: في هذا المثال توفرت الصفات الأربع وكذلك نلاحظ أن:

هـ١ + هـ٢ = ٩٠° مما يعني أن التصادم تام المرونة لذلك:

ع١′ = ع١ جتاهـ١ = ١٠٠ × جتا٣٠° = $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ٥٠ ≅ ٨٦,٦ م/ث ،

ع٢′ = ع١ جاهـ١ = ١٠٠ × جا٣٠° = ٥٠ م/ث .

مثال(١٢): جسمان كتلتيهما (٣ ، ٢) كجم يتحرك الثاني بسرعة مقدارها ٨ م/ث في نفس اتجاه الأول المتحرك بسرعة مقدارها ٢ م/ث فاصطدم به ليسلكا بعد التصادم مسارين يصنعان الزاويتين (٣٠° ، ١٦,٣٤°) مع جانبي خط حركتيهما الابتدائية ، أ- احسب سرعتيهما بعد التصادم . ب- اثبت أن هذا التصادم تام المرونة .

المعطيات:
ك١ = ٣ كجم ، ك٢ = ٢ كجم
ع١ = ٢ م/ث ، ع٢ = ٨ م/ث
هـ١ = ٣٠° ، هـ٢ = ١٦,٣٤°
ع١′ = ؟ ، ع٢′ = ؟

الحل: الجسمين قبل التصادم في بعد واحد وبعده في بعدين لذلك:

أ- ع١′ = $\frac{(ك_١ع_١ + ك_٢ع_٢) جاهـ_٢}{ك_١ جا(هـ_١ + هـ_٢)}$ = $\frac{(٣ \times ٢ + ٢ \times ٨) جا١٦,٣٤°}{٣ \times جا(٣٠° + ١٦,٣٤°)}$ = ٢,٨٥ م/ث .

ع٢′ = $\frac{(ك_١ع_١ + ك_٢ع_٢) جاهـ_١}{ك_٢ جا(هـ_١ + هـ_٢)}$ = $\frac{(٣ \times ٢ + ٢ \times ٨) جا٣٠°}{٢ \times جا(٣٠° + ١٦,٣٤°)}$ = ٧,٦ م/ث .

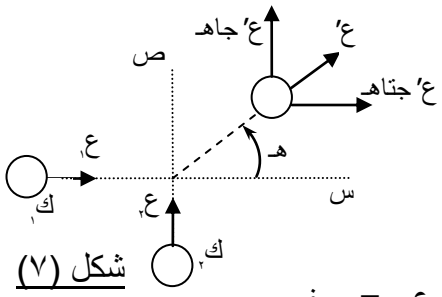
ب- (طا ح)قبل = $\frac{١}{٢}$ ك١ ع١ ٢ + $\frac{١}{٢}$ ك٢ ع٢ ٢ = $\frac{١}{٢}$ × ٣ × ٢ ٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٢ × ٨ ٢ = ٧٠ جول .

(طا ح)بعد = $\frac{١}{٢}$ ك١ ع١′ ٢ + $\frac{١}{٢}$ ك٢ ع٢′ ٢ = $\frac{١}{٢}$ × ٣ × ٢,٨٥ ٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٢ × ٧,٦ ٢ = ٧٠ جول .

∵ (طا ح)قبل = (طا ح)بعد ∴ التصادم تام المرونة .

ملاحظة: نستنتج من هذا المثال أنه <u>ليس من الضروري</u> أن كل تصادم مرن يكون فيه (هـ١ + هـ٢ = ٩٠°) .

أما حالة التصادم عديم المرونة الموجودة في كتاب مقرر الثالث الثانوي فهي حالة التحام في بعدين كما في الشكل (٧) فتأخذ الصيغة الرياضية لمبدأ حفظ كمية التحرك لجسمين الصيغة التالية:



شكل (٧)

<u>أولا- على المحور السيني:</u> ك١ع١س + ك٢ع٢س = (ك١ + ك٢)ع′س (*) .

<u>ثانيا- على المحور الصادي:</u> ك١ع١ص + ك٢ع٢ص = (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:

<u>أولا- على (م . س):</u> ك١ع١ = (ك١ + ك٢)ع′ جتاهـ ..... (١) .

<u>ثانيا- على (م . ص):</u> ك٢ع٢ = (ك١ + ك٢)ع′ جاهـ ..... (٢) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١٣): 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 (٧) - ، ولهذه الحالة (كما سبق) يأخذ مبدأ حفظ كمية التحرك الصيغة التالية:

أولا- على (م . س): $ك_١ع_١ = (ك_١ + ك_٢)ع′ جتاهـ \Leftarrow ١٥٠٠ \times ٢٥ = (١٥٠٠ + ٢٥٠٠)ع′ جتاهـ$ ..... (١) .

ثانيا- على (م . ص): $ك_٢ع_٢ = (ك_١ + ك_٢)ع′ جاهـ \Leftarrow ٢٥٠٠ \times ٢٠ = (١٥٠٠ + ٢٥٠٠)ع′ جاهـ$ ..... (٢) .

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

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

طريقة *أخرى لحل هذا المثال:* لمثل هذه الحالة يمكن إيجاد الزاوية (هـ) باستخدام العلاقة:

$هـ = ظا^{-١}\left(\frac{(\sum ك ت_ص)_{قبل}}{(\sum ك ت_س)_{قبل}}\right) = ظا^{-١}\left(\frac{ك_٢ع_٢}{ك_١ع_١}\right) = ظا^{-١}\left(\frac{٥٠٠٠٠}{٣٧٥٠٠}\right) = ٥٣,١°$ مع اتجاه الشرق .

ولحساب سرعتهما بعد التصادم(ع′) نستخدم مبدأ حفظ كمية التحرك على احد المحورين وليكن السيني:

$ك_١ع_١ = (ك_١ + ك_٢)ع′ جتاهـ \Leftarrow ١٥٠٠ \times ٢٥ = (١٥٠٠ + ٢٥٠٠)ع′ جتاهـ$

$\therefore ع′ = \frac{٣٧٥٠٠}{٤٠٠٠ جتا ٥٣,١°} = ١٥,٦$ م/ث .

مثال(١٤): 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:
$ك_١ = ٢ك_٢ \Leftarrow ك_٢ = \frac{١}{٢}ك_١$
$ع_٢ = ٢ع_١ \Leftarrow ع_١ = \frac{١}{٢}ع_٢$

الحل: ∵ الكرتان التحمتا بعد تصادمهما $\Leftarrow هـ = ظا^{-١}\left(\frac{(\sum ك ت_ص)_{قبل}}{(\sum ك ت_س)_{قبل}}\right) = ظا^{-١}\left(\frac{ك_٢ع_٢}{ك_١ع_١}\right)$

$\therefore هـ = ظا^{-١}\left(\frac{\frac{١}{٢}ك_١ \times ٢ع_١}{ك_١ع_١}\right) = ظا^{-١}(١) = ٤٥°$ 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):

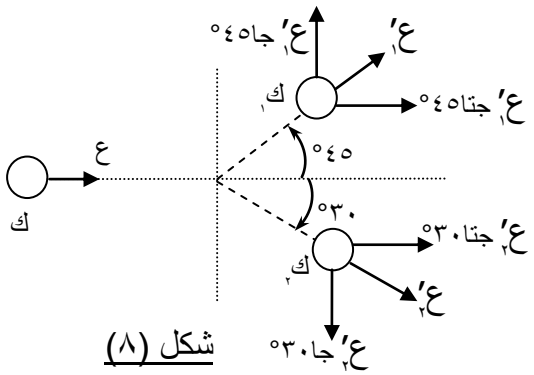
١- معادلة كمية التحرك في اتجاه محور السينات: $ك_١ع_١ = (ك_١ + ك_٢)ع′ جتاهـ$.

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١٥): جسم متحرك انشطر إلى جزأين كتلة الأول نصف كتلة الثاني متحركان في مسارين يصنعان الزاويتان على التوالي (٤٥° ، ٣٠°) مع خط حركة الجسم قبل الانشطار ومن الجانبين فإذا كانت سرعة الجزء الثاني ١٥ م/ث .
أ- احسب سرعة الجسم قبل الانشطار . ب- أثبت أن طاقة الحركة زادت بنسبة ٦٠٪ بعد الإنشطار .

الحل: الشكل (٨) يوضح حركة الجسم قبل وأجزائه بعد الانشطار ،



شكل (٨)

أ- التصادم في بعدين (تفكك) وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك:

أولا- على (م . س): ك ع = ك١ ع١′ جتا٤٥° + ك٢ ع٢′ جتا٣٠°

$\Leftarrow$ ٣ك١ ع = ك١ ع١′ × $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ + ٢ك١ × ١٥ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$

وبالقسمة على (ك١) نحصل على: ٣ع = $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ ع١′ + ٣٠ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$

$\Leftarrow$ ٦ع = $\sqrt{٢}$ ع١′ + $\sqrt{٣}$٣٠ ..... (١) .

المعطيات:
ك = ك١ + ك٢ ، ك٢ = ٢ك١
$\Leftarrow$ ك = ك١ + ٢ك١ = ٣ك١
هـ١ = ٤٥° ، هـ٢ = ٣٠°
ع٢′ = ١٥ م/ث ، ع = ؟

ثانيا- على (م . ص): صفر = ك١ ع١′ جا٤٥° – ك٢ ع٢′ جا٣٠°

$\Leftarrow$ ك١ ع١′ × $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ = ٢ك١ × ١٥ × $\frac{١}{٢}$ $\Leftarrow$ ع١′ = $\sqrt{٢}$١٥ م/ث ..... (٢) .

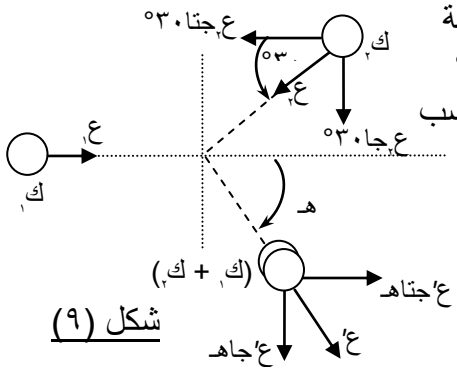
بتعويض (٢) في (١): ٦ع = $\sqrt{٢}$(١٥$\sqrt{٢}$) + $\sqrt{٣}$٣٠
$\Leftarrow$ ع = ٥($\sqrt{٣}$ + ١) $\cong$ ١٣,٦٦ م/ث .

ب- $\frac{(\text{طا}_{\text{ح}})_{\text{بعد}}}{(\text{طا}_{\text{ح}})_{\text{قبل}}}$ = $\frac{(ك_{١}ع_{١}^{٢} + ٢ك_{١}ع_{١}^{٢})'}{٣ك_{١}ع_{١}^{٢}}$ = $\frac{(ع^{٢} + ٢ع_{١}^{٢})'}{٣ع^{٢}}$ = $\frac{(\sqrt{٢}١٥)^{٢} + ٢(١٥)^{٢}}{٣(١٣,٦٦)^{٢}}$ = ١,٦ ،

∵ $\frac{(\text{طا}_{\text{ح}})_{\text{بعد}}}{(\text{طا}_{\text{ح}})_{\text{قبل}}}$ = ١,٦ ∴ (طا ح) زادت بعد الانشطار بنسبة ٠,٦ = ٦٠٪ عن (طا ح) قبل الإنشطار . فسر هذه الزيادة !

مثال(١٦): جسم كتلته ٢٥ كجم يتحرك باتجاه الشرق(موجب السينات) بسرعة مقدراها ١٢ م/ث اصطدم بجسم آخر كتلته ١٠ كجم متحركا باتجاه يصنع ٣٠° مع سالب السينات(الغرب) بسرعة مقدارها ٣٠ م/ث فالتحما كجسم واحد ، احسب سرعته مقدارا واتجاها بعد التصادم مباشرة .

الحل: تمثل سرعتي الجسمين المتحركين بيانيا كما في الشكل (٩) وباستخدام مبدأ حفظ كمية التحرك على المحورين واختصارا سنستخدم العلاقة المباشرة:



شكل (٩)

هـ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{\sum ك ع_{ص})_{\text{قبل}}}{(\sum ك ع_{س})_{\text{قبل}}}\right)$ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{-ك_{٢}ع_{٢}\text{جا}٣٠°}{ك_{١}ع_{١} - ك_{٢}ع_{٢}\text{جتا}٣٠°}\right)$

= ظا$^{-١}$ $\left(\frac{-١٠ \times ٣٠ \times ٠,٥}{٢٥ \times ١٢ - ١٠ \times ٣٠ \times ٠,٨٦٦}\right)$ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{-١٥٠}{٤٠,١٩}\right)$ = – ٧٥° في الربع الرابع = ٣٦٠° – ٧٥° = ٢٨٥° مع الأفق ، وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك على أي من المحورين وليكن الصادي:

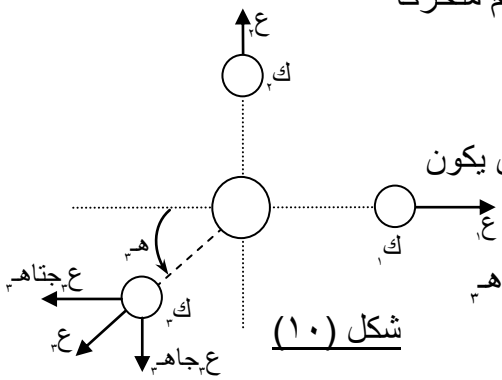
ك١ ع١ جا٣٠° = – (ك١ + ك٢) ع′ جاهـ

∴ ع′ = $\frac{١٠ \times ٣٠ \times ٠,٥}{(١٠ + ٢٥)\text{جا}٧٥}$ = ٤,٤ م/ث .

ك١ = ٢٥ كجم ، ك٢ = ١٠ كجم
ع١ = ١٢ م/ث ، ع٢ = ٣٠ م/ث
هـ٢ = ٣٠° مع سالب السينات .
هـ١ = صفر ، ع′ = ؟ ، هـ = ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(١٧): انفجرت قنبلة كتلتها ١٢ كجم إلى ثلاثة أجزاء الأول كتلته ٥ كجم متحركا بسرعة ٤٠ م/ث شرقا والثاني كتلته ٤ كجم متحركا بسرعة ٦٠ م/ث شمالا ، أوجد سرعة الثالث(مقدارا واتجاها) .



شكل (١٠)

الحل: لأنه يجب أن تكون محصلة كمية التحرك بعد التفكك صفر ! فنتوقع أن يكون اتجاه الجزء الثالث كما في الشكل (١٠) وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك:

أولا- على (م . س): صفر = ك١ع١ – ك٣ع٣جاهـ٣ ⟸ ٥ × ٤٠ = ٣ع٣جاهـ٣

⟸ ٢٠٠ = ٣ع٣جاهـ٣ .....(١) .

ثانيا- على (م . ص): صفر = ك٢ع٢ – ك٣ع٣جاهـ٣ ⟸ ٤ × ٦٠ = ٣ع٣جاهـ٣

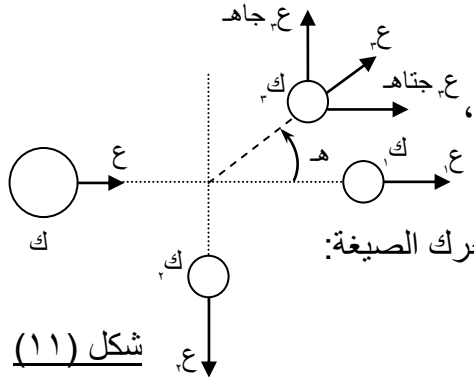
⟸ ٢٤٠ = ٣ع٣جاهـ ..... (٢) وبقسمة (٢) على (١) نحصل على:

ظاهـ٣ = $\frac{٢٤٠}{٢٠٠}$ ⟸ هـ٣ = ظا$^{-١}$($\frac{٦}{٥}$) = ٥٠,٢°

وبالتعويض في (٢) نحصل على: ع٣ = $\frac{٨٠}{جا٥٠,٢°}$ = ١٠٤ م/ث .

المعطيات:
ك١ = ٥ كجم ، ع١ = ٤٠ م/ث شرقا
ك٢ = ٤ كجم ، ع٢ = ٦٠ م/ث شمالا
ك = ك١ + ك٢ + ك٣
⟸ ك٣ = ك – (ك١ + ك٢) = ٣ كجم

مثال(١٨): جسم كتلته ١٢ كجم يتحرك أفقيا باتجاه الشرق بسرعة ٢ م/ث انشطر إلى ثلاثة أجزاء الأول كتلته ٣ كجم يتحرك بسرعة ٤ م/ث بنفس اتجاه حركة الجسم والثاني كتلته ٤ كجم يتحرك بسرعة ٢ م/ث باتجاه الجنوب ، ما هي سرعة واتجاه الجزء الثالث(ك٣) ؟



شكل (١١)

الحل: حركة الجسم وأجزاءه يوضحه الشكل (١١) ، ويأخذ مبدأ حفظ كمية التحرك الصيغة:

أولا- على (م . س): ك ع = ك١ع١ + ك٣ع٣جتاهـ

⟸ ١٢ × ٢ = ٣ × ٤ + ٥ع٣جتاهـ

⟸ ٢٤ – ١٢ = ٥ع٣جتاهـ ⟸ ١٢ = ٥ع٣جتاهـ ..... (١) .

ثانيا- على (م . ص): صفر = ك٣ع٣جاهـ – ك٢ع٢

⟸ ٥ع٣جاهـ = ٤ × ٢ ⟸ ٨ = ٥ع٣جاهـ ..... (٢) .

بقسمة (٢) على (١) نحصل على: ظاهـ = $\frac{٨}{١٢}$ ⟸ هـ = ظا$^{-١}$($\frac{٢}{٣}$) ≅ ٣٣,٧°

وبالتعويض في (١) نحصل على: ع٣ = $\frac{١٢}{٥جتا٣٣,٧°}$ = ٢,٨٨ م/ث .

ك = ١٢ كجم ، ع = ٢ م/ث
ك١ = ٣ كجم ، ك٢ = ٤ كجم
ك٣ = ك – (ك١ + ك٢) = ٥ كجم
ع١ = ٤ م/ث باتجاه موجب السينات
ع٢ = ٢ م/ث باتجاه سالب الصادات
ع٣ = ؟ ، هـ = ؟

إثراء :

١- في التصادم تام المرونة لجسمين متساويين في الكتلة يتحركان في نفس الإتجاه وبعد التصادم في بعدين ، أثبت:

أ- أنهما بعد التصادم سيتحركان في مسارين متعامدين(أي أثبت أن: هـ١ + هـ٢ = ٩٠°) .

ب- أنه يمكن حساب سرعتيهما بعد التصادم بالعلاقتين التاليتين:

* ع′١ = ع جتاهـ١ ،

* ع′٢ = ع جاهـ١ ، حيث (ع = ع١ + ع٢) هي السرعة المحصلة لسرعتي الجسمين قبل التصادم .

٢- في التصادم تام المرونة لجسمين متساويين في الكتلة يتحركان في نفس الإتجاه وبعد التصادم في بعدين ، أثبت أن الأول سيسلك بعد التصادم مسارا يصنع الزاوية هـ١ = ظا$^{-١}$($\frac{ع′١}{ع′٢}$) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٣- جزيئان من نفس الغاز يتحركان في نفس الإتجاه صنعا بعد تصادمهما الزاويتين(هـ١ ، هـ٢) مع جانبي خط حركتيهما الابتدائية ، فإذا كان بعد التصادم مقدار سرعة الثاني يزيد عن مقدار سرعة الأول بنسبة ٦٠٪ فاحسب مقدار هاتين الزاويتين . (٥٨° ، ٣٢°) .

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

٥- أسئلة وزارية مختارة: أ- ماذا يقصد بالتصادم المرن/غير المرن ؟

ب- التصادم بين جزيئات الغاز عديم المرونة ( ) . - ضع (✓) أو (×) -

جـ- في التصادم غير المرن تكون الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم ..... طاقتها بعد التصادم . - أكمل الفراغ -

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

تدريب(٦): للتصادم في بعدين تام المرونة لجسمين متحركان قبل التصادم في بعد واحد وبعد التصادم يتحركان في بعدين ، أثبت صحة العلاقتين التاليتين:

١- ع′١ = $\frac{(ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢) جا هـ_٢}{ك_١ جا(هـ_١ + هـ_٢)}$ ، ٢- ع′٢ = $\frac{(ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢) جا هـ_١}{ك_٢ جا(هـ_١ + هـ_٢)}$.

تدريب(٧): جسمان كتلتيهما (٦ ، ٤) كجم يتحرك الأول بسرعة مقدارها ٥ م/ث ليلحقه الثاني المتحرك بسرعة مقدارها ٢٠ م/ث وفي نفس اتجاهه وبعد اصطدامه به سلك مسارا يصنع ٣٠° مع اتجاه حركتيهما الابتدائية ، على افتراض أن التصادم تام المرونة احسب سرعة الثاني(مقداراً واتجاهاً) وكذلك مقدار سرعة الأول بعد الاصطدام .

تدريب(٨): شاحنة كتلتها ٣٥٥٧ كجم تسير باتجاه الشمال بسرعة مقدارها ٢٠ م/ث اصطدمت في التقاطع بسيارة كتلتها ١٤٤٣ كجم تسير باتجاه الشرق بسرعة مقدارها ثلاثة أمثال السرعة المشتركة لهما بعد التصادم ، احسب:

أ- الزاوية التي صنعتها السيارتان الملتحمتان معاً بعد التصادم .

ب- السرعة المشتركة لهما بعد التصادم .

جـ- سرعة السيارة 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($\overleftarrow{دفع}$) = التغير في كمية التحرك($\overleftarrow{Δكت}$) ■

مثال(١٩): 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(٩): أثبت أن الكميتين (ق ز ، ك ع) لهما نفس وحدات القياس . (سؤال وزاري) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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

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: ($ك_ص ع_{ص}$ – $ك_ص ع_{ص}$)$_{قبل}$ + ($ك_غ ع_{غ}$ – $ك_غ ع_{غ}$)$_{قبل}$ = صفر

لأن:
$ع_{ص}$ = صفر ⟸ $ك_ص ع_{ص}$ = صفر
⟸ $ك_{ت_ص}$ = صفر ∴ $\Delta ك_{ت_ص}$ = $ك_ص ع_{ص}$
$ع_{غ}$ = صفر ⟸ $ك_غ ع_{غ}$ = صفر
⟸ $ك_{ت_غ}$ = صفر ∴ $\Delta ك_{ت_غ}$ = $ك_غ ع_{غ}$

حيث أن:
ع$_{ص}$:السرعة الابتدائية ، ع:السرعة النهائية
ك$_{ص}$: كتلة الصاروخ ، ك$_{غ}$:كتلة الغازات
ع$_{غ}$:سرعة الصاروخ ، ع$_{غ}$:سرعة الغازات

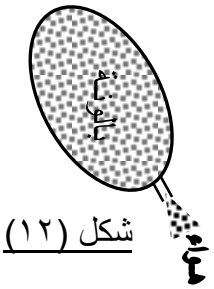
⟸ $\Delta ك_{ت_{صاروخ}}$ = – $\Delta ك_{ت_{غازات}}$ ..... (١) ، ∴ $ك_ص ع_{ص}$ = – $ك_غ ع_{غ}$ ، وكذلك:

دفع$_{صاروخ}$ = $\Delta ك_{ت_{صاروخ}}$ ..... (٢) ، دفع$_{صاروخ}$ = – $\Delta ك_{ت_{غازات}}$ ..... (٣) ، دفع$_{غازات}$ = $\Delta ك_{ت_{غازات}}$ ..... (٤) .

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

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

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


شكل (١٢)

الملاحظة: - يخرج الهواء من الفتحة بينما تتجه البالونة نحو الاتجاه المعاكس لاندفاع الهواء من البالونة كما في الشكل (١٢) .

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 مدببا من الأمام ليقل احتكاكه بهواء الغلاف الجوي ، كما يحترق وقوده من الأسفل لينطلق للأعلى .

مثال(٢٠) ← (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$_{ر}$) = $\frac{\text{دفع}_{صاروخ}}{\text{ز}}$ = $\frac{\Delta ك_{ت_{صاروخ}}}{\text{ز}}$ = $\frac{-\Delta ك_{ت_{غازات}}}{\text{ز}}$ = $\frac{-ك_غ ع_غ}{\text{ز}}$

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

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

٢- ∵ $ك_{ص} ع_{ص} = - ك_{غ} ع_{غ}$ ∴ $ع_{ص} = \frac{- ك_{غ} ع_{غ}}{ك_{ص}} = \frac{-١٠٠٠ \times (-٩٠٠٠٠)}{١٠٠٠٠} = ٩٠٠٠$ م/ث .

مثال(٢١): 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 .

المعطيات:
$ك_{ص} = ١٠^{٤}$ كجم ، $ك_{غ} = ١٣٠٠$ كجم ،
ز = ١ ث ، $ع_{غ} = - ٥ \times ١٠^{٤}$ م/ث ،
ء = ٩,٨ م/ث^{٢} ، $(ق_د)_{صاروخ}$ = ؟ ،
$\Delta كت_{صاروخ}$ = ؟ ، $ق_{ص}$ = ؟ .

الحل: أ- دفع$_{صاروخ}$ = $- \Delta كت_{غازات} \Leftarrow (ق_د)_{صاروخ} \times ز = - ك_{غ} ع_{غ}$

$\Leftarrow (ق_د)_{صاروخ} = \frac{- ك_{غ} ع_{غ}}{ز} = \frac{-١٣٠٠ \times (-٥ \times ١٠^{٤})}{١} = ٦٥ \times ١٠^{٦}$ نيوتن .

ب- دفع$_{صاروخ}$ = $\Delta كت_{صاروخ}$

$\Leftarrow \Delta كت_{صاروخ} = (ق_د)_{صاروخ} \times ز = ٦٥ \times ١٠^{٦} \times ١ = ٦٥ \times ١٠^{٦}$ كجم.م/ث

جـ- القوة التي يصعد بها الصاروخ = $(ق_د)_{صاروخ} - ق_{جـ} = (ق_د)_{صاروخ} - و_{صاروخ} = (ق_د)_{صاروخ} - ك_{صاروخ} \times ء$
$= ٦٥ \times ١٠^{٦} - ٩,٨ \times ١٠^{٤} = ٦٤٩ \times ١٠^{٥}$ نيوتن .

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

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

قوة الطرد المركزية(ق$_{م}$ - Centripetal Force):

وهي القوة التي تنشأ عن سرعة دوران الجسم ، وتحسب بالعلاقة: $ق_{م} = \frac{ك ع^{٢}}{نق}$ حيث أن:
ك: كتلة الجسم ، ع: سرعته ، نق: نصف قطر مساره الدائري .

قوة الجذب العام(ق$_{جـ}$ - Force of Gravity):

وهي القوة التي تنشأ بين كتلتي أي جسمين في الكون ، وتحسب بالعلاقة: $ق_{جـ} = ج \frac{ك_{١} ك_{٢}}{ل^{٢}}$ حيث أن:
ج: ثابت الجذب العام ، $ك_{١} ك_{٢}$: 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 . فسر ذلك !

جـ: ∵ $ق_{جـ} = ج \frac{ك_{١} ك_{٢}}{ل^{٢}}$ ، ل = نق$_{ر}$ $\Leftarrow$ $(ق_{جـ})_{التفاحة\ للأرض} = ج \frac{ك_{الأرض}}{نق_{ر}^{٢}} = (ق_{جـ})_{الأرض\ للتفاحة} = ق_{جـ}$ ، وبفرض أن:

$ك_{التفاحة}$ = ١٥٥ جم ، $ك_{الأرض} = ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}$ كجم ، نق$_{ر}$ = $٦,٣٨ \times ١٠^{٦}$ م ، ج = $٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن.م^{٢}/كجم^{٢} ،

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

وتسارع التفاحة نحو الأرض(جـ$_{ت}$) = $\frac{ق_{جـ}}{ك_{التفاحة}}$ = ٩,٨ م/ث^{٢} ، ولهذا لن تتحرك الأرض نحو التفاحة لأن تسارعها نحوها صفر بينما تتحرك التفاحة نحو الأرض لامتلاكها تسارع نحوها مقداره (٩,٨) م/ث^{٢} .

طاقة وضع الجسم(ط$_{و}$ - Potential Energy):

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

ط$_{و}$ = و × ل = ك ء ل ، حيث أن: و: وزن الجسم ، ل: بعد الجسم عن المستوى الأفقي المعين .

س: ما علاقة طاقة وضع الجسم ببعده عن مركز الأرض ؟

جـ: ∵ ط$_{و}$ = و ل = ك ء ل ، ء = $\frac{ج_{ك}}{ل^{٢}}$ ⟸ ط$_{و}$ = ك($\frac{ج_{ك}}{ل^{٢}}$) ل = ك$\frac{ج_{ك}}{ل}$ هذا يعني أن طاقة وضع الجسم تتناسب عكسيا مع بعده عن مركز الأرض (ط$_{و}$ ∝ $\frac{١}{ل}$) 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$_{ر}$) .

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 < نق$_{ر}$) 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(ق$_{جـ}$) بل ضدها ، وعند ارتفاع الجسم إلى بعد معين يساوي متوسط نصف قطر الأرض(ل = نق$_{ر}$) بحيث يمسح هذا البعد كل كتلة الأرض بالمتوسط يدخل هذا الجزء من الكتلة في حساب (ق$_{جـ}$) فيزداد مقدارها (ق$_{جـ}$ ∝ ك) لتزداد طاقة وضع الجسم (ط$_{و}$ ∝ ق$_{جـ}$) ، أما بعد هذا الارتفاع(ل > نق$_{ر}$) فيعمل قانون نيوتن العام في الجاذبية فكلما زاد بعد الجسم عن مركز الأرض(ل) تقل قوة جذب الأرض له(ق$_{جـ}$) فتقل تبعا لذلك طاقة وضعه(ط$_{و}$) ، 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(نق$_{ر}$) = $\frac{نق_{١} + نق_{٢} + نق_{٣} + ... + نق_{ن}}{ن}$ = ٦,٣٨ × ١٠^{٦} متر .

إثراء:

١- اختر الإجابة الصحيحة -

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

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) .

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

٣- 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)

٤- 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})

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 (الأرض مثلا) .

* شرط إفلات جسم من مجال جاذبية جسم آخر:

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

∴ 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 ≅ ١١,٢ كم/ث .

مثال(٢٢): احسب مقدار الطاقة الحركية اللازم إعطاؤها لجسم كتلته ٢٠٠ طن لكي يفلت من مجال الجاذبية الأرضية .

الحل:

طـ$_{حـ}$ = $\frac{1}{2}$ 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 مثلا) لكي يدور حول جسم آخر (الأرض مثلا) في مسار دائري

* شرط دوران جسم حول آخر في مسار دائري:

ق$_{م}$ = ق$_{جـ}$ ⟸ $\frac{ك\ ع_{م}^{2}}{نق}$ = $\frac{ك\ ك_{ر}}{نق^{2}}$ جـ ⟸ ع$_{م}^{2}$ = $\frac{ك_{ر}}{نق}$ جـ

∴ ع$_{م}$ = $\sqrt{\frac{ك_{ر}}{نق}\ جـ}$ ..... (٢) .

* من (٢) نجد أن السرعة المدارية لاتعتمد إلا على نصف قطر المسار(الارتفاع عن سطح الأرض بالتحديد) فقط فهي تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي له (ع$_{م}$ ∝ $\frac{1}{\sqrt{نق}}$) .

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

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

= ٧٩٠٨ م/ث ≅ ٨ كم/ث .

مثال(٢٣): القمر الطبيعي يدور حول الأرض مرة كل ٢٧,٣ يوم ، احسب بعده عن سطح الأرض .

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

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

⟸ ع$_{م}^{2}$ = $\frac{٤\pi^{2} نق^{2}}{٥,٥٦ \times ١٠^{١٢}}$ ..... (١) .

كذلك: ع$_{م}^{2}$ = $\frac{ج\ ك_{ر}}{نق}$ = $\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{نق}$ ..... (٢)

من (١) و (٢): نق^{٣} = $\frac{٣,٩٩ \times ١٠^{١٤} \times ٥,٥٦ \times ١٠^{١٢}}{٤\pi^{2}}$ ،

⟸ نق = ٣,٨٣ × ١٠^{٨} م ،

∴ بعد القمر عن سطح الأرض(ف) = نق – نق$_{ر}$

= (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$_{حـ}$ > طـ$_{و}$ ، طـ$_{حـ}$ = طـ$_{و}$ ، طـ$_{حـ}$ < 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(٢٤) ← (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$_{ف}$ = ٢ 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} .

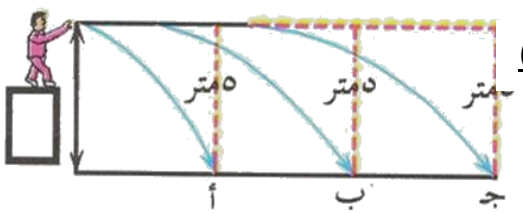
جدول مقارنة بين السرعتين الكونيتين سرعة الإفلات(ع$_{ف}$) والسرعة المدارية(ع$_{م}$):

وجه القارنة / السرعة	سرعة الإفلات(ع$_{ف}$)	السرعة المدارية(ع$_{م}$)
المقدار	متغير	ثابت
اتجاهها	ثابت ورأسيا	متغير وأفقيا
السرعة كمتجه	متغيرة	متغيرة
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	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 (١٣) ،



شكل (١٣)

لأن: ق$_{م}$ << ق$_{جـ}$.
- 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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الأرض وفي كل مرة تزداد المسافة الأفقية التي يقطعها قبل أن يصل إلى سطح الأرض بسبب زيادة قوة الطرد(قم) 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(قم = قجـ) فإن القمر سيدور حول الأرض في مسار دائري ذي نصف قطر ثابت وسرعة مقدارها ثابت ، والسرعة اللازمة لدوران أقرب قمر حول الأرض هي تقريبا 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 المعاكسة 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(٢٥) ← (٢٠١١ - ٢٠١٢):

قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار دائري على ارتفاع ٩٤٠ كم من سطح الأرض ، فإذا علمت أن كتلة الأرض (كـ$_{ر}$ = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم) ونصف قطرها(نق$_{ر}$ = ٦٣٦٠ كم) وثابت الجذب العام(ج$_{ثـ}$) = 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/ث .

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

∴ ع$_{م}$ = $\sqrt{\frac{ج\ك_{ر}}{نق}}$ = $\sqrt{\frac{٦,٦٧ \times ١٠^{-١١} \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{٧,٣ \times ١٠^{٦}}}$ = ٧٤٠٤,١٨ م/ث = ٧,٤ كم/ث < ع$_{ى}$.

٢- ∵ ع$_{م}$ = $\frac{٢\pi نق}{ز_{ر}}$ ⟸ ز$_{ر}$ = $\frac{٢\pi نق}{ع_{م}}$ = $\frac{٢\pi \times ٧,٣ \times ١٠^{٦}}{٧٤٠٤,١٨}$ = ٦١٩٤,٧٧٨ ث = ١,٧٢ ساعة .

مثال(٢٦) ← (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 = $\frac{ع_{م}}{نق}$ = $\sqrt{\frac{ج\ك_{ر}}{نق^{٣}}}$ = $\sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{(١,٦ \times ١٠^{٧})^{٣}}}$ = ٣,١٢ × ١٠$^{-٤}$ راد/ث .

مثال(٢٧): 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 – نقِ = ١,١ × ١٠^٧ – ٦,٣٨ × ١٠^٦ = ٤,٦٢ × ١٠^٦ م .

ب- لمعرفة عدد الدورات في اليوم نمر بالخطوات التالية:

ع = $\sqrt{\frac{ج ك_{ر}}{نق}}$ = $\sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{١,١ \times ١٠^{٧}}}$ = ٦٠٢٢,٦ م/ث ،

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

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

مثال(٢٨): وضع قمر صناعي على ارتفاع ١٥٠ كم فوق سطح الأرض ثم وضع آخر على ارتفاع مختلف بحيث كانت سرعته المدارية ٩٧٪ من السرعة المدارية للأول . احسب ارتفاع القمر الثاني عن سطح الأرض .

الحل: ∵ ع^٢م = $\frac{ج ك_{ر}}{نق}$ ⟸ للقمر الأول: ع^٢م١ = $\frac{ج ك_{ر}}{نق_{١}}$ ..... (١) ، للقمر الثاني: ع^٢م٢ = $\frac{ج ك_{ر}}{نق_{٢}}$ ..... (٢) .

المعطيات:
ف١ = ١٥٠ كم = ٠,١٥ × ١٠^٦ م ،
نق١ = نقِ + ف١
= ٦,٣٨ × ١٠^٦ + ٠,١٥ × ١٠^٦
= ٦,٥٣ × ١٠^٦ م ،
ع١ = ٠,٩٧ ع١ ، ف٢ = ؟ .

وبقسمة (٢) على (١): $\frac{ع^{٢}_{م٢}}{ع^{٢}_{م١}}$ = $\frac{\frac{ج ك_{ر}}{نق_{٢}}}{\frac{ج ك_{ر}}{نق_{١}}}$ = $\frac{نق_{١}}{نق_{٢}}$ ⟸ $\frac{(٠,٩٧ ع_{م١})^{٢}}{ع^{٢}_{م١}}$ = $\frac{٦,٥٣ \times ١٠^{٦}}{نق_{٢}}$

⟸ نق٢ = $\frac{٦,٥٣ \times ١٠^{٦}}{(٠,٩٧)^{٢}}$ = ٦,٩٤ × ١٠^٦ م ، لكن: نق = نقِ + ف

∴ ف٢ = نق٢ – نقِ = ٦,٩٤ × ١٠^٦ – ٦,٣٨ × ١٠^٦

= (٦,٩٤ – ٦,٣٨) × ١٠^٦ = ٠,٥٦ × ١٠^٦ م = ٥٦٠ كم .

إثراء:

١- أسئلة وزارية مختارة:

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

ب- ما التدابير المتبعة لتجنيب الأقمار الصناعية مقاومة الهواء ؟

جـ- ضع (✓) أو (×): ١- لكي يدور القمر حول الأرض لا بد أن تكون قوة جذب القمر مساوية لقوة دفعه . ( )

٢- كمية التحرك لجسم تتناسب طرديا مع كتلته وسرعته . ( )

د- 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- للوصول إلى أقرب مدار حول الأرض فإن ذلك يتطلب إطلاق صاروخ بشكل أفقي وبسرعة (٨ م/ث ، ٨ كم/ث ، ١١ كم/ث ، ١٢ كم/ث) .

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

٢- السرعة المدارية تحفظ القمر الصناعي على نفس الارتفاع !

و- اذكر تطبيقاً واحداً لمبدأ حفظ كمية التحرك الخطي .

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

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

ط- ما الشرط الأساسي لاتزان القمر الصناعي أثناء دورانه حول الأرض ؟ ثم اكتب العلاقة الرياضية المستخدمة لحساب السرعة المدارية لقمر صناعي .

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 . ( )

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- 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 ($\frac{٢\pi نق_{ر}}{ز_{ر}}$ ، $\sqrt{\frac{ج ك_{ر}}{نق_{ر}}}$) ؟ ولماذا ؟ ثم احسبها . (٤٦٤)

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

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

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

٧- 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)

٨- 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 ؟)

٩- احسب كتلة كوكب الزهرة إذا علمت أن سرعة إفلات جسم من سطحه مقدارها ١٠,٤ كم/ث وعجلة جاذبيته ٨,٧٨ م/ث٢ . (٤,٩٩ × ١٠^٢٤ كجم ، أي ٨٣% من كتلة الأرض)

١٠- صاروخ يفقد ٢% من كتلته في الثانية الأولى لإنطلاقه على شكل غازات متحركة بسرعة ١٠^٤ م/ث بالنسبة للصاروخ ، أ- احسب سرعة انطلاق الصاروخ . (٢٠٠ م/ث)
ب- إذا استمر الصاروخ بهذه السرعة حاملاً قمر صناعي حتى وضعه في مداره بعد ثلث ساعة فاحسب السرعة المدارية لهذا القمر . (٧٧٦٣,٣٦ م/ث)

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

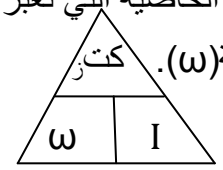
تدرب(١١): أثبت صحة العلاقات المباشرة التالية: أ- نق = ($\frac{ز_{ر}}{٣,١٤٥٦ \times ١٠^{-٧}}$)^٣/٢ م .

ب- ع_م = ٢π($\frac{١}{٩,٩ \times ١٠^{-١٤} ز_{ر}}$)^٣/١ (لأي جسم يدور حول الأرض) .

تدريب(١٢): 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).



$\overleftarrow{كت_{ر}} = I \overleftarrow{\omega}$ ⟸ ، $I = \frac{كت_{ر}}{\omega}$ ، $\overleftarrow{\omega} = \frac{\overleftarrow{كت_{ر}}}{I}$ ، حيث أن: كت_ر هي كمية التحرك الزاوي للجسم ،

* كذاك: $I = ك نق^{٢}$ ، $\overleftarrow{\omega} = \frac{\overleftarrow{ع}}{نق}$ حيث أن: ك ،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) .

مثال(٢٩) ← (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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الحل: ١- عزم القصور الذاتي ألدوراني للإطار(I) = ك نق^{٢} = ٢ × ١^{٢} = ٢ كجم.م^{٢} ،
ك = ٢ كجم ، ω = ٦٠ راد/ث .
نق = القطر/٢ = ٢٠٠/٢ = ١٠٠ سم = ١ م
٣- كمية التحرك الزاوي للإطار(كت$_{ز}$) = I ω = ٢ × ٦٠ × ١٢٠ كجم.م^{٢}/ث .

مثال(٣٠): 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 = ٣٠٠ دورة / $\frac{٢}{٣}$ دقيقة × ٦٠ = ٣٠٠/٢ = ٧,٥ HZ
I = ١٤ كجم.م^{٢} ، ω = ؟ ، كت$_{ز}$ = ؟

الحل: ١- ω = ٢ π f = ٢ π × ٧,٥ = ١٥ π راد/ث ≅ ٤٧,١٢٤ راد/ث .
٢- كت$_{ز}$ = ωI = ١٤ × ١٥ π = ٢١٠ π كجم.م^{٢}/ث ≅ ٦٥٩,٧ كجم.م^{٢}/ث .

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):
- ماذا يقصد بكل من: أ- السرعة الزاوية ؟ ، ب- خاصية القصور الذاتي الدوراني ؟
- تظل كمية التحرك الزاوي لجسم ثابتة عندما تؤثر عليه عزوم دوران خارجية . ( )
- القصور الذاتي ألدوراني هو عبارة عن مقاومة الجسم لعزم القوة التي تحاول إحداث تغير في (شكله ، طوله ، كمية حركته ، حالته الدورانية) . (خيارات)
- 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) .
٢- ما هي علاقة التناسب بين السرعة الزاوية(ω) ونصف قطر مسار الجسم الدائري(نق) ؟

تدريب(١٣): 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 (١٤) 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$_ح$ = $\sqrt{ع_س^2 + ع_ص^2}$ 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$_ص$ + 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 + ½ جـ ز^2	
	الثالثة ⇐ ع^2 = ع$_ص^2$ + ٢جـ ف	

ع$_س$ = ع جتاهـ ... (١) ⇔	ع$_س$ = ع$_س$ + جـ$_س$ ز	الأولى ⇔	ع$_ص$ = ع$_ص$ + جـ$_ص$ ز
ف$_س$ = ع جتاهـ ز (٢) ⇔	ف$_س$ = ع$_س$ ز + ½ جـ$_س$ ز^2	الثانية ⇔	ف$_ص$ = ع$_ص$ ز + ½ جـ$_ص$ ز^2
ع$_ص$ = ع جاهـ ... (١) ⇔	ع$_ص^2$ = ع$_س^2$ + ٢جـ$_س$ ف$_س$	الثالثة ⇔	ع$_ص^2$ = ع$_ص^2$ + ٢جـ$_ص$ ف$_ص$

⇔ ع$_ص$ = ع جاهـ ± ء ز ... (٣)	
⇔ ف$_ص$ = ع جاهـ ز ± ½ ء ز^2 .. (٤)	
⇔ ع$_ص^2$ = (ع جاهـ)^2 ± ٢ء ف$_ص$ ..(٥)	

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٣١): 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° $\times ز \Leftarrow ز = \frac{٥٠}{٣٠ \times$ جتا٣٠°$} = ١,٩$ ث ،

أ- الإرتفاع الذي سيصل إليه التيار المائي:

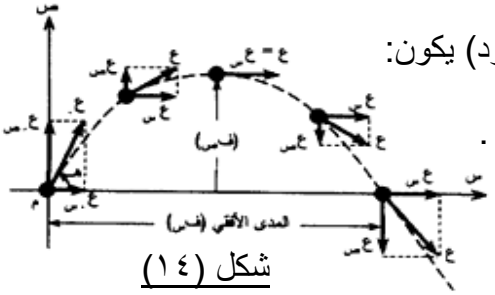
$(ف_{ص}) = ع جاهـ ز - \frac{١}{٢} ء ز^{٢} = ٣٠ \times$ جا٣٠° $\times ١,٩ - \frac{١}{٢} \times ٩,٨ \times (١,٩)^{٢} = ١٠,٨$ م ،

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 (١٤)

من العلاقة (٣) وعند أقصى ارتفاع حيث $ع_{ص}$ = صفر وإشارة د 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($ف_{س}$) $= \frac{ع^{٢} جا٢هـ}{ء}$ ..... (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(٣٢): 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(٣٣) ← (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$_{ص}$) = $\frac{ع^{٢}\ جا^{٢}هـ}{٢ء}$ = $\frac{(١٦)^{٢} \times جا^{٢}(٣٠°)}{٢ \times ١٠}$ = 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$_{ص}$) = $\frac{ع^{٢}\ جا^{٢}هـ}{٢ء}$ ..... (١) ، (ز$_{ذروة}$)^{٢} = $\frac{ع^{٢}\ جا^{٢}هـ}{ء^{٢}}$ ..... (٢)

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

مثال(٣٤): 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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٣٥) ← (السؤال السابع من تقويم الوحدة):

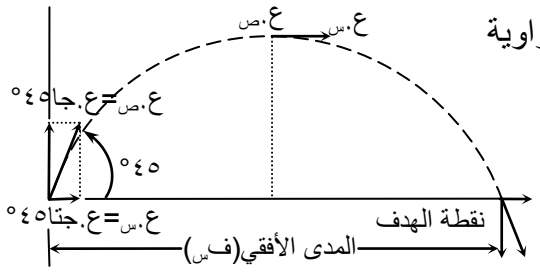
أطلق مدفع قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها ٢٠٠√٢ م/ث باتجاه يصنع زاوية مقدارها ٤٥° مع الإتجاه الأفقي ، بإهمال مقاومة الهواء واعتبار عجلة الجاذبية الأرضية تساوي ١٠ م/ث^{٢} أوجد:

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 (١٥)

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

الحل: نرسم حركة المقذوف كما في الشكل(١٥) ،

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)$_{٣٥ث}$ = $\sqrt{ع_{س}^{٢} + ع_{ص}^{٢}}$ = $\sqrt{(٢٠٠)^{٢} + (-١٥٠)^{٢}}$

= 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° ■

مثال(٣٦): 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 .

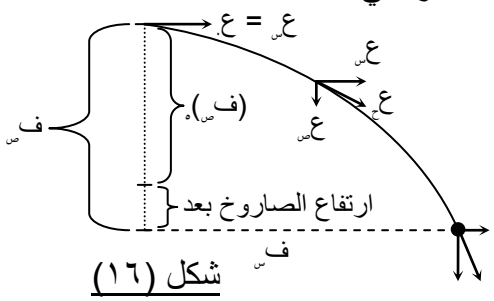
ب- زمن وصول الصاروخ إلى الهدف .

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 (١٦)

المعطيات: ∵ القذف أفقيا
∴ هـ = صفر ، ز$_{ذروة}$ = ز$_{مدى أفقي}$
ف$_{ص}$ = ١٥٠ م ، ف$_{س}$ = ١٨٠٠ م
ء = ٩,٨ م/ث^{٢} . (هبوط +)

الحل:

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

ع$_{ص}$ = $\sqrt{(ع جاهـ)^{٢} + ٢ ءف_{ص}}$ لأن: ع$_{ص}^{٢}$ = (ع جاهـ)^{٢} + ٢ ءف$_{ص}$

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

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

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

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

حيث أن: $ع_{س}$ = $ع_{ج}$ جتاهـ = ٣٢٥,٥ × جتا(صفر) = ٣٢٥,٥ م/ث ، $ع_{ص}$ = ٥٤,٢٢ م/ث (من الفقرة - أ-) .

هـ- إذا افترضنا أن ($ف_{ص}$)$_{ه}$ = $ع_{ج}$ جاهـ ز + $\frac{١}{٢}$ ءز^{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 (١٦) -

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

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 ،

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

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

هـ- هل يمكن لمدفع أن يطلق قذيفتين بزاويتين مختلفتين بحيث يكون لهما نفس المدى الأفقي ؟ وضح ذلك .

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

ز- 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 .

ح- 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)

٢- أطلقت قذيفة أفقيا من سطح مبنى على هدف أرضي فوصلت إليه بعد ٣,٠٣ ثانية ، احسب:

أ- عدد طوابق المبنى إذا كان إرتفاع الطابق الواحد ٣ متر . (١٥)

ب- سرعة القذيفة الإبتدائية إذا كان بعد الهدف ١٥٠ م عن أسفل المبنى . (٥٠)

جـ- سرعة القذيفة لحظة الإصطدام بالهدف مباشرة . (٥٨,٣)

د- بعد الهدف عن مصدر إطلاق القذيفة . (١٥٦,٦)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٣- أوجد زاوية القذف لمقذوف سرعته عند أقصى إرتفاع نصف سرعته لحظة القذف . (٦٠°)

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

٥- أطلق مدفع قذيفة أفقيا من رأس جبل بسرعة ١٩٦ م/ث ، فإذا قطعت مدى أفقياً يساوي ضعف ارتفاع الجبل عن المستوى الأفقي لنقطة الهدف فاحسب ارتفاع هذا الجبل . (١٩٦٠)

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 بشكا 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 .

١٠- قذفت كرة أفقيا من سطح طاولة ارتفاعها ٨١ سم فارتطمت بالأرضية عند نقطة تبعد ١٢٥ سم عن أسفل الطاولة ، فإذا كانت كتلتها ٢٠٠ جم وبإهمال مقاومة الهواء وبإعتبار عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث^{٢} احسب:
أ- الزمن اللازم لوصول الكرة إلى الأرض(٠,٤) ، ب- سرعة الكرة لحظة ارتطامها بالأرضية مباشرة(٥) ،
جـ- كمية تحركها لحظة القذف مباشرة(٠,٦٢٥) ، د- طاقة حركتها لحظة الإرتطام مباشرة(٢,٥١٣٢) .

١١- أطلق مقذوف أفقيا من سطح مبنى بسرعة ابتدائية مقدارها ٥٠ م/ث فكان بعد نقطة سقوطه عن أسفل المبنى مساويا لإرتفاع المبنى ، اوجد ارتفاع هذا المبنى . (٥١٠,٢ متر)

تدريب(١٤): إذا كانت نسبة سرعة المقذوف عند أقصى ارتفاع إلى سرعته عندما كان منتصف أقصى ارتفاع تساوي $\frac{٦}{٧}$ فأثبت أن زاوية القذف تساوي ٣٠° .

تدريب(١٥): بأية زاوية قذف يكون المدى الأفقي للمقذوف(ف$_{س}$) مساويا لذروة قذفه(ف$_{ص}$) ؟

تدريب(١٦): أطلقت رصاصة من قمة برج إرتفاعه ١٢٠ م بسرعة ابتدائية مقدارها ١٥٠ م/ث فأصابت طائراً عندما بلغت ذروة قذفها بعد ٤ ثوان ، فكم من الوقت سيستغرقه الطائر في سقوطه حتى يصل إلى الأرض ؟

تدريب(١٧): في التدريب السابق(١٦) كم كان يبعد الطائر عن قمة البرج لحظة إصابته بالرصاصة ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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(١٧) - ،

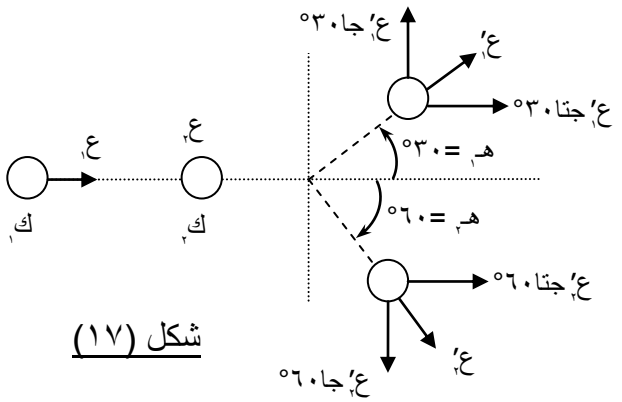
∴ نستخدم العلاقتين المباشرتين كما يلي:

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

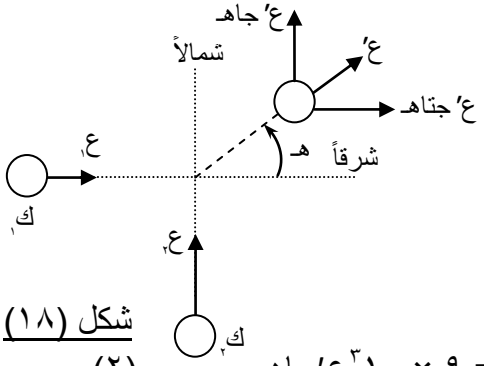
= $\frac{(\text{ع}_{١} + \text{ع}_{٢}) \text{ جاهـ}_{١}}{\text{جا}(\text{هـ}_{١} + \text{هـ}_{٢})}$ = $\frac{(١٥٠ + \text{صفر}) \text{ جا}٣٠°}{\text{جا}(٩٠°)}$ = ٧٥ م/ث .



شكل (١٧)

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 (١٨) - وفيه حركة الجسمين قبل التصادم الأول شرقا والآخر شمالا لذلك تكون صيغة مبدأ حفظ كمية التحرك لهذه الحالة:



شكل (١٨)

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 × ١٠^٣ع′ جاهـ ..... (٢) .

ب- بقسمة (٢) على (١) نحصل على:

$\frac{٨ \times ١٠^{٤}}{٥ \times ١٠^{٤}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٣} \text{ ع′ جاهـ}}{٩ \times ١٠^{٣} \text{ ع′ جتاهـ}}$ ⟸ 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$_{ح}$)$_{\text{بعد}}$

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

∴ 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

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 = ؟

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$_س$ = ٣√١٦٠ م

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

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

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إجابات تدريبات الوحدة الأولى

تدريب(١):

أ- بداية كان $(طا_ح)_ش = \frac{1}{3} (طا_ح)_س \Leftarrow \frac{1}{2} ك_ش ع_ش^2 = \frac{1}{3} (\frac{1}{2} ك_س ع_س^2)$ لكن: $ك_ش = ٥ ك_س$

$\Leftarrow (٥ ك_س) ع_ش^2 = \frac{1}{3} ك_س ع_س^2 \Leftarrow ١٥ ع_ش^2 = ع_س^2$ ..... (١) .

وعند زيادة سرعة الشاحنة بمقدار $(\frac{٥٠ كم}{١ ساعة} = \frac{٥٠ \times ١٠٠٠ م}{١ \times ٣٦٠٠ ث} = \frac{١٢٥}{٩}$ م/ث) يكون:

$(طا_ح)_ش = (طا_ح)_س \Leftarrow \frac{1}{2} ك_ش (ع_ش + \frac{١٢٥}{٩})^2 = (\frac{1}{2} ك_س ع_س^2) \Leftarrow ٥ ك_س (ع_ش + \frac{١٢٥}{٩})^2 = ك_س ع_س^2$

$\Leftarrow ٥ (ع_ش + \frac{١٢٥}{٩})^2 = ع_س^2$ ..... (٢) .

من (١) و (٢) نجد أن: $١٥ ع_ش^2 = ٥ (ع_ش + \frac{١٢٥}{٩})^2 \Leftarrow ٣ ع_ش^2 = ع_ش^2 + ٢ \times \frac{١٢٥}{٩} ع_ش + (\frac{١٢٥}{٩})^2$

$\Leftarrow ٢ ع_ش^2 - \frac{٢٥٠}{٩} ع_ش - (\frac{١٢٥}{٩})^2 =$ صفر ، وباستخدام القانون العام للتحليل نحصل على أن:

$ع_ش = ١٨,٩٧$ م/ث ، -٥ م/ث ، وبالتعويض في العلاقة (١) نحصل على: $ع_س = ٧٣,٤٨$ م/ث ، ١٩,٦٩ م/ث .

ب- $\frac{كت_س}{كت_ش} = \frac{ك_س ع_س}{ك_ش ع_ش} = \frac{٧٣,٤٨ ك_س}{١٨,٩٧ ك_ش} = \frac{٧٣,٤٨ ك_س}{١٨,٩٧ \times ٥ ك_س} = \frac{٧٣,٤٨}{١٨,٩٧ \times ٥} = ٠,٧٧٤٧ = ٧٧,٤٧ ٪$.

تدريب(٢): التصادم في بعد واحد وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك:

$ك_١ ع_١ + ك_٢ ع_٢ = ك_١ ع'_١ + ك_٢ ع'_٢ \Leftarrow ٠,٤ \times ٥ + ٠,٣ \times ١٠ = ٠,٤ ع'_١ + ٠,٣ ع'_٢$ وبالضرب في (١٠):

$٥٠ = ٤ ع'_١ + ٣ ع'_٢ \Leftarrow ع'_١ = \frac{٥٠ - ٣ ع'_٢}{٤}$ ..... (١) .

المعطيات:
$ك_١ = ٠,٤$ كجم ، $ع_١ = ٥$ م/ث
$ك_٢ = ٠,٣$ كجم ، $ع_٢ = ١٠$ م/ث
$ع'_١ = ؟$ ، $ع'_٢ = ؟$

وبما أن التصادم تام المرونة نطبق مبدأ حفظ الطاقة الحركية:

$\frac{1}{2} ك_١ ع_١^2 + \frac{1}{2} ك_٢ ع_٢^2 = \frac{1}{2} ك_١ ع'_١^2 + \frac{1}{2} ك_٢ ع'_٢^2$

$\Leftarrow \frac{1}{2} \times ٠,٤ \times (٥)^2 + \frac{1}{2} \times ٠,٣ \times (١٠)^2 = \frac{1}{2} \times ٠,٤ \times ع'_١^2 + \frac{1}{2} \times ٠,٣ \times ع'_٢^2$

$٥ + ١٥ = ٠,٢ ع'_١^2 + \frac{٠,٣}{2} ع'_٢^2$ وبالضرب في (٢٠): $٤٠٠ = ٤ ع'_١^2 + ٣ ع'_٢^2$ ..... (٢) .

وبتعويض (١) في (٢): $٤٠٠ = ٤ (\frac{٥٠ - ٣ ع'_٢}{٤})^2 + ٣ ع'_٢^2 = ٤ (\frac{٥٠}{٤} - \frac{٣ ع'_٢}{٤})^2 + ٣ ع'_٢^2$

$\Leftarrow ٤٠٠ = ٦٢٥ - ٧٥ ع'_٢ + \frac{9}{4} ع'_٢^2 + ٣ ع'_٢^2 \Leftarrow ١٦٠٠ = ٢٥٠٠ - ٣٠٠ ع'_٢ + ٩ ع'_٢^2 + ١٢ ع'_٢^2$

$\Leftarrow ٢١ ع'_٢^2 - ٣٠٠ ع'_٢ + ٩٠٠ =$ صفر ، وباستخدام القانون العام للتحليل نحصل على أن:

$ع'_٢ = ١٠$ م/ث ، $\frac{٣٠}{٧}$ م/ث وبالتعويض في العلاقة (١) نحصل على: $ع'_١ = ٥$ م/ث ، $\frac{٦٥}{٧}$ م/ث .

تدريب(٣): أ- الطاقة الحركية تتحول إلى صوت وحرارة عند الارتطام بالأرض .
ب- كمية التحرك تنتقل إلى كمية تحرك الأرض (التحام) .

تدريب(٤): أ- شغ = Δطا$_ح = \frac{1}{2} ك ع^2 - \frac{1}{2} ك ع_ِ^2 =$ صفر $- \frac{1}{2} \times ١,٢٥ \times (١,٢٨)^2 = - ١,٠٢٤$ جول .

ب- الدفع = التغير في كمية التحرك = ك ع – ك ع$_ِ$ = صفر – ١,٢٥ × ١,٢٨ = – ١,٦ نيوتن.ث .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

جـ- ∵ شغ = ق ف ⟸ ق = $\frac{\text{شغ}}{\text{ف}}$ = $\frac{-١,٠٢٤}{٠,٠٢٢٥}$ = – ٤٥,٥ جول ،

لكن: دفع = ق ز ∴ ز = $\frac{\text{دفع}}{\text{ق}}$ = $\frac{-١,٦}{-٤٥,٥}$ = ٠,٠٣٥ ث .

ك = ١,٢٥كجم
ع = ١,٢٨ م/ث ، ع = صفر
ف = ٢,٢٥ سم = ٠,٠٢٢٥ م

تدريب(٥): التصادم في بعد واحد (التحام) وفيه:

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 .

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

تدريب(٦): ١- لهذه الحالة من التصادم في بعدين تام المرونة - كما سبق في موضوعها - يكون:

على(م . س): ك١ ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع١′ جتاهـ١ + ك٢ع٢′ جتاهـ٢ ..... (١) .

وعلى افتراض أن حركة الجسمين قبل التصادم تكون باتجاه موجب المحور السيني يكون:

على(م . ص): صفر = ك١ع١′ جاهـ١ – ك٢ع٢′ جاهـ٢ ⟸ ك٢ع٢′ جاهـ٢ = ك١ع١′ جاهـ١ ⟸ ع٢′ = $\frac{\text{ك١ع١′ جاهـ١}}{\text{ك٢ جاهـ٢}}$ ..... (٢)

وبتعويض (٢) في (١) نحصل على:

ك١ ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع١′ جتاهـ١ + ك٢$\left(\frac{\text{ك١ع١′ جاهـ١}}{\text{ك٢ جاهـ٢}}\right)$جتاهـ٢ = ك١ع١′ جتاهـ١ + $\frac{\text{ك١ع١′ جاهـ١}}{\text{جاهـ٢}}$جتاهـ٢ = ك١ع١′ $\left(\frac{\text{جتاهـ١جاهـ٢ + جاهـ١جتاهـ٢}}{\text{جاهـ٢}}\right)$

لكن: جتاهـ١جاهـ٢ + جاهـ١جتاهـ٢ = جا(هـ١ + هـ٢) ⟸ ك١ ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع١′ $\frac{\text{جا(هـ١ + هـ٢)}}{\text{جاهـ٢}}$

∴ ع١′ = $\frac{\text{(ك١ ع١ + ك٢ع٢) جاهـ٢}}{\text{ك١ جا(هـ١ + هـ٢)}}$ ■ وعلى الطالب إثبات العلاقة (٢) بنفس الطريقة .

تدريب(٧): حسب المعطيات تكون حركة الجسم كما في الشكل (١٩) وبتطبيق مبدأ حفظ كمية التحرك يكون:

على(م . س): ك١ ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع١′ جتاهـ١ + ك٢ع٢′ جتاهـ٢ ⟸ ٦ × ٥ + ٤ × ٢٠ = ٦ع١′ جتا٣٠° + ٤ع٢′ جتاهـ٢

⟸ ١١٠ = ٦ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ع١′ + ٤ع٢′ جتاهـ٢ ⟸ ١١٠ = ٣ × $\sqrt{٣}$ع١′ + ٤ع٢′ جتاهـ٢ ..... (١) .

ك١ = ٦ كجم
ك٢ = ٤ كجم
ع١ = ٥ م/ث
ع٢ = ٢٠ م/ث
هـ١ = ٣٠° ، هـ٢ = ؟
ع١′ = ؟ ، ع٢′ = ؟

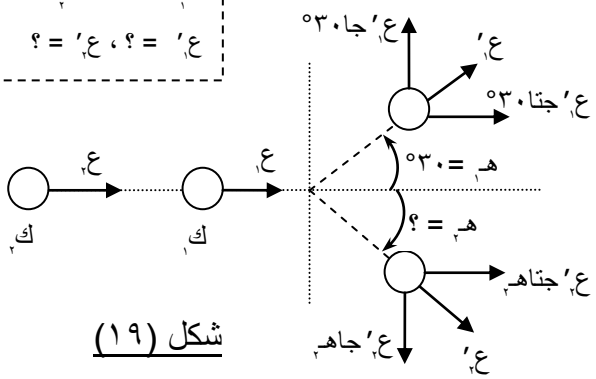
على(م . ص): صفر = ك١ع١′ جاهـ١ – ك٢ع٢′ جاهـ٢ ⟸ ٦ع١′ جا٣٠° = ٤ع٢′ جاهـ٢

⟸ ع٢′ = $\frac{\text{٤ع١′ جاهـ١}}{٣}$ ..... (٢) .

بتعويض (٢) في (١) نحصل على:

١١٠ = ٣$\sqrt{٣}$×$\left(\frac{\text{٤ع١′ جاهـ١}}{٣}\right)$ + ٤ع٢′ جتاهـ٢

⟸ ع١′ = $\frac{٥٥}{٣\sqrt{٢}\text{ جاهـ٢ + ٢جتاهـ٢}}$ ..... (٣) .



شكل (١٩)

بما أن التصادم تام المرونة فطاقة الحركة محفوظة أي أن:

(طا ح)قبل = (طا ح)بعد

⟸ $\frac{١}{٢}$ ك١ ع١٢ + $\frac{١}{٢}$ ك٢ ع٢٢ = $\frac{١}{٢}$ ك١ع١′٢ + $\frac{١}{٢}$ ك٢ع٢′٢

⟸ $\frac{١}{٢}$ × ٦ × ٥٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٤ × ٢٠٢ = $\frac{١}{٢}$ ×٦ع١′٢ + $\frac{١}{٢}$ × ٤ع٢′٢ ⟸ ٨٧٥ = ٣ع١′٢ + ٢ع٢′٢ ..... (٤) .

وبتعويض (٢) في (٤) نحصل على: ٨٧٥ = ٣ $\left(\frac{٤ع'_{٢} \text{جا}هـ}{٣}\right)^{٢}$ + ٢ع'$_{٢}^{٢}$ ⟸ ع'$_{٢}^{٢}$ = $\frac{٨٧٥}{\frac{١٦}{٣}\text{جا}^{٢}هـ + ٢}$ ..... (٥) .

ومن (٣) و (٥) ⟸ $\frac{٣٠٢٥}{١٢\text{جا}^{٢}هـ + ٣\sqrt{٨}\,\text{جا}هـ\,\text{جتا}هـ + ٤\text{جتا}^{٢}هـ}$ = $\frac{٨٧٥}{\frac{١٦}{٣}\text{جا}^{٢}هـ + ٢}$

⟸ ١٢جا^{٢}هـ + $٣\sqrt{٨}$ جاهـ جتاهـ + ٤جتا^{٢}هـ = $\frac{١٩٣٦}{١٠٥}$ جا^{٢}هـ + $\frac{٢٤٢}{٣٥}$

⟸ $\frac{٦٧٦}{١٠٥}$جا^{٢}هـ – $٣\sqrt{٨}$ جاهـ جتاهـ – ٤جتا^{٢}هـ + $\frac{٢٤٢}{٣٥}$ = صفر ⟸ $\frac{١٤٠٢}{١٠٥}$ ظا^{٢}هـ – $٣\sqrt{٨}$ ظاهـ + $\frac{١٠٢}{٣٥}$ = صفر

⟸ هـ$_{٢}$ = ظا$^{-١}$ ($\frac{٣\sqrt{٨} \pm \sqrt{(٣\sqrt{٨})^{٢} - ٤ \times \frac{١٤٠٢}{١٠٥} \times \frac{١٠٢}{٣٥}}}{٢ \times \frac{١٤٠٢}{١٠٥}}$) = ٣٦،٦٧° ، ١٦،٣٤° .

فعند هـ$_{٢}$ = ٣٦،٦٧° وبالتعويض في (٣) نحصل على: ع'$_{١}$ = $\frac{٥٥}{٣\sqrt{٢}\,\text{جا}٣٦,٦٧° + ٢\text{جتا}٣٦,٦٧°}$ ≅ ١٥ م/ث ،

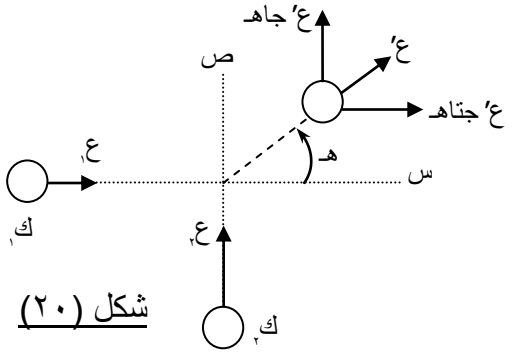
وبالتعويض في (٢) نحصل على: ع'$_{١}$ = $\frac{٤ \times ١٥\text{جا}٣٦,٦٧°}{٣}$ ≅ ١١,٩ م/ث

وعند هـ$_{٢}$ = ١٦،٣٤° وبالتعويض في (٣) نحصل على: ع'$_{١}$ = $\frac{٥٥}{٣\sqrt{٢}\,\text{جا}١٦,٣٤° + ٢\text{جتا}١٦,٣٤°}$ ≅ ١٩ م/ث

وبالتعويض في (٢) نحصل على: ع'$_{١}$ = $\frac{٤ \times ١٩\text{جا}١٦,٣٤°}{٣}$ ≅ ٧,١٣ م/ث

(على الطالب التحقق من النتيجة بالتعويض في قانون حفظ الطاقة الحركية) !

تدريب(٨): أ- التصادم في بعدين عديم المرونة (التحام) وكما في الشكل (٢٠) فيكون مبدأ حفظ كمية التحرك:



شكل (٢٠)

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

⟸ ١٤٤٣ × ٣ع' = (١٤٤٣ + ٣٥٥٧)ع' جتاهـ

⟸ هـ = جتا$^{-١}$ ($\frac{٣ \times ١٤٤٣}{٣٥٥٧+١٤٤٣}$) = ٣٠°

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

⟸ ٣٥٥٧ × ٢٠ = (١٤٤٣ + ٣٥٥٧)ع' جتا٣٠°

⟸ ع' = $\frac{٧١١٤٠}{٥٠٠٠\text{جا}٣٠°}$ = ٢٨,٤٥٦ م/ث .

جـ- ع$_{١}$ = ٣ع' = ٣ × ٢٨,٤٥٦ = ٨٥,٣٦٨ م/ث .

في اتجاه الشرق: ك$_{١}$ = ١٤٤٣ كجم ، ع$_{١}$ = ٣ع' = ؟
في اتجاه الشمال: ك$_{٢}$ = ٣٥٥٧ كجم ، ع$_{٢}$ = ٢٠ م/ث

تدريب(٩): 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(١٠): بما أن هذا الارتفاع يسمح للقمر بالبقاء ثابتا فوق منطقة معينة من الأرض فسيكون له نفس الزمن الدوري للأرض حول نفسها ، ⟸ ز$_{ر}$ = ٢٤ ساعة = ٢٤ × ٣٦٠٠ ث = ٨٦٤٠٠ ث .

ولحساب نصف قطر مسار القمر نستخدم العلاقة المباشرة التالية:

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

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

تدريب(١١): أ- ∵ $ع_م^2 = \frac{٤\pi^2 نق^2}{ز_ر^2}$ ..... (١) ، $ع_م^2 = \frac{ج\ ك_ر}{نق}$ ..... (٢) ، ومن (١) و (٢) نحصل على:

$\frac{٤\pi^2 نق^2}{ز_ر^2} = \frac{ج\ ك_ر}{نق} \Leftarrow ز_ر = \sqrt{\frac{٤\pi^2}{ج\ ك_ر} نق^3}$ ، $= \sqrt{\frac{٤\pi^2}{ج\ ك_ر}} = ٣,١٤٥٦ \times ١٠^{-٧}$ ، ولذلك يكون لأي جسم يدور حول الأرض فقط:

$ز_ر = ٣,١٤٥٦ \times ١٠^{-٧}\ نق^{٢/٣}$ ث ، ∴ $نق = (\frac{ز_ر}{٣,١٤٥٦ \times ١٠^{-٧}})^{٣/٢}$ م ■

وعلى الطالب أن يكون قادراً على إثبات العلاقة في الفقرة (ب) بتعويض العلاقة المثبتة في الفقرة (أ) في العلاقة (١) .

تدريب(١٢): $ع_م = \sqrt{\frac{ج\ ك_ر}{نق}} = ١٠$ 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 = $نق_ر$) لذلك فإن:

$\Leftarrow ق_م = \frac{ك\ ع_م^2}{نق} = \frac{(١٠^{٤})^2}{٣,٩٩ \times ١٠^{٦}}$ ك $= ٢٥$ك ، $ق_جـ = \frac{ج\ ك_ر}{نق_ر^2} = \frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{(٦,٣٨ \times ١٠^{٦})^2}$ ك $= ١٠$ك ، ك: هي كتلة القمر .

∵ $ق_م \neq ق_جـ$ ∴ لا يستطيع القمر أن يدور في مسار دائري حول الأرض بسرعة ١٠ كم/ث .

المعطيات:
المسافة بين القمر والأرض($نق_١$) = $٣,٨٤ \times ١٠^{٨}$ م
المسافة بين الأرض والشمس($نق_٢$) = $١,٤٩٦ \times ١٠^{١١}$ م

تدريب(١٣): أ- $(ع_م)_{قمر} = \sqrt{\frac{ج\ ك_ر}{نق_١}} = \sqrt{\frac{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١} \times ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤}}{٣,٨٤ \times ١٠^{٨}}}$

$= ١٠١٩,٣$ م/ث .

لكن: $ع_م = \frac{٢\pi نق}{ز_ر} \Leftarrow ز_ر = \frac{٢\pi نق_١}{(ع_م)_{قمر}} = \frac{٢\pi \times ٣,٨٤ \times ١٠^{٨}}{١٠١٩,٣} = ٢٣٦٧٠٥٨,٩٢١$ ث $= ٦٥٧,٥$ ساعة ≅ ٢٧,٤ يوم .

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

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

ب- $\omega_{قمر} = \frac{(ع_م)_{قمر}}{نق_١} = \frac{١٠١٩,٣}{٣,٨٤ \times ١٠^{٨}} = ٢,٦٥ \times ١٠^{-٦}$ راد/ث .

جـ- $جـ_م = \frac{(ع_م)_{قمر}^2}{نق_١} = \frac{(١٠١٩,٣)^2}{٣,٨٤ \times ١٠^{٨}} = ٢,٧ \times ١٠^{-٣}$ م/ث^2 ، - احسب(د) للقمر عند هذا الارتفاع وماذا تستنتج ؟ -

د- $(ع_م)_{أرض} = \frac{٢\pi نق_ر}{ز_ر} = \frac{٢\pi \times ١,٤٩٦ \times ١٠^{١١}}{٣٦٥ \times ٢٤ \times ٣٦٠٠} = ٢٩٨٠٦$ م/ث ،

لكن: $(ع_م)_{أرض}^2 = \frac{ج\ ك_ش}{نق_ر^2} \Leftarrow ك_ش = \frac{(ع_م)_{أرض}^2 \times نق_ر^2}{ج} = \frac{(٢٩٨٠٦)^2 \times ١,٤٩٦ \times ١٠^{١١}}{٦,٦٧٢ \times ١٠^{-١١}} \cong ١,٩٩ \times ١٠^{٣٠}$ كجم .

هـ- $I = ك_ر نق_ر^2 = ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤} \times (١,٤٩٦ \times ١٠^{١١})^2 \cong ١,٣٤ \times ١٠^{٤٧}$ كجم.م^2 .

و- $(كت_ز)_{أرض} = ك_ر (ع_م)_{أرض} نق_ر^2 = ٥,٩٨ \times ١٠^{٢٤} \times ٢٩٨٠٦ \times ١,٤٩٦ \times ١٠^{١١}$

$= ٢,٦٧ \times ١٠^{٤٠}$ كجم.م^2/ث .

تدريب(١٤):

-لأجل سرعة المقذوف عند أقصى ارتفاع[ع (عند $ف_ص$)]:

∵ $ع_س = ع جتاهـ$ ، $ع_ص$ = صفر $\Leftarrow$ ع[عند $ف_ص$] $= \sqrt{ع_س^2 + ع_ص^2} = \sqrt{(ع جتاهـ)^2 + صفر^2} = \sqrt{(ع جتاهـ)^2}$

∴ ع[عند $ف_ص$] = ع جتاهـ ..... (١) .

-لأجل سرعة المقذوف عند منتصف أقصى ارتفاع[ع (عند $\frac{١}{٢}ف_ص$)]:

∵ $ع_س^2 = ع^2 جتا^2 هـ$ عند أية نقطة على طول منحنى حركة المقذوف .

، $ف_{ص} = \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{٢ء} \Leftarrow \frac{١}{٢} ف_{ص} = \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{٢ء} = \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{٤ء}$ ..... (٢) .

، $ع_{ص}^{٢} = (ع جاهـ)^{٢} - ٢ء ف_{ص} \Leftarrow ع_{ص}^{٢}$[عند $\frac{١}{٢} ف_{ص}$] $= ع^{٢}جا^{٢}هـ - ٢ء(\frac{١}{٢} ف_{ص})$ ..... (٣) .

وبتعويض (٢) في (٣) نحصل على: $ع_{ص}^{٢} = ع^{٢}جا^{٢}هـ - ٢ء\left(\frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{٤ء}\right) = ع^{٢}جا^{٢}هـ - \frac{١}{٢}ع^{٢}جا^{٢}هـ = \frac{١}{٢}ع^{٢}جا^{٢}هـ$

∴ ع[عند $\frac{١}{٢} ف_{ص}$] $= \sqrt{ع_{س}^{٢} + ع_{ص}^{٢}} = \sqrt{ع^{٢}جتا^{٢}هـ + \frac{١}{٢}ع^{٢}جا^{٢}هـ}$ ..... (٤)

وبقسمة (١) على (٤) نحصل على: $\frac{ع[عند\ ف_{ص}]}{ع[عند\ \frac{١}{٢} ف_{ص}]} = \frac{ع جتاهـ}{\sqrt{ع^{٢}جتا^{٢}هـ + \frac{١}{٢}ع^{٢}جا^{٢}هـ}} = \sqrt{\frac{٦}{٧}}$ ..... (معطى)

وبقلب وتربيع الطرفين يكون: $\frac{ع^{٢}جتا^{٢}هـ + \frac{١}{٢}ع^{٢}جا^{٢}هـ}{ع^{٢}جتا^{٢}هـ} = \frac{٧}{٦} \Leftarrow \frac{ع^{٢}جتا^{٢}هـ}{ع^{٢}جتا^{٢}هـ} + \frac{\frac{١}{٢}ع^{٢}جا^{٢}هـ}{ع^{٢}جتا^{٢}هـ} = \frac{٧}{٦} \Leftarrow ١ + \frac{١}{٢}ظا^{٢}هـ = \frac{٧}{٦}$

$\Leftarrow \frac{١}{٢}ظا^{٢}هـ = \frac{٧}{٦} - ١ = \frac{٧-٦}{٦} = \frac{١}{٦} \Leftarrow ظا^{٢}هـ = \frac{٢}{٦} = \frac{١}{٣} \Leftarrow ظاهـ = \sqrt{\frac{١}{٣}} = \frac{١}{\sqrt{٣}} \Leftarrow هـ = ٣٠°$ ■

تدريب(١٥):

∵ $ف_{س} = ف_{ص} \Leftarrow \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{ء} = \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{٢ء} \Leftarrow جا^{٢}هـ = \frac{١}{٢}جا^{٢}هـ \Leftarrow ٢جاهـ جتاهـ = \frac{١}{٢}$ جاهـ جاهـ

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

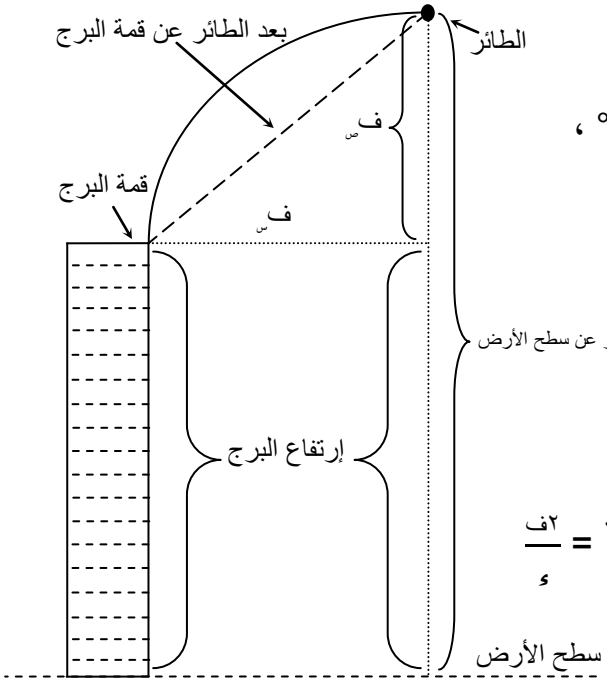
تدريب(١٦): الرسم كما في الشكل (٢١) ،

∵ $ز_{ص} = \frac{ع جاهـ}{ء} \Leftarrow هـ = جا^{-١}\left(\frac{ز_{ص}ء}{ع}\right) = جا^{-١}\left(\frac{٤ \times ٩,٨}{١٥٠}\right) = ١٥,١٥°$ ،

$\Leftarrow ف_{ص} = \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{٢ء} = \frac{(١٥٠)^{٢} \times جا^{٢}(١٥,١٥°)}{٢ \times ٩,٨} = ٧٨,٤$ م ،

$\Leftarrow$ بعد الطائر عن الأرض(ف) = إرتفاع البرج + $ف_{ص}$

= ١٢٠ + ٧٨,٤ = ١٩٨,٤ م ،



شكل (٢١)

وعند إصابة الطائر بالرصاصة فسيسقط سقوطا حرا نحو الأرض لذلك نستخدم المعادلة الثانية للحركة في خط مستقيم :

∵ $ف = ع ز + \frac{١}{٢}ء ز^{٢}$ = صفر + $\frac{١}{٢}ء ز^{٢}$ لأن: ع = صفر $\Leftarrow ز^{٢} = \frac{٢ف}{ء}$

∴ الوقت الذي سيستغرقه الطائر حتى يصل إلى سطح الأرض(ز):

$ز = \sqrt{\frac{٢ف}{ء}} = \sqrt{\frac{٢ \times ١٩٨,٤}{٩,٨}} = ٦,٣٦$ ث .

تدريب(١٧): من تدريب (١٦) السابق وجدنا أن: $ف_{ص} = ٧٨,٤$ م ،

وكذلك نجد أن: $ف_{س} = \frac{ع^{٢}جا^{٢}هـ}{ء} = \frac{(١٥٠)^{٢} \times جا(٢ \times ١٥,١٥)}{٩,٨} = ٥٨٤,٤$ م ،

∴ بعد الطائر عن قمة البرج(ف) = $\sqrt{ف_{ص}^{٢} + ف_{س}^{٢}} = \sqrt{(٧٨,٤)^{٢} + (٥٨٤,٤)^{٢}} \cong ٥٩٠$ م .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(أسئلة إختبارات وزارية للعام الدراسي ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م)

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

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

ب- كمية التحرك الزاوي كمية قياسية . ( )

جـ- 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}) . ( )

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

أ- صاروخ يقذف غازات ساخنة من محركه بمعدل ٢٠٠ كجم في الثانية الواحدة وبسرعة ٥٠ كم/ث يكون مقدار قوة دفع محركه مساوياً (٢ × ١٠^{٥} ، ٥ × ١٠^{٥} ، ١٠^{٧} ، ١٠) نيوتن .

ب- قمر صناعي يدور حول الأرض بسرعة مقدارها ٧,١ كم/ث ونصف قطر مداره ٨ × ١٠^{٣} كيلومتر يكون الزمن الدوري له مساوياً (٧٠٠٠,٥ ، ٧٠٨٢,٥ ، ٨٠٠٠ ، ٨٠٠٠,٥) ثانية .

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- جسم كتلته ١٠٠٠ جرام وعزم قصوره الذاتي الدوراني ١٠٠ كجم.م^{٢} يتحرك في مسار دائري يكون نصف قطر مداره يساوي (١٠ ، ٢٠ ، ١٠٠ ، ٢٠٠) متر .

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

الثالث - أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:

أ- في التصادم المرن الفرق بين مجموع طاقة الحركة قبل وبعد التصادم يساوي واحد صحيح .

ب- إذا تصادم جسمان كانا يتحركان في الإتجاه نفسه وسكن أحدهما بعد التصادم فإن هذا التصادم يعتبر تصادماً مرناً .

جـ- القوة التي يصعد بها الصاروخ دائماً تساوي قوة محركه .

د- سرعة الإفلات من الجاذبية الأرضية لا تعتمد على كتلة الجسم .

الرابع - كيف تحسب السرعة المدارية لقمر صناعي(اشتق العلاقة المستخدمة) ؟ وعلى ماذا تعتمد هذه السرعة ؟

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 نصف قطر مداره ١١,٥ × ١٠^{٦} متر وكمية تحركه الخطية ١,٧٧ × ١٠^{٦} كجم.م/ث ، علماً بأن: ك$_{ر}$ = ٦ × ١٠^{٢٤} كجم ، ج = ٦,٦٧ × ١٠$^{-١١}$ نيوتن.م^{٢}/كجم^{٢} ، احسب:

١- السرعة المدارية للقمر ، ٢- كمية التحرك الزاوي للقمر .

جـ- 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} .

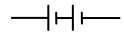
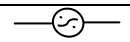
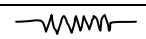
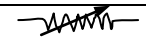
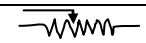
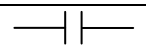
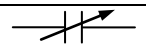
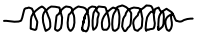
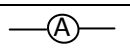
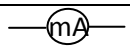
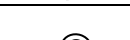
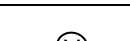
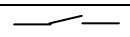
د- قذفت قذيفة بزاوية مائلة عن المستوى الأفقي فوصلت إلى ذروتها بعد $\sqrt{٣}$ ثانية وبسرعة مقدارها ١٠٠ $\sqrt{٣}$ م/ث ، اعتبر ء = ١٠ م/ث^{٢} ثم احسب:

١- زاوية القذف ، ٢- ذروة القذف .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

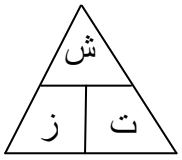
الوحدة الثانية(التيار المتناوب - Alternating Current)

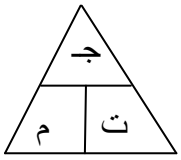
أجزاء الدائرة الكهربية:

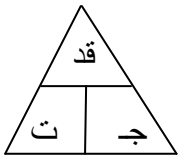
رمز الجزء	الإسم	وظيفته	ملاحظات
	عمود أو بطارية كهربية	مصدر تيار مستمر	توصل على التوالي أو على التوازي في الدائرة
	دينامو	مصدر تيار متردد	
	مقاومة أومية ثابتة	التحكم بشدة التيار الكهربي	
	مقاومة أومية متغيرة		
	ريوستات زلق		
	مكثف سعوي ثابت السعة	خزن الطاقة الكهربية في صورة مجال كهربي	
	مكثف سعوي متغير 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	

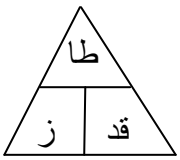
جدول (١)

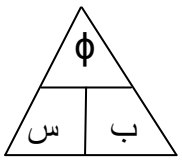
علاقات بين كميات فيزيائية كهربية:

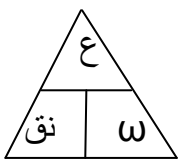












حيث أن: - ش(كولوم): الشحنة الكهربية

- 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

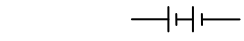
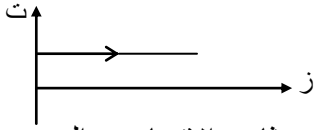
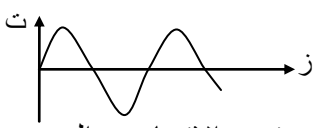
٥- الاستخدام ≠ الوظيفة

التيار الكهربائي:

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

شدته(ت): هي كمية الشحنات 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		
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 الإتجاه مع الزمن	 متغير الإتجاه مع الزمن

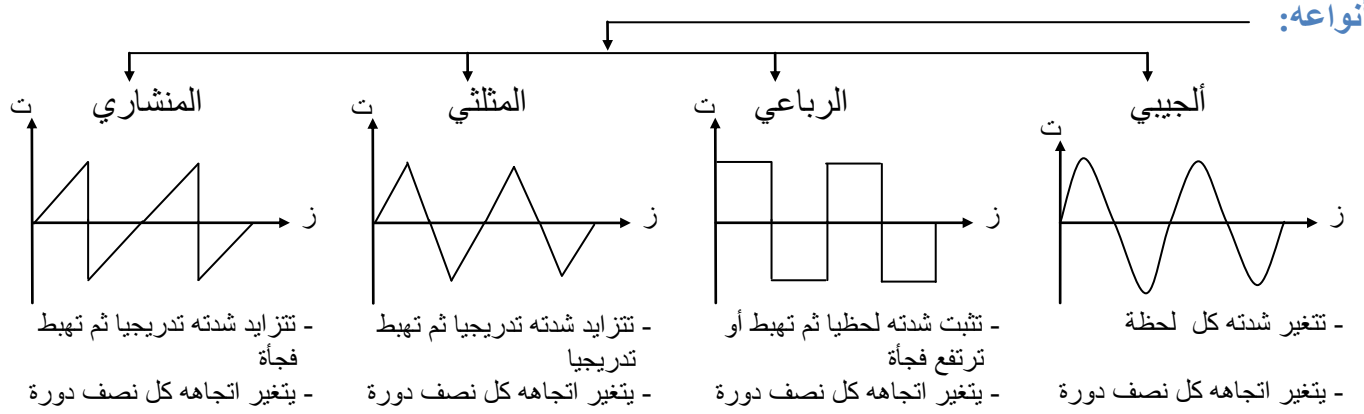
جدول (٢)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 .

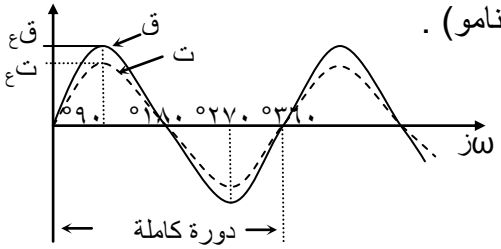
التيار المتردد ألجيبي(AC):

* 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 نهاية عظمى موجبة ثم تهبط إلى الصفر خلال النصف الأول للدورة ، ثم ينعكس اتجاهه إلى قيمة سالبة لتزداد من الصفر إلى نهاية 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 نهاية 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) للنهاية 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 .

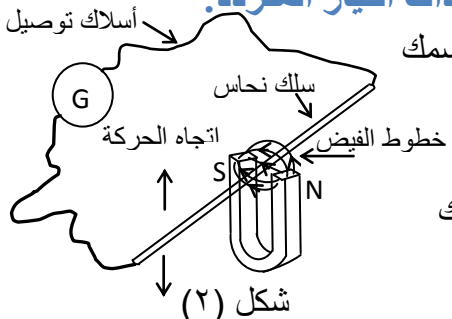
* يتميز التيار المتردد عن التيار المستمر بما يلي:
١- إمكانية رفع أو خفض قوته الدافعة الكهربية باستخدام المحولات ! لأن عمل المحولات يبنى على التغير في المعدل الزمني لخطوط الفيض ، وهذا للتيار المتردد دون التيار المستمر .
٢- إمكانية نقله من محطات توليده إلى أماكن استخدامه ولمسافات بعيده دون فقد نسبة كبيرة 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- تكاليف نقله منخفضة ! نظرا إلى تكاليف نقل التيار المستمر .
٤- إمكانية تحويله إلى تيار مستمر ! لوجود طرق تقويم التيار المتردد إلى تيار مستمر مثل الوصلة الثنائية وغيرها .
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 نهاية 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 نهاية 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

الاستنتاجات:

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 في توليد التيار الكهربي لإنارة المدن والقرى النائية وفي تشغيل المصانع و ..... وغيرها .

فكرة عمله(ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي): 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 .

تركيبه: - كما في الشكل(٣) - يتركب من الأجزاء التالية:

١- الملف وهو عبارة عن سلك نحاسي معزول ملفوف حول قلب اسطواني من الحديد المطاوع قابل للدوران حول محوره

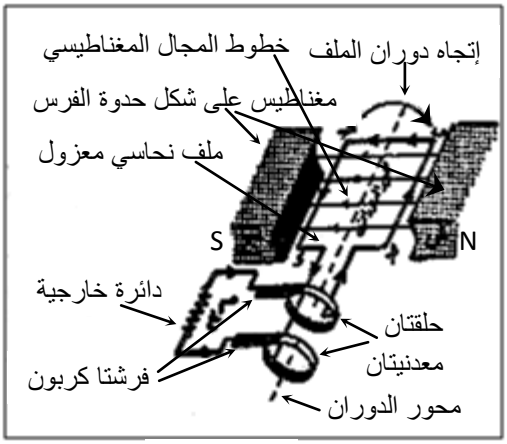
٢- قطبي مغناطيس متقابلان ومقعران ! لتجميع وتركيز وتنظيم خطوط الفيض المغناطيسي .

٣- قلب اسطواني من الحديد المطاوع السليكوني(شرائح رقيقة معزولة عن بعضها البعض) !

أ- لتوليد (ق.د.ك) أكبر ،

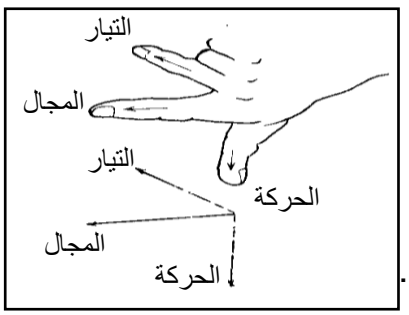
ب- للحد من التيارات الدوامية التي تعيق مرور التيار المتولد .

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:

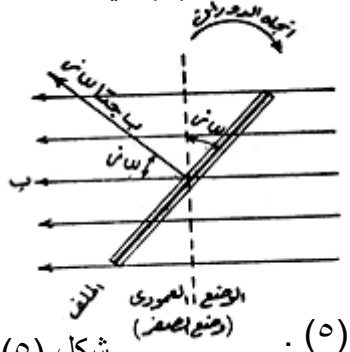
ϕ = س × ب جاθ = س × ب جا($\frac{\pi}{٢} + \omega$ ز) = س × ب جتاω ز ..... (٢) ، لأن: جا($\frac{\pi}{٢} + \omega$ ز) = جتاω ز

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 له . 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) نهاية عظمى عند جاωز = ١± $\Leftarrow$ ωز = ٩٠° أو ٢٧٠° $\Leftarrow$ ق$_ع$ = ± ن س ب ω ..... (٦) حيث (ق$_ع$) هي النهاية 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 النهاية 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 (f ٢π) = ١٠٠ × $\frac{١}{١٠}$ × $\frac{٧}{١٠}$ × ٢ × $\frac{٢٢}{٧}$ × ٥ = ٢٢٠ فولت .

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 .

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

الحل: ١- التردد(f) = $\frac{\omega}{٢\pi}$ = $\frac{٤٤٠}{٢\pi}$ = ٧٠ هرتز ،

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

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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

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- النهاية 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$_ل$) 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$_ل$ = ؟
عند: ز = $\frac{١}{١٥٠}$ ثانية .

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

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 = π٢ × ١٢٥ × $\frac{١}{١٥٠}$ = $\frac{π٥}{٣}$ راديان = $\frac{π٥}{٣}$ × $\frac{١٨٠}{π}$ = ٣٠٠° ، لأن: ١ راديان = $\frac{١٨٠}{π}$ درجة .

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

س: عندما تكون (ق.د.ك) قيمة عظمى موجبة يكون الفيض(ϕ) مساويا الصفر والعكس . هل هذه العبارة صحيحة ؟

جـ: عند (ق.د.ك) قيمة عظمى ⟸ ق$_ل$ = ق$_ع$ ⟸ ن س ب ωجاωز = ن س ب ω ⟸ جاωز = ١ ،

⟸ ωز = $\frac{π}{٢}$ راد ⟸ θ = $\frac{π}{٢}$ + ω ز = $\frac{π}{٢}$ + $\frac{π}{٢}$ = π راد = ١٨٠°

∴ ϕ = س × ب جاθ = س × ب جا١٨٠° = س × ب × صفر = صفر . لأن: جا١٨٠° = صفر .

ولإثبات العكس:

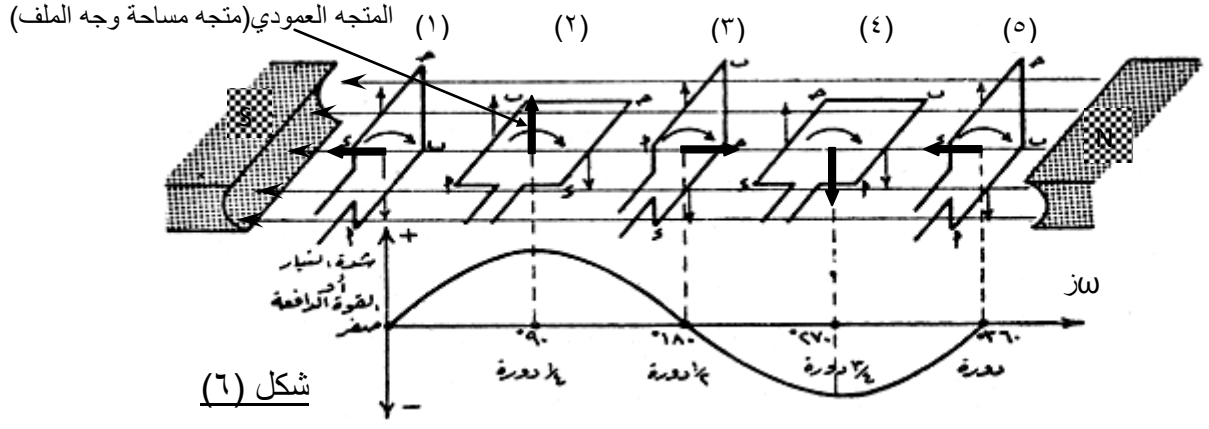
عند ϕ قيمة عظمى ⟸ س × ب جاθ = س × ب ⟸ جاθ = ١ ⟸ θ = $\frac{π}{٢}$ + ω ز = ٩٠° ⟸ ω ز = صفر°

∴ (ق.د.ك) = ن س ب ωجاωز = ن س ب ωجا(صفر)° = صفر . ∴ العبارة صحيحة ■

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$_ل$"): 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)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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

١- بداية عندما يكون مستوى الملف عموديا على اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي(ωز= صفر ، θ = ٠٩٠°) لا يحدث قطع للخطوط وتكون (قٍ) = صفر .

٢- تزداد (قٍ) بزيادة (ωز) حتى تصبح (ωز= ٠٩٠° ، θ = ١٨٠°) فتكون لها نهاية عظمى موجبة والملف مستواه موازيا لخطوط الفيض المغناطيسي ويكون قد قطع ربع دورة .

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

٥- تقل (قٍ) بزيادة (ωز) وبالقيمة السالبة حتى تصبح (ωز= ٣٦٠° ، θ = ٤٥٠° ≡ ٠٩٠°) 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 ٠٩٠° أو ٢٧٠° مع الخطوط هذا يعني انه:

- إما ωز = ٠٩٠° – ٠٩٠° = صفر ⟸ قٍ = قٍع جاωز = قٍع جا صفر = صفر أي أن (ق.د.ك) المتولدة صفر .
- أو ωز = ٢٧٠° – ٠٩٠° = ١٨٠° ⟸ قٍ = قٍع جاωز = قٍع 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° – ٠٩٠° = –٠٩٠° = ٣٦٠° – ٠٩٠° = ٢٧٠° ⟸ قٍ = قٍع جاωز = قٍع جا ٢٧٠° = – قٍع ، أي أن (ق.د.ك) المتولدة نهاية عظمى سالبة .
- أو ωز = ١٨٠° – ٠٩٠° = ٠٩٠° ⟸ قٍ = قٍع جاωز = قٍع جا ٠٩٠° = قٍع ، أي أن (ق.د.ك) المتولدة نهاية عظمى موجبة .

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

ωز = ٠٩٠° – θ ⟸ قٍ = قٍع جاωز = قٍع جا(٠٩٠° – θ) ، 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 = ٠٩٠° – ٣٧° = ٥٣° = ٣٦٠° – ٣٠٧° ⟸ قٍ = قٍع جاωز = قٍع جا ٣٠٧° ≅ – ٠,٨قٍع .

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 .

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- 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- عمل قلب للدينامو من الحديد المطاوع يحد من التيارات الدوامية التي تعيق مرور التيار المتولد منه ، علل !

جـ- يتغير اتجاه التيار المتولد من الدينامو نتيجة: (اختر الإجابة الصحيحة)

- تغير اتجاه دوران الملف ، - تغير موقع القطبين ،

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

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

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

و- يكون ملف الدينامو موازيا لخطوط المجال عندما (ωز) = πn راد ، حيث: n = ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ..... ( ) .

ز- عدد مرات وصول شدة التيار المتردد إلى نهاية عظمى موجبة في الثانية الواحدة (f ، f٢ ، f + ١ ، f٢ز) - اختر

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

ط- 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 .

ي- 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 نهاية عظمى سالبة خلال نفس الفترة(ربع ساعة) .

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

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($ق_ل$) نهاية 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 ،

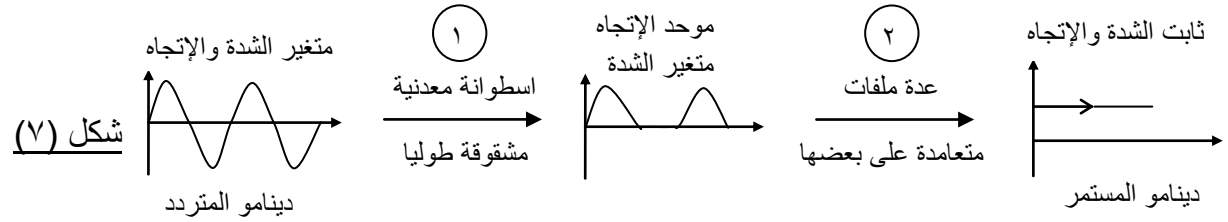
أ- بأي تردد يدور الملف لكي تتولد قوة دافعة كهربية تأثيرية مقدارها ٢٢٠ فولت ؟

ب- احسب مقاومة الملف إذا كانت النهاية 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 طوليا ! 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)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 التردد .

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$_{ف}$) = $\frac{\text{النهاية العظمى لشدته(ت}_{ع})}{\sqrt{٢}}$ ⟸ ت$_{ف}$ = ٠,٧٠٧ ت$_{ع}$.

وبضرب الطرفين في المقاومة(م) نحصل على: ت$_{ف}$ × م = $\frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}}$ × م ⟸ ق$_{ف}$ = $\frac{ق_{ع}}{\sqrt{٢}}$ = ٠,٧٠٧ ق$_{ع}$.

ملاحظة:

* (ق.د.ك) ≡ 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 ≡ 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 .

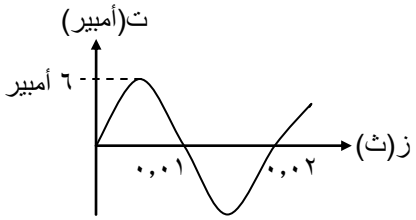
مثال(٥): الشكل (٨) المجاور يوضح تغير شدة التيار المتردد لمصدر ، إذا وصلت مقاومة مقدارها ٤٠ أوم بين طرفي المصدر فأوجد:

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$_{ف}$) = $\frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}}$ = $\frac{٦}{\sqrt{٢}}$ = $\sqrt{١٨}$ = ٤,٢٤٣ أمبير .

ب- القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية للمصدر(ق$_{ف}$)= $\frac{ق_{ع}}{\sqrt{٢}}$ = $\frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}}$ × م = $\frac{٦}{\sqrt{٢}}$ × ٤٠

= ت$_{ف}$ × م = ٤,٢٤٣ × ٤٠ = ١٦٩,٧ فولت .

جـ- تردد مصدر التيار المتردد(f) = $\frac{١}{ز_{ر}}$ = $\frac{١}{\frac{٢}{١٠٠}}$ = $\frac{١٠٠}{٢}$ = ٥٠ هرتز .

المعطيات:
ت$_{ع}$ = ٦ أمبير
ز$_{ر}$ = ٠,٠٢ ث
م = ٤٠ أوم
ز$_{ر}$ = $\frac{١}{٣٠٠}$ ث

د- ω ز = (f π٢)ز = ٢π × ٥٠ × $\frac{١}{٣٠٠}$ = $\frac{π}{٣}$ راد = $\frac{١٨٠}{π}$ × $\frac{π}{٣}$ = ٦٠ ° .

⟸ ق$_{ل}$ = ق$_{ع}$ جاωز = ت$_{ع}$ × م × جاωز = ٦ × ٤٠ × جا٦٠ ° = ٢٠٧,٨٥ فولت .

∴ ت$_{ل}$ = $\frac{ق_{ل}}{م}$ = $\frac{٢٠٧,٨٥}{٤٠}$ = ٥,٢ أمبير .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

س: في أي لحظة من دوران ملف الدينامو تكون شدة التيار الكهربائي المتولدة فيه هي القيمة الفعالة ؟

جـ عند $ت_{ف} = ت_{ل} \Leftarrow \frac{ت_ع}{\sqrt{٢}} = ت_ع جا\omega ز \Leftarrow جا\omega ز = \frac{١}{\sqrt{٢}} = جا^{-١}(\frac{١}{\sqrt{٢}}) = ٤٥°$ ، $\theta = \frac{\pi}{٢} + \frac{\pi}{٤} = \frac{٣\pi}{٤}$ راد .

∴ تتساوى القيمة الفعالة مع القيمة اللحظية لشدة التيار المتردد عند ($\omega ز = ٤٥°$) أي لحظة ما يصنع الملف مع خطوط الفيض الزاوية ($\theta = \omega ز + ٩٠° = ٤٥° + ٩٠° = ١٣٥°$) .

إثراء:

أ- ماذا يقصد بما يلي: - القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد ؟ (٢٠١١ - ٢٠١٢)

ب- 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 .

جـ- إذا كانت $ق_{ل} = ٠,٦ ق_ع$ فالملف لحظتها يصنع (١٢٦,٨٧° ، ٢,٢١٤راد ، ١٢″٥٢′١٢٦° ، كل ما ذكر) مع خطوط الفيض المغناطيسي .

د- تيار كهربائي تردده ٧٥ دورة/ثانية ، احسب الزمن الذي يستغرقه ملف مولده من بدأ دورانه لتصل شدته إلى النهاية العظمى السالبة .

هـ- 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 .

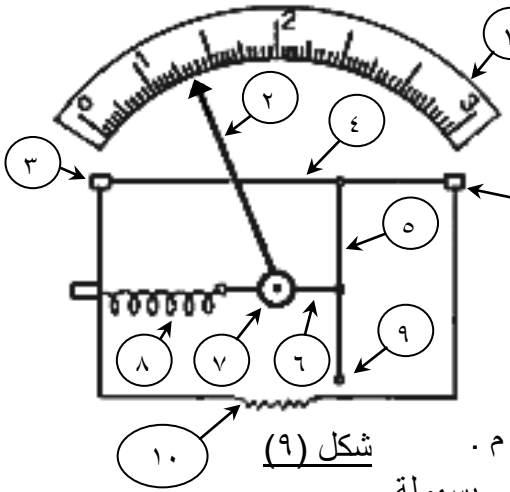
الأميتر الحراري:

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) .



شكل (٩)

تركيبه: - الشكل (٩) - يتركب الأميتر الحراري من الأجزاء التالية:

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($ط_ح \propto ت^{٢}$) .

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: $ط_ح \propto م$.

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 .

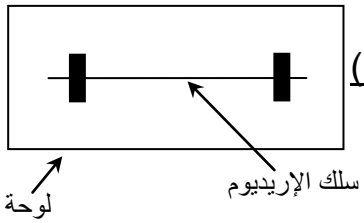
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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(تمددا وانكماشا) بدرجة حرارة الجو فيبقى المؤشر على الصفر .
٢- عزل السلك عن اللوحة بمادة عازلة كهربيا ! ليمر التيار الكهربي في السلك فقط دون اللوحة .

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° .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الحل:

الأميتر الحراري يقيس القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد($ت_{ف}$)

$\therefore ت_{ف} = \frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}} \Leftarrow ت_{ع} = ت_{ف} \times \sqrt{٢} = ٥ \times \sqrt{٢} = ٥\sqrt{٢}$ أمبير .

$\theta = ٤٥° = \frac{\pi}{٢} + \omega ز \Leftarrow \omega ز = \theta - \frac{\pi}{٢} = ٤٥° - ٩٠° = -٤٥° = ٣٦٠° - ٤٥° = ٣١٥°$ ،

$\therefore ت_{ل} = ت_{ع} جا \omega ز = ٥\sqrt{٢} \times جا(٣١٥°) = -٥$ 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 $\Leftarrow \omega ز = \theta - ٩٠° = ٢٧٠° - ٩٠° = ١٨٠° = \pi$ راد .

$\therefore ز = \frac{\pi}{\omega} = \frac{\pi}{f\pi٢} = \frac{١}{f٢} = \frac{١}{٥٠ \times ٢} = \frac{١}{١٠٠} = ٠,٠١$ ثانية . $\Leftarrow \pi = \omega ز$

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 للنهاية 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- اذكر تطبيقا واحدا للتأثير الحراري للتيار الكهربائي .

٧- ماذا يقصد بالقيمة الفعالة للتيار المتردد ؟

٨- 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 .

٩- 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) ؟

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 ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 .

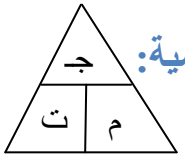
قانون أوم:

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:

- (⊣/\/\/\/\⊢) مقاومة أومية ثابتة القيمة .
- (⊣/\/\/\/\↗⊢) مقاومة أومية متغيرة القيمة .
- (⊣/\/\/\/\↘⊢) ريوستات زلق(مقاومة 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:

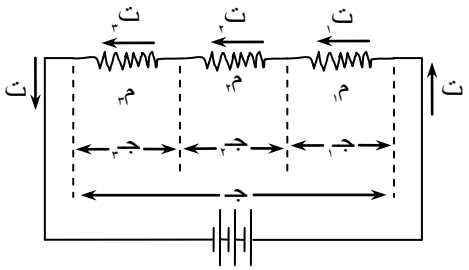
جـ = جـ$_{١}$ + جـ$_{٢}$ + جـ$_{٣}$ + ... ، ت = ت$_{١}$ = ت$_{٢}$ = ت$_{٣}$ = ...

٢- توصل أجزاء الدائرة الكهربائية على التوازي بحيث تتصل بداياتها كلها في نقطة واحدة وتتصل نهاياتها كلها في

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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:

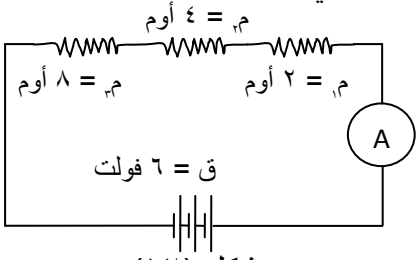
جـ = جـ١ + جـ٢ + جـ٣ ، لكن: جـ = م × ت

⟸ 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 .

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 = $\frac{جـ}{مك}$ = $\frac{٦}{١٤}$ = ٠,٤٣ أمبير . "وهي قراءة الأميتر"

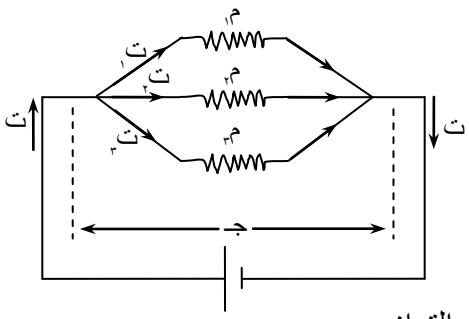
ثانيا- توصيل المقاومات على التوازي:

ويكون كما في الشكل (١٣) وفيه يتوزع التيار دون الجهد وبالتالي فإن:

ت = ت١ + ت٢ + ت٣ ، لكن: ت = $\frac{جـ}{م}$

⟸ $\frac{جـ}{مك}$ = $\frac{جـ}{م١}$ + $\frac{جـ}{م٢}$ + $\frac{جـ}{م٣}$ ، لأن التوصيل على التوازي فالجهد بين طرفي كل

المقاومات له نفس القيمة ولذلك فإن:

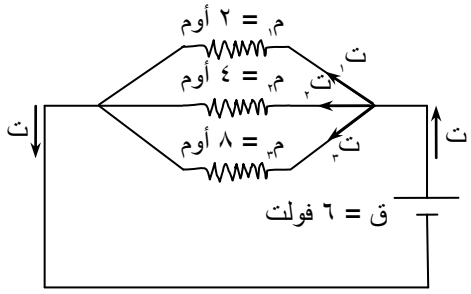


شكل (١٣)

جـ × $\frac{١}{مك}$ = جـ × ($\frac{١}{م١}$ + $\frac{١}{م٢}$ + $\frac{١}{م٣}$) ∴ $\frac{١}{مك}$ = $\frac{١}{م١}$ + $\frac{١}{م٢}$ + $\frac{١}{م٣}$ + ... 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 ⟸ $\frac{١}{مك}$ = $\frac{١}{م١}$ + $\frac{١}{م٢}$ + $\frac{١}{م٣}$

⟸ $\frac{١}{مك}$ = $\frac{١}{٢}$ + $\frac{١}{٤}$ + $\frac{١}{٨}$ = $\frac{١ + ٢ + ٤}{٨}$ = $\frac{٧}{٨}$ ⟸ مك = $\frac{٨}{٧}$ أوم ، وبذلك يكون:

أ- ت(المار في الدائرة) = $\frac{جـ}{مك}$ = $\frac{٦}{\frac{٨}{٧}}$ = ٦ × $\frac{٧}{٨}$ = ٥,٢٥ أمبير .

ب- ت١ = $\frac{جـ}{م١}$ = $\frac{٦}{٢}$ = ٣ أمبير ، ت٢ = $\frac{جـ}{م٢}$ = $\frac{٦}{٤}$ = ١,٥ أمبير ، ت٣ = $\frac{جـ}{م٣}$ = $\frac{٦}{٨}$ = 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 .

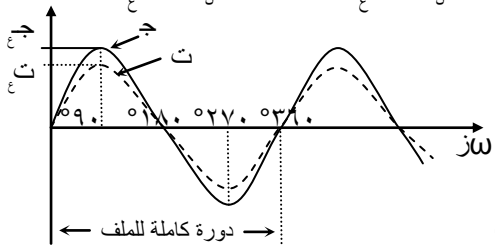
٤- المقاومة الأومية تستنفذ(تستهلك) جزء من الطاقة الكهربائية(التيار الكهربائي) على شكل طاقة حرارية(حرارة) .

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 وللنهاية العظمى معا كما في الشكل (١٥) التالي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٦- في دائرة مقاومة أومية متصلة بمصدر تيار متردد وعند أية لحظة يكون: تـ = تـ جاωز ، جـ = جـ جاωز

، حيث أن (تـ ، جـ) دالتان في جيب الزاوية (ωز) .



شكل (١٥)

٧- المقاومة الأومية لا تعتمد على تردد التيار .

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 ؟

المكثف الكهربائي:

رمزه في الدائرة الكهربائية: - (—||—) مكثف كهربائي ثابت السعة .
- (—//—) مكثف كهربائي متغير السعة .

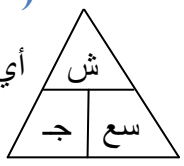
تعريفه: هو أداة تختزن الطاقة على صورة مجال كهربائي .

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 ! .

وظيفته: الحصول منه على الطاقة الكهربائية وقت الحاجة .

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 .



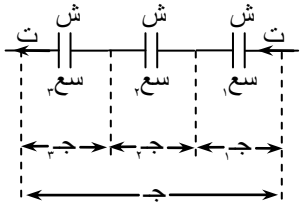
أي أن: ش = سع جـ ⟸ كولوم = فاراد.فولت ،

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:

جـ = جـ$_{١}$ + جـ$_{٢}$ + جـ$_{٣}$ ، لكن: جـ = $\frac{ش}{سع}$



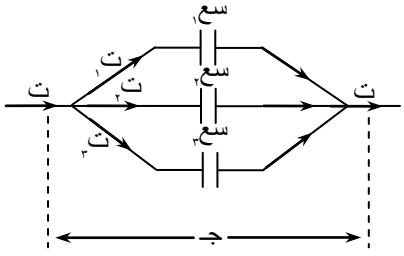
شكل (١٦)

⟸ $\frac{ش}{سع_{ك}}$ = $\frac{ش}{سع_{١}}$ + $\frac{ش}{سع_{٢}}$ + $\frac{ش}{سع_{٣}}$ ، لأن التيار نفسه يمر في دائرة المكثفات وبالتالي تشحن كلها بنفس الشحنة(ش) .

⟸ $\frac{ش}{سع_{ك}}$ = ش($\frac{١}{سع_{١}}$ + $\frac{١}{سع_{٢}}$ + $\frac{١}{سع_{٣}}$) ∴ $\frac{١}{سع_{ك}}$ = $\frac{١}{سع_{١}}$ + $\frac{١}{سع_{٢}}$ + $\frac{١}{سع_{٣}}$ + ... في حالة توصيل المكثفات على التوالي .

ثانيا- على التوازي: ويكون كما في الشكل (١٧) وفيه يتوزع التيار وبالتالي تتوزع الشحنة دون الجهد ولذلك فإن:

ش = ش$_{١}$ + ش$_{٢}$ + ش$_{٣}$ ، لكن: ش = سع جـ



شكل (١٧)

⟸ سع$_{ك}$ جـ = سع$_{١}$جـ + سع$_{٢}$جـ + سع$_{٣}$جـ ⟸ سع$_{ك}$ جـ = جـ(سع$_{١}$ + سع$_{٢}$ + سع$_{٣}$)

∴ سع$_{ك}$ = سع$_{١}$ + سع$_{٢}$ + سع$_{٣}$ + ... في حالة توصيل المكثفات على التوازي .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٩): للدائرة الكهربائية في الشكل (١٨) المجاور أوجد السعة الكلية المكافئة(سعك) للمكثفات .

الحل: المكثفان (سع٢ ، سع٣) متصلان على التوالي لذلك:

$\frac{١}{سع_{ك١}} = \frac{١}{سع_{٢}} + \frac{١}{سع_{٣}} = \frac{١}{٤} + \frac{١}{٦} = \frac{١٠}{٢٤} \Leftarrow$ سعك١ $= \frac{٢٤}{١٠} =$ ٢,٤ مايكروفاراد و

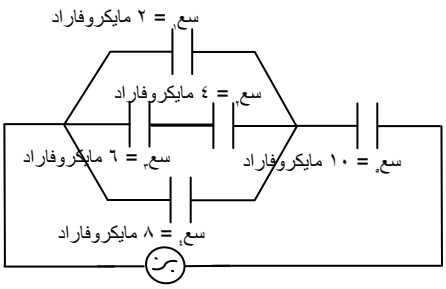
، السعات (سع١ ، سعك١ ، سع٤) متصاه على التوازي لذلك:

سعك٢ = سع١ + سعك١ + سع٤ = ٢ + ٢,٤ + ٨ = ١٢,٤ مايكروفاراد ،

لكن سعك٢ على التوالي مع سع٥ لذلك:

$\frac{١}{سع_{ك}} = \frac{١}{سع_{٥}} + \frac{١}{سع_{ك٢}} = \frac{١}{١٠} + \frac{١}{١٢,٤} = \frac{٢٨}{١٥٥}$

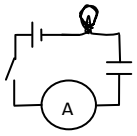
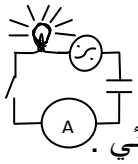
∴ السعة الكلية المكافئة(سعك) $= \frac{١٥٥}{٢٨} =$ ٥,٥ مايكروفاراد = ٥,٥ × ١٠$^{-٦}$ فاراد .



شكل (١٨)

دائرة مكثف كهربائي متصل بمصدر تيار متردد:

نشاط(٥) ـ 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:

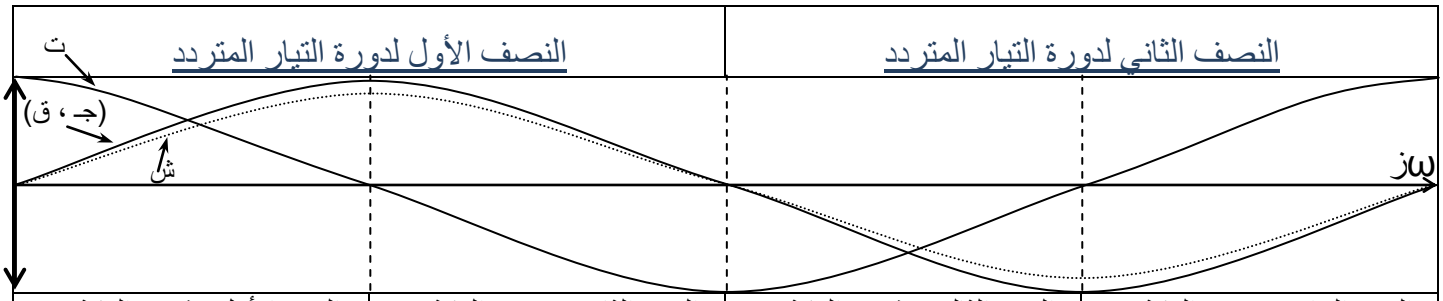
- الجسم المتعادل كهربائيا: هو الجسم الذي تتساوى فيه الشحنات السالبة والموجبة .
- الجسم المشحون كهربائيا: هو الجسم الذي تزداد فيه الشحنات السالبة عن الموجبة(ذو الشحنة السالبة) أو الذي تزيد فيه الشحنات الموجبة عن السالبة(ذو الشحنة الموجبة) .
- عملية شحن الجسم كهربائيا: هي عملية إكساب الجسم إلكترونات لشحنه 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(الإلكترونات) على أحد لوحي المكثف وبالتالي تراكم الشحنات الموجبة(الفجوات) على اللوح الآخر .
- عملية تفريغ المكثف: هي عملية عكس اتجاه الإلكترونات لتعود إلى اللوح الموجب حتى يتعادل لوحي المكثف كهربائيا

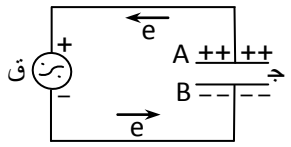
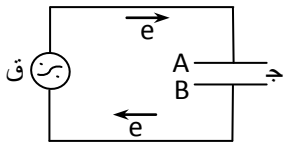
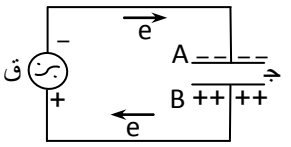
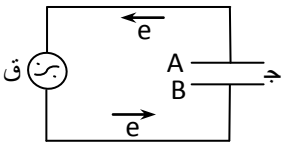
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 = (ز f٢) مرة .
ب- عدد مرات شحن المكثف + عدد مرات تفريغ المكثف = (ز f٤) مرة .
حيث أن (ز) هو زمن مرور التيار في دائرة المكثف(أي فترة غلق الدائرة وليس الزمن الدوري للتيار المتردد) .

فمثلاً: لتيار تردده ٧٥ هرتز يمر في دائرة مكثف يكون:
أ- عدد مرات شحن وتفريغ المكثف خلال الثانية الواحدة = ز f٢ = ٢ × ٧٥ × ١ = ١٥٠ مرة .
ب- عدد مرات تفريغ المكثف خلال ٤ ثوان = ز f٢ = ٢ × ٧٥ × ٤ = ٦٠٠ مرة .

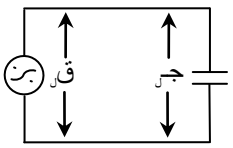
وتتم عمليتي الشحن والتفريغ لمكثف خلال دورة كاملة للتيار المتردد كما يلي:



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) ونعتبر (ق) في الإتجاه الموجب .	* حركة الإلكترونات من القطب الموجب للمصدر نحو اللوح (A) ومن اللوح (B) نحو القطب السالب وتتحرك (ش) في الإتجاه المعاكس .	* حركة الإلكترونات من القطب السالب للمصدر نحو اللوح (A) ومن اللوح (B) نحو القطب الموجب وتكون (ق) في الإتجاه المعاكس .	* حركة الإلكترونات من اللوح (A) نحو القطب السالب ومن القطب الموجب نحو اللوح (B) وتكون (ق) في الإتجاه المعاكس .
* (ق ، جـ) تتزايد من الصفر إلى ق = ق ع ، جـ = جـ ع .	* (ق ، جـ) تتناقص قيمتها الموجبة إلى الصفر .	* (ق ، جـ) تزداد من (٠) إلى ق = – ق ع ، جـ = – جـ ع	* (ق ، جـ) تتناقص قيمتها 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) تنخفض من نهاية عظمى موجبة إلى الصفر .	* (ت) تتزايد من الصفر إلى ت = – ت ع .	* (ت) تقل من نهاية عظمى سالبة إلى الصفر .	* (ت) تتزايد من الصفر إلى ت = ت ع .

علاقة الطور بين (ت ، جـ) في دائرة المكثف:

كما في الشكل (١٩) يكون لهذه الدائرة:



شكل (١٩)

جـ(للمكثف) = ق(للمصدر) = جـ ع جاωز ..... (١) . ولكننا نعلم أنه للمكثف:

جـ = ش / سع ⟸ جـ ع جاωز = ش / سع ⟸ ش = سع جـ ع جاωز ..... (٢) .

$\Leftarrow$ ت$_{ل}$ = $\frac{\Delta ش_{ل}}{\Delta ز}$ = $\frac{\Delta ئ}{\Delta ز}$(سع جـ$_{ع}$ جاωز) $\therefore$ ت$_{ل}$ = ω سع جـ$_{ع}$ جتاωز ..... (٣) .

ويكون لشدة التيار نهاية عظمى عندما جتاωز = ±١ $\Leftarrow$ ωز = صفر° ، ١٨٠° ، ... ، أي عند ωز = نπ ، حيث أن: ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ... من الأعداد الصحيحة .

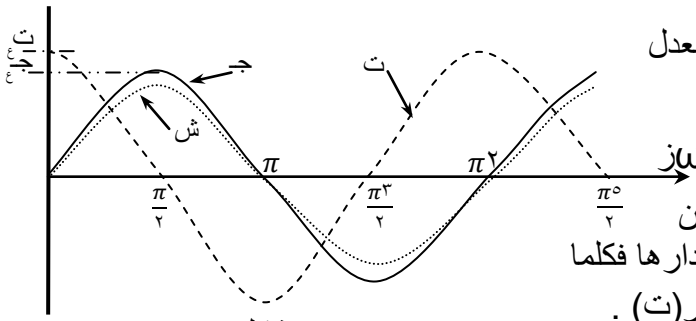
$\Leftarrow$ ت$_{ع}$ = ± ω سع جـ$_{ع}$ ..... (٤) ، حيث أن (ت$_{ع}$) هي النهاية العظمى لشدة التيار المتردد المار في دائرة المكثف .

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 + ٩٠°) ..... (٦) . لأن: جتاهـ = جا($\frac{\pi}{٢}$ + هـ) ، وبمقارنة (٦) مع (١) نلاحظ تقدم (ت) عن (جـ) في أية لحظة بزاوية طور مقدارها (٩٠° = $\frac{\pi}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) في دائرة المكثف - الشكل (٢١) - .

س: في منحنى (جـ ، ش ، ت) لدائرة المكثف (الشكل - ٢٠) نلاحظ أنه كلما زاد مقدار الشحنة(ش) قلت شدة التيار(ت) ، وضح ذلك !

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 = $\frac{\Delta ش}{\Delta ز}$) ωز 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) .



شكل (٢٠)

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(م$_{سع}$):

تعريفها: هي الممانعة التي يلقاها التيار الكهربائي المتردد عند مروره في دائرة المكثف نتيجة سعة المكثف ، وتقاس بوحدات الأوم(Ω) .

اشتقاق علاقة حسابها: م$_{سع}$ = $\frac{جـ_{ع}}{ت_{ع}}$ = $\frac{جـ_{ع}}{ω سع جـ_{ع}}$ = $\frac{١}{ω سع}$ = $\frac{١}{سع f \pi ٢}$ = $\frac{ز_{ل}}{سع \pi ٢}$ ، و نجد أن (م$_{سع}$) تتناسب طرديا مع (ز$_{ل}$) وعكسيا مع (ω ، f ، سع) .

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 .

المعطيات:
ز$_{ل}$ = ٠,٠٢ ث
سع = ٠,٢ مايكروفاراد
= ٢ × ١٠$^{-٧}$ فاراد
جـ = ق = ٢٥٠ فولت
عدد مرات الشحن = ١٢٠٠ مرة

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

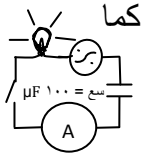
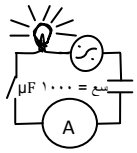
الحل:

أ- $م_{سع} = \frac{ز_ر}{2\pi^2 سع} = \frac{0,02}{2 \times \pi^2 \times 10^{-7}} = 1,6 \times 10^{4}$ أوم . ب- $ت = \frac{جـ}{م_{سع}} = \frac{250}{1,6 \times 10^{4}} = 0,02$ أمبير .

جـ- ∵ عدد مرات شحن المكثف = $2f$ز ، $f = \frac{1}{ز_ر} = \frac{100}{2} = 50$ هرتز ، ∴ ز = $\frac{\text{عدد مرات الشحن}}{2f} = \frac{1200}{2 \times 50} = 12$ ث .

تنبيه: هنا زمن غلق الدائرة(ز) ليس هو الزمن الدوري للتيار($ز_ر$) .

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 .

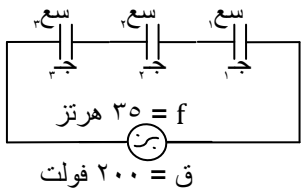
١- في حالة التوصيل على التوالي: $\frac{1}{سع_ك} = \frac{1}{سع_1} + \frac{1}{سع_2} + \frac{1}{سع_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{60} = \frac{11}{120}$

∴ $سع_ك = \frac{120}{11}$ مايكروفاراد = $\frac{12}{11} \times 10^{-5}$ فاراد

⟸ $م_{سع} = \frac{1}{2\pi^2 f سع_ك} = \frac{11 \times 10^{5}}{2 \times \pi^2 \times 35 \times 12} = 416,8$ أوم . ولذلك يكون:

أ- $ت = \frac{جـ}{م_{سع}} = \frac{200}{416,8} = 0,5$ أمبير .

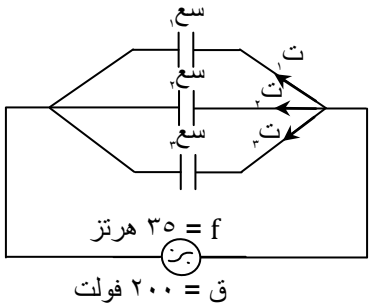
ب- $جـ_1 = ت \times م_{سع_1} = ت \times \frac{1}{2\pi^2 f سع_1} = \frac{0,5 \times 10^{6}}{2 \times \pi^2 \times 35 \times 20} = 113,7$ فولت .



شكل (٢١ - ١)

٢- في حالة التوصيل على التوازي:
$سع_ك = سع_1 + سع_2 + سع_3 = 20 + 40 + 60 = 120$ مايكروفاراد .

⟸ $م_{سع} = \frac{1}{2\pi^2 f سع_ك} = \frac{10^{6}}{2 \times \pi^2 \times 35 \times 120} = 37,9$ أوم . ولذلك يكون:



شكل (٢١ - ٢)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

أ- ت = $\frac{جـ}{م_{سع}}$ = $\frac{٢٠٠}{٣٧,٩}$ = ٥,٣ أمبير .

ب- ت$_{٣}$ = $\frac{جـ}{م_{سع_{٣}}}$ = $\frac{جـ}{\frac{١}{٢\pi f سع_{٣}}}$ = ٢π f سع$_{٣}$ جـ = ٢ × π × ٣٥ × ٥٠ × ١٠$^{-٦}$ × ٢٠٠ = ٢,٦ أمبير .

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$_{ع}$ جا ωz دالة في جيب الزاوية (ωz) .

، ت$_{ك}$ = ت$_{ع}$ جتا ωz دالة في جيب تمام الزاوية (ωz) .

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- أسئلة وزارية مختارة:

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 (ωz) . ( )

٣- للحصول على تيار أكبر نستخدم مكثفات موصلة مع بعضها على التوازي ، مع تصحصح الخطأ أينما وجد .

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- 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 .

٧- علل لما يأتي:

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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٨- استنتج علاقة رياضية تبين فيها أن شدة التيار اللحظية في دائرة تحتوي على مكثف هي دالة في جيب تمام الزاوية (ωز) .

ب- لا يوجد مكثف كهربائي سعته واحد فاراد ، علل ذلك .

جـ- أثبت ان: فاراد = ث^{٢}.كولوم/(كجم.م^{٢}) .

د- عند غلق دائرة المكثف المتصل بمصدر متردد مباشرة تكون قيمة شدة التيار نهاية عظمى ، فسر ذلك ! .

هـ- إذا علمت أن الزمن الدوري للتيار المتردد المار في دائرة مكثف هو ٠,٠٢ ث فاحسب الفترة الزمنية المستغرقة في شحن هذا المكثف .

و- في دائرة المكثف تتقدم (ت) عن (جـ) بمقدار (١,٦ راد ، ١,٥ راد ، ١,٤ راد ، لا شيئ مما ذكر) .

ز- 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 المفاعلة السعوية المكافئة لها ٢٤٠٠ أوم فاحسب سعات هذه المكثفات بالمايكروفارد .

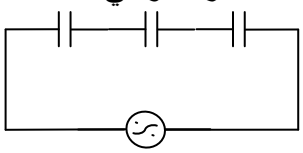
ح- مكثفان سعتيهما متساويتان عند توصيلهما على التوالي كانت شدة التيار المار في الدائرة ٠,٤ أمبير ، احسب شدة التيار المار فيها عند توصيلهما على التوازي .

ط- أثبت أن للكميتين الفيزيائيتين التاليتين وحدات القياس نفسها: $\frac{ش^{٢}}{سع \times ز}$ ، 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 ، ...) .

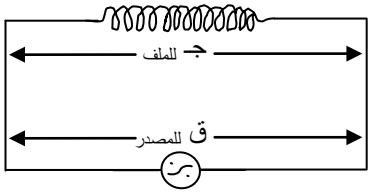
الحث الذاتي للملف(حث):

هو التأثير الكهرومغناطيسي في ملف بتغير شدة التيار المار فيه وتتولد عنه (ق.د.ك) تأثيرية عكسية .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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:



شكل (٢٣)

$ت_{ل} = ت_{ع}$ 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:

$(ق.د.ك)_{تأثيرية} = - حث \frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}$ .....(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:

$(ق)_{للمصدر} = - (ق.د.ك)_{تأثيرية} = - (- حث \frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}) \Leftarrow ق = حث \frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز}$ .....(٣) ،

وفي الشكل (٢٣) نجد أن $(جـ_{ل})_{للملف} = (ق_{ل})_{للمصدر}$ ، وبتعويض العلاقة (١) في العلاقة (٣) نحصل على:

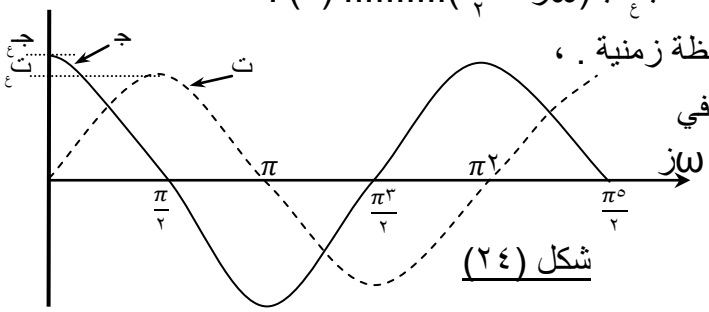
$جـ_{ل} = ق = حث \frac{\Delta ت_{ل}}{\Delta ز} = حث \frac{\Delta}{\Delta ز}(ت_{ع}$ جاωز) = حث $ت_{ع} \frac{\Delta}{\Delta ز}$(جا$\omega$ز) = حث $ت_{ع}$ ω جتاωز ،

$\Leftarrow جـ_{ل} = \omega$ حث $ت_{ع}$ جتاωز .....(٤) ،

ويكون لفرق الجهد نهاية عظمى عندما جتاωز = ±١ $\Leftarrow \omega$ز = صفر° ، ١٨٠° ، ... ، أي عند ωز = نπ ، حيث أن: ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ... من الأعداد الصحيحة .

$\Leftarrow جـ_{ع} = \pm \omega$ حث $ت_{ع}$ ..... (٥) ، حيث أن ($جـ_{ع}$) هي النهاية 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) .



شكل (٢٤)

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) .

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: $م_{حث} = \frac{جـ_{ع}}{ت_{ع}} = \frac{\omega \text{ حث } ت_{ع}}{ت_{ع}} = \omega$ حث = ٢π حث $f = \frac{٢\pi \text{ حث}}{ز}$ ، 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 .

الحل:

أ- $م_{حث} = f\pi٢$ حث = ٢π × ٧٠ × ٣٥ × $١٠^{-٣}$ = ١٥,٤ أوم .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ب- $ت_{ف} = \frac{جـ_{ف}}{م_{حث}} = \frac{١٥٠}{١٥،٤} = ٩،٧٤$ أمبير .

جـ- $ت_{ف} = \frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}} \Leftarrow ت_{ع} = \sqrt{٢}\, ت_{ف} = \sqrt{٢} \times ٩،٧٤ = ١٣،٨$ أمبير .

المعطيات:
حث = ٣٥ × ١٠$^{-٣}$ أوم.ث
f = ٧٠ هرتز
جـ$_{ف}$ = ١٥٠ فولت .

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 ($\frac{١}{٣٠٠}$) ثانية ، جـ- فرق الجهد اللحظي بعد نفس الفترة .

الحل:

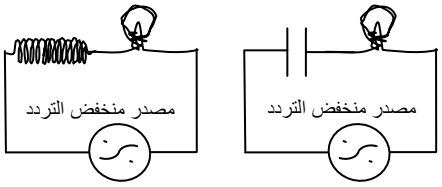
أ- $م_{حث} = \frac{جـ_{ع}}{ت_{ع}} = \frac{٤٨٤}{٤} = ١٢١\ \Omega$ ، $م_{حث} = ٢\pi f$ حث $\Leftarrow$ حث = $\frac{م_{حث}}{٢\pi f}$ ∴ حث = $\frac{١٢١}{٥٠ \times \pi ٢}$ = ٠،٣٨٥ هنري .

جـ$_{ع}$ = ق$_{ع}$ = ٤٨٤ فولت ، f = ٥٠ HZ
ت$_{ع}$ = ٤ أمبير ، ز = $\frac{١}{٣٠٠}$ ثانية .

ب- $ت_{ل} = ت_{ع}$ جاωز = ٤ × جا($\pi ٢ \times ٥٠ \times \frac{١}{٣٠٠}$) = ٤ × جا$\frac{\pi}{٣}$ = ٣،٤٦٤ أمبير .

جـ- $جـ_{ل} = جـ_{ع}$ جتاωز = ٤٨٤ × جتا$\frac{\pi}{٣}$ = ٢٤٢ فولت .

مثال(١٤): في 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 $\Leftarrow م_{سع} = \frac{١}{سع f \pi ٢}$ ستكون كبيرة $\Leftarrow ت = \frac{جـ}{م_{سع}}$ سيكون صغيراً ،

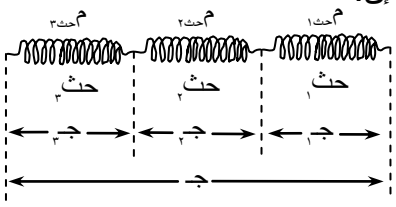
∴ إضاءة المصباح ستكون صغيرة .

دائرة الملف في الشكل(٢) فيها:

f منخفض $\Leftarrow م_{حث} = ٢\pi f$ حث ستكون صغيرة $\Leftarrow ت = \frac{جـ}{م_{حث}}$ 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)

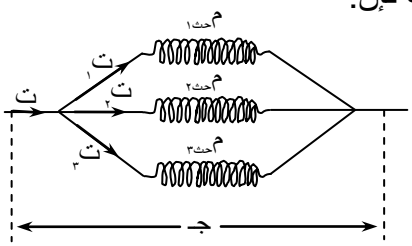
جـ = جـ$_{١}$ + جـ$_{٢}$ + جـ$_{٣}$ ، لكن: جـ = ت × $م_{حث}$ = ت × ω حث (قانون أوم) .

$\Leftarrow$ ت × ω حث$_{الكلي}$ = ت × ω حث$_{١}$ + ت × ω حث$_{٢}$ + ت × ω حث$_{٣}$

$\Leftarrow$ 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 = $\frac{جـ}{م_{حث}} = \frac{جـ}{ω\ حث}$ ،

$\Leftarrow \frac{جـ}{ω\ حث_{الكلي}} = \frac{جـ}{ω\ حث_{١}} + \frac{جـ}{ω\ حث_{٢}} + \frac{جـ}{ω\ حث_{٣}} \Leftarrow \frac{جـ}{ω} (\frac{١}{حث_{١}} + \frac{١}{حث_{٢}} + \frac{١}{حث_{٣}})$

$\frac{١}{حث_{الكلي}} = \frac{١}{حث_{١}} + \frac{١}{حث_{٢}} + \frac{١}{حث_{٣}}$ + ... في حالة توصيل الملفات على التوازي .

* ويكون في الحالتين: $م_{حث} = ω\ حث_{الكلي} = ٢\pi f$ حث$_{الكلي}$ = $\frac{\pi ٢\ حث_{الكلي}}{ز}$.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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$_{حث}$)$_{ك}$ = ٢πf حث$_{ك}$ = ٢π × ٤٥ × ٠,٠٨ = ٢٢,٦ Ω ∴ ت = $\frac{جـ}{(م_{حث})_{ك}}$ = $\frac{٨٠}{٢٢,٦}$ = ٣,٥ أمبير .

ب- عند الاستبدال ويكون المكثفان متصلان على التوالي ⟸ $\frac{١}{سع_{ك}}$ = $\frac{١}{سع_{١}}$ + $\frac{١}{سع_{٢}}$ = $\frac{١}{٦}$ + $\frac{١}{٨}$ = $\frac{٧}{٢٤}$

⟸ سع$_{ك}$ = $\frac{٢٤}{٧}$ = ٣,٤ مايكروفاراد = ٣,٤ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ⟸ (م$_{سع}$)$_{ك}$ = $\frac{١}{٢πf سع_{ك}}$ = $\frac{١}{π٢ × ٤٥ × ٣,٤ × ١٠^{-٦}}$ = ١٠٤٠ أوم

∴ ت = $\frac{جـ}{(م_{سع})_{ك}}$ = $\frac{٨٠}{١٠٤٠}$ = 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$_{ع}$ جاωz دالة في جيب الزاوية (ωz) .
، جـ$_{ل}$ = جـ$_{ع}$ جتاωz دالة في جيب تمام الزاوية (ωz) .

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:
$\frac{١}{(م)_{الكلية}}$ = $\frac{١}{م_{١}}$ + $\frac{١}{م_{٢}}$ + $\frac{١}{م_{٣}}$ + ... ، $\frac{١}{(م_{سع})_{الكلية}}$ = $\frac{١}{م_{سع١}}$ + $\frac{١}{م_{سع٢}}$ + $\frac{١}{م_{سع٣}}$ + ... ، $\frac{١}{(م_{حث})_{الكلية}}$ = $\frac{١}{م_{حث١}}$ + $\frac{١}{م_{حث٢}}$ + $\frac{١}{م_{حث٣}}$ + ...

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- ماذا يقصد بالخواص الفيزيائية للملف ؟

٢- 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 ملف يتأخر التيار عن فرق الجهد بزاوية $\frac{\pi}{٢}$ راديان .

٣- إن مرور تيار كهربائي متردد في دائرة ملف حثي يؤدي إلى تغير ..... خلال الملف مع ..... .

٤- المفاعلة الحثية للملف ..... مرور التيار الكهربائي ولكنها ..... طاقة كهربائية .

٥- إذا كان تردد التيار المار في دائرة مكثف ٧٠ هيرتز فإن عملية شحنه وتفريغه تتكرر ..... مرة في الثانية ، وعدد مرات وصوله إلى الصفر ..... مرة .

٦- ملف حثه الذاتي ٠,١٤ هنري يمر فيه تيار تردده ٥٠ HZ لذلك تكون مفاعلته ٤٤ Ω . ( )

٧- 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 ($\frac{١}{\omega_{سع}}$ ، ω 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 .

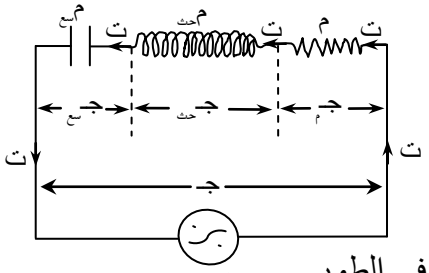
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 أومية والمفاعلة السعوية للمكثف والمفاعلة الحثية للملف .



شكل (٢٧)

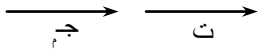
اشتقاق علاقة حسابها: نلاحظ من دائرة المعاوقة في الشكل (٢٧) أن أجزائها متصلة على التوالي ولذلك يتوزع الجهد دون التيار أي أن:

$$\left.\begin{array}{l}\overleftarrow{جـ_م} + \overleftarrow{جـ_{حث}} + \overleftarrow{جـ_{سع}} = \overleftarrow{جـ_ل} = \overleftarrow{جـ_ع}\ جاωز \\ ت_م = ت_{حث} = ت_{سع} = ت_ل = ت_ع\ جاωز\end{array}\right\} \quad \text{.... (١) ، (جـ$_ل$ ، ت$_ل$) للمصدر ومتفقان في الطور .}$$

$$\Longleftarrow ت_{ع\,م} = ت_{ع\,حث} = ت_{ع\,سع} = ت_ع \quad \text{..... (٢) .}$$

للمقاومة الأومية:

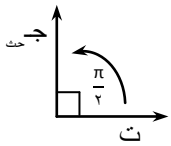
$$\left.\begin{array}{l}جـ_م \text{ يتفق في الطور مع ت} \Longleftarrow جـ_{ل\,م} = جـ_{ع\,م}\ جاωز \\ ، ت_ل = ت_ع\ جاωز\end{array}\right\} \quad \text{..... (٣) .}$$



وتكون زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) في المقاومة الأومية تساوي (صفر°) .

للملف الحثي:

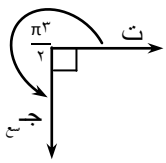
$$\left.\begin{array}{l}جـ_{حث} \text{ يتقدم في الطور بـ}(\frac{\pi}{2}\text{ راد}) \text{ على ت} \Longleftarrow جـ_{ل\,حث} = جـ_{ع\,حث}\ جا(ωز + \frac{\pi}{2}) \\ ، ت_ل = ت_ع\ جاωز\end{array}\right\} \quad \text{..... (٤) .}$$



وتكون زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) في الملف الحثي تساوي (٩٠°) .

للمكثف السعوي:

$$\left.\begin{array}{l}جـ_{سع} \text{ يتأخر في الطور بـ}(\frac{\pi}{2}\text{ راد}) \text{ عن ت} \Longleftarrow جـ_{ل\,سع} = جـ_{ع\,سع}\ جا(ωز - \frac{\pi}{2}) \\ ، ت_ل = ت_ع\ جاωز\end{array}\right\} \quad \text{..... (٥) .}$$

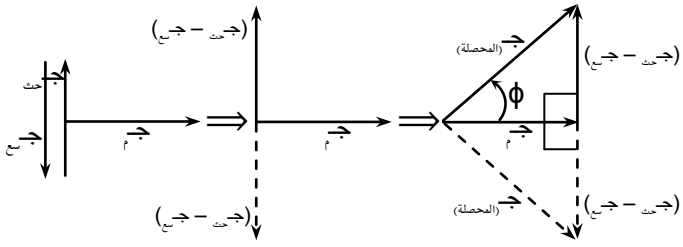


وتكون زاوية فرق الطور بين (ت) و (جـ) في المقاومة الأومية تساوي (٢٧٠°) .

ولوجود فروق في الطور مختلفة للمتجهات الدوارة ($\overrightarrow{جـ_م}$ ، $\overrightarrow{جـ_{حث}}$ ، $\overrightarrow{جـ_{سع}}$) فلا يمكن جمعها جمعا جبريا 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: $جـ = \sqrt{جـ_س^2 + جـ_ص^2}$ فيكون المتجه المحصلة هو:

$$جـ = \sqrt{جـ_م^2 + (جـ_{حث} - جـ_{سع})^2} \quad \text{..... (٦) ،}$$

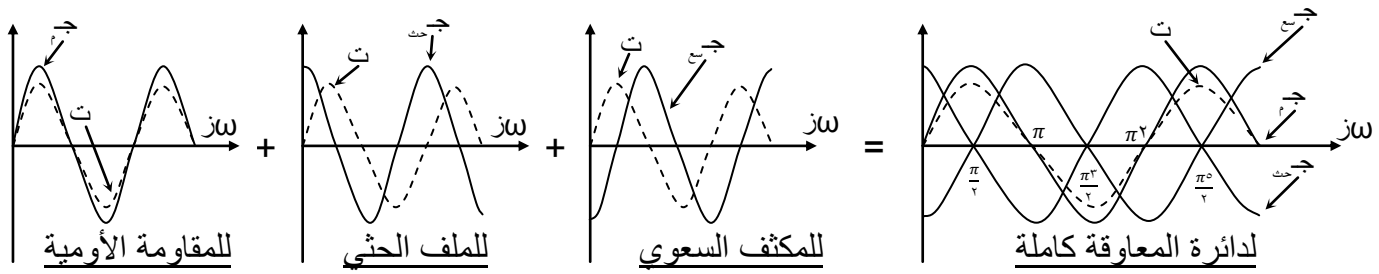
هذه العلاقة تستخدم لحساب فرق الجهد في دائرة المعاوقة .

$$\Longleftarrow ت_م \times م_ق = \sqrt{ت^2 \times م^2 + (ت \times م_{حث} - ت \times م_{سع})^2} = ت\sqrt{م^2 + (م_{حث} - م_{سع})^2}$$

∴ 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) كما في الشكل (٢٨) ، وتحسب بالعلاقة:

ϕ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{جـ_{حث} - جـ_{سع}}{جـ_{م}}\right)$ = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}\right)$ ..... (٨) . لأن: ظاϕ = $\frac{جـ_{حث} - جـ_{سع}}{جـ_{م}}$ = $\frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}$.

منحنيات (ت ، جـ$_{م}$ ، جـ$_{حث}$ ، جـ$_{سع}$) في دائرة المعاوقة:



من منحنى دائرى المعاوقة - الشكل (٢٩) - أعلاه نجد أن: شكل (٢٩)

* جـ$_{م}$ يتفق في الطور مع ت ويسبق جـ$_{سع}$ ويتأخر عن جـ$_{حث}$ بـ(٩٠° = $\frac{π}{٢}$ راد = $\frac{١}{٤}$ دورة) .

* جـ$_{حث}$ يسبق ت و جـ$_{م}$ بـ(٩٠° = $\frac{π}{٢}$ 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° = $\frac{π}{٢}$ 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 يكون:

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 ، نهاية عظمى موجبة ، نهاية عظمى سالبة ، لا يتفقان أبداً) .

ب- في دائرة المعاوقة يتفق كلا من جهد المكثف وجهد الملف عندما (ωز) تساوى (صفر ، $\frac{π}{٢}$ ، ٢نπ ، $\frac{π(٢ن + ١)}{٢}$) راد

جـ- أ- (صفر) ، ب- ($\frac{π(٢ن + ١)}{٢}$) ، انظر منحنى المعاوقة في الشكل (٢٩) السابق ، حيث أن: (ن = ٠ ، ١ ، ٢ ، ...) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 .

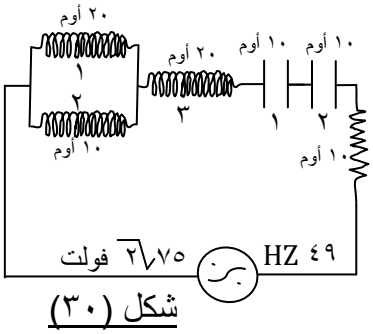
الحل:

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 ⟸ $\frac{١}{(م_{حث})_{ك١}}$ = $\frac{١}{م_{حث١}}$ + $\frac{١}{م_{حث٢}}$ = $\frac{١}{٢٠}$ + $\frac{١}{١٠}$ = $\frac{٣}{٢٠}$

⟸ $(م_{حث})_{ك١}$ = $\frac{٢٠}{٣}$ = ٦,٦٧ أوم .

$(م_{حث})_{ك١}$ ، م$_{حث٣}$ متصلة على التوالي ⟸ $(م_{حث})_{ك}$ = $(م_{حث})_{ك١}$ + م$_{حث٣}$ = ٦,٦٧ + ٢٠ = ٢٦,٦٧ أوم .

م$_{سع١}$ ، م$_{سع٢}$ متصلة على التوالي ⟸ $(م_{سع})_{ك}$ = م$_{سع١}$ + م$_{سع٢}$ = ١٠ + ١٠ = ٢٠ أوم .

م ، $(م_{حث})_{ك}$ ، $(م_{سع})_{ك}$ متصلة على التوالي لذلك:

م$_{اق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(١٠)^{٢} + (٢٠ - ٢٦,٦٧)^{٢}}$ = ١٢ أوم .

∴ ت = $\frac{\text{جـ}}{م_{اق}}$ = $\frac{٢\sqrt{٧٥}}{١٢}$ = ٨,٨٤ أمبير .

٢- ∵ م$_{حث}$ = ٢πf حث ∴ حث$_{١}$ = $\frac{م_{حث١}}{٢\pi f}$ = $\frac{٢٠}{٢ \times \pi^{٢} \times ٤٩}$ = ٠,٠٦٥ H .

، حث$_{٢}$ = $\frac{م_{حث٢}}{٢\pi f}$ = $\frac{١٠}{٢ \times \pi^{٢} \times ٤٩}$ = ٠,٠٣٢ هنري .

، حث$_{٣}$ = $\frac{م_{حث٣}}{٢\pi f}$ = $\frac{٢٠}{٢ \times \pi^{٢} \times ٤٩}$ = ٠,٠٦٥ هنري .

٣- زاوية الطور بين شدة التيار وفرق الجهد(ϕ) = ظا$^{-١}$ $\left(\frac{م_{حث} - م_{سع}}{م}\right)$ = ظا$^{-١}$ $(\frac{٢٠ - ٢٦,٦٧}{١٠})$ = ٣٣,٧° .

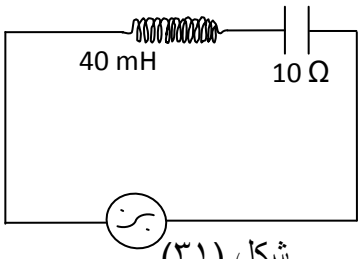
٤- ∵ ϕ < صفر ∴ التأثير العام للدائرة تأثير حثي .

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$_{اق}$ = $\sqrt{م^{٢} + م_{سع}^{٢}}$)	* دائرة مقاومة أومية ومكثف وملف، وفيها: م$_{اق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$
* 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$_{اق}$ = $\sqrt{م^{٢} + م_{حث}^{٢}}$)	

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة



شكل (٣١)

مثال(١٨): في الشكل المقابل إذا كان التيار والجهد في طور واحد فاحسب تردد التيار المار في الدائرة .

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 = $\frac{جـ_{م}}{جتا\phi}$ = $\frac{٥٠}{جتا٣٧°}$ = ٦٢,٦ فولت .

ب- الطريقة الأولى: ∵ جـ$_{حث}$ – جـ$_{سع}$ = جـ جتاϕ

⟸ 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.

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 مقدارها $\frac{١٠٠}{١١}$ أوم ومكثف سعته ٥٠ مايكروفاراد ، احسب المعاوقة للتيار .

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 ، $\frac{\pi ٣}{٢}$ ، ٢π) 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 .

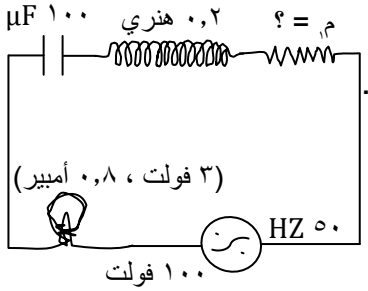
ز- عند توصيل ملف بمصدر مستمر قوته الدافعة الكهربية ١١ فوات كانت شدة التيار المار فيه ٢,٢ أمبير وعند توصيله(الملف) بمصدر تيارتردده ٥٠ هرتز وقوته الدافعة الكهربية ١٣ فولت كانت شدة التيار المر فيه ١ أمبير ، احسب معمل الحث الذاتي للملف .

ح- 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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

ط- 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)

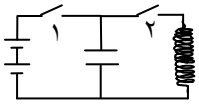
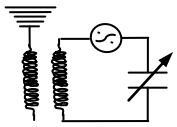
تدريب(١٢): دائرة كهربائية تتكون من مقاومة أومية مقدارها ٥ أوم ومكثف مفاعلته السعوية ٣٠ أوم وصلا على التوالي بمصدر تردده ٧٠ هرتز وجهده الفعال ٢٥٠ فولت ، احسب:
أ- القيمة الفعالة لشدة التيار المتردد المار في الدائرة .
ب- معامل حث الملف الذاتي اللازم إدخاله في الدائرة على التوالي حتى تتفق شدة التيار وفرق 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 التيار الكهربائي المتردد حد الذروة عند تساوي المفاعلة الحثية مع المفاعلة السعوية في دائرة المكثف والملف .

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 فعند حدوث الرنين يبلغ التيار حد الذروة فتتولد اهتزازات عالية التردد(تبادل سريع جداً جداً للطاقة)	
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 ؟

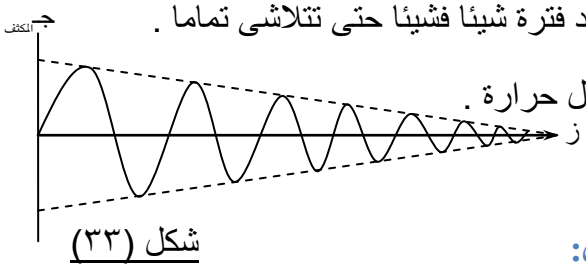
جـ: بالتحكم بسعة المكثف أو عدد لفات الملف في دائرة الملف والمكثف حتى يصبح ($جـ_{حث}$ = $جـ_{سع}$) وبالتالي يتحقق الشرط ألرنيني($م_{حث}$ = $م_{سع}$) فتكون معاوقة الدائرة أقل ما يمكن وهي مقاومة أسلاك التوصيل فقط لذلك يحدث تبادل سريع جدا للطاقة بين المكثف والملف فيبلغ التيار حد الذروة (أكبر ما يمكن) محدثا 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 .

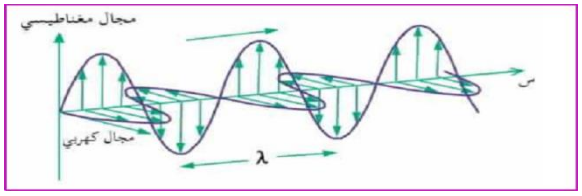
ملاحظات:

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: $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{حث سع}} = \frac{1}{2\pi \times (9 \times 10^{-6}) \times 4 \times 10^{-4}}$ $= 2652,6$ 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- $f = \frac{١}{\pi٢\sqrt{\text{حث سع}}} \Leftarrow$ سع $= \frac{١}{\pi٤ \text{ حث } f^{٢}} = \frac{١}{\pi٤ \times ٠,٠٠٥ \times (٤٩)^{٢}}$
$= ٢,١ \times ١٠^{-٣}$ فاراد ،

٢- شدة التيار المار في الدائرة(ت) $= \frac{\text{ق}_{\text{م}}}{\text{م}} = \frac{\text{ق}}{\text{م}} = \frac{٢٠٠}{٢٠} = ١٠$ 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: $f_{١} = \frac{١}{\pi٢\sqrt{\text{حث}_{١} \text{ سع}_{١}}}$ ، $f_{٢} = \frac{١}{\pi٢\sqrt{\text{حث}_{٢} \text{ سع}_{٢}}} \Leftarrow \frac{f_{١}}{f_{٢}} = \frac{١}{\pi٢\sqrt{\text{حث}_{١} \text{ سع}}} \times \frac{\pi٢\sqrt{\text{حث}_{٢} \text{ سع}}}{١}$

$\Leftarrow \frac{f_{١}}{f_{٢}} = \sqrt{\frac{\text{حث}_{٢}}{\text{حث}_{١}}}$ ∴ 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° = $١٠^{-٤}$ م
حث = $\frac{٧}{٤٨٤}$ هنري
سع = ؟
ع = ٣ × $١٠^{٨}$ م/ث .

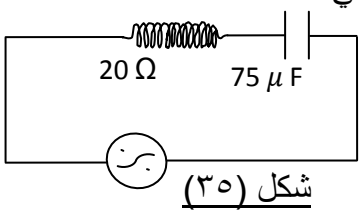
الحل: ∵ ع = λf $\Leftarrow$ f = $\frac{\text{ع}}{\lambda} = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{١ \times ١٠^{-٤}} = ٣ \times ١٠^{١٢}$ هرتز ، $f = \frac{١}{\pi٢\sqrt{\text{حث سع}}}$

$\Leftarrow$ سع $= \frac{١}{\pi٤ \text{ حث } f^{٢}} = \frac{١}{\pi٤ \times \frac{٧}{٤٨٤} \times ٩ \times ١٠^{١٦}} = ١,٩ \times ١٠^{-٩}$ فاراد

$= ١,٩ \times ١٠^{-٣} \times ١٠^{-٦}$ فاراد $= ١,٩ \times ١٠^{-٣}$ μF .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- اذكر وظيفة واحدة لما يلي: - الدائرة المهتزة .
٢- وحدة قياس ($\sqrt{\frac{\text{حث}}{\text{سع}}}$) هي (فولت ، أوم ، هنري ، كولوم) . - اختر الإجابة الصحيحة -
٣- 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 .
٤- موجة إذاعية مرسلة بسرعة ٣ × $١٠^{٨}$ م/ث استقبلها جهاز مذياعك في فترة زمنية مقدارها (٠,٠٢ ث) ، كم يكون بعد المحطة عنك بالكيلومتر ؟



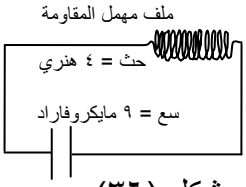
شكل (٣٥)

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: $\text{م}_{\text{حث}} = \sqrt{\frac{\text{حث}}{\text{سع}}}$.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

هـ- 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 .

تدريب(١٣): من الشكل(٣٦) المرسوم جانبا احسب: (أ ، ب: ٢٠١٢ - ٢٠١٣)
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 ؟



شكل (٣٦)

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 = $\frac{١}{١٠} \times \frac{٢٠٠}{\pi} \times \pi ٢$ = 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 .

$\Longleftarrow م_{ق} = \sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}} = \sqrt{(١٠)^{٢} + (٤٠ - ٢٥)^{٢}}$ = 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 × ٤٠ = ٥٥٦ فولت .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

السؤال السادس:

$م_{حث} = 2\pi f$ حث = $2\pi \times ٢٠٠ \times ١ = ١٢٥٦,٦$ أوم .

المعطيات:
م = ٣٠٠ Ω
حث = ١ H
جـ = ق = ٢٠٠ V
f = ٢٠٠ HZ .

$\Longleftarrow م_{ق} = \sqrt{م^{2} + (م_{حث} - م_{سع})^{2}} = \sqrt{(٣٠٠)^{2} + (١٢٥٦,٦ - صفر)^{2}}$ = ١٢٩٢ أوم ،

$\Longleftarrow$ 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:

$م_{ق} = \sqrt{م^{2} + م_{حث}^{2}} = \sqrt{(١٥)^{2} + (٢٠)^{2}}$ = ٢٥ أوم ، ولذلك فإن:

المعطيات:
م = ١٥ Ω
$م_{حث}$ = ٢٠ Ω
$جـ_{ق}$ = ١٥٠ V
f = ٦٠ HZ .

أ- القيمة الفعالة لشدة التيار المار في الدائرة($ت_{ف}$) = $\frac{جـ_{ق}}{م_{ق}} = \frac{١٥٠}{٢٥}$ = ٦ أمبير .

ب- الاتفاق في الطور بين (ت) و (جـ) يعني أن $م_{سع} = م_{حث} \Longleftarrow م_{حث} = \frac{١}{2\pi f سع}$ ،

∴ سع = $\frac{١}{2\pi f م_{حث}} = \frac{١}{٢ \times ٦٠ \times \pi ٢}$ = 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

حيث ωز = ٩٠° أو ٢٧٠° $\Longleftarrow$ القوة الدافعة الكهربية المتولدة(ق$_{\text{ل}}$) = ق$_{\text{ع}}$ جاωز = ± ق$_{\text{ع}}$ (نهاية عظمى) .

تدريب(٤):

لحساب مساحة وجه الملف(دائري الشكل):

س = πنق^{٢} = $\frac{٢٢}{٧}$ × (٠,١٤)^{٢} = ٦,١٦ × ١٠$^{-٤}$ م^{٢} .

أ- ∵ ق$_{\text{ع}}$ = ن س ب ω = ن س ب (٢π f)

∴ تردد الملف(f) = $\frac{\text{ق}_{\text{ع}}}{٢\pi \text{ ن س ب}}$ = $\frac{٢٢٠}{٢ \times \pi \times ٣٦٠ \times ٦,١٦ \times ١٠^{-٤} \times ٠,٢٦}$ = ٦ هرتز .

المعطيات:
نصف القطر(نق) = $\frac{٢٨}{٢}$ سم = ٠,١٤ م
ن = ٣٦٠ لفة ، ب = ٠,٢٦ تسلا
ق$_{\text{ع}}$ = ٢٢٠ فولت ، ت$_{\text{ع}}$ = ٢٠ أمبير
f = ؟ ، م = ؟ .

ب- مقاومة الملف(م) = $\frac{\text{ق}_{\text{ع}}}{\text{ت}_{\text{ع}}}$ = $\frac{٢٢٠}{٢٠}$ = ١١ أوم .

تدريب(٥):

أ- أقصى قوة دافعة كهربائية تأثيرية تتولد بين طرفي الملف:

ق$_{\text{ع}}$ = 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$_{\text{ف}}$) = $\frac{\text{ق}_{\text{ع}}}{\sqrt{٢}}$ = $\frac{٢٢٠}{\sqrt{٢}}$ = 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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

∴ ق$_{ف}$ = ق$_{ع}$ جاωز = ٢٢٠ × جا٣٠° = ٢٢٠ × $\frac{١}{٢}$ = ١١٠ فولت .

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$_{ف}$ = ق$_{ع}$ جاωز = ٢٢٠ × جا٣٠٠° = ٢٢٠ ×(–$\frac{\sqrt{٣}}{٢}$) = – ١١٠$\sqrt{٣}$ = – ١٩٠,٥ فولت .

تدريب(٦):

١- أ- ت$_{ف}$: ت$_{ع}$ = $\frac{ت_{ف}}{ت_{ع}}$ = $\frac{ت_{ف}}{\frac{ت_{ع}}{\sqrt{٢}}}$ ÷ ت$_{ع}$ = $\frac{ت_{ف}}{ت_{ع}}$ × $\frac{\sqrt{٢}}{ت_{ع}}$ = $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ ..... (١) ، وحيث أن: $\frac{\sqrt{٢}}{٢}$ = $\frac{٢}{٢\sqrt{٢}}$ = $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ ..... (٢) .

من (١) و (٢) نجد أن: ت$_{ف}$: ت$_{ع}$ = $\frac{١}{\sqrt{٢}}$ ، لذلك يكون الاختيار الصحيح هو ($\frac{\sqrt{٢}}{٢}$) .

ب- (ق.د.ك) = ٠,٦ق$_{ع}$ = 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 .

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 = ؟ .

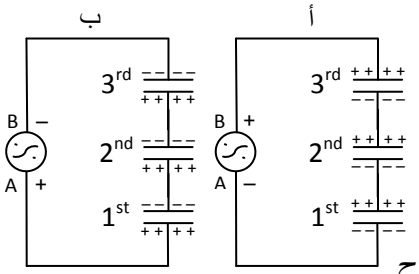
٣- لحساب التردد: f = $\frac{\text{١٥٠٠ دورة}}{\text{١/٢ دقيقة}}$ = $\frac{\text{١٥٠٠ دورة}}{\text{١/٢ × ٦٠ ثانية}}$ = $\frac{١٥٠٠}{٣٠}$ د/ث = ٥٠ هرتز .

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 (٢π f) جا(ωز)
= ١٠٠ × $\frac{٢٥}{١٠٠٠}$ × $\frac{٧}{١٠٠}$ × ٢ × $\frac{٢٢}{٧}$ × ٥٠ جا١٨٠° = صفر .

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 جهدا سالبا يسبب تكون جهدا موجبا على اللوح الآخر للمكثف عن طريق التجاذب والتنافر الكهربائي لتبتعد إلكتروناته فتتراكم على اللوح الأسفل للمكثف الثاني(2nd) مكونة جهدا سالبا عليه وجهدا موجبا 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):

$$\left.\begin{array}{l}\frac{١}{سع_ك}=\frac{١}{سع_١}+\frac{١}{سع_٢}+\frac{١}{سع_٣}\\ سع_ك = سع_١ + سع_٢ + سع_٣\end{array}\right\} \Leftarrow (سع)_{ك\text{ على التوالي}} < (سع)_{ك\text{ على التوازي}}$$

ونعلم أن: $(م_{سع})_ك = \frac{١}{2\pi f سع_ك} \Leftarrow (م_{سع})_ك$ 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 ، $ز_د$ = ؟ .

$(ق)_{\text{للدينامو}} = (جـ)_{\text{للمكثف}} \Leftarrow ن س ب \omega = ت \times م_{سع} \Leftarrow ن س ب(2\pi f) = \frac{ت}{2\pi f سع}$

$\Leftarrow ت = 4\pi^2 f^2 سع\ ن س ب \Leftarrow ت = \frac{4\pi^2 سع\ ن س ب}{ز_د^2}$

∴ $ز_د = \sqrt{\frac{4\pi^2 سع\ ن س ب}{ت}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \times ٥ \times ١٠^{-٥} \times ١٠٠ \times ١٠^{-١} \times ٧ \times ١٠^{-١}}{١٢}}$ = ٠,٠٣٤ ث .

تدريب(١٠):

المعطيات:
$م_{حث_١} + م_{حث_٢}$ = ٤٥ Ω
$\frac{١}{م_{حث_١}} + \frac{١}{م_{حث_٢}} = \frac{١}{١٠ \Omega}$
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: $\frac{١}{(م_{حث})_{\text{الكلية}}} = \frac{١}{م_{حث_١}} + \frac{١}{م_{حث_٢}} = \frac{م_{حث_١} + م_{حث_٢}}{م_{حث_١} \times م_{حث_٢}}$

$\Leftarrow \frac{١}{١٠} = \frac{٤٥}{م_{حث_١} \times م_{حث_٢}} \Leftarrow م_{حث_١} \times م_{حث_٢}$ = ٤٥٠

∴ $م_{حث_١} = \frac{٤٥٠}{م_{حث_٢}}$ ..... (٢) ، وبتعويض (٢) في (١) نحصل على:

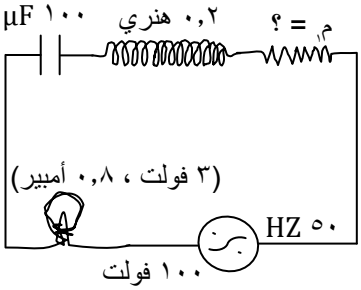
$\frac{٤٥٠}{م_{حث_٢}} + م_{حث_٢}$ = ٤٥ $\Leftarrow$ ٤٥٠ + $(م_{حث_٢})^2$ = ٤٥$م_{حث_٢}$ $\Leftarrow$ $(م_{حث_٢})^2$ – ٤٥$م_{حث_٢}$ + ٤٥٠ = صفر .

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 .

∵ $م_{حث} = 2\pi f$ حث ∴ $حث_١ = \frac{م_{حث_١}}{2\pi f} = \frac{٣٠}{٧٠ \times \pi ٢}$ = ٠,٠٦٨ H .

، $حث_٢ = \frac{م_{حث_٢}}{2\pi f} = \frac{١٥}{٧٠ \times \pi ٢}$ = ٠,٠٣٤ هنري .



شكل (٣١)

تدريب(١١):

أ- معاوقة الدائرة$(م_ق) = \frac{جـ}{ت} = \frac{١٠٠}{٠,٨}$ = ١٢٥ أوم .

ب- $م_{حث} = 2\pi f$ حث = $\pi ٢ \times ٥٠ \times ٠,٢$ = ٦٢,٨٣ Ω ، $م_{سع} = \frac{١}{2\pi f سع} = \frac{١}{\pi ٢ \times ٥٠ \times ١٠٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ٣١,٨٣ أوم ،

$م_{مصباح} = \frac{جـ_{مصباح}}{ت} = \frac{٣}{٠,٨}$ = ٣,٧٥ أوم ، $م_ق$ = ١٢٥ أوم ، $م_ق^2 = م^2 + (م_{حث} – م_{سع})^2$

$\Leftarrow م = \sqrt{م_ق^2 – (م_{حث} – م_{سع})^2} = \sqrt{(١٢٥)^2 – (٣١,٨٣ – ٦٢,٨٣)^2}$ = ١٢١,١ أوم .

ولأن $م_١$ ، $م_{مصباح}$ متصلتان على التوالي $\Leftarrow م = م_١ + م_{مصباح} \Leftarrow م_١ = م – م_{مصباح}$ ،

∴ المقاومة الأومية$(م_١)$ = ١٢١,١ – ٣,٧٥ = ١١٧,٣٥ أوم .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

جـ- القيمة القصوى لفرق الجهد بين طرفي المقاومة الأومية($جـ_{م_{١}}$) = ت × $م_{م}$ = 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 × $\frac{٣}{١٠٠}$ = ٣π = ٩,٤ Ω .

⟸ $م_{ق}$ = $\sqrt{م^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$ = $\sqrt{(١٢١,١)^{٢} + (٣١,٨٣ - ٩,٤)^{٢}}$ = 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 .

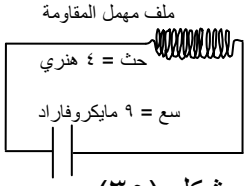
ب- يتفق فرق الجهد مع شدة التيار إذا تحقق شرط الرنين ⟸ $م_{حث}$ = $م_{سع}$ ⟸ $م_{سع}$ = $f\pi٢$ حث

∴ 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) = $\frac{١}{٢\pi\sqrt{حث\ سع}}$ = $\frac{١}{٢\pi \times (٤ \times ٩ \times ١٠^{-٦})^{١/٢}}$ = ٢٦,٥ هرتز .



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 = $\frac{جـ}{م_{ق}}$ = $\frac{١٠٠}{٩٠٢,٩٦}$ = ٠,١١ A .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اختبر نفسك(أسئلة إختبارات وزارية للعام الدراسي ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م)

الأول - 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 الملف المولد له . ( )

ب- القوة الدافعة الكهربائية العظمى واللحظية لها تتساويان عند (ωز = ٤٥°) . ( )

جـ- كلما زادت سعة المكثف قلت قدرته على تمرير التيار الكهربائي المتردد . ( )

د- تزداد مقاومة المكثف الكهربائي للتيار المتردد بزيادة تردد التيار المار في دائرته . ( )

هـ- في دائرة الرنين تكون سعة المكثف مساوية للحث الذاتي للملف في حالة الرنين . ( )

الثاني - أكمل الفراغات التالية بما يناسبها: - عند الرنين الكهربائي تكون قيمة المعاوقة الكلية للدائرة = ...

الثالث - 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- تتولد مفاعلة حثية في الملف الحثي عند مرور تيار متردد في دائرته .

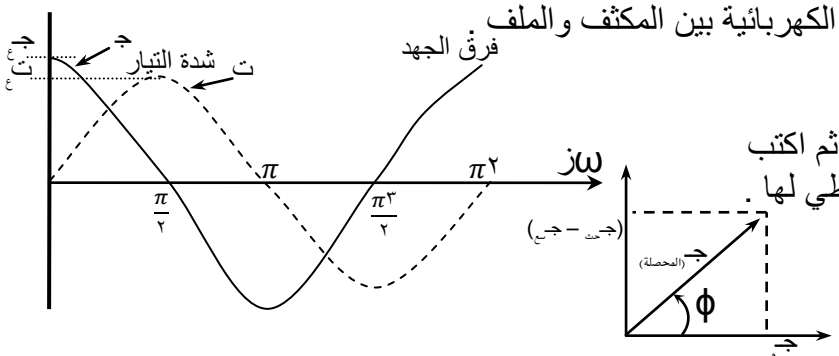
د- تضمحل الذبذبات الكهربائية المتولدة من الدائرة المهتزة تدريجياً .

هـ- يتلاشى تأثير المفاعلة الحثية والمفاعلة السعوية عند الرنين الكهربائي .

الرابع - أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:

أ- يمكن حساب شدة التيار المتردد في دائرة المكثف عند أية لحظة من العلاقة ($ت_{ل}$ = $ت_{ع}$ جاω ز) .

ب- فكرة عمل الدائرة المهتزة هو تبادل المجالات الكهربائية بين المكثف والملف



الخامس - أسئلة:

أ- وضح لأي دائرة المنحنى في الشكل المجاور ؟ ثم اكتب معادلتي حساب شدة التيار اللحظي والجهد اللحظي لها .

ب- من الشكل المقابل استنتج العلاقة التالية:

∴ $م_{ق} = \sqrt{م_{م}^{٢} + (م_{حث} - م_{سع})^{٢}}$.

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

السابع - مسائل:

أ- ملف مولد كهربائي مساحة أحد وجهيه ٠,١ م٢ 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 .

ب- ملف مولد على شكل دائرة نصف قطرها $\frac{٧}{٢٢}$ م 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 .

جـ- دائرة كهربائية تتكون من مقاومة أومية مقدارها ٥ أوم وملف حثه الذاتي ٥٠٠ ملي هنري وصلت هذه الدائرة بمصدر كهربائي متردد جهده الفعال ١٢٥ فولت وتردده ٥٠ هرتز ، احسب:

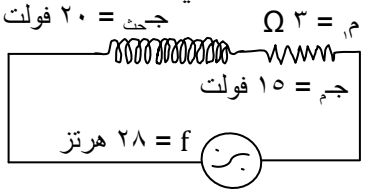
١- القيمة الفعالة لشدة التيار المار في الدائرة .

٢- سعة المكثف اللازم إدخاله في الدائرة على التوالي حتى يتفق فرق الجهد وشدة التيار في الطور .

د- أوجد من الشكل المقابل الموضح:

١- شدة التيار المار في الدائرة .

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($_{14}Si$) .

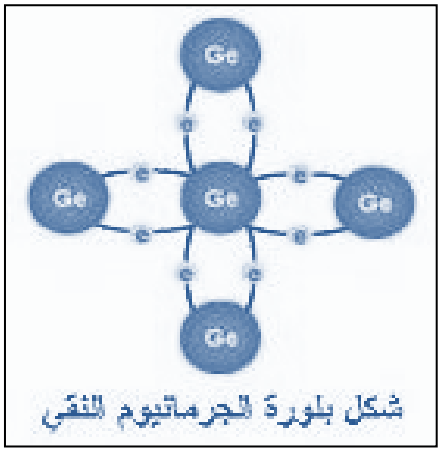
$_{5}B$ البورون	$_{6}C$ الكربون			
$_{13}AL$ الألومنيوم	$_{14}Si$ السيليكون	$_{15}P$ الفوسفور	$_{16}S$ الكبريت	
$_{31}Ga$ الجاليوم	$_{32}Ge$ الجرمانيوم	$_{33}As$ الزرنيخ	$_{34}Se$ السلينيوم	
$_{49}In$ الأنديوم	$_{50}Sn$ القصدير	$_{51}Sb$ الأنتيمون	$_{52}Te$ التيلوريوم	$_{53}I$ اليـــود

شكل (١)

- 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 طـ = طـ$_{حـ}$ = $\frac{3}{2}$KT = صفر ، لأن T = صفر) .

أشباه الموصلات:

اشباه الموصلات: هي مواد عازلة كهربائيا في الظروف الإعتيادية وتصبح جيدة التوصيل تحت ظروف خاصة مثل التسخين الشديد(رفع درجة حر ارتها) وإضافة الشوائب ، ولذلك يوجد نوعان من أشباه الموصلات نقية وغير نقية .



شكل بلورة الجرمانيوم النقي

أولا: ـ 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 .

التركيب البلوري لأشباه الموصلات النقية:

الشكل المرسوم جانبا يبين التركيب البلوري لبلورة شبه الموصل (الجرمانيوم) ، ويعد الجرمانيوم والسليكون من أهم الموصلات المستخدمة في التطبيقات الإلكترونية وهي من عناصر المجموعة الرابعة الأساسية في الجدول الدوري أي أن تكافؤها رباعي بحيث

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 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 :

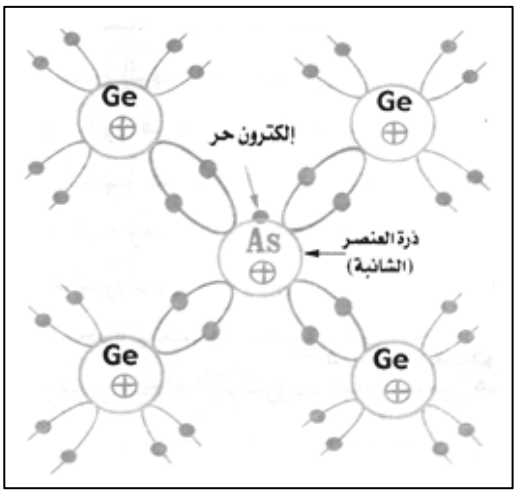
هي أشباه موصلات نقية مطعمة بنسبة ضئيلة من أحد عناصر مجموعتي الشوائب الخامسة والثالثة في الجدول الدوري لتكسبها خصائص مميزة منها:

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) .



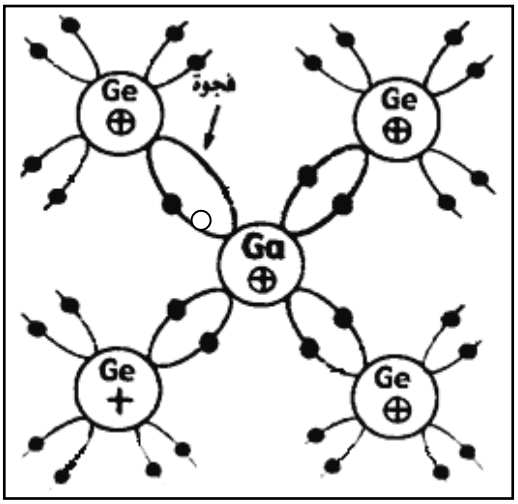
التركيب البلوري لشبه الموصل من النوع السالب

ـ النوع الثاني - شبه الموصل من النوع الموجب (الشائبة المستقبلة للإلكترونات) ويكون فيها:

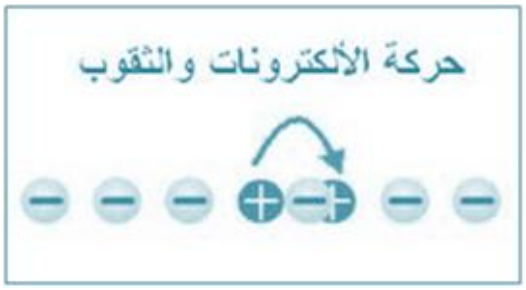
* شبه الموصل هو عنصر الجرمانيوم($_{32}$Ge) أحد عناصر المجموعة الرابعة فيكون رباعي التكافؤ ويحتوي المدار الأخير لذراتها على أربعة إلكترونات($4S^2 4P^2$) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

* 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 .

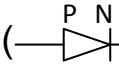
س: لماذا يستخدم الزرنيخ أو الجاليوم كشوائب لإضافتها إلى الجرمانيوم للحصول على بلورة شبه الموصل ؟
جـ: لأنهما العنصران التالي والسابق للجرمانيوم وكل من ذرتيهما لها نفس حجم ذرة الجرمانيوم تقريبا فتكون ملائمة لتحل محلها في البلورة .

إثراء:
أ- أسئلة وزارية مختارة:
١- ماذا يقصد بالشوائب 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 الفراغات التالية:
- ذرات عنصر الجرمانيوم والسليكون يحتوي مستوى طاقتيهما الخارجي على ..... إلكترونات .
- في درجات الحرارة العالية فإن المقاومة الكهربائية لبلورة السليكون تكون ....
٤- البلورة المانحة للإلكترونات تتكون من ذرة 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 .

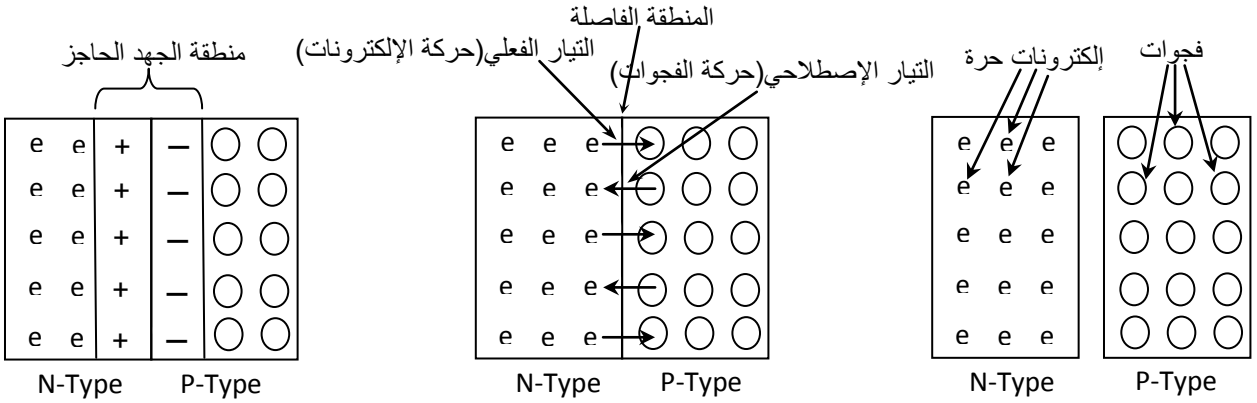
رمزها في الدائرة الكهربائية: (

) ، 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 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 (شكل - ب) . 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 (٠,١ ← ١) فولت لأشباه الموصلات وعمليا 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:

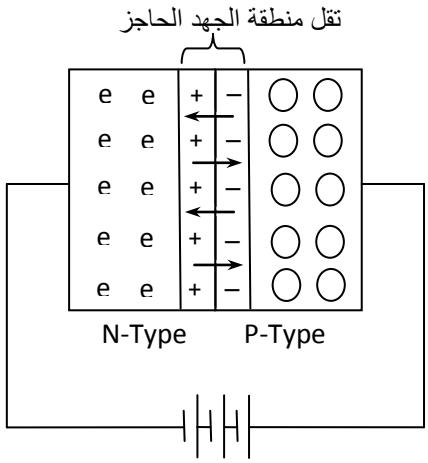
أولا: طريقة التوصيل الأمامي:

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 .

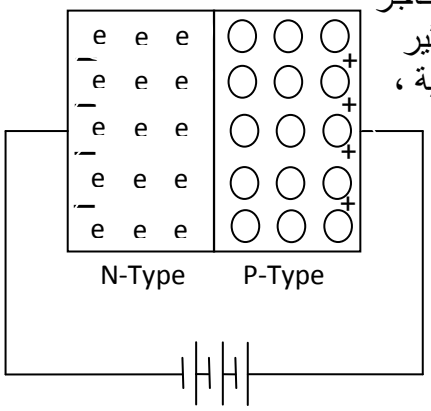


أ- مرحلة التغلب على الجهد الحاجز

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 .



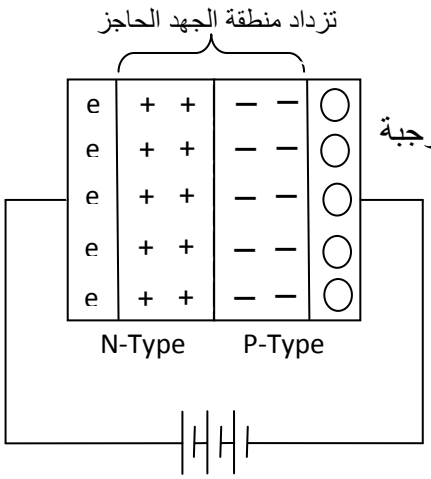
ب- التوصيل الأمامي

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 .

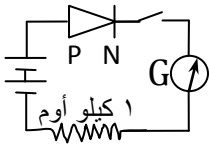
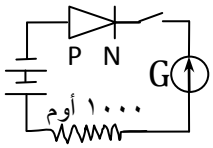
جهد الإنهيار: هو فرق الجهد المطبق بين طرفي الوصلة الثنائية والذي تنهار عنده مقاومتها للتيار الكهربائي عندما توصل توصيلا عكسيا .

* 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) .

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 -

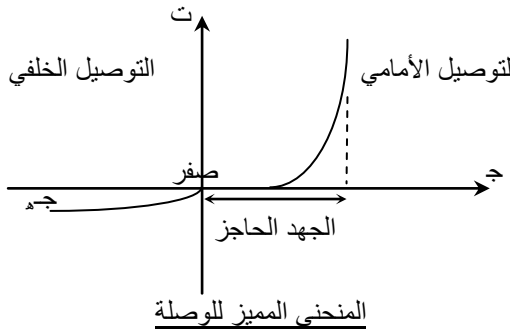
جـ: - نشاط(٧)(تجربة) - التوصيل الأمامي والتوصيل الخلفي للوصلة الثنائية:

	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 .



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 .

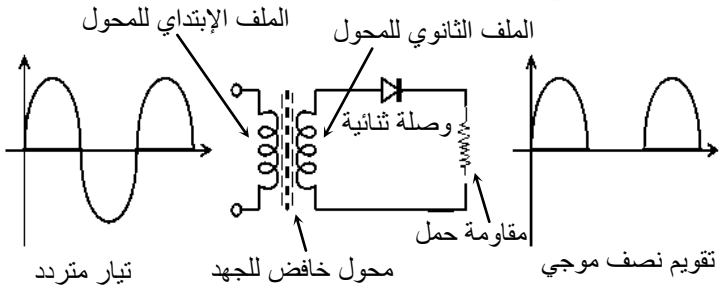
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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) .
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): - اجب 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:

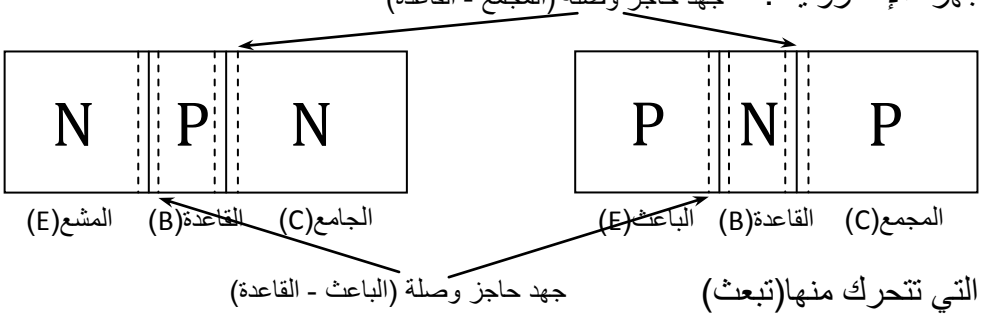
١- احتوائه على وصلتان ثنائيتان .

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:



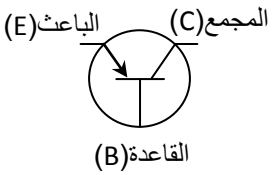
١- الباعث(Emitter): وهي البلورة التي تتحرك منها(تبعث) الإلكترونات الحرة أو الفجوات ورمزها (E) .

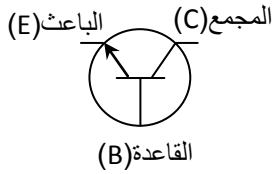
٢- القاعدة(Base): وهي البلورة الوسطى ورمزها (B) والتي تعمل كمفتاح تشغيل أو إطفاء الترانزستور .

٣- المجمع(Collector): وهي 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

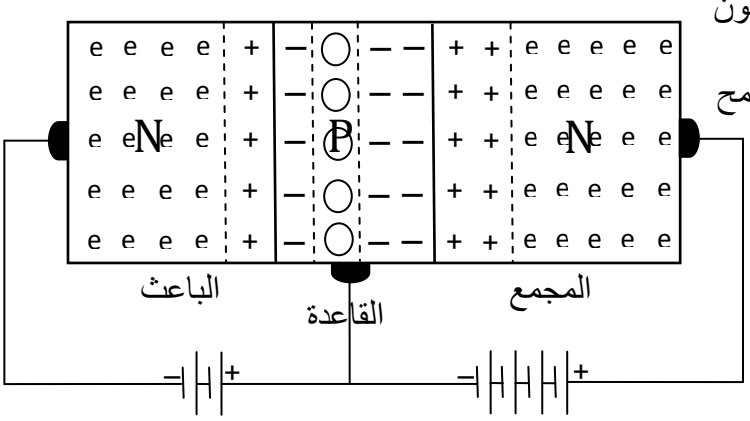
التمييز بين بلوراته(أقطابه) الثلاث:

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 ويوضع عليه دائرة ملونة عند طرفه .
٤ـ نسبة الشوائب: $B < C < E$.
٥- مساحة السطح: $B < E < C$.

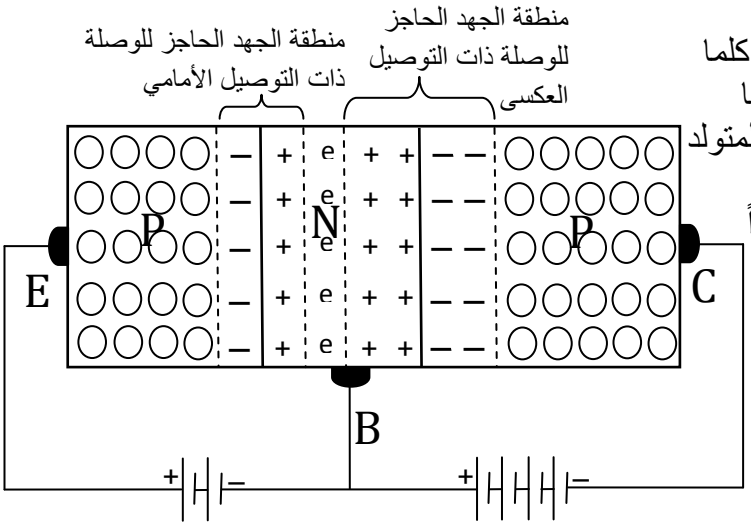
* الترانزيستور نوع (NPN) أكثر شيوعا في الإستخدام من نوع (PNP) وذلك لإستجابته العالية بسبب أن سرعة حركة الإلكترونات في البلورة السالبة أعلى بكثير من سرعة حركة الفجوات في البلورة الموجبة .
* يفضل صناعة الترانزستور من السليكون لأنه:
١- يتحمل درجات حرارة أعلى تصل إلى ١٧٥ درجة مئوية .
٢- أسهل في تصنيعه من 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):

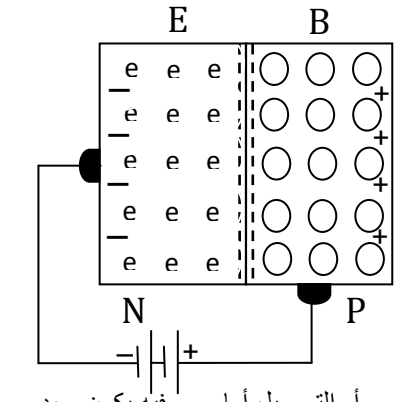


إن فكرة عمل الترانزستورات هي وجود وصلتين يكون في الغالب وضع التوصيل لإحداهما أمامي وللأخرى خلفي مما يعني أن الوصلة ذات التوصيل الأمامي ستسمح بمرور التيار بينما لا تسمح الوصلة ذات التوصيل العكسي بمروره ، فإذا ما تم تصنيع الرانزستور بحيث يكون عرض بلورة القاعدة قليل جداً وأن منطقة الجهد الحاجز للوصلة ذات 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 زادة نسبة عدد الإكترونات أو الفجوات التي يتم اقتناصها من قبل الوصلة ذات التوصيل العكسي من العدد الكلي المتولد في الوصلة ذات التوصيل الأمامي .

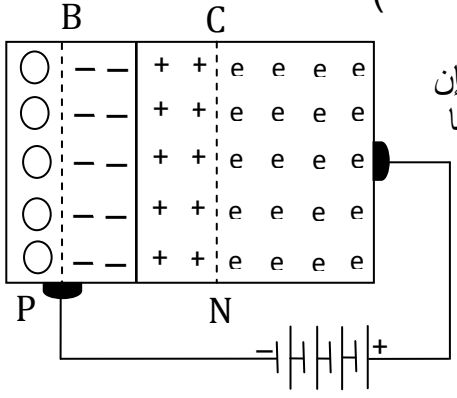


إن هذه الآلية في طريقة عمل الترانزستور تمكن تياراً ضعيفا يمر في القاعدة من السيطرة على تيار قوي يمر بين الباعث والمجمع فتجعل القاعدة تعمل كمفتاح لتشغيل وإطفاء الترانزستور فعندما يسري التيار إلى القاعدة سيكون هناك طريق لسريان التيار من المجمع إلى الباعث (المفتاح بوضع التشغيل) ولكن إذا لم يوجد تيار يسري 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 !



أ- التوصيل أمامي و فيه يكون جهد البلورة الموجبة موجبا والسالبة سالبا



ب- التوصيل خلفي و فيه يكون جهد البلورة الموجبة سالبا والسالبة موجبا

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 .

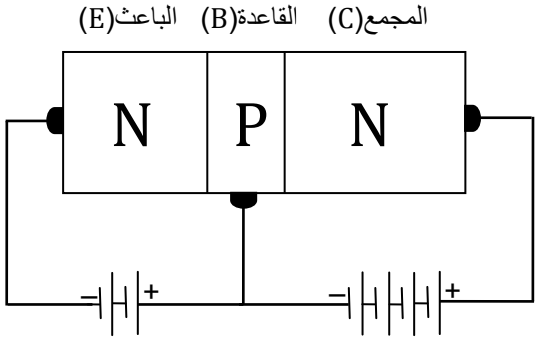
ثالثا: بما أن مساحة القاعدة صغيرة وتحتوي على عدد قليل من ذرات الشوائب فإن عدد الفجوات بها يكون منخفضا وبالتالي يكون عدد الإلكترونات التي تملؤها منخفضا فلا يمر منها إلا تيارا ضعيفا ومعظم الإلكترونات تمر من الباعث إلى المجمع (معظم تيار الباعث يمر إلى المجمع) .

رابعا: بتطبيق قانون كيرتشوف على الترانزستور يكون:

شدة تيار الباعث($ت_E$) = شدة تيار المجمع($ت_C$) + شدة تيار القاعدة($ت_B$)

س: ما السبب/علل: - الجزء الأكبر من تيار الباعث يمر في المجمع ↔ يمر تيار ضعيف نسبيا بين القاعدة والباعث ↔ شدة تيار الباعث تساوي تقريبا شدة تيار المجمع 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 التيار = $\frac{\text{تيار الخروج}}{\text{تيار الدخول}}$ ⟸ معا(ت) = $\frac{ت_{خروج}}{ت_{دخول}}$.

٢- معامل تكبير الجهد = معا(جـ) = $\frac{جـ_{خروج}}{جـ_{دخول}} = \frac{ت_{خروج} \times م_{خروج}}{ت_{دخول} \times م_{دخول}}$ = معا(ت) × معا(تر) .

٣- معا(قد) = $\frac{قد_{خروج}}{قد_{دخول}} = \frac{جـ_{خروج} \times ت_{خروج}}{جـ_{دخول} \times ت_{دخول}} = \frac{ت^{٢}_{خروج} \times م_{خروج}}{ت^{٢}_{دخول} \times م_{دخول}}$ = معا(جـ) × معا(ت) = معا(ت)^{٢} × معا(تر) = $\frac{\text{معا(جـ)}^{٢}}{\text{معا(تر)}}$.

٤- معامل تكبير الترانزستور = معا(تر) = $\frac{م_{خروج}}{م_{دخول}}$ ، 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)} = $\frac{م_{خروج}}{م_{دخول}} = \frac{٢٤٠٠٠٠}{٣٠٠}$ = 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:

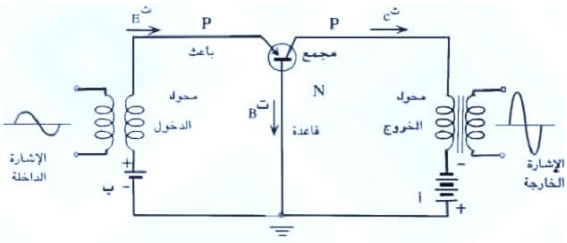
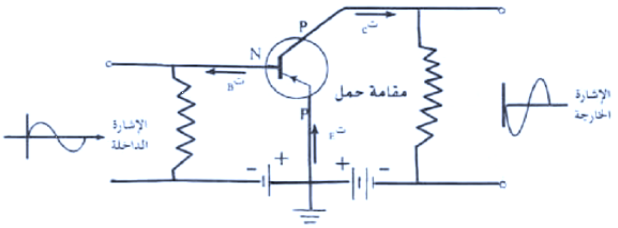
الأولى: طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة بين الإشارة الداخلة من الباعث والخارجة من المجمع .

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 .

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 . ( )

- مقاومة دائرة المجمع في الترانزستور أصغر من مقاومة دائرة الباعث . ( )

- يمكن التحكم بتوصيل شبه الموصل عن طريقة الحرارة بشكل أفضل من إضافة الشوائب. ( )

- في جميع دوائرالتكبيرمقاومة المدخل منخفضة مقاومة المخرج عالية . ( )

- تقوم الوصلة الثنائية مقام الترانزستور في تكبيرالتيارات المترددة . ( )

٣- أكمل الفراغات 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: - يستخدم الترانزستور كمكبر للإشارات مثلما في (التيار ، القدرة ، الطاقة ، كلما سبق) .

- القاعدة في الترانزستور (كثيرة الشوائب ، سميكة ، عاكسة للتيار ، قليلة الشوائب) .

٥- علل: - يفضل إستخدام الترانزستور بدلاً من الصمامات .

- طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة لا تكبر التيار .

٦- إذكر وجهين من أوجه الإختلاف بين الوصلة الثنائية والترانزستور/إذكر وجهين من أوجه التشابه بينهما .

ب- في الترانزستور يتصل القطب الأرضي بـ(بلورة دخول الإشارة ، بلورة خروج الإشارة ، البلورة المشتركة) .

جـ- علل: ١- يكون معامل تكبير القدرة عاليا جدا في طريقة التكبير بالباعث المشترك .

٢- في طريقة التكبير بالقاعدة المشتركة فرق الطور بين الإشارة الخارجة والإشارة الداخلة مساويا الصفر .

٣- تعمل القاعدة كمفتاح تشغيل وإطفاء الترانزستور ↔ يتحكم تيار القاعدة بالتيار المار بين المجمع والباعث.

٤- يتحكم تيار الباعث بتيار المجمع .

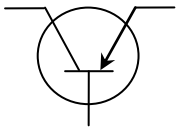
د- في دائرة ترانزستور (NPN) مغلقة نلاحظ أن القاعدة تكون موجبة بالنسبة للباعث ويكون المجمع موجبا بالنسبة للقاعدة ، وضح ذلك .

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 المقاومة 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 .

- (٢٠١٠ - 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:

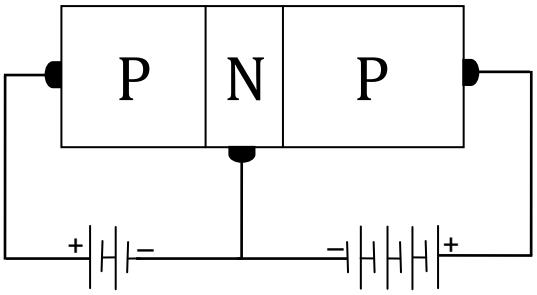
عندما تكون البلورتان منفردتان قبل الإلتحام تكون كل منهما متعادلة كهربائيا ولحظة بدأ التحامهما لتكوين بلورة الوصلة الثنائية تنتقل الإلكترونات من البلورة السالبة(يصبح جهدها موجب) إلى البلورة الموجبة(يصبح جهدها سالب) وتنتقل الفجوات من البلورة الموجبة إلى البلورة السالبة ، أي انه بعد إلتحام البلورتين وامتلاكهما 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 دائرة الباعث = ٤٠ أوم ، م دائرة المجمع = ١٣٠٠٠٠ أوم ،
ت المخرج = ٤٠ مايكروأمبير = ٤٠ × ١٠$^{-٦}$ أمبير ،
ت المدخل = 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

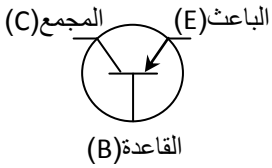
إجابات تدريبات الوحدة الثالثة

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 ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م)

الأول - ما المقصود بأشباه الموصلات غير النقية ؟

الثاني - اكتب المصطلح العلمي الدال على الفقرة التالية:
- شبه موصل نقي مطعم بنسبة ضئيلة من أحد عناصر المجموعة الثالثة .

الثالث - ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة أو علامة (×) أمام العبارة الخاطئة في كل مما يأتي:
أ- يرمز للدوائر المتكاملة بالرمز IC . ( )
ب- الفجوة هي رابطة غير متكاملة ينقصها إلكترون . ( )

الرابع - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:
أ- نحصل على بلورة مانحة عند تطعيم عنصر الجرمانيوم بذرات من عنصر (الأنديوم ، الجاليوم ، البورون ، الزرنيخ).
ب- لا يمر تيار في الوصلة الثنائية إلا إذا كان جهد البلورة السالبة والموجبة (سالباً – سالباً ، موجباً – موجباً ، موجباً – سالباً ، سالباً - موجباً) .
جـ- حاملات الشحنة الأساسية في البلورة من النوع (N - Type) هي (الإلكترونات ، البروتونات ، البوزترونات ، الفجوات) .
د- عندما يكون معامل تكبير التيار أكبر من الواحد الصحيح فإن زاوية فرق الطور بين إشارتي الخروج والدخول تساوي (صفر ، ٩٠ ، ١٨٠ ، ٢٧٠) درجة .
هـ- تستخدم طريقة القاعدة المشتركة لتكبير إشارة (الجهد فقط ، القدرة فقط ، الجهد والقدرة ، التيار فقط) .

الخامس - أكمل الفراغات التالية بما يناسبها:
أ- أساس صناعة الوصلات الثنائية والترانزستورات مواد تسمى ..... .
ب- تستخدم الوصلة الثنائية في تقويم ..... المتردد وهو تقويم ..... موجي .
جـ- يتميز المجمع في الترانزستور بكبر ..... سطحه وقلة ..... فيه بالنسبة للباعث .

السادس - أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:
أ- مقاومة أشباه الموصلاتتتناسب طردياً مع درجة الحرارة .
ب- يفضل السليكون على الجرمانيوم في صناعة الترانزستور .
جـ- الدوائر المتكاملة أسرع في التشغيل من الدوائر المنفصلة .

السابع - علل ما يأتي: - أشباه الموصلات النقية توصل التيار الكهربائي عند درجة الحرارة العالية .

الثامن - بالرسم فقط وضح طريقة تستخدم فيها الوصلة الثنائية في تقويم التيار المتردد .

التاسع - مسائل:
أ- 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 .
ب- 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:
١- مقاومة مخرج الدائرة بالكيلوأوم ، ٢- معامل تكبير الجهد .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الوحدة الرابعة(الأجهزة الإلكترونية - Electronic Devices)

تقديم:

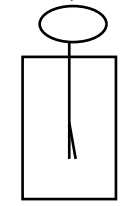
فيها نستعرض بعضاً من الأجهزة الإلكترونية مثل الرادار والراديو والتلفاز العادي والملون والتي تعد تطبيقا لما درس في الوحدتين السابقتين مثل دائرة الرنين والدائرة المهتزة والوصلة الثنائية والترانزستور وغيرها .

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 .

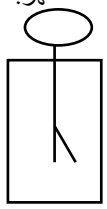
٣- عوازل: لا تتأثر قدرتها على التوصيل الكهربائي بارتفاع درجة الحرارة قبل درجة انصهارها .



الكشاف الكهربائي

س: إلى أي نوع من هذه الأنواع تنتمي الغازات ؟

جـ: للإجابة على هذا السؤال نجري لنشاط التالي:



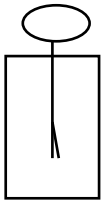
انفراج ورقتي الكشاف

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 .



زوال انفراج الورقتين

الملاحظة: نلاحظ في الخطوة (١) إنفراج ورقتي الكشاف الكهربائي ، وفي الخطوة (٢) زوال انفراجهما ، كما في الشكل المقابل .

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 تفرغ الشحنة 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 .

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:

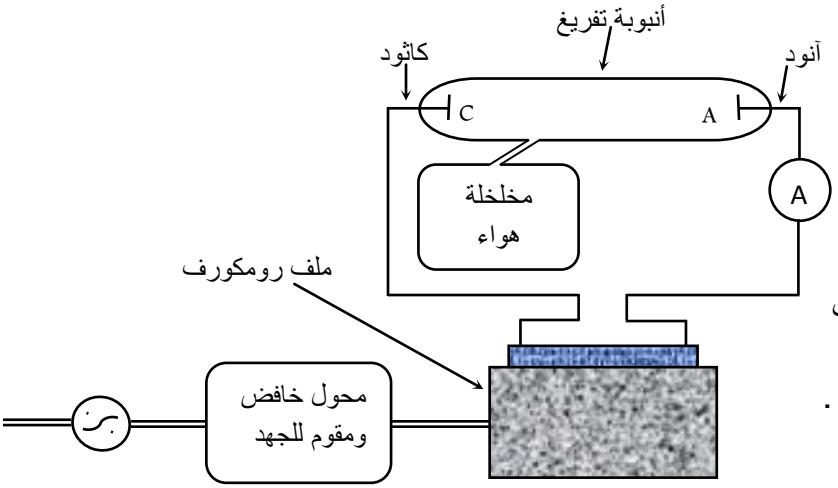
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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: ـ 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 يمكنك تفسير عملية انبعاث إلكترونات نتيجة تسخين جسم معدني ؟
٦- كيف تفسر حدوث توهج في أنبوبة التفريغ الكهربائي أثناء حدوث عمليتي تأين الغاز وإعادة التوحيد ؟
٧- عدد بعض العوامل التي تسبب تأين الغازات .
٨- اذكر بعض الإختلافات الجوهرية في التوصيل الكهربائي في الغازات المتأينة والمحاليل الإلكتروليتية والمعادن .
٩- ما الظروف التي عندها يكون الغاز موصلاً للتيار الكهربي ؟ اشرح ذلك شرحاً مختصراً موضحاً بالرسم نشاطاً تستدل به على ذلك .
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 الفراغات 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

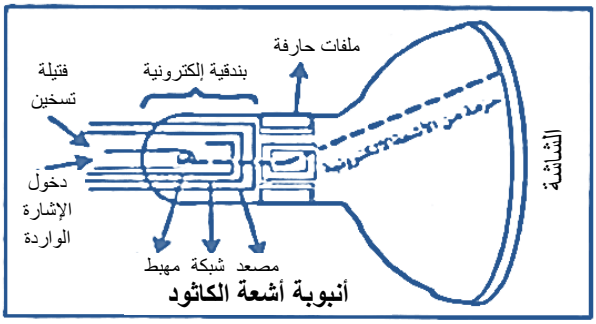
جـ- اختر الإجابة الصحيحة:
- تنبعث الأشعة المهبطية نتيجة (خفض ضغط الغاز داخل ، إرتفاع فرق الجهد بين قطبي ، إصدام الإلكترونات بالكاثود في) أنبوبة التفريغ .
- الإنبعاث الإلكتروني الحراري ناتج عن تصادم (الإلكترونات ، الذرات ، الإيونات الموجبة) بكاثود أنبوبة التفريغ .

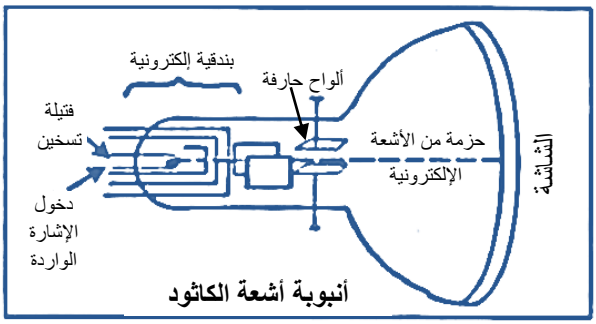
د- أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خطأ ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:
١- التفريغ الكهربائي هو تفريغ الأنبوبة من الغاز باستخدام مخلخلة الهواء .
٢- بإنخفاض ضغط الغاز تزداد المسافة بين جزيئاته أو ذراته .

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 ! لإحتواء المكونات وللمحافظة على الضغط المنخفض داخلها ، وتكون مفرغة تماماً من

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الغازات ! لأن وجود 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 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 .

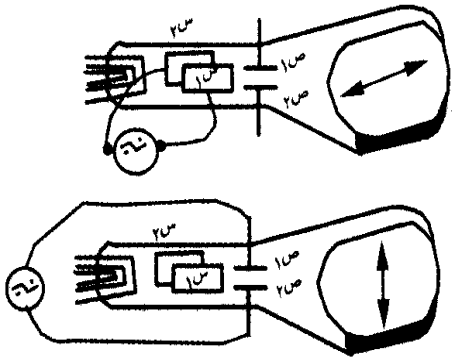
س: إذا بلغ فرق الجهد الكلي في أنبوبة أشعة الكاثود ٢ كيلو فولت وشدة التيار الإلكتروني ٣٠ مايكروأمبير ، فما قدرة التيار ؟

جـ = ٢ كيلو فولت = ٢٠٠٠ فولت ،
ت = ٣٠ مايكروأمبير = ٣٠ × $١٠^{-٦}$ أمبير

جـ: قد = جـ × ت = ٢٠٠٠ × ٣٠ × $١٠^{-٦}$ = ٦ × $١٠^{-٢}$ وات .

إثراء - أسئلة وزارية مختارة -
أ- أكمل الفراغات 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) .

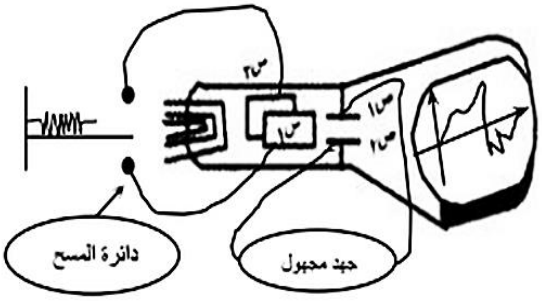
آلية حرف الشعاع الإلكتروني في أنبوبة اشعة الكاثود(كاشف الذبذبات):

- 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 الشرية .

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 تعطينا 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) تتحرك من يسار أسفل إلى يمين أعلى الشاشة ثم يختفي ليظهر أسفل الشاشة من جديد .

* تستطيع الإلكترونات أن تهتز بترددات عالية مثل ترددات الموجات اللاسلكية وترددات 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 موجات لاسلكية قصيرة جداً .

في الجو(الطائرات والصواريخ و .....) ، في البحار والمحيطات(السفن والبوارج والغواصات والطوربيدات)

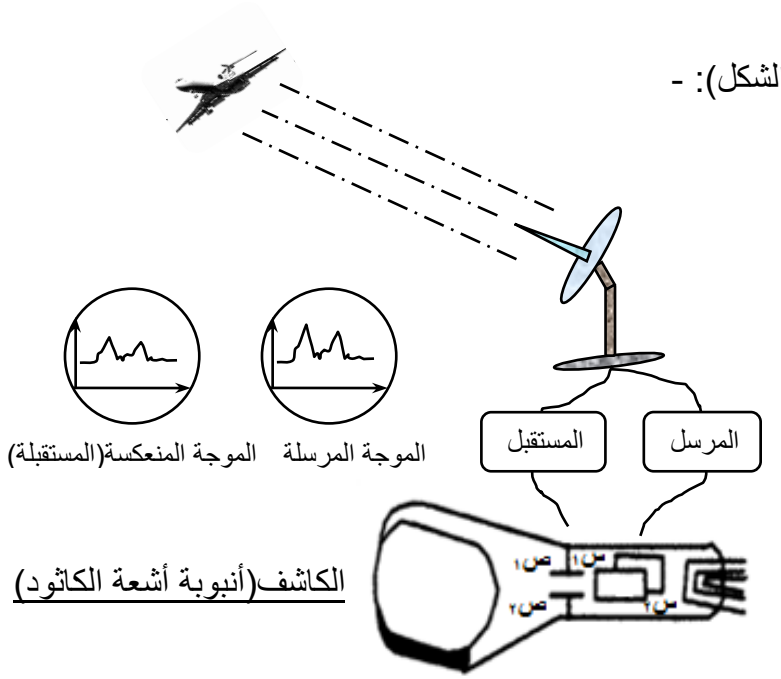
أساس(فكرة) عمله:

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 × $١٠^{٨}$ × $\frac{١}{٢}$ × ٢ × $١٠^{-١}$

= 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- أصبحت تستخدم هوائيا واحدا يوصل بالمرسل والمستقبل بالتبادل لتوفير الجهد والوقت المبذول في تحريك الهوائيين .

إثراء:

أ- أسئلة وزارية مختارة:

١- ما وظيفة الكينوسكوب ؟

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^{٥} كيلو متر . ( )

٣- أكمل الفراغ التالي: أ- كاشف الذبذبات في الرادار عبارة عن أنبوبة أشعة الكاثود ويسمى ..... .

ب- إذا استغرقت موجة كهربائية مغناطيسية عندما ارسلها جهاز الرادار مدة ٢ × ١٠$^{-٤}$ ثانية للذهاب والإياب فإن بعد الهدف يساوي ..... متر .

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 تيارات معبرة عن الصوت ثم تحميلها على تيارات حمل عالية 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

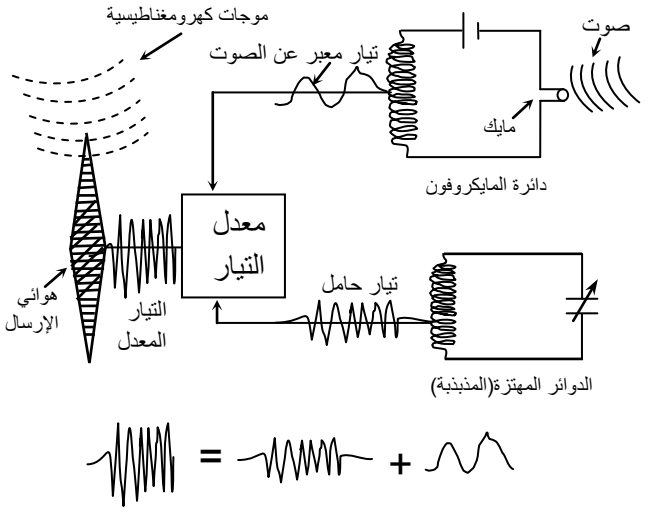
٣- دائرة الهوائي
وهي عبارة عن أسلاك معدنية ويتصل بمعدل التيار .

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:

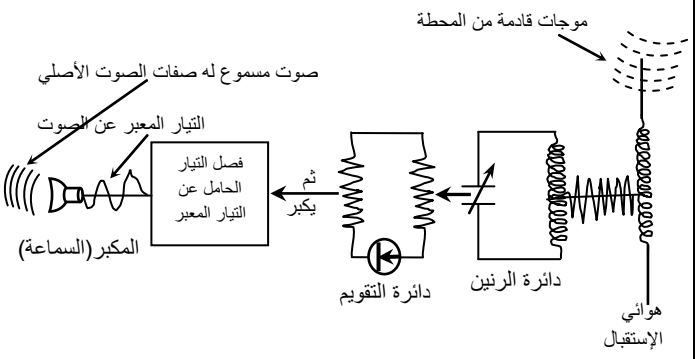
١- دائرة الهوائي
وهي عبارة عن أسلاك معدنية ويتصل بدائرة الرنين .

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 .

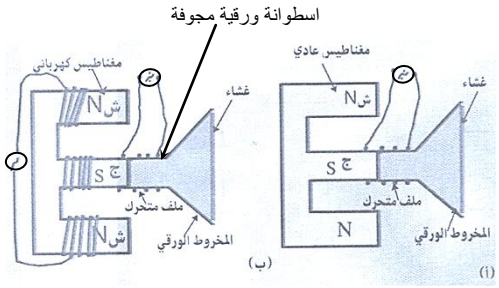
رمزه في الدائرة الكهربائية: ( )

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 حولها ، وهي مثبته 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($f = \frac{٣ \times ١٠^{٨}}{\lambda}$) 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 الفراغات التالية:

- إذا كان البعد بين محطة الرادار والهدف ١٠ كيلومتر فإن الزمن الكلي لذهاب وإياب الموجة ..... ثانية .
- 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

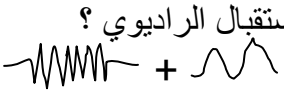
- التي تقوم بتحويل الموجات الكهرومغناطيسية إلى تيارات معدلة هي دائرة (الرنين ، هوائي الإرسال ، هوائي الإستقبال) .
- التيار المعبر عن الصوت لا يعطي موجات لا سلكية لأن ترددات الأصوات (صغيرة ، متوسطة ، عالية) .
- تتحول الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية في جهاز الإرسال الإذاعي بواسطة (هوائي الإرسال ، المايكروفون ، 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 يسمح بمرور كل الألوان ولا يمتصها .
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 .

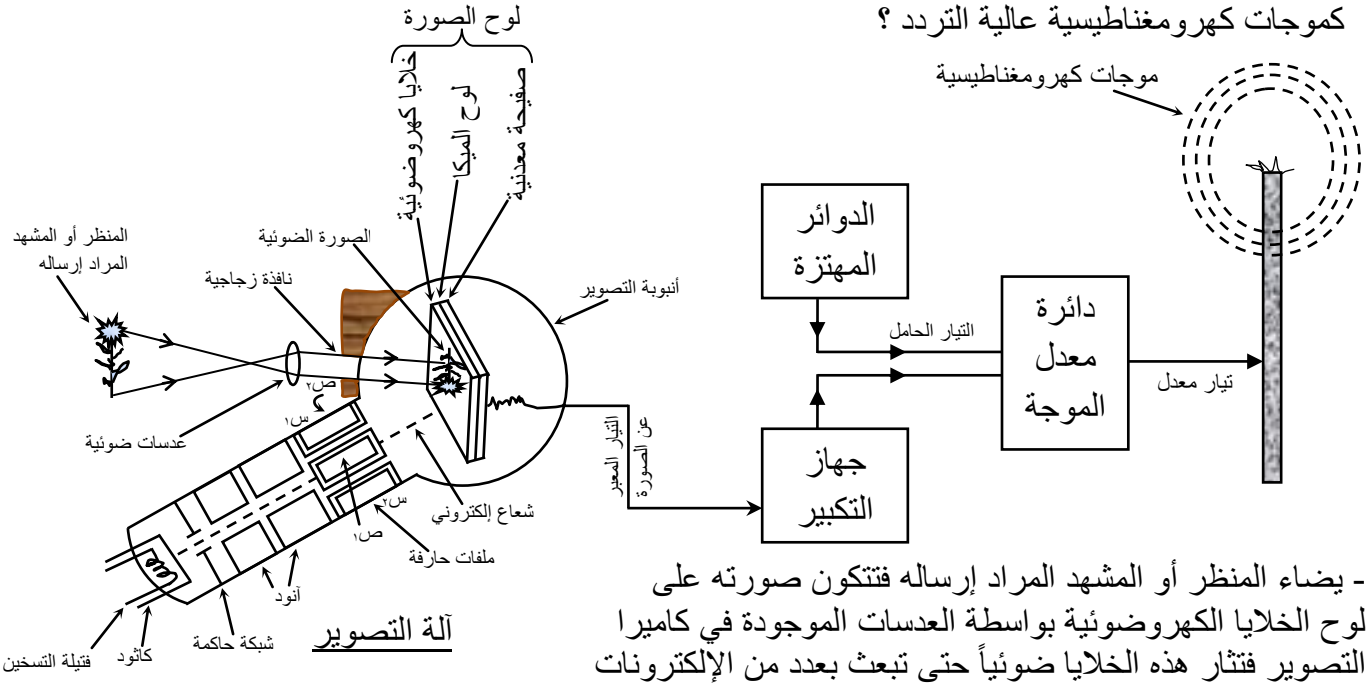
رابعا: دائرة معدل الموجة .

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) .

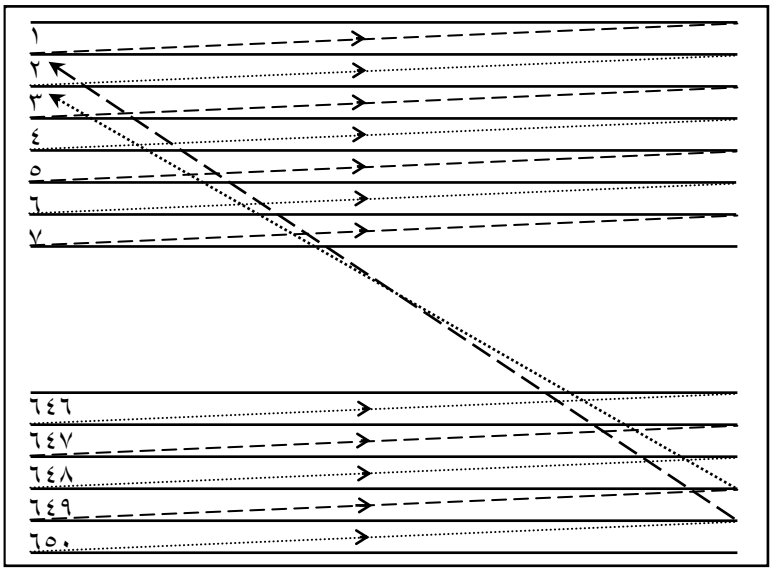
* يختلف عدد الإلكترونات المنبعثة من لوح الخلايا الكهروضوئية باختلاف شدة(كمية) الضوء الساقط عليها .

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:

- عندما 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 .

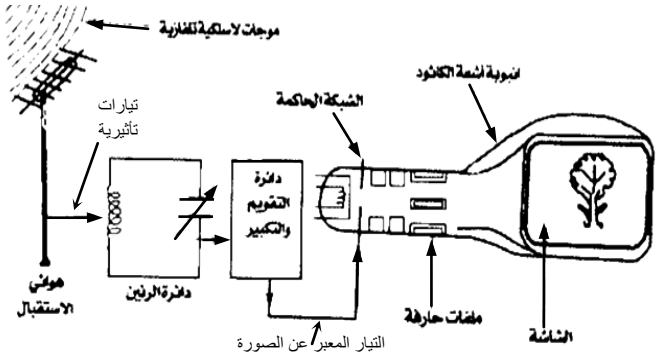
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- 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 هوائي الإرسال حيث تتحول التيارات المعدلة إلى موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الهواء الجوي في جميع الإتجاهات .

الإستقبال التفازي 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 إغلاقه مباشرة لأن في ذلك خطورة ، حيث تخزن أجهزة التلفاز شحنات كثيرة وفولتات عالية أثناء تشغيله وبعد غلقه .

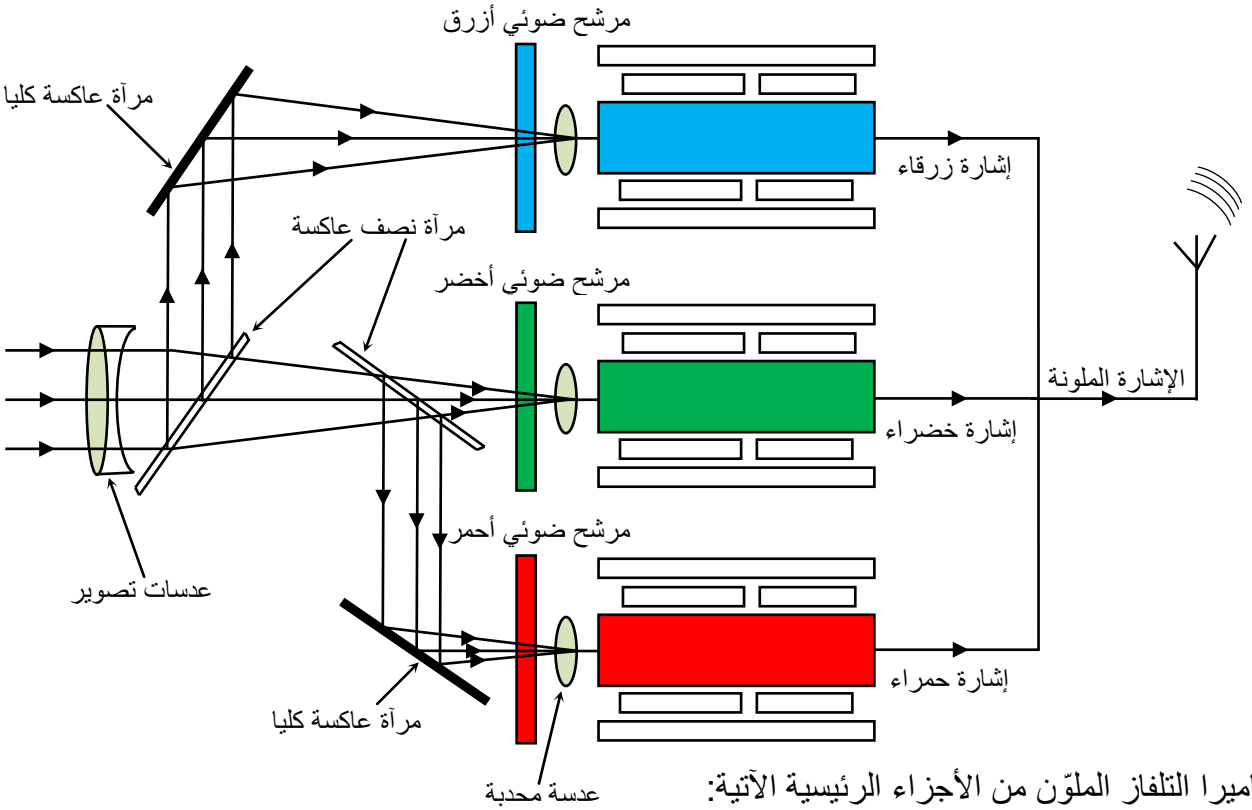
التلفاز الملوّن(Coloured Television):

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:



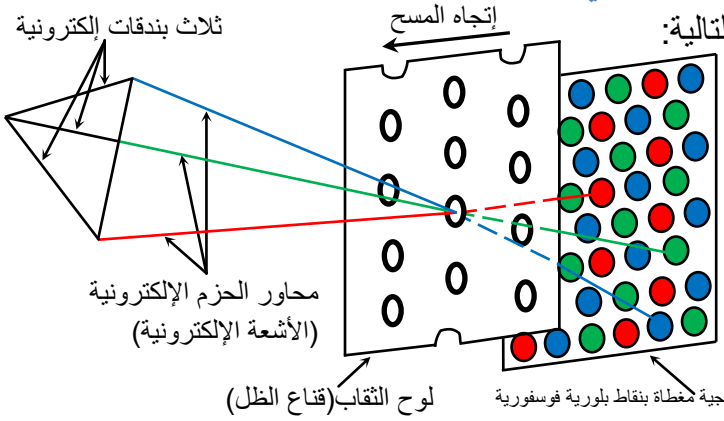
تتكون كاميرا التلفاز الملوّن من الأجزاء الرئيسية الآتية:

- 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 الصور 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 حزم إلكترونية تظهر سوداء اللون .

، بتغير شدة الحزم الإلكترونية المصطدمة بالنقاط الفلوريسية 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 ؟

٢- ما وظيفة كل من: الأيكونوشكوب ؟ ، المرشحات في التلفاز الملون ؟ ، لوح الموزاييك بكاميرا التلفاز ؟

٣- ما التطبيقات لكل من: الموجات الكهرومغناطيسية ؟ ، أنابيب التفريغ ؟

٤- اذكر استخداماً واحداً لبندقية الإلكترونات في كاميرا التلفاز .

٥- في جهاز الإستقبال التلفزيوني تتجمع الأشعة الإلكترونية على لوح فيه عدد من الثقوب تسمى ..... . أكمل

٦- 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) .

٧- 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 .

- المجموعة الحارفة في الأيكونسكوب مكونة من أربعة ملفات .

- أنبوبة التصوير في الأيكونسكوب أنبوبة مخلخلة من الهواء لها نافذة في مقدمتها مجموعة مرايا .

٨- ما الذي يجعل الصورة على شاشة التلفاز طبيعية وغير متقطعة ؟

٩- ما الفرق بين أنبوبة أشعة الكاثود الموجودة في التلفاز العادي والموجودة في التلفاز الملون من ناحية عدد القاذفات الإلكترونية ؟

١٠- كيف تفسر رؤيتك للصورة في شاشة التلفاز بشكل غير متقطع ؟

١١- كيف يتم ارسال صورة ملوّنة إلى محطة التلفاز ؟

١٢- كيف تتم عملية المسح التلفازي ؟

١٣- صف مستعينا بالرسم تركيب جهاز الإستقبال 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 ؟

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

جـ- ما هي صفات الخلايا الكهروضوئية في كاميرا التلفزيون ؟
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) .
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 . ( )

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 عنوانها الخاص بها .

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 × 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- $f = \frac{١}{\pi ٢ \sqrt{حث \, سع}}$

⟸ حث $= \frac{١}{ف^{٢} \, سع \, \pi ٤^{٢}} = \frac{١}{\pi^{٢} \times (٧,٥ \times ١٠^{٨})^{٢} \times ٤ \times ١٠^{-١٣}} = ٤,٥ \times ١٠^{-٧}$ 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 ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م)

الأول - ما المقصود بـ: ١- قناع الظل ؟ ، ٢- المرشح الضوئي ؟

الثاني - اذكر الغرض من توصيل الملفات الحارفة بمصدر تيار متردد في الأيكونوسكوب .

الثالث - ما وظيفة كل من: ١- الملف المعدني في بؤرة هوائي مستقبل الرادار ؟ ،
٢- المرشحات في التلفاز الملون ؟

الرابع - اختر الإجابة الصحيحة من بين القوسين لكل فقرة من الفقرات التالية:
أ- لتكبير التيار المتردد يستخدم (الدينامو ، الوصلة الثنائية ، الأميتر ، الترانزستور) .
ب- للمقارنة بين ترددي مصدرين مجهولين نستخدم (الكينوسكوب ، الأيكونوسكوب ، الأسيلوسكوب ، الألكتروسكوب) .
جـ- وجهت نبضة رادار طولها الموجي ٥ سنتيمتر نحو هدف يبعد عن المحطة ٨ كيلومتر فإن عدد الموجات المتكونة في هذه المسافة (١٦×١٠^{٤} ، $١,٦ \times ١٠^{٤}$ ، ١٦×١٠^{٢} ، $١,٦ \times ١٠^{٣}$) موجة .
د- التيار الخارج من دائرة الرنين يعتبر تيار (معبر ، معدل ، حامل ، لا شيئ مما ذكر) .
هـ- تدخل المرشحات في تركيب (الأسيلوسكوب ، الكينوسكوب ، أنبوبة أشعة الكاثود ، الأيكونوسكوب) .

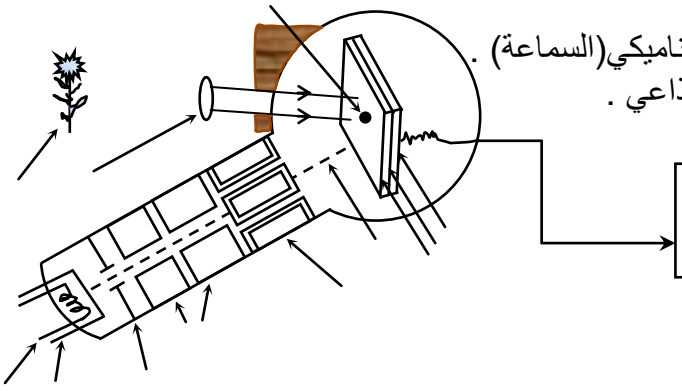
الخامس - أكمل الفراغات التالية بما يناسبها:
أ- المجموعة الحارفة في الكينوسكوب تتكون من ..... من ..... المعدنية .
ب- تمسح الصفوف الفردية على الشاشة في ..... ثانية ، بينما تمسح الصورة ..... في الثانية الواحدة .
جـ- في كاميرا التلفاز تطلق البندقية شعاع على لوح ..... عند نقطة تسمى نقطة ..... .

السادس - علل لما يأتي:
أ- التيار المعبر عن الصوت لا يمكن ان يعطي موجات لا سلكية .
ب- تستخدم في صناعة الأيكونوسكوب عدسات لامة .

السابع - تجارب وأنشطة:
أ- 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 ؟
ب- في تجربة بلوكر(التوصيل الكهربائي في الغازات) يتم تأمين الغازات بانبعاث إلكترونات حرارية من الكاثود ، اشرح حدوث ذلك الإنبعاث .

الثامن - وضح (بإيجاز) عملية استقبال الموجات اللاسلكية الراديوية(عملية الإستقبال الإذاعي) .

التاسع - رسمات وتركيب الأجهزة الكهربائية:
أ- مم تتركب محطة الرادار ؟ وما أساس عمله ؟
ب- وضح بالرسم مع كتابة البيانات تركيب مكبر الصوت الديناميكي(السماعة) .
جـ- بين بالرسم وكتابة البيانات فقط تركيب جهاز الإرسال الإذاعي .
د- الشكل المرسوم جانباً يمثل جهازاً إلكترونياً ،
أجب عنكلٍ مما يلي:
١- ما إسم هذا الجهاز ؟
٢- ما وظيفة هذا الجهاز ؟
٣- اكتب أسماء أجزاءه المشار إليها بالأسهم في الشكل .



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 .

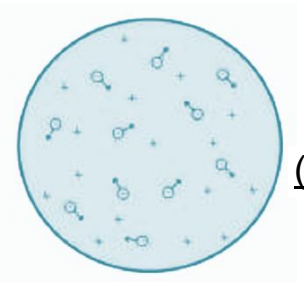
إثراء:

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)

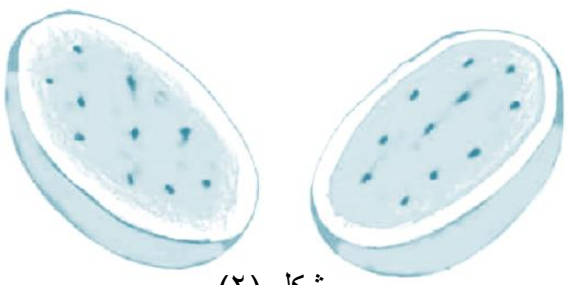
١- الذرة متعادلة كهربائياً .

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.

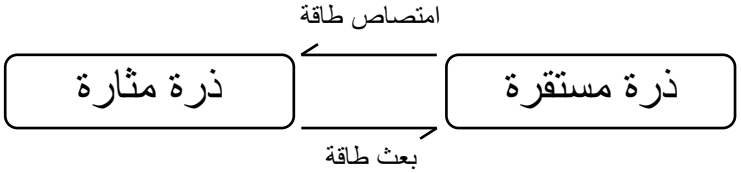
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 ، ← طاقة حرارية .
٣- امتصاص أشعة ضوئية(فوتونات) ، ← 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 .

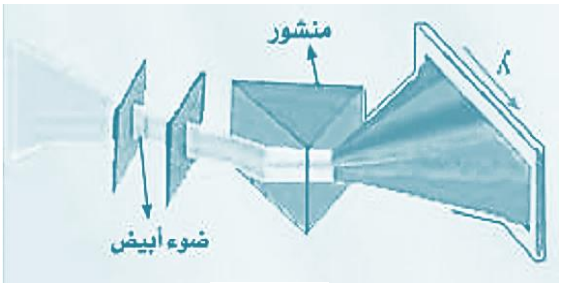


الطيف الضوئي:

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 .

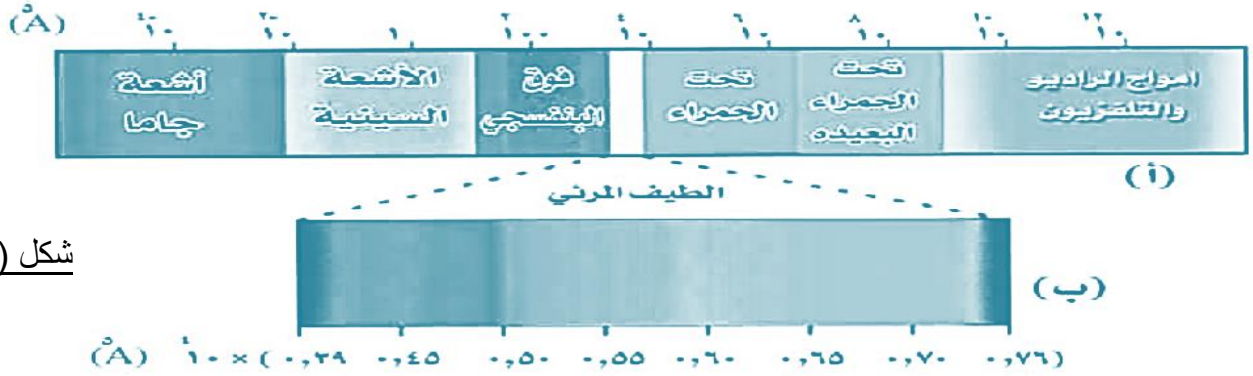
طيف المصادر الضوئية:

إن ضوء عدد كبير من المصادر الضوئية كالأنوار المتوهجة 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 ومن 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 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 الهيدوجين(H) والزئبق (Hg) والنيون(Ne) للأطوال الموجية مقاسة بالنانومتر .

شكل (٤)

- أثبت العالم الألماني كيرتشوف عام ١٨٥٩م:

١- ان العناصر الكيميائية عندما تثار بالتسخين تشع(تبعث) نفس الألوان(الأطوال الموجية) التي تمتصها .

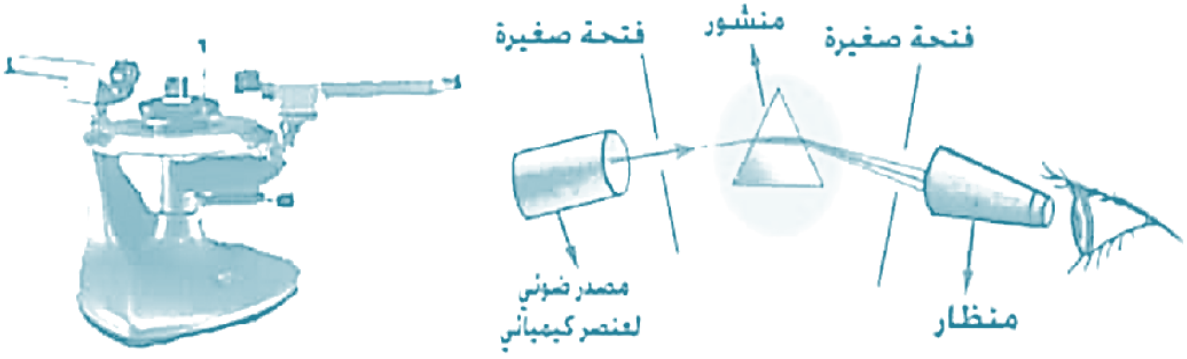
٢- أن لكل عنصر كيميائي ألوان(طيف) خاصة يمتصها تختلف كلياًعن الألوان التي يمتصها أي عنصر آخر ، يمكن اعتبار تلك الألوان(خطوط الطيف) بصمة خاصة بالعنصر .

- 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 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

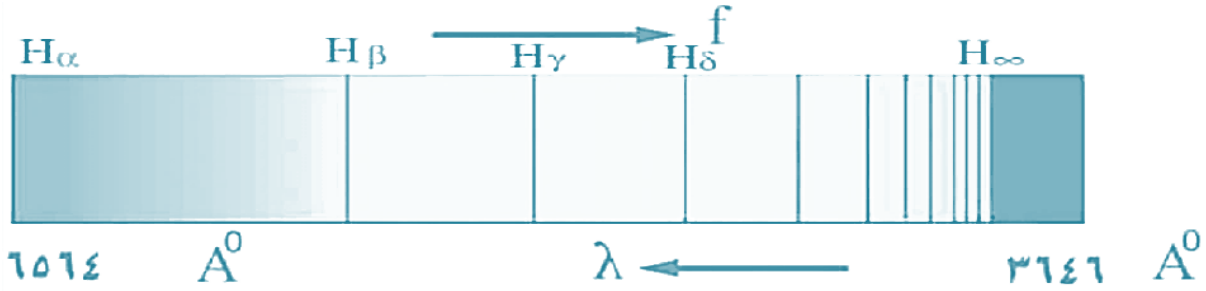
ب- نحصل على الطيف الخطي لذرات العناصر تبعاً للخطوات التالية:
١- تثار ذرات العنصر لتبعث بضوء عند عودتها إلى حالتها المستقرة(الطبيعية) .
٢- تمرر حزمة من الضوء المنبعث خلال المطياف(منشوره الثلاثي) ليتم تحليل هذا الضوء إلى ألوانه الخاصة .
٣- تسقط هذه الألوان على لوحة في منظار المطياف ليلاحظها المشاهد ، انظر 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 إذا 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:

$$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{٢^{ن}} - \frac{١}{٣^{٢}}) \quad \text{..... ، حيث أن:}$$

λ: هو الطول الموجي للخط الطيف ، 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 سمية 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 علة صفيحة رقيقة جداً من الذهب .

إثراء:
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 ان 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 .

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 .

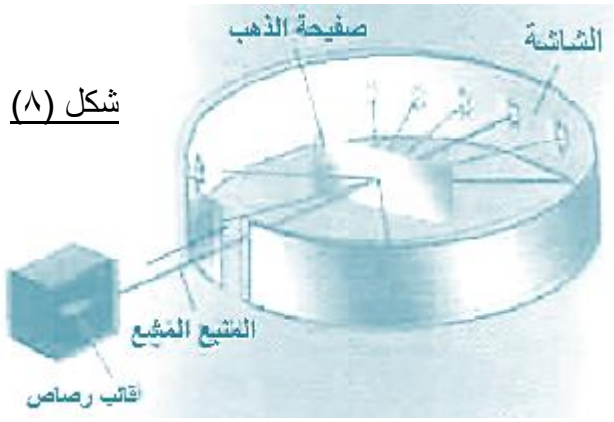
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 لأنها من أكثر المواد توصيلاً وذراتها تحتوي على إلكترونات أكثر .
- 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 .

خطوات التنفيذ:

١- يتم ترتيب الأدوات كما في الشكل (٨) .
٢- تقذف الصفيحة الذهبية بجسيمات ألفا المنطلقة من المنبع المشع .



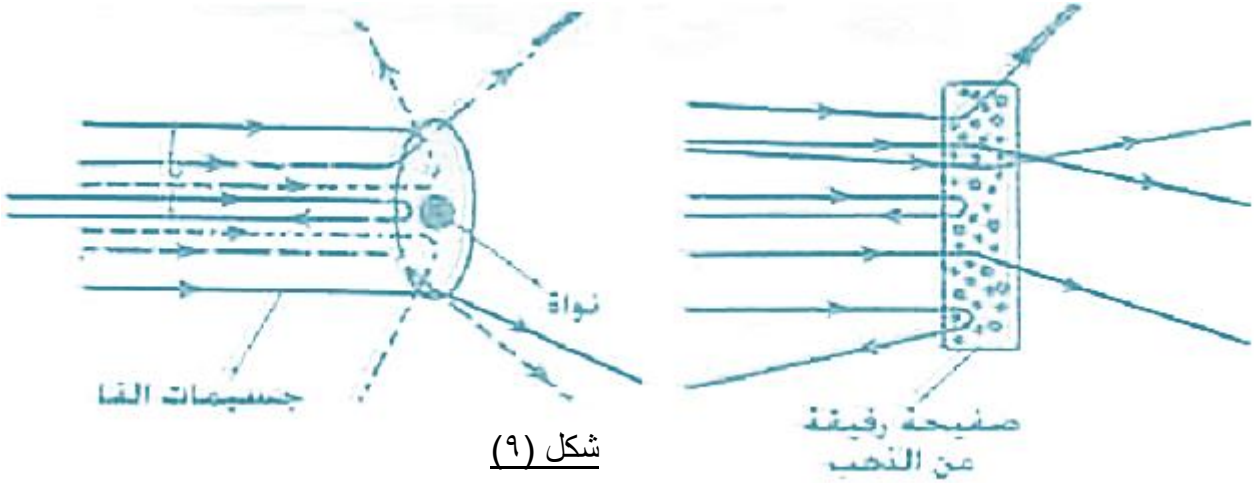
شكل (٨)

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 تشتت 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) .



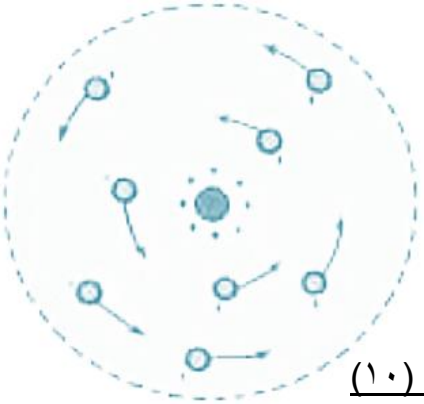
شكل (٩)

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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

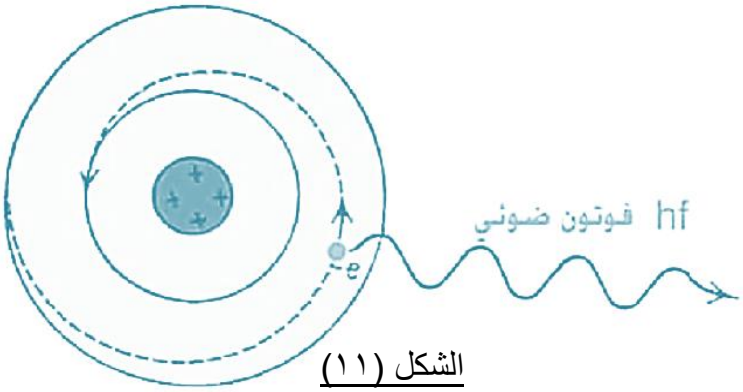
٣- الإلكترونات تتوزع لتدور حول النواة في مدارات كمدارات الكواكب السيارة في النظام الشمسي بحيث تعادل شحنتها السالبة الشحنة الموجبة للنواة .
هذا النموذج وطدَّ نفسه وأصبح يعرف بالنظام النووي ، والشكل (١٠) يبين صورة تخيلية تقريبية لهذا النموذج .



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 .

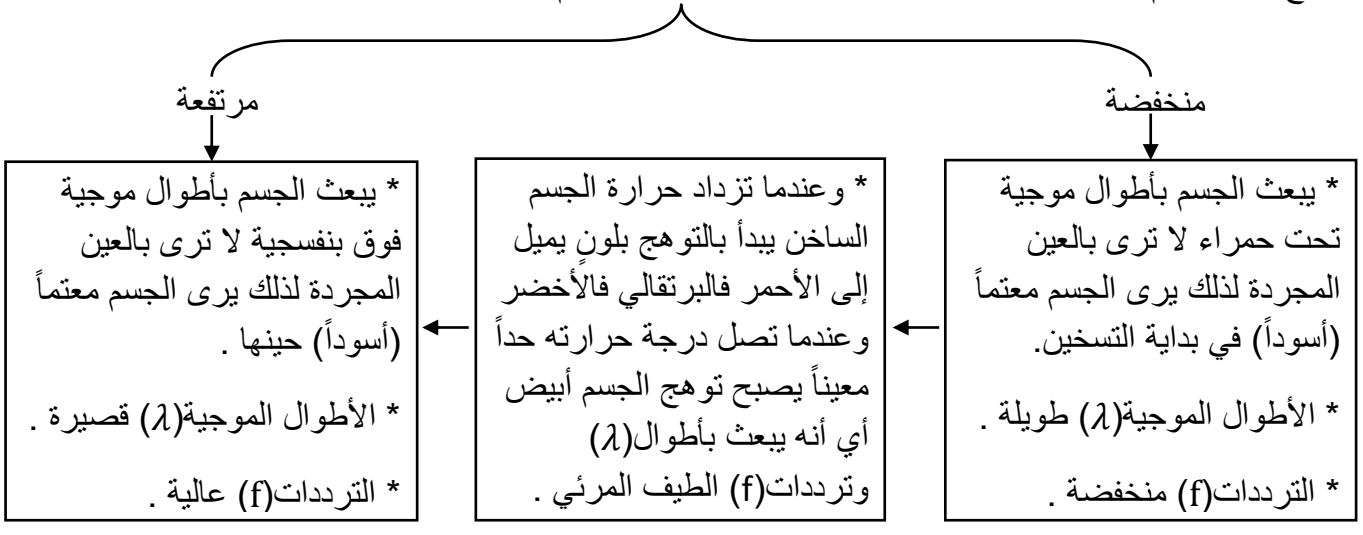


الشكل (١١)

س: اكتشاف النيترون المتعادل الشحنة وذو الكتلة المتساوية تقريباً وكتلة البروتون على يد شادويك لم يتعارض مع نموذج رذرفورد ، فسِّر ذلك .
جـ: 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 .

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 .

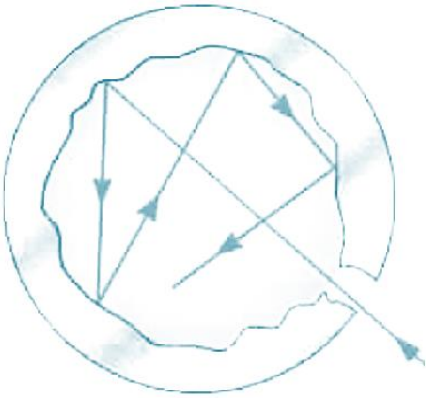


وبحسب قانون كيرشوف فإن الجسم جيد الإمتصاص هو أيضاً جيد الإشعاع .
- الجسم الأسود: هو الجسم الساخن غير العاكس للأشعة الساقطة عليه أي هو الجسم الذي يمتص الضوء .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- الجسم الأسود المثالي(Blackbody): هو الجسم الذي يمتص جميع الأطوال الموجية أو يشعها(يبعثها) .

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 .



الشكل (١٢)

المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود:

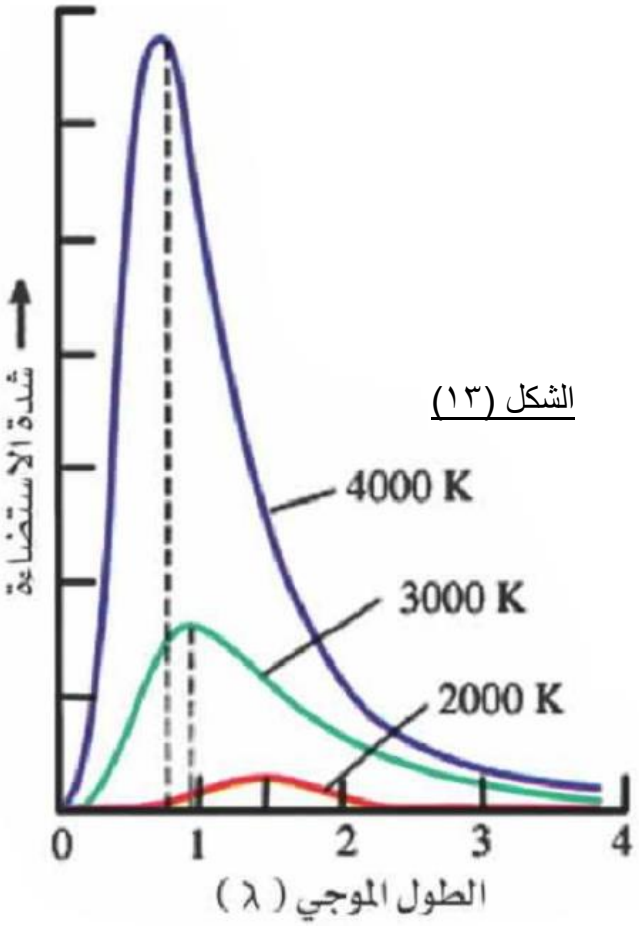
دلّت التجارب على أن طاقة الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود(طا) تعتمد على:

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 النهاية العظمى لطاقة الإشعاع(طاع) الصادر من الجسم الأسود او شدته يحدث لها:

١- زيادة قيمتها .
٢- إزاحة نحو الأطوال الموجية الأقصر .

عجزت الفيزياء التقليدية عن إيجاد صيغة رياضية تعبر عن المنحنى التجريبي لطيف الجسم الأسود لتربط بين طول موجة الإشعاع المنبعث من الجسم الأسود وطاقة الأشعاع المنبعث منه سميت هذه المشكلة معضلة الجسم الأسود .



الشكل (١٣)

إثراء:

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 . ( )

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 النقليدية(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 ،

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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 .

نظرية بوهر لذرة الهيدروجين(Bohr Theory of the Hydrogen Atom):

أعلن العالم الدينماركي بوهر في عام ١٩١٣م نظريته لذرة الهيدروجين والأيونات الشبيهة بالهيدروجين 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 مداراً 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:

الرقم	فرضيات النظرية	المبررات(الحقائق العلمية)	علاقات الحسابات	علاقة التناسب
الأولى	يتحرك الإلكترون حول النواة في مدار دائري تحت تأثير 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 ($\hbar = \frac{h}{\pi٢}$) 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: Δطا = 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$_{ن} = \frac{\text{طا}_{١}}{ن^{٢}}$.	طا$_{e} \propto ن^{٢}$ ، علاقة طردية !

حيث أن:- $\hbar = \frac{h}{\pi٢}$ = ١,٠٥٤٦ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث .
- ى(ثابت العزل الكهربائي) = ٩ × ١٠^{٩} نيوتن .م^{٢}/كولوم^{٢} .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

- ن(العدد الكمي الرئيسي) = ١ ، ٢ ، ٣ ، ... = عدد موجب صحيح .
- ش$_e$(شحنة الإلكترون) = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم .
- ك$_e$(كتلة الإلكترون) = ٩,١ × ١٠$^{-٣١}$ كجم .
- ع$_e$: سرعة الإلكترون وتتغير حسب رقم المدار الذي يتحرك فيه الإلكترون .
- طا$_ن$: الطاقة الكلية للإكترون وهي طاقة المستوى أو طاقة المدار 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 إن الذرة قد أثيرت إلى مستوى الطاقة(طا$_f$) ، ولكن سرعان ما يعود هذا الإلكترون تلقائياً من مستوى الطاقة العلوي والذي يسمى في هذا الإنتقال المستوى الإبتدائي(طا$_i$) إلى مداره الأول الذي يسمى في هذا الإنتقال المستوى النهائي (طا$_f$ = طا$_١$) باعثاً بالطاقة التي امتصها(hf) على شكل إشعاع له نفس التردد(f) ، وبحسب الفرضية الثالثة لبوهر يكون:

Δ طا = طا$_{الأعلى}$ – طا$_{المنخفض}$ = hf ، أي أنه:

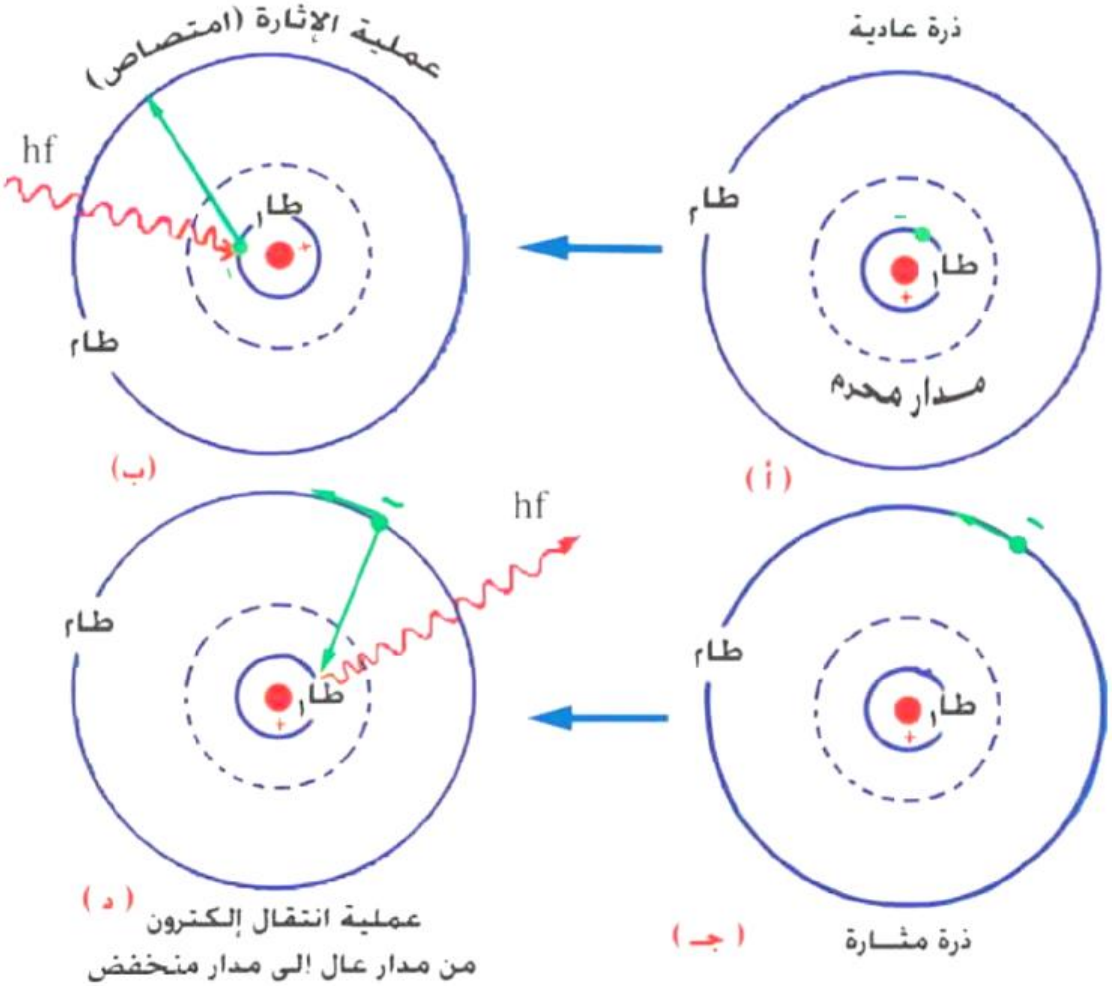
في **عملية الإمتصاص**: Δطا$_{ممتصة}$ = طا$_f$ – طا$_i$ = hf ، لأن طا$_f$ > طا$_i$.

وفي **عملية الإنبعاث**: Δطا$_{منبعثة}$ = طا$_i$ – طا$_f$ = hf ، لأن طا$_i$ > طا$_f$ ، حيث أن:

طا$_i$: طاقة المستوى الإبتدائي(Initial) الذي انتقل منه الإلكترون .

طا$_f$: طاقة المستوى النهائي(final) الذي انتقل إليه الإلكترون .

وفي الشكل (١٤) توضيح لعمليتي الإمتصاص والإنبعاث التي تحدث بين المستويين (طا$_١$) و (طا$_٢$) ، والمدار المنقط يمثل مدار محرم لا يجوز للإلكترون أن يتواجد فيه لأنه لا يفي بالفرضية الثانية لبوهر .



شكل (١٤)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

اشتقاق 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(ق$_{جـ}$) = $\frac{ك_{e} ش_{1} ش_{p}}{ن ق^{٢}} = \frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن ق^{٢}}$ ،

لأن: ش$_{1}$ = ش$_{e}$(شحنة الإلكترون) = ش$_{p}$(شحنة البروتون) = ش$_{1}$ ، حيث مقداري شحنتيهما متساويين .

$\Leftarrow \frac{ك_{e} ع_{e}^{٢}}{ن ق} = \frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن ق^{٢}}$ وبضرب الطرفين في (نق) نحصل على أن:

ك$_{e}$ع$_{e}^{٢}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن ق}$ ..... (١) ، وبقسمة الطرفين على (٢) نحصل على:

طـ$_{e}$ = $\frac{١}{٢}$ك$_{e}$ع$_{e}^{٢}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{٢ ن ق}$ ..... (٢) ، وتحسب طاقة وضع للإلكترون بالعلاقة:

∵ طـ$_{و}$ = ق$_{جـ}$نق $\Leftarrow$ طـ$_{و_{e}}$ = $\frac{- ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن ق^{٢}}$ × نق

∴ طـ$_{و_{e}}$ = $\frac{- ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن ق}$ ..... (٣) ، حيث أن: ش$_{1}$ش$_{٢}$ = ش$_{e}$ش$_{p}$ = – ش$_{e}^{٢}$ ، لأن إشارة شحنة الإلكترون سالبة وللبروتون موجبة .

ونعلم أن:

الطاقة الكلية للإلكترون(طـ$_{ن}$) = طـ$_{حـ}$ + طـ$_{و}$ ، وبتعويض العلاقة (٢) والعلاقة (٣) في هذه العلاقة نجد أن:

طـ$_{ن}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{٢ ن ق} + \frac{- ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن ق} = \frac{- ك_{e} ش_{e}^{٢}}{٢ ن ق}$ ..... (٤) .

علاقة حساب سرعة الإلكترون في مداره(ع$_{ن}$):

من العلاقة (١) يكون:

ع$_{ن}^{٢}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ك_{e} ن ق_{ن}}$ ، ومن الفرضية الثانية لبوهر نعلم أن: نق$_{ن}$ = $\frac{ن \hbar}{ك_{e} ع_{ن}}$ $\Leftarrow$ ع$_{ن}^{٢}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{\frac{ن \hbar}{ك_{e} ع_{ن}} \times ك_{e}}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن \hbar}$ × ع$_{ن}$ ،

∴ ع$_{ن}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن \hbar}$ ..... (٥) .

علاقة حساب نصف قطر مدار الإلكترون(نق$_{ن}$):

من العلاقة (١) أيضاً يكون:

نق$_{ن}$ = $\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ك_{e} ع_{ن}^{٢}} = \frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ك_{e} (\frac{ك_{e} ش_{e}^{٢}}{ن \hbar})^{٢}}$ $\Leftarrow$ نق$_{ن}$ = $\frac{ن^{٢} \hbar^{٢}}{ك_{e} ك_{e} ش_{e}^{٢}}$ ..... (٦) .

علاقة حساب الطاقة الكلية للإلكترون في مداره(طـ$_{ن}$):

بتعويض العلاقة (٦) في العلاقة (٤) نحصل على:

طـ$_{ن}$ = $\frac{- ك_{e} ش_{e}^{٢}}{٢ نق_{ن}} = \frac{- ك_{e} ش_{e}^{٢}}{٢ \times \frac{ن^{٢} \hbar^{٢}}{ك_{e} ك_{e} ش_{e}^{٢}}}$ $\Leftarrow$ طـ$_{ن}$ = $\frac{- ك_{e}^{٢} ش_{e}^{٤}}{٢ ن^{٢} \hbar^{٢}}$ ..... (٧) .

ملاحظات:

١- إشارة طاقة الحركة(طـ$_{حـ}$) 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(طـ$_{و}$) للإلكترون سالبة داخل الذرة لأنها صفر عند المالانهاية وتنخفض كلما اقترب الإلكترون من النواة ، ويمكن القول لأنها قوة تجاذب .

٣- إشارة الطاقة الكلية(طـ$_{ن}$) للإلكترون تكون سالبة ما دام الإلكترون مرتبطاً بالنواة ، لأن (طـ$_{و}$) سالبة وضعف (طـ$_{حـ}$) وجمعهما لا بد أن يكون سالباً ، وتعني وفقاً للميكانيكا التقليدية أن الإلكترون مرتبط بالنواة وذلك برسم مدار مقفل حولها .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الحسابات النظرية:

أنصاف أقطار المدارات المسموح للإلكترون التواجد فيها حول نواة ذرة الهيدروجين(نق$_{ن}$):

العلاقة العامة المستخدمة هي:

نق$_{ن}$ = $\frac{ن^{٢} \hbar^{٢}}{ك_{هـ} ى ش_{هـ}^{٢}}$ ، ولحساب نصف قطر المدار الأول نضع (ن = ١) فنحصل على:

نق$_{١}$ = $\frac{\hbar^{٢}}{ك_{هـ} ى ش_{هـ}^{٢}}$ = $\frac{(١,٠٥٥ \times ١٠^{-٣٤})^{٢}}{٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times ٩ \times ١٠^{٩} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^{٢}}$ = ٥,٣ × 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 × ١٠$^{-١٠}$ م = ٠,٥٣ Å ، وهذا هو البعد بين مركز الذرة(نواتها) والمدار الأول للإلكترون .

نق$_{٢}$ = ٢^{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$_{∞}$ = ∞ × 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$_{∞}$ = ∞) البعد بين النواة والإلكترون في مداره الأبعد عنها لا نهائي في عالم الذرة بينما هذا البعد لا يرى بالعين المجردة للإنسان .

سرعات الإلكترون التي يمتلكها في مدارات ذرة الهيدروجين(ع$_{ن}$):

العلاقة العامة المستخدمة هي:

ع$_{ن}$ = $\frac{ى ش_{هـ}^{٢}}{ن \hbar}$ ، ولحساب سرعة الإلكترون في المدار الأول لذرة الهيدروجين نضع (ن = ١) فنحصل على:

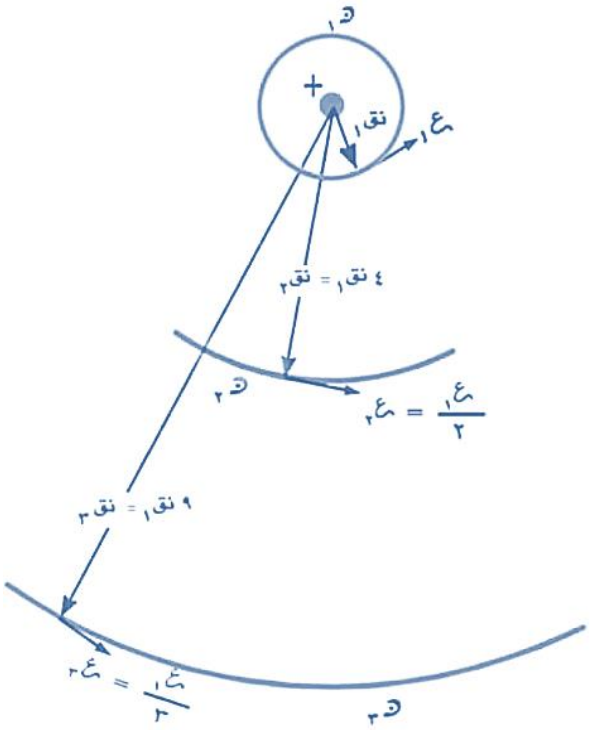
ع$_{١}$ = $\frac{ى ش_{هـ}^{٢}}{\hbar}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^{٢}}{١,٠٥٥ \times ١٠^{-٣٤}}$ = ٢,٢ × ١٠^{٦} م/ث ، وهذه القيمة النظرية على وفاق مع القيمة التجريبية ، وتحسب سرعات الإلكترون في المدارات الأبعد عن النواة بدلالة سرعته في المدار الأول(ع$_{١}$) باستخدام العلاقة

(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 .



شكل (١٥)

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

.
.
.

$ع_{\infty} = \frac{ع_{1}}{\infty}$ = 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 .

طاقات المستويات المسموحة التي يأخذها إلكترون ذرة الهيدروجين(طان):

العلاقة العامة المستخدمة هي:

$طا_{ن} = \frac{-ك_{ه} ى^{٢} ش_{ه}^{٤}}{٢ ن^{٢} \hbar^{٢}}$ ، ولحساب طاقة المستوى الأول لذرة الهيدروجين نضع (ن = ١) فنحصل على:

$طا_{١} = \frac{-ك_{ه} ى^{٢} ش_{ه}^{٤}}{٢ \hbar^{٢}} = \frac{-٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times (٩ \times ١٠^{٩})^{٢} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^{٤}}{٢ \times (١,٠٥٥ \times ١٠^{-٣٤})^{٢}} = -٢,١٧ \times ١٠^{-١٨}$ جول ، وهذه القيمة النظرية على وفاق مع القيمة التجريبية ، وتحسب طاقات المستويات الأبعد عن النواة بدلالة طاقة المستوى الأول(طا١) بالعلاقة ($طا_{ن} = \frac{طا_{١}}{ن^{٢}}$) 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:

$طا_{١} = -٢,١٧ \times ١٠^{-١٨}$ جول = $\frac{-٢,١٧ \times ١٠^{-١٨}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$ (إ.ف) = −١٣,٦ (إ.ف) ، وهذه طاقة المستوى الأول .

$طا_{٢} = \frac{-١٣,٦}{٢^{٢}} = \frac{-١٣,٦}{٤} = -٣,٤$ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المستويين الأول والثاني($\Delta طا_{٢،١}$) = ١٠,٢ (إ.ف) .

$طا_{٣} = \frac{-١٣,٦}{٣^{٢}} = \frac{-١٣,٦}{٩} = -١,٥١$ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المدارين الثاني والثالث($\Delta طا_{٣،٢}$) = ١,٨٩ (إ.ف) .

$طا_{٤} = \frac{-١٣,٦}{٤^{٢}} = \frac{-١٣,٦}{١٦} = -٠,٨٥$ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المستويين الثالث والرابع($\Delta طا_{٤،٣}$) = ٠,٦٦ (إ.ف) .

$طا_{٥} = \frac{-١٣,٦}{٥^{٢}} = \frac{-١٣,٦}{٢٥} = -٠,٥٤$ (إ.ف) ⟸ الفرق بين طاقتي المستويين الرابع والخامس($\Delta طا_{٥،٤}$) = ٠,٣ (إ.ف) .

.
.
.

$طا_{\infty} = \frac{طا_{١}}{\infty}$ = صفر ، وهنا أيضاً نلاحظ أن:

١- فرق الطاقة(Δطا) بين كل مستويين متتاليين يقل بزيادة العدد الكمي الرئيسي(ن) ، بينما طاقة المستوى(طان) 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 (١٥) 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 .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

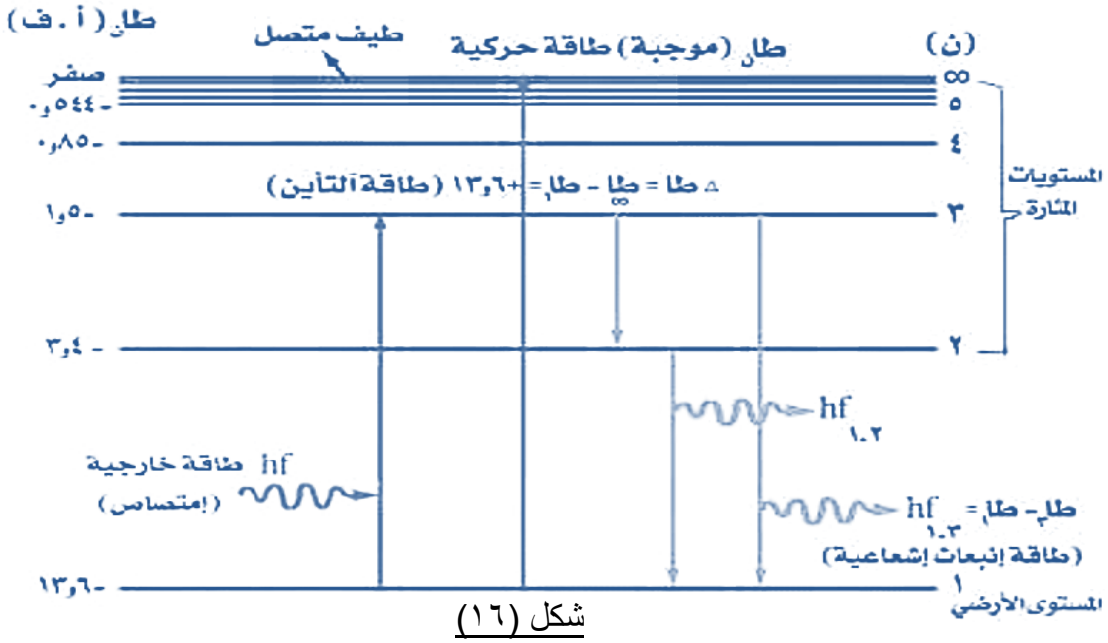
مخطط مستوى الطاقة(Energy Level Diagram):

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(طا$_{١}$ = – 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 طاقة الكلية(طا$_{ن}$) جبرياً حتى تصل إلى الصفر(طا$_{\infty}$ = 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(أو يمتصها إلكترون فيها) لإخراج الإلكترون من المستوى الأرضي(طا$_{١}$) إلى خارج الذرة يحسب كما يلي:

Δطا$_{\text{ممتصة}}$ = طا$_{f}$ – طا$_{i}$ = طا$_{\infty}$ – طا$_{١}$ = صفر – (– ١٣,٦) = ١٣,٦ إلكترون.فولت ، وهي تساوي طاقة المستوى الأرضي ولكن بإشارة موجبة وتسمى هذه الطاقة طاقة التأين .

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 .



شكل (١٦)

مثال(٢): احسب التغير في كمية التحرك الزاوي لإلكترون ذرة الهيدروجين عند انتقاله بين المستويين الأول والثالث .

الحل: ∵ كت$_{ز}$ = ن $\hbar$ ⟸ كمية التحرك الزاوي للإلكترون في المدار الأول والثالث على الترتيب هي ($\hbar$ ، $3\hbar$)

∴ التغير في كمية تحرك الإلكترون(Δكت$_{ز}$) = كت$_{ز٣}$ – كت$_{ز١}$ = $3\hbar - \hbar = 2\hbar$

= ٢ × ١,٠٥٥ × ١٠$^{-٣٤}$ = ٢,١١ × ١٠$^{-٣٤}$ كجم.م/ث .

س: أثبت أن الكميتان (كمية التحرك الزاوي ، $\hbar$) لهما نفس وحدات القياس .

جـ: وحدة (كت$_{ز}$) = وحدة (ك ع نق) = كجم × $\frac{م}{ث}$ × م = كجم.م^{٢}/ث ..... (١)

وحدة ($\hbar$) = جول × ث = نيوتن × م × ث = = كجم. $\frac{م}{ث^{٢}}$ × م × ث = كجم.م^{٢}/ث ..... (٢) .

من (١) و (٢) نجد أن الكميتان (كمية التحرك الزاوي ، $\hbar$) لهما نفس وحدات القياس ■

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

مثال(٣):

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 افلكترون 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 الفراغات 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 ($ن^2$) على الرغم بأن (طا$_ن$ = $\frac{طا_1}{ن^2}$) .

٢- لا يستطيع الإلكترون امتصاص طاقة مقدارها[(طا$_2$ – طا$_1$) < Δطا < (طا$_4$ – طا$_1$)] 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$_ن$ = $\frac{١,٥٢ \times ١٠^{-٢٨}}{نق_ن}$ 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) ، وماذا يسمى هذا الطول ؟

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 افلكترون .

ب- التردد والطول الموجي وعدده للفوتون المنبعث من الذرة نتيجة لهذه الإثارة إذا عاد الإلكترون بانتقال واحد إلى الحالة الأرضية للذرة .

حساب للأطوال 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:

Δطا$_{منبعثة}$ = طا$_i$ – طا$_f$ ، لكن: f = $\frac{ع_ض}{\lambda}$ ، طا$_i$ = $\frac{طا_1}{ن_i^2}$ ، طا$_f$ = $\frac{طا_1}{ن_f^2}$ لذلك فإن:

$hf = \Delta$طا

$\frac{ع_ض}{\lambda} = \frac{طا_1}{ن_i^2} - \frac{طا_1}{ن_f^2}$ = طا$_1$($\frac{1}{ن_i^2} - \frac{1}{ن_f^2}$) ⟸ $\frac{1}{\lambda} = \frac{-طا_1}{h\,ع_ض}$($\frac{1}{ن_i^2} - \frac{1}{ن_f^2}$) = ١,٠٩٧ × ١٠^7 ($\frac{1}{ن_f^2} - \frac{1}{ن_i^2}$)

∴ $\frac{1}{\lambda}$ = R_H($\frac{1}{ن_f^2} - \frac{1}{ن_i^2}$) ، هذه العلاقة تدعى صيغة بوهر لحساب الأطوال الموجية لطيف ذرة الهيدروجين .

حيث أن: $\frac{-طا_1}{h\,ع_ض}$ = ١,٠٩٧ × ١٠^7 م$^{-1}$ = ثابت ريدبيرج(R_H) ، وذلك بالتعويض بالقيم:

ع$_ض$ = ٢,٩٩٧٩٢٥ × ١٠^8 م/ث ، طا$_1$ = – ١٣,٦ × ١,٦٠٢١٩ × ١٠$^{-19}$ جول ، h = ٦,٦٢٦ × ١٠$^{-34}$ جول.ث .

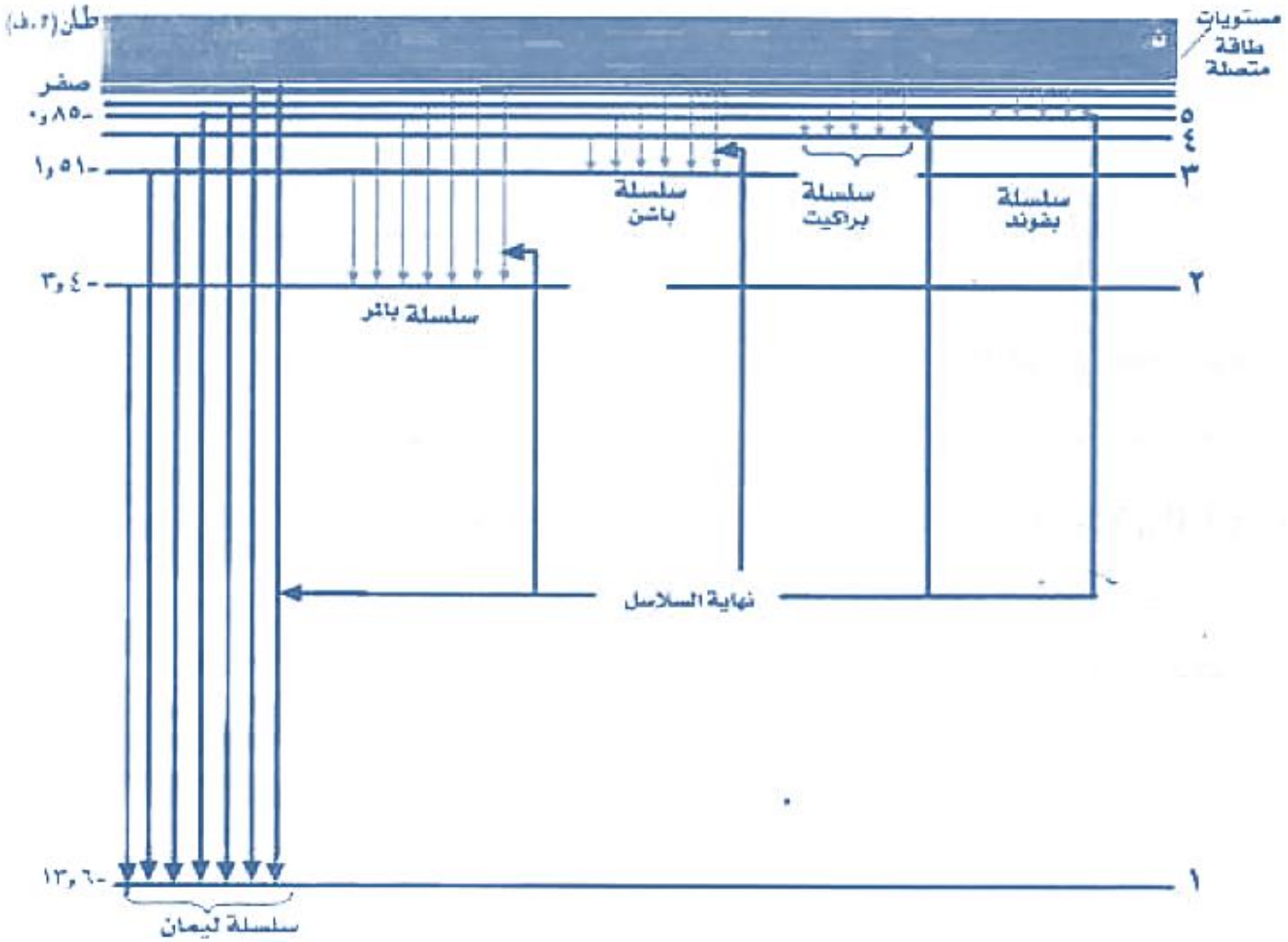
صيغة بوهر ما هي الا العلاقة العامة والتي تعتبر العلاقة التجريبية التي أوجدها بالمر حالة خاصة منها ، وما المقدار ($\frac{-طا_1}{h\,ع_ض}$ = ١,٠٩٧٣٧٣١ × ١٠^5 سم$^{-1}$ = ١٠٩٧٣٧,٣١ سم$^{-1}$) إلا القيمة المحسوبة من صيغة بوهر لثابت ريدبيرج (R_H) الذي قيمته التجريبية (١,٠٩٧٤٧٥٨ × ١٠^5 سم$^{-1}$ = ١٠٩٧٤٧,٥٨ سم$^{-1}$) 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:

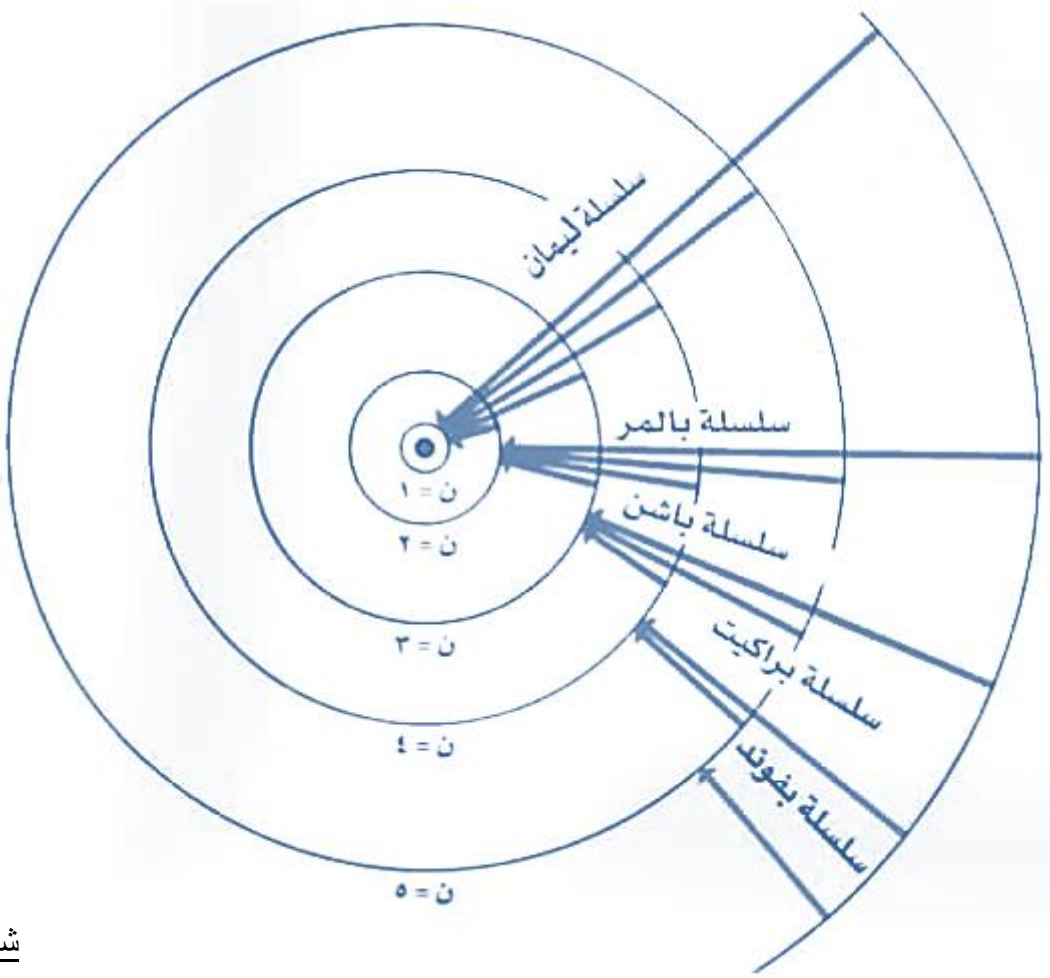
n_f	n_i	إسم السلسلة	الصيغة الرياضية للسلسلة	موقع السلسلة في الطيف الكهرومغناطيسي
١	≤ ٢	ليمان	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{n_i^٢} - \frac{١}{١^٢})$	فوق البنفسجية
٢	≤ ٣	بالمر	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{n_i^٢} - \frac{١}{٢^٢})$	الضوء المرئي
٣	≤ ٤	باشن	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{n_i^٢} - \frac{١}{٣^٢})$	تحت الحمراء
٤	≤ ٥	براكيت	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{n_i^٢} - \frac{١}{٤^٢})$	تحت الحمراء القريبة
٥	≤ ٦	بفوند	$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{n_i^٢} - \frac{١}{٥^٢})$	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 في 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 عكساً مع تردده(f) أو طاقته(hf) لذلك فإن:

١- أقصر الأطوال الموجية هي التي تكون طاقاتها أكبر الطاقات وتردداتها أكبر الترددات .

٢- أطول الموجات هي التي تكون طاقاتها أصغر الطاقات وتردداتها أصغر الترددات .

فمثلاً في سلسلة بالمر يكون:

- أقصر الأطوال الموجية هي التي تكون من أجلها ($ن_i$) اكبر ما يمكن أي ($ن_i = \infty$) .
- أطول الأطوال الموجية هي تلك التي تكون من أجلها ($ن_i$) أصغر ما يمكن أي ($ن_i = ن_f + ١ = ٢ + ١ = ٣$) .

وبشكل عام فإن الطول الموجي يعتمد على فرق الطاقة(Δطا) بين طاقتي المستويين الإبتدائي(طا$_i$) والنهائي(طا$_f$) .

مثال(٤):

احسب أقصر الأطوال الموجية الفوق بنفسجية وأطول الموجات تحت الحمراء القريبة من طيف ذرة الهيدروجين .

الحل:

الفوق بنفسجية ⟸ تنتمي إلي سلسلة ليمان ⟸ $ن_f = ١$ ، أقصر الأطوال ⟸ $ن_i = \infty$ ، وبتطبيق صيغة بوهر:

$$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{ن_f^{٢}} - \frac{١}{ن_i^{٢}}) = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}(\frac{١}{١^{٢}} - \frac{١}{\infty}) = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧} \text{ م}^{-١} ،$$

$$\therefore \lambda = \frac{١}{١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}} = ٩,١١٦ \times ١٠^{-٨} \text{ م} = ٩,١١٦ \times ١٠^{-٨} \times ١٠^{١٠} \text{ Å} = ٩١١,٦ \text{ Å} .$$

، تحت الحمراء ⟸ سلسلة براكيت ⟸ $ن_f = ٤$ ، أطول الموجات ⟸ $ن_i = ن_f + ١ = ٤ + ١ = ٥$ ،

$$\frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}(\frac{١}{٤^{٢}} - \frac{١}{٥^{٢}}) = ٢٤٦٨٢٥ \text{ م}^{-١} ⟸ ،$$

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

∴ λ = $\frac{١}{٢٤٦٨٢٥}$ = ٤,٠٥١٤٥ × ١٠$^{-٦}$ م = ٤,٠٥١٤٥ × ١٠$^{-٦}$ × ١٠^{١٠} Å = ٤٠٥١٤,٥ Å .

مثال(٥):

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$^{-١}$) .

المعطيات:
Δطا$_{ممتصة}$ = ١٢,٠٩ (إ.ف) ،
طا$_{١}$ = – ١٣,٦ (إ.ف) = طا$_{i}$ ،
R_H = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧} م$^{-١}$.

الحل:

(أ+ب)- هنا عملية امتصاص طاقة ⟸ Δطا$_{ممتصة}$ = طا$_{f}$ – طا$_{i}$ وبالتعويض يكون:

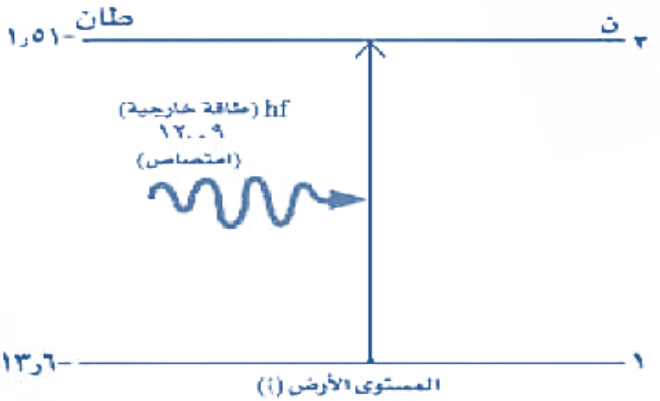
١٢,٠٩ = طا$_{f}$ – (– ١٣,٦) ⟹ طا$_{f}$ = ١٢,٠٩ – ١٣,٦ = – ١,٥١ (إ.ف) وهي طاقة الإلكترون في المستوى المثار انظر الشكل (١٩- أ) ، ولمعرفة العدد الكمي المناظر لهذه الطاقة نعلم أن:

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$_{٢}$ = $\frac{\text{طا}_{١}}{\text{ن}_{٢}^{٢}}$ = $\frac{-١٣,٦}{٤}$ = – 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:



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:

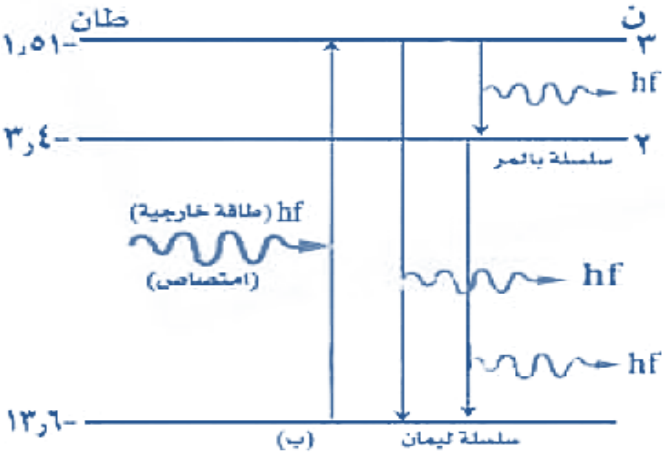
$\frac{١}{\lambda}$ = R_H($\frac{١}{\text{ن}_{f}^{٢}}$ – $\frac{١}{\text{ن}_{i}^{٢}}$) = ١,٠٩٧ × ١٠^{٧}($\frac{١}{١^{٢}}$ – $\frac{١}{٣^{٢}}$)

= $\frac{٨ \times ١,٠٩٧ \times ١٠^{٧}}{٩}$ 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 .



شكل (١٩)

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$^{-١}$ ،

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

∴ λ = ٤ / (١,٠٩٧ × ١٠^٧ × ٣ / ٤) = 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) .

مثال(٦):

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 ⟸ ن$_f$ = ٥ ، أطول الموجات ⟸ ن$_i$ = ن$_f$ + ١ = ٥ + ١ = ٦ ،

⟸ ١/λ = ١,٠٩٧ × ١٠^٧ (١/٣٦ − ١/٢٥) = (١١ × ١,٠٩٧ × ١٠^٧) / (٣٦ × ٢٥) م^-١ ،

∴ λ = (٣٦ × ٢٥) / (١١ × ١,٠٩٧ × ١٠^٧) = ٧,٤٥٨٤ × ١٠^-٦ م = ٧,٤٥٨٤ × ١٠^-٦ × ١٠^١٠ Å = ٧٤٥٨٤ Å .

وهو الطول الموجي الأول في سلسلة بفوند ! .

ب- سلسلة باشن ⟸ ن$_f$ = ٣ ، الطول الموجي الأول ⟸ ن$_i$ = ن$_f$ + ١ = ٣ + ١ = ٤ ،

⟸ ١/λ = ١,٠٩٧ × ١٠^٧ (١/٩ − ١/١٦) = (٧ × ١,٠٩٧ × ١٠^٧) / (١٦ × ٩) م^-١ ،

∴ λ = (١٦ × ٩) / (٧ × ١,٠٩٧ × ١٠^٧) = ١,٨٧٥٢٤ × ١٠^-٦ م = ١,٨٧٥٢٤ × ١٠^-٦ × ١٠^١٠ Å = ١٨٧٥٢,٤ Å .

وهو أطول الموجات في سلسلة باشن .

جـ- سلسلة براكيت ⟸ ن$_f$ = ٤ ، الطول الموجي الثالث ⟸ ن$_i$ = ن$_f$ + ٣ = ٤ + ٣ = ٧ ،

⟸ ١/λ = ١,٠٩٧ × ١٠^٧ (١/١٦ − ١/٤٩) = (٣٣ × ١,٠٩٧ × ١٠^٧) / (٤٩ × ١٦) م^-١ ،

∴ λ = (٤٩ × ١٦) / (٣٣ × ١,٠٩٧ × ١٠^٧) = ٢,١٦٥٦٩ × ١٠^-٦ م = ٢,١٦٥٦٩ × ١٠^-٦ × ١٠^١٠ Å = ٢١٦٥٦,٩ Å .

د- سلسلة بالمر ⟸ ن$_f$ = ٢ ، نهاية السلسلة ⟸ ن$_i$ = ∞ ،

⟸ ١/λ = ١,٠٩٧ × ١٠^٧ (١/٤ − ١/∞) = (١,٠٩٧ × ١٠^٧) / ٤ م^-١ ،

∴ λ = ٤ / (١,٠٩٧ × ١٠^٧) = ٣,٦٤٦ × ١٠^-٦ م = ٣,٦٤٦ × ١٠^-٦ × ١٠^١٠ Å = ٣٦٤٦ Å = H$_\infty$.

هـ- سلسلة ليمان ⟸ ن$_f$ = ١ ، أعلى تردد ≡ أقصر طول موجي ≡ نهاية السلسلة ⟸ ن$_i$ = ∞ ،

⟸ ١/λ = ١,٠٩٧ × ١٠^٧ (١/١ − ١/∞) = (١,٠٩٧ × ١٠^٧) / ١ م^-١ = R$_H$ ،

∴ λ = ١ / (١,٠٩٧ × ١٠^٧) = ٩,١١٥٧٧ × ١٠^-٨ م = ٩,١١٥٧٧ × ١٠^-٨ × ١٠^١٠ Å = ٩١١,٥٨ Å .

مثال(٧):

احسب الطاقة والتردد والطول الموجي للشعاع الذي باستطاعته تأيين ذرة الهيدروجين .

الحل:

عند تأيين ذرة الهيدروجين فإنها ستمتص طاقة لتنتقل من المستوى الأرضي(ن$_i$ = ١) إلى المستوى النهائي(ن$_f$ = ∞) لذلك فإن:

طاقة الشعاع الممتص(hf) = Δطا$_{ممتصة}$ = طا$_f$ − طا$_i$ = طا$_{ن_f}$ − طا$_{ن_i}$ = طا$_1$ / ن$_f^2$ − طا$_1$ / ن$_i^2$ = −١٣,٦ (١/∞ − ١/١^2) = −١٣,٦ × (−١) = ١٣,٦ (إ.ف) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

، تردد الشعاع(f) = $\frac{\Delta_{\text{ط}}}{h}$ = $\frac{١٣,٦ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٦,٦٢٦ \times ١٠^{-٣٤}}$ = ٣,٢٨ × $١٠^{١٥}$ هرتز .

، الطول الموجي(λ) = $\frac{\text{ع}_{\text{ض}}}{f}$ = $\frac{٣ \times ١٠^{٨}}{٣,٢٨ \times ١٠^{١٥}}$ = 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 .

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 .

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 .

إثراء:

١- أثبت أن الكميتان ($\frac{١}{\lambda}$ ، $\frac{\text{ط}}{h\,\text{ع}_{\text{ض}}}$) 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 متصلاً ، الإلكترون خارج الذرة) .
- يمكن أن تأخذ (n_i) 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) .

٣- ضع علامة (✓) أو (×):

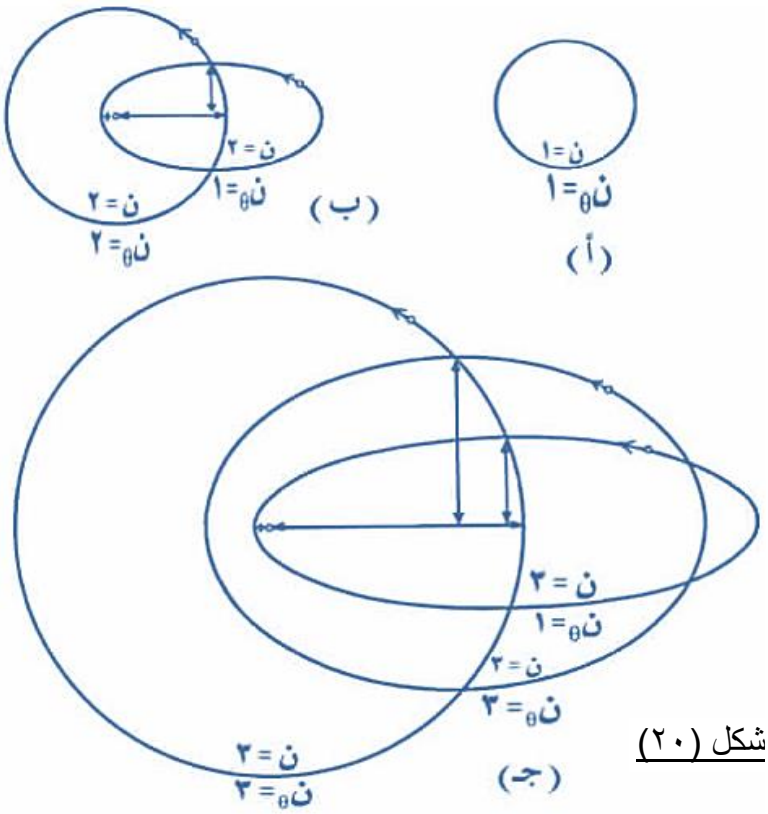
- الطول الموجي الأول في أي سلسلة هو أطول الموجات فيها . ( )
- نهاية أي سلسلة هو أقصر موجاتها . ( )

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

٤- 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 .
- ماذا يعني الرمز (ن) في مبدأ بلانك لتكميم طاقة الإشعاع ؟

نموذج (بوهر - سمرفيلد):

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:



شكل (٢٠)

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- أ) والمدار الرئيسي (ن = ٣) ينقسم إلى ثلاثة مدارات سمتية (ن$_{\theta}$ = ١) و(ن$_{\theta}$ = ٢) و(ن$_{\theta}$ = ٣) شكل (٢٠- ب) ، 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- جـ) .

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$_{ن}$ ، 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:

إذا علمت أن قطر الذرة ١٠$^{-١٠}$ متر وقطر النواة ١٠$^{-١٥}$ متر وبإهمال كتلة الإلكترون الصغيرة جداً بالنسبة لكتلة النواة ،
أ- احسب نسبة حجم الفراغ داخل الذرة ، وهل يمكن اعتبار الذرة فراغاً ؟
ب- إذا كانت الذرة فراغاً فالكون عبارة عن فراغ أيضاً ، ما تفسيرك لذلك ؟
جـ- هل تتوقع أن البحوث العلمية في المستقبل ستثبت بأن نواة الذرة فراغاً أيضاً ؟ فسبحان الخالق لكل شيئ من العدم .

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(مع إعادة الترتيب الصحيح لترقيم الفقرات):

أ-(✓) ، ب- (✓) ، جـ- (✓) ، د- (×) ، هـ- (×) ، و- (×) ، ز- (×) ، ي- (✓) .

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 .

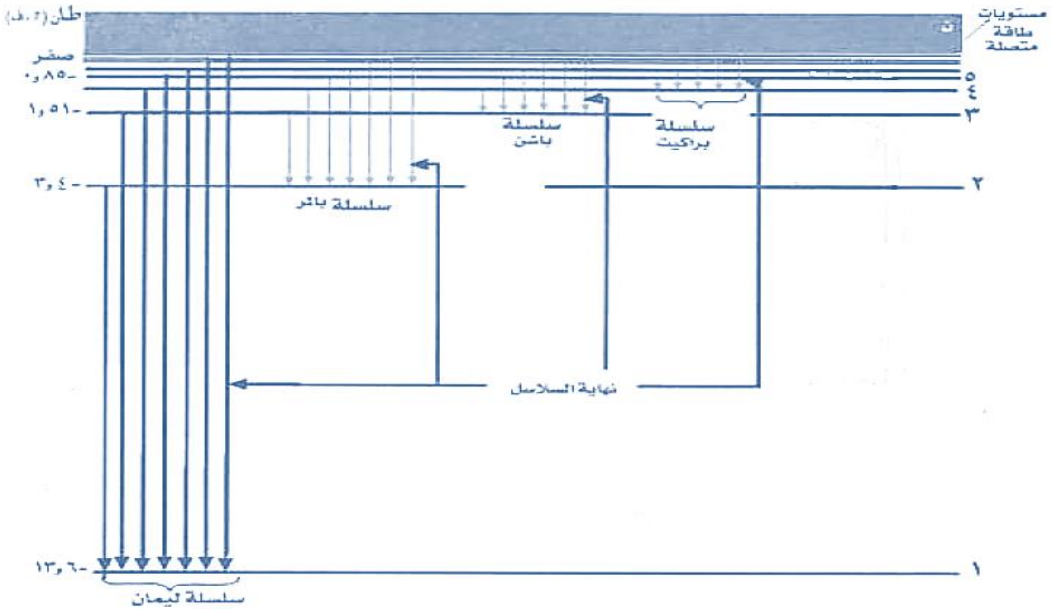
حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

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:

$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{ن_f^٢} - \frac{١}{ن_i^٢}) = ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}(\frac{١}{٢^٢} - \frac{١}{٣^٢}) = \frac{١٢ \times ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}}{١٦ \times ٤}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{١٦ \times ٤}{١٢ \times ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}} = ٤,٨٦٢٧ \times ١٠^{-٧}$ م $= ٤,٨٦٢٧ \times ١٠^{-٧} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ٤٨٦٢,٧$ Å .

السؤال الحادي عشر:

هـ- سلسلة باشن $\Leftarrow ن_f = ٣$ ، أقصر الأطوال الموجية $\Leftarrow ن_i = \infty$ ،

$\Leftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}(\frac{١}{٣^٢} - \frac{١}{\infty}) = \frac{١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}}{٩}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{٩}{١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}} = ٨,٢٠٥٩ \times ١٠^{-٧}$ م $= ٨,٢٠٥٩ \times ١٠^{-٧} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ٨٢٠٥,٩$ Å .

، أطول الموجات $\Leftarrow ن_i = ن_f + ١ = ٣ + ١ = ٤$ ،

$\Leftarrow \frac{١}{\lambda} = ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}(\frac{١}{٤^٢} - \frac{١}{٣^٢}) = \frac{٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}}{١٦ \times ٩}$ م$^{-١}$ ،

$\therefore \lambda = \frac{١٦ \times ٩}{٧ \times ١,٠٩٦٧٧٦ \times ١٠^{٧}} = ١,٨٧٥٦٣ \times ١٠^{-٦}$ م $= ١,٨٧٥٦٣ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{١٠}$ Å $= ١٨٧٥٦,٣$ Å .

السؤال الثاني عشر:

سلسلة ليمان $\Leftarrow ن_f = ١$ ، أطول الأمواج $\Leftarrow ن_i = ن_f + ١ = ١ + ١ = ٢$ ،

، $\lambda = ١٢١٦ \times ١٠^{-٨}$ سم $= ١٢١٦ \times ١٠^{-٨} \times ١٠^{٢}$ م $= ١٢١٦ \times ١٠^{-١٠}$ م ،

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

$\frac{١}{\lambda} = R_H(\frac{١}{ن_i^٢} - \frac{١}{ن_f^٢}) \Longleftarrow R_H = \frac{١}{\lambda(\frac{١}{ن_i^٢} - \frac{١}{ن_f^٢})} = \frac{١}{١٢١٦ \times ١٠^{-١٠} \times (\frac{١}{١^٢} - \frac{١}{٢^٢})} = ١,٠٩٦٥ \times ١٠^{٧}$ م$^{-١}$.

السؤال الثالث عشر:

المعطيات:
نق$_١$ = ٠,٥٢٨ × ١٠$^{-٨}$ سم = ٠,٥٢٨ Å ،
ع$_١$ = ٢,٢ × ١٠^{٨} سم/ث = ٢,٢ × ١٠^{٦} م/ث ،
طا$_١$ = – ١٣,٦ (إ.ف) .

نق$_ن$ = ن^{٢}نق$_١$ ⟸ نق$_٥$ = ٥^٢ × ٠,٥٢٨ = ١٣,٢ Å .

، ع$_ن$ = $\frac{ع_١}{ن}$ ⟸ ع$_٥$ = $\frac{٢,٢ \times ١٠^{٦}}{٥}$ = ٤,٤ × ١٠^{٥} م/ث .

، طا$_ن$ = $\frac{طا_١}{ن^٢}$ ⟸ طا$_٥$ = $\frac{-١٣,٦}{٥^٢}$ = – ٠,٥٤٤ (إ.ف) .

المعطيات:
Δطا$_{متصة}$ = ١٢,٧٥ (إ.ف) ،
طا$_١$ = – ١٣,٦ (إ.ف) = طا$_i$ ،
R$_H$ = ١,٠٩٦٧٧٦ × ١٠^{٧} م$^{-١}$.

السؤال الرابع عشر:

(أ+ب)- Δطا$_{متصة}$ = طا$_f$ – طا$_i$ وبالتعويض يكون:

١٢,٧٥ = طا$_f$ – (– ١٣,٦)

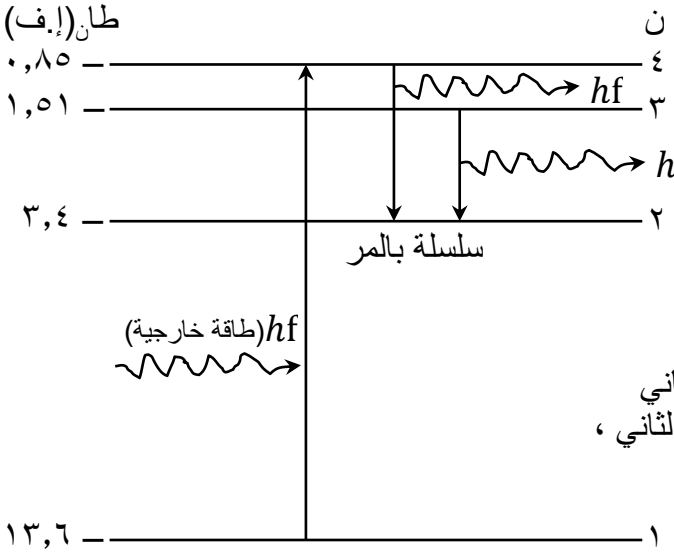
⟸ طا$_f$ = ١٢,٧٥ – ١٣,٦ = – ٠,٨٥ (إ.ف) وهي طاقة المستوى المثار ، ولمعرفة العدد الكمي الموافق لهذا المستوى:

طا$_f$ = $\frac{طا_١}{ن_f^٢}$ ⟸ ن$_f^٢$ = $\frac{طا_١}{طا_f}$ = $\frac{-١٣,٦}{-٠,٨٥}$ ⟸ 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:

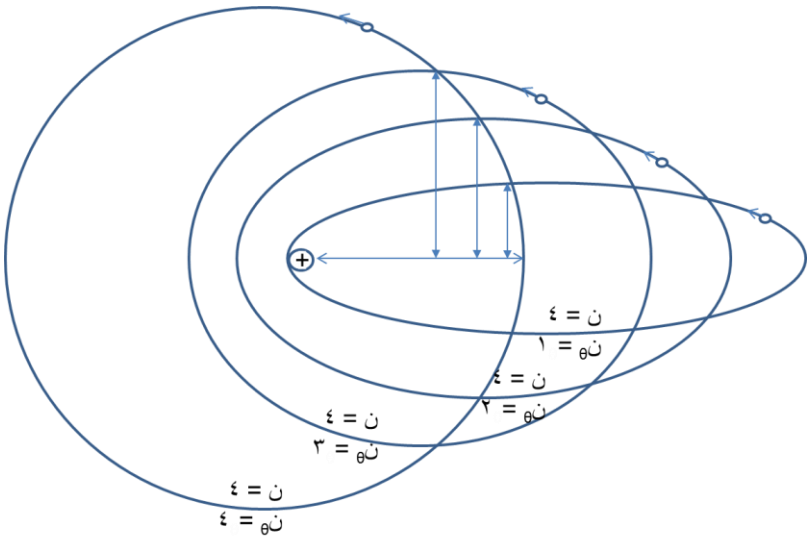
الأول عند انتقال الإلكترون من المستوى الرابع إلى المستوى الثاني

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 ٢٠١٣ - ٢٠١٤ م)

الأول - ما المقصود بالجسم الأسود المثالي ؟

الثاني - اذكر مبدأ بلانك في تكميم الطاقة (باختصار) .

الثالث - اذكر تطبيقاً واحداً لمبدأ بلانك في تكميم الطاقة .

الرابع - قارن بين الطيف المتصل والطيف الخطي .

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

أ- يستطيع إلكترون ذرة الهيدروجين التواجد على بعد ٢٥ نقµ من نواة الذرة . ( )

ب- نصف قطر بالمر(نقµ) هو أقرب وضع للإلكترون من النواة . ( )

جـ- انتقال إلكترون من مستوى الطاقة الخامس إلى المستوى الرابع يمثل سلسلة باشن . ( )

د- الطاقة المتحولة إلى إشعاع في سلسلة ليمان أكبر من الطاقة المتحولة إلى إشعاع في سلسلة بالمر . ( )

السادس - أكمل الفراغات التالية بما يناسبها:

أ- استدل رذرفورد على نفاذ معظم جسيمات ألفا من شريحة الذهب من خلال ..... التي تحدثه على ..... .

ب- مبرر فرضية بوهر الثالثة يأتي من فرضية ..... لبلانك وهي تعبر عن مبدأ ..... الطاقة .

جـ- أقصر الأطوال الموجية في سلسلة باشن هي التي يكون من أجلها $ن_i$ = ... و $ن_f$ = ...

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

- أقصر الأطوال الموجية في سلسلة براكت حيث (R_H = ١٠٩٧٣٧,٣٨ سم$^{-١}$) هي:

(١٤٨٥٠ ، ١٤٥٨٠ ، ١٥٨٥٠ ، ١٦٠٠٠) Å .

الثامن - أي من العبارات التالية صحيحة ؟ وأيها خاطئة ؟ مع تصحيح الخطأ أينما وجد:

أ- أول من وضع نظرية ذرية هو العالم ثومسون .

ب- انتقال الإلكترون داخل ذرة الهيدروجين يعطي طيفاً خطياً .

جـ- طاقة الإلكترون خارج الذرة موجبة لأنها طاقة حركة .

التاسع - علل(إعط تفسيراً علمياً) لما يأتي:

أ- طيف ضوء ذرات العناصر الكيميائية المثارة يكون طيف خطي وليس طيفاً متصلاً .

ب- طيف الإشعاع الحراري الناتج عن الجسم الأسود يكون طيفاً متصلاً .

جـ- تعتبر نظرية بوهر نظرية الكم التقليدية .

د- لا تستطيع ذرة الهيدروجين إطلاق أي إشعاع وهي في حالتها الأرضية .

هـ- الطاقة اللازمة لتأين ذرة الهيدروجين أكبر من الطاقة اللازمة لإثارتها .

و- الإلكترون الأكثر بعداً عن النواة هو المسؤول عن التفاعلات الكيميائية .

العاشر - أثبت ان الكميتان لهما نفس وحدات القياس فيما يلي:

١- $\left(\sqrt{\frac{\text{ع h}}{\text{ثج}}} \text{ ، } \frac{\text{I ω}}{\text{ع نق}}\right)$ ،

٢- $\left(\frac{\text{ك ع}^{٢}}{\text{f ش}_{\text{ه}}} \text{ ، } \frac{\text{جـ λ}}{\text{ع}}\right)$.

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة

الحادي عشر - المسائل:

أ- انتقل إلكترون من مستوى طاقته – ٠,٨٥ ev إلى مستوى طاقته – ٣,٤ ev ، فإذا علمت أن
h = ٦,٦٢٥ × ١٠$^{-٣٤}$ جول.ث فأوجد:
١- تردد الأشعة الناتجة ، ٢- الطاقة الناتجة من هذا الإنتقال .

ب- إذا علمت أن إلكترون ذرة هيدروجين يحمل طاقة – ٠,٥٤ (إ.ف) فما هو رقم المدار المتاح لتواجد الإلكترون فيه ، ثم احسب نصف قطر المدار وكذلك سرعة الإلكترون في هذا المدار ،
علماً بأن (طا$_{١}$ = – ١٣,٦ (إ.ف) ، نق$_{١}$ = ٠,٥٢٨ Å ، ع$_{١}$ = ٢,٢ × ١٠^{٦} م/ث) .

جـ- انتقل إلكترون ذرة هيدروجين من المستوى الرابع إلى المستوى الثالث فانبعث إشعاع من الذرة ، احسب:
١- الطول الموجي للإشعاع المنبعث .
٢- تردد الإشعاع المنبعث .

د- أثيرت ذرة هيدروجين بقذفها بإلكترونات طاقتها الحركية ١٣,٠٥٦ إلكترون.فولت ، احسب:
١- طاقة المستوى المثار ، ٢- عدد الكم الرئيسي لهذا المستوى ، علماً بأن طا$_{١}$ = – ١٣,٦ (إ.ف) .

حقوق الطبع والتوزيع محفوظة