# مفاتيح النجاح والتفوق

# في

# الفيزياء

2021

النسخة الذهبية

## مكثفة النظري
## مكثفة المسائل

بكالوريا ٢٠٢١

إعداد
المدرس مؤيد بكر

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# النواس المرن

**س1. اكتب العلاقة المعبرة عن التابع الزمني للحركة الجيبية الانسحابية التوافقية البسيطة مع ذكر دلالات الرموز**

$$\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

حيث أن $\varphi$ الطّورُ الابتدائيُّ للحركة ويقدر بـ rad

$(\omega_0 t + \varphi)$ طورُ الحركة في اللحظة t ويقدر بـ rad

$X_{max}$ سعةُ الحركة وتقدر بـ m

$\omega_0$ النبضُ الخاصُّ للحركة ويقدر بـ $rad.s^{-1}$

$x$ مطالُ الحركة في اللحظة t ويقدر بـ m

**س2. برهن أن محصلة القوى المؤثرة في مركز عطالة الجسم الصلب في النواس المرن هي قوة إرجاع تُعطى بالعلاقة $F = -kx$**

أولاً: ندرس **حالة سكون** الجملة: ⇦ الجملة المدروسة (**الجسم**):

يستطيلُ النابضُ مسافةً $x_0$ (تسمى الاستطالة السكونيّة)

ويتوازنُ الجسمُ بتأثير قوتين: قوّة ثقله $\vec{w}$ وقوّة توتّر النابض $\vec{F}_{S_0}$

نطبق شرط التوازن **الانسحابي** $\sum\vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{w} + \vec{F}_{S_0} = \vec{0}$

**بالإسقاط** على محورٍ شاقوليٍّ موجّهٍ نحوَ الأسفل

$$w - F_{S_0} = 0 \Rightarrow w = F_{S_0}$$

⇦ الجملة المدروسة (**النابض**): تؤثّر في النابضِ القوّة $\vec{F}'_{S_0}$

التي تسبّبُ له الاستطالة $x_0$ ومنه

$$F'_{S_0} = F_{S_0} = kx_0 \Rightarrow w = kx_0$$

ثانياً: ندرس **حالة الحركة** للجملة: ⇦ الجملة المدروسة (**الجسم**):

يتأثر بقوّتين: قوّة ثقله $\vec{w}$ وقوّة توتّر النابض $\vec{F}_S$

نطبق قانون **نيوتن الثاني** $\sum\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{w} + \vec{F}_S = m\vec{a}$

**بالإسقاط** على محورٍ شاقوليٍّ موجّهٍ نحوَ الأسفل

⇦ الجملة المدروسة (**النابض**) ... تؤثّر في $w - F_S = ma$

النابضِ القوّة $\vec{F}'_S$ التي تسبّبُ له الاستطالة $(\bar{x} + x_0)$

$$F'_S = F_S = k(x_0 + \bar{x}) \Rightarrow kx_0 - k(x_0 + \bar{x}) = m\bar{a}$$

$$-k\bar{x} = m\bar{a} = \bar{F} \Rightarrow \bar{F} = -k\bar{x}$$

**س3. ادرس حركة نواس مرن مستنتجاً طبيعة حركته، ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس**

**خطوات الاستنتاج :**

ننطلق من أن محصلة القوى الخارجية التي يخضع لها مركز عطالة الجسم هي قوة إرجاع...

فنصل إلى المعادلة التفاضلية $(x)''_t = -\frac{k}{m}x$ التي تقبل **حلاً جيبياً** من الشكل ...

**بالاشتقاق** مرتين .. **بالمطابقة** .. ولاستنتاج **الدور** $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض $\omega_0$ ...

**الاستنتاج:**

إن محصلة القوى الخارجية التي يخضع لها مركز عطالة الجسم هي قوة إرجاع

تعطى بالعلاقة $\bar{F} = m\bar{a} = -k\bar{x} \Rightarrow \bar{a} = -\frac{k}{m}\bar{x}$

ومنه فإن $(x)''_t = -\frac{k}{m}x$ وهي معادلةٌ تفاضليّةٌ من المرتبة الثانية

تقبلُ **حلاً جيبيّاً** من الشكل $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

للتحقق من صحة الحل **نشتق** مرتين بالنسبة للزمن

$$(\bar{x})'_t = \bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$(\bar{x})''_t = \bar{a} = -{\omega_0}^2 X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) = -{\omega_0}^2 \cdot \bar{x}$$

**بالمقارنة** مع المعادلة التفاضلية نجد أن النبض الخاص للحركة

$${\omega_0}^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} > 0$$

فحركةُ النوّاس المرن غير المتخامد هي حركة جيبيّة انسحابية توافقية بسيطة

استنتاج علاقة **الدور الخاص** $T_0 = 2\pi/\omega_0 = 2\pi/\sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

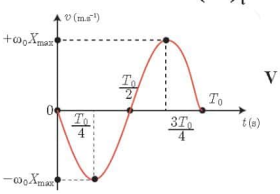
**نلاحظ** أن الدور الخاص ⇦ **لا يتعلّقُ** بسعةِ الاهتزاز $X_{max}$

⇦ يتناسبُ **طرداً** مع الجذرِ التربيعيّ **لكتلةِ** الجسمِ المهتزّ m

⇦ يتناسبُ **عكساً** مع الجذرِ التربيعيّ **لثابتِ صلابةِ** النابض k

**س4. انطلاقاً من التابع الزمني للمطال في النواس المرن $x = X_{max}\cos\omega_0 t$ استنتج التابع الزمني لسرعة الجسم المعلق بالنابض، ثم حدد باستخدام العلاقات المناسبة الأوضاع التي تكون فيها سرعة الجسم: 1. عظمى (طويلةً)، 2. معدومة**

نشتق التابع المُعطى $\bar{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 X_{max}\sin\omega_0 t$




⇦ **عظمى** عندما $\sin\omega_0 t = \pm 1$

في **مركز الاهتزاز** $v_{max} = |\pm\omega_0 X_{max}|$

⇦ **معدومة** عندما $\sin\omega_0 t = 0$

في **الموضعين الطرفيّين** $v = 0$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س5. انطلاقاً من التابع الزمني للمطال في النواس المرن $x = X_{max}\cos w_0 t$ استنتج تابع تسارع الجسم بدلالة مطال الحركة x ثم حدد باستخدام العلاقات المناسبة الأوضاع التي يكون فيها التسارع : 1. أعظمياً (طويلةً) ، 2. معدوماً**

نشتق التابع المُعطى مرتين

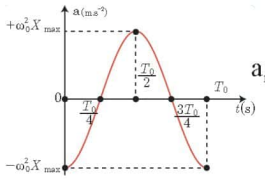
$$\bar{a} = (\bar{x})''_t = -\omega_0^2 X_{max}\cos\omega_0 t = -\omega_0^2 \bar{x}$$

⇦ أعظمي عندما $\bar{x} = \pm X_{max}$

في الموضعين الطرفيّين $a_{max} = |\pm\omega_0^2 X_{max}|$

⇦ معدوم عندما $x = 0$

في مركز الاهتزاز $a = 0$




(*ملاحظة : قد يُعطينا تابع السرعة بدلاً من تابع المطال ..*

*عندئذٍ نشتق مرة واحدة لإيجاد تابع التسارع* $\bar{a} = (\bar{v})'_t$ ... )

**س6. استنتج علاقة الطاقة الميكانيكية في الحركة التوافقية البسيطة (النواس المرن غير المتخامد) ثم ارسم الخط البياني الممثل لتغيرات الطاقة بدلالة الزمن**

**خطوات الاستنتاج :**

ننطلق من $E = E_p + E_k$ نعوض $E_p$ و $E_k$ ثم نعوض x و v مع الأخذ بعين الاعتبار أن $m\omega_0^2 = k$ .. نخرج عامل مشترك ونستفيد من أن $\sin^2 + \cos^2 = 1$

**الاستنتاج :** إن $E = E_p + E_k$ ولكن $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ و $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

$$E_p = \frac{1}{2}kX_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

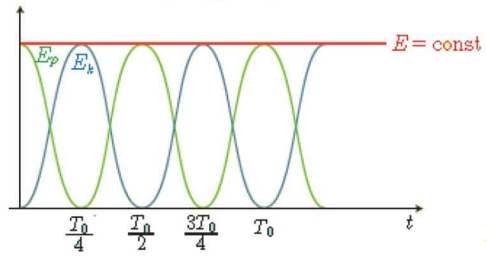
$$E_k = \frac{1}{2}m\omega_0^2 X_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

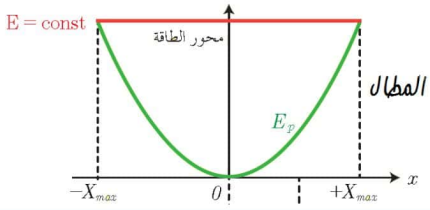
$$E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \overline{\varphi}) + \frac{1}{2}m\omega_0^2 X_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

ولكن $m\omega_0^2 = k$

$$E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \overline{\varphi}) + \frac{1}{2}kX_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

$$E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2 = const$$




*ملاحظة :*

*يمكنه رسم تغيرات الطاقة بدلالة المطال*

**س7. أثبتْ صحّةَ العلاقة $v = \omega_0\sqrt{X_{max}^2 - x^2}$ في الحركة التوافقيّة البسيطة .**

**خطوات الاستنتاج :**

نكتب التابعين الزمنيين لكل من المطال والسرعة .. ثم نعزل sin و cos .. ثم نعوض في العلاقة $\sin^2 + \cos^2 = 1$ .. نوحد المقامات .. نضرب طرفين بوسطين .. نعزل $v^2$ .. نخرج $w_0^2$ عامل مشترك .. نجذر ...

$$x = X_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi) \quad \Rightarrow \cos(\omega_0 t + \varphi) = \frac{x}{X_{max}}$$

$$v = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \varphi) \Rightarrow \sin(\omega_0 t + \varphi) = \frac{v}{-\omega_0 X_{max}}$$

$$\sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi) = 1$$

$$\frac{v^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} + \frac{x^2}{X_{max}^2} = 1$$

$$\frac{v^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} + \frac{\omega_0^2 x^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} = 1$$

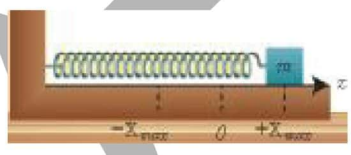
$$\frac{v^2 + \omega_0^2 x^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} = 1$$

$$v^2 + \omega_0^2 x^2 = \omega_0^2 X_{max}^2$$

$$v^2 = \omega_0^2 X_{max}^2 - \omega_0^2 x^2 = \omega_0^2(X_{max}^2 - x^2)$$

$$v = \omega_0\sqrt{X_{max}^2 - x^2}$$

**س8. نابضٌ مرنٌ مهملُ الكتلةِ حلقاتُهُ متباعدةٌ ثابتُ صلابتِه k مثبّتٌ من أحدِ طرفيه، ويُربط بطرفه الآخرِ جسمٌ صُلبٌ كتلتُه m يمكنُه أنْ يتحرّكَ على سطحٍ أفقيٍّ أملسٍ، كما في الشكل المجاور، نشدّ الجسمَ مسافةً أفقيّةً مناسبةً، ونتركُهُ دونَ سرعةٍ ابتدائيّة. والمطلوب: ادرسْ حركة الجسم، واستنتج التابع الزمنيَّ للمطال ، ثم استنتج علاقة الدور الخاص .**




**خطوات الاستنتاج :**

القوى المؤثرة .. قانون **نيوتن** الثاني .. بالإسقاط .. تؤثّر في النابضِ القوّة $\vec{F}'_S$

نعزل $(\bar{x})''_t$ فنحصل على معادلة تفاضلية .. تقبل **حلاً جيبياً** من الشكل ... **بالاشتقاق** مرتين .. **بالمطابقة** ... ولاستنتاج **الدور** $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض $w_0$ ...

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# نواس الفتل

**س1. ادرس حركة نواس الفتل غير المتخامد مستنتجاً أن حركته جيبية دورانية ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس .**

**خطوات الاستنتاج :**

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك **الدوراني** ... فنصل إلى المعادلة التفاضلية $\left(\overline{\theta}\right)''_t = -\frac{k}{I_\Delta}\overline{\theta}$ تقبل **حلاً جيبياً** من الشكل ... **بالاشتقاق** مرتين ... **بالمطابقة** ... ولاستنتاج **الدور** $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض $\omega_0$ ...

**الاستنتاج** : نطبق العلاقة الأساسية في التحريك **الدوراني**

$$\sum \overline{\Gamma}_\Delta = I_\Delta \overline{\alpha}$$
$$\overline{\Gamma}_{\vec{w}/\Delta} + \overline{\Gamma}_{\vec{T}/\Delta} + \overline{\Gamma}_{\vec{N}/\Delta} = I_\Delta \overline{\alpha}$$
$$0 + 0 - k\overline{\theta} = I_\Delta \overline{\alpha}$$
$$-k\overline{\theta} = I_\Delta \left(\overline{\theta}\right)''_t$$
$$\left(\overline{\theta}\right)''_t = -\frac{k}{I_\Delta}\overline{\theta}$$

وهي معادلةٌ تفاضليّةٌ من المرتبة الثانية تقبلُ **حلاً جيبيّاً** من الشكل

$$\overline{\theta} = \theta_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$$

**الاستنتاج** : القوى الخارجية المؤثرة :

قوة ثقل الجسم $\vec{w}$ قوة رد الفعل $\vec{R}$ وقوّة توتّر النابض $\vec{F}_S$ نطبق قانون **نيوتن** الثاني $\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{w} + \vec{R} + \vec{F}_S = m\vec{a}$

بالإسقاط على المحور الأفقي $x'x$ نجد $0 + 0 - F_S = m\overline{a}$

تؤثّر في النابضِ القوّة $\vec{F}'_S$

$$F'_S = F_S = k\overline{x} \Rightarrow -k\overline{x} = m\overline{a} \Rightarrow -k\overline{x} = m\left(\overline{x}\right)''_t$$

ومنه فإن $\left(x\right)''_t = -\frac{k}{m}x$ وهي معادلةٌ تفاضليّةٌ من المرتبة الثانية

تقبلُ **حلاً جيبيّاً** من الشكل $\overline{x} = X_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$

للتحقق من صحة الحل **نشتق** مرتين بالنسبة للزمن

$$\left(\overline{x}\right)'_t = \overline{v} = -\omega_0 X_{max}\sin\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$$
$$\left(\overline{x}\right)''_t = \overline{a} = -\omega_0{}^2 X_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right) = -\omega_0{}^2 \cdot \overline{x}$$

**بالمقارنة** مع المعادلة التفاضلية نجد أن

$$\omega_0{}^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} > 0$$

استنتاج علاقة **الدور** الخاص $T_0 = 2\pi/\omega_0 = 2\pi/\sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

# النواس الثقلي المركب

**س1. ادرس حركة النواس الثقلي المركب غير المتخامد مستنتجاً أن حركته جيبية دورانية من أجل سعات زاوية صغيرة ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس المركب مبيناً دلالات الرموز**

**خطوات الاستنتاج :**

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك **الدوراني** ... حيث نأخذ بعين الاعتبار أن عزم قوة الثقل **سالب** .. فنصل إلى معادلة تفاضلية تحوي **sin** فحلها ليس جيبي .. ومن أجل سعات زاوية **صغيرة** .. نحصل على معادلة تفاضلية تقبل **حلاً جيبياً** من الشكل ... **بالاشتقاق** مرتين ... **بالمطابقة** ... ولاستنتاج **الدور** $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض $\omega_0$ ...

**الاستنتاج** : نطبق العلاقة الأساسية في التحريك **الدوراني**

$$\sum \overline{\Gamma}_\Delta = I_\Delta \overline{\alpha}$$
$$\overline{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} + \overline{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = I_\Delta \overline{\alpha}$$

وباختيار الجهة الموجبة للدوران عكس جهة دوران عقارب الساعة

$$-(d\sin\theta)W + 0 = I_\Delta \overline{\alpha}$$
$$-mgd\sin\overline{\theta} = I_\Delta \overline{\alpha}$$
$$(\overline{\theta})''_t = -\frac{mgd}{I_\Delta}\sin\overline{\theta}$$

وهي معادلةٌ تفاضليّةٌ من المرتبة الثانية تحتوي $\sin\theta$ بدلاً من $\theta$ فحلُّها **ليس جيبيّاً** ومن ذلك فإنّ حركة النوّاس الثقليّ هي حركةٌ اهتزازيّةٌ **غيرُ توافقيّة**

ومن أجل السعات الزاوية الصغيرة $\theta \le 0.24rad$ تكون

للتحقق من صحة الحل **نشتق** مرتين بالنسبة للزمن

$$\left(\overline{\theta}\right)'_t = \overline{\omega} = -\omega_0\theta_{max}\sin\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$$
$$\left(\overline{\theta}\right)''_t = \overline{\alpha} = -\omega_0{}^2\theta_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right) = -\omega_0{}^2 \cdot \overline{\theta}$$

**بالمقارنة** مع المعادلة التفاضلية نجد أن النبض الخاص للحركة

$$\omega_0{}^2 = \frac{k}{I_\Delta} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} > 0$$

فحركةُ نوّاس الفتل غير المتخامد هي حركة جيبيّة دورانيّة

استنتاج علاقة **الدور** الخاص $T_0 = 2\pi/\omega_0 = 2\pi/\sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$

**نلاحظ** أن الدور الخاص ⇦ **لا يتعلّقُ** بالسعة الزاوية $\theta_{max}$

⇦ يتناسبُ **طرداً** مع الجذرِ التربيعيّ **لعزم العطالة** $I_\Delta$

⇦ يتناسبُ **عكساً** مع الجذرِ التربيعيّ **لثابتِ فتل** السلك $k$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$(\overline{\theta})''_t = -\frac{mgd}{I_\Delta}\overline{\theta}$ فتصبح المعادلة التفاضلية $\sin\theta \simeq \theta$

وهي معادلةٌ تفاضليّةٌ من المرتبة الثانية تقبلُ **حلاً جيبيّاً** من الشكل

$$\overline{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

للتحقق من صحة الحل **نشتق** مرتين بالنسبة للزمن

$$(\overline{\theta})'_t = \overline{\omega} = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

$$(\overline{\theta})''_t = \overline{\alpha} = -\omega_0{}^2\theta_{max}\cos(\omega_0 t + \overline{\varphi}) = -\omega_0{}^2\cdot\overline{\theta}$$

**بالمقارنة** مع المعادلة التفاضلية نجد أن النبض الخاص للحركة

$$\omega_0{}^2 = \frac{mgd}{I_\Delta} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{mgd}{I_\Delta}} > 0$$

فحركةُ النوّاس الثقليّ المركب من أجل السّعات الزاويّة الصغيرة هي حركةٌ جيبيّةٌ دورانيّة

استنتاج علاقة **الدور** الخاص

$$T_0 = 2\pi/\omega_0 = 2\pi\Big/\sqrt{\frac{mgd}{I_\Delta}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$$

# النواس الثقلي البسيط

**س1. عرف النواس الثقلي البسيط ثم استنتج عبارة الدور الخاص للنواس البسيط انطلاقاً من عبارة الدور الخاص للنواس المركب في حالة السعات الصغيرة**

**نظرياً**: نقطة مادية تهتز بتأثير ثقلها على بعد ثابت $\ell$ من محور أفقي ثابت

**عملياً**: كرة صغيرة كتلتها m كثافتها النسبية كبيرة معلقة بخيط مهمل الكتلة لا يمتط طولُهُ كبير بالنسبة لنصف قطر الكرة

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}} \quad \text{ولكن} \quad I_\Delta = m\ell^2 \quad \text{و} \quad d = \ell$$

$$\Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m\ell^2}{mg\ell}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

**س2. ادرس حركة النواس الثقلي البسيط غير المتخامد مستنتجاً طبيعة حركته من أجل سعات زاوية صغيرة ثم استنتج علاقة الدور الخاص لهذا النواس**

**خطوات الاستنتاج :**

نطبق **قانون نيوتن الثاني** (العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي) ... حيث نأخذ بعين الاعتبار أن الإسقاط على **المماس الموجه بجهة إزاحة الكرة** (فيكون مسقط قوة الثقل بإشارة **سالبة**) (ويكون التسارع بعد الإسقاط هو تسارع **مماسي** $a_t$ ) .. ثم نستبدل التسارع المماسي وفق العلاقة $a_t = \ell\cdot\alpha$ .. فنصل إلى معادلة تفاضلية تحوي **sin** فحلها ليس جيبي .. ومن أجل سعات زاوية **صغيرة** .. نحصل على معادلة تفاضلية تقبل **حلاً جيبياً** من الشكل ... **بالاشتقاق** مرتين.. **بالمطابقة** .. ولاستنتاج **الدور** $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض $\omega_0$

**الاستنتاج**: نطبق قانون **نيوتن الثاني** $\sum\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{w} + \vec{T} = m\vec{a}$

بالإسقاط على المَمَاسّ الموجّه بجهة إزاحة الكرة

$$-mg\sin\theta + 0 = ma_t$$

$$\overline{a_t} = \ell\,\overline{\alpha} = \ell(\overline{\theta})''_t$$

$$(\overline{\theta})''_t = -\frac{g}{\ell}\sin\theta$$

ومن أجل السعات الزاوية الصغيرة $\theta \le 0.24rad$ تكون

$(\overline{\theta})''_t = -\frac{g}{\ell}\overline{\theta}$ فتصبح المعادلة التفاضلية $\sin\theta \simeq \theta$

وهي معادلةٌ تفاضليّةٌ من المرتبة الثانية تقبلُ **حلاً جيبيّاً** من الشكل

$$\overline{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

للتحقق من صحة الحل **نشتق** مرتين بالنسبة للزمن

$$(\overline{\theta})'_t = \overline{\omega} = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \overline{\varphi})$$

$$(\overline{\theta})''_t = \overline{\alpha} = -\omega_0{}^2\theta_{max}\cos(\omega_0 t + \overline{\varphi}) = -\omega_0{}^2\cdot\overline{\theta}$$

**بالمقارنة** مع المعادلة التفاضلية نجد أن النبض الخاص للحركة

$$\omega_0{}^2 = \frac{g}{l} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} > 0$$

فحركةُ النوّاس الثقليّ البسيط من أجل السّعات الزاويّة الصغيرة هي حركةٌ جيبيّةٌ

استنتاج علاقة **الدور** الخاص $T_0 = 2\pi/\omega_0 = 2\pi\Big/\sqrt{\frac{g}{\ell}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

**نلاحظ** أن الدور الخاص

- ⇦ **لا يتعلّقُ** دورُ النوّاس البسيط **بكتلته**، ولا **بنوع** مادّة كرته
- ⇦ النوسات صغيرة السّعة لها الدورُ نفسُه (**متواقتة** فيما بينها)
- ⇦ يتناسبُ **طرداً** مع الجذرِ التربيعيّ **لطول الخيط** $\ell$
- ⇦ يتناسبُ **عكساً** مع الجذرِ التربيعيّ لتسارع **الجاذبية** الأرضية g

**س3. استنتج العلاقة المحددة لسرعة كرة نواس بسيط وعلاقة توتر خيط التعليق في نقطة من مسار الكرة ، ثم بين إلى ماذا تؤول هذه العلاقات عند المرور بالشاقول**

**استنتاج علاقة السرعة الخطية v :**

**خطوات الاستنتاج :**

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين .. آخذين بعين الاعتبار أن $E_K = \frac{1}{2}mv^2$

ثم نوجد الانتقال h ونعوضه .. ثم نعزل v

**الاستنتاج**: نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين

الأوّل: حيث يصنع الخيط مع الشاقول الزاوية $\theta_{max}$

الثاني: حيث يصنع الخيط مع الشاقول الزاوية $\theta$

$$\Delta\overline{E_{k(1\to 2)}} = \sum\overline{W_F}$$

$$E_{k2} - E_{k1} = \overline{W_W} + \overline{W_T}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = mgh + 0$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$h = l\cos\theta - l\cos\theta_{max}$$
$$h = l(\cos\theta - \cos\theta_{max})$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = mgl(\cos\theta - \cos\theta_{max})$$
$$v^2 = 2gl(\cos\theta - \cos\theta_{max})$$
$$v = \sqrt{2gl(\cos\theta - \cos\theta_{max})}$$

حالة خاصة : عند المرور بالشاقول $\theta = 0$ فإن

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta_{max})}$$

☜ **لاستنتاج علاقة توتر الخيط T :**

**خطوات الاستنتاج :**

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الانسحابي .. حيث يكون الإسقاط على **الناظم وبجهة** $\vec{T}$ (فيكون التسارع بعد الإسقاط هو تسارع **ناظمي** $a_c$ ) ..

ثم نستبدل التسارع الناظمي وفق العلاقة $a_c = \frac{v^2}{\ell}$ .. ثم نعزل T

نطبق قانون **نيوتن الثاني** $\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{w} + \vec{T} = m\vec{a}$

بالإسقاط على (**الناظم**) حامل $\vec{T}$ **وبجهته**

$$-W\cos\theta + T = m a_c \quad \text{ولكن} \quad a_c = \frac{v^2}{\ell}$$

$$T = m\frac{v^2}{l} + mg\cos\theta$$
$$T = 2mg(\cos\theta - \cos\theta_{max}) + mg\cos\theta$$
$$T = mg(3\cos\theta - 2\cos\theta_{max})$$

حالة خاصة : عند المرور بالشاقول $\theta = 0$ فإن

$$T = mg(3 - 2\cos\theta_{max})$$

**س1. ما هي أنواع الجريان المستقر ؟**

- الجريان المستقر **المنتظم** : السرعةُ ثابتةً في جميع نقاطِ السائل بمرور الزمن
- الجريان المستقر **غير المنتظم** : السرعةُ متغيرة من نقطة إلى أخرى بمرور الزمن

**س2. اكتب مع الشرح الميزات التي يتمتع بها المائع المثالي**

- **غير قابل للانضغاط** : كتلته الحجمية **ثابتة** مع مرور الزمن
- **عديم اللزوجة** : قوى **الاحتكاك الداخلي** بين مكوناته **مهملة** وبالتالي لا يوجد ضياع للطاقة
- جريانه **مستقر** : حركة جسيماته لها **خطوط انسياب** محددة **وسرعة** ثابتةً بمرور الزمن
- جريانه **غير دوراني** : **لا تتحرك** جسيمات السائل **حركة دورانية**

**س3. استنتج معادلة الاستمرارية لمائع يتحرك داخل أنبوب مساحةُ كلٍّ من مقطعَي طرفيهِ تختلفُ عن الأخرى ، ماذا تستنتج ؟**

أنّ **حجم** كميّة السائل التي تعبر المقطع $s_1$ **تساوي** حجم كميّة السائل التي تعبر المقطع $s_2$ في المدّة الزمنيّة نفسِها $Q_1' = Q_2'$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{s_1 x_1}{\Delta t} = \frac{s_2 x_2}{\Delta t} \Rightarrow \frac{s_1 v_1 \Delta t}{\Delta t} = \frac{s_2 v_2 \Delta t}{\Delta t}$$

$$\boxed{s_1 v_1 = s_2 v_2 \Rightarrow \frac{s_1}{s_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

**نستنتج** أنّ **سرعةَ** تدفّق السائل تتناسب **عكساً** مع **مساحة** مقطع الأنبوب الذي يتدفّق منه السائل.

**س4. اكتب نص نظرية برنولي في الجريان المستقر لمائع من خلال أنبوب ، ثم استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة المعادلة المعبرة عنها ، وكيف تصبح هذه المعادلة إذا كان الأنبوب أفقياً ؟**

☜ **النص** : إن مجموعَ الضغط والطاقة الحركيّة لواحدة الحجوم والطاقة الكامنة الثقاليّة لواحدة الحجوم تساوي مقداراً ثابتاً عند أيّ نقطة من نقاط خطّ الانسياب لمائع جريانُهُ مستقرٌّ

☜ **الاستنتاج** : يتأثر سطح المقطع $s_1$ بقوة $F_1$ لها جهة الجريان تنتقل نقطةُ تأثيرها مسافةً $\Delta x_1$ فتقوم بعمل محرك

$$W_1 = F_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot s_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot \Delta V$$

ويتأثر سطح المقطع $s_2$ بقوة $F_2$ معيقة تعاكس جهة جريان السائل تنتقل نقطةُ تأثيرها مسافةً $\Delta x_2$ فتقوم بعمل مقاوم

$$W_2 = -F_2 \cdot \Delta x_2 = -P_2 \cdot s_2 \cdot \Delta x_2 = -P_2 \cdot \Delta V$$

وإن عمل قوة الثقل $W_w = -w \cdot h = -mg(z_2 - z_1)$

فيكون العمل الكلي $W_T = W_w + W_1 + W_2$

$$W_T = -mg(z_2 - z_1) + P_1\Delta V - P_2\Delta V$$

نطبق نظرية الطاقة الحركية

$$W_T = E_{k_2} - E_{k_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$-mg(z_2 - z_1) + P_1\Delta V - P_2\Delta V = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

نقسم الطرفين على $\Delta V$ ونبدل $\rho = \frac{m}{\Delta V}$ فنجد

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = \text{conset}$$

حالة خاصة : إذا كان الأنبوب أفقياً فإن $z_1 = z_2$

$$P_1\frac{m}{\rho} + \frac{1}{2}mv_1^2 = P_2\frac{m}{\rho} + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س5. عدد ثلاث تطبيقات على معادلة برنولي في الجريان المستقر ، ثم استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة معادلة المانومتر في سائل ساكن**

نظرية تورشيللي ، أنبوب فينتوري ، سكون السوائل ومعادلة المانومتر

**استنتاج** معادلةُ المانومتر (قانون الضغط في الموائع الساكنة) :

إن معادلة برنولي $P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}+\rho g z_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^{\,2}+\rho g z_2$

وبفرض أن السائل ساكن فإن $v_1=v_2=0$ ومنه

$$P_1-P_2=\rho g z_2-\rho g z_1=\rho g(z_2-z_1)=\rho gh$$

**س6. برهن باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة أن سرعة خروج مائع من فتحة أسفل خزان كبير تساوي السرعة التي يسقط بها المائع سقوطاً حراً من ارتفاع h**

**خطوات الاستنتاج :**

نكتب معادلة برنولي .. ينتقل السائل من سطح الخزان بسرعة $v_1\simeq 0$ ..

وبما أن السطح والفتحة معرضان للضغط الجوي النظامي $P_1=P_2=P_0$ ..

بالاختصار .. نعزل $v_2$ .. نعتبر $z_2-z_1=h$ .. فنجد أن $v_2=\sqrt{2gh}$

**الاستنتاج :**

إن معادلة برنولي $P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}+\rho g z_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^{\,2}+\rho g z_2$

ينتقل السائل من سطح الخزان بسرعة $v_1\simeq 0$ ليخرجَ من الفتحة $s_2$ إلى الوسط الخارجيّ بسرعة $v_2$ وبما أن السطح والفتحتان معرضان للضغط الجوي النظامي $P_1=P_2=P_0$ فتصبح معادلة برنولي

$$g z_1=\frac{1}{2}v_2^2+g z_2$$
$$\frac{1}{2}v_2^2=g z_1-g z_2$$
$$v_2^2=2g(z_1-z_2)\Longrightarrow v_2=\sqrt{2gh}$$

نستنتج أن سرعةَ خروج السائل تساوي السرعةَ التي يسقطُ بها جسمٌ مائع سقوطاً حرّاً من ارتفاع h

**س7. تتناقص مساحة مقطع الشرايين في منطقة ما نتيجة تراكم الدهون والشحوم وهذا يعيق جريان الدم في هذه الشرايين ويتناقص ضغط الدم في المقاطع المتضيّقة ، بيّن باستخدام أنبوب فينتوري أن الضغط في الاختناق أقل من الضغط في الجذع الرئيس للأنبوب**

**خطوات الاستنتاج :**

نكتب معادلة برنولي .. الأنبوب أفقي $z_1=z_2$ .. بالاختصار .. نعزل $P_1-P_2$

من معادلة الاستمرارية $s_1v_1=s_2v_2\Rightarrow v_2=\frac{s_1}{s_2}v_1$ .. نعوض $v_2$ ..

**الاستنتاج :**

إن معادلة برنولي $P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}+\rho g z_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^{\,2}+\rho g z_2$

بما أن الأنبوب أفقي $z_1=z_2$ فتصبح معادلة برنولي

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^{\,2}\Rightarrow P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho v_2^{\,2}-\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}$$

ولكن من معادلة الاستمرارية $s_1v_1=s_2v_2\Rightarrow v_2=\frac{s_1}{s_2}v_1$

$$\Rightarrow P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho\left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2 v_1^{\,2}-\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}$$

$$\Rightarrow P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho\left[\left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2-1\right]v_1^{\,2}$$

وبالتالي فإن $s_1>s_2\Rightarrow P_1>P_2$

نستنتج أنه يتناقص ضغط الدم في المقاطع المتضيّقة من الشرايين

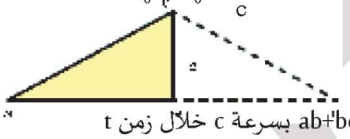
# النسبية الخاصة

**س1. ما هما فرضيتا أينشتاين ؟**

- سرعةُ انتشارِ الضوء ثابتةٌ في الوسط نفسِه مهما اختلفتْ سرعةُ المنبع الضوئيّ أو سرعةُ المراقب
- القوانينُ الفيزيائيّة تبقى نفسَها في جميع جمل المقارنة العطاليّة

**س2. بيّن باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة أن زمن ومضة ضوئية سرعتها c يتمدد عند المراقب الخارجي بالنسبة للزمن عند مراقب داخلي**

- بالنسبة لمراقب داخلي : فإن الضوء يقطع مسافة 2d حتى يعود للمنبع بسرعة c خلال زمن $t_0$ $2d=c\cdot t_0\Rightarrow t_0=\frac{2d}{c}$



- بالنسبة لمراقب خارجي :

فإن الضوء يقطع المسافة ab+bc بسرعة c خلال زمن t

$$ab+bc=c\cdot t\Rightarrow 2ab=c\cdot t\Rightarrow ab=\frac{c\cdot t}{2}$$

وإن المنبع يقطع المسافة ac بسرعة v خلال زمن t

$$ac=v\cdot t\Rightarrow 2ae=v\cdot t\Rightarrow ae=\frac{v\cdot t}{2}$$

وإن $be=d$ وحسب مبرهنة فيثاغورث $ab^2=ae^2+be^2$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$\frac{c^2\cdot t^2}{4}=\frac{v^2\cdot t^2}{4}+d^2\Rightarrow\frac{c^2\cdot t^2}{4}-\frac{v^2\cdot t^2}{4}=d^2$$

$$\left(\frac{c^2-v^2}{4}\right)t^2=d^2\Rightarrow t^2=\frac{4d^2}{c^2-v^2}\Rightarrow t=\frac{2d}{\sqrt{c^2-v^2}}$$

$$\gamma=\frac{t}{t_0}=\frac{\frac{2d}{\sqrt{c^2-v^2}}}{\frac{2d}{c}}=\frac{c}{\sqrt{c^2-v^2}}=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}>1$$

أي أن الزمن تمدد .

**س3. بيّن باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة أن المسافة التي يقطعها جسم يتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء تتقلص عندما يقيسها مراقب داخلي بالنسبة للمسافة التي يقيسها مراقب خارجي**

إن المسافة المقطوعة بالنسبة لمراقب خارجي (في الخطة على الأرض) $L_0=v\cdot t$

وإن المسافة المقطوعة بالنسبة لمراقب داخلي (رائد الفضاء) $L=v\cdot t_0$

$$\frac{L_0}{L}=\frac{v\cdot t}{v\cdot t_0}=\gamma\Rightarrow L=\frac{L_0}{\gamma}$$

ولكن $\gamma>1\Rightarrow L<L_0$

ومنه نستنتج أن المسافة قد تقلصت .

**ملاحظة** : يُمكن أن يأتي السؤال بصيغة تقلص **الطول** بدلاً من **المسافة** ..

عندئذٍ نرمز لطول المركبة بالنسبة للمراقب الخارجي $L$

ونرمز لطول المركبة بالنسبة للمراقب داخلي $L_0$

**س4. الكتلة هي مقدار ثابت في الميكانيك الكلاسيكيّ من أجل السّرعات الصغيرة أمامَ سرعة انتشار الضوء في الخلاء، أمّا وَفقَ الميكانيك النسبيِّ فإنّ الكتلةَ تزدادُ بزيادة السّرعة ، بيّن باستحدام العلاقات الرياضية المناسبة من أين أتت هذه الزيادة في الكتلة ؟ ثم استنتج علاقة الطاقة الكلية في الميكانيك النسبي .**

$$\Delta m=m-m_0=\gamma m_0-m_0=m_0\left[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-1\right]$$

$$\Rightarrow\Delta m=m_0\left[\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}-1\right]$$

ومن أجل $v<<c$ فإن $\frac{v^2}{c^2}<<1$

$$(1+\varepsilon)^n\simeq 1+n\varepsilon\quad ;\quad \varepsilon<<1$$

$$\Rightarrow\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}\simeq 1+\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}$$

$$\Rightarrow\Delta m=m_0\left[1+\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}-1\right]=\frac{\frac{1}{2}m_0v^2}{c^2}=\frac{E_k}{c^2}$$

نستنتج أنه عندما يتحرك الجسم نزداد كتلته بمقدار يساوي طاقته الحركية مقسومة على رقم ثابت $c^2$

$$m-m_0=\frac{E_k}{c^2}\Rightarrow mc^2-m_0c^2=E_k$$

$$\Rightarrow mc^2=E_k+m_0c^2$$

$$E=m\cdot c^2\quad E_0=m_0\cdot c^2\quad E_k=E-E_0$$

**س5. انطلاقاً من الميكانيك النسبي استنتج العلاقة المحددة للطاقة الحركية في الميكانيك الكلاسيكي**

$$\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$v<<c\Rightarrow\frac{v^2}{c^2}<<1\Rightarrow\gamma\simeq 1+\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}$$

$$E_k=E-E_0=mc^2-m_0c^2=\gamma m_0c^2-m_0c^2$$

$$=(\gamma-1)m_0c^2=\left(1+\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}-1\right)m_0c^2=\frac{1}{2}m_0v^2$$

# المغناطيسية

**س1. عرف الحقل المغناطيسي وكيف نمثله ؟ وما هي جهته ؟ وكيف يصبح بين قطبي مغناطيس نضوي ؟ وماذا يسمى عندئذٍ ؟ ثم حدد عناصر شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ في نقطةٍ من الحقل .**

**الحقل المغناطيسي** هو منطقة أو حيّز من الفراغ إذا وُضعَتْ فيها إبرةٌ مغناطيسيّةٌ حرّةُ الحركةِ فإنّها **تخضعُ لأفعالٍ مغناطيسيّةٍ** ، فتأخذ منحى واتّجاهاً معيّنين ، نمثله **بخطوط** وهمية يمُس كل منها شعاعَ الحقلِ المغناطيسيّ ، تتجه **خارجَ** المِغناطيسِ من قطبهِ **الشماليّ** إلى قطبهِ **الجنوبيّ** **وداخلَ** المِغناطيسِ من القُطبِ **الجنوبيّ** إلى القطبِ **الشماليّ** ، وتكون بين قطبي مغناطيس **نضوي متسايرة** فيما بينها على شكل خطوطٍ مستقيمةٍ **متوازيةٍ** ولها الجهةُ نفسُها ، حيث يكونُ الحقلُ المغناطيسيُّ **منتظماً** .



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**عناصر** شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ في نقطةٍ من الحقل :
الحامل : المستقيمُ الواصلُ بينَ قطبَي الإبرةِ المغناطيسيّة
الجهة : من القطبِ الجنوبيّ للإبرة إلى قُطبها الشماليّ
الشدة : تزدادُ بازديادِ سرعةِ اهتزازِ الإبرةِ المغناطيسيّةِ في تلك النقطةِ

**س2. اشرح كيف يمكن زيادة شدة الحقل المغناطيسي بين قطبي مغناطيس نضوي ؟ ثم عرف عامل النفاذية المغناطيسي ، واكتب العلاقة المعبرة عنه مع ذكر دلالات الرموز ، ثم اذكر العاملين اللذين يتعلق بهما .**

يمكن **زيادة** شدة الحقل المغناطيسي بوضع **نواة حديدية** بين قطبي مغناطيس نضوي ، حيث **تتمغنطُ** نواةُ الحديدِ ، ويتولّدُ منها حقاً مغناطيسياً $\vec{B}'$ إضافياً **يُضافُ** إلى الحقلِ المغناطيسيّ الأصليّ المغنِط $\vec{B}$ فيشكّلُ حقلاً مغناطيسياً كلياً $\vec{B}_T$

**عاملُ النفاذية المغناطيسيّ** : هو **النسبةُ** بينَ قيمةِ الحقلِ **الكلّيّ** $\vec{B}_T$ بوجودِ النواةِ الحديديّة بينَ قطبَي المغناطيسِ
إلى قيمةِ الحقلِ المغناطيسيّ الأصليّ $\vec{B}$

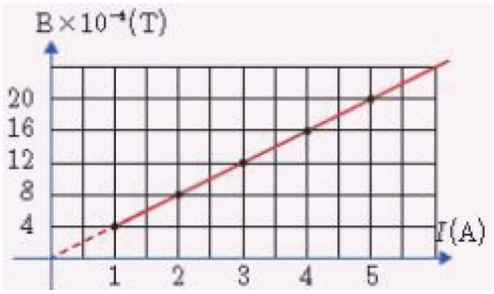
$\mu = \frac{B_T}{B}$ حيث $\mu$ عاملُ النفاذية المغناطيسيّ
$B_T$ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ الكليّ يقدر بالتسلا T
$B$ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ الأصليّ المغنط يقدر بT

يتعلّقُ عاملُ النفاذية المغناطيسيّ بعاملين :
- طبيعةُ المادّةِ من حيثُ قابليّتُها للمغنطة
- شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ المغنِط $\vec{B}$

**س3. يُبيّنُ الجدولُ الآتي النتائجَ التجريبيّةَ لقياس شدّةِ الحقلِ المغناطيسيّ المتولّدِ عن مرورِ تيارٍ كهربائيّ متواصلٍ في سلكٍ مستقيمٍ في نقطةٍ تقعُ على بُعدٍ معيّنٍ من السلك**

| I(A) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| B(T) | $4\times10^{-4}$ | $8\times10^{-4}$ | $12\times10^{-4}$ | $16\times10^{-4}$ | $20\times10^{-4}$ |

**a) أرسمُ الخطَّ البيانيَّ لتغيّرات B بدلالة I**
**b) أحسبُ مَيلَ الخطِّ البيانيّ ، مستنتجاً العلاقات المعبرة عن شدّةِ الحقلِ المغناطيسيّ المتولّدِ عن التيّارِ الكهربائيّ المار في السلك المستقيم ثم في ملف دائري ثم في ملف حلزوني (وشيعة) .**




$k = \frac{B}{I} \Rightarrow B = kI$ حيث أن k ثابت يمثل ميل المستقيم

بينت الدراسات أنه يتعلق بعاملين :
الأوّل : الطبيعةُ الهندسيّةُ للدارة $k'$ :
شكلُ الدّارة ، وموضع النقطة المعتبرة بالنسبة للدارة
الثاني : عاملُ النفاذية المغناطيسيّ في الخلاء $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7} TmA^{-1}$

$\Rightarrow B = 4\pi\times10^{-7} k I$

⇦ سلك مستقيم $k' = \frac{1}{2\pi d} \Rightarrow B = 2\times10^{-7}\frac{I}{d}$

⇦ ملف دائري $k' = \frac{N}{2r} \Rightarrow B = 2\pi\times10^{-7}\frac{NI}{r}$

⇦ وشيعة $k' = \frac{N}{l} \Rightarrow B = 4\pi\times10^{-7}\frac{NI}{l}$

**س4. حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي I مار في سلك ناقل مستقيم وذلك في نقطة تبعد عنه مسافة d عن محور السلك .**

- الحامل : **عمودي** على المُستوي المعيّن بالسلك والنقطةِ المعتبرة
- الجهة : عملياً : **من S إلى N لإبرة مغناطيسية**
نضعُها في النقطة المعتبرة بعد أنْ تستقرَّ
نظرياً : حسب **قاعدةِ اليد اليمنى**
(يكون ساعدها موازياً للسلك ، حيث يدخلُ التيّارُ من الساعدِ ويخرجُ من رؤوس الأصابع ، ونوجّهُ باطنَ الكفّ نحو النقطة المدروسة ، فيشيرُ إبهامُها إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ)
- الشدة : $B = 2\cdot10^{-7}\frac{I}{d}$ حيث I شدّةُ التيّار الكهربائيّ (A)
B شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ (T) d بُعدُ النقطةِ عن السلكِ (m)

**س5. حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي I مار في ملف دائري نصف قطره الوسطي r وذلك في مركز الملف .**

- الحامل : **عمودي** على مستوي الملف
- الجهة : عملياً : **من S إلى N لإبرة مغناطيسية**
نضعُها في مركز الملف بعد أنْ تستقرَّ
نظرياً : حسب **قاعدةِ اليد اليمنى**
(نضعُها فوقَ الملفّ ، حيث يدخلُ التيّارُ من الساعدِ ويخرجُ من رؤوس الأصابع ، ونوجّهُ باطنَ الكفّ نحو مركز الملف ، فيشيرُ إبهامُها إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ)
- الشدة : $B = 2\pi\cdot10^{-7}\frac{NI}{r}$
حيث I شدّةُ التيّار الكهربائيّ (A) B شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ (T)
N عدد لفات الملف (lap) r نصف قطر الملف الوسطي (m)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س6. حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي I مار في ملف حلزوني (وشيعة) طولها l وذلك في مركز الوشيعة .**

- الحامل : محور الوشيعة
- الجهة : عملياً: من S إلى N لإبرة مغناطيسية
  نضعُها في مركز الوشيعة بعد أنْ تستقرَّ
  نظرياً: حسب قاعدةِ اليد اليمنى
  (نضعها فوق الوشيعة ، بحيثُ توازي أصابعُها إحدى الحلقاتِ ، حيث يدخلُ التيّارُ من الساعدِ ويخرجُ من رؤوس الأصابع ، فيشيرُ إبهامُها إلى جهةِ شعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ )
- الشدة : $B = 4\pi \cdot 10^{-7} \dfrac{NI}{\ell}$

حيث I شدّةُ التيّار الكهربائيّ (A) B شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ (T)
N عدد لفات الملف (lap) l طول الوشيعة (m)

**س7. اكتب العلاقة المُعبّرة عن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز دارة كهربائية تحوي N لفة مع ذكر دلالات الرموز ، ثم بيّن متى يكون هذا التدفق أعظمياً ومتى يكون معدوماً ومتى يكون أصغرياً ؟**

$$\Phi = N \cdot B \cdot s \cdot \cos\alpha$$

حيث $\Phi$ التدفق المغناطيسي (weber) B شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ (T)
N عدد لفات الملف (lap) s مساحة سطح الدارة ($m^2$) $\alpha = (\vec{B}, \vec{n})$

| أعظمي $\alpha = 0$ | معدوم $\alpha = \dfrac{\pi}{2}$ | أصغري $\alpha = \pi$ |
|---|---|---|

**س8. علل المغناطيسية للمواد الحديدية الخاضعة لمجال مغناطيسي خارجي .**

لأن المواد الحديدية تتكوّن من **ثنائيّاتِ أقطابٍ مغناطيسيّةٍ** موزّعة **عشوائيّاً في غياب المجال** المغناطيسيّ الخارجيّ بحيثُ تكونُ مُحصّلةُ هذه الخصائص المغناطيسيّةِ **معدومةً** ، ولكن عند خضوعها لمجال مغناطيسي خارجي **تتوجُّه** ثنائيّاتُ الأقطاب المغناطيسيّة داخلَ القطعة **باتّجاه المجال المغناطيسيّ** الخارجيّ حيث تكونُ أقطابُها **الشماليّة** المغناطيسيّة باتّجاه **المجال** المغناطيسيّ الخارجيّ، وتصبحُ محصّلتُها **غيرَ معدومةٍ**، لِذا تصبحُ قطعةُ الحديد **ممغنطةً**.

# عمل الحقل المغناطيسي في تيار كهربائي

**س1. عدد العوامل المؤثرة في شدة القوة المغناطيسية (قوة لورنز) ثم اكتب العلاقة الشعاعية لها ، ثم حدد بالكتابة عناصر شعاع هذه القوة ، ثم بين متى تكون عظمى ومتى تكون معدومة**

*العوامل* : الشحنة المتحركة q ، شدة الحقل المغناطيسي B ، سرعة الشحنة v

$\sin\hat{\theta} = (\vec{v} \wedge \vec{B})$ حيث أن

العلاقة الشعاعية $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$

- نقطة التأثير: الشحنة المُتحرّكة.
- الحامل : عمودي على المستوي المحدد بشُعاعِ السّرعة وشُعاعِ الحقلِ المغناطيسيّ
- الجهة : تُحدَّدُ بقاعدةِ اليد اليُمنى
  (يكون ساعدها موازياً شُعاعَ سرعةِ، حيث تكون الأصابعُ بعكسِ جهةِ شُعاعِ السُّرعة للشَّحنات السَّالبة، وبجهةِ شُعاعِ السُّرعة للشَّحنات المُوجبة ، ويخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ ، فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوَّة المغناطيسيّة)
- الشدة : $F = qvB\sin\theta$

عظمى $\theta = (\vec{v}, \vec{B}) = \dfrac{\pi}{2}$ معدومة $\theta = (\vec{v}, \vec{B}) = 0$

**س2. في تجربة ملفَّي هلمهولتز ادرس حركة الكترون يتحرك ضمن منطقةِ التي يسودُها حقل مغناطيسيّ مُنتظَم عمودي على شعاع سرعة الالكترون مُستنتجاً طبيعة حركة الالكترون ، ثم استنتج العلاقة المُعبّرة عن نصف قطر مسار هذا الالكترون ودور حركته .**

**خطوات الاستنتاج :**

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك .. ثم نعزل التسارع بدون إسقاط ... ومن خواص الجداء الشعاعي نجد أن شعاع التسارع يعامد شعاع السرعة ... وبالتالي فهو ينطبق على الناظم أي أنه تسارع ناظمي ... وبالتّالي الحركةُ دائريّةٌ مُنتظَمة .. ثم نعزل r لإيجاد علاقة نصف قطر مسار الالكترون .. ثم نعوض r في العلاقة $T = 2\pi/\omega$ لإيجاد علاقة الدور

**الاستنتاج :**

يخضع الإلكترونُ لتأثيرِ القوَّة المغناطيسيّة فقط بإهمالِ قوّةِ ثقله

$$\sum \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow e\vec{v} \wedge \vec{B} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{e}{m_e}\vec{v} \wedge \vec{B}$$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وبحسبِ خواص الجداء الشعاعي نجد أن شعاع التسارع $\vec{a} \perp \vec{v}$ وبالتّالي الحركةُ دائريّةٌ مُنتظَمة

$$F = F_C \Rightarrow evB = m_e a_c \Rightarrow evB = m_e \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{m_e v}{eB}$$

ولإيجاد علاقة الدور $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{v}\frac{m_e v}{eB} \Rightarrow T = \frac{2\pi m_e}{eB}$

**س3. استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة العلاقة المُعبّرة عن القوة الكهرطيسية (قوة لابلاس) ، ثم عدد العوامل المؤثرة فيها ، ثم اكتب العلاقة الشعاعية لها ، ثم حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع هذه القوة ، ثم بين متى تكون عظمى ومتى تكون معدومة**

الحقل المغناطيسي يؤثر في السِّلك الذي يمر فيه تيار كهربائي بقوة كهرطيسية تساوي مُحصّلة القوى المغناطيسية المؤثرة في الالكترونات المتحركة داخل السِّلك ..

$$F = N \cdot F = N \cdot evB\sin\theta = q\frac{L}{\Delta t}B\sin\theta = ILB\sin\theta$$

*العوامل* : شدّةِ التيّار المارّ بالسِّلك $I$ ، شدة الحقل المغناطيسي $B$ طول الجزء الخاضع للحقل $L$ ، $\sin\theta$ حيث أن $\hat{\theta} = (IL \wedge B)$

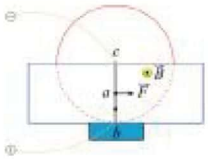
العلاقة الشعاعية $\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}$

- نقطة التأثير : **منتصف** الجزء من الناقل المُستقيم الخاضِع للحقلِ المغناطيسيّ المُنتظَم
- الحامل : **عمودي** على المستوي المحدد بالنّاقل المُستقيم وشُعاعُ الحقلِ المغناطيسيّ
- الجهة : تحقّقُ الأشعّة $(I\vec{L}, \vec{B}, \vec{F})$ ثلاثيّةً مُباشَرةً وفق **قاعدةِ اليد اليُمنى** (نضع يدنا على الناقل بحيثُ يدخلُ التيّارُ من السّاعد ويخرجُ من رؤوس الأصابع ويخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ ، فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوّة الكهرطيسية)
- الشدة : $F = ILB\sin\theta$

عظمى $\theta = (I\vec{L}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2}$ معدومة $\theta = (I\vec{L}, \vec{B}) = 0$

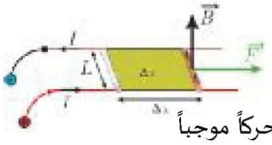
**س4. دولاب بارلو نصف قطره r نمرر فيه تيار كهربائي I ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم B ، حدد بالكتابة والرسم عناصر القوة الكهرطيسية التي يخضع لها الدولاب .**

- نقطة التأثير : **منتصف** نصف القطر الشّاقوليّ السّفليّ الخاضِع للحقلِ المغناطيسيّ المُنتظم.
- الحامل : **عمودي** على المستوي المحدد بنصفِ القطرِ الشّاقولي السّفليّ وشُعاع الحقل المغناطيسيّ المُنتظَم.



- الجهة : تحقّقُ الأشعّة $(\vec{r}, \vec{B}, \vec{F})$ ثلاثيّةً مُباشَرةً وفق **قاعدةِ اليد اليُمنى** (نضع يدنا على نصفِ القطرِ الشّاقوليّ السّفليّ بحيثُ يدخلُ التيّارُ من السّاعد ويخرجُ من رؤوس الأصابع، ويخرجُ شُعاعُ الحقل المغناطيسيّ من راحةِ الكفّ ، فيشيرُ الإبهامُ إلى جهةِ القوّة الكهرطيسية)
- الشدة : $F = IrB$

**س5. استنتج مع الشرح عبارة عمل القوة الكهرطيسية في تجربة السكتين الكهرطيسية حيث يكون شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ عمودياً على المستوي الأفقي للسكتين ، ثم اكتب نص نظرية مكسويل**



**تنتقل** الساق مسافة $\Delta x$ ..
**تمسح** سطحاً $\Delta s = L\Delta x$ ...
**فتنجز** القوة الكهرطيسية **عملاً** محركاً موجباً

$$W = F\Delta x = IBL\Delta x = IB\Delta s = I\Delta\Phi > 0$$

***النص*** "عندَما **تنتقلُ** دارةٌ كهربائيّةٌ أو جزءٌ من دارةٍ كهربائيّةٍ في **منطقةٍ** يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ، فإنَّ **عملَ** القوَّة الكهرطيسيّة المُسبّبة لذلكَ الانتقالِ يساوي **جداءَ** شدّةِ التيّار المارِّ في الدّارة في تزايُد التّدفُّق المغناطيسيّ الذي يجتازُها"

**س6. أجب عن السؤالين الآتيين :**

**أ) فسر مايلي : عند إمرارِ تيّارٍ كهربائيّ في إطارٍ مُعلّق بسلكٍ عديمِ الفتل فإن الإطار يدورُ ويستقرُّ عندَما تصبحُ خطوطَ الحقل المغناطيسيّ عموديّةً على مُستوي الإطارِ**

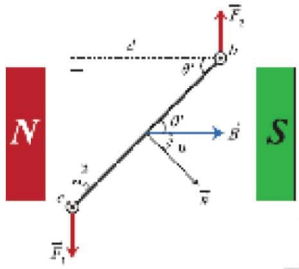
**ب) أذكر نص قاعدةُ التّدفُّقِ الأعظميّ .**

أ) يؤثّرُ الحقلُ المغناطيسيّ المُنتظَم في الإطارِ بمُزدوَجة كهرطيسيّة تنشأُ عن القوّتَين الكهرطيسيّتَين المُؤثّرتَين في الضّلعَين الشّاقوليتَين، وتعملُ على تدويرِ الإطارِ حولَ محورِ دورانه من وضعه الأصليّ حيثُ التّدفُّقُ المغناطيسيّ معدومٌ إلى وضع توازنه المُستقرّ حيثُ يكونُ التّدفُّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُه أعظميّاً.

ب) *قاعدةُ التّدفُّقِ الأعظميّ* "إذا أثّرَ حقلٌ مغناطيسيّ في دارةٍ كهربائيّةٍ مُغلَقةٍ حرّةِ الحركة، تحرّكَت بحيثُ يزدادُ التّدفُّقُ المغناطيسيّ الذي يجتازُها من وجهِها الجنوبيّ وتستقرُّ في وضعٍ يكونُ التّدفُّق المغناطيسيّ أعظميّاً"

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س7. استنتج عبارة عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في إطار طول ضلعه الأفقي d والشاقولي L يمر فيه تيار كهربائي I ويخضع لتأثير حقل مغناطيسي منتظم ، ثم اكتب هذه العلاقة بدلالة العزم المغناطيسي M .**




$$\Gamma_{\Delta} = d \cdot F$$
$$= [ab] \sin\alpha \cdot F$$
$$= [ab] \sin\alpha \cdot NILB \sin\theta$$
$$= NIsB \sin\alpha$$
$$= MB \sin\alpha$$

حيث أن $M = NIs$ هوالعزم المغناطيسي ويقدر ب $A \cdot m^2$

وتكتب شعاعياً بالعلاقة $\vec{M} = NI\vec{s} \Rightarrow \vec{\Gamma}_{\Delta} = \vec{M} \wedge \vec{B}$

وتحدد جهته بجهةِ إبهامِ يدٍ يُمنى تلتفُّ أصابعُها بجهةِ التيّار

**س8. إنطلاقاً من شرط التوازن الدوراني $\overline{\Gamma}_{\Delta} + \overline{\Gamma}'_{\eta/\Delta} = 0$ في المقياس الغلفاني ذي الإطار المتحرك استنتج العلاقة بين زاوية دوران الإطار $\theta'$ وشدة التيار I المار في الإطار ، كيف نزيد حساسية المقياس من أجل التيار نفسه ؟**

**خطوات الاستنتاج :**

ننطلق من الشرط المعطى .. ثم نعوض **عزم المزدوجة الكهرطيسية** .. ثم نعوض **عزم مزدوجة الفتل** $\overline{\Gamma}'_{\eta/\Delta} = -k\theta'$ .. وإن $\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin\alpha = \cos\theta'$

حيث $\cos\theta' \simeq 1$ .. نعوض ثم نعزل $\theta'$ ... **نزيد حساسية** المقياس باستخدام سلك **أرفع** من نفس المادة (لتصغير ثابتِ الفتلِ) ..

**الاستنتاج :**

$$\sum \Gamma_{\Delta} = 0 \Rightarrow \Gamma_{\Delta} + \Gamma_{\vec{\tau}/\Delta} = 0$$
$$NIsB \sin\alpha - k\theta' = 0$$
$$\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \text{rad} \Rightarrow \sin\alpha = \cos\theta'$$
$$NIsB \cos\theta' - k\theta' = 0$$

وبما أن $\theta'$ زاوية صغيرة فإن $\cos\theta' \simeq 1$ وبالتالي

$$NIsB - k\theta' = 0 \Rightarrow \theta' = \frac{NsB}{k} I \Rightarrow \theta' = GI$$

**نزيد حساسية المقياس باستخدام سلك أرفع من نفس المادة ..**

# التحريض الكهرطيسي

**س1. نقرّب (نبعّد) القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة وفق محورها ، يتصل طرفاها بواسطة مقياس ميكرو آمبير فتنحرف إبرة المقياس دلالة مرور تيار متحرض فيها ، المطلوب : a) فسر سبب نشوء هذا التيار ، ثم اكتب العلاقة الرياضية المُعبّرة عن القوة المحركة الكهربائية المتحرضة $\varepsilon$ مع ذكر العوامل المؤثرة فيها b) اكتب نصّا قانوني فاراداي ولنز**

يتولّد تيار متحرض بسبب **تغير التدفق المغناطيسي** في الوشيعة وذلك عند تقريب المغناطيس من الوشيعة أو إبعاده عنها $\overline{\varepsilon} = -\frac{\partial \overline{\Phi}}{\partial t}$

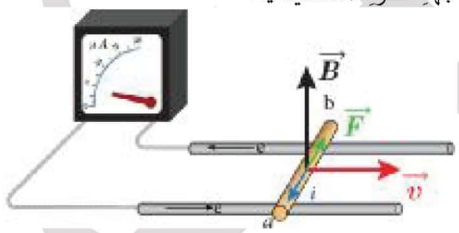
حيث تتناسب القوّة المُحرِّكة الكهربائيّة المُتحرّضة طرداً معَ تغيّر التدفق المغناطيسيّ المُحرِّض وعكساً معَ زمنِ تغيُّر التّدفُّق المغناطيسيّ المُحرِّض وتنسجمُ الإشارة السّالبة معَ قانونِ لنز

**فاراداي** : يتولد تيار متحرض في دارة **مغلقة** إذا **تغير التدفق** المغناطيسي الّذي يجتازُها ويدومُ هذا التيّارُ بدوامِ تغيُّرِ التّدفُّق لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسيّ المحرّض.

**لنز** : إن **جهة** التيار المتحرض في دارة **مغلقة** تكون بحيث يُنتج **أفعالاً تعاكس** السَّببَ الذي أدّى إلى حدوثِه.

**س2. ما هو التعليل الإلكتروني لنشوء التيار المتحرض والقوة المحركة الكهربائية المتحرضة في تجربة السكتين في كل من الحالتين :**
**A) الدارة مغلقة B) الدارة مفتوحة**

A) **الدارة مغلقة :** عندَ **تحريكِ** السّاق بسرعةٍ ثابتةٍ عموديّاً على خطوطِ الحقل المغناطيسيّ، فإنَّ **الإلكتروناتِ** الحرّةَ في السّاق **ستتحرّكُ** بهذه السّرعة وسطيّاً، ومعَ **خضوعِها** لتأثير **الحقل المغناطيسيّ** المُنتظَم فإنّها **تخضعُ** لتأثيرِ **القوّة المغناطيسيّة** $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$ وبتأثيرِ هذه القوّة **تتحرّكُ الإلكتروناتُ الحرّة** في السّاق وتتولّدُ **قوّةٌ مُحرِّكةٌ كهربائيّةٌ تحريضيّةٌ** تسبّبُ مرورَ تيّارٍ كهربائيّ **مُتحرّض** عبرَ الدّارة **المُغلَقة**، جهتُه الاصطلاحيّة بعكسِ جهةِ حركة الإلكتروناتِ الحرّة؛ أيّ بعكسِ جهةِ القوّة المغناطيسيّة.




B) **الدارة مفتوحة :** عندَ **تحريكِ** السّاق على سكّتَين معزولتَين في منطقةٍ يسودُها حقلٌ مغناطيسيٌّ **تنشأُ القوّة المغناطيسيّة** وبتأثيرِ هذهِ القوّة **تنتقلُ الإلكتروناتُ** الحرّةُ من أحدِ طرفَي السّاق الذي يكتسبُ شحنةً **مُوجبةً**، **وتتراكمُ** في الطّرفِ الآخرِ الذي يكتسبُ شحنةً **سالبةً** فينشأُ بينَ طرفَي السّاق **فرقاً** في الكمونِ يمثّلُ القوّةَ المُحرِّكةَ الكهربائيّةَ المُتحرِّضة $\varepsilon = U$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س3. ساق نحاسية طولها L تستند إلى سكتين نحاسيتين أفقيتين متوازيتين ، نربط بين طرفي السكتين مقياس ميكرو آمبير ، نضع الجملة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ ناظمي على مستوي السكتين ، نحرك الساق موازية لنفسها بسرعة ثابتة $\vec{v}$ بحيث تبقى على تماس مع السكتين ،**

**A) استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار الكهربائي المتحرض بافتراض R المقاومة الكلية للدارة ثابتة ،**

**B) برهن تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية**

**C) ارسم شكلاً تخطيطياً يبين كلاً من**

**( $\vec{B}$ ، $\vec{F}$ لورنز ، $i$ متحرض )**

A) إن تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ خلال زمن $\Delta t$

ينقلها مسافة $\Delta x = v\Delta t$

فتتغير مساحة السطح $\Delta s = L\Delta x = Lv\Delta t$

ويتغير التدفق $\Delta\Phi = B\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة $\bar{\varepsilon} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = BLv$

فيمر التيار الكهربائي المتحرض يعطى بالعلاقة $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLv}{R}$

B) إن الاستطاعة الكهربائية الناتجة

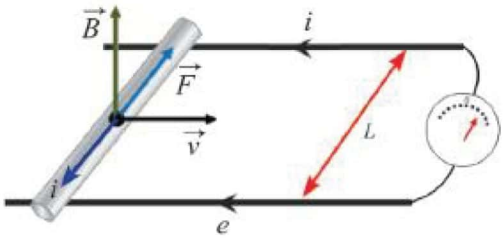
$$P = \varepsilon i = BLv\cdot\frac{BLv}{R} = \frac{B^2L^2v^2}{R}$$

ولكن عندَ تحريكِ السّاق تنشأُ قوّةٌ كهرطيسيّةٌ، جهتُها بعكسِ جهةِ حركة السّاق المُسبّبة لنشوء التيّار المُتحرّض، ولاستمرارِ تولّدِ التيّار يجبُ التغلّبُ على هذه القوّة الكهرطيسيّة بصرف استطاعةٍ ميكانيكيّة

$$P' = F\cdot v = i\cdot LB\sin\frac{\pi}{2}\cdot v = \frac{BLv}{R}\cdot LBv = \frac{B^2L^2v^2}{R}$$

$\Rightarrow P = P'$ .. أي أن الطّاقة الميكانيكيّة تحولت إلى طاقةٍ كهربائيّةٍ

C)




**س4. استنتج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة في المولد الكهربائي المتناوب بفرض أن السرعة الزاوية للإطار ثابتة**

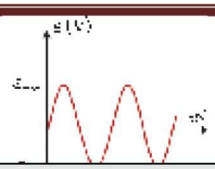
إن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الإطار $\Phi = N\cdot B\cdot s\cdot\cos\alpha$

وأن السرعة الزاوية لدوران الإطار ثابتة فإن الزاوية التي يدورها الإطار

$$\alpha = \omega t \Rightarrow \Phi = NBs\cos\omega t$$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\bar{\Phi}}{dt} = NBs\omega\sin\omega t$

وتكون $\varepsilon = \varepsilon_{max}$ عظمى عندما $\sin\omega t = 1$



ومنه $\varepsilon_{max} = \omega NBs$

$\Rightarrow \varepsilon = \varepsilon_{max}\sin\omega t$

**س5. برهن تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية في المحرك الكهربائي**

عندَ مرورِ التيّارِ الكهربائيِّ في السّاق الخاضِعة لتأثيرِ الحقلِ المغناطيسيِّ المنتظَم فإنّها تتأثّرُ بقوّةٍ كهرطيسيّةٍ شدتُها $F = ILB$ تعملُ هذه القوة على تحريكِ السّاق بسرعةٍ ثابتةٍ فتكونُ الاستطاعةُ الميكانيكيّةُ الناتِجةُ

$$P' = F\cdot v = ILB\cdot v$$

لكن عندَ انتقال السّاق بسرعة $\vec{v}$ ينقلها مسافة $\Delta x = v\Delta t$

فتتغير مساحة السطح $\Delta s = L\Delta x = Lv\Delta t$

ويتغير التدفق $\Delta\Phi = B\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة عكسية تعاكِسُ مرورَ تيّار $\bar{\varepsilon} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = BLv$

ولاستمرارِ مرورِ تيّارِ المولّد يجبُ تقديمُ استطاعةٍ كهربائيّةٍ

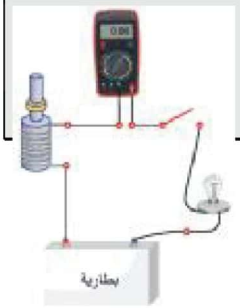
$$P = \varepsilon I = BLv\cdot I$$

$\Rightarrow P = P'$ .. أي أن الطّاقة الكهربائية تحولت إلى طاقةٍ ميكانيكية

**س6. في الشكل المرسوم جانباً صف مع التعليل ما يحدث عند إغلاق الدارة في كل من الحالتين :**

**A) منع المحرك من الدوران**

**B) السماح للمحرك بالدوران**

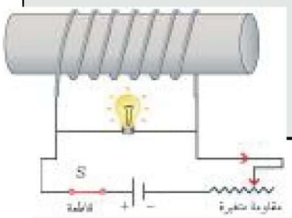



- عندَ إغلاقِ القاطعةِ ومنعِ المُحرّك من الدّوران يتوهَّجُ المصباحُ ويدلُّ المقياسُ على مرورِ تيّارٍ كهربائيٍّ له شدّةٌ معيّنة
- عندَ السّماحِ للمُحرّك بالدّوران تبدأُ سرعتُه بالازديادِ فيقلُّ توهُّجُ المصباح وتنقصُ دلالةُ المقياس ممّا يدلُّ على مرورِ تيّارٍ كهربائيٍّ شدّتُه أصغرُ
- **التعليل** : يوجدُ في المُحرّك وشيعةٌ، يمرُّ فيها تيّارٌ كهربائيٌّ، تدورُ بتأثيرِ حقلٍ مغناطيسيٍّ، وبسببِ هذا الدّورانِ يتغيَّرُ التّدفُّقُ المغناطيسيُّ من خلالِ الوشيعةِ ممّا يسبّبُ تولُّدَ قوّةٍ مُحرّكة تحريضيّةٍ عكسيّةٍ مُضادّةٍ للقوّة المُحرّكة الكهربائيّة المُطبّقة بينَ قطبَي المولّد تتوقّفُ على سرعةِ دورانِ المُحرّك

**س7. في الشكل المرسوم جانباً حيث إضاءة المصباح خافتة ، صف مع التعليل ما يحدث على إضاءة المصباح عند :**

**A) فتح القاطعة**

**B) إغلاق القاطعة**




الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

⇦ عند **فتح** القاطعة : **يتوهج** المصباح بشدة .. قبل أن **ينطفئ**

- إن **فتح** القاطعة يؤدي إلى **تناقص** شدة التيار الذي يمر في الوشيعة
- فيتناقص تدفق الحقل المغناطيسي خلال الوشيعة والمتولد من قبل الوشيعة ذاتها
- فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة في الوشيعة
- وتكون قيمة $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكن عند فتح القاطعة
- لذلك يتوهج للمصباح بشدة ثم ينطفئ لأن زمن تناقص شدة التيار متناهي الصغر

⇦ عند **إغلاق** القاطعة : يتوهج المصباح بشدة .. ثم يعودُ إلى ضوئِه الخافت ..

- عند إغلاق القاطعة تتزايدُ شدّةُ التيّار فيزداد تدفُّقُ الحقل المغناطيسيّ..
- فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة في الوشيعة تمانع مرور تيار المولد فيها
- فيمر هذا التيار في المصباح فيسبب التوهج الشديد
- ثم تخبو إضاءته بسبب تناقص قيمة $\frac{di}{dt}$ وازدياد مرور التيار تدريجياً في الوشيعة

**س8. في دارة تحوي على التسلسل وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ومقاومة R ومولد قوته المحركة الكهربائية E استنتج علاقة الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة**

**خطوات الاستنتاج :**

بحسبِ قانونِ **كيرشوف الثّاني** $\sum E = Ri$ ...

**نعزل** E .. ثم **نضرب** الطرفين idt .. فنلاحظ **ثلاث** حدود ..

الأول **طاقة المولد** .. والثاني **الطاقة الحرارية** ..

والثالث يمثل **الطاقة المختزنة في الوشيعة** ... **نُكامل** هذا الحد ...

**الاستنتاج** : بحسبِ قانونِ كيرشوف الثّاني

$$\sum \bar{E} = R\bar{i} \Rightarrow \bar{E} + \bar{\varepsilon} = R\bar{i}$$

$$\Rightarrow \bar{E} - L\frac{d\bar{i}}{dt} = R\bar{i} \Rightarrow \bar{E} = R\bar{i} + L\frac{d\bar{i}}{dt}$$

$$\Rightarrow Eidt = Ri^2dt + Lidi$$

إن المقدار $Eidt$ يمثّلُ الطّاقة الّتي يقدّمُها المولّد وهي تنقسمُ إلى قسمَين :

القسم الأول $Ri^2dt$ يمثّلُ الطّاقة الضّائعة حراريّاً بفعلِ جولٍ في المُقاوَمة

القسم الثاني $Lidi$ يمثّلُ الطّاقةَ الكهرطيسيّةَ المُختزَنة في الوشيعةِ

حيث تختزن الوشيعةُ طاقةً كهرطيسيّة $E_L$ عندَما تزدادُ شدّةُ التيّار المارّة في الدّارة من الصّفر إلى قيمتِها النّهائيّة I ومنه فإن

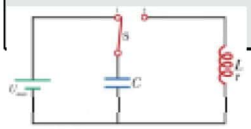
$$E_L = \int_0^I Lidi = \frac{1}{2}LI^2$$

وهي العلاقةُ المُحدَّدة للطّاقة الكهرطيسيّة المُختزَنة في الوشيعة

ويمكنُ أن تُكتبَ بالشّكل $E_L = \frac{1}{2}LII = \frac{1}{2}\Phi I$

# الدارة المهتزة

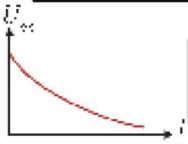
**س1. دارة مؤلفة من مكثفة ووشيعة ذات مقاومة صغيرة ومولد موصولة على التسلسل كما في الشكل ، نغلق القاطعة في الوضع (1) لشحن المكثفة ، ثم نغلق القاطعة في الوضع (2) اشرح كيف يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة خلال دور واحد .**



تبدأ المكثفة **بتفريغ** شحنتها في الوشيعة ، **فيزداد** تيار الوشيعة ببطء حتى يصل إلى قيمة **عظمى** نهايةَ ربعِ الدّور الأول من التّفريغ عندما تفقدُ المُكثّفة كاملَ شحنِتها ، فتختزن الوشيعة طاقة **كهرطيسية** عظمى $E_L = \frac{1}{2}LI^2_{max}$ ثم يقوم تيار الوشيعة **بشحن** المكثفة حتّى يصبحَ تيّارُها معدوماً وتصبح شحنة المكثفة **عظمى** ، فتختزن المكثفة طاقة **كهربائية** عظمى $E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2_{max}}{C}$ وهذا يتحقّقُ في نهايةِ **نصفِ الدّور الأوّل**

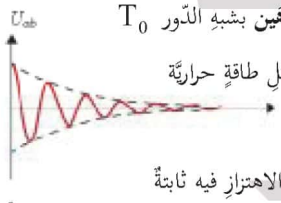
أما في **نصفِ الدّور الثّاني**: **تتكرّرُ** عمليتا **الشّحن والتّفريغ** في الاتّجاه **المُعاكِس** نظراً لتغيُّر شحنة اللّبوسَين

**س2. في دارة (R,L,C) بيّن مع الرسم نوع التفريغ في كل من حالات المقاومة الآتية : كبيرة ، صغيرة ، مهملة**



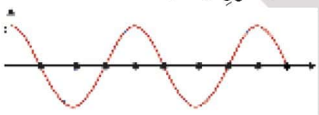
⇦ **R كبيرة** يكونُ التّفريغُ **لا دوريّاً باتّجاهٍ واحدٍ**

حيثُ أن طاقةُ المكثّفةِ **تتبدّدُ بالكامل دفعةً واحدةً** في أثناءِ تفريغِ شحنِتها الأولى عبرَ الوشيعةِ ومُقاوَمة الدّارة



⇦ **R صغيرة** يكونُ التّفريغ **دوريّاً مُتخامِداً باتّجاهَين** بشبهِ الدّور $T_0$

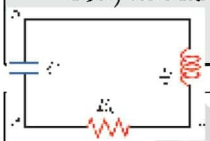
حيث أن الطّاقةَ تتبدّدُ تدريجيّاً على شكلِ طاقةٍ حراريّة بفعلِ جولٍ ممّا يؤدّي إلى تخامُد الاهتزاز



⇦ **R مهملة** يكون التّفريغُ **جيبيّاً باتّجاهَين** سعةُ الاهتزازِ فيه ثابتةٌ **(غير متخامد)** بدورِه الخاصّ $T_0$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س3. نشكل دارة كهربائية تحتوي على التسلسل وشيعة L,r ومكثفة مشحونة سعتها C ومقاومة $R_0$ ، اكتب عبارة التوتر بين طرفي كل جزء في الدارة ، ثم استنتج المعادلة التي تصف اهتزاز الشحنة فيها ، ثم استنتج عبارة الدور الخاص للاهتزازات الكهربائية الحرة غير المتخامدة (علاقة تومسون) في هذه الدارة .**



**خطوات الاستنتاج :**

إن مجموع فروق الكمون في دارة مغلقة معدوم $\sum U = 0$ .. نعوض كل فرق للكمون بالعلاقة المناسبة ... ثم نُخرج I عامل مشترك .. ونعوض $r+R_0=R$

و $I = (q)'_t$ .. ثم نعتبر $R=0$ .. فنحصل على مُعادَلةٍ تفاضُليّةٍ من المرتبة الثّانية .. تقبل **حلاً جيبياً** من الشكل ... **بالاشتقاق** مرتين .. **بالمطابقة** ولاستنتاج الدور $T_0 = 2\pi/\omega_0$ ثم نعوض $W_0$ ...

**الاستنتاج :**

$$\overline{u}_{AB} + \overline{u}_{BE} + \overline{u}_{ED} + \overline{u}_{DA} = 0$$

$$u_{AB} = L\left(\overline{i}\right)'_t + r\overline{i}$$

$$u_{BE} = R_0\overline{i}\ ,u_{ED} = \frac{q}{C}, u_{DA} = 0$$

$$L\left(\overline{i}\right)'_t + r\overline{i} + R_0\overline{i} + \frac{q}{C} + 0 = 0$$

نعوض فنجد

$$\Rightarrow L\left(\overline{i}\right)'_t + \left(r + R_0\right)\overline{i} + \frac{q}{C} = 0$$

وباعتبار $r+R_0=R$ و $\overline{i} = (\overline{q})'_t$ فإن $L(q)''_t + R(\overline{q})'_t + \frac{1}{C}q = 0$

وهي مُعادَلة تفاضُليّة من المرتبة الثّانية تصفُ اهتزازَ متخامد للشُّحنةِ الكهربائيّةِ في دارةٍ كهربائيّةٍ R,L,C

أما من أجل دارة اهتزاز غير متخامد بإهمال المقاومة $R=0$

نجد $L(\overline{q})''_t + \frac{1}{C}\overline{q} = 0 \Rightarrow (\overline{q})''_t = -\frac{1}{LC}\overline{q}$

وهي مُعادَلةٌ تفاضُليّةٌ من المرتبة الثّانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل

$$\overline{q} = q_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$$

نشتقُّ تابعَ الشُّحنةِ مرّتَين بالنّسبة للزّمن نجدُ

$$(\overline{q})'_t = -\omega_0 q_{max}\sin\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$$
$$(\overline{q})''_t = -\omega_0^2 q_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$$
$$(\overline{q})''_t = -\omega_0^2\overline{q}$$

**بالمقارنة** مع المعادلة التفاضلية نجد أن النبض الخاص

$$\omega_0{}^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} > 0$$

ولاستنتاج علاقة **الدور** الخاص

$$T_0 = 2\pi/\omega_0 = 2\pi\Big/\sqrt{\frac{1}{LC}} = 2\pi\sqrt{LC}$$

**س4. تتألَّفُ دارةُ اهتزازٍ كهربائيّ من مُكثَّفةٍ مشحونة، ووشيعةٍ مُهمَلةِ المُقاوَمة، نغلقُ الدَّارة. المطلوبُ:**

**A) اكتب تابعَ الشُّحنة بشكِله العام، وكيفَ يصبحُ تابعُ الشُّحنة، وتابعُ شدَّةِ التيّار المارّ في الدَّارة باعتبارِ مبدأ الزَّمن لحظةَ إغلاقِ الدَّارة.**

**B) ارسم المُنحنيات البيانيّة لكلٍّ من الشُّحنة والشِّدَّة بدلالةِ الزَّمن،ماذا تستنتجُ؟**

A) بما أنَّ $\overline{q} = q_{max}\cos\left(\omega_0 t + \overline{\varphi}\right)$ مبدأ الزَّمن لحظةَ إغلاقِ الدَّارة فإنّ

$$\left(t = 0, q = q_{max}\right) \Rightarrow q_{max} = q_{max}\cos\varphi \Rightarrow \varphi = 0$$
$$\Rightarrow \overline{q} = q_{max}\cos\omega_0 t$$

وهو تابعُ الشُّحنةِ بشكِله المُختزَل .. باشتقاق تابع الشحنة بالنسبة للزمن

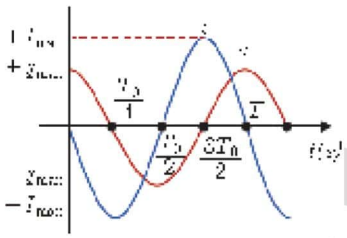
$$\overline{i} = (\overline{q})'_t \Rightarrow \overline{i} = -\omega_0 q_{max}\sin\omega_0 t$$

ولكن $-\sin\omega_0 t = \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$

$$\overline{i} = \omega_0 q_{max}\cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\overline{i} = I_{max}\cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$$

B)



نستنتج أنه عندَما تكونُ شحنةُ المُكثِّفة عُظمى تنعدمُ شدّةُ التيّار في الوشيعة وعندَما تكونُ الشِّدَّةُ عُظمى في الوشيعة تنعدمُ شحنةُ المُكثِّفة

وبالتالي يكون تابعُ الشِّدَّةِ على ترابُعٍ متقدّم بالطّور معَ تابعِ الشُّحنة.

**س5. دارة مهتزة تحوي على التسلسل مكثفة مشحونة سعتها C ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ، يعطى التابع الزمني للشحنة بشكله المختزل بالعلاقة : $\overline{q} = q_{max}\cos\omega_0 t$**

**استنتج علاقة الطاقة الكلية في هذه الدارة**

**ثم ارسم الخط البياني الممثل لتغيرات الطاقة بدلالة الزمن**

إن $E = E_C + E_L$ ولكن $E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ و $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

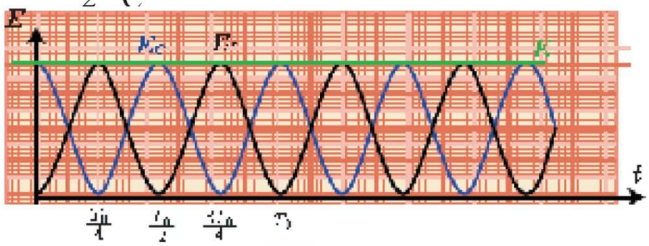
$$\Rightarrow E = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2$$

نعوض q و i فنجد

$$E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}\cos^2(\omega_0 t) + \frac{1}{2}L\omega_0^2 q_{max}^2\sin^2(\omega_0 t)$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وبتعويض $L\omega_0^2 = \frac{1}{C}$ وإخراج $\frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$ عامل مشترك والاستفادة من $\sin^2 w_0 t + \cos^2 w_0 t = 1$ نجد أن $E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C} = const$



# التيار المتناوب الجيبي

**س1. فسر الكترونياً نشوء التيار المتواصل والمتناوب**

- ينشأ التيار **المتواصل** من **حركة** الالكترونات الحرة **باتجاه واحد** من الكمون **المُنخفِض** إلى الكمون **المُرتفِع** بسبب وجود **حقل كهربائيّ** ناتجٍ عن **التّوتُّر** المُطبّق
- ينشأ التيار **المتناوب** من **الحركة الاهتزازية** للإلكترونات الحرة حول مواضِعَ وسطيّةٍ بسعةٍ صغيرةٍ بتواتر مساوٍ لتواتُر التيّار وتنتج الحركة الاهتزازية للإلكترونات عن **الحقل الكهربائي المُتغيّر** بالقيمةِ والاتّجاه والذي ينتشرُ بسرعةِ الضّوء بجوار النّاقل وينتج هذا التغير في الحقل الكهربائي من **تغيُّرِ** قيمةِ وإشارةِ **التّوتُّر** بينَ قطبَي المنبعِ الكهربائيّ

**س2. اكتب شرطي تطبيق قوانين أوم في التيار المتواصل على دارة التيار المتناوب في كل لحظة**

الدارة قصيرة بالنسبة لطول الموجة ، تواتر التيار المتناوب الجيبي صغير

**س3. عرف كل من الاستطاعة المتوسطة المستهلكة والاستطاعة الظاهرية في دارة تيار متناوب جيبي ثم استنتج العلاقة بينهما .**

**الاستطاعة المتوسطة المستهلكة** : هي مُعدَّلُ الطّاقةِ الكهربائيّة المُقدَّمة نتيجةَ مرورِ التيّار المُتناوِب ، وتُعطى بالعلاقة $P_{avg} = I_{eff}U_{eff}\cos\varphi$

**الاستطاعة الظاهرية** : وهي تمثّلُ أكبر قيمةٍ للاستطاعةِ المُتوسّطة

$$\varphi = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 1 \Rightarrow P_A = I_{eff}U_{eff}$$

وتسمى النسبة بينهما **عامل الاستطاعة**

$$\frac{P_{avg}}{P_A} = \frac{I_{eff}U_{eff}\cos\varphi}{I_{eff}U_{eff}} = \cos\varphi$$

**س4. دارة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية صرفة R**
**نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالتابع** $i = I_{max}\cos\omega t$
**a) استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي المقاومة ، ثم استنتج العلاقة التي تربط بين الشدة المنتجة والتوتر المنتج في هذه الدارة ، وما هو فرق الطور بين الشدة والتوتر في هذه الحالة**
**b) اكتب علاقة الاستطاعة المتوسطة المستهلكة $P_{avg}$ ثم بين كيف تؤول تلك العلاقة في حالة المقاومة الصرفة**

إن تابع **التّوتُّر** اللّحظيّ بينَ طرفَي المُقاوَمة $u = Ri = RI_{max}\cos\omega t$
نسمي **ممانعة المُقاوَمة** $X_R = R$ $u = X_R I_{max}\cos\omega t$
بالمقارنة مع الشكل العام لتابع التوتر $u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi)$
نجد أن $U_{max} = X_R I_{max}$ نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$ فنجد

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_R\frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{eff} = X_R I_{eff}$$

**بالمُقارَنة** بينَ تابعَي الشِّدَّة والتّوتُّر نجدُ أنّ فرق الطور بينهما $\varphi_R = 0rad$
أي أنَّ المُقاوَمة تجعلُ التّوتُّرَ المُطبَّق بينَ طرفَيها على **توافُقٍ** بالطّور معَ الشِّدَّة
الاستطاعةُ المُتوسِّطةُ المُستهلَكة $P_{avg} = I_{eff}U_{eff}\cos\varphi$
في حالة المقاومة الصرفة $\varphi_R = 0 \Rightarrow \cos\varphi_R = 1$

$$\Rightarrow P_{avg_R} = I_{eff}U_{eff} = I_{eff}RI_{eff} = RI_{eff}^2$$

حيث تُصرَف الطاقة في المقاومة حرارياً بفعل جول

**س5. دارة تيار متناوب تحوي وشيعة ذاتيتها L مقاومتها الأومية مهملة**
**نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالتابع** $i = I_{max}\cos\omega t$
**a) استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي الوشيعة ، ثم استنتج العلاقة التي تربط بين الشدة المنتجة والتوتر المنتج في هذه الدارة ، وما هو فرق الطور بين الشدة والتوتر في هذه الحالة**
**b) فسر علمياً باستخدام العلاقات المناسبة أن الاستطاعة المتوسطة في الوشيعة معدومة**

إن تابعُ **التّوتُّرِ** اللّحظيّ بينَ طرفَي الوشيعة $u = L\frac{di}{dt} = L(-\omega I_{max}\sin\omega t)$

$$-\sin\omega t = \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow u = L\omega I_{max}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

نسمي $X_L = L\omega$ ممانعة الوشيعة مُهمَلةِ المُقاوَمة (**ردّية الوشيعة**)

$$u = X_L I_{max}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

بالمقارنة مع الشكل العام لتابع التوتر $u = U_{max}\cos(\omega t + \varphi)$
نجد أن $U_{max} = X_L I_{max}$ نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$ فنجد

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_L \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{eff} = X_L I_{eff}$$

بالمُقارَنة بينَ تابعَي الشِّدَّة والتّوتُّر نجدُ أنّ الوشيعةَ مُهمَلةَ المُقاوَمة تجعلُ التّوتُّرَ اللّحظيَّ يتقدَّمُ بالطّور على الشِّدَّة اللّحظيّة بمقدارِ $\frac{\pi}{2}$ rad

الاستطاعةُ المُتوسِّطةُ المُستهلَكة $P_{avg} = I_{eff} U_{eff} \cos\overline{\varphi}$

في حالة الوشيعةِ مُهمَلةِ المُقاوَمة $\varphi_L = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\varphi_L = 0$

أي أنَّ الوشيعةَ لا تستهلكُ طاقة $\Rightarrow P_{avg_L} = 0$

**س6. دارة تيار متناوب تحوي مكثفة C**

**نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالتابع** $\overline{i} = I_{max}\cos\omega t$

**a) استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي المكثفة ، ثم استنتج العلاقة التي تربط بين الشدة المنتجة والتوتر المنتج في هذه الدارة ، وما هو فرق الطور بين الشدة والتوتر في هذه الحالة**

**b) فسر علمياً باستخدام العلاقات المناسبة أن الاستطاعة المتوسطة في المكثفة معدومة**

إن **التّوتُّرُ** اللّحظيّ بينَ لبوسَي المُكثِّفةِ $\overline{u} = \frac{\overline{q}}{C} = \frac{\int i dt}{C} = \frac{\int I_{max}\cos(\omega t)dt}{C}$

$$\int \cos(\omega t)dt = \frac{1}{\omega}\sin\omega t \Rightarrow \overline{u} = \frac{1}{\omega C} I_{max}\sin\omega t$$

$$\sin\omega t = \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \overline{u} = \frac{1}{\omega C} I_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

نسمي $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ممانعة المكثفة (اتّساعيّة المُكثِّفة) ومنه فإن

$$\overline{u} = X_C I_{max}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

**بالمقارنة مع الشكل العام لتابع التوتر** $\overline{u} = U_{max}\cos(\omega t + \overline{\varphi})$

نجد أن $U_{max} = X_C I_{max}$ نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$ فنجد

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = X_C \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{eff} = X_C I_{eff}$$

بالمُقارَنة بينَ تابعَي الشِّدَّة والتّوتُّر نجدُ أنّ المكثفة تجعلُ التّوتُّرَ يتأخَّرُ عن التيّارِ بمقدارِ $\frac{\pi}{2}$ rad

الاستطاعةُ المُتوسِّطةُ المُستهلَكة $P_{avg} = I_{eff} U_{eff} \cos\overline{\varphi}$

ولكن من أجل المكثفة $\varphi_C = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\varphi_C = 0$

أي أنَّ المكثفة لا تستهلكُ طاقة $\Rightarrow P_{avg_C} = 0$

**س7. دارة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية R ووشيعة L مقاومتها مهملة ومكثفة سعتها C موصولة على التسلسل**

**نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً u فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالتابع** $\overline{i} = I_{max}\cos\omega t$

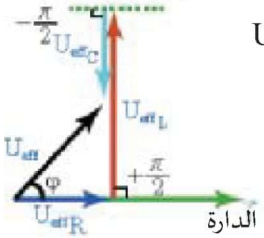
**a) استنتج العلاقة المعبرة عن الممانعة الأومية (الكلية) للدارة**

**b) استنتج العلاقة المحددة لعامل استطاعة الدارة في هذه الحالة**

**c) ارسم إنشاء فرينل في كل من الحالات الثلاث الآتية وماذا يقال عن الدارة في كل حال** $X_L > X_C \quad X_L < X_C \quad X_L = X_C$

✧ إن $\vec{U}_{eff} = \vec{U}_{eff_R} + \vec{U}_{eff_L} + \vec{U}_{eff_C}$

من الرسم حسب فيثاغورث $U_{eff_L} > U_{eff_C}$



$$U^2_{eff} = U^2_{eff_R} + \left(U_{eff_L} - U_{eff_C}\right)^2$$

$$U^2_{eff} = R^2 I^2_{eff} + (X_L - X_C)^2 I^2_{eff}$$

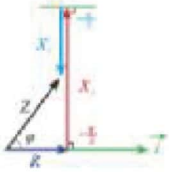
$$U_{eff} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}\, I_{eff}$$

$$U_{eff} = Z\, I_{eff}$$

ممانعة الدارة $Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}$

✧ من الشكل $\cos\overline{\varphi} = \frac{U_{eff_R}}{U_{eff}} = \frac{RI_{eff}}{ZI_{eff}} = \frac{R}{Z}$

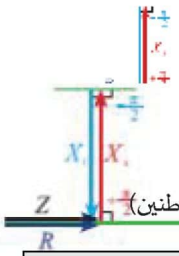
✧ $X_L > X_C$



التّوتُّرُ مُتقدِّم بالطّورِ على الشِّدَّةِ

ويقال عن الدارة أنها ذات ممانعة ذاتية

$X_L < X_C$



التّوتُّرُ مُتأخِّراً بالطّور عن الشِّدَّة

ويقال عن الدارة أنها ذات ممانعة سعوية

$X_L = X_C$

التوتر على توافق بالطور مع التيار

ويقال عن الدارة أنها في حالة تجاوب كهربائي (طنين)

**س8. متى تتحقق حالة التجاوب الكهربائي (الطنين) ، وما قيمة فرق الطور بين التوتر والشدة ، ثم استنتج العلاقة المحددة لدور الطنين**

تحدث حالة التجاوب في دارات الوصل على التسلسل

وتتحقق عندما تكون **الإتساعية = الردية** $X_L = X_C$

وتكون **ممانعة** الدارة **أصغر** ما يمكن $Z = R$

وتكون شدة **التيار** المنتجة **أكبر** ما يمكن $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$

التوتر على **توافق** في الطور مع الشدة (التيار) حيث $\varphi = 0$

**عامل استطاعة** الدارة $\cos\varphi = 1$

**الاستطاعة** المتوسطة المستهلكة في الدارة **أكبر** ما يمكن

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ولاستنتاج علاقة دور الطنين ننطلق من العلاقة

$$X_L = X_C \Rightarrow \omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow \omega_r^{\,2} = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\Rightarrow T_r = 2\pi/\omega_r = 2\pi \Big/ \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi\sqrt{LC}$$

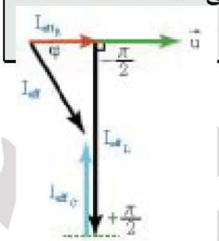
**س9. دارة تيار متناوب تحوي مقاومة أومية R ووشيعة L مقاومتها مهملة ومكثفة سعتها C موصولة على التفرع**

**والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو** $\bar{u} = U_{max}\cos\omega t$

**a) استنتج العلاقة المحددة للتيار الكلي المار في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل**

**b) استنتج العلاقة المحددة لعامل استطاعة الدارة في هذه الحالة**

$X_L < X_C$ **وكيف نحسب فرق الطور** $\varphi$



$$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_R} + \vec{I}_{eff_L} + \vec{I}_{eff_C}$$

$$X_L < X_C \Rightarrow I_{eff_L} > I_{eff_C}$$

ومن الرسم حسب فيثاغورث

$$I^2_{eff} = I^2_{eff_R} + \left(I_{eff_L} - I_{eff_C}\right)^2 \Rightarrow I_{eff} = \sqrt{I^2_{eff_R} + \left(I_{eff_L} - I_{eff_C}\right)^2}$$

ومن إنشاء فرينل نجد $\cos\bar{\varphi} = \dfrac{I_{eff_R}}{I_{eff}}$

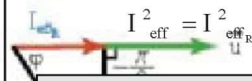
**س10. دارة تيار متناوب تحوي مقاومة R ووشيعة مهملة المقاومة L موصولتين على التفرع**

**والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو** $\bar{u} = U_{max}\cos\omega t$

**والمطلوب : استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار المنتجة الكلية في الدارة**

$$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_R} + \vec{I}_{eff_L}$$

ومن الرسم حسب فيثاغورث

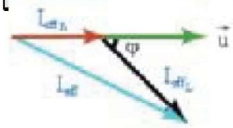


$$I^2_{eff} = I^2_{eff_R} + I^2_{eff_L} \Rightarrow I_{eff} = \sqrt{I^2_{eff_R} + I^2_{eff_L}}$$

**س11. دارة تيار متناوب تحوي مقاومة R ووشيعة L ذات مقاومة r موصولتين على التفرع**

**والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو** $\bar{u} = U_{max}\cos\omega t$

**والمطلوب : استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار المنتجة الكلية في الدارة**



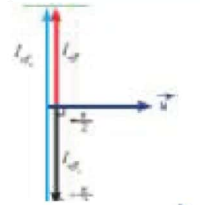
$$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_R} + \vec{I}_{eff_L}$$

بالتربيع نجد

$$I^2_{eff} = I^2_{eff_R} + I^2_{eff_L} + 2I_{eff_R} I_{eff_L}\cos\left(\varphi_L - \varphi_R\right)$$

**س12. دارة تيار متناوب تحوي وشيعة مهملة المقاومة ومكثفة موصولتين على التفرع والتابع الزمني للتوتر بين طرفي الدارة هو** $\bar{u} = U_{max}\cos\omega t$ **والمطلوب : استنتج العلاقة المحددة لشدة التيار المنتجة الكلية في الدارة باستخدام إنشاء فرينل في كل من الحالات**

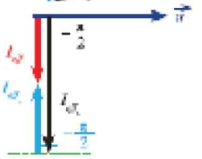
$X_L = X_C \quad X_L < X_C \quad X_L > X_C$



$$X_L > X_C \Rightarrow I_{eff_L} < I_{eff_C}$$

$$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_L} + \vec{I}_{eff_C}$$

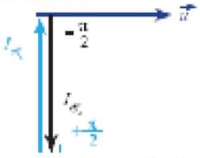
$$I_{eff} = I_{eff_C} - I_{eff_L}$$



$$X_L < X_C \Rightarrow I_{eff_L} > I_{eff_C}$$

$$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_L} + \vec{I}_{eff_C}$$

$$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$$



$$X_L = X_C \Rightarrow I_{eff_L} = I_{eff_C}$$

$$\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_L} + \vec{I}_{eff_C}$$

$$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C} = 0$$

تنعدم الشدة التيار، وتسمى الدارة في هذه الحالة بالدارة **الخانقة** للتيار أو حالة **اختناق** التيار..

**س13. استنتج العلاقة المحددة للتواتر في الدارة الخانقة للتيار**

$$X_L = X_C \Rightarrow \omega_r L = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow \omega_r^{\,2} = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\Rightarrow f_r = \omega_r/2\pi = \frac{1}{\sqrt{LC}}\Big/2\pi = 1/2\pi\sqrt{LC}$$

**س14. علل : تُبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيارات عالية التواتر**

***أو تُبدي الوشيعة ممانعة صغيرة للتيارات منخفضة التواتر***

إن $X_L = \omega L = 2\pi fL$ ردية الوشيعة تتناسب طرداً مع تواتر التيار

وبالتالي فإن الممانعة تكون كبيرة في التيارات عالية التواتر

*أو صغيرة في التيارات منخفضة التواتر*

**س15. علل : تُبدي المكثفة ممانعة صغيرة للتيارات عالية التواتر**

***أو تُبدي المكثفة ممانعة كبيرة للتيارات منخفضة التواتر***

إن $X_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{2\pi fC}$ اتساعية المكثفة تتناسب عكساً مع تواتر التيار

وبالتالي فإن الممانعة تكون صغيرة في التيارات عالية التواتر

*أو كبيرة في التيارات منخفضة التواتر*

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س16. علل : لا تمرر المكثفة تياراً متواصلاً عند وصل لبوسيها بمأخذ تيار متواصل ، في حين أنها تُمرر التيار المتناوب .**

لا تسمحُ المُكثِّفةُ بمرورِ التيّارِ **المُتواصِلِ** بسببِ وجودِ **العازلِ** بينَ لبوسَيها حيث أنه في التيار المتواصل يكون **التواتر** معدوماً $f = 0$

وبالتالي فإن **الممانعة** تكون لا نهائية $\Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} = \infty$

تسمحُ المُكثِّفةُ بمرورِ التيّارِ **المُتناوِبِ** لأنّ الالكتروناتِ الحرّة التي يسبّبُ مأخذَ التيّارِ المُتناوِبِ **اهتزازُها** تشحنُ لبوسَي المُكثِّفةِ خلال ربعِ دورٍ دون أن تخترقَ عازلَها ثمّ تتفرغانِ في ربعِ الدّورِ الثّاني ثم تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ في الربعين الثالث والرابع

حيث أنه في التيار المتناوب تُبدي المكثفة **ممانعة** $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ بسببِ **الحقل** الكهربائيّ الناتجِ عن شحنتِها

# المحولة الكهربائية

**س1. عرف المحولة الكهربائية ، وكيف تفسر عملها عند تطبيق توتر متناوب جيبي ؟ ثم اكتب العلاقة المعبرة عن نسبة التحويل .**

هي **جهازٌ كهربائيٌّ** يعتمدُ على حادثةِ **التّحريضِ الكهرطيسيّ** ، يعملُ على **تغييرِ التّوتُّرِ المُنتجِ والشِّدَّةُ المُنتِجةُ** للتيّارِ المُتناوِبِ ، دونَ أن يغيّرَ **تقريباً** من **الاستطاعةِ المنقولة** ، أو من **تواتُرِ** التيّارِ ، أو **شكلِ اهتزازِ** التيّار.

عند **تطبيق توتر متناوب جيبي** بين طرفي الدارة **الأولية** يمر **تيار متناوب** ، فيتولد **حقل مغناطيسي متناوب** ، تعملُ **النّواةُ** الحديديّة على تمريرِ كاملِ **تدفُّقه** إلى الدارة الثانوية **تقريباً** ، فتتولد فيها **قوة محركة كهربائية** تساوي التّوتُّر المُتناوِب الجيبيّ بينَ طرفَيها **بإهمالِ** مُقاوَمة أسلاكِ الوشائع في المُحوّلة ، فيمر **تيار متناوب** له **تواتُرُ** التيّار المارّ في **الأوليّة**.

$$\mu = \frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}} = \frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}} = \frac{N_S}{N_P}$$

**س2. عدد أشكال الاستطاعة الضائعة في المحولة الكهربائية ، وكيف يمكن تحسين كفاءة عمل المحولة ؟**

استطاعة كلّيّة ضَائعة **حرارياً** $P_E = P'_P + P'_S$

حيث : الاستطاعة الضائعة حرارياً في الدّارة **الأوّلية** $P'_P = R_P \cdot I^2_{eff_P}$

الاستطاعة الضائعة حرارياً في الدّارة **الثانوية** $P'_S = R_S \cdot I^2_{eff_S}$

استطاعة كهربائيّة ضَائعة **مغناطيسيّاً** $P_M$

نتيجةَ **هروبِ** جزءٍ من خطوط الحقل **المغناطيسيّ** خارجَ النّواةِ الحديديّة

ولتحسينِ **كفاءةِ** عملِ **المُحوّلة** تُصنَعُ :

- **أسلاكُ** الوشيعةِ من **النُّحاس** ذي المُقاوَمةِ النّوعيّة **الصّغيرة** لتقليلِ الطّاقةِ الكهربائيّة الضّائعة بفعلِ جول .
- النّواةُ الحديديةِ من **شرائحَ** رقيقةٍ من الحديدِ اللّين **معزولةً** عن بعضِها البعضِ لتقليلِ أثرِ التيّاراتِ التّحريضيّة .

**س3. عرّف مردود المحولة الكهربائية ، ثم استنتج علاقة هذا المردود مع ذكر دلالات الرموز ، وكيف نجعل المردود يقترب من الواحد ؟**

هو **نسبةُ** الاستطاعةِ الكهربائيّةِ **المُفيدةِ** التي نحصلُ عليها من الدّارةِ **الثّانويّة** إلى الاستطاعةِ الكهربائيّة **الدّاخِلة** إلى الدّارة **الأوليّة**

$$\eta = \frac{P - P'}{P} = 1 - \frac{P'}{P} = 1 - \frac{RI^2_{eff}}{I_{eff}U_{eff}} = 1 - \frac{RI_{eff}}{U_{eff}}$$

وذلك باعتبارِ عاملِ الاستطاعة قريباً جداً من الواحِد

حيث أن $P$ الاستطاعةُ المُتولّدة من منبعِ التيّارِ المُتناوِبِ

$P'$ الاستطاعةُ الضّائعةُ حراريّاً في أسلاكِ النّقل بفعلِ جول

$U_{eff}$ التّوتُّر المُنتج بينَ طرفَي المنبع

$I_{eff}$ شدة التيار المنتجة $R$ مُقاوَمة أسلاكِ النّقل

ولكي يقتربَ المردودُ من الواحد ينبغي **تصغيرُ** مُقاوَمةِ أسلاك النّقل $R$ أو **تكبيرُ** $U_{eff}$ باستعمال مُحوّلاتٍ **رافعةٍ** للتّوتُّر عندَ مركزِ توليد التيّار

# الأمواج المستقرة العرضية

**س1. استنتج معادلة المطال المحصّل لاهتزاز نقطة n من موجة جيبية متقدمة فاصلتها x تخضع لتأثير موجتين واردة ومُنعكسة معاً عن نهاية مقيدة ثم اكتب علاقة سعةُ الموجةِ المُستقِرَّة في النّقطة n**

معادلة مطال الموجة الواردة $\bar{y}_{1(t)} = Y_{max}\cos\left(\omega t - \frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}\right)$

معادلة مطال الموجة المنعكسة $\bar{y}_{2(t)} = Y_{max}\cos\left(\omega t + \frac{2\pi\bar{x}}{\lambda} + \varphi'\right)$

معادلة المطال المحصل $\bar{y}_n(t) = \bar{y}_1(t) + \bar{y}_2(t)$

$$\bar{y}_n(t) = Y_{max}\left[\cos\left(\omega t - \frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}\right) + \cos\left(\omega t + \frac{2\pi\bar{x}}{\lambda} + \varphi'\right)\right]$$

وبما أن $\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)$ و $\cos(-\theta) = \cos\theta$

$$\alpha = \omega t - \frac{2\pi\bar{x}}{\lambda} \quad \text{و} \quad \beta = \omega t + \frac{2\pi\bar{x}}{\lambda} + \varphi'$$

$$\frac{\alpha-\beta}{2} = -\frac{2\pi\bar{x}}{\lambda} - \frac{\varphi'}{2} \quad \text{و} \quad \frac{\alpha+\beta}{2} = \omega t + \frac{\varphi'}{2}$$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$\Rightarrow \bar{y}_n(t) = 2Y_{max}\cos\left(\frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}+\frac{\varphi'}{2}\right)\cos\left(\omega t+\frac{\varphi'}{2}\right)$$

وبما أن الانعكاس على نهاية مقيدة فإن فرق الطور $\varphi' = \pi\,rad$

$$\Rightarrow \bar{y}_n(t) = 2Y_{max}\cos\left(\frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}+\frac{\pi}{2}\right)\cos\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$$

وبما أن $\cos\left(\theta+\frac{\pi}{2}\right) = -\sin\theta$ فإن $\bar{y}_n(t) = 2Y_{max}\sin\left(\frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}\right)\sin(\omega t)$

$$\Rightarrow \bar{y}_n(t) = Y_{max/n}\sin(\omega t)$$

وذلك باعتبار $Y_{max/n} = 2Y_{max}\left|\sin\frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}\right|$ سعةُ الموجةِ المُستقِرّة في النّقطة n

**س2. في جملة أمواج مستقرة عرضية تعطى سعة اهتزاز نقطة n من حبل مرن تبعد x عن نهايته المقيدة بالعلاقة :** $Y_{max/n} = 2Y_{max}\left|\sin\frac{2\pi\bar{x}}{\lambda}\right|$

**استنتج العلاقة المحددة لكل من أبعاد عقد وبطون الاهتزاز عن النهاية المقيدة .. ثم فسّر السكون الدائم للعقد ، والسعة الاهتزاز العظمى دوماً للبطون**

عقد الاهتزاز N

$$Y_{max/n} = 0 \Rightarrow \sin\frac{2\pi x}{\lambda} = 0 = \sin\pi n$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = \pi n \Rightarrow x = n\frac{\lambda}{2} \quad ; \quad n = 0,1,2,...$$

بطون الاهتزاز A

$$Y_{max/n} = 2Y_{max} \Rightarrow \sin\frac{2\pi x}{\lambda} = 1 = \sin\left(\frac{\pi}{2}+\pi n\right)$$

$$\frac{2\pi x}{\lambda} = \frac{\pi}{2}+\pi n \Rightarrow x = (2n+1)\frac{\lambda}{4} \quad ; \quad n = 0,1,2,...$$

وتكون **العقد ساكنة** دوماً : لأنه يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على **تعاكس** دائم

وتكون سعة الاهتزاز في **البطون عظمى** دوماً : لأنه يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على **توافق** دائم

**س3. استنتج تواتر اهتزاز وتر مُهتز على نهاية مقيدة**

$$L = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2f} \Rightarrow f = n\frac{v}{2L} \quad ; \quad n = 1,2,3,...$$

**س4. استنتج تواتر اهتزاز وتر مُهتز على نهاية طليقة**

$$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} = (2n-1)\frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2n-1)\frac{v}{4L} \quad ; \quad n = 1,2,3,..$$

**س5. عدد العوامل المؤثرة في سرعةَ انتشارِ الاهتزازِ العرضيّ في وتر مُهتزَ ثم استنتج علاقة تواتر الوتر مشدود بدلالة قوة الشد $F_T$ مع ذكر دلالات الرموز**

تتناسب سرعةَ انتشارِ الاهتزازِ العرضيّ في وتر مُهتزَ

- **طرداً** معَ الجذرِ التّربيعيّ **لقوَّة الشّدّ** $F_T$

- **عكساً** مع الجذر التّربيعيّ **للكتلة الخطيّة** $\mu$

$$f = n\frac{v}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T L}{m}}$$

حيث أن $f$ تواترُ الصَّوت البسيط الصّادر عن الوتر ، ويُقدَّرُ بالهرتز Hz

$F_T$ قوَّةُ شدِّ الوتر ، وتُقدَّرُ بالنّيوتن N

$L$ طولُ الوتر ، وتُقدَّرُ بالمتر m

$\mu$ الكتلةُ الخطيّة للوتر ، وتُقدَّرُ بـ $kg\cdot m^{-1}$

$n$ عددٌ صحيحٌ يُمثّلُ عددَ المغازل المُتكوّنة في الوتر أو رتبة الصّوت الصّادر عنه (المدروج)

**س6. مما تتألف الأمواج الكهرطيسية ؟ وكيف تتولد ؟ ثم بين كيف نحصل على الأمواج الكهرطيسية المستقرة ؟ ثم اشرح كيف يتم الكشف عن كل من الحقل الكهربائي E والحقل المغناطيسي B فيها**

تتألّفُ الموجةُ **الكهرطيسيّة** المُستوية من **حقلَين مُتعامِدَين**:

حقلٍ **كهربائيّ** $\vec{E}$ وحقلٍ **مغناطيسي** $\vec{B}$

تتولّد بوساطة **هوائي مرسل** يُوضَعُ في **مِحرَقٍ** عاكسٍ بشكلِ قطعٍ **مُكافِئ** دوراني

عندَما تُلاقي الأمواج الكهرطيسيّة **الواردة حاجز معدني** ناقل مستوي عمودي على منحى الانتشار فإنها **تنعكسُ** عنه **وتتداخلُ** الأمواجُ الكهرطيسيّةُ **الواردة** معَ الأمواج الكهرطيسيّة **المُنعكسة** لتُؤلّفَ أمواجاً كهرطيسيّة **مُستقِرّة** .

نكشف عن $\vec{E}$ بوساطة **هوائي مستقبل** نضعه **موازياً** للهوائي **المرسل**

يُمكِنُ تغيير **طوله** حيث يكون **أصغرُ** طولٍ للهوائيّ **المُستقبِل** يساوي $\lambda/2$

نكشف عن $\vec{B}$ بوساطة **حلقة نحاسية عمودية** على $\vec{B}$ فيولد فيها **توتراً** نتيجة **تغير التدفق المغناطيسي** الذي **يجتازها**.

حيث يكون الحاجزُ النّاقل المُستوي **عقدةٌ** للحقل **الكهربائيّ وبطنٌ** للحقل **المغناطيسيّ**

**س1. علل مايلي :**

**A) تكون عقد الاهتزاز عبارة عن حلقات ساكنة سعة الاهتزاز فيها معدومة في الأمواج المُستقِرّة الطوليّة في نابض.**

**B) تكون بطون الاهتزاز عبارة عن حلقات مهتزة سعة الاهتزاز فيها عظمى في الأمواج المُستقِرّة الطوليّة في نابض.**

**A)** لأنه تصلها الموجة الطولية الواردة والموجة الطولية المنعكسة على **تعاكس** دائم

**B)** لأنه تصلها الموجة الطولية الواردة والموجة الطولية المنعكسة على **توافق** دائم



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س2. علل مايلي :**

**A) بطونَ الاهتزازِ هي عقدٌ للضَّغط في الأمواج المُستقِرَّة الطوليّة في نابض.**

**B) عقدَ الاهتزازِ هي بطونٌ للضَّغط في الأمواج المُستقِرَّة الطوليّة في نابض.**

**A)** لأنّ الحلقات المُجاورة **لبطون** الاهتزاز **تترافقُ** دوماً في الاهتزاز إلى **إحدى** الجهتَين حيث فتكادُ تبدو المسافات بينَها **ثابتةً فلا نلاحظُ تضاغُطاً** بينَ حلقاتِ النّابض أو **تخلخُلاً** فيها أي يبقى الضَّغطُ **ثابتاً**

**B)** لأنّ الحلقات المُجاورة **لعقدَ** الاهتزاز **تتحرّكُ** على الجانبَين بجهتَين **مُتعاكِستَين** دوماً **فتتقارَبُ** خلالَ نصفِ دورٍ ثمَّ **تتباعدُ** خلالَ نصفِ الدَّور الآخر وبذلك **نلاحظُ تضاغُطاً** يليه **تخلخلٌ** أي يحدث عندها **تغيراً** في الضغط

**س3. علل : تشكل الأمواج المستقرة الطولية في هواء المزمار**

وذلك لأنه عندَما **تهتزُّ** طبقة الهواء **المُجاورة** للمنبع **ينتشرُ** هذا الاهتزاز طولياً في **هواء** المِزمار كلّه **لينعكسَ** على **النهاية** ، **فتتداخلُ** الأمواجُ **الواردةُ** معَ الأمواج **المُنعكِسة** داخل الأنبوب لتؤلّفَ جملةَ أمواجٍ **مُستقِرّة طولية**

**س4. علل : يتكون عندَ النّهاية المُغلَقة عقدةٌ للاهتزاز، أمَّا عندَ النّهاية المفتوحة يتكوَّنُ بطنٌ للاهتزاز**

لأن **الانضغاط الوارد** إلى طبقة الهواء الأخيرة **يزيحُها** إلى الهواء الخارجيّ، فتُسبِّبُ **انضغاطاً** فيه، وتخلخُلاً وراءَها يستدعي تهافُتُ هواء المِزمار ليملأَ **الفراغ**، وينتُجُ عن ذلك **تخلخلٌ** ينتشرُ من **نهاية** المِزمار إلى **بدايته**، وهو **مُنعكِسُ** الانضغاط الوارد.

**س5. استنتج تواتر الصوت البسيط الذي يصدره مزمار متشابه الطرفين**

إن **طول المزمار** يساوي عدداً **صحيحاً** من **نصف** طول الموجة

$$L = n\frac{\lambda}{2} = n\frac{v}{2f} \Rightarrow f = n\frac{v}{2L} \quad ; \quad n = 1,2,3,...$$

**س6. استنتج تواتر الصوت البسيط الذي يصدره مزمار مختلف الطرفين**

إن **طول المزمار** يساوي عدداً **فردياً** من **ربع** طول الموجة

$$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} = (2n-1)\frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2n-1)\frac{v}{4L} \quad ; \quad n = 1,2,...$$

**س7. عدد العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الصوت في الغازات**

✧ تتناسب **سرعة** انتشار الصوت في **غاز** معين **طرداً** مع الجذر التربيعي **لدرجة حرارته** المطلقة (كلفن)

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

✧ تتناسب **سرعتا** انتشار الصوت في **غازين** مختلفين **عكساً** مع الجذر التربيعي **لكثافتيهما** بالنسبة للهواء وذلك في نفس درجة الحرارة

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

# الإلكترونيات
# الضوء الذري والطيوف

**س1. عدد المبادئ الرئيسية التي اعتمد عليها بور في شرح الطيوف الذرية**

1. إنَّ تغيُّرَ طاقةِ الذَّرّة **مُكمَّم**.
2. لا **يُمكِنُ** للذّرّة أنْ تتواجدَ إلّا في **حالات طاقية مُحدَّدة**، كلّ حالةٍ منها تتميّزُ بسويّة طاقية محددة.
3. عندَما ينتقلُ الإلكترون في ذرّةٍ مُثارَة من سويّة طاقية $E_2$ الى سويّة طاقية $E_1$ فإنَّ الذّرّة تُصدِرُ **فوتوناً** طاقتُه تساوي **فرق الطّاقة بينَ السَّويتَين**، أي $\Delta E = E_2 - E_1 = h\,f$

**س2. ما طبيعة حركة الإكترون على مساره ؟ وما هي القوى التي يخضعُ لها الإلكترون ؟**

إن حركة الإلكترون على مساره هي حركة **دائرية منتظمة** يخضع فيها الإلكترون **لقوتين** ← قوة **جذب كهربائي** محمولة على نصف قطر المسار

$$F_E = k\frac{e^2}{r^2}$$

$$F_C = m_e a_C = m_e\frac{v^2}{r}$$ قوة **عطالة نابذة**

**س3. عدد فرضيات بور .**

① حركة الالكترون على مساره **دائرية منتظمة** $F_E = F_C$

② للالكترون **عزم حركي** يعطى بالعلاقة $m_e v r = n\frac{h}{2\pi}$

③ **لا يصدر** الإلكترون طاقة طالما بقي متحركاً في أحد مداراته حول النواة ، ولكنه **يمتص** طاقة بكميات محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار **أبعد** عن النواة ، **ويصدر** طاقة عندما ينتقل من مداره إلى مدار **أقرب** إلى النواة .



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**س4. استناداً إلى فرضيات بور استنتج العلاقة المحددة لنصف قطر مسار الإلكترون في ذرة الهيدروجين والطاقة الكلية له ، وماذا تستنتج ؟**

إن حركة الالكترون على مساره **دائرية منتظمة أي** $F_E = F_C$

$$k\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{ke^2}{m_e r}$$

الطاقة **الحركية** $E_k = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\frac{ke^2}{m_e r} = \frac{1}{2}\frac{ke^2}{r}$

الطاقة **الكامنة** الكهربائية $E_P = -\frac{ke^2}{r}$

الطاقة **الميكانيكية (الكلية)** للإلكترون

$$E = E_k + E_P = \frac{1}{2}\frac{ke^2}{r} - \frac{ke^2}{r} = -\frac{1}{2}\frac{ke^2}{r}$$

للالكترون **عزم حركي** يعطى بالعلاقة $m_e v r = n\frac{h}{2\pi}$

$$v = \frac{nh}{2\pi m_e r} \Rightarrow E_k = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2 m_e r^2}$$

$$\frac{1}{2}\frac{ke^2}{r} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2 m_e r^2} \Rightarrow r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e ke^2} \Rightarrow r_n = n^2 r_0$$

حيث أن $r_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e ke^2}$ هو **نصف قطر بور**

$$E = -\frac{1}{2}\frac{ke^2}{\frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e ke^2}} = -\frac{2\pi^2 m_e k^2 e^4}{n^2h^2} \Rightarrow E_n = \frac{E_0}{n^2}$$

حيث أن $E_0 = -\frac{2\pi^2 m_e k^2 e^4}{h^2} = -13.6\ eV$

هي **طاقةُ الحالةِ الأساسيَّة** للهيدروجين .

نستنتج أنه لكي تتأينَ ذرّةُ الهدروجين يجبُ إعطاؤُها طاقةً تكفي لنقلِ الإلكترون من حالة ارتباطه في السّويّة الأساسيّة إلى حالة عدم الارتباط أي إلى طاقةٍ معدومةٍ، أي يلزمُ إعطاء طاقةٍ أكبرُ أو تُساوي 13.6 eV

**س5. مما تتألف الطاقة الكلية للإلكترون في مدارِه في جملةِ (إلكترون – نواة) ؟ وكيف تزداد ؟**

① قسم **سالِب** هو الطّاقةُ **الكامنة** نتيجة تأثُّره بالحقلِ الكهربائيّ النّاتج عن النّواة

② قسم **موجب** هو الطّاقة **الحركيَّة** النّاتِجة عن دورانه حولَ النّواة

$$E = E_k + E_P = -13.6\ eV$$

الإشارة **السالِبةُ** سببها أنّها طاقةُ **ارتباطٍ** تُشكِّلُ طاقةَ **التّجاذُب** الكهربائيّة الجزءَ الأكبرَ منها .

**تزدادُ** طاقةُ الإلكترون **بازديادِ** رتبةِ المدار n أي مع **ابتعاد** الإلكترون عن النّواة .

**س6. ما منشأُ الطّيوف الذرية ؟ وما هي أنواعُها ؟**

إن الطيف الذري مكوّن من عددٍ من الخطوط الطّيفيّة بتواتُراتٍ مُختلِفة كلٌّ من هذه الخطوط يُمثّلُ انتقالَ الإلكترون بينَ سويّتَين طاقيّتَين في الذرّة .

*الطيوف نوعان* :

① الطيوفُ **المُستمِرّة** : هي الطّيوفُ التي تظهُر فيها جميعُ ألوان الطّيف على هيئةِ مناطقَ مُتجاوِرةٍ من **دونِ وجودِ فواصلَ بينَهَا** ، مثل طيوفُ إصدارات الأجسام **الصّلبة** السّاخِنة .

② الطّيوفُ **المُتقطِّعة** : يتكوَّنُ طيفُ الإصدار لهذه المنابع من خطوطٍ طيفيّة **مُنفصِلة** ، مثل طيوفُ المصابيح **الغازيّة**

**س7. عدّد سلاسل الطيف الخطي للهيدروجين .**

① سلسلة **ليمان** : نحصلُ عليها عندَ عودة إلكترون ذرّة الهدروجين من السّويّات العليا أي ($n = 2,3,4,5,6$ ....) إلى السّويّة **الأولى** ، وهي **أكبر** سلاسل الطّيف طاقةً .

② سلسلة **بالمر** : نحصلُ عليها عندَ عودة إلكترون ذرّة الهدروجين من السّويّات العليا أي ($n = 3,4,5,6$ ....) إلى السّويّة **الثانية** .

③ سلسلة **باشن** : نحصلُ عليها عندَ عودة إلكترون ذرّة الهدروجين من السّويّات العليا أي ($n = 4,5,6$ ....) إلى السّويّة **الثالثة** .

**س8. على ماذا تعتمد عملية التحليل الطيفي ؟**

تعتمدُ تقاناتُ **التَّحليل الطّيفيّ** للموادّ على **امتصاصِ أو إصدارِ** ذرّاتها للطّاقة ، حيث تُشكِّلُ في مجموعِها **طيفاً** خطيّاً **مميّزاً** للمعدنِ المدروس على شكل **إشعاع** يمكن من خلاله **كشفِ** المادة التي يتم تحليلها ومعرفة تركيبِها الكيميائيّ ، وتُعَد **تواتُراتُ** هذه الإشعاعات أو **أطوالُها المَوجيّة مُميّزة** للعنصر فيُمكِنُ استخدامُها **للتّعرُّف عليه** .

**س1. عرف طاقة انتزاع الإلكترون $E_s$ من سطح المعدن ، وبماذا تتعلق ؟ ثم استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة العلاقة المعبرة عنها مع ذكر دلالات الرموز ، ثم بيّن ماذا يحدُث للإلكترون في كل من الحالات الآتية :** $E > E_s$ $E = E_s$ $E < E_s$

هي الطّاقة الدّنيا اللّازمة لانتزاعِ الإلكترونٍ من سطحِ معدنٍ ، تتعلق بمُتحوِّلات المعدن مثل العدد الذّرّيّ ، كثافة المعدن ، طبيعة الرّوابط

لانتزاعِ إلكترون حرٍّ من سطح معدنٍ ونقلِه مسافةً صغيرة dl خارجَ المعدن يجبُ تقديمُ طاقةٍ أكبرَ من عمل القوّة الكهربائيّة التي تجذبُ الإلكترون نحوَ داخلِ المعدن



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$E_s = W_s = F \cdot dl \quad ; \quad F = eE$$
$$\Rightarrow E_s = eE \cdot dl \quad ; \quad E \cdot dl = U_s$$
$$\Rightarrow E_s = eU_s$$

حيث أن : $E_s$ طاقة الانتزاع و $W_s$ عمل الانتزاع

$U_s$ فرق كمون الانتزاع بينَ سطحِ المعدنِ والسّطحِ الخارجيّ

$E$ الحقل الكهربائيّ المُتولّد عن الأيوناتِ الموجبة عندَ سطحِ المعدن

$E < E_s$ لا ينتزعُ الإلكترون ويبقى مُنجذِباً نحوَ داخلِ الكتلة المعدنيّة

$E = E_s$ يتحرَّرُ الإلكترون من سطح المعدن بسرعةٍ ابتدائيّةٍ معدومةٍ

$E > E_s$ يتحرَّرُ الإلكترون من سطح المعدن ومعَه سرعةٌ ابتدائيّة $v$

$$E_K = \frac{1}{2}m_e v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_K}{m_e}}$$

حيث أن

$$E_K = E - E_s \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2(E - E_s)}{m_e}}$$

**س2. عدد طرقُ انتزاعِ إلكترون من سطحِ المعدن .**

① الفعلُ **الكهرضوئيّ** : تُقدَّمُ الطّاقةُ اللّازمة لانتزاع الإلكترونِ من سطحِ المعدنِ على شكلِ طاقةٍ **ضوئيّة** $E = hf$

② الفعلُ **الكهرحراريّ** : تُقدّمُ الطّاقةُ اللّازمة لانتزاعِ الإلكترون على شكلِ طاقةٍ **حراريّةٍ**

③ مفعولُ **الحتّ** : تُقدّمُ الطّاقةُ اللّازمة لانتزاعِ الإلكترون عن طريق **قذفُ** سطحُ المعدنِ **بحزمةٍ من الجُسيماتِ ذات الطّاقة الكافية**

**س3. كيف يتم تسريع الإلكترونات ؟**

عن طريقِ إخضاعِها لحقولٍ كهربائيّةٍ ساكنة أو حقول مغناطيسيّة ساكِنة أو كلَيهما معاً

**س4. أدرس حركة إلكترون ساكن من اللبوس السالب إلى اللبوس الموجب لمكثفة مُستنتجاً العلاقةَ المُحدَّدة لسرعةِ خروجِ الإلكترونِ من نافذةٍ مُقابلة في اللّبوس المُوجب**

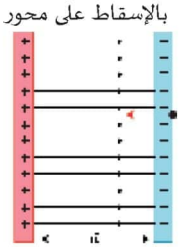
جملةُ المُقارنة : خارجيّة

الجملةُ المدروسة : الإلكترون داخلَ منطقة الحقل الكهربائيّ المنتظم

القوى الخارجيّة المُؤثّرة : بإهمال قوة ثقل الإلكترون لا يؤثر عليه سوى القوة الكهربائية $\vec{F}$

نطبق قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a}$

بالإسقاط على محور له منحى وجهة الحركة



$$F = m_e \cdot a \quad ; F = eE \quad \Rightarrow eE = m_e \cdot a$$
$$\Rightarrow eE = m_e \cdot a \Rightarrow a = \frac{eE}{m_e} \quad ; \quad E = \frac{U}{d}$$
$$\Rightarrow a = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d} = const$$

فالحركةُ مُستقيمةٌ مُتسارِعةٌ بانتظام

$$v^2 - v_0^2 = 2ad \quad ; \quad v_0 = 0$$
$$\Rightarrow v^2 - 0 = 2\frac{eU}{m_e d}d \Rightarrow v = \sqrt{2\frac{eU}{m_e}}$$

نستنتج أنه تزداد سرعةِ خروج الإلكترون من نافذة اللّبوس الموجب بزيادةِ فرقِ الكمون بينَ اللّبوسَين .

**س5. ادرس حركة إلكترون يتحرك بسرعة $\vec{v}$ ليدخل بين اللبوسين الأفقيين لمكثفة عمودياً على شعاع الحقل الكهربائي $\vec{v} \perp \vec{E}$ مُستنتجاً معادلة حامل المسار**

جملةُ المُقارنة : خارجيّة

الجملةُ المدروسة : الإلكترون داخلَ منطقة الحقل الكهربائيّ المنتظم

القوى الخارجيّة المُؤثّرة : بإهمال قوة ثقل الإلكترون لا يؤثر عليه سوى القوة الكهربائية $\vec{F}$

نطبق قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a}$

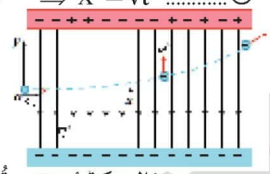
بالإسقاط على المحورين $\vec{ox}$ , $\vec{oy}$

$$\overrightarrow{ox}\begin{cases} v_{ox} = v_0 = v \\ F_x = 0 \Longrightarrow a_x = 0 \Longrightarrow v_x = const \end{cases}$$

فالحركةُ مُستقيمةٌ منتظمة

$$x = vt + x_0 \quad ; x_0 = 0 \quad \Rightarrow x = vt \quad .....①$$

$$\overrightarrow{oy}\begin{cases} v_{oy} = 0 \\ F_y = F \Longrightarrow m_e a_y = e\dfrac{U}{d} \\ \Longrightarrow a_y = \dfrac{eU}{m_e d} = const \end{cases}$$



فالحركة مُستقيمةٌ مُتسارِعةٌ بانتظام

$$y = \frac{1}{2}a_y t^2 + v_{0y}t - y_0 ; (v_{0y} = 0, y_0 = 0) \Rightarrow y = \frac{1}{2}\frac{eU}{m_e d}t^2 ...②$$

من ① نجد أن $t = \dfrac{x}{v}$ نعوض في ② فنجد

ومنه فإن المسار محمول على جزء من قطع مكافئ $y = \dfrac{1}{2}\dfrac{eU}{m_e d v^2}x^2$

# الأشعة المهبطية

**س1. عرف الإنفراغ الكهربائي والأشعة المهبطية ثم اكتب شرطي توليدها .**

**الانفراغ الكهربائيّ** : هو **شرارةٌ** كهربائيّة تحدُثُ عبرَ **العازل** الفاصل بينَ جسمين مشحونين **بفرق كمون كافٍ** .

**الأشعّة المهبطيّة** : هي عبارة عن **إلكتروناتٍ مُنتزَعةٍ** من مادّة **المهبط** ومن إلكتروناتٍ تأيّن الذّرات الغازيّة بجوارِ المهبط **يُسرّعُها الحقلُ** الكهربائيُّ الشّديدُ النّاتج عن **التّوتُّرِ** المُطبّق بينَ **قطبَي** أنبوبِ التفريغ الكهربائي .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شرطا توليد الأشعّة المهبطيّة :
① فراغٌ كبيرٌ في الأنبوبِ يتراوحُ الضّغطُ فيه بينَ (0.01-0.001mmHg)
② توتّرٌ كبيرٌ نسبياً بينَ قطبَي الأنبوبِ حيثُ يولّدُ حقلاً كهربائيّاً شديداً بجوارِ المهبط

**س2. اشرح آلية توليد الأشعّة المهبطية .**

عندَ تطبيقِ توتّرٍ كهربائيّ كبيرٍ بينَ قطبَي الأنبوبِ تتّجهُ الأيُونات المُوجبة نحوَ المهبط بسرعةٍ كبيرةٍ حتّى تصلَ إلى المهبط وتصدمَه ، فيتم انتزاع بعضٍ من الإلكتروناتِ الحرّة من سطحِ معدنِ المهبطِ الّذي يقومُ بدفعِها لتبتعدَ عنه نظراً لشحنتِها السّالبة ويسرّعُها الحقل الكهربائيّ لتصدُمَ من جديدٍ، في أثناءِ توجُّهِها نحوَ المصعد، ذراتٍ غازيةٍ جديدةٍ وتُسبّبُ تأيّنها، وتتشكّلُ أيُوناتٌ موجبةٌ جديدةٌ تتّجهُ نحوَ المهبطِ لتولّدَ إلكتروناتٍ جديدةً

**س3. عدد خواص الأشعّة المهبطية .**

❶ تنتشرُ وفقَ خطوطٍ مُستقيمةٍ ناظميّة على سطحِ المهبط ،
❷ تُسبّبُ تألّق بعضِ الأجسام ، ❸ ضعيفةُ النفوذ ، ❹ تحملُ طاقةً حركيّة
❺ تتأثّرُ بالحقلِ الكهربائيّ ، ❻ تتأثّرُ بالحقلِ المغناطيسيّ ،
❼ تُنتجُ أشعةً سينيّة ، ❽ تؤيّنُ الغازات

## الفعل الكهرحراري

**س1. ما هو الفعل الكهرحراري ؟ اشرح آلية حدوثه**
**(( علل تكوّن سحابة إلكترونية حول المعدن في الفعل الكهرحراري ، وما هي العوامل التي تؤثر على عدد الإلكترونات المُنتزعة من سطح المعدن ))**

هو انتزاعُ إلكتروناتٍ حرّةٍ من سطحِ معدنٍ بتسخينه إلى درجةِ حرارةٍ مُناسِبة حيث أنه باستمرارِ التّسخين يزدادُ خروجُ الإلكتروناتِ من ذرّاتِ سطحِ المعدنِ وتزدادُ شحنةُ المعدنِ ممّا يزيدُ من قوّةِ جذبِ المعدنِ للإلكتروناتِ المُنطلِقة فتتشكّلُ سحابةٌ إلكترونيّة، كثافتُها ثابتةٌ حولَ سطحِ المعدن.
حيث يزدادُ عددُ الإلكتروناتِ المُنتزعة من سطحِ المعدنِ كلّما :
قلّ الضّغطُ المُحيطُ بسطحِه ، ارتفعَت درجةُ حرارةِ المعدن

**س2. عدد أجزاء راسم الاهتزاز الإلكتروني ، ومم يتألف كل جزء منه .**

المدفع الإلكتروني : يتألف من :
① المهبط : صفيحة معدنيّة يُطبّقُ عليها توتّرٌ سالبٍ يُصدِرُ إلكتروناتٍ بالفعل الكهرحراريّ
②شبكة وهنلت : وهي أسطوانة تحيط بالمهبط في قاعدتِها ثقب ضيّق تعمل على ضبطِ الحزمة الإلكترونيّة عن طريق تجميع الإلكترونات على محورِ الأنبوب ،
والتّحكّم بعددِ الإلكترونات النّافذة من ثقبها .
③ مصعدان: لتسريع الحزمة الإلكترونيّة بتطبيق توتر عالي .

الجملة الحارفة : يتألف من :
مُكثّفة لبوساها أفقيّان و مُكثّفة لبوساها شاقوليّان
تُستخدَمان لحرف الحزمة الإلكترونيّة شاقولياً وأفقياً.

الشّاشة المُتألّقة : يتألف من ثلاث طبقات من :
الزجاج ، والغرافيت ، وكبريت الزّنك.

**س3. ما هو الدور المزدوج لشبكة وهنلت لضبطِ الحزمةِ الإلكترونيّة ؟**

❶ تجميع الإلكترونات الصّادرة عن المهبط في نقطةٍ تقعُ على محورِ الأنبوب
❷ التّحكّم بعددِ الإلكتروناتِ النّافذة من ثقبها من خالِ تغيير التّوتّر السّالب المُطبّق على الشّبكة ممّا يغيّرُ من شدّة إضاءة الشّاشة .

## الفعل الكهرضوئي

**س1. عدد خواص الفوتون .**

❶ جسيمٌ يواكبُ موجة كهرطيسيّة ، ❷ شحنتُه الكهربائيّة معدومةٌ ،
❸ يتحرّكُ بسرعةِ انتشار الضّوء ، ❹ طاقتُه $E = hf$ ،
❺ يمتلكُ كمّية حركة $P = m \cdot c = \frac{E}{c^2} \cdot c = \frac{hf}{c} = \frac{hc}{c\lambda} = \frac{h}{\lambda}$

**س2. في تجربة هرتز صف ما يطرأ على انفراج ورقتي الكاشف المنفرجتين عند تعريض صفيحة التوتياء المشحونة بشحنة سالبة لضوء مصباح بخار الزّئبق**

تُنتزَعُ الإلكتروناتِ من صفيحةِ التّوتياء بالفعل الكهرضوئيّ ممّا يؤدّي إلى فقدانِها لشحنتِها السّالبة حتّى تتعادلُ، فتنطبق وريقتا الكاشف
عند وضع لوح زجاجي لا يتغير انفراج وريقتي الكاشف الكهربائي لأن اللّوحُ الزّجاجيَّ يمتص الأشعّة فوق البنفسجيّة المسؤولة عن انتزاع الإلكترونات، بينَما يسمحُ بمرور الأشعّة المرئيّة والأشعّة تحتَ الحمراء التي لا تمتلكُ الطّاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات .

**س3. اشرحُ الفعلِ الكهرضوئيّ بالاستنادِ إلى فرضيّة أينشتاين**

اقترحَ أينشتاين أنّه عندَما يسقطُ فوتون على معدنٍ فإنَّ هذا الفوتون يتم امتصاصُه عن طريق تقديم طاقته للإلكترون ، وهنا نُميّز ثلاث حالات :

إذا كانَت طاقةُ الفوتون مُساويةً لعملِ الانتزاع فإنَّ ذلك يؤدّي إلى انتزاعِ الإلكترون، وخروجِه من المعدن، ولكن بطاقةٍ حركيّةٍ معدومة، وتواتُر الموجة عندئذٍ يمثّلُ تواتُر العتبة اللازّمة لانتزاع الإلكترون
$E = E_s \Rightarrow f = f_s \Rightarrow \lambda = \lambda_s$

إذا كانَت طاقةُ الفوتون أكبرَ من عمل الانتزاع فإنّه يجري انتزاعُ الإلكترون من المعدن باستهلاك جزءٍ من طاقةِ الفوتون يُساوي $E_s$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

والجزء الآخرُ يبقى معَ الإلكترون على شكلِ طاقةٍ حركيّة $E_k = hf - E_s$

$$E > E_s \Rightarrow f > f_s \Rightarrow \lambda < \lambda_s$$

إذا كانَت طاقةُ الفوتون أصغرَ من طاقةِ الانتزاع يكتسبُ الإلكترونُ طاقةً حركيّةً، ويبقى مُرتَبطاً بالمعدن

نستنتج أنه يجري انتزاعُ الإلكترونات من المعدن إذا كانَ طولُ مَوجةِ الحزمة الضّوئيّة الواردة على المعدن أصغرَ أو مساوياً لطول مَوجة العتبة اللازّمة للانتزاع $\lambda \le \lambda_s$

## س4. قارن بين فرضيّة أينشتاين والنظرية الموجية الكلاسيكية

| فرضيّة أينشتاين | النظرية الموجية الكلاسيكية |
|---|---|
| لا يحدثُ الفعلُ الكهرضوئيّ إذا كانَ تواتُرُ الضّوءِ الوارد أقلّ من تواتُر العتبة | يحدثُ الفعلُ الكهرضوئيّ عندَ جميعِ التّواتُراتِ بحسبِ شدّةِ الضّوء الوارِد |
| لا تزدادُ الطّاقةُ الحركيّة للإلكترون المُنتزَع بزيادةِ شدّةِ الضّوء الوارِد | تزدادُ الطّاقةُ الحركيّة للإلكترون المُنتزَع بزيادةِ شدّة الضّوء الوارِد |
| تزدادُ الطّاقةُ الحركيّة العُظمَى للإلكترون المُنتزَع بزيادة تواتُر الضّوء الوارِد | لا علاقةَ بينَ طاقةِ الإلكترونِ وتواتُر الضّوءِ الوارِد |
| يحدثُ انتزاعٌ للإلكتروناتِ من سطحِ المعدنِ آنيّاً | يحتاجُ الإلكترونُ لزمنٍ امتصاصِ الفوتون الوارِد حتّى يُنتزَع |

## س5. مما تتألف الخليَّةُ الكهرضوئيّة ؟ اشرح آلية عملها .

تتألّف الخليّة الكهرضوئيّة من حبابة زجاجيّة من الكوارتز مُخلاّة من الهواء تحتوي مسرى معدني يغطي سطحه طبقة رقيقة من معدن قلوي تتلقّى الضّوء يسمى المهبط كما تحتوي على مسرى آخر يسمى المصعد .

عندَ تعرُّضِ المهبط للحزمة الضّوئيّة تُنتزَعُ بعضُ الإلكتروناتِ من الصّفيحة، وتنطلقُ بسرعةٍ غيرِ معدومة

عندَما يكون كمونُ المصعد أعلى من كمون المهبط تعملُ القوّة الكهربائيّة على تسريع الإلكتروناتِ المُنتَجِهة إلى المصعد ، ويزدادُ بذلك عددُ الإلكتروناتِ الّتي تصلُ إليه، فتزدادُ شدّةُ التيّار نتيجة لذلك حتّى تصلُ قيمتُها العُظمى $I_s$ فنقولُ إنّ التيّارَ وصلَ إلى حالةِ الإشباع .

عندَما يكونُ كمونُ المهبط أعلى من كمونِ المصعد عندئذٍ لا يمرُّ تيارٌ كهربائيٌّ في الخليّة ويسمى هذا الكمون بكمون الإيقاف $U_0$

# الأشعة السينية

## س1. ما هي الأشعة السينية ؟ اشرح آلية توليدها

هي أمواجٌ كهرطيسيّةٌ، أطوالُ موجاتها قصيرةٌ جدّاً

تُنتزَعُ الإلكتروناتُ من سلكِ التّنغستين نتيجةَ تسخينه ، ثم يتم تُسرَّعُ الإلكتروناتُ المُنتزَعة بالحقل الكهربائيّ الشديد المُطبّق بينَ المصعد والمهبط ، تصطدِمُ الإلكتروناتُ المُسرَّعة بذرّاتِ الهدف، مما يؤدي إلى انتزاعِ إلكترون من إلكترونات الطبقة الدّاخليّة في ذرّات الهدف، ويُخلِّفُ وراءه ثقباً ، ينتقلُ أحدُ إلكترونات من الطبقاتِ الأعلى لذرّاتِ مادّة الهدفِ بسرعةٍ ليحلَّ في الثّقب، ويترافقُ ذلك بإصدار فوتوناتٍ ذاتِ طاقةٍ عاليةٍ جداً تُمثِّل الأشعّة السّينيّة .

## س2. ما هو أقصرُ طولِ مَوجة يُمكِنُ أن تنطلِقَ به فوتونات الأشعّة السّينيّة؟ وعلى ماذا يتوقّفُ ذلك؟

الطاقة العظمى لفوتونات = الطاقة الحركية للإلكترونات المُسرّعة التي تُسبّبُ اصدارُها

$$E = E_k \Rightarrow hf_{max} = eU$$

$$\Rightarrow h\frac{C}{\lambda_{min}} = eU \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{hC}{eU}$$

نستنتجُ أنّ أقصرَ طولِ مَوجةٍ لفوتون الأشعّة السّينيّة يتوقّفُ على فرق الكمون الكهربائيّ المُطبّق بينَ طرفَي أنبوبِ توليدِ الأشعّة السّينيّة.

## س3. عدد خواص الأشعّة السّينيّة.

❶ ذاتُ طبيعةٍ مَوجيّة (فهي أمواجٌ كهرطيسيّة أطوالُ موجاتِها قصيرةٌ جدّاً) ،
❷ ذاتُ قدرةٍ عاليةٍ على النّفاذ ، ❸ تَصدُر عن ذرّاتِ العناصرِ الثّقيلة ،
❹ تُشبِهُ الضّوءَ المَرئيّ ، ❺ تُسبّبُ التّألّقَ لبعضِ الأجسام الّتي تسقطُ عليها ،
❻ لا تملكُ شحنةً كهربائيّة (لذلك لا تتأثّرُ بالحقلَين الكهربائيّ والمغناطيسيّ) ،
❼ تؤثّرُ في الأنسجة الحيّة (تُخربها) ، ❽ تؤيّنُ الغازات

## س4. على ماذا تتوقف قابليّةُ امتصاصِ ونفاذُ الأشعّة السّينيّة .

① ثخن المادّة : يزدادُ الامتصاص وينقص النفاذ كلّما ازدادَ ثخنُ المادّة
② كثافة المادّة : يزدادُ الامتصاص وينقص النفاذ كلّما ازدادَت كثافة المادّة
③ طاقة الأشعّة : ينقص الامتصاص ويزداد النفاذ كلّما ازدادَت طاقة الأشعّة المُرتبطة بقيمةِ فرقِ الكمونِ المُطبّق على أنبوبِ توليدِها .

## س5. عدد أنواع الأشعة السينية من حيث الطاقة .

① الأشعة اللينة : أطوال موجاتها $1nm < \lambda < 13.6nm$
طاقتها منخفضة نسبياً وامتصاصها كبير ونفوذها قليل
② الأشعة القاسية : أطوال موجاتها $0.001nm \le \lambda \le 1nm$
طاقتها عالية وامتصاصها قليل ونفوذها كبير



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

## س6. قارن بين الأشعة السينية والفعل الكهرضوئي

| الأشعة السينية | الفعل الكهرضوئي |
|---|---|
| ترد الكترونات سريعة وتتحرر أمواجاً كهرطيسية | ترد فوتونات تواكب أمواجاً كهرطيسية |

## س7. قارن بين الأشعة السينية والأشعة المهبطية من حيث تأثير الحقلين الكهربائي والمغناطيسي والطبيعة .

| | الأشعة السينية | الأشعة المهبطية |
|---|---|---|
| **تأثير الحقلين** | لا تنحرف | تنحرف |
| **الطبيعة** | أمواج كهرطيسية | إلكترونيات |

# أشعة الليزر

## س1. عرف الليزر

هو عبارةٌ عن إشعاعٍ كهرطيسيّ يرسلُ كمّيّات من الضّوءِ مُتساوية من حيثُ التّواتُر والطّور تظهرُ على هيئةِ حزمةٍ ضوئيّة تتّسمُ بالطّاقةِ العاليةِ ذاتِ تماسُكٍ شديدٍ

## س2. ما الفرق بين الإصدار المحثوث والإصدار التلقائي في الليزر ؟

| الإصدارُ التّلقائيّ | الإصدارُ المحثوث |
|---|---|
| يحدثُ بوجودِ حزمةٍ ضوئيّة واردة أو بعدمِ وجودِها فالذرة المثارة تعودُ تلقائيّاً بعدَ مُدّةٍ زمنيّةٍ قصيرةٍ إلى المُستوى الأدنى، وهذا يصاحبُه إصدارُ فوتون | يحدثُ عندَ تعرُّض الذّرّة المُثارة لحزمةٍ ضوئيّة في هذه الحالة يؤدّي مرورُ فوتون بجوارِ الذّرّة المُثارة إلى تحفيزِ إلكترون الذّرّة المثار فيصدرُ فوتونٌ آخرُ |
| يحدثُ في **جميعِ الاتّجاهات** | **جهةُ الفوتون الصّادر هي نفسُ جهة الفوتون الوارد** |
| طورُ الفوتون الصّادرُ يُمكِنُ أن يأخذَ أيَّ قيمة | **طورُ الفوتون الصّادر يطابقُ طورَ الفوتون الوارِد** |

## س3. عدد خواص حزمةِ اللّيزر.

❶ وحيدةُ اللّون (*أي لها ذاتُ التّواتُر*) ،
❷ مُترابطةٌ بالطّور (*لها طورُ الفوتون الّذي حثّها نفسُه*) ،
❸ انفراجُ حزمةِ اللّيزر صغيرٌ (*أي لا يتوسّعُ مَقطعُ الحزمة كثيراً عندَ الابتعاد عن منبعِ اللّيزر*)

## س4. عدد مكونات جهاز اللّيزر .

① **الوسط الفعّال :** يحوي عدداً كبيراً من الذرات تكونُ بعضُ هذه الذّرّات في السّويّة **الأساسيّة** نرمز لها N وبعضُها الآخرُ في السّويّة **المثارة** نرمز لها $N^*$

⇦ إذا كانت $N < N^*$ فإنَّ عددَ **الفوتونات** النّاتِجة عن طريقِ الإصدارِ **المحثوثِ** سيكونُ **أكبرَ** من عددِ **الفوتونات** الّتي تمَّ **امتصاصُها**، وهذا يؤدّي إلى **زيادةِ** شِدَّةِ الحزمة الضّوئيّة بعدَ عبورِها الوسطَ، فيكون الوسطِ عندئذٍ **مُضخَّمٌ يصلحُ لتوليد اللّيزر**

⇦ إذا كانت $N > N^*$ فإنَّ عددَ **الفوتونات** الناتِجة عن طريقِ الإصدار **المحثوث** سيكونُ **أصغرَ** من عددِ **الفوتونات** التي جرى **امتصاصُها**، وهذا يؤدي إلى **نقصان** شِدَّة الحزمة بعدَ عبورِها الوسطَ، **فلا يُمكِنُ** للوَسط عندئذٍ أن يولّد اللّيزر

② **حجرةُ التّضخيم :** تتكوَّنُ من **مِرآتَين** توضَعُ بينهما المادّة الفعّالة ، حيث أن توليدُ أشعّة اللّيزر **يعتمدُ على إعادةِ تمرير الحزمة الضّوئيّة** في الوسط المُضخّم مرّاتٍ عديدة ووفق المَنحى نفسه، وكلّما ازدادَ عددُ الحزم الضّوئيّة المارّة في الوسط ازدادَ عددُ الإصدارات المحثوثة ممّا **يزيدُ من طاقةِ** الحزمة

③ **جملةُ الضَّخّ :** هي المؤثر أو المصدر الخارجي الذي يقومُ بتقديم الطاقةِ للوسَط المُضخّم فيعمل على إثارة الذّرّات للتّعويض عن انتقال الذّرّات إلى الحالة الأساسيّة نتيجة الإصدار المحثوث
وهناك ثلاث طرق للضخ : **الضوئي ، والكهربائي ، والكيميائي** .

## س5. عدد أنواع واستخدامات الليزر

- الليزرات : **الغازية ، الصلبة ، الياقوتية ، السائلة** .
- يستخدم في : **طب العيون ، العمليات الجراحية ، إظهارِ الصّورِ ثلاثيّة الأبعاد ، ماسحات الباركود ، عمليّات لحام وقصّ المعادن وثقبها** .

# الفيزياء الفلكيّة

**مفاهيم :**

- إشعاعُ **الكواكبِ أكثرَ ثباتاً** من إشعاعِ **النُّجوم**
- مواقعُ **الكواكبِ متغيّرة** أمّا **النُّجوم** فتبقى في تشكيلات **ثابتة**
- تتحرّكُ **الكواكبُ** في مجالٍ **مُعيَّن** بالنّسبة لمُراقِبٍ على الأرضِ أمّا **النُّجومُ** فهي **تنتشرُ** على امتدادِ القبةِ السّماويّة
- باستخدامِ التّلسكوب تبدو **الكواكبُ أكثرَ وضوحاً**، أمّا **النُّجومُ** فتبقى نقاطاً **مُضيئةً**، حيث أنه يُمكِنُ التّمييزُ بينَ النُّجومِ والمَجرّات باستخدام التّلسكوبات الدّقيقة
- في **النُّجوم** يندمجُ **الهدروجين** ليعطيَ **الهليوم**، ويتحوّلُ النّقصُ في **الكتلةِ** نتيجةَ ذلكَ إلى **طاقةٍ** وفقَ العلاقةِ $\Delta E = \Delta m c^2$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**الإشعاعُ النَّجميّ** : يُمكِنُ تحديدُ كتلةِ النَّجم، وعمرِه، وتركيبِه الكيميائيّ، وعدّةِ خصائصَ أخرى بمُلاحَظةِ ودراسةِ طيفِه وشِدَّة إضاءَته وحركته

**الانزياحُ نحوَ الأحمرِ** : لاحظ العالم "هابل" انزياحُ الطيف الصادر عن المجرات نحوَ اللون الأحمرِ

**تأثيرُ دوبلر** : عندما يكون منبع الاهتزاز **ساكناً** فإن الموجة تشغل مسافة تساوي طول الموجة $\lambda = \frac{v}{f}$

- عندما **يتحرك** المنبع بسرعة $\acute{v}$ فإن الموجة تشغل المسافة $\acute{\lambda} = \frac{v+\acute{v}}{f} = \frac{v+\acute{v}}{\frac{v}{\lambda}} = \left(1+\frac{\acute{v}}{v}\right)\lambda$
- أي أن $\acute{\lambda} > \lambda$
- نستنتج أنه عندَما **يبتعدُ** منبعٌ مَوجيٌّ عن مُراقبٍ فإنَّ الطولَ المَوجيَّ **يزدادُ**، وبما أنّ الضَّوءَ ذا الطّولِ المَوجيّ **الأكبر** هو **الأحمرُ**، فعندَما يبتعدُ المنبعُ الضَّوئيُّ عن المُراقبِ ينزاحُ الطّيفُ نحوَ الأحمر

**ثابت هابل** : لاحظَ هابلُ انزياحَ طيفِ المَجرّاتِ الأكثرِ بُعداً عنّا نحوَ الأحمر؛ أي ازدياد في الطّول المَوجيّ، وهذا يعني وفقَ دوبلر زيادةً في سرعةِ الابتعادِ عنّا .

- بدراسةِ زيادةِ سرعةِ المَجرّاتِ بدلالةِ بُعدِها عنّا توصَّلَ هابل إلى أنّ المَجرّةَ كلَّما كانَت أبعدَ كانَت سرعةُ ابتعادِها أكبرَ
- يمكن حساب هذه **السرعة** وفق العلاقة $v = H_0 \cdot d$

**أنواع النجوم** : 1- **مفردة** (الشمس) 2- **ثنائية** (الإزار ، السُّها)

**نظريةُ الانفجارِ الأعظم** : تفترض هذه النظرية :

- أن الكون كان عبارة عن **نقطة** منفردة **صغيرة** جداً ذات كثافة عالية جداً من المادّة و الحرارة الّتي تفوقُ الخيالَ . ثمَّ حدثَ الانفجارُ العظيمُ وبدأتَ المادّةُ تأخذُ أشكالَها، فتشكَّلَتْ في البدايةِ الجُسيماتُ الأوليّةُ، ثمّ الذّرّاتُ والجُزيئاتُ والغبارُ الكونيّ، فالنُّجومُ والمَجرّاتُ، واستمرَّ توسُّعُ الكونِ إلى يومِنا هذا
- أسُسها الفيزيائية : **الانزياحُ** نحوَ الأحمرِ لِطَيفِ المجرّات
  وجودُ **تشويشٍ** ضعيفٍ لموجاتٍ راديويَّة قادمة بشكلٍ مُنتظَمٍ تماماً من جميعِ اتّجاهاتِ الكون
  وجودُ **كمّيّاتٍ** هائلةٍ من الهيدروجين والهليوم في النُّجوم

**المجرّة** : هي نظامٌ كونيٌّ مُكوَّنٌ مِن تجمُّعٍ هائلٍ مِن النُّجومِ و الغبار والغازاتِ التي ترتبطُ معاً بقوى تجاذُبٍ مُتبادَلة، وتدورُ حولَ مركزٍ مُشترَكٍ

**الثقوبُ السَّوداء** : إن قوّةُ التّجاذُبِ الكُتليّ بينَ جسمينِ تتناسبُ طرداً مع كتلتَيهما، وعكساً مع مربَّعِ البُعدِ بينَهما، فتُصبحُ القوة لانهائيَّة عندَما يتناهى البُعدُ بينَ الكتلتَين إلى الصّفر

لحساب **سرعة الإفلات** من جاذبية الأرض (السرعة الكونية **الثانية**) يجب إعطاؤه طاقةً حركيّةً أكبرَ من طاقةِ الجذبِ الكامِنة له

$$E_k = E_P \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = F_E \cdot r$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2F_E \cdot r}{m}} = \sqrt{\frac{2G\frac{mM}{r^2}\cdot r}{m}}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$ هي السرعة الكونية **الثانية**

G ثابتُ التّجاذُبِ العالميّ M كتلة الأرض r نصف قطر الأرض

السّرعةُ الكونيّة **الأولى** هي السّرعةُ المداريّةُ التي تجعلُ الجسمَ يدورُ ضمنَ مدارٍ حولَ الجسمِ الجاذب

كلَّما **نقُصَ** نصفُ قطرِ الجسمِ الجاذِب **وزادَت** كثافتُه، **ازدادَت** سرعةُ الإفلاتِ اللّازمة للتَّحرُّرِ

وبما أنّه لا يُمكِنُ لأيّ جسمٍ أن تتجاوزَ سرعتُه سرعةَ الضَّوءِ ، فحتى يكون الجسم الجاذب لا يمكن الإفلات منه حتى الضوء ، يجب أن يكون

**نصف قطره** : $\Rightarrow c = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \Rightarrow r = \frac{2GM}{c^2}$

فيسمى هذا الجسم عندئذٍ بالثقب الأسود

وتُسمَّى الحدودُ التي لا يُمكِنُ بعدَها الإفلاتُ من الجاذبيّة **أفق الحدث**

**الثّقبُ الأسودُ**: حيّزٌ **كثافتُه** هائلةٌ بحيثُ لا يمكن لشيءٍ الإفلاتُ مِن جاذبيّته حتّى الضَّوء حيث له قوّةٌ **جاذبيّةٌ** جبّارةٌ لذا تبدو هذه المنطِقة **غيرَ مرئيَّةٍ** في الفضاء .

**تطبيق** : احسبِ السّرعةَ الكونيّةَ الثّانيةَ للأرضِ، علماً أنَّ نصفَ قطرِ الأرضِ يُعتبَرُ 6400 kg و تسارُعَ الجاذبيّةِ الأرضيّةِ على سطح الأرضِ يُعتبَرُ $g = 10ms^{-2}$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# النواس المرن

**الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :**

★ **التابع الزمني للمطال :** $\boxed{\bar{x} = X_{max}\cos(w_0 t + \bar{\varphi})}$

★ **النبض الخاص :** $\boxed{\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2\pi f_0}$ واحدته $rad.s^{-1}$

★ **الدور الخاص :** $\boxed{T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{1}{f_0} = \frac{t}{n}}$ واحدته s

إن الدور **لا يتعلق** بسعة الاهتزاز $X_{max}$

**ويتناسب طرداً** مع الجذر التربيعي لكتلة الجسم m

**وعكساً** مع الجذر التربيعي لثابت صلابة النابض k

ويمكن حساب الدور إذا أعطانا الزمن اللازم للانتقال بين الوضعين الطرفيين

عندئذٍ **نضرب** الزمن المعطى بـ **2** لإيجاد $T_0$

★ **ثابت صلابة النابض :** $\boxed{k = m\cdot w_0^{\,2} = 4\pi^{\,2}\frac{m}{T_0^{\,2}}}$ $N.m^{-1}$

★ **كتلة الجسم :** $\boxed{m = \frac{k}{\omega_0^{\,2}} = \frac{kT_0^{\,2}}{4\pi^{\,2}}}$ واحدتها kg

★ لحساب **سعة الحركة** $X_{max}$ :

- قد تُعطى صراحةً في نص المسألة "**بسعة اهتزاز**"
- إذا أعطانا طول القطعة المستقيمة التي يرسمها النواس أثناء حركته

عندئذٍ **نقسم** الطول المعطى على **2** لإيجاد $X_{max}$

- ويمكن حسابها من **شروط البدء** عندما تكون **t=0**

نستدل على أن **المطال أعظمي** $x = X_{max}$ في اللحظة $t=0$ :

- يقولها **صراحةً** "مبدأ الزمن لحظة المرور بالمطال الأعظمي"
- نزيح الجسم .. ونتركه **دون سرعة ابتدائية** في اللحظة $t=0$

★ لحساب **طور الحركة** الابتدائي $\varphi$ :

نستخدم **شروط البدء** المذكورة في نص المسألة عندما تكون **t=0** ..

★ **السرعة :** $\boxed{\bar{v} = -w_0 X_{max}\sin(w_0 t + \bar{\varphi})}$ $m.s^{-1}$

**السرعة العظمى** (طويلةً) $\boxed{v_{max} = w_0 \cdot X_{max}}$

ويمكن حساب السرعة من العلاقة $\boxed{v = \omega_0\sqrt{X_{max}^{\,2} - x^{\,2}}}$

★ **التسارع :** $\boxed{\bar{a} = -w_0^{\,2}\cdot\bar{x}}$ واحدته $m.s^{-2}$

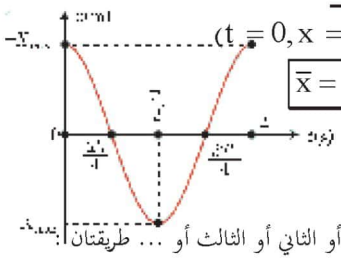
**التسارع الأعظمي** (طويلةً) $\boxed{a_{max} = w_0^{\,2}\cdot X_{max}}$

★ **كمية الحركة :** $\boxed{P = m\cdot v}$ $kg.m.s^{-1}$

★ **الطاقة الميكانيكية (الكلية)** = الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة المرونية

$E_p = \frac{1}{2}kx^2$ $\quad E = \frac{1}{2}kx^2{}_{max}$ $\quad E = E_p + E_k$ $\quad E_k = \frac{1}{2}mv^2$

★ **الشكل المختزل لتابع المطال :**



في شروط البدء ( $t = 0, x = X_{max} \Rightarrow \varphi = 0$ )

$\boxed{\bar{x} = X_{max}\cos(w_0 t + \bar{\varphi})}$

★ لحساب **t لحظة المرور** الأول أو الثاني أو الثالث أو ... طريقتان :

**حسابية :** $x = 0 \Rightarrow \cos w_0 t = 0$

$$\cos w_0 t = \cos\left(\frac{\pi}{2} + \pi k\right) \Rightarrow w_0 t = \frac{\pi}{2} + \pi k$$

ثم نختصر ونعزل t ثم نعوض $k = 0,1,2,3,\ldots$

من أجل المرور : الأول ← $k=0$، الثاني ← $k=1$، الثالث ← $k=2$، الرابع ← $k=3$

**ذهنية :** لحظات المرور تساوي أعداد فردية من ربع الدور ..

أي أن t يكون من أجل المرور : الأول $\frac{T_0}{4}$ الثاني $\frac{3T_0}{4}$ الثالث $\frac{5T_0}{4}$ ...

**تنبيه** لا يمكننا استخدام الطريقة الذهنية إلا إذا كان المطال أعظمياً $x = X_{max}$

في اللحظة $t=0$ أي عندما تكون $\varphi = 0$

★ **قوة الإرجاع :** $\boxed{\bar{F} = -k\cdot\bar{x}}$ واحدتها نيوتن N

إذا طُلبت **شدة** قوة الإرجاع عندئذٍ نحسب قوة الإرجاع ثم نأخذ الإجابة بالقيمة المطلقة

★ **الاستطالة السكونية :** واحدتها متر m

$\boxed{w = F_0 = k\cdot x_0 \Rightarrow m\cdot g = k\cdot x_0}$ ثم نعزل $x_0$ ...

إذا طُلب **استنتاج** الاستطالة السكونية عندئذٍ ننطلق من شرط التوازن الانسحابي ..

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

## ✯ قراءة التمثيل البياني :

- نستدل أولاً على التابع المعطى بالرسم من المحور **الشاقولي** فنكتب القيم **العظمى** المناسبة ..
- نحسب قيمة **الدور** من المحور **الأفقي** حيث يكون معنا إما $\frac{T_0}{4}$ أو $\frac{T_0}{2}$ أو $\frac{3T_0}{4}$ أو $T_0$ ..
- نكتب **شروط البدء** من **القيم** الموافقة للحظة $t=0$ على الخط البياني ومن **اتجاه** الخط البياني .. حيث يهمنا معرفة قيمة X وإشارة V

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** نقطة مادية تهتز بحركة توافقية بسيطة بحيث تنطلق في مبدأ الزمن من نقطة مطالها $+X_{max}$ فيستغرق 2s حتى يصل إلى المطال المناظر $-X_{max}$ قاطعاً مسافة 20cm بطاقة ميكانيكية قدرها $1.25\times10^{-2}$ J والمطلوب :

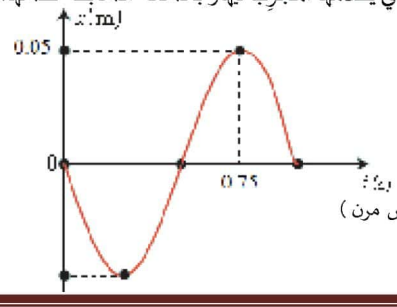
1- استنتج قيمة الاستطالة السكونية لهذا النابض ثم احسب قيمتها .
2- استنتج التابع الزمني لمطال الحركة انطلاقاً من شكله العام .
3- عين لحظة المرور الثالث من مركز الاهتزاز .
4- احسب الطاقة الحركية للنقطة المادية في وضع مطاله $\frac{X_{max}}{3}$
5- احسب التسارع الأعظمي (طويلةً)

**المسألة الثانية** جسم كتلة 500g يهتز بحركة توافقية بسيطة بمرونة نابض مهمل الكتلة حلقاته متباعدة شاقولي بدور 4s وبسعة اهتزاز 8cm فإذا علمت أن الجسم كان في موضع مطاله $\frac{X_{max}}{2}$ في بدء الزمن وهي متحركة بالاتجاه السالب ، المطلوب :

1- استنتج التابع الزمني لمطال الحركة انطلاقاً من شكله العام .
2- احسب سرعة الجسم لحظة مروره الثاني بوضع التوازن .
3- عيّن المواضع التي تكون فيها شدة محصلة القوى عظمى واحسب قيمتها .
4- احسب ثابت صلابة النابض .
5- احسب الطاقة التي يقدّمها المجرّب ليهتزّ بالسعة السابقة نفسها.

**المسألة الثالثة**

يمثل الشكل المجاور تغيرات المطال بدلالة الزمن لحركة لحركة توافقية بسيطة (نواس مرن ) والمطلوب :




1- استنتج التابع الزمني لمطال الحركة انطلاقاً من شكله العام .
2- احسب سرعة الجسم لحظة مروره الأول بوضع التوازن .
3- احسب تسارع الجسم عند المرور بنقطة مطالها 2.5cm
4- إذا علمت أن ثابت صلابة النابض $10\ N.m^{-1}$ احسب كتلة الجسم
5- احسب الطاقة الكامنة المرونية والطاقة الحركية للجسم في نقطة مطالها 2.5cm

# نواس الفتل

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

✯ **نواس الفتل** : هو جسم صلب **متجانس** معلق من **مركزه** بسلك فتل

✯ **التابع الزمني للمطال الزاوي** : $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

✯ **النبض الخاص** : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} = 2\pi f_0$

✯ **الدور الخاص** : $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}} = \frac{1}{f_0} = \frac{t}{n}$

إن الدور **لا يتعلق** بالسعة الزاوية $\theta_{max}$
**ويتناسب طرداً** مع الجذر التربيعي لعزم عطالة الجملة $I_\Delta$
**وعكساً** مع الجذر التربيعي لثابت فتل السلك k

✯ **ثابت فتل السلك** : $k = I_\Delta\cdot\omega_0^{\,2} = 4\pi^2\frac{I_\Delta}{T_0^{\,2}} = k'\frac{(2r)^4}{\ell}$

واحدته $m.N.rad^{-1}$ حيث أن $k'$ هو ثابت يتعلق بنوع السلك
r نصف قطر السلك $\ell$ طول السلك

✯ لحساب **السعة الزاوية** $\theta_{max}$ :

- قد تُعطى صراحةً في نص المسألة "**بسعة اهتزاز**"
- ويمكن حسابها من **شروط البدء** عندما تكون **t=0**

نستدل على أن **المطال أعظمي** $\theta = \theta_{max}$ في اللحظة $t=0$ :

- يقولها **صراحةً** "مبدأ الزمن لحظة المرور بالمطال الأعظمي"
- نذير الجسم .. ونتركه **دون سرعة ابتدائية** في اللحظة $t=0$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

☆ لحساب **طور الحركة** الابتدائي $\varphi$ :

نستخدم **شروط البدء** المذكورة في نص المسألة عندما تكون **t=0** ..

☆ لحساب **طول الساق أو نصف قطر القرص** :

نستخدم الدور الخاص $T_0$ حيث يكون المطلوب موجوداً في عزم العطالة $I_\Delta$

☆ **السرعة الزاوية** : $\bar{w} = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ $rad.s^{-1}$

↳ **السرعة الزاوية العظمى** (طويلةً) $w_{max} = \omega_0\theta_{max}$

☆ **التسارع الزاوي** : $\bar{\alpha} = -\omega_0^{\,2}\cdot\bar{\theta}$ واحدته $rad.s^{-2}$

↳ **التسارع الزاوي الأعظمي** (طويلةً) $\alpha_{max} = w_0^{\,2}\cdot\theta_{max}$

☆ **الطاقة الميكانيكية (الكلية)** = الطاقة الحركية + الطاقة الكامنة المرونية

$E_p = \frac{1}{2}k\theta^2$

$E_k = \frac{1}{2}I_\Delta w^2$

$E = \frac{1}{2}k\theta^2_{max}$

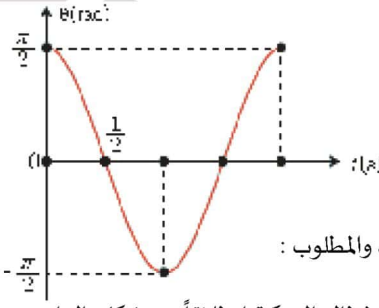
$E = E_p + E_k$

☆ **عزم الإرجاع** : $\bar{\Gamma}_\eta = -k\cdot\bar{\theta}$ واحدته $m.N$

✸ **مسائل هامة** :

**المسألة الأولى**

يمثل الشكل المجاور تغيرات المطال الزاوي بدلالة الزمن لحركة نواس فتل غير متخامد ، والمطلوب :




1- استنتج التابع الزمني لمطال الحركة انطلاقاً من شكله العام .

2- احسب سرعة الجسم لحظة مروره الثالث من وضع التوازن .

3- احسب التسارع الزاوي عند المرور من وضع مطاله الزاوي $-\frac{\pi}{4}$

4- إذا علمت أن النواس عبارة عن ساق متجانسة مهملة الكتلة طولها $\ell$ مثبت في طرفيها كتلتين نقطيتين $m_1=m_2=100g$ ومعلقة بسلك ثابت فتله $8\times10^{-2}\,mNrad^{-1}$ ، احسب طول الساق

5- احسب الطاقة الميكانيكية في وضع مطاله الزاوي $\frac{\pi}{8}$

**المسألة الثانية** يتألف نواس فتل من قرص متجانس نصف قطره $20cm$ معلق بسلك فتل شاقولي ، يهتز بدور خاص $1s$ وسعة زاوية مقدارها ثلث دورة فإذا علمت أن عزم عطالة القرص حول محور عمودي على مستويه ومار من مركز عطالته $0.01\ kg.m^2$ ، والمطلوب :

1- احسب كتلة القرص .

2- احسب قيمة ثابت الفتل لسلك التعليق .

3- استنتج التابع الزمني لمطال حركته انطلاقاً من شكله العام باعتبار أنه في بدء الزمن كان القرص في وضع التوازن وهو متحرك بالاتجاه الموجب .

4- إذا جعلنا طول سلك الفتل ربع ما كان عليه فاحسب الدور الخاص الجديد .

## النواس الثقلي المركب

**الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل** :

☆ **النواس الثقلي المركب** : هو كل جسم صلب يهتز بتأثير قوة ثقله فقط حول محور دوران أفقي عمودي على مستويه **ولا يمر** من مركز عطالته ..

☆ **التابع الزمني للمطال الزاوي** : $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

☆ **النبض الخاص** : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{mgd}{I_\Delta}} = 2\pi f_0$

☆ **الدور الخاص من أجل السعات الصغيرة** :

$$T_0 = \frac{2\pi}{w_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}} = \frac{1}{f_0}$$

حيث أن $I_\Delta$ هو عزم عطالة **الجملة** حول محور الدوران

m هي **مجموع** كتل مكونات **الجملة**

d بُعد محور الدوران عن مركز عطالة **الجملة**

وهي تحسب من العلاقة $d = \frac{\sum m_i\bar{r}_i}{\sum m_i}$

حيث r هي بُعد **محور الدوران** عن **الكتلة** أو عن **مركز عطالة الجسم**

وتُؤخَذ اصطلاحاً ( موجبة ⇩ أو سالبة ⇧ )

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

☆ **الدور الخاص في حالة السعات الزاوية الكبيرة :**

$$T_0' = T_0\left[1+\frac{\theta_{max}^2}{16}\right]$$

حيث أن $T_0$ الدور في حالة السعات الصغيرة و $\theta_{max}$ حصراً بالراديان

☆ نستخدم **نظرية الطاقة الحركية** .. إذا كان المطلوب هو **السرعة** أو **السعة** أو **الطاقة الحركية** ...

$$\sum \bar{W} = \Delta \bar{E}_k$$

آخذين بعين الاعتبار أن $E_K = \frac{1}{2} I_\Delta \omega^2$

السرعة **الزاوية** $w$ **ثابتة** لكل نقاط الجملة ، أما السرعة **الخطية** $v$ **متغيرة** حسب البعد عن محور الدوران $r$ ، والعلاقة التي تربط بينهما هي $v = r \cdot w$

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** يتألف نواس ثقلي مركب من قرص متجانس كتلته $m_1$ نصف قطره $r = \frac{3}{8}m$ يمكن أن يهتز في مستوٍ شاقولي حول محور أفقي ثابت مار من مركزه ، نثبت في نقطة من محيط القرص كتلة نقطية $m_1 = m_2$ والمطلوب :

1- استنتج العلاقة المحددة للدورَ الخاص لهذا النوّاس في حالة السّعات الزاويّة الصغيرة ثم احسب قيمته .
2- احسب طول النوّاس البسيط المواقت لهذا النوّاس المركّب .
3- نزيح الجملة عن وضع توازنها الشاقولي بسعة زاوية $\theta_{max}$ ونتركها دون سرعة ابتدائية فتكون السرعة الخطية لمركز عطالة الجملة لحظة المرور بالشاقول $v = \frac{\pi}{4} m \cdot s^{-1}$ احسب قيمة السعة الزاوية .

**المسألة الثانية** ساقٌ شاقوليّةٌ، مهملةُ الكتلة، طولها $1\ m$ نثبّت في منتصفها كتلة نقطيّة $m_1 = 0.4kg$ ونثبّتُ في طرفها السفليّ كتلةً نقطيّة $m_2 = 0.2kg$ لتؤلّفَ الجملةُ نوّاساً ثقليّاً مركّباً يمكنُه أنْ ينوسَ في مستوٍ شاقوليّ حولَ محورٍ أفقيّ مارٍّ من الطرف العلويّ للساق ، والمطلوب :

1- احسبْ دورَ نوساتِها صغيرةِ السّعة.
2- نزيحُ الجملة عن موضع توازنها بزاوية $\theta_{max} > 0.24rad$ ونتركُها دون سرعة ابتدائيّة، فتكونُ السرعةُ الخطيّةُ لمركز عطالة جملة النوّاس لحظةَ مرورها بالشاقول $v = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}} ms^{-1}$
   a) احسبِ السرعةَ الخطيّة للكتلة النقطيّة $m_2$
   b) استنتجْ قيمةَ الزاوية $\theta_{max}$

**المسألة الثالثة** يتألّف نوّاس ثقليٌّ من ساق شاقوليّة مهملة الكتلة طولها $1\ m$ تحمل في نهايتها العلويّة كتلة نقطيّة $m_1 = 0.2kg$ وتحمل في نهايتها السفليّة كتلة نقطيّة $m_2 = 0.6kg$ تهتزُّ هذه السّاق حول محور أفقيّ مارّ من منتصفها بدور خاصّ $T_0 = 2s$ ، والمطلوب :

1- احسب طول النوّاس البسيط المواقت لهذا النوّاس.
2- احسب دور النوّاس لو ناس بسعة زاوية $\theta_{max} = 0.4rad$
3- نزيح الساق عن وضع توازنها الشاقوليّ بزاوية $\frac{1}{2\pi}rad$ ونتركها دون سرعة ابتدائيّة في اللحظة $t = 0$ ، استنتجِ التابعَ الزمنيّ للمطال الزاويّ لحركة هذا النوّاس انطلاقاً من شكله العامّ .
4- نستبدل بالكتلة $m_2$ كتلة مقدارها $0.2kg$ ونعلّق السّاق من منتصفها بسلك فتل شاقوليّ لنشكّل نوّاساً للفتل نزيح السّاق الأفقيّة عن وضع توازنها بزاوية ونتركها دون سرعة ابتدائيّة فتهتزُّ بدور $T_0 = 2\pi\ s$ احسب قيمة ثابت فتل سلك التعليق.
5- احسب قيمة التّسارع الزاوي لنوّاس الفتل عند المرور بوضع $\theta = 0.5rad$

( علماً أنه للساق $I_{\Delta/C} = \frac{1}{12}m\ell^2$ وللقرص $I_{\Delta/C} = \frac{1}{2}mr^2$ )

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

☆ **الدور الخاص في حالة السعات الزاوية الصغيرة :**

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = \frac{1}{f_0}$$

إن الدور **لا يتعلق** بكتلة الكرة ولا بنوع المادة التي صنعت منها وإن **النوسات الصغيرة السعة** لها الدور نفسه

**ويتناسب** الدور **طرداً** مع الجذر التربيعي لطول الخيط **وعكساً** مع الجذر التربيعي لتسارع الجاذبية الأرضية

☆ **الدور الخاص في حالة السعات الزاوية الكبيرة :**

$$T_0' = T_0\left[1+\frac{\theta_{max}^2}{16}\right]$$

حيث أن $T_0$ الدور في حالة السعات الصغيرة و $\theta_{max}$ حصراً بالراديان



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

✯ نستخدم **نظرية الطاقة الحركية** .. إذا كان المطلوب هو **السرعة** أو **السعة** أو **الطاقة الحركية** ...

$$\sum W = \Delta E_k$$

آخذين بعين الاعتبار أن $E_K = \frac{1}{2}mv^2$

✯ لحساب طول النواس البسيط **المواقت** للنواس المركب ..

نستخدم العلاقة $T_0 = T_0$ (مركب ← بسيط)

✯ لاستنتاج علاقة **توتر الخيط** $T$ أو لاستنتاج **التسارع الناظمي** $a_c$

نطبق **العلاقة الأساسية في التحريك** الإنسحابي ..

ثم نسقط على المحور **الشاقولي** (الناظم) (محور له منحى وجهة $T$)

فيظهر عندئذٍ التسارع **الناظمي** الذي يُعوَّض بالقانون $a_c = \frac{v^2}{\ell}$

✯ لاستنتاج علاقة **التسارع المماسي** $a_t$

نطبق **العلاقة الأساسية في التحريك** الإنسحابي ..

ثم نسقط على المحور **المماس** للمسار (محور له منحى وجهة الحركة)

فيظهر عندئذٍ التسارع **المماسي** ..

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** نواس ثقلي بسيط كتلة كرته 0.1kg وطول خيط التعليق 1m يزاح النواس عن وضع توازنه حتى يصنع الخيط مع الشاقول زاوية قدرها 60 ويترك دون سرعة ابتدائية ، والمطلوب :

1- استنتج بالرموز العلاقة المحددة للسرعة الخطية لكرة النواس لحظة مرورها بوضع توازنها الشاقولي ، ثم احسب قيمتها
2- استنتج بالرموز علاقة توتر الخيط لحظة مرور النواس بوضع توازنه الشاقولي ، ثم احسب قيمته .
3- احسب دور النواس من أجل سعة زاوية $\theta_{max} = 60^\circ$
4- استنتج التسارع المماسي لكرة النواس عندما يصنع الخيط زاوية $\theta = 30^\circ$ مع الشاقول بالرموز ، ثم احسب قيمته .
5- احسب التسارع الزاوي للنواس عندما يصنع الخيط مع الشاقول $\theta = 30^\circ$

**المسألة الثانية** يتألف نواس ثقلي بسيط من خيط مهمل الكتلة لا يمتط طوله $\ell = 40cm$ يحمل في نهايته كرة نعدها نقطة مادية كتلتها $m=100g$ ، المطلوب :

1- يحرف الخيط عن وضع التوازن الشاقولي بسعة كبيرة $\theta_{max}$ وتترك الكرة من دون سرعة ابتدائية فتكون سرعتها لحظة مرورها بالشاقول $v=2m.s^{-1}$ ، استنتج قيمة الزاوية $\theta_{max}$ بدلالة إحدى نسبها المثلثية ثم احسب قيمتها .
2- استنتج بالرموز العلاقة المحددة لتوتر خيط النواس لحظة مروره بوضع توازنه الشاقولي ، ثم احسب قيمته .

**المسألة الثالثة** نعلّقُ كرةً صغيرةً نعدُّها نقطةً ماديّةً، كتلتُها 0.5kg بخيطٍ مهملِ الكتلة، لا يمتطُّ، طولُه 1.6m لتؤلّفَ نوّاساً ثقليّاً بسيطاً، ثمّ نزيحُ الكرة إلى مستوٍ أفقيّ يرتفع 0.8m عن المستوي الأفقيّ المارّ منها وهي في موضع توازنها الشاقوليّ، ليصنعَ خيطُ النوّاس مع الشاقول زاوية $\theta_{max}$ ونتركُها دون سرعة ابتدائيّة . والمطلوب :

1- استنتجْ بالرموز العلاقةَ المحدّدة لسرعة الكرة عند مرورها بالشاقول، ثمّ احسبْ قيمتها، موضّحاً بالرسم.
2- استنتجْ قيمةَ الزاوية $\theta_{max}$ ثمّ احسبْ قيمتها.
3- احسبْ دورَ هذا النوّاس.
4- استنتجْ بالرموز العلاقةَ المحدّدة لشدّة قوّة توتّر الخيط عند المرور بالشاقول، ثمّ احسب قيمتها.

## الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

✯ **المنسوب الكتلي** $Q'$ (معدل التدفق الكتلي) :

$$Q = \frac{m}{\Delta t}$$ هو كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب s خلال وحدة الزمن

✯ **المنسوب الحجمي** $Q$ (التدفق الحجمي)(معدل الضخ) :

$$Q' = \frac{V}{\Delta t} = \frac{s \cdot \Delta x}{\Delta t} = s \cdot v$$

سرعة التدفق $v = \frac{Q'}{s}$ زمن التفريغ $\Delta t = \frac{V}{Q'}$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

✯ **معادلة الاستمرارية** : تُستخدم لحساب **سرعة** دخول وخروج السائل ..

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{s_2}{s_1} \qquad Q'=s_1v_1=s_2v_2$$

سرعة التدفق عند فتحتي الدخول والخروج $v_1=\frac{Q'}{s_1}, v_2=\frac{Q'}{s_2}$

✯ **معادلة برنولي** : تُستخدم لحساب **ضغط** دخول وخروج السائل ..

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^{\,2}+\rho g z_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^{\,2}+\rho g z_2$$

وفي حالة كان الأنبوب **أفقياً** فإن $z_1=z_2$

✯ **سرعة تدفق سائل** من **فتحة** صغيرة **أسفل خزان واسع** جداً :

$$v_2=\sqrt{2gh}$$

✯ لحساب **العمل الميكانيكي** اللازم لضخ السائل :

$$W=W_1+W_2+W_3$$
$$=P_1\Delta V-P_2\Delta V-mg\left(z_2-z_1\right)$$

✯ إذا كانت فتحة الخروج مثقبة (n ثقباً) فتصبح $s_2=ns_2$ في معادلة الاستمرارية

✯ **الكتلة الحجمية** : $\rho=\frac{m}{V}$ وتقدر بـ $kg.m^{-3}$

للتحويل من $g.cm^{-3}$ إلى $kg.m^{-3}$ نضرب بـ 1000

للتحويل من L إلى $m^3$ نقسم على 1000 أي نضرب بـ $10^{-3}$

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** لملء خزّانٍ حجمُه 600L بالماء استُعمِلَ خرطومٌ مساحةُ مقطعِه $5cm^2$ فاستغرقت العملية 300s ، والمطلوب :

1- احسبْ معدّلَ التدفّق الحجميّ.
2- احسبْ سرعة تدفّق الماء من فتحة الخرطوم.
3- كمْ تصبحُ سرعة تدفّق الماء من فتحة الخرطوم إذا نَقَصَ مقطعُها ليصبحَ رُبعَ ما كان عليه؟

**المسألة الثانية** يُفرَّغ خزان ماء حجمه $8m^3$ بمعدل ضخ $0.04m^3.s^{-1}$

والمطلوب حساب : 1- الزمن اللازم لتفريغ الخزان

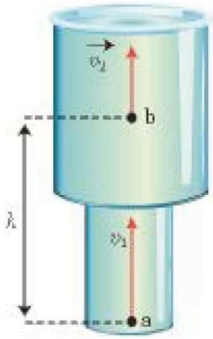
2- سرعة خروج الماء من فتحة الخزان عبر أنبوب مقطعه $100cm^2$

**المسألة الثالثة** يجري الماء داخل الأنابيب الموضّحة في الشكل

من a إلى b حيث نصف قطر الأنبوب عند b هو $r_1=5cm$

ونصف قطر الأنبوب عند النقطة b هو $r_2=10cm$

والمسافة الشاقوليّة بين a و b هي $h=50cm$




1- احسب سرعة جريان الماء عند النقطة b علماً أنَّ سرعة جريان الماء عند النقطة a هي $v_1=4m.s^{-1}$

2- احسب قيمة فرق الضَّغط $P_{a-b}$

3- احسب العمل الميكانيكي اللازم لضخ 100L علماً أن $\rho_{(H_2O)}=1\ g\cdot cm^{-3}$

# النسبية الخاصة

### الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

✯ **عامل التمدد** $\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

✯ **تمدد الزمن** $\frac{t}{t_0}=\gamma\Rightarrow t=\gamma t_0\Rightarrow t=\frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

✯ **تقلص الطول** $\frac{L_0}{L}=\gamma\Rightarrow L=\frac{L_0}{\gamma}\Rightarrow L=L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$

✯ **ازدياد الكتلة** $\frac{m}{m_0}=\gamma\Rightarrow m=\gamma m_0\Rightarrow m=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

✯ **الطاقة الكلية** $E=E_K+E_0$ $\quad E=m\cdot c^2$

حيث أن الطاقة الحركية $E_K=E-E_0$

والطاقة السكونية $E_0=m_0\cdot c^2$

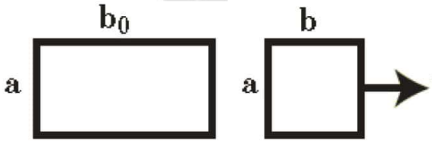
للتحويل من ***سنة ضوئية*** إلى ***متر*** نضرب بـ c أي بـ $3\times10^{+8}$

للتحويل من ***جول*** إلى ***إلكترون فولط*** وبالعكس : $1ev=1.6\times10^{-19}J$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

| الكتل | | المسافات | | الأطوال | | الأزمنة | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مراقب خارجي | مراقب داخلي | مراقب خارجي | مراقب داخلي | مراقب خارجي | مراقب داخلي | مراقب خارجي | مراقب داخلي |
| $m$ | $m_0$ | $L_0'$ | $L'$ | $L$ | $L_0$ | $t$ | $t_0$ |

## ✸ مسائل هامة :




**المسألة الأولى** جسمٌ مستطيلُ الشكلِ طوله وهو ساكن $D_0$ يساوي ضعفي عرضه $a$ ، يتحرّك هذا الجسمُ بحيثُ يكونُ طولُه موازياً لشعاع سرعته $v$ بالنسبة لمراقبٍ في الجملة الساكنة، فيبدو له مربّعاً، احسبْ قيمةَ سرعة الجسم .

**المسألة الثانية** مركبة فضاء شكلها مستطيل مسارها مستقيم شعاع سرعتها موازي لطولها تُسجل أجهزتها القياسات الآتية : طول المركبة $100m$ وعرضها $25m$ ، المسافة المقطوعة 4 سنة ضوئية ، زمن الرحلة $\frac{8}{\sqrt{3}}$ سنة ، احسب كلَّ من سرعة المركبة وطولها وعرضها في أثناء الرحلة، والمسافة التي قطعتها وزمن الرحلة وفق قياسات المحطَّة الأرضيَّة.

**المسألة الثالثة** إذا علمت أنّ الكتلة السكونيّة للبروتون $1.67\times10^{-27}kg$ وفي أحد التجارب كانت طاقته الكلّيّة تساوي ثلاثة أضعاف طاقته السكونيّة ، والمطلوب :

1- احسب الطَّاقة السكونيَّة للبروتون مقاسة بالإلكترون فولط.
2- احسب سرعة البروتون في هذه التجربة.
3- احسب الطَّاقة الحركيَّة لهذا البروتون.
4- احسب كمّيَّة الحركة له.

# المغناطيسية

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

### التيارات الكهربائية تولد حقولاً مغناطيسية في

| سلك مستقيم | ملف دائري | وشيعة |
|---|---|---|
| $B=2\cdot10^{-7}\frac{I}{d}$ | $B=2\pi\cdot10^{-7}\frac{NI}{r}$ | $B=4\pi\cdot10^{-7}\frac{NI}{\ell}$ |

| لحساب عدد اللفات في طبقة واحدة | لحساب عدد اللفات الكلي |
|---|---|
| عدد لفات طبقة واحدة × قطر السلك = طول الوشيعة | عدد اللفات × محيط اللفة = طول السلك |
| $\ell=2r'\cdot N_1$ | $\ell'=2\pi r\cdot N$ |
| $N_1=\frac{\ell}{2r'}$ | $N=\frac{\ell'}{2\pi r}$ |

### لحساب عدد الطبقات

$$\text{عدد الطبقات}=\frac{\text{عدد اللفات الكلي}}{\text{عدد لفات طبقة واحدة}}=\frac{N}{N_1}$$

### عامل النفاذية المغناطيسي

$$\mu=\text{عامل النفاذية المغناطيسي}=\frac{\text{شدة الحقل المغناطيسي الكلي}}{\text{شدة الحقل المغناطيسي الأصلي}}=\frac{B_T}{B}$$

| زاوية انحراف إبرة البوصلة | زاوية ميل إبرة البوصلة |
|---|---|
| $\tan\theta=\frac{B}{B_H}$ | المركبة الأفقية $\cos i=\frac{B_H}{B}$ |
| | المركبة العامودية $\sin i=\frac{B_v}{B}$ |

### التدفق المغناطيسي

$\Phi=B\cdot s\cdot\cos\alpha$ واحدته ويبر weber

إذا كان لدينا $N$ لفة $\Phi=N\cdot B\cdot s\cdot\cos\alpha$

أعظمي $\alpha=0$ ← موجب ← معدوم $\alpha=\frac{\pi}{2}$ ← سالب ← أصغري $\alpha=\pi$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

☆ **الدورانات :**

عندما يكون B يوازي سطح الإطار فإن $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ( وتكون زاوية دوران الإطار $\theta'$ والزاوية $\alpha$ متتامتان أي $\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2}$ )

عندما يكون B يعامد سطح الإطار فإن $\alpha = 0$ ( وتكون زاوية دوران الإطار $\theta'$ والزاوية $\alpha$ متساويتان أي $\alpha = \theta'$ )

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** سلكان طويلان ومتوازيان البعد بينهما 1m يمرّ فيهما تيّاران كهربائيّان بجهة واحدة ، فإذا كانت شدة التيّار المار في السلك الأوّل تساوي ثلث شدة التيّار المارّ في السلك الثاني ، والمطلوب :

1- أوجد بُعد النقطة عن السلك الأوّل التي تقع على الخط العمودي الواصل بين السلكين حين تكون محصّلة الحقل المغناطيسيّ عندها تساوي الصفر.
2- إذا علمت أن شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في السلك الأول هو $2\times10^{-6}T$ وذلك في منتصف المسافة بين السلكين ، فاحسب شدتي التيار في السلكين .
3- احسب الزاويةِ التي تنحرفُ فيها إبرةٌ بوصلة موضوعة في منتصف المسافة بين السلكين عن منحاها الأصليّ بفرضِ أنّ قيمةَ المركبةِ الأفقيّة للحقلِ المغناطيسيّ الأرضيّ $B_H = 2\times10^{-5}T$
4- إذا جعلنا شدة التيار المار في السلك الأول ربع ما كانت عليها فاحسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن هذا التيار في نقطة تقع على السلك الثاني .

**المسألة الثانية** ملفّ دائريّ قطره الوسطيّ 5cm وعدد لفّاته 100 لفة نمرّر فيه تيّاراً كهربائياً شدّته 0.5A ، والمطلوب :

1- احسب التدفّق المغناطيسيّ الذي يجتاز لفّات الملفّ.
2- نقطعُ التيّارَ السابقَ عن الملفّ، احسبِ التغيّرَ الحاصلَ في قيمةِ التدفّقِ المغناطيسيّ الذي يجتازُ الملفّ ذاتَه.
3- نضع الملف بعد ذلك في حقل مغناطيسي منتظم شدته 0.5T حيث تكون خطوط الحقل عمودية على مستوي الملف ، ثم ندير الملف في الاتّجاه الموجب بزاوية $60^o$ ، فاحسب التغيّر في التدفّق المغناطيسيّ .

**المسألة الثالثة** وشيعة طولها 40cm مؤلّفة من 400 لفة محورها الأفقيّ يعامد خطّ الزوال المغناطيسيّ، نضع في مركزها إبرة بوصلة صغيرة، ثمّ نمرّر في الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً شدّته 16mA ، والمطلوب :

1- احسب شدّة الحقل المغناطيسيّ المتولّد في مركز الوشيعة .
2- إذا أجرينا اللفَّ بالجهة نفسها على أسطوانةٍ فارغةٍ من مادّة عازلةٍ باستخدام سلك معزول قطره 2mm بلفّات متلاصقة، احسب عدد طبقات الوشيعة.
3- نضع داخل الوشيعة في مركزها حلقةً دائريّةً مساحتها $2cm^2$ بحيث يصنع النَّاظم على سطح الحلقة مع محور الوشيعة زاوية $60^o$ ، احسب التدفقَ المغناطيسيّ عبر الحلقة الناتج عن تيار الوشيعة.
4- إذا قسمنا الوشيعةَ إلى قسمَين متساويَين، فاحسب شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ عندَ مركزِ الوشيعةِ .

# الحقل المغناطيسي لتيار الكهربائي

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

| القوة المغناطيسية (لورنز) | |
|---|---|
| $F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$ | |
| العلاقة الشعاعية $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ | |
| أعظمي $\theta = (\vec{v}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2}$ | معدوم $\theta = (\vec{v}, \vec{B}) = 0$ |
| **القوة الكهرطيسية (لابلاس)** | |
| $F = I \cdot L \cdot B \cdot \sin\theta$ | |
| العلاقة الشعاعية $\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}$ | |
| دولاب بارلو $F = I \cdot r \cdot B$ | |
| إذا كان لدينا N لفة $F = N \cdot I \cdot L \cdot B \cdot \sin\theta$ | |
| أعظمي $\theta = (I\vec{L}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2}$ | معدوم $\theta = (I\vec{L}, \vec{B}) = 0$ |

☆ **نصف قطر المسار الدائري لإلكترون ضمن حقل مغناطيسي منتظم :**

$r = \frac{m_e v}{eB}$ ودور حركته $T = \frac{2\pi m_e}{eB}$

لإثبات أن حركة الإلكترون في حقل مغناطيسي منتظم هي حركة دائرية منتظمة :
نطبق العلاقة الأساسية في التحريك ثم نعزل التسارع بدون إسقاط ، ومن خواص الجداء الخارجي نجد أن شعاع التسارع يعامد شعاع السرعة وبالتالي فهو ينطبق على الناظم أي أنه تسارع ناظمي



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

☆ **عمل القوة الكهرطيسية (نظرية ماكسويل) :**

$$W = I \cdot \Delta\Phi \qquad W = F \cdot \Delta x$$

☆ **المقياس الغلفاني ذو الإطار المتحرك :**

عزم المزدوجة الكهرطيسية $\Gamma_{\Delta} = N \cdot I \cdot s \cdot B \cdot \sin\alpha = M \cdot B \cdot \sin\alpha$

العزم المغناطيسي $M = N \cdot I \cdot s$ ويقدر بـ $A.m^2$

زاوية دوران الإطار $\theta' = \frac{NsB}{k} I = G \cdot I$

ثابت حساسية المقياس الغلفاني $G = \frac{NsB}{k} = \frac{\theta'}{I}$ $rad.A^{-1}$

التوازن المستقر يعني أن التدفق أعظمي أي $\alpha = 0$

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** في تجربة السكتين الكهرطيسية يبلغ طول الساق النحاسية المستندة إلى السكتين الأفقيتين $8cm$ تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $10^{-2}\ T$ ويمر فيها تيار كهربائي شدته $20A$

1- احسب شدة القوة الكهرطيسية التي تخضع لها الساق موضحاً بالرسم .

2- احسب عمل القوة الكهرطيسية إذا انتقلت الساق بسرعة ثابتة $0.2\ m.s^{-1}$ خلال $2s$ ثم احسب الاستطاعة الميكانيكية الناتجة .

3- نُميل السكتين عن الأفق بزاوية مقدارها $0.1rad$ احسب شدة التيار الواجب تمريره في الدارة لتبقى الساق ساكنة علماً أن كتلتها $40g$ وذلك بإهمال قوى الاحتكاك ثم احسب قيمة فرق الكمون المطبق على الدارة إذا كانت مقاومتها $0.5\Omega$

**المسألة الثانية** دولاب بارلو نصف قطر قرصه $10cm$ نمرر فيه تياراً كهربائياً شدته $5A$ ونُخضع نصف القطر الشاقولي السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم شدته $2\times10^{-2}T$ ، والمطلوب :

1- احسب شدة القوة الكهرطيسية التي يخضع لها الدولاب موضحاً بالرسم

2- احسبْ عزمَ القوَّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثِّرةِ في الدُّولاب.

3- احسب الاستطاعة الميكانيكية الناتجة عندما يدور الدولاب بسرعة تقابل $\frac{5}{\pi}Hz$

4- احسب عمل القوة الكهرطيسية بعد مضي $4s$ من بدء حركة الدولاب ، وهو يدور بالسرعة الزاوية السابقة .

**المسألة الثالثة** إطار مربع الشكل طول ضلعه $4cm$ يحوي $100$ لفة من سلك نحاسي معزول

A) نعلق الإطار بسلك عديم الفتل شاقولي ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $0.06T$ خطوطه توازي مستوى الإطار الشاقولي، نمرر في الإطار تياراً شدته $0.1A$ ، والمطلوب حساب:

1- عزم المزدوجة الكهرطيسية التي يخضع هذا الإطار لها لحظة إمرار التيار.

2- عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما يدور الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر.

B) نقطع التيار ونستبدل سلك التعليق بسلك فتل شاقولي ثابت فتله $k$ بحيث يكون مستوي الإطار يوازي خطوط الحقل المغناطيسي السابق، نمرر في الإطار تياراً شدته $1mA$ فيدور الإطار بزاوية مقدارها $0.012rad$ ثم يتوازن ، والمطلوب حساب:

1- احسبِ التَّدفُّق المغناطيسيّ في الإطارِ عندَما يتوازَن.

2- استنتجِ العلاقةَ المُحدِّدةَ لثابت فتلِ سلكِ التّعليق انطلاقاً من شرطِ التَّوازُنِ الدَّورانيّ، ثمَّ احسبْ قيمتَه ، ثمّ احسب قيمة ثابت المقياس الغلفاني $G$

3- نزيد حساسية المقياس $10$ مرات من أجل التيار نفسه، احسب ثابت فتل سلك التعليق بالوضع الجديد .

**المسألة الرابعة** نُخضِع إلكتروناً يتحرّك بسرعة $8\times10^{3}Km\cdot s^{-1}$ إلى تأثير حقل مغناطيسيّ منتظم ناظميّ على شعاع سرعته شدته $5\times10^{-3}T$ ، والمطلوب :

1- وازن بالحساب بين شدّة ثقل الإلكترون وشدّة قوّة لورنز المؤثّرة فيه. ماذا تستنتج؟

2- برهن أنَّ حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسيّ هي حركة دائريّة منتظمة، ثمّ استنتج العلاقة المحدِّدة لنصف قطر المسار الدائريّ، واحسب قيمته.

3- احسب دور الحركة.

حيث أن $m_e = 9\times10^{-31}Kg$ ، $e = 1.6\times10^{-19}C$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# التحريض الكهرطيسي

## الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

☆ **القوة المحركة الكهربائية المتحرضة :**

$$\boxed{\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\bar{\Phi}}{\Delta t} = -L\frac{d\bar{i}}{dt}}$$ واحدتها volt

في تجربة السكتين $\boxed{\bar{\varepsilon} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = BLv}$

حيث أن تغير التدفق المغناطيسي يحسب من إحدى العلاقات :

$$\Delta\bar{\Phi} = N(\Delta B)S\cos\alpha,\ \Delta\bar{\Phi} = NB(\Delta S)\cos\alpha,\ \Delta\bar{\Phi} = NBS(\Delta\cos\alpha)$$

☆ **شدة التيار المتحرض :** $\boxed{\bar{i} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = -\frac{\Delta\bar{\Phi}}{R\cdot\Delta t}}$ واحدته A

في تجربة السكتين $\boxed{i = \frac{BLv}{R}}$

☆ **تحديد جهة التيار المتحرض :**

إذا كانت $\Delta\Phi < 0$ , $\varepsilon > 0$

فتكون جهة التيار المتحرض هي بجهة أصابع يد يمنى يشير إبهامها إلى جهة الحقل المتحرض **الموافق** لجهة الحقل المحرض لأنه **متناقص**

عندئذٍ يمكن كتابة :

"$\vec{B}_{محرض}$ و $\vec{B}'_{متحرض}$ على حامل واحد وبجهة واحدة"

إذا كانت $\Delta\Phi > 0$ , $\varepsilon < 0$

فتكون جهة التيار المتحرض هي بجهة أصابع يد يمنى يشير إبهامها إلى جهة الحقل المتحرض **المعاكس** لجهة الحقل المحرض لأنه **متزايد**

عندئذٍ يمكن كتابة :

"$\vec{B}_{محرض}$ و $\vec{B}'_{متحرض}$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين"

☆ **التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة :**

$\boxed{\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin\omega t}$ حيث أن $\varepsilon_{max} = NBS\omega$

☆ **ذاتية الوشيعة :**

$$\Phi = N\cdot B\cdot s = N\cdot 4\pi\cdot 10^{-7}\frac{Ni}{\ell}\cdot s = 4\pi\cdot 10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}\cdot i = L\cdot i$$

$\boxed{L = \frac{\Phi}{i}}$ $\boxed{L = 4\pi\cdot 10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}}$ واحدتها هنري H

☆ **الطاقة الكهرطيسية المختزنة في وشيعة :** $\boxed{E_L = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\Phi I}$

☆ **الاستطاعة الكهربائية:** $\boxed{P = \varepsilon\cdot i}$

☆ **الاستطاعة الحرارية :** $\boxed{P' = R\cdot i^2}$

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** وشيعةٌ طولُها 20cm وطولُ سلكِها 40m بطبقةٍ واحدةٍ، مقاومتُها الأومية مُهمَلةٌ. المطلوب:

1- احسبْ ذاتيةَ الوشيعة.

2- إذا كانَ نصفُ قطرِ اللَّفة الواحدة 4cm فاحسبْ عددَ لفَّاتِ الوشيعة.

3- نمرِّرُ في الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً تزدادُ شدّتُه بانتظامٍ من الصّفر إلى 10A خلال 0.5s احسب القوَّةَ المُحرِّكةَ الكهربائيّة المُتولّدة داخلَ الوشيعة مُحدِّداً جهةَ التيّار المُتحرِّض.

4- احسب الطّاقةَ الكهرطيسيّة المُختزَنة في الوشيعة.

**المسألة الثانية** إطارٌ مربّعُ الشّكلِ طول ضلعه 4cm مؤلف من 100 لفة مُتماثِلة من سلكٍ نحاسيّ معزولٍ رفيع مقاومته $4\Omega$

A) نعلق الإطار من منتصف أحد أضلاعه بسلك شاقولي عديم الفتل ضمن حقل مغناطيسي أفقي منتظم خطوطه توازي مستوي الإطار شدتُه $5\times10^{-2}T$ نمرر في الإطار تياراً كهربائياً شدته 0.5A والمطلوب :

1- احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة على كل من الضلعين الشاقوليين للإطار.

2- احسب عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار لحظة إمرار التيار

3- احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما يدور الإطار ليصبح في حالة توازن مستقر



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

4- نقطع التيار السابق عن الإطار وهو في حالة التوازن المستقر ونصل طرفيه بمقياس غلفاني ثم نديره حول محوره الشاقولي زاوية مقدارها $\frac{\pi}{2}\text{rad}$ خلال $0.5\text{s}$

فما دلالةُ المقياسِ عندئذٍ ؟

B) نديرُ الإطارَ حولَ محوَّرٍ شاقوليّ مارٍّ من مركزِه ومن ضلعَين أفقيَّين مُتقابلَين بحركةٍ دائريّةٍ مُنتظِمةٍ تقابلُ $\frac{10}{\pi}\text{Hz}$ ضمنَ الحقلِ المغناطيسيِّ السابق حيث تكون خطوطُه ناظميّة على سطحِ الإطارِ قبلَ الدَّوران ، والمطلوب:

1- اكتبِ التّابعَ الزمنيّ للقوَّةِ المُحرِّكةِ الكهربائيّةِ المُتحرِّضةِ الآنيّةِ النّاشئةِ في الإطار.

2- عيّنِ اللّحظتَين الأولى والثّانية التي تكونُ فيها قيمةُ القوَّةِ المُحرِّكةِ الكهربائيّةِ المُتحرِّضةِ الآنيةِ الناشئةِ معدومة.

3- اكتبِ التابعَ الزمني للتيار الكهربائيّ المُتحرِّضِ اللّحظيّ المارِّ في الإطارِ.

**المسألة الثالثة** وشيعة طولها $30\text{cm}$ ومساحة مقطعها $3\times10^{-2}\text{m}^2$ وذاتيتها $5\times10^{-3}\text{H}$

1- احسب عدد لفّاتها.

2- نمرّر في الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً شدّته $30\text{A}$ احسب الطاقة الكهرطيسيّة المختزنة في الوشيعة.

3- نجعل شدّة التيّار تتناقص بانتظام من $30\text{A}$ إلى الصفر خلال $0.5\text{s}$ احسب القيمة الجبريّة للقوّة المحرّكة الكهربائيّة المتحرّضة في الوشيعة وحدّد جهة التيّار المتحرّض.

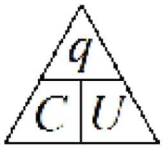
4- نمرّر في سلك الوشيعة تيّاراً كهربائيّاً شدّته اللحظيّة مقدّرة بالأمبير $\bar{i}=20-5t$ احسب القيمة الجبريّة للقوّة المحرّكة الكهربائيّة التحريضيّة الذاتيّة الناشئة فيها.

# الدارة المهتزة

## الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

✯ في اللحظة $t=0$ تكون شحنة المكثفة عظمى $q=q_{max}$ $U=U_{max}$

✯ **الدور الخاص في الدارة المهتزة** (علاقة تومسون) : $T_0=2\pi\sqrt{LC}$




$N=\frac{\ell'}{2\pi r}$ $s=\pi r^2$

$L=4\pi\cdot10^{-7}\frac{N^2 s}{\ell}$

✯ **النبض الخاص** $\omega_0=\frac{2\pi}{T_0}=2\pi f_0$ ، **التواتر الخاص** $f_0=\frac{1}{T_0}$

✯ **تابع الشحنة** : $\bar{q}=q_{max}\cos\omega_0 t$

✯ **تابع شدة التيار** : $\bar{i}=(\bar{q})'_t=-\omega_0 q_{max}\sin\omega_0 t$

$\Rightarrow \bar{i}=\omega_0 q_{max}\cos\left(\omega_0 t+\frac{\pi}{2}\right)$

تابع شدة التيار متقدم بالطور عن تابع الشحنة بمقدار $\frac{\pi}{2}$

✯ **شدة التيار الأعظمي** : $I_{max}=\omega_0 q_{max}$

✯ **الطاقة الكلية** = الطاقة الكهربائية + الطاقة الكهرطيسية

المختزنة في المكثفة المختزنة في الوشيعة

$E=E_C+E_L$

$E_C=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

$E_L=\frac{1}{2}LI^2$

$E_L=\frac{1}{2}LI^2_{max}$

$E_L=\frac{1}{2}\frac{q^2_{max}}{C}$

## ✸ مسألة هامة :

احسب طول موجة اهتزاز سرعة انتشاره $3\times10^{+8}\text{ms}^{-1}$ الذي تحققه دارة مهتزة مؤلفة من :

- وشيعة قطرها $2\text{cm}$ وقطر سلكها $2\text{mm}$ وعدد لفاتها $50$
- ومكثفة شحنة كل من لبوسيها $5\text{nC}$ وفرق الكمون بين لبوسيها $50\text{v}$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# التيار المتناوب الجيبي

## الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

### ✯ الممانعة الكلية في دارة :

تحوي (مقاومة صرفة R ، وشيعة L مقاومتها r ، مكثفة C)

$$Z=\sqrt{(R+r)^2+(X_L-X_C)^2}$$

يمكن حساب Z من إحدى قوانين الجذر ..

حسب محتويات الدارة .. وذلك بعد حذف الرموز الغير موجودة في الدارة

يمكن استخدام **المثلث** للدارة بشكل عام ..

أو لأي جزء من أجزاء الدارة بشكل مستقل

| شدة التيار المنتجة $I_{eff}$ | التوتر المنتج $U_{eff}$ |
|---|---|
| $I_{eff}=\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$ | $U_{eff}=\frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$ |
| ويمكن حسابهما من المثلث ☝ | |
| $I_{max}=I_{eff}\sqrt{2}$ | $U_{max}=U_{eff}\sqrt{2}$ |

| التابع الزمني للتيار | التابع الزمني للتوتر |
|---|---|
| $\overline{i}=I_{max}\cos(\omega t+\overline{\varphi})$ | $\overline{u}=U_{max}\cos(\omega t+\overline{\varphi})$ |
| في الوصل على **التسلسل** | في الوصل على **التفرع** |
| I ثابتة ($\varphi=0$) — U مجموع | U ثابتة ($\varphi=0$) — I مجموع |

$$\vec{I}_{eff}=\vec{I}_{eff_1}+\vec{I}_{eff_2}$$

$$I^2_{eff}=I^2_{eff_1}+I^2_{eff_2}+2I_{eff_1}I_{eff_2}\cos(\varphi_2-\varphi_1)$$

| وشيعة ذات المقاومة | | وشيعة مهملة المقاومة | | المكثفة | | المقاومة الصرفة | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الممانعة $Z=\sqrt{r^2+X_L^2}$ | | الردية $X_L=L\omega$ | | الإتساعية $X_C=\frac{1}{\omega C}$ | | الممانعة $X_R=R$ | |
| تفرع | تسلسل | تفرع | تسلسل | تفرع | تسلسل | تفرع | تسلسل |
| حادة سالبة | حادة موجبة | $\varphi=-\frac{\pi}{2}$ | $\varphi=+\frac{\pi}{2}$ | $\varphi=+\frac{\pi}{2}$ | $\varphi=-\frac{\pi}{2}$ | $\varphi=0$ | |

| الاستطاعة المتوسطة المستهلكة | |
|---|---|
| على **التسلسل** (وفي أجزاء الدارة) | على **التفرع** |
| $P_{avg}=I_{eff}U_{eff}\cos\overline{\varphi}$ | $P_{avg}=P_{avg_1}+P_{avg_2}..$ |
| حرارياً (للمقاومة) $P_{avg}=RI^2_{eff}$ | |

| عامل الاستطاعة | |
|---|---|
| على **التسلسل** (وفي أجزاء الدارة) | على **التفرع** |
| $\cos\overline{\varphi}=\frac{R}{Z}$ | $\cos\overline{\varphi}=\frac{P_{avg}}{I_{eff}U_{eff}}$ |
| | أو من المجموع الشعاعي لشدات التيار المنتجة |

| خصائص **التجاوب الكهربائي (الطنين)** في الوصل على التسلسل | |
|---|---|
| الممانعةُ **أصغرُ** ما يمكنُ | $Z=R$ |
| شدّةُ التيّارِ المنتِجةِ **أكبرُ** ما يمكنُ | $I_{eff}=\frac{U_{eff}}{R}$ |
| الإتساعية = الردية | $X_L=X_C\Rightarrow\omega L=\frac{1}{\omega C}$ حيث C السعة **المكافئة** لجملة المكثفات |
| التوتُّرُ على **توافقٍ** بالطّور معَ الشِّدَّة | $\varphi=0$ |
| الاستطاعةُ المتوسِّطة المستهلَكة **أكبرُ** ما يمكنُ | |
| عامل الاستطاعة يساوي **الواحد** | $\cos\varphi=1$ |

☜ **لحساب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة بعد حدوث التجاوب**

نأخذ بعين الاعتبار أن $I_{eff}$ (تغيرت) وأن $U_{eff}$ (لم تتغير) و $\cos\varphi=1$

☜ التجاوب الكهربائي يحدث عادةً بعد إضافة جهاز إلى الدارة الموصولة على التسلسل

☜ عند إضافة جهاز إذا بقيت الشدة المنتجة للتيار نفسها

عندئذٍ : نستخدم (بعد الإضافة) $Z=Z'$ (قبل الإضافة)

☜ في الوصل على التفرع إذا أصبحت شدة التيار على وفاق بالطور مع

فرق الكمون عندئذٍ نستخدم **إنشاء فرينل** في إيجاد المطلوب ..

☜ "جهاز **ذاتيتُه مُهمَلة**" ⇐ **"مقاومة صرفة"**

☜ "جهاز **ذاتيتُه صرفة**" ⇐ **"وشيعة مقاومتها مهملة"**

☜ "الوصل **بين طرفي جهاز**" ⇐ **"الوصل على التفرع"**



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

| تذكرة مكثفات | | |
|---|---|---|
| نوع الضم | تسلسل | تفرع |
| السعة المكافئة | $\frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\ldots$ | $C_{eq}=C_1+C_2\ldots$ |
| المكثفات متماثلة | $C_{eq}=\frac{C_1}{n}$ | $C_{eq}=nC_1$ |
| لتحديد طريقة الضم | $C_{eq}<C_1$ | $C_{eq}>C_1$ |
| | إذا كان البسط نفسه فالكسر صاحب المقام الأكبر هو الكسر الأصغر | |

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** يعطى تابع التوتر اللحظي بين طرفي مأخذ بالعلاقة المطلوب : $\bar{u}=180\sqrt{2}\cos 100\pi t$

1- احسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ وتواتر التيار.
2- نضع بين طرفي المأخذ مصباحاً كهربائيّاً ذاتيتُه مُهمَلة فيمرُّ تيار شدته المنتجة 9A احسب قيمة المُقاوَمة أومية للمصباحِ ، واكتبْ تابعَ الشِّدَّةِ اللّحظيّةِ المارّة فيها.
3- نصل بين طرفي المصباح في الدارة السابقة وشيعة عامل استطاعتها ½ فيمر في الوشيعة تيار شدّته المنتجة 15A احسب ممانعة الوشيعة والاستطاعة المستهلكة فيها، ثمَّ اكتب تابع الشدة اللحظية المارة فيها.
4- احسب قيمة الشدة المنتجة في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل.
5- احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين وعامل استطاعة الدارة.
6- احسبْ سعةَ المُكثِّفةِ الواجبِ ربطُها على التّفرُّع بينَ طرفَي المأخذِ لتصبحَ شدّةُ التيّارِ الأصليّة الجديدة على وفاقٍ بالطّور معَ التّوتُّرِ المُطبَّق عندَما تعملُ الفروعُ الثلاثة معاً.

**المسألة الثانية** مأخذ لتيار متناوب جيبي التوتر اللحظي بين طرفيه $\bar{u}=150\sqrt{2}\cos 100\pi t$

A) نصل طرفي المأخذ بدارة تحوي على التسلسل مقاومة صرف $30\Omega$ ووشيعة مقاومتها مهملة ذاتيتها $\frac{2}{5\pi}$H ، والمطلوب حساب :

1- التوتر المنتج بين طرفي المأخذ 2- ردية الوشيعة
3- الممانعة الكلية للدارة 4- الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة
5- عامل استطاعة الدارة والاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها

B) نضيف إلى الدارة السابقة مكثفة مناسبة سعتها C تجعل الشدة في الدارة على توافق مع التوتر المطبق ، والمطلوب حساب :

1- الشدة المنتجة للتيار في هذه الحالة
2- حساب سعة المكثفة المُضافة
3- إذا كانت المكثفة السابقة مؤلفة من ضم مجموعة من المكثفات المتماثلة لكل منها سعة $\frac{1}{4\pi}\times 10^{-4}$F
حدد طريقة ضم هذه المكثفات ، ثم احسب عددها .

**المسألة الثالثة** مأخذ تيار متناوب جيبي التوتر المنتج بين طرفيه 50v وتواتره 50Hz نصل بين طرفي المأخذ بدارة كهربائية تحوي على التسلسل مقاومة صرف R ومكثفة اتساعيتها $20\Omega$ فإذا علمت أن التوتر المنتج بين طرفي المقاومة 30v ، والمطلوب :

1- احسب التوتر المنتج بين لبوسي المكثفة باستخدام انشاء فرينل.
2- احسب الشدة المنتجة للتيار في الدارة.
3- احسب قيمة المقاومة R
4- احسب الاستطاعة الكهربائية المتوسطة المستهلكة في الدارة.
5- نضيف على التسلسل إلى الدارة السابقة وشيعة مناسبة مقاومتها مهملة فتبقى الشدة المنتجة للتيار نفسها ، احسب قيمة ذاتية هذه الوشيعة.

# المحولة الكهربائية

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

✯ **نسبة التحويل :**

$$\mu=\frac{U_{eff_S}}{U_{eff_P}}=\frac{I_{eff_P}}{I_{eff_S}}=\frac{N_S}{N_P}$$

✯ **المردود :**

$$\eta=1-R\frac{I_{eff}}{U_{eff}}$$

رافعة للتوتر: $N_S>N_P\Rightarrow U_{eff_S}>U_{eff_P}$
خافضة للشدة: $I_{eff_P}>I_{eff_S}$
$\mu>1$

خافضة للتوتر: $N_S<N_P\Rightarrow U_{eff_S}<U_{eff_P}$
رافعة للشدة: $I_{eff_P}<I_{eff_S}$
(ملاحظة : *ليست أصغر من الصفر*)
$\mu<1$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

☆ نحسب **الشدة المنتجة** أو **التوتر المنتج** : من إحدى الخطوات الآتية :

- من نسبة التحويل
- من الاستطاعة المتوسطة المستهلكة
- من إحدى القوانين المناسبة التي مرت معنا في درس التيار المتناوب

☆ **الاستطاعة الضائعة حرارياً** : $P' = RI_{eff_S}^2$

إذا غمسنا مقاومة في مسعر يحوي ماء .. نطبق مبدأ مصونية الطاقة :

كمية الحرارة التي يأخذها الماء = الطاقة الحرارية التي تقدمها المقاومة

$$P_S \cdot t = m \cdot c_0 \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow RI_{eff_S}^2 \cdot t = m \cdot c_0 \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow \frac{U_{eff_S}^2}{R} \cdot t = m \cdot c_0 \cdot \Delta t$$

## ✸ مسائل هامة :

### المسألة الأولى

A) محولة كهربائية نسبة تحويلها $\mu = 2$ ، والشدة المنتجة في دارتها الثانوية $I_{eff_S} = 5A$ والتوتر اللحظي بين طرفي الثانوية يُعطى وفق التابع : $\overline{u}_S = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ ، والمطلوب حساب :

1- قيمة التوتر المنتج بين طرفي الدارة الثانوية وتواتر التيار
2- قيمة الشدة المنتجة في الدارة الأولية

B) نربط بين طرفي الدارة الثانوية فرعين الأول يحوي مقاومة R ويمر فيه تيار شدته المنتجة $I_{eff_R} = 4A$ والفرع الثاني يحوي مكثفة سعتها $C = \frac{1}{4000\pi}F$ ، والمطلوب حساب :

1- قيمة المقاومة في الفرع الأول ، والاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها .
2- قيمة اتساعية المكثفة .
3- قيمة الشدة المنتجة المارة في فرع المكثفة باستخدام إنشاء فرينل واكتب التابع الزمني للشدة اللحظية في هذا الفرع .

**المسألة الثانية** يبلغ عددُ لفّاتٍ أوّليّة مُحوّلة 3750 لفة وعددُ لفّات ثانويّتها 125 لفّة نطبّقُ بينَ طرفَي الأولية توتّراً مُنتِجاً $U_{eff_P} = 3000v$ ونربطُ بينَ طرفَي الثانويّة دارةً تحوي على التّفرُّع :

- مُقاوَمةٌ صرفٌ الاستطاعةُ المُستهلَكة فيها $P_{avg_1} = 1000w$

- وشيعةٌ لها مُقاوَمة أومية، الاستطاعة المُستهلَكة فيها $P_{avg_2} = 1000w$ يمرّ فيها تيّارٌ يتأخّرُ بالطّور عن التّوتُّرِ المُطبّق بمقدارِ $\frac{\pi}{3}rad$ ، احسب :

1- قيمةِ الشِّدَّة المُنتِجة للتيّار المارّ في المُقاوَمة.
2- قيمة الشِّدَّة المُنتِجة للتيّار المارّ في الوشيعة.
3- قيمةِ الشِّدَّة المُنتِجة للتيّار المارّ في ثانوية المُحوّلة.
4- الشِّدَّةِ المُنتِجة للتيّار المار في الدَّارة الأولية للمُحوّلة.

**المسألة الثالثة** يبلغُ عددُ لفات وشيعة أوليّة مُحوّلة 125 لفة وفي ثانويتها 375 لفة نطبقُ بينَ طرفَي الدَّارة الأوّلية توتراً كهربائياً جيبياً تواتره 50 Hz قيمتُه المنتجة 10v ونصلُ طرفَي الثّانوية بمُقاوَمةٍ صرفٍ R مغموسةٍ في مسعرٍ يحوي 600g من الماء ، فترتفعُ حرارتُه 2.14 C خلالَ دقيقةٍ واحدة ، فإذا علمت أن $C_0 = 4200JKg^{-1}C^{-1}$

1- احسب قيمةِ المُقاوَمة R
2- احسب الشَّدتَينِ المُنتجتَين في دارتَي المُحوّلة باعتبارِ مردودِها يُساوي الواحد.
3- نصلُ على التفرُّع بينَ طرفَي المُقاوَمة وشيعةً مُهمَلة المُقاوَمة فتصبحُ الشِّدَّةُ المُنتجة الكلّيّة في الدّارة الثانويّة 5A ، والمطلوب
a) احسب الشِّدَّةِ المُنتِجةِ للتيّار في فرع الوشيعة باستخدام إنشاء فرينل، ثمّ اكتبْ تابعَ الشِّدَّة اللّحظيّة.
b) احسب ذاتيّةِ الوشيعة.
c) الاستطاعةِ المُتوسّطةِ في جملة الفرعَين.

# الأمواج المستقرة المرضية

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

### I. النهاية المقيّدة :

☆ في الانعكاس على **نهاية مقيدة** تكون جهة الإشارة المنعكسة **تعاكس** جهة الإشارة الواردة فيكون **فرق الطور** $\varphi' = \pi rad$

☆ معادلة مطال نقطة n من وتر خاضع لتأثير موجتين واردة ومنعكسة معاً

$$\overline{y}_n(t) = Y_{max/n}\sin\omega t$$

حيث أن سعة اهتزاز النقطة n $Y_{max/n} = 2Y_{max}\left|\sin\frac{2\pi\overline{x}}{\lambda}\right|$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

✯ معادلة أبعاد عقد الاهتزاز N : $n=0,1,2,...$ $\boxed{x=n\frac{\lambda}{2}}$

✯ معادلة أبعاد عقد الاهتزاز A : $n=0,1,2,...$ $\boxed{x=(2n+1)\frac{\lambda}{4}}$

| المسافة بين | | |
|---|---|---|
| **بطنين** متتاليين | متشابهين | |
| **عقدين** متتاليين | | |
| نقطتين لهما **نفس الحالة الاهتزازية** | | |
| $\frac{\lambda}{2}$ | | |
| **بطن وعقدة** متتاليين | مختلفين | |
| **عقدة وبطن** متتاليين | | |
| $\frac{\lambda}{4}$ | | |

| | |
|---|---|
| **طول الوتر** | $\boxed{L=n\frac{\lambda}{2}}$ |
| **عدد المغازل** | $\boxed{n=\frac{2L}{\lambda}}$ |
| **طول الموجة** | $\boxed{\lambda=\frac{2L}{n}=\frac{v}{f}}$ |
| **التواترات** | $L=n\frac{v}{2f}\Rightarrow\boxed{f=\frac{nv}{2L}}$ حيث $n=1,2,3,...$ عدد المغازل<br>وتسمى **المدروجات** (الأساسي $n=1$) |

عدد أطوال الموجة = طول الوتر ÷ طول الموجة = $\frac{L}{\lambda}$

عند تغيير عدد المغازل n يتغير طول الموجة $\lambda$ فنحسبه من جديد ..

| سرعة الانتشار | |
|---|---|
| $\boxed{v=\lambda\cdot f}$ | $\boxed{v=\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}}$<br>حيث **الكتلة الخطية** $\boxed{\mu=\frac{m}{L}=\rho\pi r^2}$ |

لا تتغير الكتلة الخطية $\mu$ بتغيّر طول الوتر L ..

| قوة الشد | |
|---|---|
| $\boxed{F_T=\mu v^2}$ | $f=\frac{n}{2L}\cdot v=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$<br>نربع ثم نعزل $F_T$ |

لحساب كتلة الوتر m من $F_T$ بتعويض $\mu$ ثم عزل m ..

## II. النهاية الطليقة :

✯ في الانعكاس على **نهاية طليقة** تكون جهة الإشارة المنعكسة **توافق** جهة الإشارة الواردة فيكون **فرق الطور** $\boxed{\varphi'=0rad}$

| | |
|---|---|
| **طول الوتر** | $\boxed{L=(2n-1)\frac{\lambda}{4}}$ |
| **طول الموجة** | $\boxed{\lambda=\frac{4L}{2n-1}=\frac{v}{f}}$ |
| **التواترات الخاصة** | $L=(2n-1)\frac{v}{4f}\Rightarrow\boxed{f=(2n-1)\frac{v}{4L}}$ حيث $n=1,2,3,...$ عدد المغازل<br>وتسمى **المدروجات** (الأساسي $n=1$) |

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** وتر مشدود كتلته 16g يهتز بالتجاوب بوساطة رنانة كهربائية تواترها 50Hz بحيث يتشكل فيه أربعة مغازل ، فإذا علمت أن سرعة انتشار الاهتزاز في الوتر $20ms^{-1}$ المطلوب حساب :

1- طول موجة الاهتزاز 2- طول الوتر

3- مقدار قوة الشد المطبقة على الوتر

**المسألة الثانية** خيط مرن أفقيّ طوله 1m قطرُ مقطعِه 0.4mm وكثافةُ مادّته $8gcm^{-3}$ نربط أحد طرفيه برنّانة كهربائيّة شعبتاها أفقيَّتان تواترها 50Hz ونشدّ الخيط على محزّ بكرة بثقل مناسب لتكون نهايته مقيَّدة، فإذا علمت أنّ طول الموجة المتكوّنة 40cm ، والمطلوب :

1- ما عدد المغازل المتكوّنة على طول الخيط؟

2- احسب السعة بنقطة تبعد 20cm عن النهاية المقيَّدة للخيط إذا كانت سعة اهتزاز المنبع 1cm

3- احسب الكتلة الخطِّيَّة للخيط، واحسب قوّة شدّ هذا الخيط، وسرعة انتشار الاهتزاز فيه.

4- احسب قوّة شدّ الخيط التي تجعله يهتزُّ بمغزلين، وحدّد أبعاد العقد ولبطون عن النهاية المقيَّدة في هذه الحالة.

5- نجعل طول الوتر نصف ما كان عليه. هل تتغيّر كتلته الخطِّيّة باعتبار أنّه متجانس.

**المسألة الثالثة** احسُب تواتُرَ الصَّوت الأساسيّ لوترٍ مشدودٍ طولُه 0.7m وكتلته 7g شُدَّ بقوَّةٍ قدرُها 49N



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# الأمواج المستقرة الطولية

| الأعمدة الهوائية والمزامير | |
|---|---|
| عمود هوائي (أنبوب صوتي) **مفتوح**<br>مزمار **متشابه** الطرفين | عمود هوائي (أنبوب صوتي) **مغلق**<br>مزمار **مختلف** الطرفين |
| ذو **فم** نهايته **مفتوحة** | ذو **فم** نهايته **مغلقة** |
| طول العمود / المزمار $L = n\frac{\lambda}{2}$ | $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$ |
| التوترات<br>$L = n\frac{v}{2f} \Rightarrow f = \frac{nv}{2L}$ | $L = (2n-1)\frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2n-1)\frac{v}{4L}$ |
| حيث $n = 1, 2, 3, \ldots$<br>مدروجات الصوت (رتبة) (الرنين)<br>(الأساسي $n = 1$) | حيث $2n-1 = 1, 3, 5, \ldots$<br>مدروجات الصوت (الرنين)<br>(الأساسي $2n-1 = 1$) |
| التواتر الأساسي<br>$f_1 = \frac{v}{2L} \Rightarrow f = n \cdot f_1$ | التواتر الأساسي<br>$f_1 = \frac{v}{4L} \Rightarrow f = (2n-1) \cdot f_1$ |

- في الأعمدة الهوائية المغلقة والمزامير مختلفة الطرفين لا يوجد مدروجات زوجية بل فردية فقط حيث نضع رقم المدروج مباشرةً 2n-1
- إن **بطون الاهتزاز** هي **عقد للضغط** أما **عقد الاهتزاز** هي **بطون للضغط**

| سرعة انتشار الصوت في الغازات | |
|---|---|
| $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$<br>حيث كثافة الغاز $D = \frac{M}{29}$<br>$M(H_2) = 1 \times 2 = 2$<br>$M(O_2) = 16 \times 2 = 32$ | $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$<br>$T(K) = t(^\circ C) + 273$ |

- تبقى **السرعة نفسها** إذا بقي **الغاز نفسه ودرجة الحرارة نفسها**
- عندما يكون الصوت **مواقتاً** لصوت آخر فيكون لهما **نفس التواتر**
- عندما يطلب منا حساب طول مزمار آخر فهذا يعني أن نكتب قانون طول المزمار الجديد $L'$ ثم نرى هل تغير كل من التواتر f والسرعة v ... ثم نعوض ..
- البُعد بين صوتين شديدين متتاليين (رنينين مُتعاقبين) $L = \frac{\lambda}{2}$
- في المزمار **مختلف** الطرفين n هو عدد العقد الكلي فإذا كُتِبَ في نص المسألة "**يتشكل في داخله**" عندئذٍ **نزيد** على العدد المعطى **واحد** ..

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** مزمار ذو فم نهايته مفتوحة طوله 1m مملوء بالهواء يُصدر صوتاً أساسياً تواتره 150Hz في درجة حرارة مناسبة والمطلوب :

1- احسب عدد أطوالِ الموجةِ الّتي يحويها المِزمار.
2- طول مزمار آخر مُختلف الطرفين تواتر صوته الأساسي مساوٍ لتواتر الصوت السابق في درجة الحرارة نفسها .

**المسألة الثانية** استُعمِلَت رنّانةٌ تواتُرُها 445Hz فوقَ عمودٍ هوائي مُغلَق لتحديدِ سرعةِ انتشار الصَّوت في غاز الهيليوم فإذا كانَ البُعدُ بينَ صوتَين شديدَين مُتتاليَين (رنينَين مُتعاقبَين) 110cm احسُب سرعةَ انتشار الصَّوت في غاز الهيليوم

**المسألة الثالثة** مزمار ذو فم، نهايته مفتوحة طوله 3.4m مملوء بالهواء يصدر صوتاً تواتره 1000Hz حيث سرعة انتشار الصوت في هواء المزمار $340ms^{-1}$ في درجة حرارة التجربة

1- احسب طول موجة الصوت البسيط الصادر عن المزمار
2- إذا تكوّنت داخله عقدة واحدة فقط في منتصف المزمار في الدرجة نفسها من الحرارة، فاحسب تواتر الصوت البسيط عندئذ
3- إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $331ms^{-1}$ في الدرجة 0C فاحسب درجة حرارة التجربة.

# الإلكترونيات

## ✍ الملاحظات والأفكار والقوانين اللازمة لحل المسائل :

- قوة **الجذب الكهربائي** $F_E = k\frac{e^2}{r^2}$ ; $F_E = F_C$
- قوة **العطالة النابذة** $F_C = m_e a_C = m_e \frac{v^2}{r}$
- قوة **التجاذب الكتلي** $F = G\frac{m_e m_P}{d^2}$

- **لحساب الطاقة (المتحررة / المقدمة) (فرق الطاقة بين سويتين) :**

$\Delta E = E_2 - E_1 = h \cdot f$ ; $eV \xrightleftharpoons[\div 1.6\times10^{-19}]{\times 1.6\times10^{-19}} J$

حيث أن $f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{c}{\lambda} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{2\pi r}$



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**تسريع الإلكترونات بحقل كهربائي :**

لحساب سرعة إلكترون يتحرك بدون سرعة إبتدائية من اللبوس السالب إلى اللبوس الموجب يوجد طريقتان : باستخدام العلاقة الأساسية في التحريك

باستخدام نظرية الطاقة الحركية

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} \qquad F = e \cdot E \qquad U = E \cdot d$$ حيث أن

**تأثير الحقل الكهربائي في إلكترون** له سرعة إبتدائية عمودية على خطوط الحقل لإيجاد معادلة حامل مسار الالكترون ندرس الحركة باستخدام العلاقة الأساسية في التحريك

**لحساب عدد الإلكترونات :** $It = Ne \Rightarrow N = \frac{It}{e}$

**لحساب الطاقة الحركية :**

$$E_k = E - E_S$$

$$E_k = \frac{1}{2} m_e v^2$$

باستخدام نظرية الطاقة الحركية فنصل للعلاقة $E_k = eU$

**لحساب (طاقة / تواتر / طول موجة) (الضوء / الفوتون) :**

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

**لحساب (طاقة / تواتر / طول موجة) (الإنتزاع / العتبة) :**

$$E_s = h \cdot f_s = h \cdot \frac{c}{\lambda_s}$$

**لحساب كمية حركة الفوتون** $P = \frac{h}{\lambda}$

**لحساب استطاعة الموجة الكهرطيسية** $P = Nhf$

**لحساب سرعة الإلكترون :** $E_k = \frac{1}{2} m_e v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_e}}$

**شرط انتزاع الإلكترونات :** $E \geq E_s \Rightarrow f \geq f_s \Rightarrow \lambda \leq \lambda_s$

**شرط الفعل الكهرضوئي :** $E > E_s \Rightarrow f > f_s \Rightarrow \lambda < \lambda_s$

**لحساب أقصر طول موجة لفوتونات الأشعة السينية الصادرة :**

نستخدم الطاقة العظمى لفوتونات = الطاقة الحركية للإلكترونات

$$E = E_k \Rightarrow hf_{max} = eU$$

$$h\frac{C}{\lambda_{max}} = eU \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{hC}{eU} = \frac{hC}{E_k}$$

## ✸ مسائل هامة :

**المسألة الأولى** احسب الطّاقةَ المُتحرّرةَ وطولَ موجةِ الإشعاع الصّادر عندَما يهبطُ إلكترون من السّويّة الثّالثة ذات الطّاقة $E_3 = -1.5\ eV$ إلى السّويّة الثّانية ذات الطّاقة $E_2 = -3.4\ eV$

**المسألة الثانية** ينطلقُ إلكترون بسرعةٍ ابتدائيّةٍ معدومةٍ من فتحةٍ في اللّبوس السّالب لمُكثّفة ليخرج من الفتحة المُقابلة في اللّبوس المُوجب فإذا علِمْتَ أنَّ فرقَ الكمون بينَ لبوسَي المُكثّفة هو 1000 v والمسافة بينَهما 1 cm فاحسب سرعةَ وتسارعَ هذا الإلكترون لحظةَ خروجِه من المُكثّفة .

**المسألة الثالثة** يدخلُ إلكترون بسرعةٍ ابتدائيّة $3\times10^{+6}\ m\cdot s^{-1}$ إلى منطقة يسودُها حقلٌ كهربائيٌّ مُنتظَم تتعامَدُ فيه سرعةُ هذا الإلكترون معَ خطوطِ الحقلِ فإذا علمْت أنَّ شدَّة هذا الحقلِ هي $200\ V.m^{-1}$ وطول كلٍّ من لبوسَي المُكثّفة المُستوية المولّدة لهذا الحقل هو 0.1 m

1- احسب تسارُع الإلكترون
2- احسب الزّمنُ الّذي يستغرقُه الإلكترون للخروجِ من الحقل .

**المسألة الرابعة** تبلغُ الطّاقةُ الحركيّة لحزمةٍ من الإلكترونات المُنتزِعة $9.6\times10^{-16}\ J$ وشدّتُها 10 μA

1- احسب سرعة الإلكتروناتِ في هذه الحزمة
2- احسب عدد الإلكتروناتِ التي تصِلُ الصّفيحة المعدنيّة في الثّانية الواحِدة

**المسألة الخامسة** إذا علمت أن شدّة التيّار في خليّة كهرضوئيّة بلغت 16 mA فاحسب الطّاقة الحركيّة لأحدِ الإلكترونات المُنتزَعة لحظةَ وصولِها المصعد باعتبارِ أنّه تركَ المهبط دونَ سرعةٍ ابتدائيّة. وأنّ التّوتُّر الكهربائيّ بينَ المصعد والمهبط 180 V

**المسألة السادسة** يُضِيء منبعٌ ضوئيٌّ وحيدُ اللّون طولُ موجتِه 0.5 μm حجيرة كهرضوئيّة، طاقةُ انتزاع الإلكترون فيها $33\times10^{-20}\ J$

1- احسب تواتُر العتبة
2- احسب طول موجةِ عتبةِ الإصدار
3- احسب الطّاقة الحركيّة العُظمَى للإلكترونِ لحظةَ خروجِه من مَهبطِ الحجيرةِ وسرعتِه



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

**المسألة السابعة** إذا كانَ أكبرُ طولِ موجَةٍ يلزمُ لانتزاعِ الإلكترونِ من سطحِ مهبطِ حُجَيرة كهرضوئيّة يُساوي $66\times10^{-8}\ m$

1- طاقة انتزاع الإلكترون من مادّة المهبط
2- كميّة حركة الفوتون الوارِد عندَما يُضاء سطحُ صفيحة المهبط بضوءٍ وحيدِ اللّون، طولُ موجته $44\times10^{-8}\ m$
3- الطّاقة الحركيّة للإلكترون لحظةَ خروجِه من مهبطِ الحجيرة الكهرضوئيّة
4- قيمة كمونِ الإيقاف

**المسألة الثامنة** يعملُ أنبوبُ الأشعّة السّينيّة بتوتُّر $8\times10^{+4}\ V$ حيثُ يصدرُ عن المهبط إلكترون، سرعتُه معدومةٌ عمليّاً ، احسبْ أقصرَ طولِ موجةٍ للأشعة السّينيّة الصّادرة .

علماً أن $h=6.63\times10^{-34}\ J\cdot s$ , $c=3\times10^{+8}\ m\cdot s^{-1}$
$m_e=9\times10^{-31}Kg$ , $e=1.6\times10^{-19}C$

تمّ بعونه تعالى

تم شرح المنهاج وحل كل مسائله

على قناة ( مؤيد بكر أكاديمية الفيزياء الالكترونية )

على اليوتيوب

## كلمة أخيرة

إن نوطة ( مفاتيح النجاح والتفوق ) مكونة من قسمين

قسم الأسئلة النظرية والذي يحوي على ما يقارب الـ 120 سؤال وقسم الأفكار والملاحظات والقوانين اللازمة لحل المسائل مع مجموعة من المسائل النموذجية الهامة ..

هذه النوطة يُمكن من خلالها الوصول إلى الـ 400 بإذن الله

- نبدأ أولاً بحفظ الأسئلة النظرية الواردة في النوطة
- نقرأ الأفكار والملاحظات الواردة في النوطة ونحفظ القوانين جيّداً لأنها مفاتيح لحل طلبات المسائل وقواعد علينا مراعاتها في الحل ..
- حل المسائل المذكورة في النوطة والتي تحتوي على جميع الطلبات التي يمكن أن تأتي في الامتحان حيث أنها مسائل شاملة لكل الأفكار وذلك بناءاً على الأفكار والملاحظات التي درسناها .. وهنا أأكد أن لا حاجة لأية مسائل خارجية لأن مسائل الامتحان ستكون مُحاكية تماماً لمسائل الكتاب
- بعد الانتهاء من حل مسائل النوطة يُمكن اختبار أنفسكم بمسائل الامتحانات السابقة

تمنياتي لكم بدراسة مُيَسَّرة وأن يكون التوفيق مُرافقاً لكم في كل خطوة

أ . مؤيد بكر



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner