يتضمن هذا القسم:

مقدمة
- علاقة الرياضيات بالفيزياء
- مراجعة للأساسيات الفيزيائية

الوحدة ١
- **الحركة و التحريك**
- الدرس الأول: الحركة التوافقية البسيطة في النواس المرن
- الدرس الثاني: الاهتزازات الدورانية غير المتخامدة (النواس الفتل)
- الدرس الثالث: الاهتزازات غير التوافقية (النواس الثقلي غير المتخامد)
- الدرس الرابع: ميكانيك السوائل المتحركة
- الدرس الخامس: النسبية الخاصة

الوحدة ٣
- **الأمواج المستقرة**
- الدرس الأول: الأمواج المستقرة العرضية
- الدرس الثاني: الأمواج المستقرة الطولانية

ما تحتاجه من الرياضيات للدخول إلى الفيزياء

الاشتقاق :

مشتق العدد الثابت $= 0$ مشتق $\pi' = 0$

مشتق التابع : $f(t) = x^n \Rightarrow f'(t) = n.x^{n-1}$

مثال : $f(t) = 2t^4 \Rightarrow f'(t) = 8t^3 \qquad f(t) = t^3 \Rightarrow f'(t) = 3t^2$

$f(t) = 2t \Rightarrow f'(t) = 2 \qquad f(t) = t \Rightarrow f'(t) = 1$

مشتق التابع الضمني :

$f(t) = \theta^2 \Rightarrow f'(t) = 2\theta\theta' \qquad f(t) = y^2 \Rightarrow f'(t) = 2yy'$

مشتق التابع المثلثي :

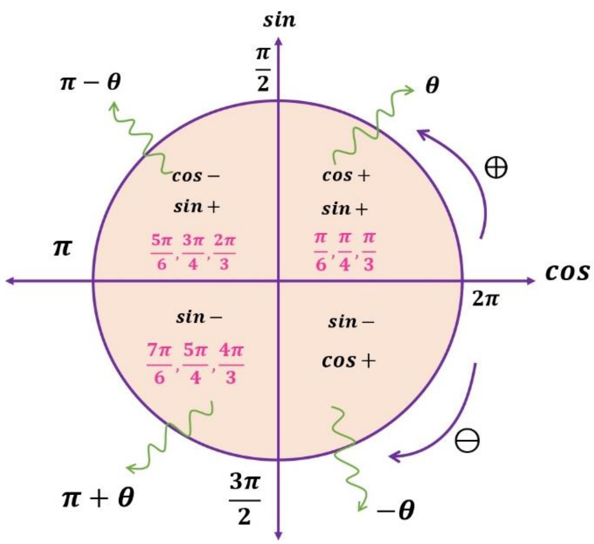
$$(cos(at+b))'_t = -asin(at+b) \overset{\text{مثال}}{=} \left(cos\frac{1}{2}t\right)'_t = -\frac{1}{2}sin\frac{1}{2}t$$

$$(sin(at+b))'_t = acos(at+b) \overset{\text{مثال}}{=} (sin(4t+5))'_t = 4cos(4t+5)$$

النسب المثلثية:

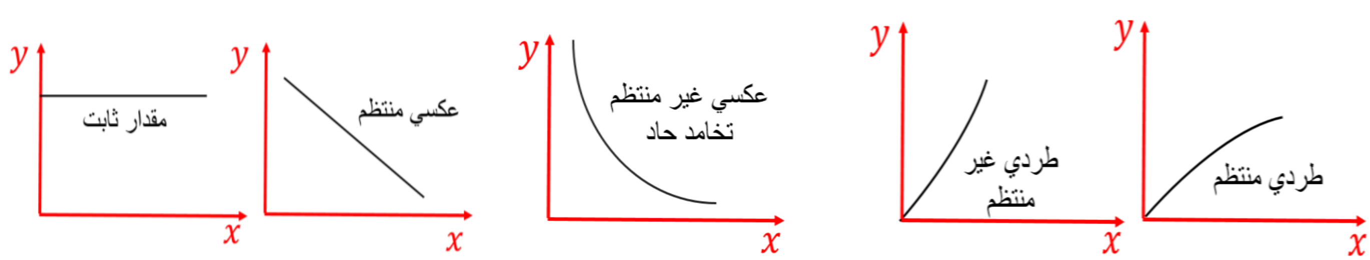
θ	0	$90°$ $\frac{\pi}{2}rad$	$180°$ $\pi\, rad$	$270°(-90°)$ $\frac{3\pi}{2}\left(-\frac{\pi}{2}\right)$
sin	0	1	0	-1
cos	1	0	-1	0

النسب المثلثية	$0°$	$30°$ $\frac{\pi}{6}rad$	$45°$ $\frac{\pi}{4}rad$	$60°$ $\frac{\pi}{3}rad$	$90°$ $\frac{\pi}{2}rad$
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	∞



العلاقات البيانية :

$A = B.C$ و A متناسبة طرداً مع B و C	$B = \frac{A}{C}$ و B و A تناسب طردي و B و C تناسب عكسي



مراجعة هامة لأساسيات الفيزياء

الكميات و المقادير الفيزيائية:

1- الكميات و المقادير القياسية:

المقادير الأساسية:

المقدار الفيزيائي	وحدة القياس	الرمز
الطول	متر	m
الكتلة	كيلوغرام	kg
شدة التيار الكهربائي	أمبير	A
درجة الحرارة	كلفن	K
الزمن	ثانية	sec

التحويلات:

الأجزاء	الأضعاف
ميلي 10^{-3}	كيلو 10^{3}
ميكرو 10^{-6}	ميغا 10^{6}
نانو 10^{-9}	غيغا 10^{9}
بيكو 10^{-12}	تيرا 10^{12}
فمتو 10^{-15}	بيتا 10^{15}
أتو 10^{-18}	إكسا 10^{18}

- **أجزاء الوحدة:**

ميلي الوحدة $\times 10^{-3} \leftarrow$ الوحدة / ميكرو الوحدة $\times 10^{-6} \leftarrow$ الوحدة / نانو الوحدة $\times 10^{-9} \leftarrow$ الوحدة.

- **مضاعفات الوحدة:**

كيلو الوحدة $\times 10^{3} \leftarrow$ الوحدة / ميغا الوحدة $\times 10^{6} \leftarrow$ الوحدة / غيغا الوحدة $\times 10^{9} \leftarrow$ الوحدة

cm (سنتي متر) $\xleftarrow{10^{-2}}$

km (كيلو متر) $\xrightarrow{10^{3}}$ m (متر) $\xleftarrow{10^{-3}}$ mm (ميلي متر)

μm (ميكرو متر) $\xleftarrow{10^{-6}}$

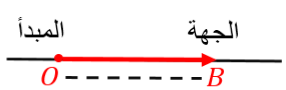
m^2 (متر^2) $\xleftarrow{10^{-4}}$ cm^2 (سنتي متر^2)

m^3 (متر^3) $\xleftarrow{10^{-6}}$ cm^3 (سنتي متر^3)

kg (كيلو غرام) $\xleftarrow{10^{-3}}$ g (غرام)

2- المقادير المتجهية (الشعاعية): يتم تعينها بأربع عناصر

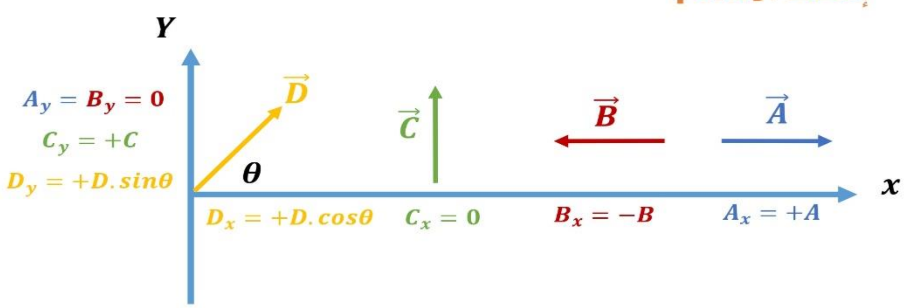
1. نقطة التأثير
2. حامل الشعاع
3. جهة الشعاع



4. طويلة الشعاع (الشدة) موجبة دوماً دون أشعة

• شعاع السرعة: شعاع الإزاحة / الزمن _ $m.s^{-1}$ $\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt}$
• شعاع التسارع: شعاع السرعة / الزمن_ $m.s^{-2}$ $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$
• شعاع قوة الثقل: $\vec{W} = m.\vec{g}$ (N) $\vec{W} \downarrow$ شاقولي نحو الأسفل دوماً
• شعاع قوة رد الفعل : $\vec{R}(N)$يعامد مستوي الاستناد
• شعاع توتر الوصلة : $\vec{T}$خيط ، $\vec{F_s}$ نابض(N)
• شعاع الحقل المغاطيسي : $\vec{B}$
• شعاع الحقل الكهربائي : $\vec{E}$

إسقاط الأشعة:



3- المقادير السلمية:

♥ عزم القوة: يتناسب طرداً مع ذراع القوة، وشدة القوة. $\Gamma = d.F$ حيث $d(m)$ $F(N)$ $\Gamma(m.N)$

عندما القوة تلاقي محور الدوران $\Gamma = +d.F$ $\Gamma = -d.F$ $\Gamma = 0$

♥ عمل القوة: $W = F.d.cos\theta$ ويقدّر بالجول (J) ويكون:

♥ (محرك): شعاع القوة و شعاع الانتقال على حامل واحد وبجهة واحدة $\theta = 0$

$$cos\theta = 1 \Longrightarrow W = F.d$$

♥ (مقاوم): شعاع القوة وشعاع الانتقال على حامل واحد وبجهتين متعاكستين $\theta = \pi$

$$cos\pi = -1 \Longrightarrow W = -F.d$$

♥ (معدوم): شعاع القوة عمودي على شعاع الانتقال $\theta = \frac{\pi}{2}$

$$cos\frac{\pi}{2} = 0 \Longrightarrow w = 0$$

▪ عمل قوة الثقل : $W_{\vec{W}} = W.h \Longleftarrow W_{\vec{W}} = m.g.h\,(J)$

▪ الاستطاعة : $P = \frac{w}{t} \Longrightarrow P = \frac{Fd}{t} = F.v$

الطاقات:

▪ الطاقة الحركية: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$انسحابية $E_K = \frac{1}{2}I_\Delta.w^2$ دورانية نظرية الطاقة الحركية: $\Delta E_k = \Sigma\overrightarrow{F_{1\to2}}$
♥ الطاقة الكامنة الثقالية: $E_p = m.g.h$
▪ الطاقة الكامنة المرونية: المرن: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ الفتل: $E_p = \frac{1}{2}k\theta^2$
♥ الطاقة الكلية الميكانيكية: $E = E_p + E_k$

♥ الدور T : هو الزمن اللازم لإتمام المتحرك (هزة – دورة - نوسة) كاملة وواحدته الثانية (sec) ويحسب تجريبياً من العلاقة $T = \frac{t_{\text{زمن الهزات}}}{n_{\text{عدد الهزات}}}$

♥ التواتر f : هو عدد الهزات أو الدورات التي ينجزها المتحرك خلال وادة الزمن وله واحدتان (دورة بالثانية أو H_Z)
والتواتر مقلوب الدور أي يحسب تجريبياً من مقلوب الدور $f = \frac{1}{T} = \frac{n_{\text{عدد الهزات}}}{t_{\text{زمن الهزات}}}$

♥ النبض الخاص للحركة: $\frac{2\pi}{T} = W = 2\pi f (rad.s^{-1})$

أنواع الحركات

1. الحركة الانسحابية: انسحاب مركز عطالة الجسم من مكان إلى آخر تحت تأثير القوى وتصنف حسب شكل مسارها

♥ الحركة المستقيمة المنتظمة: $v = const \quad a = 0$

تابع الحركة: $x = vt + x_0 \Longrightarrow x = vt \Longrightarrow v = \frac{x}{t}$

♥ الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام: v متغيرة:
- متسارعة بانتظام (تزداد v) ↓ هبوطاً
- متباطئة بانتظام (تتناقصv) ↑صعوداً

$a = const$

3) $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$	2) $v = at + v_0$	1) $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$

♥ الحركة الدائرية: دوران الجسم حول محور دوران يبعد عن الجسم مسافة

$$\underbrace{a^2}_{\text{التسارع الكلي}} = \underbrace{a_t^2}_{\text{التسارع المماسي}} + \underbrace{a_C^2}_{\text{التسارع الناظمي}}$$

الناظمي$a_C = \frac{v^2}{r}$ مماسي $a_t = (v)'_t = \frac{d\theta}{dt}$

♥ الحركة الدائرية المنتظمة $v = const$ $a_t = (const)'_t = 0 \Longrightarrow a = a_C = \frac{v^2}{r}$

- تطبيقات الحركة الانسحابية: شرط الحركة الانسحابية $\Sigma\vec{F} = m.\vec{a}$ / $\Sigma\vec{F} = \vec{0}$ { الحركة المنتظمة ، شرط التوازن }

- الدراسة التحريكية: قبل كتابة أحد القانونين السابقين يجب تعيين كلاً من :
  - ♥ جملة المقارنة (داخلية، خارجية)/ الجملة المدروسة (إلكترون، جسم، مركز .....)
  - ♥ القوى الخارجية المؤثرة على الجسم $(\vec{R}, \vec{W})$ / نضع القانون مع الأشعة.
  - ♥ نعوض القوى مع الأشعة $(\vec{W} + \vec{R} = m.\vec{a})$ / إسقاط الأشعة على محور موجه.

2. الحركة الدورانية: دوران جسم حول محور دوران مار منه تحت تأثير عزوم القوى

شرط الحركة الدورانية : $\Sigma\overline{\Gamma}_{F/\Delta} = I_{\Delta\,\text{عزم العطالة}} . \overline{\alpha}_{\text{تسارع زاوي}}$ شرط التوازن الدوراني : $\Sigma\overline{\Gamma} = 0$

القياسات الخطية والزاوية:

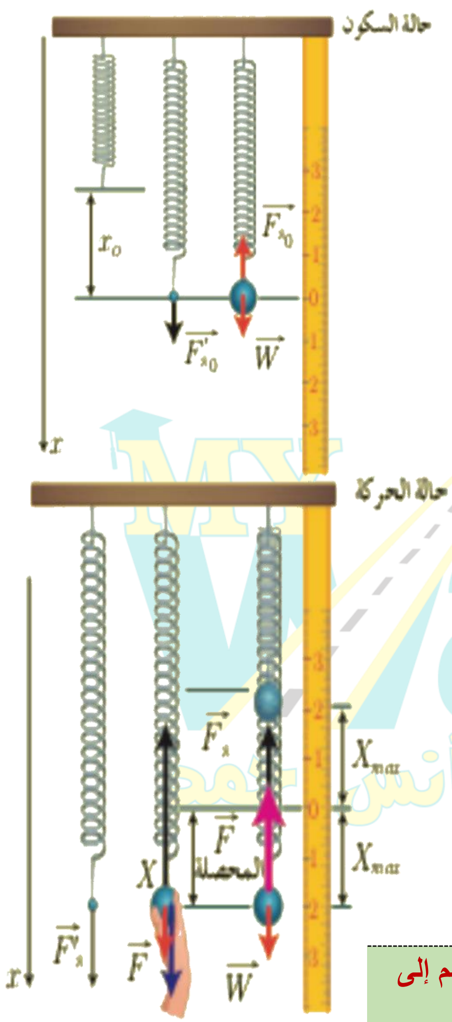
القياسي	الخطي	الزاوي	خطي = زاوي $.r$
الفاصلة	x	θ	$x = \theta.r$
السرعة	v	w	$v = w.r$
التسارع	a	α	$a = \alpha.r$

الدرس الأول

الحركة التوافقية البسيطة في النواس المرن

النواس المرن : هو عبارة عن جسم صلب كتلته (m) معلق بنهاية نابض مرن مهمل الكتلة حلقاته متباعدة ثابت صلابته (k) ، يهتز فيه الجسم بين وضعيين أعظميين طرفيين $(\pm x_{max})$ مروراً بوضع التوازن (مركز الاهتزاز $x = 0$)

سؤال نظري -1- برهن في النواس المرن أن محصلة القوى المؤثرة في الجسم المعلق إلى النابض هي قوة ارجاع تتناسب شدتها طرداً مع المطال؟ (دورة 2016 ثانية)



جملة المقارنة : خارجية ، **الجملة المدروسة:** (جسم صلب - نابض)

- **حالة السكون:** نعلق الجسم بنابض مرن مهمل الكتلة حلقاته متباعدة فيستطيل استطالة سكونية x_0 فيتوازن الجسم (يبقى ساكناً) في النقطة 0 (وضع التوازن) تحت تأثير القوتين السابقتين

يؤثر في مركز عطالة الجسم : قوة ثقل الجسم $\vec{w}$ ، قوة توتر النابض : $\overrightarrow{F_{s_0}}$

$$\xrightarrow{\text{الجسم ساكن}} \sum \vec{F} = \vec{0} \overset{\text{نعوض القوى}}{=} \vec{w} + \overrightarrow{F_{s_0}} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور xx' نحو الأسفل نجد : $w - F_{s_0} = 0$

$$\Rightarrow \quad w = F_{s_0} \dots\dots\dots\dots (*)$$

يؤثر على النابض : قوة توتر النابض $\overrightarrow{F'_{s_0}}$ التي تسبب له الاستطالة x_0

ولكن لنفس النابض $F'_{s_0} = F_{s_0} = kx_0$ بالتعويض في $(*)$ نجد: $(1) \dots\dots\dots\dots \boxed{w = kx_0}$

- **حالة الحركة:** نحرك (نزيح) الجسم شاقولياً نحو الأسفل بمقدار $\bar{x}$ ونتركه ليقوم بحركة اهتزازية إلى جانبي وضع التوازن

يؤثر في مركز عطالة الجسم : قوة ثقل الجسم $\vec{w}$ ، قوة توتر النابض : $\overrightarrow{F_s}$

فيخضع الجسم لتأثير قوتين : قوة توتر النابض $F_s = k(x_0 + \bar{x})$ ، قوة ثقل الجسم $\vec{w}$ ، ويؤثر في نهاية النابض قوة $\overrightarrow{F'_s} = \overrightarrow{F_s}$

$$\overset{\text{الجسم متحرك نطبق قانون نيوتن الثاني}}{=} \sum \vec{F} = m\,\vec{a} \xrightarrow{\text{نعوض القوى}} \vec{w} + \overrightarrow{F_s} = m\,\vec{a}$$

بالإسقاط على محور xx' نحو الأسفل نجد: $w - F_s = m\,\bar{a} \dots\dots\dots\dots (**)$

يؤثر على النابض : قوة توتر النابض $\overrightarrow{F'_s}$ التي تسبب له الاستطالة $(x_0 + \bar{x})$

ولكن لنفس النابض $F'_s = F_s = k(x_0 + \bar{x})$ بالتعويض في $(**)$ نجد :

$$w - k(x_0 + \bar{x}) = m\,\bar{a} \overset{\text{ننشر } (-k) \text{ على القوس و من } (1) \text{ نعوض } w}{=}$$

$$kx_0 - kx_0 - k\bar{x} = m\,\bar{a}$$

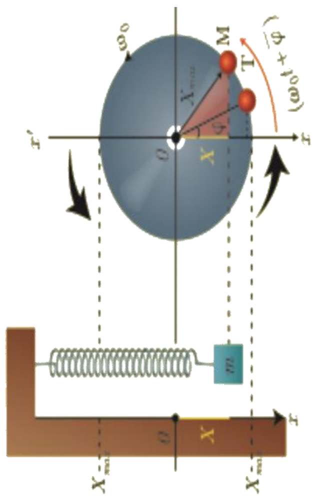
$$-k\bar{x} = m\,\bar{a}$$

$$-k\bar{x} = \sum \bar{F} = \bar{F}$$

$\boxed{\bar{F} = -k\bar{x}}$ **إن محصلة القوى في مركز عطالة الجسم في كل لحظة هي قوة ارجاع تعيد الجسم إلى مركز الاهتزاز دوماً (0) وتتناسب شدتها طرداً مع المطال $\bar{x}$، وتعاكسه بالإشارة .**

تطبيق. أكتب عناصر قوة الإرجاع

- **نقطة التأثير :** مركز عطالة الجسم الصلب
- **الحامل :** القطعة المستقيمة التي يرسمها مركز العطالة
- **الجهة :** نحو مركز التوازن 0 دوماً
- **الشدة :** $\boxed{\bar{F} = |-k\bar{x}|}$



العلاقة بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة (تمثيل فرينل)

- الطور الابتدائي للحركة $\bar{\varphi}$ هو الزاوية بين الشعاع $\overrightarrow{OM}$ والمحور $\overrightarrow{xx'}$ في اللحظة $t = 0$.
- طور الحركة $(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ هو الزاوية بين الشعاع $\overrightarrow{OM}$ والمحور $\overrightarrow{xx'}$ في اللحظة t.
- سعة الحركة X_{max} هي طويلة الشعاع $\overrightarrow{OM}$ الثابتة عند الدوران.
- النبض الخاص للحركة ω_0 يقابل السرعة الزاوية الثابتة التي تدور بها النقطة M.
- مطال الحركة $\bar{x}$ هو مسقط الشعاع $\overrightarrow{OM}$ على المحور $\overrightarrow{xx'}$ وهو متغير بتغير الزمن.
- النسبة: $cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) = \frac{\bar{x}}{X_{max}}$
- التابع الزمني لحركة المسقط تابع جيبي من الشكل: $\bar{x} = X_{max}cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$
لذلك تسمى الحركة جيبية انسحابية (توافقية بسيطة).

التابع الزمني للمطال : $\bar{X} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

دلالات الرموز :

- $\bar{X}$: المطال في اللحظة ويقدر بالمتر m
- X_{max} : المطال الأعظمي (سعة الاهتزاز) وتقدر بالمتر m
- ω_0 : النبض الخاص للحركة ويقدر $rad.s^{-1}$
- $(\omega_0 t + \bar{\varphi})$: طور الحركة في اللحظة t
- $\bar{\varphi}$: الطور الابتدائي في اللحظة $t = 0$ ويقدر بالراديان rad
- ندعو كل من $\bar{\varphi}$, ω_0, X_{max} ثوابت الحركة

سؤال نظري -2- انطلاقاً من العلاقة ($\bar{F} = m\bar{a} = -k\bar{x}$) استنتج طبيعة الحركة في النواس المرن (الهزازة التوافقية البسيطة) ومن ثم استنتج الدور الخاص (دورة 2013 - 2019 الأولى – 2015 الثانية)

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

لكن: $\bar{a} = (\bar{x})''_t$

نعوض فنجد: $m\,(\bar{x})''_t = -k\bar{x}$

$$(\bar{x})''_t = -\frac{k}{m}\bar{x} \dots (1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

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

نشتق مرتين:

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

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

$$(x)''_t = -\omega_0^2\bar{x} \dots (2)$$

بمطابقة 1 مع 2 نجد:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$ النبض الخاص للاهتزاز

- طبيعة الحركة: جيبية انسحابية بشرط $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} > 0$ ، وهذا محقق لأن m و" k موجبان

نستنتج : سؤال دورة 2019

إن حركة النواس المرن هي حركة جيبية انسحابية الشكل العام للتابع الزمني للمطال (الموضع) يعطى بالعلاقة :

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

- استنتاج الدور: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \xRightarrow{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}} T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} \overset{\text{نضرب بمقلوب المقام}}{=}$

علاقة الدور الخاص للنواس المرن غير المتخامد $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$

من هذه العلاقة نستنتج أن الدور الخاص :

- ✓ لا يتعلق بسعة الاهتزاز X_{max} ولا بتسارع الجاذبية الأرضية g
- ✓ يتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لكتلة الجسم المهتز m
- ✓ يتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لثابت صلابة النابض k

تطبيق (1) : نواس مرن ثابت صلابته $(k=50Nm^{-1})$ ويحمل جسماً صلباً كتلته $(m=2Kg)$ **والمطلوب :**

1- أحسب الدور الخاص للنواس و تواتر الاهتزاز ونبضه الخاص
2- إذا استبدلنا الكتلة المعلقة بكتلة أخرى $(m'=9m)$ ، أحسب الدور الخاص الجديد
3- أحسب قوة الإرجاع في نقطة مطالها $(2cm)$

.1 باعتبار أن $\pi^2 = 10 \Longrightarrow \pi = \sqrt{10}$

➢ حساب الدور:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2}{50}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{25}} \Rightarrow \boxed{T_0 = \frac{2\pi}{5}\ sec}$$

➢ حساب التواتر: وهو مقلوب الدور

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{5}{2\pi}Hz$$

➢ حساب النبض الخاص:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{5}} = \frac{1}{\frac{1}{5}} = 5\,rad.s^{-1}$$

.2 الفرض : $m' = 9\,m$

$$T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m'}{k}}$$

$$T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{9m}{k}}$$

$$T_0 = 3\left(2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\right)$$

$$T'_0 = 3T_0 \xrightarrow{T_0=\frac{2\pi}{5}sec} T'_0 = 3\times\frac{2\pi}{5} \Rightarrow \boxed{T'_0 = \frac{6\pi}{5}\ sec}$$

.3 $x = 2cm = 2\times10^{-2}m$

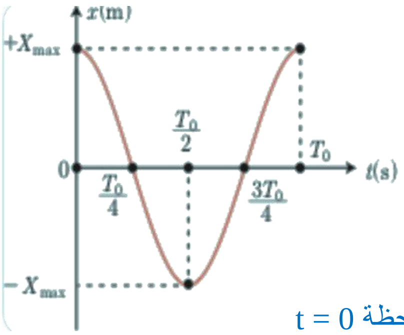
$$\bar{F} = -k\bar{x}$$

$$F = -50\times2\times10^{-2} = -100\times10^{-2} \Rightarrow \boxed{F = -1\,N}$$

سؤال نظري -3-

اكتب الشكل العام لتابع المطال موضحاً دلالات الرموز والواحدات الدولية، وفي شروط بدء مناسبة حيث $t = 0$ نفرض $\bar{x} = +X_{max}$ استنتج الشكل المختزل لتابع المطال ، ثم بيّن متى يكون المطال أعظمي ومتى يكون معدوم موضحاً بالرسم البياني لتابع المطال خلال دور واحد:

- **الشكل العام لتابع المطال : $\bar{x} = x_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$**
  - $\bar{x}$: المطال أو (موضع الجسم) في اللحظة ويقدر بالمتر m
  - X_{max} : سعة الحركة أو (المطال الأعظمي) وتقدر بالمتر m
  - ω_0 : النبض الخاص للحركة ويقدر $rad.s^{-1}$
  - $(\omega_0 t + \bar{\varphi})$: طور الحركة في اللحظة t
  - $\bar{\varphi}$: الطور الابتدائي في اللحظة $t = 0$ ويقدر بالراديان
  - ندعو كل من $\bar{\varphi}$, ω_0 , X_{max} ثوابت الحركة



- من شروط البدء المعطاة أن الجسم كان في مطاله الأعظمي الموجب $x = +x_{max}$ في اللحظة $t = 0$

نعوض الشروط في الشكل العام لتابع المطال: $\bar{x} = x_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

$$x_{max} = x_{max}\cos\bar{\varphi}$$

$$\cos\bar{\varphi} = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$

- الشكل المختزل لتابع المطال (أبسط شكل): $\boxed{\bar{x} = x_{max}\cos\omega_0 t}$

- تابع المطال بدلالة الدور : $\boxed{\bar{x} = x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}t} \Leftarrow \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

ملاحظة : لتحديد مطال الجسم (موضع الجسم x) في لحظة t معينة : نعوض اللحظة t المعطاة في تابع المطال $\boxed{\bar{x} = x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}t}$

مثال : حدد مطال الجسم في كل من اللحظات التالية : $\left(t = 0\ ,\ t = \frac{T_0}{2}\ \ ,\ t = \frac{3T_0}{2}\ ,\ t = \frac{3T_0}{4}\right)$

الحل :

✓ الجسم في المطال الأعظمي الموجب $t = 0 \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}(0) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos(0) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}(+1) \Rightarrow \boxed{\bar{x} = +x_{max}}$

✓ الجسم في المطال الأعظمي السالب $t = \frac{T_0}{2} \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}\left(\frac{T_0}{2}\right) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos(\pi) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}(-1) \Rightarrow \boxed{\bar{x} = -x_{max}}$

✓ الجسم في المطال الأعظمي السالب $t = \frac{3T_0}{2} \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}\left(\frac{3T_0}{2}\right) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos(3\pi) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}(-1) \Rightarrow \boxed{\bar{x} = -x_{max}}$

✓ الجسم في مركز الاهتزاز $t = \frac{3T_0}{4} \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}\left(\frac{3T_0}{4}\right) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}\cos\left(\frac{3\pi}{2}\right) \Rightarrow \bar{x} = x_{max}(0) \Rightarrow \boxed{x = 0}$

✓ واعتماداً على الملاحظة السابقة في ما يلي جدول لتغيرات المطال بدلالة الزمن خلال دورين كاملين :

اللحظة t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{2T_0}{4} = \frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	$\frac{4T_0}{4} = T_0$	$\frac{5T_0}{4}$	$\frac{6T_0}{4} = \frac{3T_0}{2}$	$\frac{7T_0}{4}$	$\frac{8T_0}{4} = 2T_0$
المطال $\bar{x}$	$+x_{max}$	0	$-x_{max}$	0	$+x_{max}$	0	$-x_{max}$	0	$+x_{max}$

- المطال أعظمي (طويلة) في الوضعين الطرفيين $x = |\pm x_{max}|$ ، ومعدوم في مركز الاهتزاز (وضع التوازن) $x = 0$

تطبيق (2) : نابض مرن مهمل الكتلة حلقاته متباعدة ثابت صلابته (k) نعلق في نهايته كتلة (m=1kg) فتهتز بدور $(T_0 = 2\ s)$

والمطلوب.

1- أحسب ثابت صلابة النابض
2- أحسب الاستطالة السكونية
3- إذا استبدلنا بالنابض نابض آخر ثابت صلابته $(k' = 2k)$ ، أحسب الدور الجديد (T'_0)
4- نشد الكتلة نحو الأسفل ونتركها بدون سرعة ابتدائية في المطال الاعظمي الموجب ($t = 0$ و $\bar{x} = 10cm$) استنتج التابع الزمني للمطال انطلاقاً من شكله العام مبيّناً قيم ثوابته (قبل استبدال النابض). باعتبار $(\pi^2 = 10)$

.1 يحسب k من : $k = m.\omega_0^2$ أو من علاقة الدور بعد تربيعها

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\overset{\text{نربع}}{\Rightarrow} T_0^2 = 4\pi^2\frac{m}{k} \overset{\text{نعزل } k}{=} k = 4\pi^2\frac{m}{T_0^2}$$

$$k = 4 \times 10 \times \frac{1}{4} \Rightarrow \boxed{k = 10\ N.m^{-1}}$$

.2 $k\,x_0 = m.g$

$$x_0 = \frac{mg}{k} \underset{\text{نعوض}}{=} x_0 = \frac{1\times10}{10}$$

$$\boxed{x_0 = 1(m)}$$

.3 $k' = 2k$

$$T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k'}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$T'_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\right) \Rightarrow T'_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}T_0$$

$$\boxed{\overset{\text{نعوض}}{=} T'_0 = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}sec}$$

.4 $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{2} = \pi\ rad.s^{-1}$$

ترك دون سرعة ابتدائية: $x = X_{max} = 10\ cm$

$$x = X_{max} = 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}m$$

- تعيين $\bar{\varphi}$ من شروط البدء:

$t = 0$ ، $x = +X_{max}$ (مطال أعظمي موجب)

$$+X_{max} = X_{max}\cos\bar{\varphi}$$

$$\cos\bar{\varphi} = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\boxed{\bar{x} = 10^{-1}\cos\pi t\quad(m)}$$

تطبيق (3): هزازة جيبية انسحابية تحمل جسم كتلته **(m=100g)** نسحب الجسم نحو الأسفل ونتركه بدون سرعة ابتدائية فيرسم قطعة مستقيمة طولها **(L=10cm)** بتواتر **(f_0=5Hz)** باعتبار $(\pi^2 = 10)$ **والمطلوب :**

1- استنتج التابع الزمني انطلاقاً من شكله العام علماً أن الجسم كان في المطال الأعظمي الموجب ساكن آنياً لحظة بدء الزمن

2- أحسب ثابت صلابة النابض

من المعطيات: $m = 100.10^{-3} = 10^{-1} kg$

$f_0 = 5Hz$

تعيين X_{max} : طول القطعة $L = 10cm = 2X_{max}$

$$\Rightarrow X_{max} = \frac{10}{2} = 5\ cm$$

$$\boxed{X_{max} = 5 \times 10^{-2} m}$$

.1 $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$

$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times 5 = 10\pi\ rad.s^{-1}$

- تعيين $\bar{\varphi}$ من شروط البدء:

$x = +X_{max}$ (مطال أعظمي موجب)، $t = 0$

$$+X_{max} = X_{max}\cos\bar{\varphi}$$

$$\cos\bar{\varphi} = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$

$$\boxed{\bar{x} = 5 \times 10^{-2} \cos 10\pi t \quad (m)}$$

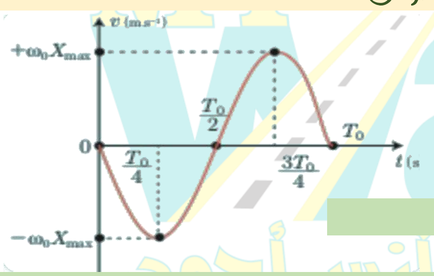
.2 $k = m.\omega_0^2$

$k = 10^{-1} \times (10\pi)^2 \Rightarrow 10^{-1}.100.\pi^2$

$$\boxed{k = 100\ N.m^{-1}}$$

سؤال نظري -4-

انطلاقاً من الشكل لتابع المطال $\bar{x} = x_{max}\cos\omega_0 t$ استنتج تابع السرعة ، وبيّن متى تكون السرعة أعظمية ومتى تكون معدومة موضحاً بالرسم البياني لتابع السرعة خلال دور واحد: دورة 2015 الأولى ـ 2017 الأولى



- تابع السرعة : هو المشتق الأول لتابع المطال بالنسبة للزمن ، نشتق فنجد

$$\bar{v} = (\bar{x})'_t$$

$$\bar{v} = -\omega_0 x_{max} \sin\omega_0 t$$

$$\bar{v} = -\omega_0 x_{max} \sin\frac{2\pi}{T_0} t$$

ملاحظة :

- لتحديد سرعة الجسم في لحظة t معينة : نعوض اللحظة t المعطاة في تابع السرعة

$$\boxed{\bar{v} = -\omega_0 x_{max} \sin\frac{2\pi}{T_0} t}$$

- لتحديد اتجاه حركة الجسم حسب اشارة سرعته فإذا كانت السرعة سالبة فحركة الجسم في الاتجاه السالب أي (من $+x_{max}$ إلى $-x_{max}$) والعكس صحيح

مثال : حدد سرعة وجهة حركة الجسم في كل من اللحظات التالية : $\left(t = 0\ ,\ t = \frac{T_0}{2}\ ,\ t = \frac{3T_0}{2}\ ,\ t = \frac{3T_0}{4}\right)$

✓ **الحل : اعتماداً على الملاحظة السابقة وفي مايلي جدول لتغيرات السرعة بدلالة الزمن خلال دورين كاملين :**

اللحظة t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{2T_0}{4} = \frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	$\frac{4T_0}{4} = T_0$	$\frac{5T_0}{4}$	$\frac{6T_0}{4} = \frac{3T_0}{2}$	$\frac{7T_0}{4}$	$\frac{8T_0}{4} = 2T_0$
السرعة $\bar{v}$	0	$-\omega_0 x_{max}$	0	$+\omega_0 x_{max}$	0	$-\omega_0 x_{max}$	0	$+\omega_0 x_{max}$	0
اتجاه الحركة	معدومة	اتجاه سالب	معدومة	اتجاه موجب	معدومة	اتجاه سالب	معدومة	اتجاه موجب	معدومة

- السرعة عظمى : $\sin\omega_0 t = \pm 1 \Rightarrow \cos\omega_0 t = 0$

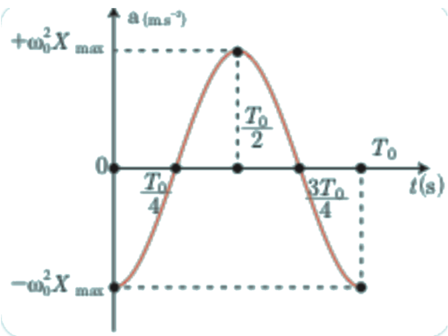
$\Rightarrow x = 0 \Rightarrow v_{max} = |\pm\omega_0 x_{max}|$ عظمى طويلة

أي تكون السرعة عظمى (طويلة) عند المرور بوضع التوازن (0)

- السرعة معدومة : $v = 0 \Rightarrow \sin\omega_0 t = 0 \Rightarrow \cos\omega_0 t = \pm 1 \Rightarrow x = \pm x_{max}$

أي تنعدم السرعة عند المرور في الوضعين الطرفيين (المطالين الأعظميين)

سؤال نظري - 5- انطلاقاً من الشكل لتابع المطال $\bar{x} = x_{max}\cos\omega_0 t$ استنتج تابع التسارع ، وبيّن متى يكون التسارع أعظمي ومتى يكون معدوم ، موضحاً بالرسم البياني لتابع التسارع خلال دور واحد: [دورة 2014, 2018 الثانية]



- تابع التسارع: هو المشتق الأول لتابع السرعة أو المشتق الثاني لتابع المطال

$$\bar{a} = (\bar{v})'_t = (\bar{x})''_t$$
$$\bar{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 x_{max}\sin\omega_0 t$$
$$\bar{a} = (\bar{v})'_t = -\omega_0^2 x_{max}\cos\omega_0 t$$
$$\bar{a} = -\omega_0^2 x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}t$$

نلاحظ : التسارع غير ثابت تتغير قيمته بتغيير المطال **فالحركة متغيرة فقط**

$$\bar{a} = -\omega_0^2\,\bar{x} \neq const$$

أي يتناسب التسارع طرداً مع المطال $\bar{x}$ ويعاكسه اشارة ويتجه دوماً نحو مركز الاهتزاز

ملاحظة : لتحديد تسارع الجسم في لحظة t معينة : **نعوض اللحظة t المعطاة في تابع التسارع** $\boxed{\bar{a} = -\omega_0^2 x_{max}\cos\frac{2\pi}{T_0}t}$

مثال : حدد تسارع الجسم في كل من اللحظات التالية : $\left(t = 0\ ,\ t = \frac{T_0}{2}\ \ ,\ t = \frac{3T_0}{2}\ ,\ t = \frac{3T_0}{4}\right)$

✓ **الحل : اعتماداً على الملاحظة السابقة وفي مايلي جدول لتغيرات التسارع بدلالة الزمن خلال دورين كاملين :**

اللحظة t	0	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{2T_0}{4} = \frac{T_0}{2}$	$\frac{3T_0}{4}$	$\frac{4T_0}{4} = T_0$	$\frac{5T_0}{4}$	$\frac{6T_0}{4} = \frac{3T_0}{2}$	$\frac{7T_0}{4}$	$\frac{8T_0}{4} = 2T_0$
التسارع $\bar{a}$	$-\omega_0^2 x_{max}$	0	$+\omega_0^2 x_{max}$	0	$-\omega_0^2 x_{max}$	0	$+\omega_0^2 x_{max}$	0	$-\omega_0^2 x_{max}$

- يكون التسارع أعظمي (طويلة) : عند المرور في الوضعين الطرفيين $x = \pm x_{max} \Rightarrow a_{max} = |\pm\omega_0^2 x_{max}|$
- يكون التسارع معدوم : في وضع التوازن (مركز التوازن) $x = 0 \Rightarrow a = 0$

تطبيق (4): هزازة توافقية بسيطة كانت في مبدأ الزمن في المطال الأعظمي السالب وسعة الاهتزاز **(10cm)** ساكنة آنياً فاهتزت بدور خاص **(8s)** باعتبار أن $(\pi^2 = 10)$ ، **والمطلوب :**

1- استنتج التابع الزمني للمطال انطلاقاً من شكله العام
2- استنتج تابع السرعة وتابع التسارع .

من المعطيات: سعة الاهتزاز $X_{max} = 10.10^{-2} = 10^{-1} m$

الدور الخاص $T_0 = 8(sec)$

.1 $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4} rad.s^{-1}$$

- سعة الاهتزاز : $X_{max} = 0.1\ m$

تعيين $\bar{\varphi}$ من شروط البدء: $x = -X_{max}$، $t = 0$

$$-X_{max} = X_{max}\cos\bar{\varphi}$$
$$\cos\bar{\varphi} = -1 \Longrightarrow \varphi = \pi\, rad$$
$$\boxed{\bar{x} = 0.1\cos\left(\frac{\pi}{4}t + \pi\right)\quad (m)}$$

.2 تابع السرعة هو مشتق تابع المطال بالنسبة للزمن لمرة واحد

$$\bar{v} = (\bar{x})'_t \Rightarrow \bar{v} = -\frac{\pi}{4}\times 0.1\sin\left(\frac{\pi}{4}t + \pi\right)$$
$$\boxed{\bar{v} = -\frac{\pi}{40}\sin\left(\frac{\pi}{4}t + \pi\right)\quad m.s^{-1}}$$

تابع التسارع هو المشتق الثاني للمطال أو المشتق الأول للسرعة بالنسبة للزمن.

$$\bar{a} = (\bar{v})'_t = -\frac{\pi}{40}\times\frac{\pi}{4}\cos\left(\frac{\pi}{4}t + \pi\right)$$
$$\boxed{\bar{a} = -\frac{1}{16}\cos\left(\frac{\pi}{4}t + \pi\right)\ (m.s^{-2})}$$

تطبيق (5): نابض مرن مهمل الكتلة حلقاته متباعدة ثابت صلابته (k) نعلق في نهايته جسم كتلته (m=1kg) نشدّه نحو الأسفل فيكون التابع الزمني لمطال حركته $\bar{x} = 0.4\cos 20t$ ، **والمطلوب:**

1- أوجد سعة الاهتزاز ودور الحركة وتواترها
2- أوجد ثابت صلابة النابض و الاستطالة السكونية
3- أوجد تابع السرعة وتابع التسارع
4- حدد موضع الجسم لحظة بدء الزمن
5- حدد موضع الجسم في لحظة $(t = \frac{\pi}{60}s)$

من المعطيات: $\bar{x} = 0.4\cos(20t + 0)$ قارن مع الشكل العام:

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

.1
- سعة الاهتزاز: $x_{max} = 0.4\ m$
  النبض الخاص: $\omega_0 = 20 rad.s^{-1}$
- دور الحركة: $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{20} = \frac{\pi}{10} sec$
- التواتر هو مقلوب الدور: $f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{10}{\pi}\ Hz$

.2
- ثابت الصلابة: $k = m.\omega_0^2 = 1.(20)^2 = 400\ N.m^{-1}$
- الاستطالة السكونية: $x_0 = \frac{mg}{k} = \frac{1\times10}{400} = \frac{1}{40}m$

.3
- تابع السرعة: $\bar{v} = (\bar{x})'_t$
  $\bar{v} = -0.4\times 20\sin 20t$
  $\boxed{\bar{v} = -8\sin 20t\quad m.s^{-1}}$
- تابع التسارع: $\bar{a} = (\bar{v})'_t$
  $\bar{a} = -8\times 20\cos 20t$
  $\boxed{\bar{a} = -160\cos 20t\quad m.s^{-2}}$

.4 لتحديد موضع جسم في أي المطال (x) يجب تعويض الزمن بقيمته في تابع المطال ، لحظة بدء الزمن $t = 0$

$$x = 0.4\cos 20(0) \xrightarrow{\cos(0)=1} \boxed{x = 0.4\ m}$$

.5 $t = \frac{\pi}{60}sec$

$$x = 0.4\cos\left(20\times\frac{\pi}{60}\right) \xrightarrow{\cos(\frac{\pi}{3})=\frac{1}{2}} x = 0.4\times\frac{1}{2} \to \boxed{x = 0.2\ m}$$

سؤال نظري -6-

استنتج علاقة الطاقة الميكانيكية في الهزازة التوافقية البسيطة (النواس المرن) ، **وبيّن** شكل الطاقة في كل من الوضعين الطرفيين ووضع التوازن وبالاقتراب والابتعاد عن كل منهما **موضحاً** بالرسم البياني [دورة 2016 أولى]

- **الطاقة الميكانيكية (الكلية)** (E_{tot}) هي مجموع طاقتين كامنة مرونية وحركية

$$E_{tot}\text{ميكانيكية} = E_k\text{حركية} + E_p\text{كامنة}$$

علماً أن: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ الطاقة الكامنة المرونية ، $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ الطاقة الحركية

$$E_{tot} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

نعوض كل من تابع المطال وتابع السرعة في علاقة الطاقة E_{tot}

تابع المطال: $\bar{x} = x_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

تابع السرعة: $\bar{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 x_{max}\sin \omega_0 t + \bar{\varphi})$

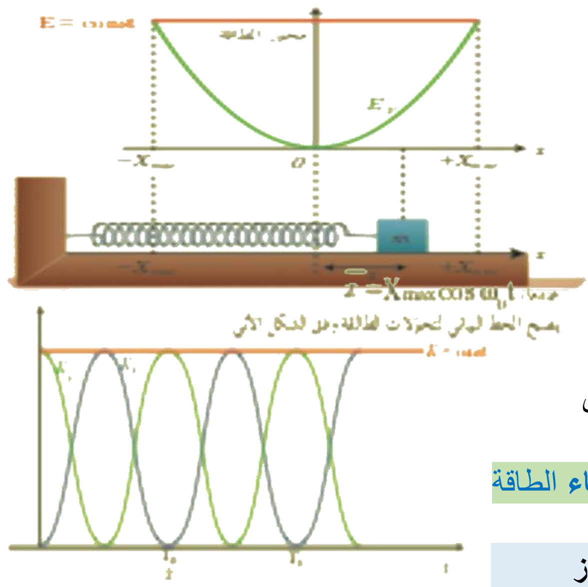
$$E_{tot} = \frac{1}{2}m\omega_0^2X_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi}) + \frac{1}{2}kX_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

ولكن: $k = m\omega_0^2$ نعوض ونخرج عامل مشترك $\sin^2x+\cos^2x=1$

$$E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2\left[\sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi}) + \cos^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})\right]$$

$$\sin^2x+\cos^2x=1\ \boxed{\Rightarrow E_{tot} = \frac{1}{2}kx_{max}^2 = const}$$

نلاحظ أن الطاقة الميكانيكية ثابتة وتتناسب طرداً مع مربع سعة الاهتزاز



- **مناقشة الطاقة :**

✓ في الوضعين الطرفين :

$$x = x_{max} \rightarrow v = 0 \rightarrow E_k = 0 \rightarrow E_{tot} = E_p$$

✓ عند مرور المتحرك في وضع التوازن :

$$x = 0 \rightarrow E_p = 0 \rightarrow E_{tot} = E_k$$

✓ باقتراب المتحرك من مركز التوازن :

تزداد v ،فتزداد E_k وتنقص E_p حتى تنعدم في مركز التوازن 0 وتبقى E_{tot} ثابتة .

✓ بابتعاد الجسم عن مركز التوازن

تتناقص v فتنقص E_k وتزداد E_p لتصبح $E_{tot} = E_p$ في الوضعين الطرفيين $x = \pm x_{max}$ وتبقى E_{tot} ثابتة.

نلاحظ أنه يحدث أثناء الاهتزاز تبادل من كامنة إلى حركية وبالعكس مع بقاء الطاقة الميكانيكية بإهمال القوى المبددة للطاقة.

تطبيق (6) : نقطة مادية كتلتها (1kg) تهتز بحركة توافقية بسيطة وبسعة اهتزاز (10cm) وبنبض خاص ($\omega_0 = \frac{\pi}{2} rad.s^{-1}$) ولحظة بدء الزمن ($x = +X_{max}$) وباعتبار ($\pi^2 = 10$) والمطلوب :

1- أحسب الطاقة الميكانيكية لهذه الهزازة

2- أحسب قيمة التسارع لحظة بدء الزمن وشدة قوة الإرجاع حينئذ

3- أحسب الطاقة الحركية للنقطة المادية في نقطة مطالها (0.01m)

4- أحسب الطاقة الحركية في نقطة مطالها ($\frac{X_{max}}{3}$)

من المعطيات : $\omega_0 = \frac{\pi}{2} rad.s^{-1}$ ، $m = 1\,kg$

سعة الاهتزاز: $X_{max} = 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}\,m$

.1 $E = \frac{1}{2} k\, X_{max}^2$

نحسب k أولاً: $k = m.\omega_0^2 = 1.\frac{\pi^2}{4} = \frac{10}{4} = \frac{5}{2} N.m^{-1}$

$$E_{tot} = \frac{1}{2} . \frac{5}{2} . 10^{-2}$$

$$\boxed{E_{tot} = \frac{5}{4} \times 10^{-2}\,J}$$

.2 لحظة بدء الزمن: $t = 0 \Longrightarrow x = +X_{max}$

حساب التسارع : $\bar{a} = -\omega_0^2 . x = -\omega_0^2 . X_{max}$

$$\boxed{\bar{a} = -\frac{\pi^2}{4} \times 10^{-1} = -\frac{1}{4}\,m.s^{-2}}$$

حساب شدة قوة الإرجاع: $\bar{F} = |-k\bar{x}|$

$$\bar{F} = \left|-\frac{10}{4} \times 10^{-1}\right| \rightarrow \boxed{F = \frac{1}{4} N}$$

.3 $x = 0.01\,m = 1 \times 10^{-2} m$

$$E_k = E_{tot} - E_p = \frac{1}{2} k X_{max} - \frac{1}{2} k x^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} k (x_{max}^2 - x^2)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times \frac{10}{4} (100 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-4})$$

$$E_k = \frac{10}{8} (99 \times 10^{-4})$$

$$\boxed{E_k = \frac{99}{8} . 10^{-3} J}$$

.4 $E_k = \frac{1}{2} k (X_{max}^2 - x^2)$

فرضاً: $x = \frac{X_{max}}{3} \Longleftarrow E_k = \frac{1}{2} k \left(X_{max}^2 - \frac{X_{max}^2}{9}\right)$

$$E_k = \frac{1}{2} k X_{max}^2 \left(1 - \frac{1}{9}\right) \rightarrow E_k = \left(1 - \frac{1}{9}\right) E_{tot}$$

$$E_k = \frac{8}{9} E_{tot} \rightarrow E_k = \frac{8}{9} \times \frac{5}{4} \times 10^{-2}$$

$$\boxed{E_k = \frac{1}{9} . 10^{-1} J}$$

تطبيق (7): اقرأ الخط البياني المجاور وأجب عن الأسئلة الآتية:

1- ماذا يمثل الخط البياني.
2- عين شروط البدء واستنتج التابع الزمني للمطال انطلاقاً من شكله العام.
3- عين زمن مرور الجسم بوضع التوازن للمرة الأولى.

1. يمثل تابع المطال في النواس المرن.
2. من الخط البياني:

في اللحظة $t = 0$ يكون الجسم في $x = +X_{max}$

$x = +X_{max} = 5cm = 5 \times 10^{-2}$ ، $v = 0$

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

حساب T_0 من الخط البياني:

$$\frac{T_0}{4} = \frac{1}{2} \Longrightarrow T_0 = \frac{4}{2} = 2\,sec$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{2} = \pi\, rad.s^{-1}$$

تعيين $\bar{\varphi}$ من شروط البدء: عند $t = 0$ يكون الجسم في $x = +X_{max}$

$$+X_{max} = X_{max} cos\bar{\varphi}$$

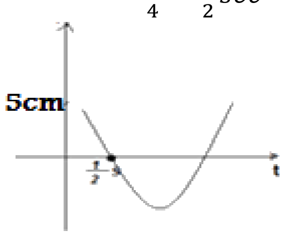
$$cos\bar{\varphi} = +1 \Longrightarrow \varphi = 0$$

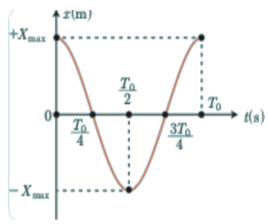
$$\boxed{\bar{x} = 5.10^{-2}\cos(\pi t) \quad (m)}$$

3. زمن المرور الأول: $t = \frac{T_0}{4}$

$$t = \frac{T_0}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} sec$$

- أو فوراً من الرسم البياني: $\frac{T_0}{4} = \frac{1}{2} sec$





نقارن الخط البياني المعطى مع الخط البياني لتابع المطال

سؤال نظري -7-: أثبت صحة العلاقة: $\mathbf{v = \omega_0\sqrt{X_{max}^2 - x^2}}$ في الحركة التوافقية البسيطة.

الطريقة الأولى:

$$E_{tot} = E_P + E_k$$

$$\xrightarrow{\text{نعزل } E_k} E_k = E_{tot} - E_P$$

$$\xlongequal{\text{نعوض قانون كل طاقة}} \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kX_{max}^2 - \frac{1}{2}kx^2$$

$$\xlongequal{\text{نخرج عامل مشترك } \frac{1}{2}k} \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k(X_{max}^2 - x^2)$$

$$\xrightarrow{\text{نختصر } \frac{1}{2}} mv^2 = k(X_{max}^2 - x^2)$$

$$\xrightarrow{\text{نعزل } v^2} v^2 = \frac{k}{m}(X_{max}^2 - x^2)$$

لكن: $\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Longrightarrow$

$$v^2 = \omega_0^2(X_{max}^2 - x^2) \xlongequal{\text{نجذر الطرفين}}$$

العلاقة الذهبية: $\boxed{\mathbf{v = \omega_0\sqrt{X_{max}^2 - x^2}}}$

من هذه العلاقة نستطيع حساب سرعة حركة جسم عُلم مطاله $\bar{x}$

الطريقة الثانية:

$$\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 + \bar{\varphi}) \Longrightarrow \frac{x^2}{X_{max}^2} = COS^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi}) \Longrightarrow \frac{v^2}{\omega^2 X_{max}^2} = \sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

نجمع المعادلتين كل طرف إلى طرف نجد:

$$\frac{x^2}{X_{max}^2} + \frac{v^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} = \cos^2(\omega_0 t + \bar{\varphi}) + sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

ولكن: $\cos^2(\omega_0 t + \bar{\varphi}) + sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi}) = 1$

$$\frac{x^2}{X_{max}^2} + \frac{v^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} = 1 \xlongequal{\text{نوحد المقامات}}$$

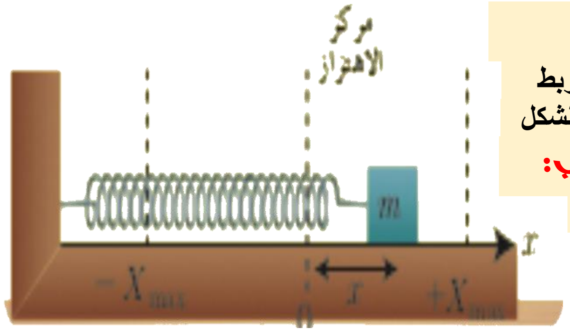
$$\frac{\omega_0^2 x^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} + \frac{v^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} = 1 \xlongequal{\text{المقام مشترك}} \frac{\omega_0^2 x^2 + v^2}{\omega_0^2 X_{max}^2} = 1$$

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

$$\xrightarrow{\text{نعزل } v^2} v^2 = \omega_0^2 X_{max}^2 - \omega_0^2 x^2 \xlongequal{\text{نخرج عامل مشترك}}$$

$$v^2 = \omega_0^2(X_{max}^2 - x^2) \xlongequal{\text{نجذر الطرفين}}$$

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



سؤال نظري -8-

نابض مرن مهمل الكتلة حلقاته متباعدة ثابت صلابته k، مثبت من أحد طرفيه، ويربط بطرفه الآخر جسم صلب كتلته m يمكنه أن يتحرك على سطح أفقي أملس، كما في الشكل المجاور، نشد الجسم مسافة أفقية مناسبة ، ونتركه دون سرعة ابتدائية. **المطلوب:**

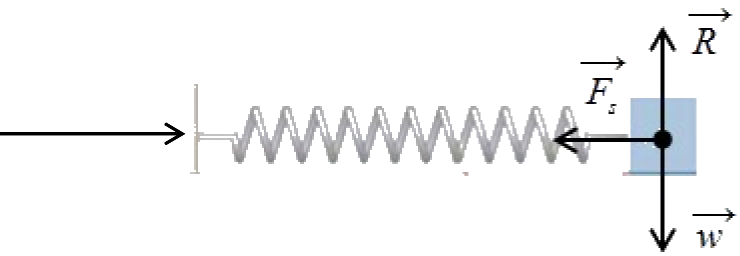
a. ادرس حركة الجسم، و استنتج التابع الزمني للمطال.

b. استنتج علاقة الطاقة الحركية للجسم بدلالة X_{max} في كل من الموضعين: A و B $x_A = -\frac{X_{max}}{2}$ و $x_B = +\frac{X_{max}}{\sqrt{2}}$، ماذا تستنتج؟

a) دراسة حركة الجسم واستنتاج التابع الزمني للمطال :

جملة المقارنة: خارجية.

الجملة المدروسة: النواس المرن



- **يؤثر في مركز عطالة الجسم:**

قوة توتر النابض: $\vec{F_s}$ ، قوة الثقل: $\vec{W}$ ، قوة رد فعل السطح: $\vec{R}$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$\vec{W} + \vec{R} + \vec{F_s} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور أفقي موجّه كما في الشكل: $-F_s = m\bar{a} \quad (*)$

- **تؤثر على النابض :** القوة $\vec{F_s}'$ التي تسبّب له الاستطالة x حيث: $F_s' = F_s = k\bar{x}$

بالتعويض في $(*)$ نجد: $-k\bar{x} = m\bar{a}$

بما أن حركة الجسم مستقيمة فالتسارع الناظمي معدوم و التسارع الكلي هو : تسارع مماسي $\bar{a} = \bar{a}_t = (\bar{x})_t''$

$$-k\bar{x} = m(\bar{x})_t''$$

$\boxed{(\bar{x})_t'' = -\left(\frac{k}{m}\right)\bar{x} \ldots\ldots (1)}$ معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

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

للتحقق من صحة الحل: نشتق التابع مرتين بالنسبة للزمن نجد: $(\bar{x})_t' = \bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

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

$$\boxed{(\bar{x})_t'' = \omega_0^2\bar{x} \ldots\ldots (2)}$$

بالمقارنة بين (1) و (2) نجد ان: $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ ومنه: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} > 0$ وهذا محقق لأنّ k, m موجبان.

حركة الجسم هي **حركة جيبية انسحابية** التابع الزمني للمطال يعطى بالعلاقة: $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

b) **استنتاج علاقة الطاقة الحركية للجسم بدلالة** X_{max} : $E_{tot} = E_P + E_k \Rightarrow E_k = E_{tot} - E_p$

$$E_k = \frac{1}{2}kX_{max}^2 - \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow \boxed{E_k = \frac{1}{2}k(X_{max}^2 - x^2)}$$

$$\bar{x}_A = -\frac{X_{max}}{2} \Rightarrow E_{k_A} = \frac{1}{2}k(X_{max}^2 - x^2) = \frac{1}{2}k\left(X_{max}^2 - \frac{X_{max}^2}{4}\right) = \frac{3}{4}\left(\frac{1}{2}k\,X_{max}^2\right) = \frac{3}{4}E_{tot}$$

$$\boxed{\bar{x}_A = -\frac{X_{max}}{2} \Rightarrow E_{k_A} = \frac{3}{4}E_{tot}}$$

$$\bar{x}_B = +\frac{X_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow E_{k_B} = \frac{1}{2}k(X_{max}^2 - x^2) = \frac{1}{2}k\left(X_{max}^2 - \frac{X_{max}^2}{2}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}k\,X_{max}^2\right) = \frac{1}{2}E_{tot}$$

$$\boxed{\bar{x}_B = +\frac{X_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow E_{k_B} = \frac{1}{2}E_{tot}}$$

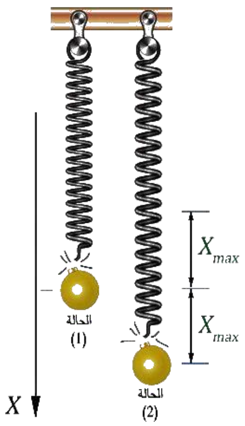
أي أن المطال الذي تتساوى عنده الطاقتين الكامنة المرونية والحركية هو $\bar{x}_B = +\frac{X_{max}}{\sqrt{2}}$

النتيجة: تنقص الطاقة الحركية للجسم بازدياد مطاله و بالتالي تزداد طاقته الكامنة.

سؤال نظري -9-

جسم معلق بنابض مرن شاقولي حلقاته متباعدة يهتز بدوره الخاص، ما نوع حركة الجسم بعد انفصاله عن النابض في كل من الموضعين الآتيين، ولماذا؟

a. مركز الاهتزاز، وهو يتحرك بالاتجاه السالب؟
b. المطال الأعظمي الموجب؟



لحظة انفصال الجسم يخضع لقوة ثقله فقط $\vec{W} = m\vec{g}$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{W} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \vec{g} = \overrightarrow{const}$$

a. **الانفصال في مركز الاهتزاز:** في مركز الاهتزاز تكون سرعة الجسم عظمى أي عند انفصال الجسم في هذا المطال تكون سرعته الابتدائية عظمى أي أن الجسم يُقذف (حالة قذف شاقولي نحو الاعلى لأن الجسم مزود بسرعة ابتدائية و الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

طورها الاول صعود (متباطئة بانتظام) وطورها الثاني هبوط (متسارعة بانتظام).

b. **الانفصال في المطال الأعظمي الموجب:** في المطالين الأعظميين تنعدم سرعة الجسم أي عند انفصال الجسم في هذا المطال تكون سرعته الابتدائية معدومة أي أنه يسقط سقوطاً حراً .

ملاحظات حل مسائل النواس المرن

1. الدور الخاص وواحدته (sec)

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_{0\,\text{النبض}}}$$

T_0 حسب المعطيات من إحدى الطرق الثلاثة

(تجريبياً $T_0 = \frac{t\ \text{زمن الهزات}}{N\ \text{عدد الهزات}}$)

✓ الدور الخاص للنواس المرن لاعلاقة له بالجاذبية g ولا بسعة الاهتزاز X_{max} (يعني لما يغيرن يبقى الدور كما هو $(T'_0 = T_0$)

✓ الدور الخاص للنواس المرن له علاقة بالكتلة m (تناسب طردي) وبثابت صلابة النابض k (تناسب عكسي)

2. الاستطالة السكونية: $mg = kx_0 \Rightarrow \boxed{x_0 = \frac{m.g}{k}}$

وإذا لم تعطى قيم m , k

✓ نستطيع تبديل $k = m.\omega_0^2$ فيكون $x_0 = \frac{m.g}{k} \Rightarrow x_0 = \frac{m.g}{m.\omega_0^2} \Rightarrow \boxed{x_0 = \frac{g}{\omega_0^2}}$

✓ $mg = kx_0 \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{x_0}{g} \xRightarrow{\text{نعوض بدل } \frac{m}{k} \text{ في علاقة الدور}} T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}} \xRightarrow{\text{نربع ونعزل } x_0}$

3. قوة الارجاع (N) $\bar{F} = -k\bar{x}$
التسارع $(m.s^{-2})$ $\bar{a} = -\omega_0^2\bar{x}$

لما يطلبن رح يعطي قيمة المطال x أو (اللحظة $t = 0$ تكون مثلاً $x = +X_{max}$)

✓ شدة قوة الارجاع بالقيمة المطلقة والتسارع عندئذٍ يكون موجب $a = \frac{F\ \text{قوة الإرجاع}}{m}$ $\quad \sum F = m.a \Rightarrow a = \frac{\sum F}{m}$ مصحلة القوى هي قوة إرجاع

4. ثابت صلابة النابض k $(N.m^{-1})$

✓ إذا أعطانا النبض الخاص ω_0 : $\boxed{k = m.\omega_0^2}$

✓ أو نحسبه من علاقة الدور بعد تربيعها: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \xrightarrow{\text{نربع}} T_0^2 = 4\pi^2\frac{m}{k} \Rightarrow \boxed{k = 4\pi^2\frac{m}{T_0^2}}$

5. استنتاج التابع الزمني:

1) نكتب الشكل العام: $\boxed{\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})}$

2) نعين الثوابت: ω_0 , X_{max} , $\bar{\varphi}$

3) نعوض الثوابت بالشكل العام

♥ تعيين ω_0 النبض الخاص $(rad.s^{-1})$: $\boxed{\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}}$ أو $\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}}$

♥ تعيين سعة الحركة ، سعة الاهتزاز ، ضمن جدول مرونة النابض ، $\frac{\text{طول القطعة المستقيمة}}{2}$ $\xLeftarrow{\text{تعني كلها}}$ $\boxed{X_{max}}$

♥ تعيين $\bar{\varphi}$ من شروط البدء ↓

في الوضعيين الطرفيين $x = \pm X_{max}$ تنعدم السرعة في كلا الاتجاهين $v = 0$	الاتجاه الموجب: $v > 0$ السرعة موجبة ، الاتجاه السالب: $v < 0$ السرعة سالبة
▪ شروط البدء : $t = 0$, $x = +X_{max}$ تركت دون سرعة ابتدائية **نعوض شروط البدء بتابع المطال :** $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ $+X_{max} = X_{max}\cos(\bar{\varphi}) \Rightarrow \cos\varphi = 1 \Rightarrow \boxed{\varphi = 0}$ ▪ شروط البدء : $t = 0$, $x = -X_{max}$ تركت دون سرعة ابتدائية **نعوض شروط البدء بتابع المطال :** $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ $-X_{max} = X_{max}\cos(\bar{\varphi}) \Rightarrow \cos\varphi = -1 \Rightarrow \boxed{\varphi = \pi\, rad}$	▪ شروط البدء : $t = 0$, $x = \frac{X_{max}}{2}$ الاتجاه سالب مثلاً نعوض شروط البدء بتابع المطال : $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ $\frac{X_{max}}{2} = X_{max}\cos(\frac{\pi}{2}(0) + \bar{\varphi})$ $\Rightarrow \cos\varphi = +\frac{1}{2}\begin{cases}\varphi = +\frac{\pi}{3}\, rad & \text{إما)} \\ \varphi = -\frac{\pi}{3}\, rad & \text{أو)}\end{cases}$ نختار φ قيمة التي تجعل السرعة سالبة: $\bar{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ نعوض شروط البدء $t = 0$, $v < 0$ لأن الاتجاه سالب: $\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin\bar{\varphi} < 0$ $\varphi = +\frac{\pi}{3} \Rightarrow \bar{v} = \underbrace{-}_{\text{سالب}}\omega_0 X_{max}\underbrace{\sin\left(+\frac{\pi}{3}\right)}_{\text{موجب}} < 0 \Rightarrow v < 0$ مقبول $\varphi = -\frac{\pi}{3} \Rightarrow \bar{v} = \underbrace{-}_{\text{سالب}}\omega_0 X_{max}\underbrace{\sin\left(-\frac{\pi}{3}\right)}_{\text{سالب}} > 0 \Rightarrow v > 0$ مرفوض

6. السرعة الخطية لمركز عطالة الجسم
- تابع السرعة: $\bar{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$
- السرعة العظمى طويلة(موجبة): $\boxed{v_{max} = \omega_0 X_{max}}$
- سرعة المرور الاول بوضع التوازن في كلا الاتجاهين $(t = 0\,, x = \pm X_{max})$: $\boxed{v = \pm\omega_0 X_{max}}$

7. تعيين (زمن) أو لحظات المرور بوضع التوازن لعدة مرات :

1) نعدم تابع المطال لأن في وضع التوازن $x = 0$ ← $0 = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

$X_{max} \neq 0 \Rightarrow \cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) = 0$

2) نضع بدل (0) $\cos\left(\frac{\pi}{2} + \pi k\right)$ لأن $\cos\left(\frac{\pi}{2} + \pi k\right) = 0$ حيث k عدد الدورات التي ينعدم عندها الـcos: $k =$

$0, 1, 2, 3, 4,,$

فيصبح: $\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) = \cos\left(\frac{\pi}{2} + \pi k\right) \Rightarrow \omega_0 t + \bar{\varphi} = \frac{\pi}{2} + \pi k$

3) نعزل الزمن t من المعادلة السابقة حيث تكون قيم $\omega_0, \bar{\varphi}$ معلومة من تابع المطال مسبقاً : $\boxed{t = \frac{\frac{\pi}{2} - \bar{\varphi} + \pi k}{\omega_0}}$

4) نعوض $k = 0$ للحصول على زمن المرور الأول و $k = 1$ للمرور الثاني و $k = 2$ للمرور الثالث

نكشة : إذا عوضنا $k = 0$ للمرور الأول ونتج زمن سالب هنا نرفضه ونعتبر ناتج تعويض $k = 1$ هو زمن المرور الأول

8. زمن الوصول من المطال الأعظمي الموجب إلى المطال الأعظمي السالب (الزمن بين الوضعيين المتناظرين $\pm X_{max}$): $\boxed{t = \frac{T_0}{2}}$

9. الطاقات :

الطاقة الكامنة المرونية التي يقدمها المجرب (بدون ماكس) : $\boxed{E_P = \frac{1}{2}kX^2}$	الطاقة الميكانيكية (الكلية) (مع ماكس) : $\boxed{E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2}$ ، $\boxed{E_{tot} = E_k + E_P}$

الطاقة الحركية (من الفرق) : $\boxed{E_k = E_{tot} - E_P}$

$$E_k = \frac{1}{2}kX_{max}^2 - \frac{1}{2}kX^2 \Rightarrow E_k = \frac{1}{2}k[X_{max}^2{}_{\text{سعة الحركة}} - X^2{}_{\text{معطاة بالطلب}}]$$

♥ الطاقة الحركية عند مرور المتحرك بوضع التوازن

$$x = 0 \Rightarrow E_p = 0 \Rightarrow E_k = E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2$$

تحديد موضع (مطال x) مركز عطالة الجسم عندما تتساوى الطاقتين الكامنة والحركية $E_k = E_P$

$$E_{tot} = E_k + E_P \overset{\text{نضع } E_P \text{ بدل } E_k}{=} E_{tot} = E_P + E_P \Rightarrow E_{tot} = 2E_P \overset{\text{نعوض القوانين}}{=} \frac{1}{2}kX_{max}^2 = 2.\frac{1}{2}kX^2 \overset{\text{نختصر}}{=} X^2 = \frac{X_{max}^2}{2}$$

$$\overset{\text{نجذر الطرفين}}{=} \boxed{x = \pm\frac{x_{max}}{\sqrt{2}}}$$

10. تحديد موضع (مطال x) مركز عطالة الجسم في اللحظة t او لحظة بدء الزمن $t = 0$
نعوض هذا الزمن المعطى في تابع المطال فتنتج لدينا قيمة x تكون هي موضع الجسم في ذلك الزمن المعطى

11. التوابع الزمنية الموجودة داخل الكتاب وخارجه :

اسم التابع و قانونه	التابع الزمني	تفصيل التابع الزمني	القيمة العظمى الطويلة له
المطال (موضع الجسم) : $\bar{x}$	$\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{x} = X_{max}$
السرعة: $\bar{v} = (\bar{x})'_t$	$\bar{v} = -v_{max}.\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$v_{max} = \omega_0 X_{max}$
التسارع: $\bar{a} = (\bar{v})'_t = (\bar{x})''_t$	$\bar{a} = -\omega_0^2.\bar{x}$	$\bar{a} = -\omega_0^2 x_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$a_{max} = \omega_0^2 x_{max}$
قوة الإرجاع : $\bar{F} = -k\bar{x}$ نعوض تابع المطال $\bar{x}$	$\bar{F} = -F_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{F} = -kX_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$F_{max} = kX_{max}$ $F_{max} = m\omega_0^2 X_{max}$
كمية الحركة : $\bar{p} = m.\bar{v}$ نعوض تابع السرعة $\bar{v}$	$\bar{p} = -p_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{p} = -m.v_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$p_{max} = m.v_{max}$ $p_{max} = m.\omega_0 X_{max}$
الطاقة الكامنة المرونية : $E_P = \frac{1}{2}kx^2$	$\bar{E_P} = E_{P_{max}}\cos^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{E_P} = \frac{1}{2}kx_{max}^2\cos^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$E_{P_{max}} = \frac{1}{2}kx_{max}^2$ $E_{P_{max}} = \frac{1}{2}m.\omega_0^2 x_{max}^2$
الطاقة الحركية : $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$\bar{E_k} = E_{k_{max}}\sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$\bar{E_k} = \frac{1}{2}mv_{max}^2\sin^2(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	$E_{k_{max}} = \frac{1}{2}mv_{max}^2$ $E_{k_{max}} = \frac{1}{2}m\omega_0^2 x_{max}^2$

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي

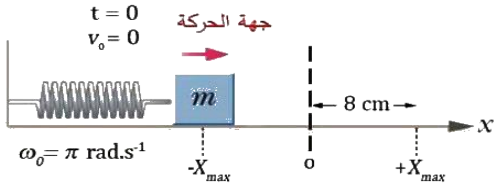
1. تابع المطال الذي يصف حركة الهزازة الجيبية في الشكل المجاور هو:

a. $x = 0.08\cos(\pi t + \pi)$

b. $x = 8\cos(\pi t - \pi)$

c. $x = 0.008\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

d. $x = 0.8\cos\pi t$



الحل: تابع المطال الذي يصف حركة الهزازة الجيبية في الشكل المجاور هو:

الإجابة الصحيحة: $a)$ $\boxed{\bar{x} = 0.08\cos(\pi t + \pi)}$

توضيح اختيار الإجابة

- شروط البدء $t = 0$, $\bar{x} = -X_{max} = -0.08m$, $v_0 = 0$

نبدل في التابع الزمني للمطال $-0.08 = 0.08\,cos\bar{\varphi} \Rightarrow cos\varphi = -1 \Rightarrow \bar{\varphi} = \pi\, rad$

$$\omega_0 = \pi\, rad.s^{-1}$$

$$\boxed{\bar{x} = 0.08\cos(\pi t + \pi)}$$

2. الرسم البياني جانباً يمثل تغيرات السرعة مع الزمن لجسم مرتبط بنابض مرن يتحرك بحركة توافقية بسيطة فيكون التابع الزمني للسرعة هوك

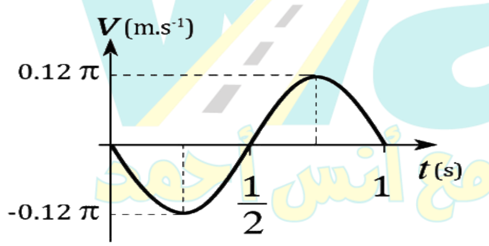
a. $v = 0.06\pi\, cos\pi t$

b. $v = -0.06\pi\, cos\, 2\pi t$

c. $v = -012\pi\, sin2\pi t$

d. $v = 0.12\pi\, sin\pi t$

الحل: الرسم البياني جانباً يمثّل تغيرات السرعة مع الزمن لجسم مرتبط بنابض مرن يتحرك بحركة توافقية بسيطة، فيكون التابع الزمني للسرعة هو:



الإجابة الصحيحة: $c)$ $\boxed{\bar{v} = -0.12\pi\, sin2\pi t}$

توضيح اختيار الإجابة

- $\omega_0 = \frac{2\pi}{1} = 2\pi\, rad.s^{-1}$
- $v_{max} = 0.12\,\pi\, m.s^{-1}$
- $v_{max} = \omega_0 X_{max} \Rightarrow X_{max} = \frac{v_{max}}{\omega_0} = \frac{0.12\pi}{2\pi} = 0.06m$
- نبدل في التابع الزمني للسرعة $(t = 0 \text{ ، } v = 0)$ $\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ فنجد:

$$0 = -2\pi \times 0.06\sin(0 + \bar{\varphi}) \Rightarrow \sin(\bar{\varphi}) = 0$$

إما: $\bar{\varphi} = 0\text{ rad}$ الحل مقبول لأنه يحقق السرعة <u>**سالبة**</u> في اللحظة $t = \frac{T_0}{4} = \frac{1}{4}s$

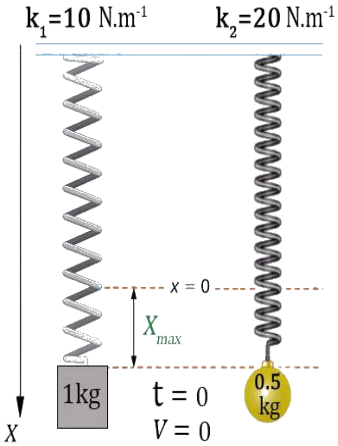
$$\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi}) \Rightarrow \bar{v} = -2\pi \times 0.06\sin\left(2\pi\frac{1}{4} + 0\right) = -0.12\pi\, m.s^{-1}$$

أو: $\bar{\varphi} = \pi\text{ rad}$ الحل مرفوض لأنه يحقق السرعة <u>**موجبة**</u> في اللحظة $t = \frac{T_0}{4} = \frac{1}{4}s$

$$\bar{v} = -\omega X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi}) \Rightarrow \bar{v} = -2\pi \times 0.06\sin\left(2\pi\frac{1}{4} + \pi\right) = +0.12\pi\, m.s^{-1}$$

3. يمثل الشكل المجاور هزازتان توافقيتان (1) و(2) تنطلقان من الموضع نفسه، وفي اللحظة نفسها فإنهما بعد مضي $3s$ من بدء حركتهما:

a. تلتقيان في مركز الاهتزاز.
b. تلتقيان في الموضع $+X_{max}$
c. لا تلتقيان لأن مطال الأولى $+X_{max}$ ومطال الثانية $-X_{max}$.
d. لا تلتقيان لأن مطال الأولى $-X_{max}$ ، ومطال الثانية $+X_{max}$.



الحل. يمثّل الشكل المجاور هزازتان توافقيتان تنطلقان من الموضع نفسه وفي اللحظة نفسها، فإنهما بعد مضي $3s$ من بدء حركتهما:

الإجابة الصحيحة: (d) لا تلتقيان.

توضيح اختيار الإجابة

- دور النواس الأول: $T_{0_1} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{1}{10}} = 2s$
- دور النواس الثاني: $T_{0_2} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.5}{20}} = 1s$

بعد مضي $3s$:

سينجز النواس الأول هزة ونصف $\frac{t}{T_{0_1}} = \frac{3}{2} = 1.5$ أي سيكون في المطال $\bar{x} = -X_{max}$

سينجز النواس الثاني ثلاث هزات $\frac{t}{T_{0_2}} = \frac{3}{1} = 3$ أي سيكون في المطال $\bar{x} = +X_{max}$

ثانياً. أجب عن الأسئلة الآتية. تم الحل سابقا في أسئلة النظري رقم 9_8_7

ثالثاً. حل المسائل الآتية_(في جميع المسائل $4\pi = 12.5$ ، $\pi^2 = 10$ ، $g = 10m.s^{-2}$)

المسألة الأولى (درس):

تتألف هزازة جيبية انسحابية من نابض مرن شاقولي مهمل الكتلة حلقاته متباعدة، ثابت صلابته $k = 10N.m^{-1}$ ، مثبت من أحد طرفيه، ويحمل في طرفه الآخر جسماً كتلته m، ويُعطى التابع الزمني لمطال حركتهما بالعلاقة: $\bar{x} = 0.1\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ ،

المطلوب:

1. أوجد قيم ثوابت الحركة ودورها الخاص.
2. احسب كتلة الجسم m.
3. احسب قيمة السرعة في موضع مطاله $x = 6\ cm$ و الجسم يتحرك بالاتجاه الموجب للمحور.
4. حدد موضع الجسم وجهة حركته لحظة بدء الزمن

الحل.

-1 $\bar{x} = 0.1\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

- **بالمطابقة** بين تابع المطال المعطى في المسألة مع الشكل العام لتابع المطال نعيّن الثوابت : $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

نجد: $X_{max} = 0.1\ m$ ، $\omega_0 = \pi\ rad.s^{-1}$ ، $\bar{\varphi} = \frac{\pi}{2}rad$

- **نحسب الدور الخاص للحركة من علاقة نبض الحركة** : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\pi} \Longrightarrow \boxed{T_0 = 2sec}$$

-2 **حساب كتلة الجسم** : إما من علاقة الدور الخاص بعد تربيعها أو من علاقة النبض الخاص في النواس المرن

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Longrightarrow m = \frac{k}{\omega_0^2} = \frac{10}{\pi^2} = \frac{10}{10} \Longrightarrow \boxed{m = 1kg}$$

3- لحساب السرعة في موضع مطاله $\bar{x}$ معطى : $\bar{x} = 6\text{ cm}$ ويتحرك بالاتجاه الموجب:

من العلاقة الذهبية : $v = \omega_0 \sqrt{X_{max}^2 - x^2}$

$$v = \pi\sqrt{(1\times10^{-1})^2 - (6\times10^{-2})^2} = \pi\sqrt{1\times10^{-2} - 36\times10^{-4}}$$

$$\overset{1\times10^{-2}=100\times10^{-4}}{=} v = \pi\sqrt{100\times10^{-4} - 36\times10^{-4}} = \pi\sqrt{64\times10^{-4}}$$

$$\overset{\text{نجذر}}{\Rightarrow} v = 8\pi\times10^{-2} \overset{(4\pi=12.5\Rightarrow8\pi=25 \text{ باعتبار})}{=} \boxed{v = 25\times10^{-2}\, m.s^{-1}}$$

4- لتحديد موضع x الجسم لحظة بدء الزمن $t = 0$ نعوض في تابع المطال $\bar{x} = 0.1\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

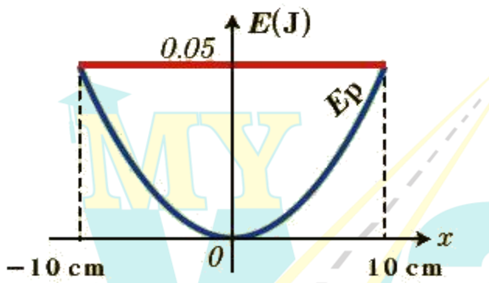
$$\overset{t=0}{\Rightarrow} \bar{x} = 0.1\cos\left(\pi(0) + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \boxed{\bar{x} = 0}$$ موضع الجسم في مركز الاهتزاز

لتحديد جهة الحركة : نعوض الزمن $t = 0$ بتابع السرعة $\bar{v} = (\bar{x})'_t = -0.1\pi\sin\left(\pi(0) + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \boxed{v < 0}$

بما أن السرعة سالبة $v < 0$ أي اتجاه الحركة هو الاتجاه السالب .

المسألة الثانية (درس)

يوضّح الرسم البياني المجاور تغيرات الطاقة الكامنة المرونية بتغير الموضع لهزازة توافقية بسيطة مؤلفة من نابض مرن حلقاته متباعدة ثابت صلابته k معلق به جسم كتلته $m = 0.4\text{kg}$، **المطلوب:**



1. استنتج قيمة ثابت صلابة النابض k.
2. احسب الدور الخاص للحركة .
3. احسب قيمة السرعة عند المرور في مركز الاهتزاز.

الحل :

1- حساب قيمة ثابت صلابة النابض k من علاقة الطاقة الميكانيكية

من الرسم البياني نستنتج : قيمة الطاقة الميكانيكية $E_{tot} = 0.05 = 5\times10^{-2} J$

سعة الحركة $X_{max} = 10cm = 10\times10^{-2} = 10^{-1}m$

علاقة الطاقة الميكانيكية $E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2$

$$5\times10^{-2} = \frac{1}{2}k\times(10^{-1})^2 \Rightarrow 5\times10^{-2} = \frac{1}{2}k\times10^{-2} \xRightarrow{\text{نختصر } 10^{-2}} 5 = \frac{1}{2}k \Rightarrow \boxed{k = 10N.m^{-1}}$$

2- حساب الدور الخاص : إما من علاقة الدور أو من علاقة النبض الخاص

طريقة (1): من علاقة الدور الخاص للنواس المرن : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{4\times10^{-1}}{10}} = 2\pi\sqrt{\frac{4}{100}} = 2\pi\times\frac{2}{10} = \frac{4\pi}{10} \overset{4\pi=12.5 \text{ باعتبار}}{=} \frac{12.5}{10} \Rightarrow \boxed{T_0 = 1.25\ sec}$$

طريقة (2): من علاقة النبض الخاص للنواس المرن : نحسب أولاً النبض الخاص ومن ثم نحسب منه الدور الخاص

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} = \frac{10}{0.4} = \frac{100}{4} = 25 \Rightarrow \omega_0 = 5\, rad.s^{-1}$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{5} = \frac{4\pi}{10} = \frac{12.5}{10} \Rightarrow \boxed{T_0 = 1.25\ sec}$$

3- عند المرور في مركز الاهتزاز ينعدم المطال $x = 0$

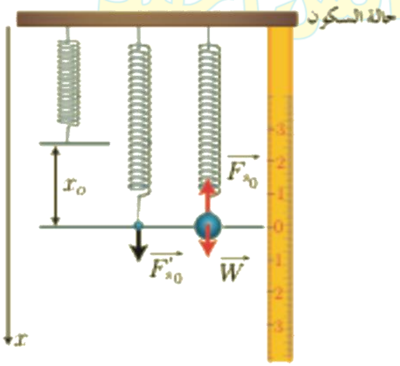
طريقة (1): من الطاقات :	طريقة (2): من الطاقات	طريقة (3): من العلاقة الذهبية
عند المرور في مركز الاهتزاز تنعدم الطاقة الكامنة المرونية وتكون الطاقة الحركية مساوية للطاقة الميكانيكية. $E_{tot} = E_P + E_k$ $x = 0 \Rightarrow E_P = 0$ $E_{tot} = E_k$ $\frac{1}{2}kX_{max}^2 = \frac{1}{2}mv^2$ $v = \sqrt{\frac{kX_{max}^2}{m}}$ $v = \sqrt{\frac{10\times10^{-2}}{4\times10^{-1}}} = \sqrt{\frac{1}{4}} \Rightarrow \boxed{v = \frac{1}{2}\ m.s^{-1}}$	عند المرور في مركز الاهتزاز تنعدم الطاقة الكامنة المرونية وتكون الطاقة الحركية مساوية للطاقة الميكانيكية. $E_{tot} = E_P + E_k$ $x = 0 \Rightarrow E_P = 0$ $E_{tot} = E_k$ $E_{tot} = \frac{1}{2}mv^2$ $v = \sqrt{\frac{2E_{tot}}{m}}$ $v = \sqrt{\frac{2\times0.05}{0.4}} = \sqrt{\frac{1}{4}} \Rightarrow$ $\boxed{v = \frac{1}{2}\ m.s^{-1}}$	$v = \omega_0\sqrt{X_{max}^2 - x^2}$: عند المرور في مركز الاهتزاز ينعدم المطال $x = 0$ $v = 5\sqrt{(10^{-1})^2 - (0)^2}$ $v = 5\sqrt{10^{-2}} = 5\times10^{-1}$ $\boxed{v = 0.5 = \frac{1}{2}\ m.s^{-1}}$

المسألة الثالثة (درس):

نشكل هزازة توافقية بسيطة من جسم كتلته $m = 1\ kg$ معلق بطرف نابض مرن شاقولي مهمل الكتلة حلقاته متباعدة فينجز 10 هزات في 8 s ويرسم في أثناء حركته قطعة مستقيمة طولها 24cm، **المطلوب:**

1. استنتج قيمة الاستطالة السكونية لهذا النابض، ثم احسب قيمتها.
2. احسب قيمة السرعة العظمى (طويلة).
3. احسب قيمة التسارع في مطال $x = 10cm$.
4. احسب الطاقة الكامنة المرونية في موضع مطاله $x = -4\ cm$، و احسب الطاقة الحركية عندئذٍ.

الحل:



1- **جملة المقارنة:** خارجية. **الجملة المدروسة:** النواس المرن.

تؤثر في مركز عطالة الجسم: قوة توتر النابض: $\overrightarrow{F_{s_0}}$ ، قوة الثقل: $\overrightarrow{W}$

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad (\text{الجسم ساكن})$$

$$\overrightarrow{W} + \overrightarrow{F_{s_0}} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور أفقي موجّه نحو الأسفل كما في الشكل:

$$W - F_{s_0} = 0$$

$$W = F_{s_0} \ldots\ldots (1)$$

تؤثر على النابض القوة $\overrightarrow{F'_{s_0}}$ التي تسبّب له الاستطالة x_0 حيث:: $F'_{s_0} = F_{s_0} = kx_0$

بالتعويض في (1) نجد: $mg = kx_0$

علاقة الاستطالة السكونية : $\boxed{x_0 = \frac{mg}{k}}$

يجب حساب **k** ثابت صلابة النابض من علاقة الدور بعد تربيعها

حساب الدور الخاص: $T_0 = \frac{t\ \text{زمن الهزات}}{N\ \text{عدد الهزات}} = \frac{8}{10} \Rightarrow T_0 = 0.8sec$ تجريبياً

حساب **k** من علاقة الدور: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \xrightarrow{\text{نربع}} T_0^2 = 4\pi^2\frac{m}{k} \Rightarrow \boxed{k = 4\pi^2\frac{m}{T_0^2}} \xrightarrow{\pi^2=10} k = \frac{4\times10\times1}{64\times10^{-2}} = \frac{4000}{64} = 62.5\ N.m^{-1}$

حساب الاستطالة السكونية : $\boxed{x_0 = \frac{1\times10}{62.5} = 0.16\ m}$

-2 حساب قيمة السرعة العظمى (طويلة): $v_{max} = X_{max}\omega_0$

نحسب أولاً النبض الخاص : $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{0.8} = \frac{5\pi}{2} rad.s^{-1}$

نحسب سعة الحركة ولدينا بنص المسألة قطعة مستقيمة طولها $24cm \leftarrow$ $\boxed{X_{max} = \frac{\text{طول القطعة المستقيمة}}{2} = \frac{24\times10^{-2}}{2} = 12\times10^{-2}m}$

$$v_{max} = 12\times10^{-2}\times\frac{5\pi}{2} \Longrightarrow \boxed{v_{max} = 0.3\,\pi\ m.s^{-1}}$$

-3 قيمة التسارع في مطال $\bar{x} = 10cm = 10\times10^{-2} = 10^{-1}m$

$$\bar{a} = -\omega_0^2.\bar{x} = -\left(\frac{5\pi}{2}\right)^2\times10^{-1} \Longrightarrow \boxed{\bar{a} = -6.25\ m.s^{-2}}$$

-4 الطاقة الكامنة المرونية في موضع $\bar{x} = -4cm = -4\times10^{-2}m$

$$E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}\times62.5\times(-4\times10^{-2})^2 \Longrightarrow \boxed{E_P = 5\times10^{-2}\,J}$$

- الطاقة الميكانيكية (الكلية): $E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2 = \frac{1}{2}\times62.5(12\times10^{-2})^2 \Longrightarrow \boxed{E_{tot} = 45\times10^{-2}J}$

- الطاقة الحركية في موضع مطاله $\bar{x}$ هي حاصل طرح الطاقة الكامنة المرونية من الطاقة الميكانيكية

$$E_k = E_{tot} - E_P = 45\times10^{-2} - 5\times10^{-2} = 40\times10^{-2} \Longrightarrow \boxed{E_k = 4\times10^{-1}J}$$

المسألة الرابعة (درس) :

تهتز كرة معدنية كتلتها m بمرونة نابض شاقولي مهمل الكتلة حلقاته متباعدة، ثبت صلابته $k = 16\ N.m^{-1}$ بحركة توافقية بسيطة دورها الخاص $1\ s$، وبسعة اهتزاز $X_{max} = 0.1\ m$، و بفرض مبدأ الزمن لحظة مرور الكرة بنقطة مطالها $\frac{X_{max}}{2}$ وهي تتحرك بالاتجاه السالب. **المطلوب:**

1. استنتج التابع الزمني لمطال حركة الكرة انطلاقاً من شكله العام.
2. عيّن لحظتي المرور الأول و الثالث للكرة في موضع التوازن.
3. احسب شدة قوة الإرجاع في نقطة مطالها $x = +0.1\ m$.
4. احسب كتلة الكرة.

الحل :

-1 التابع الزمني لمطال الحركة: $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ ، ثوابت الحركة $(X_{max}, \omega_0, \bar{\varphi})$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi\ rad.s^{-1} \quad ، \quad X_{max} = 0.1m$$

نعوض شروط البدء $\left(x = \frac{X_{max}}{2}m ، t = 0\right)$ في التابع الزمني:

$$\frac{X_{max}}{2} = X_{max}\cos(0+\bar{\varphi}) \Longrightarrow cos\bar{\varphi} = \frac{1}{2} \Longrightarrow (\bar{\varphi} = \frac{5\pi}{3}rad \text{ أو } \bar{\varphi} = \frac{\pi}{3}rad\ )$$

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

في اللحظة $(t = 0)$ السرعة سالبة : $\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\bar{\varphi})$

أما $\bar{\varphi} = +\frac{\pi}{3}$ **مقبول** يوافق شروط البدء يحقق سرعة سالبة $\bar{v} = -\omega_0 X_m \sin\left(+\frac{\pi}{3}\right) < 0$

أو $\bar{\varphi} = +\frac{5\pi}{3} = -\frac{\pi}{3}$ **مرفوض** يخالف شروط البدء يحقق سرعة موجبة $\bar{v} = -\omega_0 X_m \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right) > 0$

نعوض ثوابت الحركة في التابع الزمني: $\boxed{\bar{x} = 0.1\cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right)}$

-2 تعيين لحظتي المرور الأول و الثالث للكرة في موضع التوازن $\boxed{\bar{x} = 0}$: أي نعدم تابع المطال

$$0 = 0.1\cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right) = 0$$

$$\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right) = \left(\frac{\pi}{2} + k\pi\right) \xRightarrow{\text{نعزل } t} 2\pi t = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} + k\pi \xRightarrow{\text{نقسم الطرفين على } \pi} 2t = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} + k \overset{\text{نقسم الطرفين على 2}}{=}$$

$$\overset{\text{نوحد المقامات}}{=\Rightarrow} \boxed{t = \frac{1}{12} + \frac{k}{2}}$$

(المرور الأول: $k = 0$ $\left(t = \frac{1}{12}s\right)$ (المرور الثاني: $k = 1$ $\left(t = \frac{7}{12}s\right)$

(المرور الثالث: $k = 2$ $\left(t = \frac{13}{12}s\right)$

-3 شدة قوة الإرجاع في نقطة مطالها $\bar{x} = +0.1m$: $F = |-k\bar{x}| = |16 \times 10^{-1}| \Rightarrow \boxed{F = 1.6\ N}$

-4 كتلة الكرة: من علاقة الدور بعد تربيعها $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow m = \frac{k(T_0)^2}{4\pi^2} = \frac{16\times 1}{40} \Rightarrow \boxed{m = 0.4\ kg}$

المسألة (1) عامة:

نشكل هزازة توافقية بسيطة مؤلفة من نابض مرن، مهمل الكتلة، حلقاته متباعدة، ثابت صلابته $k = 10N.m^{-1}$ يُثبت إلى سقف من إحدى نهايتيه، ويربط بنهايته الثانية جسم كتلته $m = 0.1\ kg$ فإذا علمت أنه بدء الزمن كان الجسم في الموضع $x = 0$ وهو يتحرك بالاتجاه السالب بسرعة $v = -3\ m.s^{-1}$، **المطلوب:**

-1 احسب نبض الحركة.

-2 استنتج التابع الزمني لمطال الحركة.

-3 احسب شدة قوة الإرجاع عندما $x = 3\ cm$.

الحل:

.1 حساب نبض الحركة: $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{10}{0.1}} \Rightarrow \boxed{\omega_0 = 10\ rad.s^{-1}}$

.2 التابع الزمني لمطال الحركة: $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ ، ثوابت الحركة $(X_{max}, \omega_0, \bar{\varphi})$

$$\omega_0 = 10\ rad.s^{-1}$$

تعيين X_{max} من السرعة العظمى : (في موضع التوازن تكون السرعة عظمى)

$$v_{max} = -\omega_0 X_{max} \Rightarrow -3 = -10X_{max} \Rightarrow X_{max} = 0.3\ m$$

نعوض شروط البدء $(x = 0 ، t = 0)$ في التابع الزمني:

$$0 = X_{max}\cos(0 + \bar{\varphi}) \Rightarrow \cos\bar{\varphi} = 0 \Rightarrow \left(\bar{\varphi} = \frac{\pi}{2}rad \text{ أو } \bar{\varphi} = \frac{3\pi}{2}rad\right)$$

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

في اللحظة $(t = 0)$ السرعة سالبة : $\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\bar{\varphi})$

إما $\bar{\varphi} = \frac{\pi}{2}rad$ **مقبول** يوافق شروط البدء يحقق سرعة سالبة $\bar{v} = -\omega_0 X_m \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) < 0$

أو $\bar{\varphi} = +\frac{3\pi}{2}rad = -\frac{\pi}{2}rad$ **مرفوض** يخالف شروط البدء يحقق سرعة موجبة $\bar{v} = -\omega_0 X_m \sin\left(\frac{3\pi}{2}\right) > 0$

نعوض ثوابت الحركة في التابع الزمني: $\boxed{\bar{x} = 0.3\cos\left(10t + \frac{\pi}{2}\right)}$

3. شدة قوة الإرجاع: $x = 3 \times 10^{-2}m$, $F = ?$

$$F = |-k\bar{x}|$$

$$F = |-10 \times 3 \times 10^{-2}|$$

$$\boxed{F = 0.3\ N}$$

المسألة (2) عامة: تهتز نقطة مادية كتلتها $0.5\ kg$ لحركة توافقية بسيطة بمرونة نابض مهمل الكتلة حلقاته متباعدة شاقولية وبدور $4s$ وبسعة اهتزاز $X_{max} = 8\ cm$ فإذا علمت أن النقطة كانت في موضع مطاله $\frac{X_{max}}{2}$ في بدء الزمن وهي متحركة بالاتجاه السالب، **والمطلوب:**

1. استنتج التابع الزمني لمطال حركة هذه النقطة بعد تعيين قيمة الثوابت.
2. عين لحظتي المرور الأول و الثالث في مركز الاهتزاز.
3. عين الموضع التي تكون فيه شدة محصلة القوى عظمى واحسب قيمتها وحدد موضعاً تنعدم فيه شدة هذه المحصلة.
4. احسب قيمة ثابت صلابة النابض وهل تتغير هذه القيمة باستبدال الكتلة المعلقة؟
5. احسب الكتلة التي تجعل الدور الخاص $1s$.

الحل :

1. التابع الزمني لمطال الحركة: $\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ ، ثوابت الحركة $(X_{max}, \omega_0, \bar{\varphi})$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}\ rad.s^{-1} \quad ، \quad X_{max} = 8 \times 10^{-2}m$$

نعوض شروط البدء $\left(x = \frac{X_{max}}{2}m \text{ ، } t = 0\right)$ في التابع الزمني:

$$\frac{X_{max}}{2} = X_{max}\cos(0 + \bar{\varphi}) \Rightarrow \cos\bar{\varphi} = \frac{1}{2} \Rightarrow \left(\bar{\varphi} = \frac{5\pi}{3}rad \text{ أو } \bar{\varphi} = \frac{\pi}{3}rad\right)$$

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

في اللحظة $(t = 0)$ السرعة سالبة : $\bar{v} = -\omega_0 X_{max}\sin(\bar{\varphi})$

إما $\bar{\varphi} = +\frac{\pi}{3}$ **مقبول** يوافق شروط البدء يحقق سرعة سالبة $\bar{v} = -\omega_0 X_m \sin\left(+\frac{\pi}{3}\right) < 0$

أو $\bar{\varphi} = +\frac{5\pi}{3} = -\frac{\pi}{3}$ **مرفوض** يخالف شروط البدء يحقق سرعة موجبة $\bar{v} = -\omega_0 X_m \sin\left(-\frac{\pi}{3}\right) > 0$

نعوض ثوابت الحركة في التابع الزمني: $\boxed{\bar{x} = 0.08\cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right)}$

2. $\boxed{\text{تعيين لحظتي المرور الأول و الثالث للكرة في موضع التوازن } \bar{x} = 0:}$ أي نعدم تابع المطال

$$0 = 0.08\cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right) \Rightarrow \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right) = 0$$

$$\left(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{3}\right) = \left(\frac{\pi}{2} + k\pi\right) \xRightarrow{\text{نعزل } t} \frac{\pi}{2}t = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} + k\pi \xRightarrow{\text{نقسم الطرفين على } \pi} \frac{1}{2}t = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} + k \xRightarrow{\text{نضرب } 2}$$

$$\xRightarrow{\text{نوحد المقامات}} \boxed{t = \frac{1}{3} + 2k}$$

(المرور الأول: $k = 0$) $\boxed{t = \frac{1}{3}s}$) (المرور الثاني: $k = 1$) (المرور الثالث: $k = 2$ $\boxed{t = \frac{13}{3}s}$)

3. شدة محصلة القوى هي نفسها شدة قوة الإرجاع $F = m.a$

- عندما $F = F_{max}$ $a = a_{max} = \omega_0^2 X_{max}$ وذلك في الوضعين الطرفيين

حساب شدة محصلة القوى العظمى : $F_{max} = m\omega_0^2 X_{max}$

$$F_{max} = 0.5 \times \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \times 8 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-1} \times \frac{10}{4} \times 8 \times 10^{-2} \Rightarrow \boxed{F_{max} = 0.1\ N}$$

$F = 0$ معدومة عند المرور بمركز الاهتزاز حيث $x = 0$

4. حساب ثابت صلابة النابض : $k = m.\omega_0^2$

$$k = 5 \times 10^{-1} \times \frac{10}{4} \Rightarrow \boxed{k = \frac{5}{4} m.N^{-1}}$$

5. لا تتغير قيمة ثابت صلابة النابض باستبدال الكتلة المعلقة لأنه لاعلاقة ل k بالكتلة المعلقة m

حساب m' من علاقة الدور T_0' بعد تربيعها و عزل m'

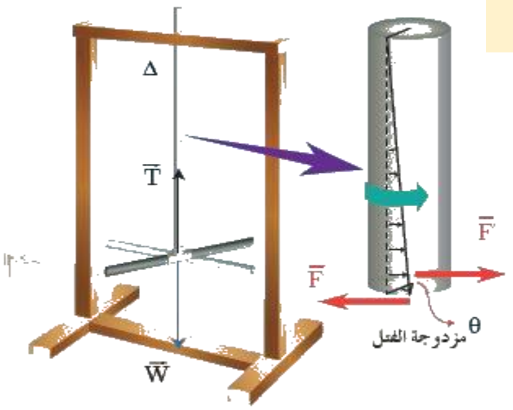
$T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{m'}{k}}$ بالتربيع :

$$m' = \frac{(T_0')^2 k}{4\pi^2} = \frac{(1)^2 \times \frac{5}{4}}{4 \times 10} \Rightarrow \boxed{m' = \frac{1}{32} kg}$$

الدرس الثاني الاهتزازات الدورانية غير المتخامدة
النواس الفتل

عرف النواس الفتل: هو عبارة عن ساق أو قرص متجانسة تعلق من مركزها بسلك فتل تهتز أفقياً حول محور شاقولي عند إزاحتها عن وضع التوازن الأفقي بزاوية θ

سؤال نظري -10- برهن في النواس الفتل أن العزم الحاصل هو عزم إرجاع .



جملة المقارنة : خارجية

القوى المؤثرة المؤثرة: $\vec{w}$ ثقل الساق (الجسم) ، $\vec{T}$ توتر سلك التعليق

وعندما ندير الساق حول سلك الفتل تتولد مزدوجة فتل (عزم إرجاع) $\bar{\Gamma}_{\vec{\eta}} = -k\bar{\theta}$

$$\sum \bar{\Gamma}_{\vec{F}} = I_\Delta \bar{\alpha}$$

$$\Rightarrow \bar{\Gamma}_{\vec{\eta}} + \bar{\Gamma}_{\vec{T}} + \bar{\Gamma}_{\vec{w}} = I_\Delta \bar{\alpha}$$

- عزم كل من قوة الثقل $\Gamma_{\vec{w}} = 0$ وعزم قوة توتر السلك $\Gamma_{\vec{T}} = 0$ معدومين لأن حامل كل من القوتين منطبق على محور الدوران (سلك الفتل).

$$-k\bar{\theta} + 0 + 0 = I_\Delta \bar{\alpha}$$

$$\boxed{\sum \bar{\Gamma}_\Delta = \bar{\Gamma}_{\vec{\eta}}}$$

نجد أن المجموع الجبري للعزوم هو عزم إرجاع

سؤال نظري -11- انطلاقاً من العلاقة $-k\bar{\theta} = I_\Delta \bar{\alpha}$ استنتج طبيعة الحركة في النواس الفتل ، ومن ثم استنتج دوره الخاص [دورة 2014-2017 الأولى]

التسارع الزاوي هو المشتق الثاني لتابع الفاصلة الزاوية $\bar{\alpha} = (\bar{\theta})''_t$

$$-k\bar{\theta} = I_\Delta (\bar{\theta})''_t \Rightarrow$$

$$(\bar{\theta})''_t = -\frac{k}{I_\Delta}\bar{\theta} \ldots (1)$$

معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً من الشكل: $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

نشتق مرتين: $\bar{\omega} = (\bar{\theta})'_t = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

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

$$\boxed{\bar{\alpha} = -\omega_0^2\bar{\theta} \ldots (2)}$$

بالمساواة (1), (2) نجد: $-\omega_0^2\bar{\theta} = -\frac{k}{I_\Delta}\bar{\theta}$

النبض الخاص للنواس الفتل : $\omega_0^2 = \frac{k}{I_\Delta} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} > 0$

- **طبيعة حركة النواس الفتل : جيبية دورانية نبضها الخاص ω_0 بشرط k و I_Δ موجبان**
- **استنتاج الدور :** $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{I_\Delta}}}$

أي أن الدور الخاص للنواس الفتل $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}}$

من علاقة الدور نستنتج :

- ✓ الدور لا يتعلق بالسعة θ_{max} ويقاس بالثانية (sec)
- ✓ الدور يتناسب طردا مع الجذر التربيعي لعزم عطالة جملة النواس حول محور الدوران (سلك الفتل) و واحدته $(kg.m^2)$
- ✓ الدور يتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لثابت فتل سلك التعليق $k = k'\frac{(2r)^4}{L}$ و واحدته $(m.N.rad^{-1})$

k' ثابت يتعلق بنوع مادة السلك . $2r$ قطر مقطع السلك . L طول السلك

تابعها الزمني للمطال الزاوي $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

- $\bar{\theta}$: المطال الزاوي في اللحظة ويقدر بالراديان rad
- θ_{max} : المطال الأعظمي الزاوي (السعة الزاوية) وتقدر بالراديان rad
- ω_0 : النبض الخاص للحركة ويقدر $rad.s^{-1}$
- $(\omega_0 t + \bar{\varphi})$: طور الحركة في اللحظة t
- $\bar{\varphi}$: الطور الابتدائي في اللحظة $t = 0$ ويقدر بالراديان rad
- ندعو كل من $\bar{\varphi}$, ω_0, θ_{max} ثوابت الحركة

ملاحظات حل النواس الفتل:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$$

1. الدور الخاص للنواس الفتل وواحدته (sec) $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_{0\,\text{النبض}}}$ .. T_0 حسب المعطيات من إحدى الطرق الثلاثة

$T_0 = \frac{t\ \text{زمن الهزات}}{N\ \text{عدد الهزات}}$ (T_0 تجريبياً)

الدور الخاص للنواس الفتل: $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}}$

- ✓ الدور الخاص للنواس الفتل لاعلاقة له بالجاذبية g ولا بسعة الاهتزاز θ_{max} (يعني لما يغيرن يبقى الدور كما هو $T'_0 = T_0$)
- ✓ الدور الخاص للنواس الفتل له علاقة بعزم العطالة للنواس I_Δ (تناسب طردي) وبثابت فتل سلك الفتل k(تناسب عكسي)

2. عزم العطالة I_Δ :

$I_{\Delta/m}$ ، عزم عطالة أي نقطة مادية (كتلة نقطية) هو جداء الكتلة بمربع بعدها عن محور ثابت (سلك الفتل)

$$I_{\Delta/m} = m.r^2 \begin{cases} r = \frac{L}{2} \xrightarrow{\text{الكتل على طرفي الساق}} I_{\Delta/m} = m.\frac{L^2}{4} \\ I_{\Delta/m} = m.r^2 \ \text{الكتلة على محيط القرص} \end{cases}$$

$I_{\Delta/c}$ ، عزم عطالة الجسم (ساق أو قرص) حول محور مار من منتصفه وعمودي على مستويه ،

معطى بنص المسألة $I_{\Delta/c}$ $\begin{cases} I_{\Delta/c} = \frac{1}{12}mL^2 \ \text{للساق} \\ I_{\Delta/c} = \frac{1}{2}mr^2 \ \text{للقرص} \end{cases}$

$I_{\Delta/\text{جملة}}$ ، عزم عطالة الجملة بوجود كتل نقطية هو مجموع عزوم عطالة مكونات النواس

$$I_{\Delta/\text{جملة}} = I_{\Delta/c_{(\text{جسم(ساق أو قرص)})}} + 2.I_{\Delta/m_1}$$

خلاصة عزم العطالة بالنواس الفتل $I_\Delta \begin{cases} I_{\Delta/c_{(\text{جسم(ساق أو قرص)})}} \ \text{لايوجد كتل} \\ I_{\Delta/\text{جملة}} = I_{\Delta/c_{(\text{جسم(ساق أو قرص)})}} + 2.I_{\Delta/m_1} \ \text{بوجود كتل} \end{cases}$

ثابت فتل السلك k: $(m.N.rad^{-1})$

✓ إذا أعطانا النبض الخاص ω_0 : $\boxed{k = I_\Delta.\omega_0^2}$

✓ أو نحسبه من علاقة الدور بعد تربيعها: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}} \xrightarrow{\text{نربع}} T_0^2 = 4\pi^2\frac{I_\Delta}{k} \Rightarrow \boxed{k = 4\pi^2\frac{I_\Delta}{T_0^2}}$

12. ملاحظات للاختيار من متعدد:

قانون ثابت فتل السلك $\boxed{K = k'\frac{(2r)^4}{L}}$ **تستخدم هذه العلاقة فقط عند التغيير في سلك الفتل**

حيث: k' : ثابت يتعلق بنوع السلك $2r$: قطر مقطع السلك (ثخنه) L : طول السلك

$T_0 \xleftarrow{\text{عكساً}} \sqrt{K} \xleftarrow{\text{عكساً}} \sqrt{L}$ لما يغير طول سلك الفتل ويطلب T_0' الجديد هنا فقط نجذر نسبة الطول الجديد

✓ نجعل طول سلك الفتل أربع أضعاف ما كان عليه فيكون الدور الجديد: $T_0' = 2T_0$

✓ نجعل طول سلك الفتل ثلاثة أرباع ما كان عليه فيكون الدور الجديد: $T_0' = \frac{\sqrt{3}}{2}T_0$

✓ نحذف ثلاثة أرباع طول سلك الفتل فيكون الدور الجديد: $T_0' = \frac{1}{2}T_0$

(الطول الجديد هنا هو الربع لأنه حذف ثلاثة أرباع من طوله)

✓ نقسم سلك الفتل قسمين (متساويين ، ربع وثلاثة أرباع ، ثلث وثلثين) فيكون الدور الجديد بعد تعليق الساق بجزأي السلك معاً أحدهما من الأعلى والآخر من الأسفل ويطلب T_0' الجديد هنا نضرب نسبتي الطولين ونجذرهما .

- قسمين متساويين: $\sqrt{\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}} \rightarrow \boxed{T_0' = \frac{1}{2}T_0}$
- ثلث وثلثين: $\sqrt{\frac{2}{3}\times\frac{1}{3}} \rightarrow \boxed{T_0' = \frac{\sqrt{2}}{3}T_0}$
- ربع وثلاثة أرباع: $\sqrt{\frac{3}{4}\times\frac{1}{4}} \rightarrow \boxed{T_0' = \frac{\sqrt{3}}{4}T_0}$

13. ملاحظات للمسائل وخصوصاً عند الدمج مع الثقلي المركب :

عند إضافة كتل على النواس فإن الذي يتغير هو عزم العطالة أما ثابت فتل السلك فلا يتغير وعند طلب الدور الجديد هنا ، نسب الدورين

الدور بدون كتل $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta/c_{\text{جسم}}}}{k}}$: $I_{\Delta/c_{\text{جسم(ساق أو قرص)}}}$ معطى بنص المسألة

الدور بوجود كتل $T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta/\text{جملة}}}{k}}$: $I_{\Delta/\text{جملة}} = I_{\Delta/c_{\text{جسم(ساق أو قرص)}}} + 2.I_{\Delta/m_1}$

$$\frac{T'_0}{T_0} \overset{\text{نسب الدورين}}{=} \frac{2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta/\text{جملة}}}{k}}}{2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta/c_{\text{جسم}}}}{k}}} \overset{k\ \text{نختصر}}{=} \frac{T'_0}{T_0} = \sqrt{\frac{I_{\Delta/\text{جملة}}}{I_{\Delta/c_{\text{جسم}}}}}$$

نعوض قيم العزوم ونعزل المجهول المطلوب

إذا علقنا الساق بسلكي فتل معاً أطاولهما L_2, L_1 أحدهما من الأعلى والآخر من الأسفل وطلب حساب الدور الجديد .

$$T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k_{\text{جملة}}}} : \xRightarrow{k_{\text{جملة}} = k_1 + k_2} \begin{cases} k_1 = k'\frac{(2r)^4}{L_1} \\ k_2 = k'\frac{(2r)^4}{L_2} \end{cases} : \xRightarrow{\text{السلكين متماثلين}} L_1 = L_2 \Rightarrow k_1 = k_2 \Rightarrow T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{2k_1}}$$

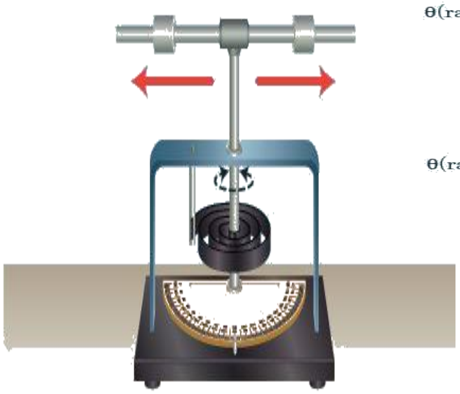
التشابه الشكلي بين النواس المرن والنواس الفتل

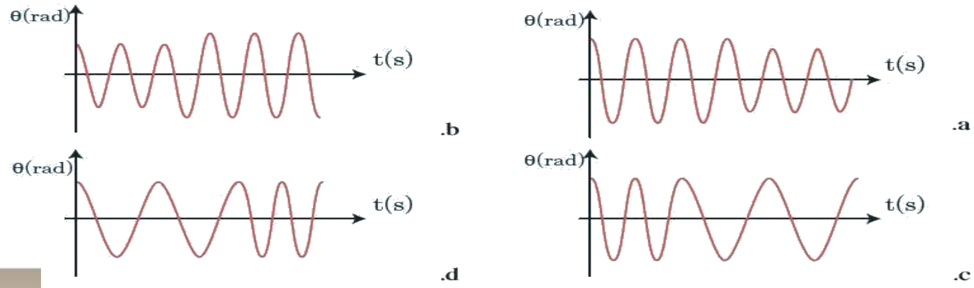
هزازة جيبية انسحابية	مرن (خطي)	هزازة جيبية دورانية	فتل (زاوي)
تابع المطال	$\bar{x} = X_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	تابع المطال الزاوي	$\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$
تابع السرعة الخطية	$\bar{v} = (\bar{x})'_t = -\omega_0 X_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$	تابع السرعة الزاوية	$\bar{\omega} = (\bar{\theta})'_t = -\omega_0 \theta_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$
السرعة الخطية العظمى (طويلة)	$v_{max} = \omega_0 X_{max}$	السرعة الزاوية العظمى (طويلة)	$\omega_{max} = \omega_0 \theta_{max}$
العلاقة الذهبية للسرعة الخطية	$v = \omega_0\sqrt{X_{max}^2 - x^2}$	العلاقة الذهبية للسرعة الزاوية	$\omega = \omega_0\sqrt{\theta_{max}^2 - \theta^2}$
التسارع الخطي	$\bar{a} = -\omega_0^2 \bar{x}$	التسارع الزاوي	$\bar{\alpha} = -\omega_0^2 \bar{\theta}$
التسارع الأعظمي (طويلة)	$a_{max} = \omega_0^2 X_{max}$	التسارع الأعظمي (طويلة)	$\alpha_{max} = \omega_0^2 \theta_{max}$
الدور الخاص	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	الدور الخاص	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$
ثابت صلابة النابض	$(N.m^{-1})\ k = m.\omega_0^2$	ثابت فتل السلك	$(m.N.rad^{-1})\ k = I_\Delta.\omega_0^2$
قوة الإرجاع	$\bar{F} = -K_{\text{صلابة}}.\bar{x}$	عزم الإرجاع (الفتل)	$\bar{\Gamma} = -K_{\text{فتل}}.\bar{\theta}$
النبض الخاص	$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	النبض الخاص	$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{I_\Delta}}$
الطاقة الكلية (الميكانيكية)	$E_{tot} = \frac{1}{2}kX_{max}^2$	الطاقة الكلية (الميكانيكية)	$E_{tot} = \frac{1}{2}k\theta_{max}^2$
الطاقة الكامنة المرونية	$E_P = \frac{1}{2}kX^2$	الطاقة الكامنة	$E_P = \frac{1}{2}k\theta^2$
الطاقة الحركية الانسحابية	$E_k = \frac{1}{2}m.v^2$	الطاقة الحركية الدورانية	$E_k = \frac{1}{2}I_\Delta.\omega^2$
كمية الحركة الانسحابية	$(kg.m.s^{-1})\ P = m.v$	العزم الحركي الدوراني	$L = I_\Delta.\omega$ $(kg.m^2.rad.s^{-1})$
سرعة المرور الأول بوضع التوازن بشرط $(t = 0\ ,\ \theta = \pm\theta_{max})$	$v = -\omega_0 X_{max}$	سرعة المرور الأول بوضع التوازن بشرط $(t = 0\ ,\ \theta = \pm\theta_{max})$	$\omega = -\omega_0 \theta_{max}$

- اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1- يهتز نواس فتل بدور خاص T_0، في لحظة ما أثناء حركته ابتعدت الكتلتان عن محور الدوران بالمقدار نفسه كما هو موضح بالشكل. فالرسم البياني الذي يعبر عن تغير المطال مع الزمن في هذه الحالة هو:





1- الإجابة الصحيحة: هي c)

توضيح اختيار الإجابة: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$

إن I_Δ عزم عطالة النواس يزداد و بالتالي سيزداد الدور (أي ينقص التواتر).

2- ميقاتية تعتمد في عملها على نواس فتل كما في الشكل المجاور، ولتصحيح التأخير الحاصل بالوقت فيها، قدم الطلاب مقترحاتهم، فإن الاقتراح الصحيح هو:

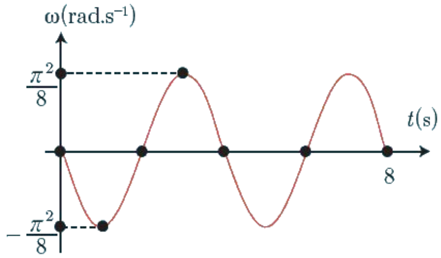
a. زيادة طول سلك الفتل بمقدار ضئيل.
b. زيادة كتلة القرص مع المحافظة على قطره.
c. إنقاص طول سك الفتل بمقدار ضئيل.
d. زيادة قطر القرص مع المحافظة على كتلته.

الإجابة الصحيحة: c)

توضيح اختيار الإجابة: التأخير بالوقت يعني الدور أكبر من $2s$ ويجب إنقاصه لذا يجب إنقاص l طول سلك الفتل بمقدار ضئيل

$T_0 = const\sqrt{l}$

3- يمثل الرسم البياني المجاور تغيرات السرعة الزاوية لنواس فتل بتغير الزمن، فإن تابع السرعة الزاوية الذي يمثله هذا المنحني هو



a. $\bar{\omega} = \frac{\pi^2}{8}\sin 3\pi t$

b. $\bar{\omega} = -\frac{\pi^2}{8}\sin 2\pi t$

c. $\bar{\omega} = +\frac{\pi^2}{8}\sin\frac{\pi}{2}t$

d. $\bar{\omega} = -\frac{\pi^2}{8}\sin\frac{\pi}{2}t$

الإجابة الصحيحة: d) $\omega = -\frac{\pi^2}{8}\sin\frac{\pi}{2}t$

توضيح اختيار الإجابة: من الشكل نجد: $\omega_{\max} = \frac{\pi^2}{8} rad.s^{-1}$ $2T_0 = 8 \Longrightarrow T_0 = 4s$ $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} rad.s^{-1}$	نعوض شروط البدء $(t = 0 ، \omega = 0)$ في التابع الزمني للسرعة الزاوية $\bar{\omega} = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$ $0 = -\omega_0\theta_{max}\sin(0 + \bar{\varphi})$ $\sin(\bar{\varphi}) = 0 \Longrightarrow \varphi = 0$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية.

سؤال نظري -12- انطلاقاً من مصونية الطاقة الميكانيكية برهن أن حركة نواس الفتل حركة جيبية دورانية .

تذكرة بالاشتقاق الضمني :

مشتق المقدار الثابت هو صفر أي أن مشتق الطاقة الميكانيكية E_{tot} بالنسبة للزمن هو صفر

مشتق المطال الزاوي بالنسبة للزمن هو السرعة الزاوية $(\bar{\theta})_t{}' = \bar{\omega}$

مشتق السرعة الزاوية بالنسبة للزمن هو التسارع الزاوي $(\bar{\omega})_t{}' = \bar{\alpha}$.

ونحن نعلم أن المشتق الضمني لتابع $\xrightarrow{\text{إذا كان}} f(t) = \bar{y}^2 \Rightarrow f'(t) = 2\bar{y}.\bar{y}' = 2\bar{y}(\bar{y})_t{}'$

أي أن $f(t) = \theta^2 \Rightarrow f'(t) = 2\bar{\theta}.(\bar{\theta})_t{}' = 2\bar{\theta}\bar{\omega}$, $f(t) = \omega^2 \Rightarrow f'(t) = 2\bar{\omega}(\bar{\omega})_t{}' = 2\bar{\omega}\bar{\alpha}$

الحل :

$$E_{tot} = E_P + E_k = const$$

$$E_{tot} = \frac{1}{2}k\theta^2 + \frac{1}{2}I_\Delta\omega^2 \dots\dots\dots (*)$$

نطبق التذكرة و نشتق طرفي العلاقة $(*)$بالنسبة للزمن نجد : $0 = \frac{1}{2}k\,2(\bar{\theta}\bar{\omega}) + \frac{1}{2}I_\Delta 2(\bar{\omega}\bar{\alpha}) \Longrightarrow 0 = \frac{1}{2}k\,2(\bar{\theta}\bar{\omega}) + \frac{1}{2}I_\Delta 2(\bar{\omega}\bar{\alpha})$

$$0 = k(\bar{\theta}) + I_\Delta(\bar{\theta})_t{}''$$

$(\bar{\theta})''_t = -\frac{k}{I_\Delta}(\bar{\theta}) \dots\dots(1)$ معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

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

للتحقق من صحة الحل: نشتق التابع (2) مرتين بالنسبة للزمن نجد:

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

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

$$(\bar{\theta})''_t = -\omega_0^2\bar{\theta} \dots\dots(2)$$

بالمقارنة بين (1) و(2) نجد أنَّ: $\omega_0^2 = \frac{k}{I_\Delta}$

ومنه $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}} > 0$ وهذا محقق لأنّ k , I_Δ موجبان **و بالتالي حركة نواس الفتل حركة جيبية دورانية.**

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

سؤال نظري -13- نعلق ساقين متماثلتين بسلكي فتل متماثلين طول الأول l_1 وطول الثاني l_2 فإذا علمت أن $T_{0_1} = 2T_{0_2}$ ، أوجد العلاقة بين طولي السلكين.

الحل: إن كل ساق معلقة من منتصفها بسلك فتل تشكل لنا نواس فتل أي لدينا نواسي فتل نكتب علاقة الدور الخاص للنواس الفتل ونعوض قانون ثابت فتل السلك فيها ونوجد علاقة الدور الخاص بطول سلك الفتل

نحن نعلم أن علاقة ثابت فتل السلك $k = k'\frac{(2r)^4}{l}$ ، نعوض هذه العلاقة بقانون الدور نجد :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k'\frac{(2r)^4}{l}}} \xrightarrow{\text{نضرب بمقلوب المقام}} T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta l}{k'(2r)^4}}$$

علاقة الدور الخاص بطول سلك الفتل: تناسب طردي $\Rightarrow T_0 = const\sqrt{l}$

للنواس الأول : $T_{01} = const\sqrt{l_1}$

للنواس الثاني : $T_{0_2} = const\sqrt{l_2}$

بأخذ النسبة لدوري النواسين نجد : $\frac{T_{0_1}}{T_{0_2}} = \frac{const\sqrt{l_1}}{const\sqrt{l_2}}$

$$\xrightarrow{\text{من الفرض } T_{0_1}=2T_{0_2}} \frac{2T_{0_2}}{T_{0_2}} = \frac{\sqrt{l_1}}{\sqrt{l_2}}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{\sqrt{l_1}}{\sqrt{l_2}} \overset{\text{نربع الطرفين}}{=\!=} \frac{4}{1} = \frac{l_1}{l_2} \Rightarrow \boxed{l_1 = 4l_2}$$

ثالثاً: حل المسائل الآتية: في جميع المسائل [$4\pi = 12.5$, $\pi^2 = 10$, $g = 10m.s^{-2}$]

المسألة الأولى (درس) يتألف نواس فتل من قرص متجانس كتلته $m = 2kg$، نصف قطره $r = 4$ cm، معلق من مركزه إلى سلك فتل شاقولي ثابت فتله $k = 16 \times 10^{-3}$ m.N.rad^{-1}، ندير القرص في مستوٍ أفقي زاوية $\theta = +\frac{\pi}{4}$rad عن وضع توازنه، ونتركه دون سرعة ابتدائية في اللحظة $t = 0$، **المطلوب:**

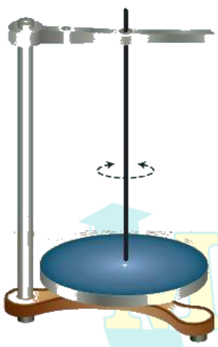
1- احسب الدور الخاص للنواس.

2- استنتج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام.

3- احسب الطاقة الكامنة في وضع مطاله الزاوي $\theta = \frac{\pi}{8}$rad، ثم احسب الطاقة الحركية عندئذٍ.

(عزم عطالة قرص حول محور عمودي على مستويه ومار من مركزه $I_{\Delta/c} = \frac{1}{2}mr^2$).

الحل



-1 حساب الدور الخاص للنواس: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$

نحسب أولاً عزم عطالة القرص حول سلك الفتل ونعوضه في الدور :

$$I_\Delta = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2} \times 2(4 \times 10^{-2})^2 = 16 \times 10^{-4}kg.m^2$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{16\times10^{-4}}{16\times10^{-3}}} \Longrightarrow \boxed{T_0 = 2\ s}$$

-2 استنتاج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام: $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

إيجاد ثوابت الحركة $(\theta_{max}, \omega_0, \bar{\varphi})$

- السعة الزاوية: $\theta = \theta_{max} = \frac{\pi}{4}rad$ لأن القرص تُرك دون سرعة ابتدائية.
- النبض الخاص: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{2} = \pi\ rad.s^{-1}$
- لإيجاد الطور الابتدائي نعوض شروط البدء في التابع الزمني $(\theta = \theta_{max}, t = 0)$:

$$\theta_{max} = \theta_{max}\cos(0 + \bar{\varphi}) \Longrightarrow \cos\bar{\varphi} = 1 \Longrightarrow \bar{\varphi} = 0\ rad$$

نعوض ثوابت الحركة في التابع الزمني للمطال الزاوي: $\boxed{\bar{\theta} = \frac{\pi}{4}\cos(\pi t)}$

-3 حساب الطاقة الكامنة و الطاقة الحركية في وضع مطاله الزاوي $\theta = \frac{\pi}{8}rad$:

$$E_p = \frac{1}{2}k\theta^2 = \frac{1}{2} \times 16 \times 10^{-3} \times \left(\frac{\pi}{8}\right)^2$$

$$E_p = \frac{1}{8} \times 10^{-2} \Longrightarrow \boxed{E_p = 125 \times 10^{-5}\ J}$$

حساب الطاقة الحركية من فرق الطاقتين الكلية والكامنة : $E_{tot} = E_p + E_k \Longrightarrow E_k = E_{tot} - E_p$

لدينا الطاقة الكامنة $E_p = 125 \times 10^{-5}\ J$ وسنحسب الطاقة الكلية من: $E_{tot} = \frac{1}{2}k\theta_{max}^2$

$$E_{tot} = \frac{1}{2} \times 16 \times 10^{-3}\left(\frac{\pi}{4}\right)^2 = \frac{1}{2} \times 16 \times 10^{-3} \times \frac{10}{16} \overset{\text{نختصر}}{=}$$

$$E_{tot} = \frac{1}{2} \times 10^{-2} \Longrightarrow E_{tot} = 500 \times 10^{-5}J$$

حساب الطاقة الحركية : $E_k = 500 \times 10^{-5} - 125 \times 10^{-5} \Longrightarrow \boxed{E_k = 375 \times 10^{-5}J}$

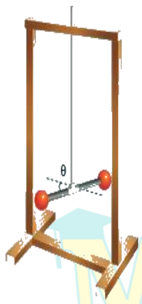
المسألة الثانية (درس)

ساق مهملة الكتلة طولها L، نثبت في كل من طرفيها كتلة نقطية $125\ g$ ، ونعلق الجملة من منتصفها إلى سلك فتل شاقولي ثابت فتله $16\times10^{-3}\ m.N.rad^{-1}$ لتؤلف الجملة نواس فتل، نزيح الساق عن وضع توازنها في مستوٍ أفقي بزاوية $\theta=\frac{\pi}{3}rad$ وتترك دون سرعة ابتدائية لحظة بدء الزمن، فتهتز بحركة جيبية دورانية، دورها الخاص $2.5\ s$،

المطلوب:

1. استنتج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام.
2. احسب قيمة السرعة الزاوية للساق لحظة مرورها بوضع التوازن.
3. احسب طول الساق.

الحل



1- استنتاج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام: $\bar{\theta}=\theta_{max}\cos(\omega_0 t+\bar{\varphi})$

إيجاد ثوابت الحركة $(\theta_{max}, \omega_0, \bar{\varphi})$

- السعة الزاويّة: $\theta=\theta_{max}=\frac{\pi}{3}rad$ لأن الساق تُركت دون سرعة ابتدائية.
- النبض الخاص: $\omega_0=\frac{2\pi}{T_0}=\frac{2\pi}{2.5}=\frac{4\pi}{5}rad.s^{-1}$
- لإيجاد الطور الابتدائي نعوض شرط البدء $(\theta=\theta_{max}, t=0)$ في التابع الزمني:

$$\theta_{max}=\theta_{max}\cos(0+\bar{\varphi})\Longrightarrow \cos\bar{\varphi}=1\Longrightarrow\bar{\varphi}=0\ rad$$

نعوض قيم ثوابت الحركة في التابع الزمني للمطال: $\boxed{\bar{\theta}=\frac{\pi}{3}\cos\left(\frac{4\pi}{5}t\right)}$.

2- حساب قيمة السرعة الزاوية للساق لحظة مرورها الأول بوضع التوازن:

نكتب تابع السرعة ونعوض فيه زمن المرور الأول للساق في وضع التوازن

$$\bar{\omega}=-\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t+\bar{\varphi})$$

$$\bar{\omega}=-\frac{4\pi}{5}\times\frac{\pi}{3}\sin\left(\frac{4\pi}{5}t\right)\Longrightarrow\bar{\omega}=-\frac{8}{3}\sin\left(\frac{4\pi}{5}t\right)$$

المرور الأول بوضع التوازن يوافق ربع هزة أي: $t=\frac{T_0}{4}=\frac{2.5}{4}=\frac{5}{8}s$

$$\bar{\omega}=-\frac{8}{3}\sin\left(\frac{4\pi}{5}\times\frac{5}{8}\right)\Longrightarrow\bar{\omega}=-\frac{8}{3}\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)\xrightarrow{\sin(\frac{\pi}{2})=1}\boxed{\bar{\omega}=-\frac{8}{3}rad.s^{-1}}$$

3- الدور الخاص $T_o=2.5=25\times10^{-1}$ ، الكتلتين النقطيتين متساويتين $m_1=m_2=125g=125\times10^{-3}kg$

الساق مهملة الكتلة أي أن: $\left(m_{ساق}=0\ ,\ I_{\Delta/c_{ساق}}=0\right)$. $(\pi^2=10)$

حساب طول الساق l من علاقة الدور : $T_o=2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$

نحسب أولاً عزم عطالة النواس $I_{\Delta_{جملة}}$ ومن ثم نعوضه في علاقة الدور

$$I_{\Delta_{جملة}}=I_{\Delta/c}+2I_{\Delta/m1}=0_{\text{لأنها مهملة الكتلة}}+2I_{\Delta/m1}=2m_1r^2\xrightarrow{r=\frac{l}{2}}\boxed{I_\Delta=2m_1\left(\frac{l}{2}\right)^2}\overset{\text{نعوض في الدور}}{=\!=}$$

$$T_o = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{2m_1\left(\frac{l}{2}\right)^2}{k}} \stackrel{\text{نعوض}}{=}$$

$$25\times10^{-1} = 2\pi\sqrt{\frac{2\times125\times10^{-3}\times\frac{l^2}{4}}{16\times10^{-3}}} \xrightarrow{\text{نربع الطرفين}} 625\times10^{-2} = 4\times10\times\frac{2\times125\times10^{-3}\times\frac{l^2}{4}}{16\times10^{-3}} \stackrel{\text{نختصر}}{=}$$

طول الساق : $\boxed{l = 0.2\,m}$

المسألة الثالثة (درس)

ساق أفقية متجانسة طولها $L = ab = 40\ cm$ معلقة بسلك فتل شاقولي يمر من منتصفها. ندير الساق في مستو أفقي بزاوية $\theta = 60°$ انطلاقاً من وضع توازنها، ونتركها دون سرعة ابتدائية في اللحظة $t = 0$ فتهتز بحركة جيبية دورانية دورها الخاص $T_0 = 1s$ فإذا علمت أن عزم عطالة الساق بالنسبة لسلك الفتل $I_{\Delta/c} = 2\times10^{-3}kg.m^2$، **المطلوب:**

1. استنتج التابع الزمني للمطال الزاوية انطلاقاً من شكله العام.
2. احسب قيمة السرعة الزاوية للساق لحظة مرورها الثاني بوضع التوازن.
3. احسب قيمة التسارع الزاوي للساق عندما تصنع زاوية $(-30°)$ مع وضع توازنها.

a. نثبت بالطرفين a , b كتلتين نقطيتين $m_1 = m_2 = 75\ g$ استنتج قيمة الدور الخاص الجديد للجملة المهتزة، ثم احسب قيمة ثابت فتل السلك.

b. نقسم سلك الفتل قسمين متساويين، ونعلق الساق بعدئذٍ بنصفي السلك معاً؛ أحدهما من الأعلى ، و الآخر من الأسفل ومن منتصفها، و يثبّت طرف هذا السلك من الأسفل بحيث يكون شاقولياً. استنتج قيمة الدور الخاص الجديد للساق (دون وجود كتل نقطية) افترض $\pi^2 = 10$

الحل

1. استنتاج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام: $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

إيجاد ثوابت الحركة $(\theta_{max} , \omega_0 , \bar{\varphi})$

- السعة الزاويّة: $\theta = \theta_{max} = \frac{\pi}{3}rad$ لأن الساق تُركت دون سرعة ابتدائية.
- النبض الخاص: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi\ rad.s^{-1}$
- لإيجاد الطور الابتدائي نعوض شروط البدء في التابع الزمني $(\bar{\theta} = \theta_{max} , t = 0)$:

$$\theta_{max} = \theta_{max}\cos(0+\bar{\varphi}) \Longrightarrow \cos\bar{\varphi} = 1 \Longrightarrow \bar{\varphi} = 0\ rad$$

نعوض ثوابت الحركة في التابع الزمني للمطال الزاوي: $\boxed{\bar{\theta} = \frac{\pi}{3}\cos(2\pi t)}$

2. حساب قيمة السرعة الزاوية للساق لحظة مرورها الأول بوضع التوازن:

نكتب تابع السرعة ونعوض فيه زمن المرور الأول للساق في وضع التوازن

تابع السرعة : $\bar{\omega} = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

$$\bar{\omega} = -2\pi\times\frac{\pi}{3}\sin(2\pi t)$$

$$\bar{\omega} = -\frac{20}{3}\sin(2\pi t)$$

المرور الأول بوضع التوازن يوافق ربع هزة اي: $t = \frac{T_0}{4} = \frac{1}{4}s$

$$\bar{\omega} = -2\pi\times\frac{\pi}{3}\sin\left(2\pi\frac{1}{4}\right) \quad \bar{\omega} = -\frac{2\times\pi^2}{3}\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \xrightarrow{\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)=1} \boxed{\bar{\omega} = -\frac{20}{3}rad.s^{-1}}$$

3. حساب قيمة التسارع الزاوي للساق عند المطال الزاوي: $\theta = -30°$

$$\bar{\alpha} = -\omega_0^2\bar{\theta}$$

$$\bar{\alpha} = -40 \times \left(-\frac{\pi}{6}\right) \rightarrow \boxed{\bar{\alpha} = \frac{20\pi}{3} rad.s^2}$$

.a الدور قبل إضافة الكتل $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta/c\text{ساق}}}{k}}$

الدور بعد إضافة الكتل $T'_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I'_{\Delta\text{جملة}}}{k}}$

نسب الدورين $\frac{T'_0}{T_0} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{I'_{\Delta\text{جملة}}}{k}}}{2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta/c\text{ساق}}}{k}}}$

$$\frac{T'_0}{T_0} = \frac{\sqrt{I'_{\Delta\text{جملة}}}}{\sqrt{I_{\Delta/c\text{ساق}}}} \overset{T'_0\text{نعزل}}{=} \boxed{T'_0 = \sqrt{\frac{I'_{\Delta\text{جملة}}}{I_{\Delta/c\text{ساق}}}}.T_0} \quad ....(*)$$

من نص المسألة $I_{\Delta/c\text{ساق}} = 2 \times 10^{-3} kg.m^2$ والدور قبل إضافة الكتل $T_0 = 1s$ لذلك يجب حساب $I'_{\Delta\text{جملة}}$ والتعويض بعلاقة الدور $(*)$

حساب $I'_{\Delta\text{جملة}}$: $I'_{\Delta\text{جملة}} = I_{\Delta/c} + 2I_{\Delta/m1}$ نعوض :

$$I'_{\Delta\text{جملة}} = I_{\Delta/c} + 2I_{\Delta/m1} = I_{\Delta/c} + 2m_1r^2 \overset{r=\frac{l}{2}}{\Longrightarrow} \boxed{I'_{\Delta\text{جملة}} = I_{\Delta/c} + 2m_1\frac{l^2}{4}} \overset{\text{نعوض}}{=}$$

$$I'_{\Delta\text{جملة}} = 2 \times 10^{-3} + 2 \times 75 \times 10^{-3}\,\frac{16\times10^{-2}}{4} = 2 \times 10^{-3} + 6 \times 10^{-3}$$

$$\boxed{\Rightarrow I'_{\Delta\text{جملة}} = 8 \times 10^{-3} kg.m^2}$$

نعوض كل من : $I_{\Delta/c\text{ساق}}$ ، T_0 ، $I'_{\Delta\text{جملة}}$ ، في $(*)$

$$T'_0 = \sqrt{\frac{8\times10^{-3}}{2\times10^{-3}}} \times 1 = \sqrt{4} \boxed{\Longrightarrow T'_0 = 2sec}$$

طريقة 1: من علاقة الدور: $I_{\Delta\backslash c} = 2 \times 10^{-3} kg.m^2$ للساق فقط ، $T_0 = 1s$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta\backslash c}}{k}} \overset{\text{نربع الطرفين}}{=} T_0{}^2 = 4\pi^2\frac{I_{\Delta\backslash c}}{k} \overset{k\text{نعزل}}{=} k = 4\pi^2\frac{I_{\Delta\backslash c}}{T_0{}^2} \Longrightarrow k = 40 \times \frac{2\times10^{-3}}{1}$$

$$\boxed{k = 8 \times 10^{-2}\, m.N.rad^{-1}}$$

طريقة 2: من النبض الخاص :

$$\omega_0^2 = \frac{k}{I_\Delta} \Longrightarrow k = \omega_0^2.I_\Delta = (2\pi)^2 \times 2 \times 10^{-3} = 40 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$\boxed{k = 8 \times 10^{-2}\, m.N.rad^{-1}}$$

.b $L_1 = \frac{1}{2}L$ ، $L_2 = \frac{1}{2}L$

للسلك الأول $K_1 = k'\frac{(2r)^4}{L_1} = k'\frac{(2r)^4}{\frac{1}{2}L} \overset{\text{نضرب المقلوب}}{=} K_1 = 2\left(K'\frac{(2r)^4}{L}\right) \Rightarrow \boxed{K_1 = 2K}$

للسلك الثاني $K_2 = k'\frac{(2r)^4}{L_2} = k'\frac{(2r)^4}{\frac{1}{2}L} \overset{\text{نضرب المقلوب}}{=} K_2 = 2\left(K'\frac{(2r)^4}{L}\right) \Rightarrow \boxed{K_2 = 2K}$

$$K_{\text{جملة}} = K_1 + K_2 = 2K + 2K \Longrightarrow \boxed{K_{\text{جملة}} = 4K}$$

$$T_0{}' = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{K_{\text{جملة}}}} \Rightarrow T_0{}' = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{4K}} \overset{\text{نضرب المقلوب}}{=} T_0{}' = 2\pi\sqrt{\frac{1}{4} \times \frac{I_\Delta}{K}}$$

$$T_0{}' = \frac{1}{2}\left(2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{K}}\right) \Rightarrow T'_0 = \frac{1}{2} \times T_0 = \frac{1}{2} \times 1 \Rightarrow \boxed{T'_0 = \frac{1}{2}\, sec}$$

طلبات إضافية

1) نجعل طول سلك الفتل ضعفي ما كان عليه احسب قيمة الدور الجديد للجملة.

فرضاً: $L_2 = 2L_1$

$$T_{0_1} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{K_1}} \text{ قبل التغيير}$$
$$T_{0_2} = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{K_2}} \text{ بعد التغيير}$$
$$\frac{T_{0_2}}{T_{0_1}} = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}} \quad (*)$$

$$K_1 = k'\frac{(2r)^4}{L_1} \text{ قبل التغيير}$$
$$K_2 = k'\frac{(2r)^4}{L_2} \text{ بعد التغيير}$$
$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{L_2}{L_1} = \frac{2L_1}{L_1} = 2$$

نعوض في $(*)$:

$$\frac{T_{0_2}}{T_{0_1}} = \sqrt{2} \Rightarrow T_{0_2} = \sqrt{2}.T_{0_1} \Rightarrow \boxed{T_{0_2} = \sqrt{2}\ sec}$$

2) نقسم سلك الفتل إلى قسمين احداهما $\left(L_1 = \frac{1}{3}L\right)$ والآخر $\left(L_2 = \frac{2}{3}L\right)$ ونعلق الساق من منتصفها بجزأي السلك معاً أحدهما من الأعلى والأخر من الأسفل ، احسب الدور الجديد للجملة.

$$L_2 = \frac{2}{3}L \quad ، \quad L_1 = \frac{1}{3}L$$

للسلك الأول $K_1 = k'\frac{(2r)^4}{L_1} = k'\frac{(2r)^4}{\frac{1}{3}L} \overset{\text{نضرب المقلوب}}{=} K_1 = 3\left(K'\frac{(2r)^4}{L}\right) \Rightarrow$

$$\boxed{K_1 = 3K}$$

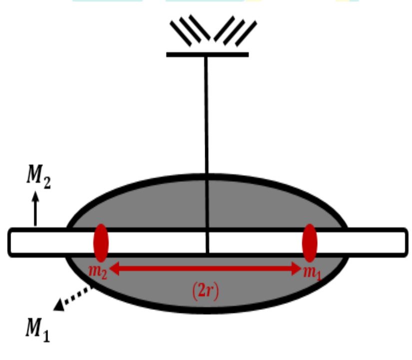
للسلك الثاني $K_2 = k'\frac{(2r)^4}{L_2} = k'\frac{(2r)^4}{\frac{2}{3}L} \xRightarrow{\text{نضرب المقلوب}} K_2 = \frac{3}{2}\left(K'\frac{(2r)^4}{L}\right) \Rightarrow \boxed{K_1 = \frac{3}{2}K}$

$$K_{\text{جملة}} = K_1 + K_2 = 3K + \frac{3}{2}K = \frac{6}{2}K + \frac{3}{2}K \Rightarrow \boxed{K_{\text{جملة}} = \frac{9}{2}K}$$

$$T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{K_{\text{جملة}}}} \Rightarrow T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{\frac{9}{2}K}} \xRightarrow{\text{نضرب المقلوب}} T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{2}{9}\times\frac{I_\Delta}{K}}$$

$$T_0' = \frac{\sqrt{2}}{3}\left(2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{K}}\right) \Rightarrow T_0' = \frac{\sqrt{2}}{3}T_0 \Rightarrow \boxed{T_0' = \frac{\sqrt{2}}{3}\ sec}$$

المسألة (3) عامة



تتألف ميقاتية من قرص نحاسي كتلته $M_1 = 0.12\ kg$ ، نصف قطره $R = 0.05\ m$ مثبت عليه ساق كتلتها $M_2 = 0.012\ kg$، طولها $L = 0.1\ m$ تحمل في طرفيها كتلتين متساويتين $m_1 = m_2 = 0.05\ kg$ نعدهما كتلتين نقطيتين تبعدان مسافة قدرها $2r = 0.04\ m$ يمكن تغييرها بواسطة بزال، نعلق الجملة من مركز عطالتها إلى سلك فتل شاقولي ثابت فتله $k = 8 \times 10^{-4} m.N.rad^{-1}$ كما في الشكل المجاور. **المطلوب:**

1- احسب دور الميقاتية.
2- إذا أردنا للدور أن يزداد بمقدار $0.86\ s$ وذلك بزيادة البعد بين الكتلتين m. كم يجب أن يصبح البعد الجديد بينهما؟

(عزم عطالة القرص حول محور مار من مركز عطالته $I_1 = \frac{1}{2}M_1R^2$، وعزم عطالة الساق حول محور عمودي على مستويها ومار من مركزها $I_2 = \frac{1}{12}M_2L^2$ ($\pi = 3.14$ ، $\pi^2 = 10$)

المعطيات بعد التحويل: $M_1 = 12 \times 10^{-2}\ kg$ ، $R = 5 \times 10^{-2}\ m$ ، $M_2 = 12 \times 10^{-3}\ kg$ ، $L = 10^{-1}\ m$

$m_1 = m_2 = 5 \times 10^{-2}\ kg$ ، بعد الكتلة النقطية عن سلك الفتل : $2r = 0.04\ m \Longrightarrow r = 2 \times 10^{-2}\ m$

الحل:

1- حساب دور الميقاتية: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$

- لنحسب عزم عطالة الجملة: $I_\Delta(\text{جملة}) = I_\Delta(\text{قرص}) + 2I_\Delta(\text{كتلة}) + I_\Delta(\text{ساق})$

$$I_\Delta(\text{جملة}) = \frac{1}{2}M_1R^2 + 2(mr^2) + \frac{1}{12}M_2L^2$$

$$I_\Delta = \frac{1}{2}\times(12\times10^{-2})(5\times10^{-2})^2 + 2(5\times10^{-2})(2\times10^{-2})^2 + \frac{1}{12}\times(12\times10^{-3})(10^{-1})^2$$

$$I_\Delta(\text{جملة}) = 2\times10^{-4}\ kg.m^2$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2\times10^{-4}}{8\times10^{-4}}} \Longrightarrow \boxed{T_0 = \pi\ sec}$$

2- ازداد الدور بمقدار $0.86\ s$ سيصبح الدور الجديد $T_0' = 3.14 + 0.86 = 4\ sec$

3- نحسب أولاً $I_\Delta'(\text{جملة})$ من علاقة الدور الجديد T_0' ومن ثم نحسب منه البعد بين الكتلتين النقطيتين $(2r')$

$$4 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta'}{8\times10^{-4}}} \Longrightarrow 16 = 40\frac{I_\Delta'}{8\times10^{-4}} \Longrightarrow I_\Delta'(\text{جملة}) = \frac{16\times8\times10^{-4}}{40} = 32\times10^{-5}$$

$$I_\Delta'(\text{جملة}) = \frac{1}{2}M_1R^2 + 2(mr'^2) + \frac{1}{12}M_2L^2$$

$$32\times10^{-5} = \frac{1}{2}\times(12\times10^{-2})(5\times10^{-2})^2 + 2(5\times10^{-2})r'^2 + \frac{1}{12}\times(12\times10^{-3})(10^{-1})^2$$

$$32\times10^{-5} = 15\times10^{-5} + 10^{-1}r'^2 + 10^{-5}$$

$$16\times10^{-4} = r'^2 \xRightarrow{\text{نجذر}}$$

بعد أحد الكتلتين عن سلك الفتل : $r' = 4\times10^{-2}\ m$

يجب أن يكون البعد بين الكتلتين النقطيتين $(2r')$ أي : $(2r') = 8\times10^{-2}\ m$

الدرس الثالث: الاهتزازات غير التوافقي

النواس الثقلي غير المتخامد

عرف النواس الثقلي_ جسم ثقيل يهتز بتأثير ثقله فقط حول محور دوران أفقي ثابت عمودي على مستويه ولا يمر من مركز عطالته

الدراسة التحريكية.

جملة المقارنة : خارجية الجملة المدروسة : جسم صلب

القوى الخارجية المؤثرة: ثقل الجسم $\vec{w} = m\vec{g}$ ، رد فعل محور الدوران $\vec{R}$

نطبق نظرية التسارع الزاوي: $\sum \overline{\Gamma}_{\vec{F}} = I_{\Delta}.\overline{\alpha}$

$$\overline{\Gamma}_{\vec{w}} + \overline{\Gamma}_{\vec{R}} = I_{\Delta}\overline{\alpha} \dots\dots\dots (*)$$

♥ عزم قوة رد فعل محور الدوران $\overline{\Gamma}_{\vec{R}} = 0$ لأن القوة تلاقي محور الدوران في كل لحظة فعزمه

♥ عزم قوة الثقل : $\overline{\Gamma}_{\vec{w}} = d'.w$

ولكن $\sin\theta = \frac{d'}{oc} \Rightarrow d' = oc.\sin\theta$

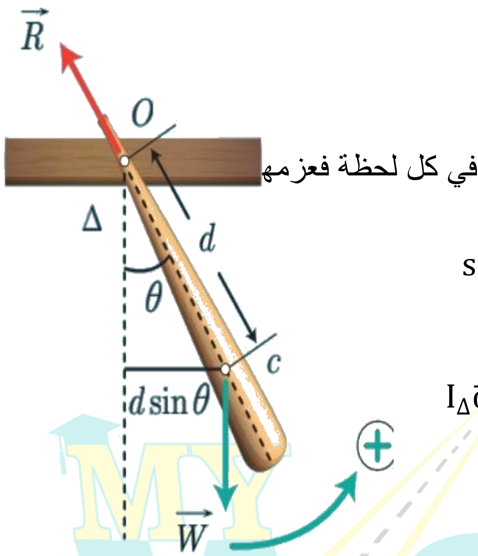
فيكون عزم الثقل $\overline{\Gamma}_{\vec{w}} = -mgd\sin\theta$ ، حيث $oc = d$

وعزم الثقل سالب لأن القوة تعمل على تدوير الجسم مع جهة دوران عقارب الساعة

بالتعويض في $(*)$ $I_{\Delta}\overline{\alpha} = -mgd\sin\theta$

$$\xRightarrow{\overline{\alpha}=(\overline{\theta})''_t} I_{\Delta}(\overline{\theta})''_t = -mgd\sin\theta$$

$$\boxed{\Rightarrow (\overline{\theta})''_t = -\frac{mgd}{I_{\Delta}}\sin\theta}$$



سؤال نظري -14-

انطلاقاً من العلاقة $(\overline{\theta})''_t = -\frac{mgd}{I_{\Delta}}\sin\theta$ و من أجل سعات صغيرة أقل من (0.24rad) برهن أن الحركة جيبية دورانية ثم استنتج عبارة دورها الخاص؛ دورة 2014 الثانية – 2021 الثانية؛

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

معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية حلها ليس جيبياً لوجود ($\sin\theta$) بدل من θ

الفرض $\sin\theta = \theta$: زوايا (سعات) صغيرة $\theta \le 14°,\ \theta \le 0.24rad$

$$\dots (1)(\overline{\theta})''_t = -\frac{mgd}{I_{\Delta}}\overline{\theta}$$

معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل :

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

بالاشتقاق مرتين :

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

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

$$(\overline{\theta})''_t = -\omega_0^2\overline{\theta} \dots (2)$$

بالمساواة بين (1) و (2) نجد : $-\omega_0^2\overline{\theta} = -\frac{mgd}{I_{\Delta}}\overline{\theta}$

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

♥ طبيعة الحركة جيبية دورانية بشرط $\omega_0 = \sqrt{\frac{mgd}{I_\Delta}} > 0$

♥ استنتاج علاقة الدور: $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{mgd}{I_\Delta}}} \Rightarrow$

علاقة الدور: $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}}$ ولا يتغير الدور بتغير السعة الزاوية طالما كانت صغيرة

I_Δ عزم عطالة الجملة حول محور الدوران ويقاس $(kg.m^2)$

$d = oc$ بعد مركز العطالة c عن محور الدوران o ويقاس (m)

m كتلة الجملة وتقاس (kg) ، T_0 دور الحركة ويقاس (sec)

نلاحظ:

- الدور لا يتعلق بالكتلة m ويتناسب طرداً مع $\sqrt{I_\Delta}$ وعكساً مع $\sqrt{g}$ لذلك كلما زاد الارتفاع نقصت الجاذبية فيزداد الدور وبالتالي الميقاتية (الساعة) تؤخر وبالعكس تقدم.
- نواس يدق الثانية أي دوره $(2s)$
- دور النواس من أجل السعات الكبيرة (تكون الحركة دورانية لا جيبية ويتغير الدور بتغير السعة الزاوية)

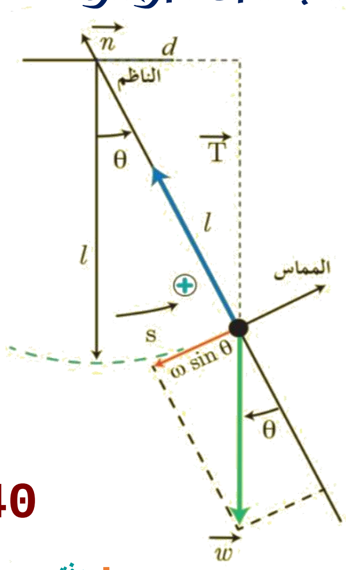
$$\underbrace{T'_0}_{\text{الدور بحالة سعات كبيرة}} \approx \underbrace{T_0}_{\text{الدور بحالة سعات صغيرة}}\left(1 + \frac{\overbrace{\theta^2_{max}}^{\text{الزاوية الكبيرة } rad}}{16}\right)$$

سؤال نظري -15- عرف النواس الثقلي البسيط نظرياً وعملياً ثم ادرس حركة هذا النواس واستنتج طبيعة الحركة والدور الخاص في حالة السعات الصغيرة

نظرياً: نقطة مادية تهتز بتأثير ثقلها على بعد ثابت l من محور أفقي ثابت

عملياً: كرة صغيرة كتلتها m كثافتها النسبية كبيرة معلقة بخيطٍ مهمل الكتلة لا يمتط طوله l كبير بالنسبة لنصف قطر الكرة.

الدراسة التحريكية:



القوى الخارجية المؤثرة في الكرة: $\vec{W} = m\vec{g}$ ثقل الكرة. $\vec{T}$ توتر الخيط.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum \vec{F} = m.\vec{a}$

$$\vec{W} + \vec{T} = m.\vec{a}$$

بالإسقاط على المماس الموجّه بجهة إزاحة الكرة:

$$-m.g.\sin\theta + 0 = m.a_t$$

$$\underbrace{\bar{a}_t}_{\text{التسارع المماسي}} = \bar{\alpha}.r \xRightarrow{r=L} \bar{a}_t = \bar{\alpha}.L \xRightarrow{\bar{\alpha}=(\bar{\theta})''_t} \bar{a}_t = L.(\bar{\theta})''_t$$

$$\Rightarrow -m.g.\sin\theta = m.L.(\bar{\theta})''_t$$

نعوّض في العلاقة السابقة مع الاختصار $(\bar{\theta})''_t = -\frac{g}{L}\sin\theta$

ملاحظة: قد يأتي السؤال انطلاقاً من العلاقة $(\bar{\theta})''_t = -\frac{g}{L}\sin\theta$ بيّن طبيعة حركة النواس الثقلي البسيط في حالة السعات الزاوية الصغيرة و استنتج العلاقة المعبرة عن دوره الخاص

$$(\bar{\theta})''_t = -\frac{g}{L}\sin\theta$$

وفي حالة السعات الزاوية الصغيرة $\sin\theta \approx \theta \quad \theta \leq 0.24\ \text{rad}$

$$\boxed{(\bar{\theta})''_t = -\frac{g}{L}.\bar{\theta} \ldots\ldots (1)}$$

معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل: $\bar{\theta} = \theta_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$

باشتقاق تابع المطال مرتين بالنسبة للزمن نجد:

$$\bar{\omega} = (\bar{\theta})'_t = -\omega_0\theta_{max}\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$
$$\bar{\alpha} = (\bar{\theta})''_t = -\theta_{max}\omega_0^2\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$
$$(\bar{\theta})''_t = -\omega_0^2\bar{\theta} \ldots (2)$$

بالمطابقة بين (1) و (2) نجد: $\omega_0^2 = \frac{g}{L}$

النبض الخاص: $\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}} > 0}$ وهذا محقق؛ لأنّ g , l مقداران موجبان،

- طبيعة الحركة جيبية دورانية من أجل السعات الزاوية الصغيرة بشرط: $\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}} > 0}$

- استنتاج علاقة الدور الخاص للاهتزاز: $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \xRightarrow{\omega_0=\sqrt{\frac{g}{L}}} T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{L}}}$

وهي علاقة الدور الخاص للنواس الثقلي البسيط في السعات الصغيرة. $\Rightarrow \boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}$

ملاحظة: يمكن الوصول لعلاقة الدور الخاص للنواس البسيط انطلاقاً من العلاقة العامة للدور الخاص للنواس المركب بحالة السعات الصغيرة

فيكون السؤال: انطلاقاً من العلاقة العامة للدور الخاص للنواس الثقلي المركب في حالة السعات الصغيرة استنتج العلاقة المعبرة عن الدور الخاص للنواس البسيط

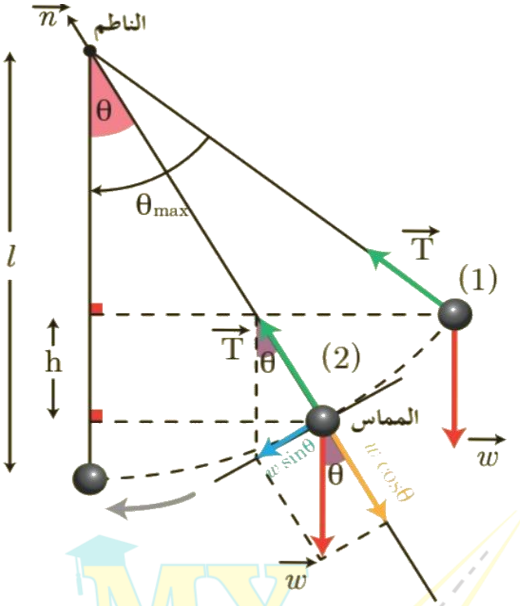
دور النواس الثقلي المركب في حالة السعات الصغيرة: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$

وذلك بتعويض كل من: $d = L$ ، $I_\Delta = m.L^2$

في علاقة الدور: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m\,L^2}{m\,g.L}}$

وهي علاقة الدور الخاص للنواس الثقلي البسيط في السعات الصغيرة $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}}$

سؤال نظري -16- كرة معلقة بنهاية خيط مهمل الكتلة لايمتط مشكلة نواسا ثقلياً بسيطاً نزيح كرة النواس عن موضع توازنها الشاقولي بزاوية θ_{max} ونتركها دون سرعة ابتدائية استنتج العلاقة المحددة لسرعة كرة النواس وعلاقة توتر خيط التعليق عند أي زاوية θ من مسارها:



♥ أيجاد العلاقة المحددة لسرعة الكرة في الوضع (2):

القوى الخارجية المؤثرة: ثقل الكرة $\vec{W}$ ، توتر الخيط $\vec{T}$

نطبّق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

الأول: حيث يصنع الخيط مع الشاقول الزاوية θ_{max}

الثاني: حيث يصنع الخيط مع الشاقول الزاوية θ

$$\Delta \bar{E}_{k(1\to2)} = \sum \bar{W}_{\vec{F}}$$

$$E_{k_2} - E_{k_1} = \bar{W}_{\vec{W}} + \bar{W}_{\vec{T}}$$

$$\bar{W}_{\vec{W}} = m\,g\,h$$

$\bar{W}_{\vec{T}} = 0$ لأن حامل $\vec{T}$ يعامد الانتقال في كل لحظة ، $E_{k_1} = 0$ دون سرعة ابتدائية

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = m\,g\,h + 0$$

وبملاحظة الشكل نجد: $h = L\cos\theta - L\cos\theta_{max}$

$$h = L\,(\cos\theta - \cos\theta_{max})$$

نعوض: $\frac{1}{2}mv^2 = m\,gL\,(\cos\theta - \cos\theta_{max})$

$$v^2 = 2\,g\,L\,(\cos\theta - \cos\theta_{max})$$

علاقة سرعة الكرة عند أي زاوية θ من مسارها $\boxed{v = \sqrt{2\,g\,L\,(\cos\theta - \cos\theta_{max})}}$

حالة خاصة: عند المرور بالشاقول: $\theta = 0 \leftarrow \cos\theta = 1$ تصبح العلاقة بالشكل: $v = \sqrt{2\,gL\,(1 - \cos\theta_{max})}$

♥ أيجاد العلاقة المحددة لقوة توتر الخيط في الوضع (2):

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك: $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$

$$\vec{W} + \vec{T} = m\vec{a}$$

بالإسقاط على محور ينطبق على حامل $\vec{T}$ وجهته (الناظم): $-W\cos\theta + T = m.\,a_c$

التسارع الناظمي: $a_c = \frac{v^2}{L} \leftarrow T = m\frac{v^2}{L} + m\,g\cos\theta$

نعوض في T

$$v = \sqrt{2\,g\,L\,(\cos\theta - \cos\theta_{max})} \xrightarrow{\text{نربع الطرفين}} v^2 = 2g\,L\,(\cos\theta - \cos\theta_{max}) \Longrightarrow$$

$$T = 2\,m\,g\,(\cos\theta - \cos\theta_{max}) + m\,g\cos\theta \Rightarrow T = 2\,m\,g\cos\theta - 2\,m\,g\cos\theta_{max} + m\,g\cos\theta$$

عامل مشترك mg

$$\Rightarrow T = 3\,m\,g\cos\theta - 2\,m\,g\cos\theta_{max} \Longrightarrow$$

علاقة توتر الخيط عند أي زاوية θ من مسار الكرة $\boxed{T = m\,g\,(3\cos\theta - 2\cos\theta_{max})}$

حالة خاصة: عند المرور بالشاقول: $\theta = 0 \leftarrow \cos\theta = 1$: $T = m\,g\,(3 - 2\cos\theta_{max})$

الطاقة الميكانيكية للنواس الثقلي البسيط.

- إن الطاقة الميكانيكية للنواس الثقلي البسيط ثابتة بإهمال القوى المبددة للطاقة، إذا يهتز بسعة زاوية ثابتة θ_{max} إلى جانبي موضع توازنه الشاقولي.
- إن الطاقة الميكانيكية هي مجموع الطاقتين الكامنة الثقالية، و الحركية، بفرض أن مبدأ قياس الطاقة الكامنة الثقالية هو المستوي الأفقي المار من مركز عطالة الكرة عند مرور النواس في وضع توازنه الشاقولي.

$$E = E_k + E_p$$

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. قمت بزيارة بيت جدّك، وطلبت إليك جدتك تصحيح الميقاتية المعلقة على الجدار، وهي مؤلفة من ساق منتهية بقرص قابل للحركة صعوداً أو هبوطاً، فاتصلت بالساعة الناطقة فأشارت إلى السادسة تماماً عندما كانت الميقاتية تشير إلى السادسة وخمس دقائق، و لتصحيح الوقت يجب:

a. إيقاف الميقاتية، وخفض القرص بمقدار ضئيل ثم إعادة تشغيلها.

b. إيقاف الميقاتية، ورفع القرص بمقدار ضئيل ثم إعادة تشغيلها.

c. تصحيح عقرب الدقائق، و إعادته ليشير الوقت إلى السادسة تماماً.

d. إيقاف الميقاتية مدة خمس دقائق، ثم إعادة تشغيلها مرة أخرى.

توضيح الحل : الميقاتية تُقدم أي يجب تكبير دورها لتصبح

حركة القرص أبطأ وانخفاض القرص يؤدي لزيادة قيمة I_Δ

و بالتالي تكبير T_0 حسب العلاقة: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{m\,g\,d}}$

2. ميقاتيتان متماثلتان مضبوطتان عند سطح الأرض بالتوقيت المحلي، نضع الأولى بالطابق الأرضي لناطحة سحاب، بينما نضع الثانية في الطابق الأخير، فإنه بعد شهر مع ثبات درجة الحرارة:

a. تشيران إلى التوقيت نفسه.

b. تقدّم الثانية، ويجب تعديلها.

c. تؤخر الثانية، ويجب تعديلها.

d. تؤخر الأولى، ويجب تعديلها.

توضيح الحل :في الطابق الاخير تنقص قيمة الجاذبية الارضية و بالتالي تزداد قيمة الدور

ثانياً: حل المسائل الآتية: في جميع المسائل [$g = 10m.s^{-2}$ ، $\pi^2 = 10$ ، $4\pi = 12.5$]

المسألة الأولى (درس): النواس الثقلي المركب

يتألف نواس ثقلي مركب من ساق شاقولية متجانسة، كتلتها $M = 0.5\ kg$، طولها $1.5\ m$، يمكنها أن تنوس حول محور أفقي مار من طرفها العلوي، ومثبت عليها كتلة نقطية $m' = 0.5\ kg$ على بعد $1m$ من هذا الطرف، كما في الشكل المجاور، **المطلوب:**

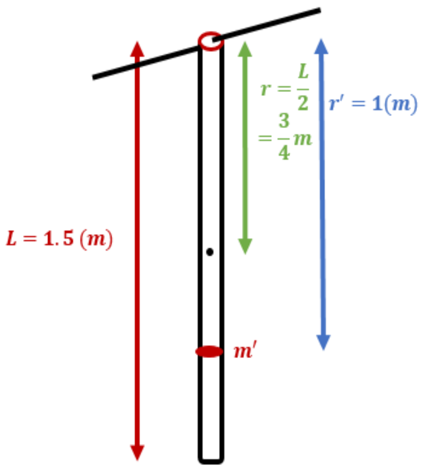
1- احسب دور هذا النواس في حالة السعات الزاويّة الصغيرة.

2- نزيح جملة النواس عن موضع توازنها الشاقولي بزاوية $\frac{\pi}{2}rad$ ، ونتركها دون سرعة ابتدائية. احسب الطاقة الحركية للنواس لحظة مروره بالشاقول، ثم احسب السرعة الخطية للكتلة النقطية m' عندئذٍ.

(عزم عطالة الساق حول محور عمودي على مستويها ومار من مركز عطالتها $I_{\Delta/c} = \frac{1}{12}ML^2$)

الحل: المعطيات: $M = \frac{1}{2}\ kg$ ، $m' = \frac{1}{2}\ kg$,

(توضيح $m'_{\text{كتلة نقطية}}$ تبعد عن o مسافة $r' \Leftarrow r' = 1m$ ، توضيح $M_{\text{ساق}}$ تبعد عن o مسافة $r \Leftarrow r = \frac{L}{2} = \frac{\frac{3}{2}}{2} = \frac{3}{4}m$)



1- علاقة الدور الخاص بحالة السعات الصغيرة $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$

♥ تعيين I_Δ : $\boxed{I_{\Delta\,\text{جملة}} = I_{\Delta\,\text{هايغنز ساق}} + I_{\Delta/m'\,\text{كتلة}}}$

$I_{\Delta\,\text{هايغنز}} = I_{\Delta/c} + Md^2$

$\Rightarrow I_{\Delta\,\text{هايغنز}} = \frac{1}{12}ML^2 + M\frac{L^2}{4} \overset{\text{توحيد المقامات}}{=} \boxed{I_{\Delta\,\text{هايغنز}} = \frac{1}{3}ML^2}$

$I_{\Delta\,\text{هايغنز}} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{3}{2}\right)^2 \Rightarrow \boxed{I_{\Delta\,\text{هايغنز}} = \frac{3}{8}kg.m^2}$

$I_{\Delta/m'\,\text{كتلة}} = m'r'^2 \overset{r'=1m}{\Longrightarrow} I_{\Delta/m'\,\text{كتلة}} = \frac{1}{2} \times (1)^2 \Rightarrow \boxed{I_{\Delta/m'\,\text{كتلة}} = \frac{1}{2}kg.m^2}$

$\Rightarrow I_{\Delta\,\text{جملة}} = \frac{3}{8} + \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{I_{\Delta\,\text{جملة}} = \frac{7}{8}kg.m^2}$

$I_{\Delta\,\text{جملة}} = \frac{1}{3}ML^2 + m'L^2 \Rightarrow \boxed{I_{\Delta\,\text{جملة}} = L^2\left(\frac{1}{3}M + m'\right)}$

♥ تعيين d : $d = \frac{\sum mr}{\sum m} = \frac{M.\overset{(\text{بعد } M \text{ عن } O)}{\vec{r}} + m'.\overset{(\text{بعد } m' \text{ عن } O)}{\vec{r'}}}{M+m'} \overset{r=\frac{L}{2}=\frac{3}{4}m\,,\ r'=1m}{=} \boxed{d = \frac{\frac{1}{2}\times\frac{3}{4}+\frac{1}{2}\times 1}{1} \Rightarrow \boxed{d = \frac{7}{8}m}}$

♥ تعيين $m_{\text{جملة}}$: $\boxed{m_{\text{جملة}} = M + m' \Rightarrow \boxed{m_{\text{جملة}} = 1kg}}$

نعوض قيم $\left(I_{\Delta\,\text{جملة}}.\,d.\,m_{\text{جملة}}\right)$ في علاقة الدور الخاص $\boxed{T_0 = 2sec} \Leftarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{7}{8}}{1\times10\times\frac{7}{8}}}$

2- نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين: الوضع الأول: لحظة تركه بدون سرعة ابتدائية في المطال $\theta = \theta_{max}$ الوضع الثاني: لحظة المرور بالشاقول $\theta = 0$

$$\sum \overline{w}_{\vec{F}_{1\to2}} = \overline{\Delta E_K}$$

$$W_{\vec{R}} + W_{\vec{w}} = E_k - E_{K_0}$$

0 نقطة تأثير $\vec{R}$ لا تنتقل ، 0 دون سرعة ابتدائية

$$E_k = W_{\vec{w}} = mgh$$

$$h = d(1 - cos\theta_{max}) \Rightarrow E_k = mgd(1 - cos\theta_{max})$$

$$E_k = 1 \times 10 \times \frac{7}{8} \Rightarrow \boxed{E_k = \frac{70}{8}J}$$

نحسب أولاً السرعة الزاوية عند المرور بالشاقول: $E_k = \frac{1}{2}I_\Delta\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2E_k}{I_\Delta}} = \sqrt{\frac{2\times\frac{70}{8}}{\frac{7}{8}}} = \sqrt{20} \Rightarrow \boxed{\omega = 2\sqrt{5}\,rad.s^{-1}}$

- السرعة الخطية عند المرور بالشاقول: $v_{m'} = \omega r' = 2\sqrt{5}\times 1 \Rightarrow \boxed{v_{m'} = 2\sqrt{5}m.s^{-1}}$

المسألة الثانية (درس): النواس الثقلي البسيط

خيط مهمل الكتلة لا يمتط طوله $l = 40\ cm$ نعلق في نهايته كرة صغيرة نعدها نقطة مادية كتلتها $m_1 = 100\ g$، **المطلوب:**

1. يحرف الخيط عن وضع التوازن بزاوية θ_{max} ونترك الكرة بدون سرعة ابتدائية فتكون سرعتها لحظة مرورها بالشاقول $v = 2\ m.s^{-1}$ استنتج قيمة الزاوية θ_{max}.
2. استنتج بالرموز علاقة توتر خيط النواس لحظة المرور بوضع الشاقول ثم احسب قيمته.

الحل:

1) نطبق نظرية الطاقة الحركية بين الوضعين :

الوضع الأول: لحظة تركه دون سرعة ابتدائية في الوضع $\theta = \theta_{max}$

الوضع الثاني: لحظة المرور بالشاقول $\theta = 0$

$$\sum \overline{W_{\vec F}} = \overline{\Delta E_K}$$

$$\overline{W_{\vec T}} + \overline{W_{\vec\omega}} = \overline{E_K} - \overline{E_{K_0}}$$

0 لأنها تعامد الانتقال في كل لحظة   0 بدون سرعة ابتدائية

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$h = L[1 - cos\theta_{max}]$$

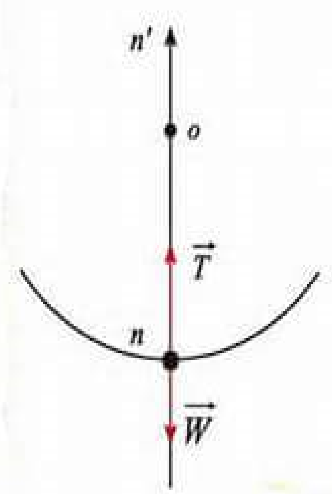
$$mgL[1 - cos\theta_{max}] = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{v^2}{2g\,l} = (1 - cos\theta_{max}) \Longrightarrow cos\theta_{max} = 1 - \frac{v^2}{2g\,l}$$

$$cos\theta_{max} = 1 - \frac{4}{2\times10\times4\times10^{-1}} = 1 - \frac{1}{2}$$

$$cos\theta_{max} = \frac{1}{2} \Longrightarrow \boxed{\theta_{max} = \frac{\pi}{3}rad}$$

2) استنتاج العلاقة المعبرة عن قوة توتر الخيط لحظة المرور في الشاقول:



جملة المقارنة: خارجية   الجملة المدروسة: كرة النواس

القوى الخارجية المؤثرة في كرة النواس : قوة ثقل الكرة $\vec W$ وقوة توتر الخيط $\vec T$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك : $\sum \vec F = m.\vec a$

$$\vec T + \vec W = m.\vec a$$

بإسقاط طرفي العلاقة على حامل $\vec T$ $(n'$الناظم$)$ نجد : $T - W = m.a_c$

مسقط التسارع على الناظم هو تسارع ناظمي $a_c = \frac{v^2}{r}$

$$T = w + ma_c$$

$$T = mg + m\frac{v^2}{r} \overset{r=L}{\Longrightarrow}$$

$$T = m\left(g + \frac{v^2}{L}\right)$$

$$T = 10^{-1}\left(10 + \frac{4}{4\times10^{-1}}\right) \Rightarrow \boxed{T = 2(N)}$$

المسألة الثالثة (درس): النواس الثقلي المركب نعلق كرة صغيرة نعدها نقطة مادية، كتلتها $m = 0.5\ kg$ بخيط مهمل الكتلة، لا يمتط، طوله $l = 1.6m$ لنؤلف نواساً ثقلياً بسيطاً، ثم نزيح الكرة إلى مستو أفقي يرتفع $h = 0.8\ m$ عن المستوي الأفقي المار منها وهي في موضع توازنها الشاقولي، ليصنع خيط النواس مع الشاقول زاوية θ ، ونتركها دون سرعة ابتدائية، **المطلوب:**

1. استنتج بالرموز العلاقة المحددة لسرعة الكرة عند مرورها بالشاقول، ثم احسب قيمتها، موضحاً بالرسم.
2. استنتج قيمة الزاوية θ، ثم احسب قيمتها.
3. احسب دور هذا النواس.
4. استنتج بالرموز العلاقة المحددة لشدة قوة توتر الخيط عند المرور بالشاقول، ثم احسب قيمتها.

الحل :

.1 نطبق نظرية الطاقة الحركية بين الوضعين :

الوضع الأول: لحظة تركه دون سرعة ابتدائية في الوضع $\theta = \theta_{max}$

الوضع الثاني: لحظة المرور بالشاقول $\theta = 0$

$$\sum \overline{W_{\vec{F}}} = \overline{\Delta E_K}$$

$$\overline{W}_{\vec{T}} + \overline{W}_{\vec{\omega}} = \overline{E_K} - \overline{E_{K_0}}$$

0 لأنها تعامد الانتقال في كل لحظة 0 بدون سرعة ابتدائية

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v^2 = 2gh \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

$$v = \sqrt{2 \times 10 \times 8 \times 10^{-1}} \Rightarrow \boxed{v = 4\ m.s^{-1}}$$

.2 $\theta_{max} = ?$ علماً أن $h = 0.8\ m$:

$$h = L[1 - cos\theta_{max}] \Rightarrow h = L - Lcos\theta_{max}$$

$$\Rightarrow cos\theta_{max} = \frac{L - h}{L} = \frac{16 \times 10^{-1} - 8 \times 10^{-1}}{16 \times 10^{-1}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\theta_{max} = \frac{\pi}{3} rad}$$

.3 $\theta_{max} = 60^{\circ}$ بما أن السعة كبيرة نقوم أولاً بحساب الدور بحالة السعات الصغيرة ومن ثم نعوضه في قانون الدور من أجل السعات الكبيرة

الدور بحالة سعات صغيرة : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{16 \times 10^{-1}}{10}} = 8\pi \times 10^{-1}(sec)$

قانون الدور من أجل السعات الكبيرة : $T_0{}' = T_0\left[1 + \frac{\theta^2{}_{max}}{16}\right]$

$$T_0{}' = 8\pi \times 10^{-1}\left[1 + \frac{\frac{\pi^2}{9}}{16}\right]$$

$$T_0{}' = 8\pi \times 10^{-1}\left[1 + \frac{10}{144}\right]$$

$$T_0{}' = 8\pi \times 10^{-1}\left[\frac{144}{144} + \frac{10}{144}\right] = 8\pi \times 10^{-1} \times \frac{154}{144}$$

$$\boxed{T_0{}' = 2.673\ (sec)}$$

.4 استنتاج العلاقة المعبرة عن قوة توتر الخيط لحظة المرور في الشاقول :

جملة المقارنة: خارجية   الجملة المدروسة: كرة النواس

القوى الخارجية المؤثرة في كرة النواس : قوة ثقل الكرة $\vec{W}$ وقوة توتر الخيط $\vec{T}$

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك $\sum \vec{F} = m.\vec{a}$

$$\vec{T} + \vec{W} = m.\vec{a}$$

بإسقاط طرفي العلاقة على حامل $\vec{T}$ (الناظمn') نجد : $T - W = m.a_c$

مسقط التسارع على الناظم هو تسارع ناظمي $a_c = \frac{v^2}{r}$

$$T = w + ma_c$$

$$T = mg + m\frac{v^2}{r} \overset{r=L}{\Longrightarrow} T = m\left(g + \frac{v^2}{L}\right)$$

نعوض : $\boxed{T = m\left(g + \frac{v^2}{L}\right)}$

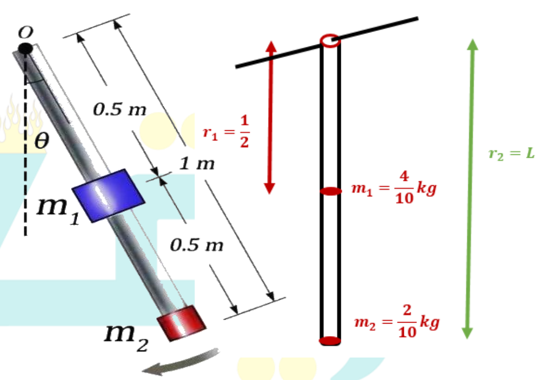
$$T = 5\times10^{-1}\left(10 + \frac{16}{16\times10^{-1}}\right) \Rightarrow \boxed{T = 10(N)}$$

المسألة الرابعة (درس) : النواس الثقلي المركب

ساق شاقولية مهملة الكتلة، طولها $L = 1m$، نثبت في منتصفها كتلة نقطية $m_1 = 0.4\ kg$، ونثبت في طرفها السفلي كتلة نقطية $m_2 = 0.2\ kg$، لتؤلف الجملة نواساً ثقيلاً مركباً يمكنه أن ينوس في مستو شاقولي حول محور أفقي مار من الطرف العلوي للساق، المطلوب:

1. احسب دور نوساتها صغيرة السعة.
2. نزيح الجملة عن موضع توازنها بزاوية $\theta_{max} > 0.24\ rad$ ، ونتركها دون سرعة ابتدائية، فتكون السرعة الخطية لمركز عطالة جملة النواس لحظة مرورها بالشاقول $v = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}} m.s^{-1}$ ، والمطلوب:
   a. احسب السرعة الخطية للكتلة النقطية m_2 .
   b. استنتج قيمة الزاوية θ_{max} .

المعطيات : ساق مهملة الكتلة $I_{\Delta/c} = 0$ $m_{ساق} = 0$ $L = 1m$ / ومن الرسم التوضيحي الجانبي : $r_2 = L = 1m$ $r_1 = \frac{L}{2} = \frac{1}{2}m$



-1

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

♥ تعيين $\boxed{m_{جملة}}$:

$$m_{جملة} = \underbrace{m_{ساق}}_{ساق\ مهملة\ الكتلة} + m_1 + m_2$$

$$m_{جملة} = 0 + \frac{4}{10} + \frac{2}{10} \Rightarrow$$

$$\boxed{m_{جملة} = \frac{6}{10}kg}$$

♥ تعيين $\boxed{d}$:

$$d = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2}{m_{جملة}}$$

$$d = \frac{\frac{4}{10}\times\frac{1}{2} + \frac{2}{10}\times1}{\frac{6}{10}} = \frac{\frac{4}{10}}{\frac{6}{10}} \Rightarrow \boxed{d = \frac{2}{3}m}$$

♥ تعيين $\boxed{I_{\Delta جملة}}$:

$$I_\Delta = \underbrace{I_{هايغنز}}_{ساق\ مهملة\ الكتلة} + I_{\Delta/m_1} + I_{\Delta/m_2}$$

$$I_{\Delta جملة} = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2$$

$$I_{\Delta جملة} = \frac{4}{10}\frac{1}{4} + \frac{2}{10}\times1 \Rightarrow$$

$$\boxed{I_{\Delta جملة} = \frac{3}{10}kg.m^2}$$

نعوض $\left(I_{\Delta}.d.m_{جملة}\right)$ جملة في علاقة الدور الخاص :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{3}{10}}{\frac{6}{10}\times10\times\frac{2}{3}}}$$

$$\boxed{T_0 = \sqrt{3}\ sec}$$

-2 السرعة الخطية لمركز العطالة:

$$v_c = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}m.s^{-1}$$

$$v_{m_2} = \omega.r_2$$

-a نحسب السرعة الزاوية : $v_c = \omega.d$

$$\frac{4\pi}{3\sqrt{3}} = \omega.\frac{2}{3}$$

$$\boxed{\underbrace{\omega}_{سرعة\ زاوية\ ثابتة} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}rad.s^{-1}}$$

السرعة الخطية للكتلة النقطية m_2

$$v_{m_2} = \omega.r_2 \Leftarrow$$

$$\boxed{v_{m_2} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}\times1 = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}m.s^{-1}}$$

b- نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين :

وضع أول: لحظة تركها دون سرعة ابتدائية $\theta = \theta_{max}$

وضع ثاني: لحظة المرور بالشاقول $\theta = 0$

$$\sum_{1\to 2} \overline{W}_{\vec{F}} = \Delta \overline{E_k}$$

$$W_{\vec{R}} + W_{\vec{w}} = E_k - E_{K_0}$$

0 نقطة تأثير $\vec{R}$ لا تنتقل — 0 دون سرعة ابتدائية

$$E_k = W_{\vec{w}}$$

$$\frac{1}{2} I_\Delta \omega^2 = mgh$$

$$\frac{1}{2} I_\Delta \omega^2 = m.g.d[1 - \cos\theta]$$

نعزل $\cos\theta$

$$\frac{\frac{1}{2} I_\Delta \omega^2}{mgd} = 1 - \cos\theta$$

$$\cos\theta = 1 - \frac{\frac{1}{2} I_\Delta \omega^2}{mgd}$$

$$\cos\theta = 1 - \frac{\frac{1}{2} \times \frac{3}{10} \times \frac{4\pi^2}{3}}{\frac{6}{10} \times 10 \times \frac{2}{3}} = \frac{1}{2}$$

$$\cos\theta = \frac{1}{2} \Longrightarrow \boxed{\theta = \frac{\pi}{3} rad}$$

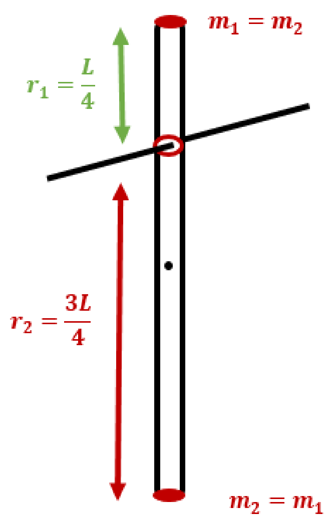
المسألة الخامسة (درس) : النواس الثقلي المركب

يتألف نواس ثقلي من ساق شاقولية مهملة الكتلة طولها L، تحمل في كل من طرفيها كتلة نقطية m'، نعلق الجملة بمحور دوران أفقي يبعد $\frac{L}{4}$ عن طرف الساق العلوي، نزيح الجملة عن وضع توازنها الشاقولي بزاوية $\frac{1}{2\pi}$ rad، ونتركها دون سرعة ابتدائية في اللحظة $t = 0$، فتهتز بدور خاص $T_0 = 2.5\ s$، **المطلوب:**

1. استنتج التابع الزمني للمطال الزاوي لحركة هذا النواس انطلاقاً من شكله العام.
3. استنتج بالرموز العلاقة المحددة لطول الساق، ثم احسب قيمته.
4. احسب قيمة السرعة الزاوية العظمى للحركة (طويلة).
5. لنفرض أنه في إحدى النوسات انفصلت الكتلة السفلية عن الساق، استنتج الدور الخاص الجديد للجملة في حالة السعات الزاوية الصغيرة.

المعطيات : ساق مهملة الكتلة $I_{\Delta/c} = 0$ $\quad m_{ساق} = 0$ ، $T_0 = 25 \times 10^{-1}$

فرضاً الكتلتين متساويتين : $m_1 = m'$ ، $m_2 = m'$ من الرسم التوضيحي الجانبي : $r_2 = \frac{3L}{4}$ ، $r_1 = \frac{L}{4}$



-1 استنتاج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام: إيجاد ثوابت الحركة $(\theta_{max}, \omega_0, \bar{\varphi})$

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

السعة الزاوية: $\theta_{max} = \frac{1}{2\pi} rad$ لأن الساق تُركت دون سرعة ابتدائية.

النبض الخاص: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{2.5} = \frac{4\pi}{5} rad.s^{-1}$

لإيجاد الطور الابتدائي نعوض شروط البدء $(\theta = \theta_{max} = \frac{1}{2\pi} rad, t = 0)$ في التابع الزمني:

$$\theta_{max} = \theta_{max}.\cos(0 + \bar{\varphi}) \Longrightarrow \cos\bar{\varphi} = 1 \Longrightarrow \bar{\varphi} = 0\ rad$$

نعوض ثوابت الحركة في التابع الزمني للمطال الزاوي: $\boxed{\bar{\theta} = \frac{1}{2\pi} \cos\left(\frac{4\pi}{5} t\right)}$

-2 دور هذا النواس في حالة السعات الصغيرة:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I_\Delta}{m\ g\ d}}$$

♥ تعيين $m_{جملة}$: $\boxed{m_{جملة} = 2m'}$

$$m_{جملة} = \underbrace{m_{ساق}}_{\text{ساق مهملة الكتلة}} + m_1 + m_2 \Longrightarrow \boxed{m_{جملة} = 2m'}$$

♥ تعيين عزم عطالة النواس $I_{\Delta جملة}$:

$$I_{\Delta جملة} = \underbrace{I_{\Delta/c}}_{0} + \underbrace{I_{\Delta/m_1}}_{m_1 r_1^2} + \underbrace{I_{\Delta/m_2}}_{m_2 r_2^2}$$

$$I_{\Delta جملة} = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2$$

$$I_{\Delta/جملة} = m'\left(\frac{L}{4}\right)^2 + m'\left(\frac{3L}{4}\right)^2 \Rightarrow \boxed{I_{\Delta/جملة} = \frac{10}{16}m'L^2}$$

♥ تعيين d:

$$d = \frac{-m_1r_1+m_2r_2}{m_1+m_2} = \frac{-m'\frac{L}{4}+m'\frac{3L}{4}}{m'+m'} = \frac{m'\frac{L}{2}}{2m'} \Rightarrow \boxed{d = \frac{L}{4}}$$

نعوض $\left(I_{\Delta}\text{ جملة}.\ d.\ m_{جملة}\right)$ في علاقة الدور الخاص نجد:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{10}{16}m'L^2}{2m'\,g\frac{L}{4}}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{5L}{4g}} \xrightarrow{\text{نربع ونعزل } L} {T_0}^2 = 4\pi^2\left(\frac{5L}{4g}\right) \Rightarrow L = \frac{T_0^2\,g}{5\pi^2}$$

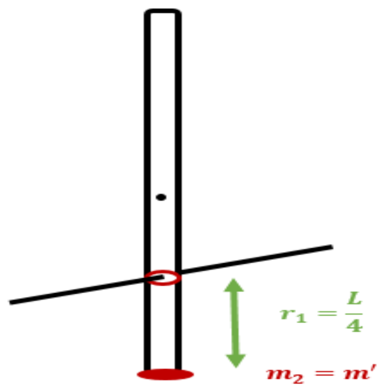
طول الساق:

$$L = \frac{(25\times10^{-1})^2\times10}{5\times10} = \frac{625\times10^{-2}}{5} \Rightarrow \boxed{L = 1.25\ m}$$

-3 قيمة السرعة الزاوية العظمى للحركة (طويلة) $\omega_{max} = \omega_0\theta_{max}$.

$$\omega_{max} = \frac{4\pi}{5}\times\frac{1}{2\pi}$$

$$\boxed{\omega_{max} = 0.4\ rad.s^{-1}}$$



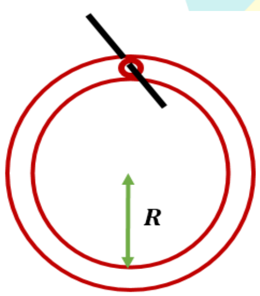
-4 بعد انفصال الكتلة السفلية تصبح كتلة النواس $m_1 = m'$ حيث: $d = \frac{L}{4}$.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{m\,g\,d}}$$

$$I_{\Delta جملة} = \underbrace{I_{\Delta/c}}_{0} + \underbrace{I_{\Delta/m_1}}_{m_1r_1^2} \Rightarrow I_{\Delta جملة} = m_1r_1^2 = m'\left(\frac{L}{4}\right)^2 \Rightarrow I_{\Delta جملة} = m'.\frac{L^2}{16}$$

$$T_0 = \sqrt{\frac{m'.\frac{L^2}{16}}{m'\,g.\frac{L}{4}}} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{4g}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{1.25}{4\times10}} \Rightarrow \boxed{T_0 = \frac{\sqrt{5}}{2}s}$$



مسألة (4) عامة تعلق حلقة معدنية نصف قطرها $R = 12.5\ cm$ ، كتلتها $M = 0.05kg$، بمحور أفقي ثابت، كما هو موضح بالشكل: **المطلوب:**

-1 احسب الدور الخاص لاهتزاز هذا النواس من أجل السعات الصغيرة إذا علمت أن عزم عطالة الحلقة حول محور عمودي على مستويها ومار من مركز عطالتها $I_{\Delta/c} = MR^2$

-2 احسب طول النواس البسيط المواقت.

الحل:

المعطيات: $R = 12.5cm = 12.5\times10^{-2} = 125\times10^{-3}m$ ، $M = 0.05\ kg = 5\times10^{-2}\ kg$

عزم عطالة الحلقة حول محور عمودي على مستويها ومار من مركز عطالتها $I_{\Delta/c} = MR^2$

-1
$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I\Delta}{m.g.d}}$$

$$d = oc = R$$

$$I_{\Delta\ هايغنز} = \underbrace{I_{\Delta/c}}_{MR^2} + m.\underbrace{d}_{R}^2$$

$$I_{\Delta\ هايغنز} = MR^2 + MR^2 I_{\Delta\ هايغنز}$$

$$I_{\Delta\ هايغنز} = 2MR^2$$

نعوض $\left(I_{\Delta\, هايغنز}, d, M\right)$ في علاقة الدور الخاص :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2MR^2}{MgR}}$$

$$T_0 = 2\sqrt{2\times 125\times 10^{-3}} = 2\sqrt{250\times 10^{-3}} = 2\times 5\times 10^{-1}$$

$$T_0 = 10\times 10^{-1} \Longrightarrow \boxed{T_0 = 1sec}$$

-2 $T'_0 = T_0$ مركب بسيط

$$2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}} = 1 \Longrightarrow 2\pi\sqrt{\frac{l'}{10}} = 1$$

$$2\sqrt{l'} = 1 \Longrightarrow \boxed{l' = \frac{1}{4}\, m}$$

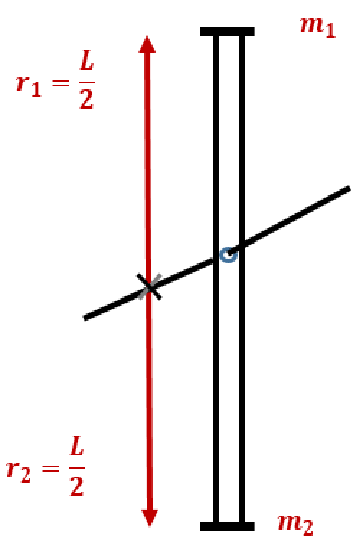
مسألة (5) عامة

يتألف نواس ثقلي من ساق شاقولية مهملة الكتلة طولها $1m$ تحمل في نهايتها العلوية كتلة نقطية $m_1 = 0.2\ kg$ وتحمل في نهايتها السفلية كتلة نقطية $m_2 = 0.6\ kg$ تهتز هذه الساق حول محور أفقي مار من منتصفها **والمطلوب:**

1. حساب دور النواس في حالة السعات الصغيرة.
2. احسب طول النواس البسيط المواقت لهذا النواس.
3. احسب دور النواس لو ناس بسعة زاوية $\theta_{max} = 0.4\ rad$
4. نزيح الساق عن وضع توازنها الشاقولية بزاوية $\theta_{max} = 60°$ ونتركها دون سرعة ابتدائية.
   - a- استنتج بالرموز علاقة السرعة الزاوية لجملة النواس لحظة مرورها بالشاقول محور التعليق ثم احسب قيمتها عندئذٍ.
   - b- احسب السرعة الخطية لمركز عطالة جملة النواس لحظة المرور بالشاقول.
5. نستبدل بالكتلة m_2 كتلة $m_1 = 0.2\ kg$ ونعلق الساق من منتصفها بسلك فتل شاقولي ونشكل بذلك نواس فتل نزيح الساق الأفقية عن وضع توازنها بزاوية ونتركها دون سرعة ابتدائية فتهتز بدور $T_0 = 2\pi\ s$ احسب قيمة ثابت فتل سلك التعليق.
6. احسب قيمة التسارع الزاوي لنواس الفتل عند المرور بالوضع $\theta = 0.5\ rad$

المعطيات: ساق مهملة الكتلة $(I_{\Delta/c} = 0 ، m_{ساق} = 0)$ ، $L = 1m$ ، $m_2 = 0.6\ kg = \frac{6}{10}kg$ $m_1 = 0.2\ kg = \frac{2}{10}kg$

الحل :



1. دور النواس بحالة سعات صغيرة: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$

♥ تعيين $m_{جملة}$: $m_{جملة} = m_1 + m_2 = \frac{2}{10} + \frac{6}{10}$

$$\boxed{m_{جملة} = \frac{8}{10}\ kg}$$

♥ تعيين d: $d = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} = \frac{+m_2 r_2 - m_1 r_1}{\underbrace{m_1 + m_2}_{m\ جملة}}$

$$d = \frac{\frac{6}{10}\times\frac{1}{2} - \frac{2}{10}\times\frac{1}{2}}{\frac{8}{10}} = \frac{\frac{3}{10} - \frac{1}{10}}{\frac{8}{10}} = \frac{\frac{2}{10}}{\frac{8}{10}} \Longrightarrow \boxed{d = \frac{1}{4}m}$$

♥ تعيين I_Δ: $I_{\Delta\,جملة} = I_{\Delta/c} + I_{\Delta/m_1} + I_{\Delta/m_2}$

$$= 0 + m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2$$

$$= m_1\frac{L^2}{4} + m_2\frac{L^2}{4} = (m_1 + m_2)\frac{L^2}{4}$$

$$I_{\Delta\,جملة} = \left(\frac{2}{10} + \frac{6}{10}\right)\times\frac{1}{4} = \frac{8}{10}\times\frac{1}{4} \Longrightarrow$$

$$\boxed{I_{\Delta\,جملة} = \frac{1}{5}kgm^2}$$

نعوض $\left(I_{\Delta\,جملة}, d, m_{جملة}\right)$ في علاقة الدور الخاص نجد:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{5}}{\frac{8}{10}\times 10\times\frac{1}{4}}} \Longrightarrow \boxed{T_0 = 2\ sec}$$

2. حساب طول النواس البسيط المواقت لهذا النواس

$$T'_0 \text{ بسيط} = T_0 \text{ مركب}$$

$$2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}} = 2 \Rightarrow 2\pi\sqrt{\frac{l'}{10}} = 2$$

$$\overset{\text{نربع}}{=} 4l' = 4 \Rightarrow \boxed{l' = 1m}$$

3. حساب الدور عند السعة الزاوية $\theta_{max} = 0.4\, rad > 0.24\, rad$ (سعات كبيرة)

(قانون الدور بحالة السعات الكبيرة) $\underbrace{T'_0}_{\text{سعات كبيرة}} = \underbrace{T_0}_{\text{سعات صغيرة}}\left[1 + \frac{\theta^2_{max}}{16}\right]$

$$T'_0 = 2\left[1 + \frac{\frac{16}{100}}{10}\right] = 2\left[1 + \frac{1}{100}\right] = 2 \times \frac{101}{100}$$

$$T'_0 = \frac{202}{100} \Rightarrow \boxed{T'_0 = 2{,}02\, sec}$$

4. $\theta_{max} = 60° = \frac{\pi}{3} rad$

a. السرعة الزاوية $\omega = ?$

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

الوضع الأول: لحظة تركه دون سرعة ابتدائية $\theta = \theta_{max}$

الوضع الثاني: لحظة المرور بالشاقول $\theta = 0$

$$\sum \underset{1\to 2}{\overline{W}_{\vec{F}}} = \Delta \overline{E_k}$$

$$W_{\vec{R}} + W_{\vec{w}} = E_k - E_{K_0}$$

0 نقطة تأثير $\vec{R}$ لا تنتقل — 0 دون سرعة ابتدائية

$$E_k = W_{\vec{w}}$$

$$\frac{1}{2} I_\Delta \omega^2 = mgh$$

$$h = d[1 - \cos\theta_{max}]$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} I_\Delta \omega^2 = mg\, d[1 - cos\theta_{max}]$$

$$\omega^2 = \frac{mg\, d[1 - cos\theta_{max}]}{\frac{1}{2} I_\Delta}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2mgd[1 - cos\theta_{max}]}{I_\Delta}}$$

قيم d ، m ، I_Δ تؤخذ من طلب الدور

$$d = \frac{1}{4}(m)$$

$$I_0 = \frac{1}{5}(kgm^2)$$

$$\underbrace{m}_{\text{جملة}} = \frac{8}{10}\, kg$$

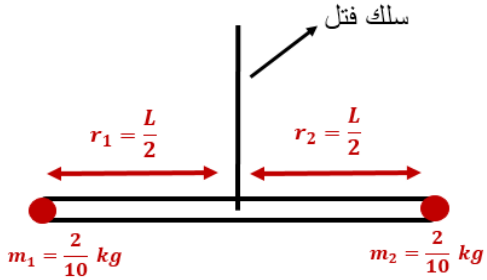
$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2 \times \frac{8}{10} \times 10 \times \frac{1}{4}[1 - cos60]}{\frac{1}{5}}} = \sqrt{10}$$

$$\overset{\sqrt{10} = \pi}{=} \boxed{\omega = \pi\, rads^{-1}}$$

b. السرعة اللحظية لمركز العطالة $v_c = \omega . d = \pi \times \frac{1}{4}$

$$\boxed{v_c = \frac{\pi}{4} m.s^{-1}}$$

5.



صارت المسألة (نواس فتل)

المعطيات: $T_0 = 2\pi\, sec$ ، $m_1 = \frac{2}{10} kg$ ، $m_1 = \frac{2}{10} kg$

نحسب k ثابت فتل السلك من علاقة الدور الخاص للنواس الفتل

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}}$$

نحسب أولاً $\underbrace{I_\Delta}_{\text{جملة}}$:

$$\underbrace{I_\Delta}_{\text{جملة}} = I_{\Delta/c} + 2I_{\Delta/m_1}$$

ساق مهملة الكتلة $[I_{\Delta/c} = 0]$

$$\left.\begin{matrix} I_{\Delta/c} = 0 \\ I_{\Delta/m_1} = m_1 r_1^2 \end{matrix}\right\} \underbrace{I_\Delta}_{\text{جملة}} = 0 +$$

$$2m_1 r_1^2 = 2m_1 \frac{L^2}{4}$$

$$\underbrace{I_\Delta}_{\text{جملة}} = 2 \times \frac{2}{10} \times \frac{1}{4} \Rightarrow \boxed{\underbrace{I_\Delta}_{\text{جملة}} = \frac{1}{10} kgm^2}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k}} \overset{\text{نربع}}{=} T_0^2 = 4\pi^2 \frac{I_\Delta}{k} \overset{\text{نعزل } k}{=}$$

$$k = 4\pi^2 \frac{I_\Delta}{T_0^2} \overset{\text{نعوض}}{=} k = 4\pi^2 \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{4\pi^2}$$

$$\boxed{k = \frac{1}{10} = 10^{-1}\, m.N.rad^{-1}}$$

6. التسارع الزاوي α : $\theta = 0.5$ rad

$$\bar{\alpha} = -\omega_0^2 . \bar{\theta}$$

نحسب ω_0: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 rad^{-1}$

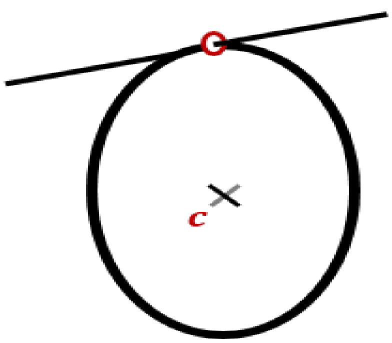
$$\alpha = -(1) \times (0.5) \Rightarrow \boxed{\alpha = -0.5\, rad.s^{-2}}$$

مسألة (6) عامة يتألف نواس ثقلي مركب من قرص متجانس كتلته m ونصف قطره $r = \frac{2}{3}m$ يمكن أن يهتز في مستوي شاقولي حول محور أفقي مار من نقطة على محيطه، **والمطلوب:**

1. انطلاقاً من العلاقة العامة لدور النواس الثقلي المركب استنتج العلاقة المحددة لدوره الخاص في حالة السعات الصغيرة ثم احسب قيمة هذا الدور.
2. احسب طول النواس البسيط المواقت لهذا النواس المركب.
3. نثبت في نقطة من محيط القرص كتلة نقطية m' تساوي كتلة القرص m ونجعله يهتز حول محور أفقي مار من مركز القرص احسب دوره في هذه الحالة من أجل السعات الزاوي الصغيرة.
4. نزيح القرص من جديد عن وضع توازنه الشاقولي بسعة زاوية θ_{max} ونتركه دون سرعة ابتدائية فتكون السرعة الخطية للكتلة النقطية m' لحظة المرور بالشاقول $\frac{2\pi}{3}m.s^{-1}$ احسب قيمة السعة الزاوية θ_{max}.

(إذا علمت أن $\theta_{max} > 0.25\ rad$ ، $g = 10m.s^{-2}$ ، $\pi^2 = 10$ عزم عطالة القرص حول محور مار من مركزه وعمود على مستويه $I_{\Delta/C} = \frac{1}{2}m\,r^2$.

الحل :



1. العلاقة العامة لدور النواس الثقلي المركب $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$

♥ تعيين d: $d = oc = r$

♥ تعيين I_Δ: المحور لا يمر من المنتصف $\underbrace{I_\Delta}_{\text{هايغنز}}$

$$\underbrace{I_\Delta}_{\text{هايغنز}} = I_{\Delta/c} + m\,\underbrace{d^2}_{\underset{\text{منتصف}}{oc}\to(d=r)}$$

$$\underbrace{I_\Delta}_{\text{هايغنز}} = \frac{1}{2}mr^2 + mr^2 \overset{\text{نوحد المقامات}}{=} \boxed{\underbrace{I_\Delta}_{\text{هايغنز}} = \frac{3}{2}mr^2}$$

نعوض $\left(\underbrace{I_\Delta}_{\text{هايغنز}}.\,d.\,m\right)$ في علاقة الدور الخاص :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{3}{2}mr^2}{mgr}}$$

$$\Rightarrow \underbrace{\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{3r}{2g}}}}_{\text{الدور الخاص بدلالة نصف القطر } r} \overset{\text{نعوض}}{=} T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{3}{2}\times\frac{2}{3}\times 10}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_0 = 2\ (sec)}$$

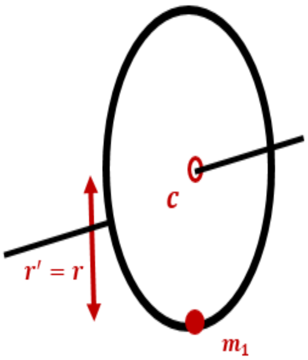
2. حساب طول النواس البسيط المواقت لهذا النواس المركب

$$\text{بسيط}\ \underbrace{T'_0}_{(\text{قانون})} = \underbrace{T_0}_{(\text{رقم})}\ \text{مركب}$$

$$2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}} = 2 \Rightarrow \pi\sqrt{\frac{l'}{g}} = 1 \overset{\text{نربع}}{\Rightarrow}$$

$$\pi^2 = \frac{l'}{g} = 1 \Rightarrow l' = 10\times\pi^2$$

$$\boxed{l' = 1(m)}$$



3. قرص $m' = m$ النقطة كتلة

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I_{\Delta\text{جملة}}}{m\,g\,d}}$$

♥ تعيين $m_{\text{جملة}}$: $m_{\text{جملة}} = m' + m = 2m$

♥ تعيين d: $d = \frac{\sum m_i r_i}{\sum m_i} = \frac{mr + m'r'}{m' + m}$

$$\Rightarrow d = \frac{m'r}{2m'} \Rightarrow \boxed{d = \frac{r}{2}}$$

♥ تعيين $I_{\Delta\text{جملة}}$: $I_{\Delta\text{جملة}} = I_{\Delta/c} + I_{\Delta/m'}$

$$\left.\begin{aligned} I_{\Delta/c} &= \frac{1}{2}mr^2 \\ I_{\Delta/m'} &= m'r'^2 = m'r^2 \end{aligned}\right\} I_{\Delta\text{جملة}} = \frac{1}{2}mr^2 + m'r^2 \overset{\substack{m=m' \\ \text{نوحد المقامات}}}{=} \boxed{I_{\Delta\text{جملة}} = \frac{3}{2}mr^2}$$

نعوض $\left(I_{\Delta\text{جملة}} \text{ و } d \text{ و } m_{\text{جملة}}\right)$ في علاقة الدور:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{3}{2}mr^2}{2m\times g\times\frac{r}{2}}} \Rightarrow \boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{3}{2g}r}}$$

نعوض:

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{3}{2\times 10}\times\frac{2}{3}} \Rightarrow \boxed{T_0 = 2(s)}$$

4. $v'_m = \frac{2\pi}{3} m.s^{-1}$ $\quad \theta_{max} = ?$

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

الوضع الأول: لحظة تركه دون سرعة ابتدائية $\theta = \theta_{max}$

الوضع الثاني: لحظة المرور بالشاقول $\theta = 0$

$$\Delta \overline{E}_k = \sum_{1\to 2} \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$E_{k_2} - \underbrace{E_{k_1}}_{=0} = \underbrace{\overline{W}_{\vec{R}}}_{=0} + \overline{W}_{\vec{w}}$$

تركت دون ابتدائية سرعة — لأن نقطة تاثير $\vec{R}$ تنتقل

$$\Rightarrow E_{k_2} = \overline{W}_{\vec{w}}$$

$$\frac{1}{2}I_\Delta\omega^2 = m_{\text{جملة}}\,g\,h \;\ldots\ldots *$$

$$\frac{\frac{3}{2}}{2}mr^2.\frac{v^2}{r^2} = 2m\,g\,\frac{r}{2}[1 - cos\theta_{max}] \overset{\text{نختصر}}{=}$$

$$\frac{4}{3}v^2 = g\,r\,[1 - cos\theta_{max}] \overset{\text{نعزل القوس}}{=}$$

$$\frac{\frac{3v^2}{4}}{gr} = 1 - cos\theta_{max}$$

$$cos\theta_{max} = 1 - \frac{\frac{3v^2}{4}}{g\,r}$$

$$Cos\theta_{max} = 1 - \frac{\frac{3}{4}\times\frac{4\pi^2}{9}}{10\times\frac{2}{3}} = 1 - \frac{1}{2}$$

$$cos\theta_{max} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\theta_{max} = \frac{\pi}{3}rad}$$

- معلومات من طلب الدور مع كتلة m':

$$I_\Delta = \frac{3}{2}mr^2$$

$$m_{\text{جملة}} = 2m$$

$$d = \frac{r}{2}$$

$$h = d[1 - cos\theta_{max}]$$

$$h = \frac{r}{2}[1 - cos\theta_{max}]$$

$$v_{m'} = \omega\,r \Rightarrow \omega = \frac{v}{r}$$

نعوض في * ...

الدرس الرابع ميكانيك السوائل المتحركة

تعاريف :

جسيم السائل : هو جزء من السائل أبعاده صغيرة جداً بالنسبة لأبعاد السائل وكبيرة بالنسبة لأبعاد جزيئات السائل

الجريان المستقر : تكون فيه سرعة جسيمات السائل ثابتة لا تتغير بمرور الزمن في نقطة ما من خط الانسياب

الجريان المستقر المنتظم : السرعة ثابتة في جميع نقاط السائل مع مرور الزمن

الجريان المستقر غير المنتظم : السرعة متغيرة من نقطة لأخرى مع مرور الزمن .

أنبوب التدفق: أنبوب وهمي يحتوي على جريان السائل ويملؤه .

خط الانسياب: خط وهمي يبيّن المسار الذي يسلكه جسيم من المائع أثناء جريانه ويمس في كل نقطة من نقاطه شعاع السرعة في تلك النقطة.

الكثافة أو الكتلة الحجمية لسائل : هي نسبة كتلة كمية السائل إلى حجمه : $\rho = \frac{m}{V}$ وواحدتها $(kg.m^{-3})$

الضغط هو نسبة القوة الضاغطة إلى السطح: $P = \frac{F}{S}$ وواحدته $(pascal)$

سؤال نظري (17) اشرح ميزات (خصائص) جريان السائل المثالي {دورة 2014 الأولى – 2013 الأولى}

1- غير قابل للانضغاط: حجمه وكثافته ثابتة أي كتلته الحجمية ثابتة مع مرور الزمن .

2- عديم اللزوجة: تهمل قوى الاحتكاك الداخلي بين طبقاته عندما تتحرك بالنسبة لبعضها فلايوجد ضياع في الطاقة.

3- جريانه مستقر: أي سرعة الجسيمات عند نقطة معينة ثابتة بمرور الزمن ولها خطوط انسياب محددة.

4- جريانه غير دوراني: لا تتحرك جسيمات السائل حركة دورانية حول أي نقطة في مجرى الجريان

العلاقة بين المنسوب الكتلي و التدفق الحجمي

المنسوب الحجمي {معدل التدفق الحجمي أو معدل الضخ} : هو حجم كمية السائل التي تعبر المقطع s خلال وحدة الزمن

$$\boxed{Q' = \frac{V}{\Delta t}}$$ وواحدته $(m^3.s^{-1})$

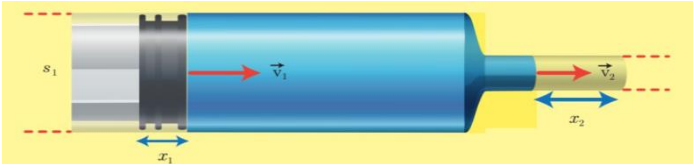
المنسوب الكتلي {معدل التدفق الكتلي} : هو كتلة كمية السائل التي تعبر المقطع s خلال وحدة الزمن

$$\boxed{Q = \frac{m}{\Delta t}}$$ وواحدته $(kg.s^{-1})$

لمعرفة العلاقة بينهما : ننسب القانونين :

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{\frac{m}{\Delta t}}{\frac{V}{\Delta t}} = \frac{m}{V} = \rho \rightarrow \boxed{Q = \rho . Q'}$$

سؤال نظري (18) استنتج العلاقة الرياضية المعبرة عن معادلة الاستمرارية وذلك من أجل سائل يتحرك داخل أنبوب ويملأه وجريانه فيه مستمراً وله مقطعان مختلفان S_1, S_2



معدل التدفق الحجمي (معدل الضخ) ثابت : $Q' = \frac{V}{\Delta t} = const$

معدل التدفق الحجمي للسائل عبر المقطع S_1 يساوي معدل التدفق الحجمي للسائل عبر المقطع S_2

$$Q'_1 = Q'_2$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t} \Rightarrow V_1 = V_2$$

حجم كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب S_1 لمسافة x_1 خلال زمن Δt : $V_1 = S_1 x_1$

حجم كمية السائل التي تعبر مقطع الأنبوب S_2 لمسافة x_2 خلال زمن Δt : $V_2 = S_2 x_2$

$$\Rightarrow S_1x_1 = S_2x_2 \xRightarrow{x=v.t}$$

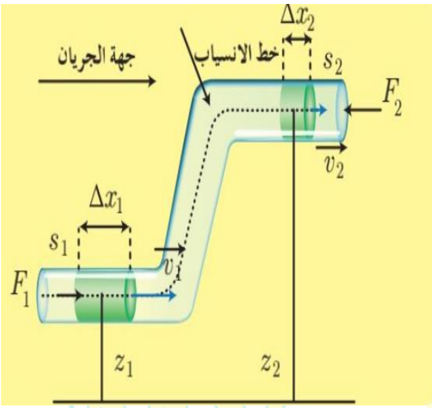
$$S_1v_1\Delta t = S_2v_2\Delta t \Rightarrow S_1v_1 = S_2v_2 \Rightarrow \boxed{\frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

معادلة الإستمرارية $\Rightarrow \boxed{Q' = S_1v_{1_{\text{دخول}}} = S_2v_{2_{\text{خروج}}} = const}$

نتيجة : تزداد سرعة انسياب السائل v عندما تنقص مساحة سطح المقطع s الذي يتدفق السائل من خلاله (أي v و S تناسب عكسي).

نظرية برنولي :

سؤال نظري (19) تتحرك كمية صغيرة من السائل بين مقطعين كما هو موضح بالشكل المجاور و المطلوب :



1- اكتب نص نظرية برنولي واستنتج معادلة برنولي؟
2- استنتج عبارة العمل الكلي المبذول لتحريك كتلة السائل من S_1 إلى S_2
3- انطلاقاً من عبارة العمل الكلي
$$\boxed{\bar{W}_{tot} = -mgz_2 + mgz_1 + P_1\Delta V - P_2\Delta V}$$
استنتج العلاقة الرياضية المعبرة عن معادلة برنولي

الحل :

1- النص: مجموع الطاقة الحركية والضغط لوحدة الحجوم والطاقة الكامنة الثقالية لوحدة الحجوم في أي نقطة من خط الانسياب لسائل مقداراً ثابتاً ولا تتغير عند أية نقطة أخرى من هذا الخط.

2- العمل الكلي المبذول لتحريك كتلة السائل من المقطع الأول إلى المقطع الثاني يساوي مجموع عمل قوة الثقل و عمل قوة ضغط السائل .

عمل قوة الثقل : $W_w = -mg.(z_2 - z_1)$ $\quad W_w = -w.h \xlongequal{h=(z_2-z_1)\text{ فرق الارتفاع بين المقطعين}}$

$$\boxed{\xRightarrow{\text{بالنشر على القوس}} W_w = -mgz_2 + mgz_1}$$

F_1 : قوة تؤثر على المقطع S_1 لها جهة الجريان أي تقوم بعمل موجب

$$W_1 = F_1.\Delta x_1 \xRightarrow{F=P.S \text{ قوة الضغط}} W_1 = P_1.S_1.\Delta x_1 = P_1.\Delta V_1$$

حيث $\Delta V_1 = \Delta V$: حجم السائل الذي يعبر المقطع S_1 وذلك لأن السائل غير قابل للانضغاط فيكون : $\boxed{W_1 = P_1.\Delta V}$

F_2: قوة تؤثر على المقطع S_2 لها جهة تعاكس جريان السائل تقوم بعمل سالب (معيقة لجريان الماء).

$$W_2 = -F_2.\Delta x_2 \xRightarrow{F=P.S \text{ قوة الضغط}} W_2 = -P_2.S_2.\Delta x_2 = -P_2.\Delta V_2$$

حيث $\Delta V_2 = \Delta V$: حجم السائل الذي يعبر المقطع S_2 وذلك لأن السائل غير قابل للانضغاط فيكون : $\boxed{W_2 = -P_2.\Delta V}$

والعمل الكلي لجسيمات السائل: $\bar{W}_{tot} = W_w + \bar{W}_1 + \bar{W}_2$

$$\boxed{\bar{W}_{tot} = -mgz_2 + mgz_1 + P_1\Delta V - P_2\Delta V}$$

3- $\boxed{\bar{W}_{tot} = -mgz_2 + mgz_1 + P_1\Delta V - P_2\Delta V}$

هذا العمل يسبب تغيراً في الطاقة الميكانيكية : فبتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين $\sum_{1\to2}\bar{W}_{\vec{F}} = \overline{\Delta E_k} = E_{k_2} - E_{k_1}$

$$-mgz_2 + mgz_1 + P_1\Delta V - P_2\Delta V = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

نقسم جميع حدود المعادلة على (وحدة الحجوم ΔV) ولاننسَ أن الكتلة الحجمية $(\rho = \frac{m}{\Delta V})$

$$\frac{-mgz_2}{\Delta V} + \frac{mgz_1}{\Delta V} + \frac{P_1\Delta V}{\Delta V} - \frac{P_2\Delta V}{\Delta V} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\Delta V} - \frac{\frac{1}{2}mv_1^2}{\Delta V}$$

(ولكن الكتل على الحجم هي الكتلة الحجمية $\rho = \frac{m}{\Delta V}$)

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

بترتيب العلاقة (الحدود التي تحوي على (1) إلى طرف والحدود التي تحوي على (2) إلى الطرف الآخر)

$$-mgz_2 + mgz_1 + P_1\Delta V - P_2\Delta V = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g Z_2$$

معادلة برنولي : $\boxed{P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = const}$

ملاحظة لتطبيقات معادلة برنولي : لاتشغل بالك ☺

دائماً في أسئلة النظري لبرنولي أو في المسائل نكتب أولاً برنولي العامة

ومن ثم نكتب برنولي الدخول = برنولي الخروج ونعزل المجهول)

سؤال نظري (20) :- إنطلاقاً من الشكل العام لمعادلة برنولي كيف تصبح تلك المعادلة في حالة خاصة ($Z_1=Z_2$) أي الأنبوب أفقي :

معادلة برنولي : $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = const$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g Z_2$$

($Z_1=Z_2$ نختصر الحد الذي يحتوي Z بسبب تساويه في كلا الطرفين ويبقى لدينا:)

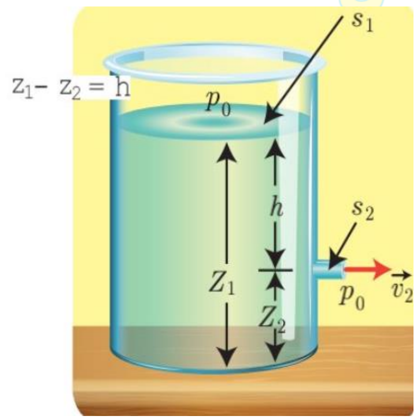
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$\boxed{P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)}$$

نلاحظ: ضغط السائل يقل بزيادة السرعة

سؤال نظري (21): برهن أن سرعة تدفق سائل من فتحة صغيرة أسفل خزان واسع جداً أو في جداره $v_2 = \sqrt{2gh}$

دورة 2015 الأولى



معادلة برنولي : $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = const$

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

الضغط $P_1 = P_0$ والضغط $P_2 = P_0$

(نختصر كل من P_1 و P_2 لأنهما متساويان للضغط الجوي P_0 ، ونختصر الكتلة الحجمية ρ لأنها ثابتة)

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

وبما أن السرعة v_1 مهملة بالنسبة للسرعة v_2 نأخذ $v_1 \approx 0$

وبما أن $v_1 = 0 \Leftarrow g z_1 = \frac{1}{2}v + g z_2$

$$\frac{1}{2}v_2^2 = g z_1 - g z_2$$

$$v_2^2 = 2g(z_1 - z_2) \overset{h=(z_2-z_1)\text{ فرق الارتفاع بين المقطعين}}{=\!=}$$

معادلة تورشيللي $\boxed{v_2 = \sqrt{2gh}}$

سؤال نظري (22): استنتج العلاقة المعبرة عن معادلة المانومترلمائع ساكن داخل أنبوب

معادلة برنولي : $P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gz=const$

$$P_1+\frac{1}{2}\rho\, v_1^2+\rho gz_1=P_2+\frac{1}{2}\rho\, v_2^2+\rho gz_2$$

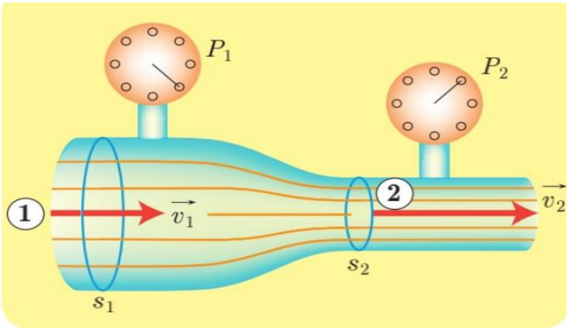
المائع ساكن : $v_1=v_2=0 \Leftarrow$ $\quad P_1+\rho gz_1=P_2+\rho gz_2$

نعوض في معادلة برنولي فنجد: $P_1-P_2=\rho\, g\, z_2-\rho\, g\, z_1=\rho\, g(z_2-z_1)=\rho\, g\, h$

وهذه معادلة المانومتر (قانون الضغط في الموائع الساكنة) $\boxed{P_1-P_2=\rho\, g\, h}$

سؤال نظري (23): برهن في أنبوب فنتوري أن الضغط في الاختناق أقل من الضغط في الجذع الرئيس للأنبوب

يتألف أنبوب فنتوري من أنبوب مساحة مقطعه s_1 يجري فيه سائل بسرعة v_1 في منطقة ضغطها P_1 فيصل لاختناق مساحته s_2 ، ولمعرفة فرق الضغط بين الجذع الرئيس والاختناق نستعمل أنبوب فنتوري.



نطبق معادلة برنولي بين النقطتين 1 و 2 اللتين تقعان في المستوي الأفقي نفسه

معادلة برنولي : $P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gz=const$

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gZ_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gZ_2$$

(نختصر الحد الذي يحتوي Z بسبب تساويه في كلا الطرفين ويبقى لدينا:)

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

$$\Rightarrow P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho v_2^2-\frac{1}{2}\rho v_1^2 \xrightarrow{\frac{1}{2}\rho\text{ عامل مشترك}} P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho(v_2^2-v_1^2)$$

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

نعوض v_2 نجد : $P_1-P_2=\frac{1}{2}\rho\left(\left(\frac{s_1v_1}{s_2}\right)^2-v_1^2\right) \overset{v_1^2\text{ عامل مشترك}}{=}$

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

لدينا $s_1>s_2$ إذن $P_1>P_2$ أي أن الضغط ومساحة المقطع تناسب طردي

أي أن الضغط في الاختناق أقل من الضغط في الجذع الرئيس للأنبوب.

يستفاد من هذه الخاصية في الطب: عندما تتناقص مساحة مقطع الشرايين في منطقة ما نتيجة تراكم الدهون و الشحوم، وهذا يعيق جريان الدم في هذه الشرايين، ويتناقص ضغط الدم في المقاطع المتضيقة عن قيمته الطبيعية اللازمة لمقاومة الضغوط الخارجية.

- اختبر نفسك

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:

1. عندما تهب رياح أفقية عند فوهة مدخنة شاقولية فإن:

a. سرعة خروج الدخان من فوهة المدخنة:

a- تزداد   b- تنقص   c- تبقى دون تغيّر   d- تنعدم

b. ويمكن تفسير النتيجة وفق:

a- مبدأ باسكال   b- مبدأ برنولي   c- قاعدة أرخميدس   d- معادلة الاستمرارية

2. يتصف السائل المثالي بأنه:

a- قابل للانضغاط وعديم اللزوجة   b- غير قابل للانضغاط ولزوجته غير مهملة.

b- غير قابل للانضغاط وعديم اللزوجة.   d- قابل للانضغاط ولزوجته غير مهملة.

3. خرطوم مساحة مقطعه عند فوهة دخول الماء فيه s_1 وسرعة جريان الماء عند تلك الفوهة v_1 ، فتكون سرعة خروج الماء v_2 من نهاية الخرطوم حيث مساحة المقطع $s_2=\frac{1}{4}s_1$ مساويةً: (توضيح الإجابة v و s تناسب عكسي حسب معادلة الاستمرارية)

a- v_1 b- $\frac{1}{4}\,v_1$ c- $4\,v_1$ d- $16\,v_1$

ثانياً: اعط تفسيراً علمياً باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة لكل مما يأتي:

1. اختلاف سرعة جريان الماء عبر مقاطع مختلفة المساحة في مجرى نهر جريانه أفقي.

حسب معادلة الاستمرارية $S_1v_1 = S_2v_2$ السرعة تتناسب عكساً مع مساحة مقطع النهر لذلك تزداد السرعة عندما تنقص المساحة، و تنقص السرعة عندما تزداد المساحة.

2. عدم تقاطع خطوط الانسياب لسائل.

خط الانسياب يمس في كل نقطة شعاع سرعة جسيم السائل في تلك النقطة، تقاطع خطوط الانسياب يعني وجود أكثر من سرعة للجسيم بالمكان نفسه و باتجاهات مختلفة باللحظة ذاتها وهذا غير ممكن.

3. ينقص مقطع عمود الماء المتدفق من الخرطوم عندم توجَّه فوهته للأسفل، ويزداد مقطعه عندما تُوجَّه فوهته رأسيّاً للأعلى.

حسب معادلة الاستمرارية : $S_a.v_a = S_b.v_b$.

عندما توجه فوهته للأسفل: سرعة جريان الماء **تزداد** كلما اقترب من سطح الأرض: $v_b > v_a$

فينقص مقطع الماء المتدفق: $S_b < S_a$

عندما توجه فوهته للأعلى: سرعة جريان **الماء تنقص** كلما ابتعد عن سطح الأرض: $v_b < v_a$.

فينقص مقطع الماء المتدفق: $S_b > S_a$

4. يندفع الماء بسرعة كبيرة من ثقب صغير حدث في جدار خرطوم ينقل الماء.

حسب معادلة الاستمرارية: $S_a.v_a = S_b.v_b$

$$S_b < S_a \Longrightarrow v_b > v_a$$

5. تستطيع خراطيم سيارات الإطفاء إيصال الماء لارتفاعات ومسافات كبيرة.

إن فوهة الخرطوم ضيقة لذا تزداد سرعة الماء فتزداد طاقته الحركية لذا يصل إلى ارتفاعات أعلى ومسافات اطول.

6. تكون مساحة فتحات الغاز في موقد الغاز صغيرة؟

لكي يندفع الغاز منها بسرعة كبيرة.

7. لجعل الماء المتدفق من فتحة خرطوم يصل إلى مسافات أبعد نغلق جزءاً من فتحة الخرطوم.

نغلق جزءاً من فتحة الخرطوم لكي تزداد سرعة جريان الماء فتزداد طاقته الحركية لذا يصل إلى ارتفاعات أعلى ومسافات أطول.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى (درس):

لملءِ خزان حجمه $600L$ بالماء استُعمل خرطوم مساحة مقطعه $5\ cm^2$ فاستغرقت العملية $300\ s$، **المطلوب:**

-1 احسب معدل التدفق الحجمي Q' .

-2 احسب سرعة تدفق الماء من فتحة الخرطوم.

-3 كم تصبح سرعة تدفق الماء من فتحة الخرطوم إذا نقص مقطعها ليصبح ربع ما كان عليه؟

المعطيات مع التحويل : $V = 600L = 600 \times 10^{-3} m^3$ ، $\Delta t = 300\ sec$ ، $S = 5\ cm^2 = 5 \times 10^{-4} m^2$

الحل :

-1 $Q' = \frac{V}{\Delta t} = \frac{600\times10^{-3}}{300} = 2 \times 10^{-3} m^3.s^{-1}$

-2 $Q' = sv \Longrightarrow v = \frac{Q'}{s} = \frac{2\times10^{-3}}{5\times10^{-4}} = 4 m.s^{-1}$

-3 $s_1v_1 = s_2v_2 \xrightarrow[]{\text{فرضاً } s_2=\frac{1}{4}s_1} s_1v_1 = \frac{1}{4}s_1v_2 \Longrightarrow v_2 = 4v_1 = 4 \times 4 = 16\ m.s^{-1}$

المسألة الثانية (درس) :

ترفع مضخة الماء من خزان أرضي عبر أنبوب مساحة مقطعه $s_1 = 10\ cm^2$ إلى خزان يقع على سطح بناء، فإذا علمت أن مساحة مقطع الأنبوب الذي يصب في الخزان العلوي $S_2 = 5\ cm^2$، و أنّ معدل الضخ $Q' = 0.005\ m^3.s^{-1}$، **المطلوب:**

1. احسب سرعة الماء عند دخوله الأنبوب وعند فتحة خروجه من الأنبوب.
2. احسب قيمة ضغط الماء عند دخوله الأنبوب علماً بأن الضغط الجوي $1 \times 10^5\ Pa$ ، و الارتفاع بين الفوهتين $20m$.
3. احسب العمل الميكانيكي اللازم لضخ $100L$ من الماء إلى الخزان العلوي.

المعطيات مع التحويل : $Q' = 5 \times 10^{-3} m^3.s^{-1}$ ، $S_1 = 10\ cm^2 = 10 \times 10^{-4} m^2$ ، $S_2 = 5\ cm^2 = 5 \times 10^{-4} m^2$

$\rho_{H_2O} = 1000\ kg.m^{-3}$, $g = 10\ m.s^{-2}$

الحل :

-1 نحسب السرعات من معادلة الاستمرارية : $Q' = S_1 v_{1_{\text{دخول}}} = S_2 v_{2_{\text{خروج}}} = const$

$$Q' = s_1 v_1 \Longrightarrow v_1 = \frac{Q'}{s_1} = \frac{5\times10^{-3}}{10\times10^{-4}} = 5\ m.s^{-1}$$

$$Q' = s_2 v_2 \Longrightarrow v_2 = \frac{Q'}{s_2} = \frac{5\times10^{-3}}{5\times10^{-4}} = 10\ m.s^{-1}$$

-2 $P_2 = P_0 = 1 \times 10^5\ Pa \quad h = 20m P_1 = ?$

نطبق نظرية برنولي بين الوضعين: $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho\ g\ z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho\ g\ z_2$

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

$$P_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho\ g\ \underbrace{(z_2 - z_1)}_{h}$$

$$P_1 = 10^5 + \frac{1}{2}1000(100 - 25) + 1000 \times 10 \times 20$$

$$P_1 = 100000 + 37500 + 200000 \Longrightarrow \boxed{P_1 = 337500\ P_a}$$

-3 فرضاً $\Delta V = V = 100 \times 10^{-3} m^3 \quad z = 20m$

حساب العمل الميكانيكي: $W = -m\ g\ z + (P_1 - P_2)\Delta V$

نحسب m حيث : $m = \rho V = 1000 \times 100 \times 10^{-3} = 100\ kg$

$$W = -100 \times 10 \times 20 + (337500 - 100000)100 \times 10^{-3}$$

$$W = -20000 + 23750 \Longrightarrow \boxed{W = 3750J}$$

المسألة الثالثة (درس) :

ينتهي أنبوب ماء مساحة مقطعه $10\ cm^2$ إلى رشاش الاستحمام فيه 25 ثقباً متماثلاً مساحة مقطع كل ثقب $0.1\ cm^2$، فإذا علمت أن سرعة تدفق الماء عبر الأنبوب $50\ cm.s^{-1}$، **المطلوب:**

-1 احسب معدل التدفق الحجمي للماء.

-2 احسب سرعة تدفق الماء من كل ثقب.

المعطيات مع التحويل : $S_2 = 0.1\ cm^2 = 1 \times 10^{-5} m^2$ ، $S_1 = 10\ cm^2 = 10 \times 10^{-4} m^2$

$v_1 = 50\ cm.s^{-1} = 50 \times 10^{-2} m.s^{-1}$, $n = 25$

الحل : من معادلة الاستمرارية : $Q' = S_1 v_{1_{دخول}} = \underbrace{n}_{عدد\ الثقوب} S_2 v_{2_{خروج}} = const$

-1 $Q' = S_1 v_{1_{دخول}} = 10 \times 10^{-4} \times 50 \times 10^{-2} = 5 \times 10^{-4}\ m^3.s^{-1}$

-2 $Q' = n\, S_2 v_{2_{خروج}} = 25\, S_2 v_{2_{خروج}} \Longrightarrow v_2 = \frac{Q'}{25 s_1} = \frac{5\times10^{-4}}{25\times1\times10^{-5}} \Longrightarrow \boxed{v_1 = 2m.s^{-1}}$

المسألة الرابعة (درس) :

محقن أسطواني الشكل مساحة مقطعه $1.25\ cm^2$ مركب عليه إبرة معدنية مساحة مقطعها $4 \times 10^{-2}\ cm^2$ (تم تعديل الرقم) **المطلوب:**

-1 احسب سرعة تدفق المحلول عبر مقطع المحقن عندما يكون معدل التدفق $5 \times 10^{-5} m^3.s^{-1}$

-2 احسب سرعة تدفق المحلول لحظة خروجه من فوهة الإبرة.

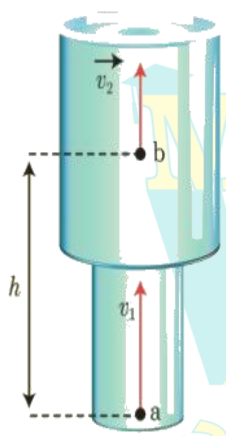
المعطيات مع التحويل : $S_1 = 1.25\ cm^2 = 1.25 \times 10^{-4} = 125 \times 10^{-6} m^2$ ، $S_2 = 4 \times 10^{-2}\ cm^2 = 4 \times 10^{-6}\ m^2$

الحل :

-1 $v_1 = \frac{Q'}{s_1} = \frac{5\times10^{-5}}{125\times10^{-6}} = \frac{50}{125} \overset{\times\frac{8}{8}}{\Rightarrow} = 4 \times 10^{-1}\ m.s^{-1}$

-2 $v_2 = \frac{Q'}{s_2} = \frac{5\times10^{-5}}{4\times10^{-6}} = 12.5\ m.s^{-1}$

المسألة (7) عامة:



يجري الماء داخل الأنابيب من a إلى b حيث نصف قطر الأنبوب عند a هو $r_1 = 5cm$ ونصف القطر عند b هو $r_2 = 10cm$ والمسافة الشاقولية بين b و a هي $h = 50cm$.

1. احسب سرعة جريان الماء عند b علماً أن سرعة جريان الماء عند a هي $v_1 = 4m.s^{-1}$.
2. احسب قيمة فرق الضغط $P_{(a-b)}$ حيث $\rho_{H_2O} = 1000kg.m^3$.

المعطيات مع التحويل : $r_2 = 10cm = 100 \times 10^{-4} m r_1 = 5cm = 5 \times 10^{-2} m$

الحل:

.1 $v_2 = ? v_1 = 4m.s^{-1}$

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$
$$\pi r_1^2 . v_1 = \pi r_2^2 . v_2$$
$$v_2 = \frac{r_1^2 v_1}{r_2^2} = \frac{(5\times10^{-2})^2\times4}{(10\times10^{-2})^2} = \frac{25\times10^{-4}\times4}{100\times10^{-4}} = 1m.s^{-1}$$

.2 $P_a + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_b + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$

$$\xRightarrow{نعزل\ P_a - P_b} P_a - P_b = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 - \rho g z_1$$
$$P_a - P_b = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g \underbrace{(z_2 - z_1)}_{h}$$
$$P_a - P_b = \frac{1}{2} \times 1000 \times (1 - 16) + 1000 \times 10 \times 50 \times 10^{-2}$$
$$P_a - P_b = -7500 + 5000$$
$$\boxed{P_a - P_b = -2500\ Pa}$$

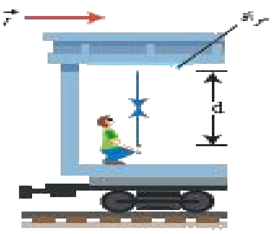
الدرس الخامس النسبية الخاصة

أكتب فرضيتا اينشتاين في النسبية الخاصة

1. سرعة انتشار الضوء في الخلاء هي نفسها (ثابت) $c = 3 \times 10^8\ m.s^{-1}$ في جميع جمل المقارنة،
2. القوانين الفيزيائية تبقى نفسها في جميع جمل المقارنة العطالية

سؤال نظري (24) بفرض أن قطاراً يسير بسرعة ثابتة v، مثبت على سقف إحدى عرباته مرآة مستوية ترتفع مسافة d عن منبع ضوئي بيد مراقب يقف ساكناً في العربة ذاتها،
يرسل المراقب الداخلي ومضة ضوئية باتجاه المرآة، ويسجل الزمن الذي تستغرقه الومضة الضوئية للعودة إلى المنبع هو t_0
أما بالنسبة لمراقب خارجي يقف ساكناً خارج القطار على استقامة واحدة من المنبع الضوئي لحظة إصدار الومضة الضوئية فإن الزمن الذي تستغرقه الومضة الضوئية للعودة إلى المنبع هو t. **المطلوب** : برهن أن الزمن يتمدد بالنسبة للمراقب الخارجي أي أن $t > t_0$

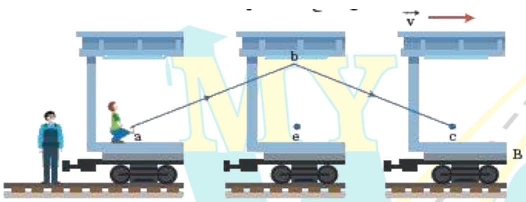
الحل :



بالنسبة للمراقب الداخلي : والذي يسجل الزمن t_0 الذي تستغرقه الومضة الضوئية للعودة إلى المنبع الضوئي

قطع الضوء مسافة $2d$ خلال زمن t_0 بسرعة الضوء c .... (1) $\boxed{t_0 = \frac{2d}{c}} \Leftarrow c = \frac{2d}{t_0} \Leftarrow \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \text{السرعة}$

بالنسبة للمراقب الخارجي : والذي يسجل الزمن t الذي تستغرقه الومضة الضوئية للعودة إلى المنبع الضوئي



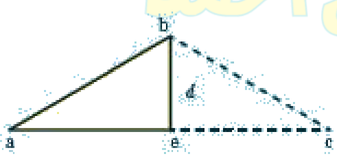
- قطع الضوء مسافة من $(a \to b$ ثم $b \to c)$ بالسرعة الثابتة (سرعة الضوء c)

أي إن المسافة التي تقطعها الومضة الضوئية للعودة إلى المنبع بالنسبة للمراقب الخارجي هي $(ab +$ bc). أثناء حركة العربة خلال زمن t

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \Rightarrow c = \frac{(ab+bc)}{t} \overset{\text{المثلث}\ (\overset{\frown}{abc}\ \text{متساوي الساقين}) \Rightarrow (ab=bc)}{=} c = \frac{2ab}{t} \Rightarrow ab = \frac{ct}{2}$$

- المنبع انتقل من النقطة a إلى النقطة c بسرعة العربة v خلال الزمن t

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \Rightarrow v = \frac{a\,c}{t} \xrightarrow{a\,c = ae+ec} v = \frac{ae+ec}{t} \xrightarrow{ae=ec} v = \frac{2ae}{t} \Rightarrow ae = \frac{vt}{2}$$



بتطبيق نظرية فيثاغورث في المثلث القائم $\overset{\frown}{abe}$ نجد: $\boxed{(ab)^2 = (ae)^2 + (be)^2}$ نعوض العلاقات السابقة :

$$(ab)^2 = (ae)^2 + (be)^2 \begin{cases} ab = \frac{ct}{2} \\ ae = \frac{vt}{2} \\ be = d \end{cases} \Rightarrow \frac{c^2t^2}{4} = \frac{v^2t^2}{4} + d^2 \overset{t\ \text{نعزل}}{=}$$

$$\frac{c^2t^2}{4} - \frac{v^2t^2}{4} = d^2 \Rightarrow \frac{(c^2-v^2)t^2}{4} = d^2 \Rightarrow t^2 = \frac{4d^2}{(c^2-v^2)} \overset{\text{بجذر الطرفين}}{=} \boxed{t = \frac{2\,d}{\sqrt{c^2-v^2}}} \ldots\ldots (2)$$

بقسمة العلاقة (2) على (1) نجد:

$$\frac{t}{t_0} = \frac{\frac{2\,d}{\sqrt{c^2-v^2}}}{\frac{2d}{c}} \Rightarrow \frac{t}{t_0} = \frac{c}{\sqrt{c^2-v^2}} \overset{\text{نخرج في المقام}\ c^2\ \text{عامل مشترك}}{=} \Rightarrow \frac{t}{t_0} = \frac{c}{\sqrt{c^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

$$\frac{t}{t_0} = \frac{c}{c\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}} \Rightarrow \frac{t}{t_0} = \frac{1}{\sqrt{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}} \overset{\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\ \text{معامل لورنز}}{=} \frac{t}{t_0} = \gamma$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{t}{t_0} > 1 \Rightarrow \boxed{t = \gamma\, t_0}$$

أي الزمن الذي يقيسه المراقب الخارجي أكبر من الزمن الذي يقيسه المراقب الداخلي أي تمدد الزمن وتباطئ بالنسبة للمراقب الخارجي $\gamma > 1 \Rightarrow \boxed{t > t_0}$

تطبيق (مفارقة التوأمان):

بفرض أن أخويين توأمين أحدهما رائد فضاء طار بسرعة قريبة من سرعة الضوء في الخلاء $v = \frac{\sqrt{899}}{30} c$ ، وبقي رائد الفضاء في رحلته سنة واحدة وفق ميقاتية يحملها،
فما الزمن الذي انتظره أخوه التوأم على الأرض ليعود رائد الفضاء من رحلته؟

الحل:

الزمن الذي سجلته الميقاتية التي يحملها رائد الفضاء (المراقب الداخلي): $t_0 = 1\ year$.

الزمن الذي سجله المراقب الخارجي للرحلة (الاخ التوأم الذي بقي على الأرض): $t = ?$

$$t = \gamma\, t_0$$

لدينا $v = \frac{\sqrt{899}}{30} c$ نحسب γ

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\gamma \frac{1}{\sqrt{1-\frac{(\frac{\sqrt{899}}{30}c)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{899}{900}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{900}{900}-\frac{899}{900}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{900}}} = \sqrt{900} = 30$$

$$\boxed{t = 30 \times 1 = 30\ year}$$

أي أن الأخ التوأم انتظر ثلاثين عاماً حتى انتهت رحلة أخيه التوأم التي استغرقت بالنسبة له عاماً واحداً.

سؤال نظري (25) انطلقت مركبة فضاء من الأرض نحو الشمس بسرعة ثابتة بالنسبة لمراقب على سطح الأرض

تسجل العدادات في المحطة على الأرض (المراقب الخارجي) الآتي: المسافة المقطوعة L'_0 وزمن الرحلة t

وتسجل عدادات مركبة الفضاء (المراقب الداخلي) المعطيات الآتية: المسافة المقطوعة L' وزمن الرحلة t_0 **والمطلوب:**

1. برهن أنه تتقلص المسافة L' بالنسبة للمراقب الداخلي وتكون أقل من المسافة L'_0 التي يقيسها المراقب الخارجي
2. برهن أنه طول المركبة بالنسبة للمراقب الخارجي على الأرض L أقصر مما هو عليه L_0 بالنسبة للمراقب الداخلي في المركبة

الحل:

1. تسجل العدادات في المحطة على الأرض (المراقب الخارجي) الآتي: المسافة L'_0 والزمن t
   - المسافة التي تقطعها المركبة بين الأرض و الشمس بالنسبة للمراقب الخارجي L'_0
   - الزمن الذي استغرقته مركبة الفضاء في رحلتها بالنسبة للمراقب الخارجي t:

فيكون:
$$L'_0 = v\, t$$

وتسجل عدادات مركبة الفضاء (المراقب الداخلي) المعطيات الآتية: المسافة L' والزمن t_0

- المسافة التي تقطعها المركبة بين الأرض و الشمس بالنسبة للمراقب الداخلي L'،
- الزمن الذي استغرقته مركبة الفضاء في رحلتها بالنسبة للمراقب الداخلي t_0

فيكون:
$$L' = v\, t_0$$

بقسمة العلاقتين بعضهما على بعض فنجد:
$$\frac{L'_0}{L'} = \frac{t}{t_0}$$

$$\stackrel{t=\gamma t_0}{=} \frac{L'_0}{L'} = \frac{\gamma t_0}{t_0}$$

$$L' = \frac{L'_0}{\gamma} \Rightarrow \boxed{L'_0 = \gamma L'}$$

أي تتقلص المسافة L' بالنسبة للمراقب الداخلي وتكون أقل من المسافة L'_0 التي يقيسها المراقب الخارجي لأن:

$$L'_0 = \gamma L' \Rightarrow \gamma > 1 \Rightarrow \boxed{L'_0 > L'}$$

2. بالنسبة لطول المركبة الفضائية (وفق منحى سرعتها)
   - طول المركبة الفضائية بالنسبة للمراقب الأرضي (الخارجي) هو: L الموجود في المحطة لأن المركبة الفضائية متحركة بالنسبة له
   - طول المركبة الفضائية بالنسبة للمراقب (الداخلي) الموجود في المركبة الفضائية هو: L_0

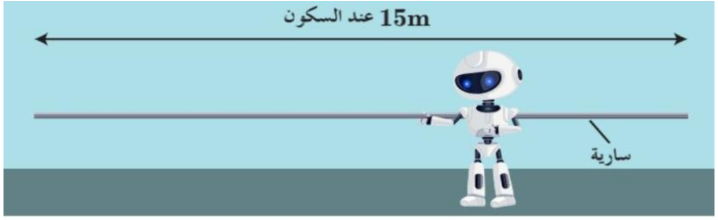
فيكون طول المركبة بالنسبة للمراقب الخارجي على الأرض L أقصر مما هو عليه L_0 بالنسبة للمراقب الداخلي في المركبة لأن:

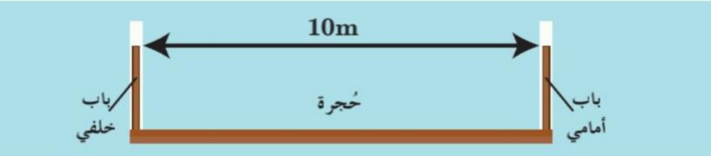
$$L_0 = \gamma L \Rightarrow \gamma > 1 \Rightarrow \boxed{L_0 > L}$$

تطبيق (السارية و الحجرة):

بفرض أن روبوتاً رياضياً يحمل سارية أفقية طولها وهي ساكنة $15m$، يتحرك بسرعة أفقية $v = 0.75\ c$ وأمامه حجرة لها بابان أمامي وخلفي، البعد بينهما $10\ m$، يمكن التحكم بفتحهما، و إغلاقهما آنياً بالنسبة لمراقب ساكن ، هل يمكن أن تعبر السارية الحجرة بأمان إذا أغلق المراقب الساكن البابين وفتحهما آنياً (بالنسبة له) عند عبور الروبوت مع السارية للحجرة؟ (نعد $\sqrt{0.4375} \approx 0.66$).

الحل: يعد المراقب الساكن طول السارية المتحركة L وطولها وهي ساكنة L_0 فيكون:





يجب حساب $L = ?$ من : $L = \frac{L_0}{\gamma}$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \overset{v=0.75\ c}{=}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{0.75^2 c^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{0.4365}} = \frac{1}{0.66}$$

- نعوض فنجد: $L = \frac{15}{\frac{1}{0.66}}$

$$L = 9.9\ m < 10\ m$$

- لذلك يمكن أن تعبر السارية بأمان.

سؤال نظري (26) انطلاقاً من العلاقة $m = \gamma m_0$ برهن أن الكتلة تكافئ الطاقة وفق الميكانيك النسبي

الحل : وفق الميكانيك النسبي فإن الكتلة تزداد بزيادة السرعة،

وفق العلاقة المعطاة : $m = \gamma m_0$ حيث m الكتلة عند الحركة، m_0 الكتلة عند السكون.

$$\Delta m = m - m_0$$

$$\xrightarrow[]{m=\gamma m_0 \text{ نعوض}} \Delta m = \gamma m_0 - m_0 \xrightarrow[]{m_0 \text{ عامل مشترك}} \Delta m = m_0[\gamma - 1]$$

تعيين γ بالاستعانة بدستور التقريب

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

ووفق دستور التقريب: $(1+\varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon$، بعدّ $\varepsilon \ll 1$ من اجل السرعات الصغيرة يكون: $\gamma = 1 + \frac{v^2}{2c^2}$

$$\xrightarrow[]{\Delta m \text{ نعوض في}} \Delta m = m_0\left(1 + \frac{v^2}{2c^2} - 1\right) \Rightarrow \Delta m = m_0\left(\frac{v^2}{2c^2}\right) \Rightarrow \Delta \mathrm{m} = \frac{\frac{1}{2}m_0.v^2}{c^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta \mathrm{m} = \frac{\mathrm{E_k}}{c^2}}$$

نستنتج عندما يتحرك الجسم تزداد كتلته بمقدار يساوي طاقته الحركية مقسومة على رقم ثابت c^2، أي أن الكتلة تكافئ الطاقة.

سؤال نظري (27) انطلاقاً من العلاقة $\Delta \mathrm{m} = \frac{\mathrm{E_k}}{c^2}$ برهن أن الطاقة الكلية في الميكانيك النسبي هي مجموع طاقتين سكونية وحركية

الحل :

$$\Delta \mathrm{m} = \frac{\mathrm{E_k}}{c^2}$$

إن $\Delta m = m - m_0$ حيث m الكتلة عند الحركة، m_0 الكتلة عند السكون. ، فتصبح العلاقة : $m - m_0 = \frac{\mathrm{E_k}}{c^2}$

نضرب طرفي العلاقة بالثابت (مربع سرعة الضوء) c^2 نجد : $m.c^2 - m_0.c^2 = E_k$

$$E = E_0 + E_k$$

- إن الطاقة الكلية E في الميكانيك النسبي هي مجموع الطاقة السكونية E_0 و الطاقة الحركية E_k :
  - الطاقة السكونية: $\mathbf{E_0 = m_0 . c^2}$
  - الطاقة الحركية: $\mathbf{E_k = E - E_0}$
  - الطاقة الكلية: $\mathbf{E = m . c^2}$

تطبيق 6: يتحرك إلكترون في أنبوب تلفاز بطاقة حركية $27 \times 10^{16} J$

1. احسب النسبة المئوية للزيادة في كتلة الإلكترون نتيجة طاقته الحركية.
2. احسب طاقته السكونية.

علماً أن: $c = 3 \times 10^8 \ m.s^{-1}$ ، $m_e = 9 \times 10^{-31} kg$

الحل:

1.
$$E_k = E - E_0$$
$$E_k = m.c^2 - m_0.c^2$$
$$E_k = (m - m_0)c^2$$
$$m - m_0 = \frac{E_k}{c^2}$$
$$m - m_0 = \frac{27 \times 10^{16}}{(3 \times 10^8)^2} = 3 \times 10^{-32} kg$$
$$\text{النسبة المئوية} = \frac{\Delta m}{m_0} \times 100$$
$$\text{النسبة المئوية} = \frac{3 \times 10^{-32}}{9 \times 10^{31}} \times 100 = 3.33 \ \%$$

2. طاقة الإلكترون السكونية:
$$E_0 = m_0 . c^2$$
$$E_0 = 9 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$$
$$\boxed{E_0 = 81 \times 10^{-15} J}$$

سؤال نظري (28) تعطى علاقة الطاقة الكلية في التحريك النسبي بالعلاقة $E = \gamma m_0 . c^2$ استنتج منها عبارة الطاقة الحركية في التحريك الكلاسيكي $E_k = \frac{1}{2} m_0 . v^2$

صيغة أخرى للسؤال : انطلاقاً من علاقات الميكانيك النسبي استنتج العلاقة المحددة للطاقة الحركية في الميكانيك الكلاسيكي من أجل السرعات الصغيرة أمام سرعة الضوء في الخلاء أي $v \ll c$ فإن $\frac{v^2}{c^2} \ll 1$

الحل:
$$E = \gamma m_0 . c^2$$

إن الطاقة الكلية E في الميكانيك النسبي هي مجموع الطاقة السكونية E_0 و الطاقة الحركية E_k : $E = E_0 + E_k$ نعوض :

$$E_0 + E_k = \gamma m_0 . c^2 \Rightarrow E_k = \gamma m_0 . c^2 - E_0 \overset{E_0 = m_0 . c^2}{=}$$

$$E_k = \gamma m_0 . c^2 - m_0 . c^2 \Rightarrow E_k = m_0 . c^2 [\gamma - 1]$$

تعيين γ بالاستعانة بدستور التقريب $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$

ووفق دستور التقريب: $(1+\bar{\varepsilon})^n \approx 1+n\bar{\varepsilon}$، بعدِّ $\varepsilon \ll 1$ من اجل السرعات الصغيرة يكون: $\gamma = 1+\frac{v^2}{2c^2}$

$$\xrightarrow{\text{نعوض في } E_k} E_k = m_0.c^2\left(1+\frac{v^2}{2c^2}-1\right) \Rightarrow E_k = m_0.c^2\left(\frac{v^2}{2c^2}\right) \Rightarrow E_k = c^2\frac{\frac{1}{2}m_0.v^2}{c^2}$$

الطاقة الحركية في الميكانيك الكلاسيكي : $\boxed{E_k = \frac{1}{2}m_0.v^2}$

سؤال نظري (29) في الميكانيك النسبي انطلاقاً من العلاقة $E^2 = {E_0}^2 + P^2C^2$ حيث كمية الحركة P والطاقة السكونية E_0 والطاقة الكلية E استنتج العلاقة المحددة لكمية الحركة في الميكانيك الكلاسيكي من أجل السرعات الصغيرة أمام سرعة الضوء في الخلاء أي $v \ll c$ فإن $\frac{v^2}{c^2} \ll 1$

الحل:

$$E^2 = {E_0}^2 + P^2C^2 \Rightarrow P^2C^2 = E^2 - {E_0}^2 \xrightarrow{\text{نقسم الطرفين على } C^2}$$

$$P^2 = \frac{E^2-{E_0}^2}{C^2} \xrightarrow{E_0=m_0.c^2 \text{ و } E=m.c^2} P^2 = \frac{m^2.c^4-{m_0}^2.c^4}{C^2} \xrightarrow{\text{نختصر } C^2}$$

$$P^2 = m^2.c^2 - {m_0}^2.c^2 \xrightarrow{\text{عامل مشترك } c^2} P^2 = c^2(m^2-{m_0}^2) \xrightarrow{m=\gamma m_0}$$

$$P^2 = c^2(\gamma^2 m_0^2 - m_0^2) \xrightarrow{\text{عامل مشترك } m_0} P^2 = m_0^2c^2(\gamma^2-1)$$

تعيين γ^2 بالاستعانة بدستور التقريب $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma^2 = \frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)} = \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-1}$

ووفق دستور التقريب: $(1+\bar{\varepsilon})^n \approx 1+n\bar{\varepsilon}$، بعدِّ $\varepsilon \ll 1$ من اجل السرعات الصغيرة يكون: $\gamma^2 = \left(1+\frac{v^2}{c^2}\right)$

$$\xrightarrow{\text{نعوض في } P^2} P^2 = m_0^2c^2\left(1+\frac{v^2}{c^2}-1\right) \Rightarrow P^2 = m_0^2c^2\left(\frac{v^2}{c^2}\right) \Rightarrow P^2 = m_0^2v^2 \xrightarrow{\text{نجذر الطرفين}}$$

كمية الحركة في الميكانيك الكلاسيكي : $\boxed{P = m_0.v}$

فسر علمياً باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة (تعاليل خارجية)

1. وفق الميكانيك النسبي عندما يكون الجسم متحركاً بالنسبة لجملة مقارنة فإن زمنه يتمدد وفق قياس جملة المقارنة تلك

$$t = \gamma\, t_0$$

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

2. وفق الميكانيك النسبي عندما يكون الجسم متحركاً بالنسبة لجملة مقارنة فإن طوله يتقلص وفق قياس جملة المقارنة تلك

$$L = \frac{L_0}{\gamma} \Rightarrow L_0 = \gamma L$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma > 1 \Rightarrow \boxed{L_0 > L}$$

3. وفق الميكانيك النسبي عندما يكون الجسم متحركاً بالنسبة لجملة مقارنة فإن المسافة التي يقطعها تتقلص وفقاً لقياساته

$$L' = \frac{L'_0}{\gamma} \Rightarrow L'_0 = \gamma L'$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma > 1 \Rightarrow \boxed{L'_0 > L'}$$

4. وفق الميكانيك النسبي عندما يكون الجسم متحركاً بالنسبة لجملة مقارنة فإن كتلته تزداد وفق قياس جملة المقارنة تلك

$m = \gamma m_0$ حيث m الكتلة عند الحركة، m_0 الكتلة عند السكون.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma > 1 \Rightarrow \boxed{m > m_0}$$

5. في الميكانيك النسبي لا تنعدم الطاقة الكلية النسبية لجسم يقف عند مستوي مرجعي

إن الطاقة الكلية E في الميكانيك النسبي هي مجموع الطاقة السكونية E_0 و الطاقة الحركية E_k : $E = E_0 + E_k$

عندما يقف الجسم تنعدم طاقته الحركية $E_k = 0$

ولا تنعدم طاقته السكونية $E_0 = m_0.c^2 \neq 0$ لأن الجسم يملك كتلة سكونية أي لا تنعدم الطاقة الكلية النسبية $E = E_0 \neq 0$

- **اختبر نفسي**

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. أفترض أن صاروخين في الخلاء يتحرك كل منهما نحو الآخر بسرعة قريبة من سرعة انتشار الضوء في الخلاء، وفي لحظة ما أضاء الصاروخ الاول مصابيحه، إن سرعة ضوء الصاروخ الأول بالنسبة للصاروخ الثاني هي:

a- c b- أكبر من c c. أصغر من c d. معدومة

توضيح الإجابة: لأن سرعة الضوء ثابتة مهما تغيرت سرعة المراقب المنبع الضوئي

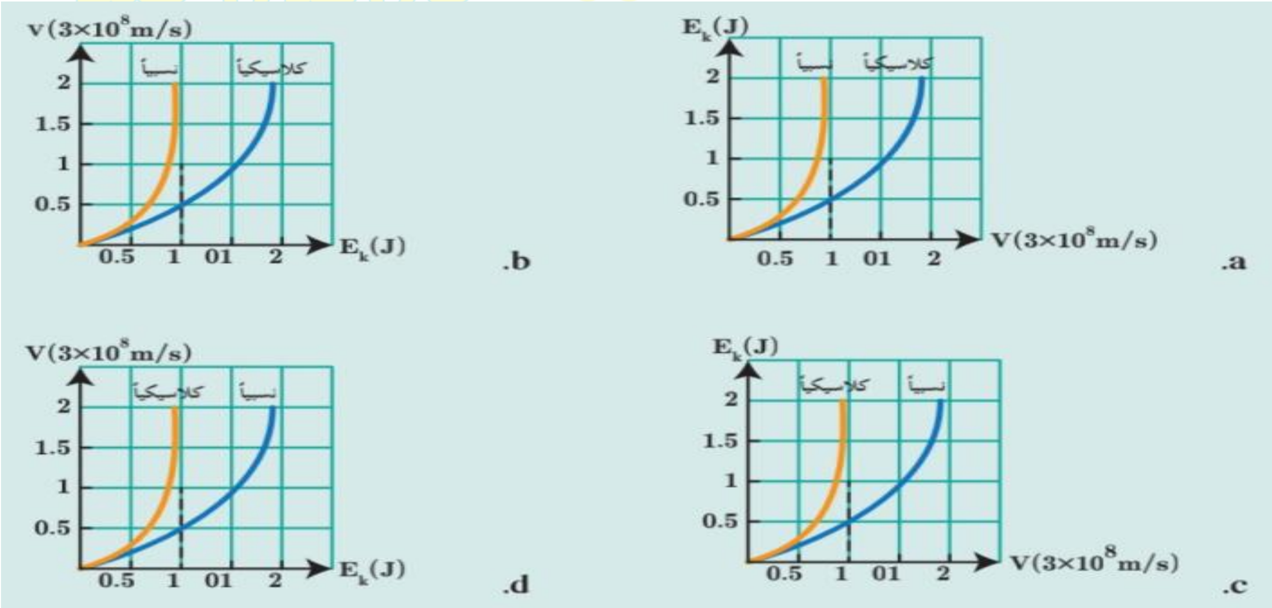
2. أفترض أن طاقم سفينة فضاء تطير بسرعة قريبة من سرعة انتشار الضوء في الخلاء يشاهدون تسجيلاً لمباراة كرة قدم مدتها ساعة ونص، و يتابعهم مراقب أرضي بتلسكوب دقيق جداً، فيرى مدة المباراة:

a- هي نفسها b- أكبر c- أصغر d- معدومة

توضيح الإجابة: لأن الزمن يتمدد بالنسبة للمراقب الخارجي (الأرضي) حسب العلاقة : $t = \gamma\, t_0$

$\Rightarrow \gamma > 1 \Rightarrow \boxed{t > t_0}$

3. المنحني البياني الذي يمثل العلاقة بين الطاقة الحركية لجسم ما، وسرعته هو: الإجابة الصحيحة a لأن السرعة يجب أن لاتتخطى سرعة الضوء .



ثانياً: أجب عن السؤالين الآتيين:

1. يحاول العلماء عند دراستهم خصائص الجسيمات تحريكها بسرعات كبيرة جداً باستخدام المسرّعات، هل يمكن أن تصل سرعة هذه الجسيمات إلى سرعة انتشار الضوء في الخلاء تماماً؟ لماذا؟

لا، بما أن الجسيم يمتلك كتلة سكونية فكلما اقتربت سرعته من سرعة الضوء في الخلاء زادت كتلته و بالتالي سيحتاج لقوة اكبر لدفعه فإذا تناهت سرعته إلى سرعة الضوء في الخلاء يحتاج إلى إعطاءه قوة لا نهائية وعذا غير ممكن.

2. يقف جسم ساكن عند مستو مرجعي (سطح الأرض مثلاً)، ما قيمة طاقته الحركية عندئذٍ؟ وما قيمة طاقته الكامنة الثقالية بالنسبة للمستوي المرجعي؟ هل طاقته الكلية النسبية معدومة؟ ولماذا؟

طاقته الحركية معدومة لإنعدام سرعته، طاقته الكامنة الثقالية معدومة بالنسبة للمستوى المرجعي لأن ارتفاع الجسم عنه معدوم، طاقته الكلية النسبية غير معدومة لأنها مجموع الطاقة الحركية و الطاقة السكونية، صحيح أن طاقته الحركية معدومة إلا أن طاقته السكونية موجودة مازال يمتلك كتلة سكونية.

$$E = E_0 + E_k = m_0c^2 + 0 = m_0c^2 \neq 0$$

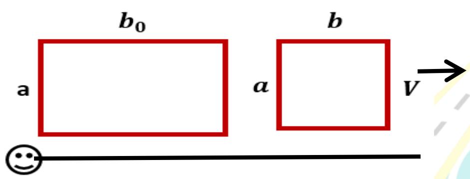
ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى (درس) : جسم مستطيل الشكل طوله وهو ساكن b_0 يساوي ضعفي عرضه a، يتحرك هذا الجسم بحيث يكون طوله موازياً لشعاع سرعته $\vec{v}$ بالنسبة لمراقب في الجملة الساكنة فيبدو له مربعاً، احسب قيمة سرعة الجسم.

الحل: بفرض أن العرض a

الطول وهو ساكن $l_0 = b_0 = 2a$

الطول وهو متحرك يتقلص ويصبح الشكل مربعاً أي طوله مساوي لعرضه : $l = b = a$



تعيين γ من معادلة تقلص الأطوال : $l = \frac{l_0}{\gamma}$ أو $b = \frac{b_0}{\gamma}$

$$\xrightarrow{b=a \;......\; b_0=2a} a = \frac{2a}{\gamma} \Rightarrow \gamma = 2$$

نحسب السرعة v من قانون γ : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

$$2 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \overset{\text{نربع}}{\Rightarrow} 4 = \frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

$$1 = 4\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) \Rightarrow 1 = 4 - 4\frac{v^2}{c^2} \Rightarrow \frac{4v^2}{c^2} = 3$$

$$\xrightarrow{\text{نعزل ونجذر}} v = \frac{\sqrt{3}}{2}c \xrightarrow{\text{نعوض}} v = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8$$

$$\boxed{v = \frac{3\sqrt{3}}{2} \times 10^8 \; m.s^{-1}}$$

المسألة الثانية (درس) : يتحرك إلكترون بسرعة $v = \frac{2\sqrt{2}}{3}c$ ، المطلوب: احسب كمية حركة الإلكترون وفق قوانين الميكانيك الكلاسيكي، ثم وفق الميكانيك النسبي، أيهما أصح برأيك؟

المعطيات: $v = \frac{2\sqrt{2}}{3}c$ ، $C = 3 \times 10^8 \; m.s^{-1}$ $m_e = m_0 = 9 \times 10^{-31} \; kg$

المطلوب: كمية الحركة: $P_{\text{نسبيا}} = ?$ $P_{\text{كلاسيكيا}} = ?$

الحل: نحسب السرعة v أولاً من : $v = \frac{2\sqrt{2}}{3}c$

$$v = \frac{2\sqrt{2}}{3} \times 3 \times 10^8 \Rightarrow v = 2\sqrt{2} \times 10^8 \; m.s^{-1}$$

كمية الحركة كلاسيكياً : $P_{\text{كلاسيكيا}} = m_0.v = 9 \times 10^{-31} \times 2\sqrt{2} \times 10^8$

$$\boxed{P_{\text{كلاسيكيا}} = 18\sqrt{2} \times 10^{-23} kgm.s^{-1}}$$

كمية الحركة نسبياً : $P_{\text{نسبيا}} = m.v \xrightarrow{m=\gamma\, m_0} P_{\text{نسبيا}} = \gamma\, m_0.v$

نحسب γ من قانونها : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\frac{4\times2}{9}c^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{8}{9}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{9}}}$

$$\Rightarrow \gamma = \sqrt{9} = 3$$

$$P_{\text{نسبيا}} = 3 \times 9 \times 10^{-31} \times 2\sqrt{2} \times 10^{8}$$

$$\boxed{P_{\text{نسبيا}} = 54\sqrt{2} \times 10^{-23} kgm.s^{-1}}$$

$$P_{\text{نسبيا}} > P_{\text{كلاسيكيا}}$$

- $P_{\text{نسبيا}}$ أكبر من $P_{\text{كلاسيكيا}}$ لأن الإلكترون يتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء.

المسألة الثالثة (درس) : تبلغ الكتلة السكونية لبروتون $m_p = 1.67 \times 10^{-27} kg$ ، وطاقته الكلية تساوي إلى ثلاثة أضعاف طاقته السكونية، **المطلوب:** احسب كلاً من طاقته السكونية، وطاقته الحركية في الميكانيك النسبي، وكتلته في الميكانيك النسبي.

المعطيات: فرضا: $E = 3E_{0\text{السكونية}}$ كلية $\quad m_0 = m_p = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$

المطلوب: $m = ?\quad E_{k_{\text{نسبيا}}} = ?\quad E_0 = ?$

♥ حساب الطاقة السكونية : $E_0 = m_0.c^2$

$$E_0 = 1.67 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{16} \Rightarrow \boxed{E_0 = 15.03 \times 10^{-11}\, J}$$

♥ حساب الطاقة الحركية النسبية : من فرق الطاقتين الكلية والسكونية

$$E_k = E_{\text{كلية}} - E_{0\text{سكونية}} \xrightarrow{E=3E_{0\text{السكونية}}\text{ كلية}} E_k = 3E_0 - E_0 = 2E_0$$

$$E_k = 2 \times 15.03 \times 10^{-11} \Rightarrow \boxed{E_k = 30.06 \times 10^{-11} J}$$

♥ حساب الكتلة نسبياً : من الفرض $E = 3E_{0\text{السكونية}}$ كلية

$$E = 3E_0 \xrightarrow{\text{قوانين الطاقات}} m.c^2 = 3m_0.c^2 \Rightarrow m = 3.m_0$$

$$m = 3 \times 1.67 \times 10^{-27} \Rightarrow \boxed{m = 5.01 \times 10^{-27} kg}$$

المسألة (8) عامة: تخيل أن مركبة فضاء لها شكل مستطيل تقوم برحلة إلى نجم وفق مسار مستقيم، بحيث يكون شعاع سرعة المركبة دوماً موازياً لطول المركبة، فتسجل أجهزة المركبة المسافرة القياسات الآتية:

طول المركبة $100m$ ، عرض المركبة $25m$ ، المسافة المقطوعة 4 سنة ضوئية، زمن الرحلة $\frac{8}{\sqrt{3}}$ سنة، وتسجل أجهزة المحطة الأرضية قياساتها لتلك الرحلة باستخدام تيلسكوب دقيق. احسب كلاً من سرعة المركبة وطولها وعرضها في أثناء المرحلة، و المسافة التي قطعتها وزمن الرحلة وفق قياسات المحطة الأرضية (سرعة الضوء في الخلاء $c = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$)

المعطيات : القياسات بالنسبة للمركبة المسافرة المراقب الداخلي، سجلت القياسات الآتية

طول المركبة $L'_0 = 100m$ عرض المركبة $d_0 = 25\ m$ ، المسافة المقطوعة: $L' = 4C$ سنة ضوئية ، زمن الرحلة $t_0 = \frac{8}{\sqrt{3}}$ سنة

المطلوب: إيجاد قيم القياسات الآتية بالنسبة للمراقب الخارجي (المحطة الأرضية)
v السرعة ، طول المركبة L ، عرض المركبة d ، المسافة المقطوعة L'_0 ، زمن الرحلة t

♥ حساب v السرعة :

$$v_{\text{السرعة}} = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن}} = \frac{L'}{t_0} = \frac{4C}{\frac{8}{\sqrt{3}}} \Rightarrow \boxed{v = \frac{\sqrt{3}}{2}c}$$

♥ يجب حساب γ لإيجاد بقية القياسات :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}c\right)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\frac{3c^2}{4}}{c^2}}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{3}{4}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4}}} = \sqrt{4} \Rightarrow \boxed{\gamma = 2}$$

♥ طول المركبة بالنسبة للمراقب الخارجي (المحطة الأرضية) يتقلّص لأن شعاع السرعة موازياً له:

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{100}{2} = 50m$$

♥ عرض المركبة يبقى نفسه ولا يتغير لأن شعاع السرعة موازي لطول المركبة أي : $d = d_0 = 25\ m$

♥ مسافة الرحلة المقطوعة بالنسبة للمراقب الخارجي : $L' = \frac{L'_0}{\gamma} \Rightarrow L'_0 = \gamma . L' = 2 \times 4 = 8\ light\ years$

♥ زمن الرحلة بالنسبة للمراقب الخارجي (المحطة الأرضية) يتمدد : $t = \gamma . t_0 = 2 \times \frac{8}{\sqrt{3}} = \frac{16}{\sqrt{3}} years$

الوحدة الثالثة — الامواج المستقرة

الدرس الأول — الأمواج المستقرة العرضية

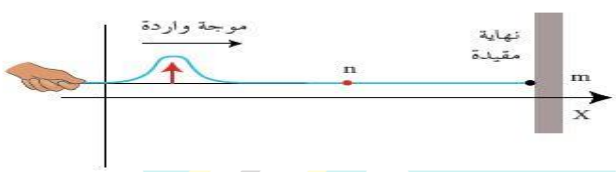
طول الموجة λ : هي المسافة التي يقطعها الاهتزاز خلال زمن قدره دور واحد T بسرعة انتشار v فتكون :

السرعة تساوي : $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ أي أن : $v = \frac{\lambda}{T} \overset{f=\frac{1}{T}}{\Longrightarrow} v = \lambda . f$ حيث f تواتر الاهتزاز .

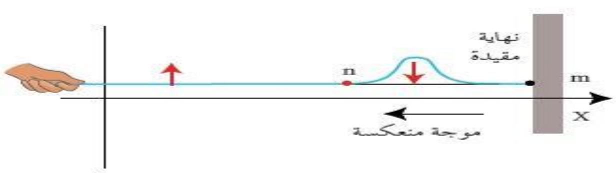
سؤال نظري (30) تجربة الأمواج المستقرة العرضية في وتر مشدود على نهاية مقيّدة أجب عن الأسئلة الآتية :

1. أكتب معادلة مطال موجة جيبية واردة تنتشر في الاتجاه الموجب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ لنقطة n من الوتر فاصلتها $\bar{x}$ عند النهاية المقيدة m في اللحظة t
2. أكتب معادلة مطال موجة جيبية منعكسة تنتشر في الاتجاه السالب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ لنقطة n من الوتر فاصلتها $\bar{x}$ عند النهاية المقيدة m في اللحظة t
3. ماذا يتشكل عند تداخل موجة جيبية واردة مع موجة جيبية منعكسة ؟
4. علل تشكل عقد وبطون الاهتزاز؟
5. كيف تهتز نقاط مغزل واحد فيما بينها ونقاط مغزلين متجاورين مفسّراً تسمية هذه الأمواج بالأمواج المستقرة ؟
6. ما قيمة فرق الطور بين الموجة الواردة والمنعكسة عندما تنعكس الإشارة على نهاية مقيدة وعلى نهاية طليقة ؟

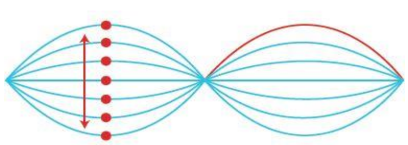
الحل :



1. **مطال موجة جيبية** واردة تنتشر في الاتجاه الموجب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ **لنقطة n من الوتر** $\bar{y}_1(t) = y_{max} \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x})$



2. مطال موجة جيبية منعكسة تنتشر في الاتجاه السالب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ **لنقطة n من الوتر** $\bar{y}_2(t) = y_{max} \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \bar{\varphi}')$
3. تتكون الأمواج المستقرة العرضية عند التداخل بين موجة جيبية واردة مع موجة جيبية منعكسة على النهاية المقيدة وتعاكسها بجهة الانتشار ولها التواتر والسعة نفسها
4. عقد الاهتزاز N: نقاط تنعدم فيها سعة الاهتزاز وهي ساكنة لأنه تلتقي فيها الأمواج العرضية (الواردة والمنعكسة) على تعاكس دائم والمسافة بينها ثابتة وتحصر مغزل.

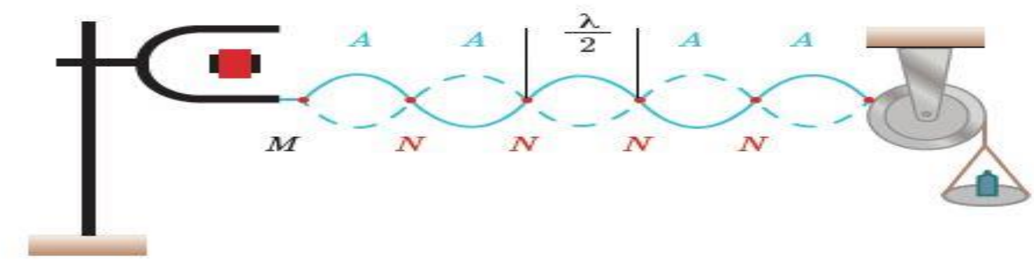


بطون الاهتزاز A: نقاط تهتز بسعة عظمى لأنه تلتقي فيها الأمواج العرضية(الواردة والمنعكسة) على توافق دائم.

5. تهتز نقاط مغزل واحد على توافق فيما بينها وتهتز نقاط مغزلين متجاورين على تعاكس دائم وتبدو الموجة وكأنها تهتز مراوحة في مكانها فيأخذ الحبل شكلاً ثابتاً لذلك سميّت بالأمواج المستقرة .
6. **عندما تنعكس الاشارة (الموجة) على نهاية مقيدة أو طليقة ينشأ فرق طور بين الموجة الواردة والمنعكسة ما قيمة فرق الطور هذا؟**

1- نهاية مقيدة $\varphi' = \pi \text{ rad}$
2- نهاية طليقة $\varphi' = 0 \text{ rad}$

سؤال نظري (31) في الدراسة النظرية للأمواج العرضية المستقرة في وتر استنتج تابع المطال المحصل لنقطة n من الوتر؟



تنتشر في الاتجاه الموجب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ موجة جيبية واردة تصل إلى نقطة n فاصلتها $\bar{x}$ عند النهاية المقيدة m فتولد مطالاً.

$$\bar{y}_1(t) = y_{max}\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x})$$

وتولد الموجة المنعكسة والمنتشرة في الاتجاه السالب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ في النقطة n مطالاً. $\bar{y}_2(t) = y_{max}\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \bar{\varphi}')$

ويكون المطال المحصل $\bar{y}_n(t)$ لاهتزاز النقطة n التي تخضع لتأثير الموجتين الواردة والمنعكسة معاً : $\bar{y}_n(t) = \bar{y}_1(t) + \bar{y}_2(t)$

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

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

دستور للحفظ $\boxed{\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}.\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}$

$y_n(t) = 2y_{max}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \frac{\bar{\varphi}'}{2}\right).\cos\left(\omega t + \frac{\bar{\varphi}'}{2}\right)$ حيث: $(\cos(-\theta) = \cos\theta)$

في الانعكاس على نهاية مقيدة $\varphi' = \pi$ ←← $y_n(t) = 2y_{max}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \frac{\pi}{2}\right).\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

وحسب دستور الإرجاع للربع الأول : $\cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin\theta$

$$y_n(t) = 2y_{max}(-\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}).(-\sin\omega t)$$

تابع المطال لنقطة n من وتر مهتز : $y_n(t) = 2y_{max}\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}.\sin\omega t$

وتصبح العلاقة : $y_n(t) = y_{max\,\dot{}\,n}\sin\omega t$

تمثل سعة الموجة المستقرة العرضية $\boxed{y_{max\,\dot{}\,n} = 2y_{max}\left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right|}$

سؤال نظري (32) انطلاقاً من هذه العلاقة المعبرة عن سعة الموجة المستقرة العرضية $y_{max\,\dot{}\,n} = 2y_{max}\left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right|$ استنتج العلاقة المحددة لأبعاد عقد الاهتزاز مفسراً سبب سكونها وأبعاد بطون الاهتزاز مفسراً سبب سعتها العظمى عند النهاية المقيدة؟ (دورة 2003 – 2006 – 2007 ـ 2013 – 2015 الثانية 2017 الأولى)

أولاً: عقد الاهتزاز N: سعتها معدومة و **ساكنة** لأنه يصلها الاهتزاز وارد واهتزاز منعكس على تعاكس دائم.

$$y_{max\,\dot{}\,n} = 0 \Rightarrow \sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = 0 \overset{\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = \sin n x}{=\!=} \frac{2\pi}{\lambda}x = n\pi \overset{\text{نعزل } x}{=\!=}$$

$\boxed{\text{معادلة العقد } \mathbf{x = n\frac{\lambda}{2}}}$ حيث $n = 0,1,2,3,4 \ldots\ldots$

أي البعد بين العقد يساوي أعداد صحيحة من نصف طول الموجة وتكون المسافة بين عقدتين متتاليتين $\frac{\lambda}{2}$ (طول المغزل)

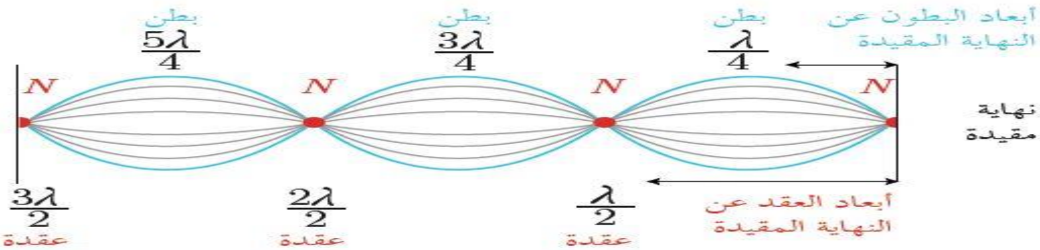
ثانياً: بطون الاهتزاز A: سعة اهتزازها عظمى لأنه يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على توافق دائم.

$$y_{max\,\dot{}\,n} = 2y_{max} \Rightarrow \left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right| = 1 \Rightarrow \sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = \sin(\frac{\pi}{2} + n\pi)$$

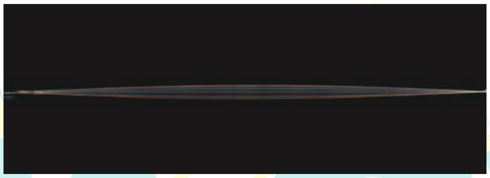
$$\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = \frac{\pi}{2} + n\pi \overset{\pi\text{نخرج}}{=} \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = (2n+1)\frac{\pi}{2} \overset{x\text{نعزل}}{=}$$

$\boxed{\text{معادلة البطون } x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}}$ حيث....... $n = 0,1,2,3,4$

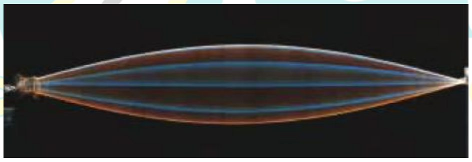
أي أبعاد البطون هي أعداد فردية من ربع طول الموجة ويكون المسافة بين بطنين متتاليين $\frac{\lambda}{2}$ والمسافة بين بطن وعقدة متتالية $\frac{\lambda}{4}$



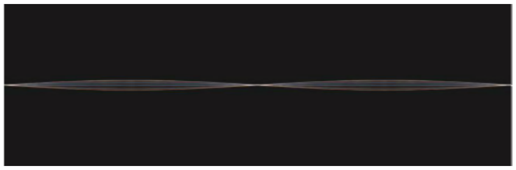
سؤال نظري (33) في تجربة ملد على نهاية مقيدة: نأخذ هزازة جيبية مغذاة سعتها العظمى صغيرة ، يمكن تغيير تواترها f ،نصل إحدى شعبتيها إلى نقطة a من وتر مرن L ويشد من طرفه الآخر بثقل مناسب ، بجعل تواتره الأساسي ثابتاً (f_1=10Hz) مثلاً ، نزيد تواتر الهزازة بالتدريج بدءاً من الصفر،ماذا تلاحظ ، وماذا تستنتج ؟



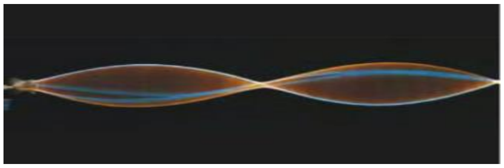
1- إذا كان $f < 10Hz$ نشاهد : اهتزازات قسرية في الوتر بسعة اهتزاز صغيرة من رتبة سعة اهتزاز الهزازة



2- من أجل (f=10Hz) الوتر يهتز بمغزل واحد واضح ، وسعة اهتزاز البطن عظمى y ، أي أن : الوتر تجاوب مع الرنانة وشكّل موجة مستقرة عرضية



3- إذا كان $20 > f > 10Hz$ تعود سعة الاهتزاز صغيرة ويتكون مغزلين غير واضحين



-4 من أجل ($f=20Hz$) الوتر يهتز بمغزلين واضحين وبسعة اهتزاز $y>>ymax$ ومما يلي الوتر تجاوب مع الرنانة وشكّل موجة مستقرة عرضية

نستنتج مما سبق: تتولد أمواج في الوتر مهما كانت قيمة تواتر الهزازة f فإذا كان تواتر الهزازة لا يساوي مضاعفات صحيحة للتواتر الأساسي للوتر فإن سعة الاهتزاز تبقى صغيرة نسبياً ،أما إذا كان تواتر الهزازة مساوياً إلى أي من المضاعفات الصحيحة للتواتر الأساسي للوتر يكون في حالة تجاوب (طنين) ونشاهد مغازل واضحة وتكون سعة البطن عظمى وكبيرة

سؤال نظري (34) متى يحدث تجاوب بين الهزازة والوتر ومتى يزداد عدد المغازل؟ وما العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الاهتزاز

♥ يحدث تجاوب إذا تحقق الشرطان:

1. $L = n\frac{\lambda}{2}$ طول الوتر يقسم إلى عدد صحيح n مغازل (قطع) طول كل منها نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$
2. $f = nf_1$ تواتر الهزازة مساوياً مضاعفات صحيحة للتواتر الأساسي للوتر f_1

♥ يزداد عدد المغازل عندما يزداد طول الوتر L أو يزداد تواتر الاهتزاز f أو بنقصان قوة الشد F_T

♥ دورة 2021 سرعة انتشار الاهتزاز العرضي v في وتر تتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لقوة الشد F_T وعكساً مع الكتلة الخطية μ للوتر حيث أن (الكتلة الخطية للوتر(ميو μ) هي النسبة بين كتلته m وطوله L: $\mu = \frac{m}{L}$): وفق العلاقة $v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$

سؤال نظري (35) استنتج تواتر المدروجات لاهتزاز وتر على نهاية مقيدة :

$$L = n\frac{\lambda}{2} \xRightarrow{\lambda=\frac{v}{f}\text{ نعوض}} L = n\frac{v}{2f} \xRightarrow{f\text{ نعزل}} \boxed{f = n\frac{v}{2L}}$$

يسمى أول تواتر- مغزل واحد :تواتر الصوت الأساسي $n=1 \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L}$.

وبقية التواترات تواتر المدروجات. $f = n\frac{v}{2L} \Rightarrow f = nf_1$

حيث: $n = 1,2,3,4 ......$ عدد صحيح موجب يمثل مدروج الصوت الصادر

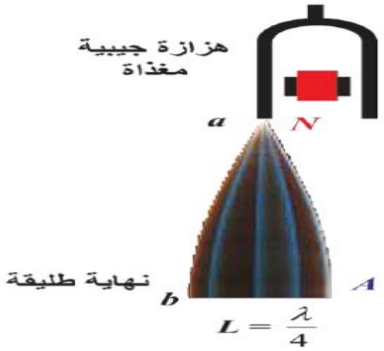
تعلّم!!!! إذا لم يتحقق التجاوب يتشكل في الوتر أمواج بسعة صغيرة ومغازل غير واضحة.

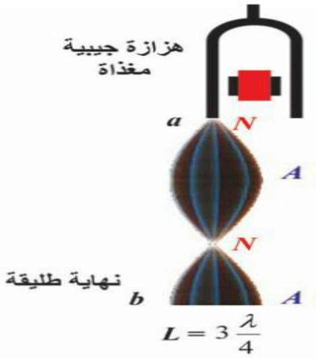
سؤال نظري (36) استنتج تواتر المدروجات لاهتزاز وتر على نهاية طليقة:

تتكون أمواج مستقرة في حالة التجاوب وعقدة في النقطة a وبطن عند b كما في الشكل ويكون:

$$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xRightarrow{\lambda=\frac{v}{f}\text{ نعوض}} L = (2n-1)\frac{v}{4f} \xRightarrow{f\text{ نعزل}} \boxed{f = (2n-1)\frac{v}{4L}}$$

حيث : $n = 1,2,3,4 ......$ عدد صحيح موجب و($2n-1$) يمثل مدروج الصوت الصادر





الأمواج الكهرطيسية المستقرة

سؤال نظري (37) في تجربة الأمواج الكهرطيسية المستقرة ، أجب عن الأسئلة الآتية !!! [دورة 2016 الأولى و الثانية]

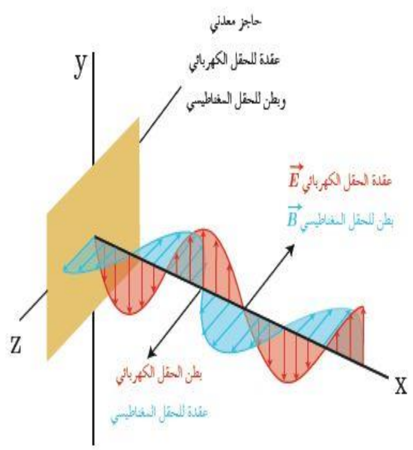
1. كيف تتكون الأمواج الكهرطيسية المستقرة ؟
2. كيف يتم الكشف عن الحقلين الكهربائي $\vec{E}$ والمغناطيسي $\vec{B}$؟
3. ننقل الكاشفين بين الهوائي المرسل والحاجز اشرح ما تجد؟
4. تتمتع الأمواج الكهرومغناطيسية بطيف واسع من الترددات ماهي ؟

الحل :

1. نولد أمواجاً كهرطيسية مستوية من هوائي مرسل ينتشر كلاً من الحقلين المتعامدين الكهربائي والمغناطيسي في الهواء المجاور وعلى بعد مناسب نضع حاجزاً ناقلاً مستوياً عمودياً على منحنى الانتشار لتنعكس عنده الموجة وتتداخل مع الأمواج الواردة لتؤلف جملة أمواج مستقرة كهرطيسية

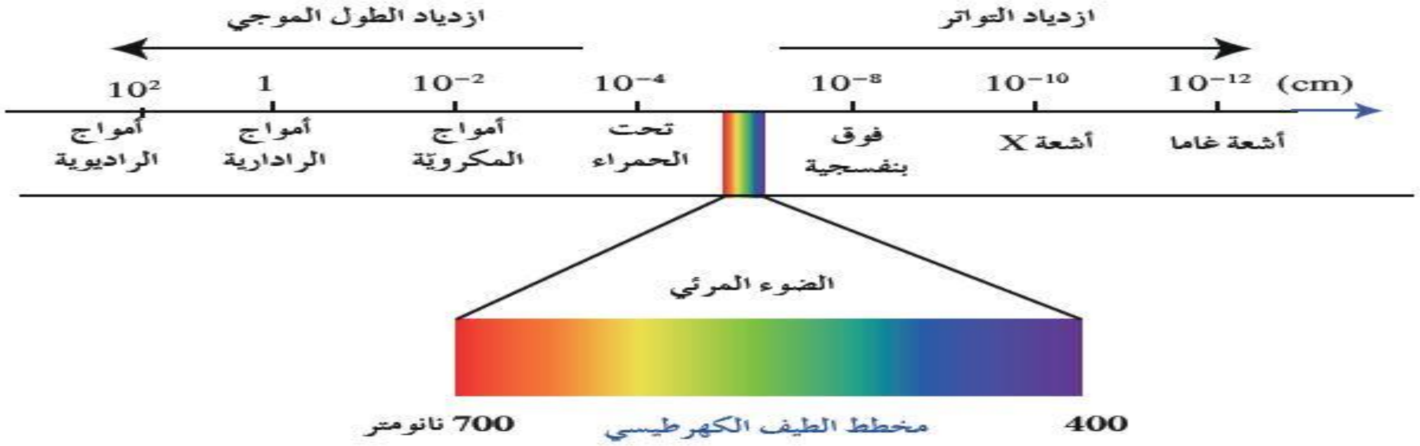
2. - نكشف عن الحقل الكهربائي $\vec{E}$ بهوائي مستقبل نضعه موازياً للهوائي المرسل ، يمكن تغيير طوله وعند وصل طرفي الهوائي المستقبل براسم اهتزاز مهبطي ، وتغيير طول الهوائي حتى يرتسم على شاشة راسم الاهتزاز خط بياني بسعة عظمى فيكون أصغر طول للهوائي المستقبل مساوياً $\frac{\lambda}{2}$.
   - نكشف عن الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ بحلقة نحاسية عمودية على $\vec{B}$ فيولد فيها توتراً بتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها.

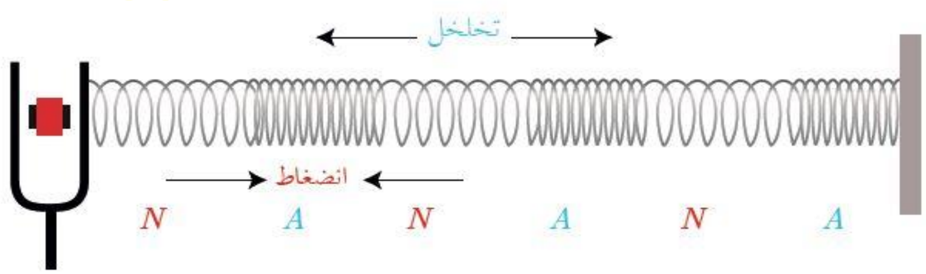
3. عند نقل الكاشفين بين الهوائي المرسل والحاجز نجد الآتي :
   a. توالي مستويات للعقد N يدل فيها الكاشف على دلالة صغرى ومستويات للبطون A يدل فيها الكاشف على دلالة عظمى متساوية الأبعاد عن بعضها $\frac{\lambda}{2}$ بين كل مستويين لهما نفس الحالة الاهتزازية.
   b. مستويات عقد الحقل الكهربائي هي مستويات بطون للحقل المغناطيسي وبالعكس.
   c. الحاجز الناقل المستوي عقدة للحقل الكهربائي وبطن للحقل المغناطيسي.



4. تتمتع الأمواج الكهرطيسية بطيف واسع من الترددات يشمل :
   - الأمواج الطويلة مثل : (الراديوية ، الرادارية ، المكرويّة)
   - الأمواج القصيرة مثل : (ضوء مرئي، أشعة سينية ، أشعة غاما ، الأشعة الكونية)

مخطط الطيف الكهرطيسي





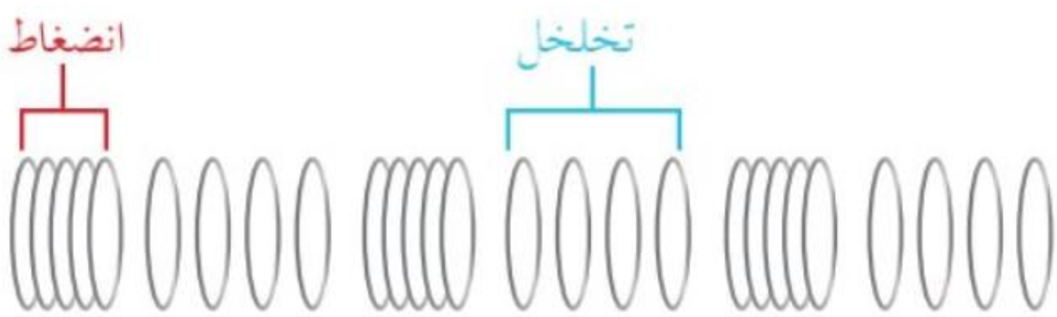
الدرس الثاني الأمواج المستقرة الطولية في نابض

سؤال نظري (38) في تجربة الأمواج المستقرة الطولية في نابض أجب عن الأسئلة التالية :

1. كيف تتكون الأمواج المستقرة الطولية في نابض وكيف تبدو حلقات النابض
2. ما هي عقد الاهتزاز وما هي بطون الاهتزاز؟
3. علل كلاً مما يلي:
   a. بطون الاهتزاز هي عقد للضغط
   b. عقد الاهتزاز هي بطون للضغط

الحل :

1. تتكون الأمواج المستقرة الطولية بتداخل الأمواج الطولية الواردة من المنبع مع الأمواج المنعكسة عند نقطة التثبيت للنابض فترى على طول النابض حلقات تدوير حلقات ساكنة وحلقات تهتز بسعات متفاوتة لا تتضح معالمها
2. عقد الاهتزاز: حلقات ساكنة سعة اهتزازها معدومة تصلها الموجة الطولية الواردة والموجة الطولية المنعكسة على تعاكس دائم.
   بطون الاهتزاز : الحلقات الأوسع اهتزازاً سعة اهتزازها عظمى حيث تصلها الموجتان الطوليتان الواردة والمنعكسة على توافق دائم.
3. a - إن بطن الاهتزاز والحلقات المجاورة تترافق دوماً في الاهتزاز إلى احدى الجهتين تكاد تبدو المسافات بينها ثابتة فلا نلاحظ تضاغطاً بين حلقات النابض أو تخلخل فيها أي يبقى الضغط ثابت أي أن بطون الاهتزاز هي عقد للضغط.
   b- إن عقد الاهتزاز تبقى في مكانها وتتحرك الحلقات المجاورة على الجانبين في جهتين متعاكستين دوماً فتتقارب خلال نصف دور وتتباعد خلال نصف دور آخر فنلاحظ تضاغطاً يليه تخلخل أي عقد الاهتزاز التي يحدث عندها تغير الضغط هي بطون للضغط .
   والمسافة بين عقدتي اهتزاز متتاليتين أو بطني اهتزاز متتاليين $\frac{\lambda}{2}$ وبين عقد اهتزاز وبطن اهتزاز $\frac{\lambda}{4}$

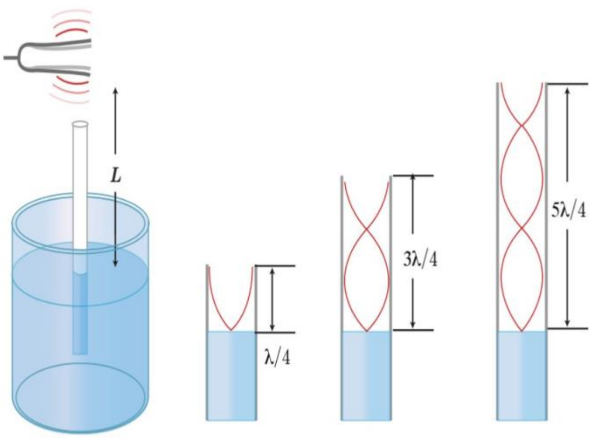


الأعمدة الهوائية

سؤال نظري (39) في تجربة الأعمدة الهوائية لدينا عمود هوائي مغلق ومملوء بالماء الساكن ، أمسك الرنانة من قاعدتها ثم أضرب بالمطرقة على إحدى شعبتيها . أجب عن الأسئلة التالية:

1. ماذا يتولد داخل هواء الأنبوب ومتى نسمع صوتاً شديداً عالياً ؟
2. أين تتكون كلاً من عقدة الاهتزاز وبطن الاهتزاز ؟
3. ما هو طول العمود الهوائي فوق سطح الماء عند الرنين الأول وعند الرنين الثاني وماهي المسافة بين صوتين شديدين متتاليين؟
4. ماذا يتشكل في العمود الهوائي المفتوح الطرفين والعمود الهوائي المغلق ؟
5. فسر عند استخدام رنانة تواترها كبير نحصل على عمود هوائي أقصر

الحل :



1. يتولد أمواجاً مستقرة طولية ونسمع صوتاً شديداً عالياً

عندما يكون تواتر الرنانة يساوي تواتر الهواء في عمود الأنبوب

2. عقدة الاهتزاز عند سطح الماء الساكن (يعتبر نهاية مغلقة)
بطن الاهتزاز تقريبا عند فوهة الأنبوب (يعتبر نهاية مفتوحة)

3. - طول العمود الهوائي عند الرنين الاول يساوي $L_1 = \frac{\lambda}{4}$ (أقصر طول)
- طول العمود الهوائي عند الرنين الثاني يساوي $L_2 = \frac{3\lambda}{4}$
- المسافة بين صوتين شديدين متتالين $\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$

4. - في العمود الهوائي المفتوح يتشكل عند كل طرف مفتوح بطن للاهتزاز، وفي منتصف العمود عقدة لاهتزاز فيكون طول العمود الهوائي في هذه الحالة $L = \frac{\lambda}{2}$.
- في العمود الهوائي المغلق يتشكل بطن عند سطحه وعقدة عن سطح الماء ولا يمكن الحصول على المدروجات ذات العدد الزوجي. (فقط فردية)

5. لأن تواتر الرنانة يتناسب عكساً مع طول العمود $f = (2n-1)\frac{v}{4L}$

ملاحظة القناة السمعية في الأذن والتي تنتهي بغشاء الطبل نعتبرها **عمود هوائي مغلق**
أنفاق عبور السيارات نعتبرها **عمود هوائي مفتوح**

سؤال نظري (40) عرف العمود الهوائي المفتوح ، وكيف يمكن تغيير طوله ، وماهو طول الأنبوب عند التجاوب واستنتج التواتر؟

الحل :

♥ **العمود الهوائي المفتوح :** هو أنبوب أسطواني الشكل ، مفتوح الطرفين والمملوء بجزيئات الهواء الساكنة يمكن تغيير طوله بإضافة أنبوب آخر قطره أقل ، وطول هذا الأنبوب عند التجاوب يساوي عدداً صحيحاً من نصف طول الموجة

♥ طول الأنبوب عند التجاوب : $L = n\frac{\lambda}{2}$

♥ استنتاج التواتر : $L = n\frac{\lambda}{2} \xRightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} L = n\frac{v}{2f} \xRightarrow{f\text{ نعزل}} \boxed{f = \frac{nv}{2L}}$

حيث : $n = 1,2,3 \ldots$ عدد صحيح يمثل مدروجات الصوت والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{2L}$

ملاحظة القناة السمعية في الأذن والتي تنتهي بغشاء الطبل نعتبرها عمود هوائي مغلق
أنفاق عبور السيارات نعتبرها عمود هوائي مفتوح

سؤال نظري (41) عرف العمود الهوائي المغلق ، وكيف يمكن تغيير طوله ، و ما هو طول الأنبوب عند التجاوب ؟

الحل :

♥ **العمود الهوائي المغلق:** هو أنبوب أسطواني الشكل ، مفتوح من طرف ومغلق من الطرف الآخر ، والمملوء بجزيئات الهواء الساكنة يمكن تغيير طوله بإضافة الماء ،

♥ طول هذا الأنبوب عند التجاوب يساوي عدداً فردياً من ربع طول الموجة

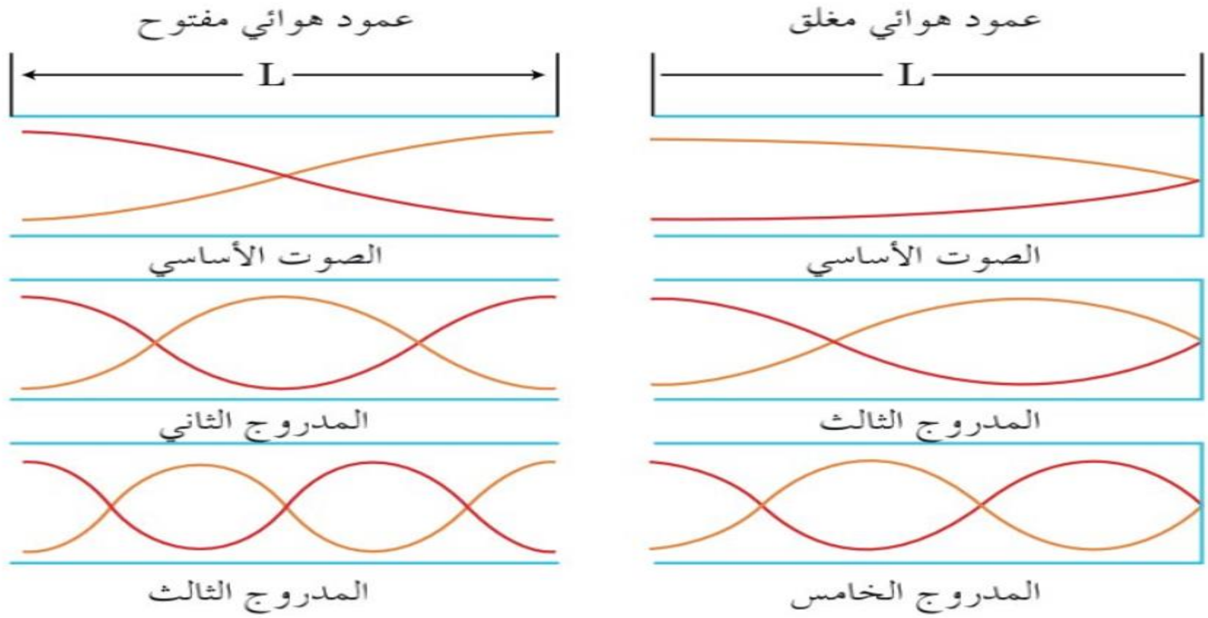
$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$ حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$

♥ **استنتاج التواتر :** $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow{\text{نعوض:}\ V=\lambda.f \Rightarrow \lambda=\frac{v}{f}} L = (2n-1)\frac{v}{4f}$

$\xrightarrow{\text{نعزل } f} \boxed{f = (2n-1)\frac{v}{4L}}$

حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{4L}$

ملاحظة : القوس يمثل مدروجات الصوت $(2n-1) = 1,3,5,\ldots$ المدروج الثالث : $(2n-1) = 3$
والمدروج الأساسي $(2n-1) = 1$، يعطي تواتر أساسي : $f = \frac{v}{4L}$



المزامير

سؤال نظري (41): عرف المزمار ماهي أنواع المنابع الصوتية؟

الحل:

المزمار: عمود غازي (هواء) اسطواني أو موشوري مقطعه ثابت وصغير بالنسبة لطوله يهتز بالتجاوب مع منبع صوتي ويحصر هذا العمود الغازي أنبوباً سميك الجدران حتى لا تشارك جدرانه الاهتزاز تصنف إلى:

1. منبع ذو فم: نهايته غرفة صغيرة مفتوحة يدفع فيها الهواء ليخرج من شق ضيق ويتشكل عند الفم بطن الاهتزاز عقدة ضغط.
2. منبع ذو لسان: صفيحة مرنة تدعى اللسان وقابلة للاهتزاز مثبتة من احد طرفيها لتقطع جريان الهواء لها تواتر اللسان عند اللسان عقدة **اهزاز وبطن ضغط.**

سؤال نظري (42) في تجربة الأمواج المستقرة الطولية في هواء مزمار، أجب عن الأسئلة الآتية :

1. كيف تتشكل الأمواج المستقرة الطولية في هواء المزمار؟
2. علل الانعكاس على نهاية مفتوحة؟
3. اذكر الحالة الاهتزازية في طرفي المزمار؟

الحل:

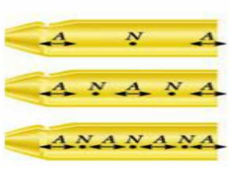
1. عندما تهتز طبقة الهواء المجاورة للمنبع ينتشر الاهتزاز طولياً في هواء المزمار لينعكس عند النهاية وتتداخل الأمواج الواردة مع الأمواج المنعكسة تتكون الأمواج المستقرة الطولية وتكون النهاية المغلقة عقدة اهتزاز والنهاية المفتوحة بطن اهتزاز.
2. إن الانضغاط الوارد إلى طبقة الهواء الأخيرة يزيحها إلى الهواء الخارجي فتسبب انضغاطاً فيه وتخلخلاً وراءها يستدعي تهافت هواء المزمار ليملأ الفراغ وينتج عن ذلك تخلخل ينتشر من نهاية المزمار إلى بدايته و هو منعكس الانضغاط الوارد.
3. منبع ذو فم يتشكل عنده بطن اهتزاز ، منبع ذو لسان يتشكل عنده عقدة اهتزاز.
نهاية المزمار مفتوحة يتشكل عندها بطن اهتزاز. نهاية المزمار مغلقة يتشكل عندها عقدة اهتزاز.

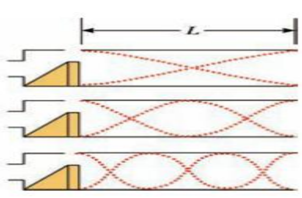
وعليه:

المزمار	متشابه الطرفين	ذو فم نهاية مفتوحة
		ذو لسان نهاية مغلقة
	مختلف الطرفين	ذو فم نهاية مغلقة
		ذو لسان نهاية مفتوحة

سؤال نظري (43) كيف تجعل مزمار (ذو فم أو ذو لسان) متشابه الطرفين ، ثم استنتج عبارة تواتر الصوت البسيط الذي يصدره هذا المزمار؟ (دورة 2012ـ 2014 الأولى والثانية)

الحل:





♥ منبع ذو فم (بطن اهتزاز) بجعل نهايته مفتوحة (بطن اهتزاز)
منبع ذو لسان (عقدة اهتزاز) بجعل نهايته مغلقة (عقدة اهتزاز)

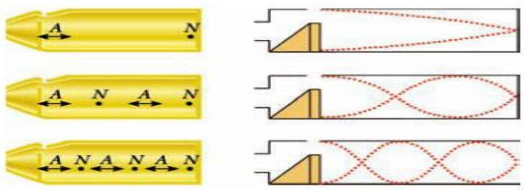
يكون طول المزمار يساوي عدداً صحيحاً من نصف طول الموجة $L = n\frac{\lambda}{2}$

♥ استنتاج التواتر : $L = n\frac{\lambda}{2} \xRightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} L = n\frac{v}{2f} \xRightarrow{f \text{ نعزل}} \boxed{f = \frac{nv}{2L}}$

حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ عدد صحيح يمثل مدروجات الصوت والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{2L}$

سؤال نظري (44) كيف نجعل مزمار (ذو فم أو ذو لسان) مختلف الطرفين، ثم استنتج عبارة تواتر الصوت البسيط الذي يصدره هذا المزمار؟ دورة 2013 الثانية ـ 2021 الثانية

الحل:



- منبع ذو فم (بطن اهتزاز) بجعل نهايته مغلقة (عقدة اهتزاز)
منبع ذو لسان (عقدة اهتزاز) بجعل نهايته مفتوحة (بطن اهتزاز)
يكون طول المزمار يساوي عددا فردياً من ربع طول الموجة $(2n-1)\frac{v}{4f}$
- استنتاج التواتر: $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow{V=\lambda.f \Rightarrow \lambda=\frac{v}{f} \text{ نعوض:}} L = (2n-1)\frac{v}{4f}$

$$\xrightarrow{f \text{ نعزل}} \boxed{f = (2n-1)\frac{v}{4L}}$$

حيث: $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{4L}$

سؤال نظري (45) ما العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الصوت في غاز معين داخل المزمار ثم أكتب العلاقات التي تربط تلك العوامل بسرعة الانتشار؟

- سرعة انتشار الصوت في غاز معين تتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لدرجة حرارته المطلقة T مقدرة (بالكلفن)

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad : T_k = 273 + t_c$$

- سرعة انتشار الصوت في غازين مختلفين تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما D_1, D_2 بالنسبة للهواء إذا كان الغازان في درجة حرارة واحدة، ولهما رتبة ذرية واحدة (أي عدد الذرات التي تؤلف جزيئاته هي نفسها)

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

$D = \frac{M}{29}$ ، حيث D كثافة غاز بالنسبة للهواء , M : الكتلة المولية للغاز (الكتلة الجزيئية الغرامية)

ملاحظات لحل مسائل الأمواج

- **البعد بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليين (هو نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$)**
- **البعد بين عقدة وبطن يليها (هو ربع طول الموجة $\frac{\lambda}{4}$)**
- **عدد أطوال الموجة يحسب:** $\frac{L}{\lambda} = \frac{\text{طول الوتر}}{\text{طول الموجة}}$ وواحدته (طول موجة)
- طول الخيط (الوتر المشدود) L : يقسم إلى عدد n من المغازل كل مغزل طوله $\frac{\lambda}{2}$ ويكون :

1) طول (الخيط المشدود) الوتر $\boxed{L = n\frac{\lambda}{2}} \xrightarrow{\text{نعزل المجهول}}$ عند طلب طول الموجة λ: $\boxed{\lambda = \frac{2L}{n}}$ ، عند طلب عدد المغازل n: $\boxed{n = \frac{2L}{\lambda}}$

2) **حساب السعة لنقطة (ارتفاع النقطة) تبعد مسافة (x معطاة) عن النهاية المقيدة :**

$$\boxed{y_{max\,n} = 2y_{max}\left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right|}$$ حيث : y_{max} سعة اهتزاز المنبع

3) **الكتلة الخطية للوتر (ميو μ) هي النسبة بين كتلته m وطوله L:** $\boxed{\mu = \frac{m}{L}}$ واحدتها $kg.m^{-1}$

- يمكن حساب الكتلة الخطية لوتر اسطواني كتلته الحجمية (كثافته ρ) : $\mu = \frac{m}{L} \xrightarrow{m=\rho.V} \mu = \frac{\rho.V}{L} = \frac{\rho.sL}{L} = \rho.s \Rightarrow \boxed{\mu = \rho.\pi r^2}$

4) لحساب سرعة انتشار الاهتزاز : v سرعة انتشار الاهتزاز $\begin{cases} v = \lambda . f & \text{f : تواتر الاهتزاز} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} & F_T \text{ : قوة الشد} \end{cases}$

5) حساب التواترات الخاصة لعدة مدروجات : $f = \frac{n.v}{2L}$ حيث $n = 1 , 2 , 3 , 4$ تمثل عدد المغازل
(المدروج الثالث : $n = 3$ ، المدروج الثاني : $n = 2$ ، المدروج الأساسي (الأول) : $n = 1$)

6) حساب قوة الشد F_T من أجل n مغزل وفق الخطوات الآتية :

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \\ f = \frac{n.v}{2L} \end{cases} \Leftarrow f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \xLeftarrow{\text{نربع الطرفين ونعوض}} f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{\boxed{F_T}}{\mu}$$

بعدالتعويض نحصل على قيمة $\boxed{F_T}$

7) حساب أبعاد العقد والبطون عن النهاية المقيدة :

معادلة العقد : $\boxed{x = n.\frac{\lambda}{2}}$ حيث : $n = 0_{\text{أول عقدة}} , 1_{\text{ثاني عقدة}} , 2_{\text{ثالث عقدة}} , 3_{\text{رابع عقدة}}$

معادلة البطون : $\boxed{x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}}$ حيث : $n = 0_{\text{أول بطن}} , 1_{\text{ثاني بطن}} , 2_{\text{ثالث بطن}} , 3_{\text{رابع بطن}}$

ملاحظة : لما يغير عدد المغازل نحسب طول موجة جديدة $\boxed{\lambda_{\text{جديدة}} = \frac{2L}{n_{\text{جديدة}}}}$

ملاحظات المزامير (الأنابيب الصوتية)

مزمار متشابه الطرفين		مزمار مختلف الطرفين	
ذو فم نهاية مفتوحة ، ذو لسان نهاية مغلقة		ذو فم نهاية مغلقة ، ذو لسان نهاية مفتوحة	
طول المزمار	$L = n.\frac{\lambda}{2}$	طول المزمار	$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$
تواتر الصوت	$f = \frac{n.v}{2L}$	تواتر الصوت	$f = (2n-1)\frac{v}{4L}$
n تمثل مدروجات الصوت	$n = 1 , 2 , 3 , 4$ ($n = 1$ صوت أساسي)	القوس$(2n-1)$يمثل مدروجات الصوت ($n = 1 , 2 , 3 , 4$)	$(2n-1) = 1 , 3 , 5$ ($(2n-1) = 1$ صوت أساسي)
طول الموجة يحسب في المزامير من العلاقة :	$\lambda = \frac{v}{f}$	عدد أطوال الموجة يحسب :	$\frac{\text{طول المزمار}}{\text{طول الموجة}} = \frac{L}{\lambda}$
البعد بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليين	$\frac{\lambda}{2}$	البعد بين عقدة وبطن يليها	$\frac{\lambda}{4}$
تغيير السرعة v عند تغيير شروط التجربة (درجة حرارة الوسط أوكثافة الغاز)			
السرعة تتناسب **طرداً** مع الجذر التربيعي لدرجة الحرارة		السرعة تتناسب **عكساً** مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز	
نسخن $\boxed{\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}}$: $T_{\text{كلفن}} = t(C^0) + 273$		$D = \frac{M_{\text{الكتلة الغرامية}}}{29}$ كثافة الغاز : $\boxed{\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}} = \sqrt{\frac{\frac{M_1}{29}}{\frac{M_2}{29}}} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$	

ملاحظات الأعمدة الهوائية

نعوض القوس $(2n-1)$ برقم المدروج ونعوض n برقم الرنين

العمود الهوائي المفتوح (متشابه الطرفين) (نفق عبور سيارات)	العمود الهوائي المغلق (مختلف الطرفين) (قناة سمعية)
طوله $L = n.\frac{\lambda}{2}$ الرنين الأول: $n = 1$ الرنين الثاني: $n = 2$ تواتره $f = \frac{n.v}{2L}$ $n = 1, 2, 3, 4$ (الرنين الأول $n = 1$) القوة الضاغطة تساوي الضغط ضرب مساحة السطح $F = P.S$ البعد بين صوتين شديدين متتاليين (رنينين متعاقبين): $\frac{\lambda}{2}$ طول الموجة: $\lambda = \frac{v}{f}$	طوله $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$ القوس $(2n-1)$ يمثل مدروجات الصوت ($n = 1, 2, 3, 4$) الرنين الأول: $n = 1$ $(2n-1) = 1$ المدروج الأساسي الرنين الثاني $n = 2$ $(2n-1) = 3$ المدروج الثالث طول العمود الهوائي عند الرنين الاول يساوي $L_1 = \frac{\lambda}{4}$ (أقصر طول) طول العمود الهوائي عند الرنين الثاني يساوي $L_2 = \frac{3\lambda}{4}$ البعد بين صوتين شديدين متتاليين $\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$ $\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2}$ تواتره $f = (2n-1)\frac{v}{4L}$ البعد الذي يحدث عنده الرنين الأول $L_1 = ?$: الرنين الأول: $(2n-1) = 1 \Rightarrow f = \frac{v}{4L_1} \Rightarrow L_1 = \frac{v}{4f}$

- اختبر نفسي: أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. في الأمواج المستقرة العرضية المسافة بين عقدتين متتاليتين تساوي:

a- $\frac{\lambda}{4}$ b- $\frac{\lambda}{2}$ c- λ d- 2λ

2. فرق الطور φ بين الموجة الواردة والموجة المنعكسة على نهاية مقيدة تساوي بالراديان:

a- $\varphi = 0$ b- $\varphi = \frac{\pi}{3}$ c- $\varphi = \frac{\pi}{2}$ d- $\varphi = \pi$

3. في تجربة ملد مع نهاية طليقة يصدر وتراً طوله L صوتاً أساسياً، طول موجته λ تساوي:

a- $4L$ b- $2L$ c- L d- $\frac{L}{2}$

توضيح الإجابة: $L = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 4L$

4. وتر مهتز طوله L، وسرعة انتشار الموجة العرضية على طوله v ، وقوة شده F_T ، فإذا زدنا قوة شده أربع مرات لتصبح سرعة انتشاره v' تساوي:

a- $\frac{v}{4}$ b- $\frac{v}{2}$ c- $2v$ d- $4v$

توضيح الإجابة: $v' = \sqrt{\frac{4F_T}{\mu}} = 2v$

5. وتر مهتز طوله L، وكتلته m، وكتلته الخطية μ ، نقسمه إلى قسمين متساويين، فإن الكتلة الخطية لكل قسم تساوي:

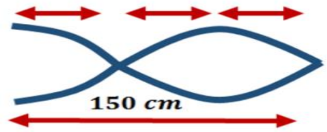
a- 2μ b- μ c- $\frac{\mu}{2}$ d- 4μ

توضيح الإجابة: $\mu' = \frac{\frac{m}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{m}{L} = \mu$ لا تتغير الكتلة الخطية للوتر عند إنقاص طول الوتر للنصف.

6. يمثل الشكل أنبوباً هوائياً مغلقاً طوله $L = 150\ cm$ ، فإن طول الموجة الصوتية λ تساوي:

a- $50\ cm$ b- $250\ cm$ c- $200\ cm$ d- $150\ cm$

توضيح الإجابة:



$$L = 3\frac{\lambda}{4} \Longrightarrow \lambda = \frac{4L}{3} = \frac{4 \times 150}{3} = 200$$

7. طول العمود الهوائي المفتوح الذي يصدر نغمته الأساسية يعطى بالعلاقة:

a- $L = \frac{\lambda}{4}$ b- $L = \frac{\lambda}{2}$ c- $L = \lambda$ d- $L = 2\lambda$

توضيح الإجابة: $L = n.\frac{\lambda}{2} \xrightarrow[]{n=1\ \text{اساسي}} L = \frac{\lambda}{2}$

8. طول العمود الهوائي المغلق الذي يصدر نغمته الأساسية يعطى بالعلاقة:

a- $L = \frac{\lambda}{4}$ b- $L = \frac{\lambda}{2}$ c- $L = \lambda$ d- $L = 2\lambda$

توضيح الإجابة: $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow[]{n=1\ \text{اساسي}} L = \frac{\lambda}{4}$

9. وتران متجانسان من المعدن نفسه مشدودان بقوة الشد نفسها، قطر الوتر الأول $1mm$، وقطر الوتر الثاني $2mm$، فإذ كانت سرعة انتشار اهتزاز عرضي في الوترين v_2, v_1 على الترتيب، فإن:

a- $v_1 = v_2$ b- $v_1 = 2v_2$ c- $v_1 = 4v_2$ d- $2v_1 = v_2$

توضيح الإجابة: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{F_T}{\mu_2}}}{\sqrt{\frac{F_T}{\mu_1}}} = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}} = \sqrt{\frac{\rho s_1}{\rho s_2}} = \sqrt{\frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}} = \sqrt{\frac{r_1^2}{4r_1^2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_1 = 2v_2$

10. مزمار متشابه الطرفين طوله L، وسرعة انتشار الصوت في هوائه v ، فتواتر صوته البسيط الأساسي الذي يصدره يعطى بالعلاقة:

a- $f = \frac{v}{2L}$ b- $f = \frac{v}{4L}$ c- $f = \frac{4v}{L}$ d- $f = \frac{2v}{L}$

توضيح الإجابة: $f = \frac{n.v}{2L} \xrightarrow[]{n=1\ \text{اساسي}} f = \frac{v}{2L}$

11. مزمار ذو فم، نهايته مفتوحة، عندما يهتز هواؤه بالتجاوب يتكون عند نهايته المفتوحة:

a- بطن ضغط b- بطن اهتزاز c- عقدة اهتزاز d- جميع ما سبق صحيح.

12. مزمار متشابه الطرفين طوله L ، يصدر صوتاً أساسياً موافقاً للصوت الأساسي لمزمار آخر مختلف الطرفين طوله L' في الشروط نفسها. فإن:

a- $L = L'$ b- $L = 2L'$ c- $L = 3L'$ d- $L = 4L'$

توضيح الإجابة: موقتاً أي لهما نفس التواتر $\begin{cases} f = \frac{n.v}{2L} \\ f = (2n-1)\frac{v}{4L'} \end{cases} \xrightarrow[]{n=1\ \text{اساسي}} \frac{v}{4L'} = \frac{v}{2L} \Rightarrow L = 2L'$

13. يصدر أنبوب صوتي مختلف الطرفين صوتاً أساسياً تواتره $435\ Hz$ فإن تواتر الصوت التالي الذي يمكن أن يصدره يساوي :

a- $145\ Hz$ b- $217.5\ Hz$ c- $870\ Hz$ d- $1305\ Hz$

توضيح الإجابة: $f_2 = 3f_1 \Longrightarrow f_2 = 3 \times 435 = 1305\ Hz$

14. في تجربة ملد مع نهاية مقيدة تتكون أربعة مغازل عند استخدام وتر طوله $L = 2m$، وهزازة تواترها $f = 435\ Hz$ فتكون سرعة انتشار الاهتزاز v مقدّرة بـ $m.s^{-1}$ تساوي:

a- 435 b- 290 c- 1742 d- 870

توضيح الإجابة: $f = \frac{n.v}{2L} \Longrightarrow v = \frac{2Lf}{n} \Longrightarrow v = \frac{2\times2\times435}{4} = 435 m.s^{-1}$

15. إذا كانت v_1 سرعة انتشار الصوت في غاز الهيدروجين $(H = 1)$، و v_2 سرعة انتشار الصوت في غاز الأوكسجين $(O = 16)$:

a- $v_1 = v_2$ b- $v_1 = 4v_2$ c- $v_1 = 8v_2$ d- $v_1 = 16v_2$

توضيح الإجابة: $v_1 = 4v_2$

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{D_{O_2}}{D_{H2}}} = \sqrt{\frac{\frac{M_{O_2}}{29}}{\frac{M_{H_2}}{29}}} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{\frac{32}{29}}{\frac{2}{29}}} \times v_2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{16} \times v_2 \Rightarrow v_1 = 4v_2$$

16. طول الموجة المستقرة هو:

a- المسافة بين بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين.
b- مثلي المسافة بين بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين.
c- نصف المسافة بين بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين.
d- نصف المسافة بين بطن وعقدة تليه مباشرة.

b- ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. في تجربة أمواج مستقرة عرضية تعطى معادلة اهتزاز نقطة n من وتر مرن تبعد $\bar{x}$ عن نهايته المقيدة:
$\bar{y}_{n(t)} = 2Y_{max} sin\frac{2\pi}{4}\bar{x}\sin(\omega t)$ استنتج العلاقة المحددة لكل من مواضع بطون وعقد الاهتزاز، ما بعد البطن الثاني عن النهاية المقيدة؟

(محلول في النظري سابقاً)

2. كيف نجعل مزماراً ذا لسان مختلف الطرفين من الناحية الاهتزازية؟ استنتج العلاقة المحددة لتواتر الصوت البسيط الذي يصدره هذا المزمار بدلالة طوله.

(محلول في النظري سابقاً)

3. نثبت بإحدى شعبتي رنانة كهربائية تواترها f طرف وتر له طول مناسب ومشدود بثقل مناسب كتلته m لتتكون أمواج مستقرة عرضية بثلاثة مغازل، ولكي نحصل على مغزليين نجري التجربتين الآتيتين:
a. نستبدل الرنانة السابقة برنانة أخرى، تواترها f' مع الكتلة السابقة نفسها m. استنتج العلاقة بين التواترين f ، f'.
b. نستبدل الكتلة السابقة m بكتلة أخرى m' مع الرنانة السابقة نفسها f. استنتج العلاقة بين الكتلتين m, m'.

الحل: $n = 2$ و $n' = 3$

-a
$$f = \frac{nv}{2L} \xrightarrow{v=\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}} f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$
$$f' = \frac{n'}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$
$$\frac{f'}{f} = \frac{n'}{n} = \frac{2}{3} \Rightarrow \boxed{f' = \frac{2}{3}f}$$

-b الرنانة السابقة نفساها : أي نفس التواتر : $f = f'$

بأخذ النسبة : $f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ $f' = \frac{n'}{2L}\sqrt{\frac{F'_T}{\mu}}$

$$\stackrel{F_T=mg}{=} \frac{f'}{f} = \frac{n'}{n} \times \sqrt{\frac{(m'g)}{(mg)}} \Rightarrow 1 = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{m'}{m}} \stackrel{نربع}{\Rightarrow} 1 = \frac{4}{9}\frac{m'}{m}$$
$$\Rightarrow \boxed{m' = \frac{9m}{4}}$$

4. كيف يتم عملياً الكشف عن الحقل الكهربائي $\vec{E}$ ، و الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في الأمواج المستقرة الكهرطيسية المنتشرة في الهواء؟

نكشف عن الحقل الكهربائي $\vec{E}$ بهوائي مستقبل نضعه موازياً للهوائي المرسل ويتم ذلك بوصل طرفي الهوائي المستقبل براسم اهتزاز مهبطي وتغيير طول الهوائي حتى يرتسم على الشاشة خط بياني بسعة عظمى فيكون أصغر طول الهوائي المستقبل مساوياً $\frac{\lambda}{4}$ نكشف عن الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ لحلقة نحاسية عمودية على $\vec{B'}$ فيولد فيها توتراً نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها.

5. إذا تكونت ثلاثة مغازل لأمواج مستقرة عرضية في وتر مشدود بقوة مناسبة، وأردنا الحصول على خمسة مغازل بتغيير قوة الشد فقط، فهل نزيد تلك القوة أم ننقصها؟ ولماذا؟

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$
$$n = \frac{2Lf}{\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}} \Rightarrow n = 2Lf\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{F_T}}$$

n تتناسب عكساً مع $\sqrt{F_T}$ أي لزيادة عدد المغازل يجب إنقاص قوة الشد.

6. علل ما يأتي:
a. لا يحدث انتقال للطاقة في الأمواج المستقرة كما في الأمواج المنتشرة.
b. تسمى الأمواج المستقرة بهذا الاسم.

الحل :

a- لأن الأمواج المستقرة هي أمواج واردة و أمواج معاكسة تنقل الطاقة باتجاهين متعاكسين.
b- لأن نقاط الوسط تهتز مراوحة في مكانها شكلاً ثابتاً وتظهر وكأنها ساكنة.

7. في الأمواج المستقرة العرضية، هل يهتز البطن الأول، و البطن الثالث التالي على توافق أم على تعاكس فيما بينهما؟

على توافق لأن فرق المسير بينهما λ، أي أن نقاط مغزليين متجاورين تهتز فيما بينهما على تعاكس في الطور.

ثالثاً: حل المسائل الآتية: (في جميع المسائل $g = 10\ m.s^{-1}$)

المسألة الأولى (درس):

إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $v = 331\ m.s^{-1}$، بدرجة $0°C$. احسب سرعة انتشار الصوت في الدرجة $t = 27°C$.

المعطيات: $v_1 = 331\ m.s^{-1}$ $t_1 = 0°C$ $v_2 = ?$ $t_2 = 27°C$

الحل :

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2(k)}{T_1(k)}} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{t_2+273}{t_1+273}}.v_1 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{300}{273}} \times 331 \Rightarrow \boxed{v_2 = 347 m.s^{-1}}$$

المسألة الثانية (درس):

يصدر أنبوب صوتي مختلف الطرفين صوتاً أساسياً تواتره $f = 435\ Hz$. فما تواترات الأصوات الثلاثة المتتالية التي يمكنه أن يصدرها؟

المعطيات: مختلف الطرفين $(2n-1) = 1$ (صوت أساسي) $f_1 = 435\ Hz$

الحل : مختلف الطرفين $f_n = (2n-1)f_1$ التواترات التالية هي أعداد فردية من التواتر الأساسي .

$$f_2 = 3f_1 = 1305\ Hz$$
$$f_3 = 5f_2 = 2175\ Hz$$
$$f_4 = 7f_3 = 3045\ Hz$$

المسألة الثالثة (درس):

يصدر وتر صوتاً أساسياً تواتره $250\ Hz$. كم يصبح تواتر صوته الأساسي إذا نقص طول الوتر حتى النصف $\left(L' = \frac{L}{2}\right)$ وازدادت قوة الشد حتى مثليها $(F'_T = 2F_T)$

المعطيات: $f_1 = 250\ Hz$ $f = ?$ $L' = \frac{L}{2}$ $F'_T = 2F$

الحل :

(قبل التغيير) $f_1 = \frac{nv}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ (بعد التغيير) $f' = \frac{1}{2L'}\sqrt{\frac{F'_T}{\mu}}$

$$\frac{f'}{f_1} = \frac{\frac{1}{2L'}\sqrt{\frac{F'_T}{\mu}}}{\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}} \Rightarrow \frac{f'}{f_1} = \frac{L}{L'}.\sqrt{\frac{F'_T}{F_T}} \overset{F'_T=2F_T \quad L'=\frac{L}{2}}{=} \frac{f'}{f_1} = \frac{L}{\frac{L}{2}}\sqrt{\frac{2F_T}{F_T}}$$

$$\frac{f'}{f_1} = 2\sqrt{2} \Rightarrow f' = 2\sqrt{2} \times 250 \Rightarrow \boxed{f' = 500\sqrt{2}\ Hz}$$

المسألة الرابعة (درس):

تهتز رنانة تواترها $f = 440\ Hz$ فوق عمود هوائي مغلق، حدد البعد الذي يحدث عنده الرنين الأول عندما تكون درجة حرارة الهواء في العمود $t = 20°C$ ، حيث سرعة انتشار الصوت في هذه الحالة $v = 340\ m.s^{-1}$.

المعطيات: $v = 340\ m.s^{-1}$ $(2n-1) = 1$ (الرنين الأول الأساسي) $f = 440\ Hz$

الحل : عمود هوائي مغلق

$$f = (2n-1)\frac{v}{4L} \Rightarrow L = (2n-1)\frac{v}{4f}$$

$$L = 1 \times \frac{340}{4\times440} \Rightarrow \boxed{L = 0.19\ m}$$

المسألة الخامسة (درس):

استعملت رنانة تواترها $f = 445\ Hz$ فوق عمود رنين مغلق لتحديد سرعة انتشار الصوت في غاز الهيليوم ، فإذا كان البعد بين صوتين شديدين متتاليين (رنينين متعاقبين) $L = 110\ cm$، احسب سرعة انتشار الصوت في غاز الهيليوم.

المعطيات: البعد بين صوتين شديدين $\frac{\lambda}{2} = L = 110cm$ $\qquad f = 445\ Hz$

الحل :

$$\frac{\lambda}{2} = 110 \Longrightarrow \lambda = 220 \times 10^{-2}\ m$$

$$v = \lambda f \Longrightarrow v = 220 \times 10^{-2} \times 445 \Longrightarrow \boxed{v = 979\ m.s^{-1}}$$

المسألة السادسة (درس):

احسب تواتر الصوت الأساسي لوتر مشدود طوله $L = 0.7\ m$ وكتلته $m = 7\ g$ ، شُدَّ بقوة قدرها $F_T = 49\ N$.

المعطيات: $F_T = 49\ N \quad m = 7 \times 10^{-3}\ kg \quad L = 0.7 = 7 \times 10^{-1}\ m \quad n_{\text{أساسي}} = 1 \quad f = ?$

الحل :

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T.L}{m}} \Longrightarrow f_1 = \frac{1}{2\times7\times10^{-1}} \times \sqrt{\frac{49\times7\times10^{-1}}{7\times10^{-3}}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2\times7\times10^{-1}} \times \frac{7}{10^{-1}} = \frac{1}{2\times10^{-2}} = \frac{100}{2} \Longrightarrow \boxed{f_1 = 50\ Hz}$$

المسألة السابعة (درس):

تهتز شعبتا رنانة كهربائية بتواتر $f = 30\ Hz$، نصل إحدى الشعبتين بخيط مرن طوله $L = 2m$.

1. يشد الخيط بقوة شدتها $F_T = 7.2\ N$ فيهتز مكوناً مغزلاً واحداً. استنتج كتلة الخيط؟
2. احسب قوتي الشد التي تجعل الخيط يهتز بمغزلين ثم بثلاثة مغازل مع الرنانة نفسها؟

المعطيات: $L = 2\ m \qquad f = 30\ Hz$

الحل :

-1 مغزل واحد أي : $n = 1 \quad ، \quad F_T = 72 \times 10^{-1}\ N$

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2}\sqrt{\frac{F_T.L}{m}} \Longrightarrow f^2 = \frac{n^2}{2L^2}.\frac{F_T.L}{m} \xrightarrow{\text{نعزل } m} m = \frac{n^2.F_T}{4.L.f^2}$$

$$m = \frac{1\times72\times10^{-1}}{4\times2\times900} \Longrightarrow \boxed{m = 10^{-3}kg}$$

-2 $m = 10^{-3}kg \quad F_T = ? \quad n = \frac{2}{n} = 3$

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

من أجل مغزلين : $n = 2 \Longrightarrow 30 = \frac{2}{2\times2}\sqrt{\frac{F_T\times2}{10^{-3}}}$

$$900 = \frac{1}{4} \times \frac{2F_T}{10^{-3}} \Longrightarrow 900 = \frac{F_T}{2\times10^{-3}}$$

$$F_T = 2 \times 900 \times 10^{-3} = 1800 \times 10^{-3} \Longrightarrow \boxed{F_T = 1.8\ N}$$

♥ نفس العملية: من أجل ثلاثة مغازل : $n = 3 \Longrightarrow \boxed{F_T = 0.8\ N}$

المسألة الثامنة (درس):

احسب سرعة انتشار اهتزاز عرضي في وتر قطر مقطعه $0.1\ mm$، وكثافة مادته 8، مشدود لقوة شدتها $F_T = 100\pi\ N$.

المعطيات: $v = ?$ $D = 8$ الكثافة ، $F_T = 100\pi\ N$

الحل: نوجد نصف قطر مقطع الوتر r :

$$2r = 0.1\ mm = 10^{-1}m = 10^{-1} \times 10^{-3} = 10^{-4} \Rightarrow r = \frac{1}{2} \times 10^{-4} = 0.5 \times 10^{-4} \Rightarrow (r = 5 \times 10^{-5} m)$$ (قطر مقطعه)

$$\rho_{\text{مادة}} = \text{الكثافة} \times \rho_{\text{الماء}} \Rightarrow \rho_{\text{مادة}} = 8 \times 1000 = 8000\ \ kg.m^{-3}$$

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{F_T}{\rho.s}} = \sqrt{\frac{F_T}{\rho.\pi.r^2}} = \sqrt{\frac{100\pi}{8000 \times \pi \times 25 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{1}{2000 \times 10^{-10}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{2 \times 10^{-7}}} = \sqrt{5 \times 10^{-1} \times 10^{7}} = \sqrt{5 \times 10^{6}} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{5} \times 10^{3} m.s^{-1}}$$

المسألة التاسعة (درس):

إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $v = 330\ \ m.s^{-1}$ **المطلوب:**

1. احسب تواتر الصوت الأساسي الذي يصدره عمود هوائي طوله $L = 2m$ إذا كان مغلقاً، ثم إذا كان مفتوحاً.
2. احسب تواتر المدروج الثالث في كل حالة.

المعطيات: $v = 330\ m.s^{-1}$ $L = 2m$

الحل:

نوع العمود	عمود هوائي مفتوح متشابه الطرفين $f = \frac{nv}{2L}$	عمود هوائي مغلق (مختلف الطرفين) $f = (2n-1)\frac{v}{4L}$
الطلب الاول	$\xRightarrow{n=1\ (\text{أساسي})} f_1 = 1 \times \frac{330}{2\times2} = \frac{330}{4}\ Hz$	$\xRightarrow{(2n-1)=1\ \text{اساسي}} f_1 = \frac{1\times330}{4\times2} = \frac{330}{8}\ Hz$
الطلب الثاني	$\xRightarrow{n=3\ (\text{ثالث مدروج})} f = \frac{3\times330}{2\times2} = \frac{990}{4}\ Hz$	$\xRightarrow{(2n-1)=3\ (\text{ثالث مدروج})} f = \frac{3\times330}{4\times2} = \frac{990}{8}\ Hz$

المسألة العاشرة (درس):

وتر آلة موسيقية، طوله $L = 1m$، وكتلته $m = 20\ g$، مثبت من طرفيه ومشدود بقوة $F_T = 2N$، **المطلوب:**

1. سرعة انتشار الاهتزاز على طول الوتر .
2. تواتر الصوت الأساسي الذي يمكن أن يصدر عنه.
3. التواترات الخاصة لمدروجاته الثلاثة الأولى.

المعطيات: $L = 1m$ $m = 20 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-2}\ kg$ $F_T = 2N$

الحل:

-1 $v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{F_T.L}{m}} = \sqrt{\frac{2\times1}{2\times10^{-2}}} = \sqrt{10^2} = 10\ m.s^{-1}$

-2 تواتر الوتر المشدود (نهاية مقيدة) : $f = \frac{nv}{2L}$

اساسي $n = 1 \Rightarrow f_1 = \frac{1\times10}{2\times1} = 5\ Hz$

-3 $f = \frac{nv}{2L}$

- المدروج الأول (الأساسي) : $n = 1 \Rightarrow f_1 = 5Hz$
- المدروج الثاني : $n = 2 \Rightarrow f_2 = 2f_1 = 10Hz$
- المدروج الثالث : $n = 3 \Rightarrow f_3 = 3f_1 = 15\ Hz$

المسألة الحادية عشرة (درس) : مزمار متشابه الطرفين طوله $L = 1m$ يصدر صوتاً تواتره $f = 170\ Hz$ ، يحوي هواء في درجة حرارة معينة حيث سرعة انتشار الصوت $v = 340\ m.s^{-1}$. **المطلوب:**

1. احسب عدد اطوال الموجة التي يحويها المزمار.
2. احسب طول مزمار آخر مختلف الطرفين يحوي الهواء يصدر صوتاً أساسياً موافقاً للصوت السابق في درجة الحرارة نفسها.

المعطيات: $v = 340\ m.s^{-1}$ $f = 170Hz$ $L = 1\ m$ (متشابه الطرفين)

الحل :

-1 $\frac{L}{\lambda} =$ عدد أطوال الموجة

نحسب طول الموجة λ : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{170} = 2\ m$

(طول الموجة) $\frac{1}{2} =$ عدد أطوال الموجة

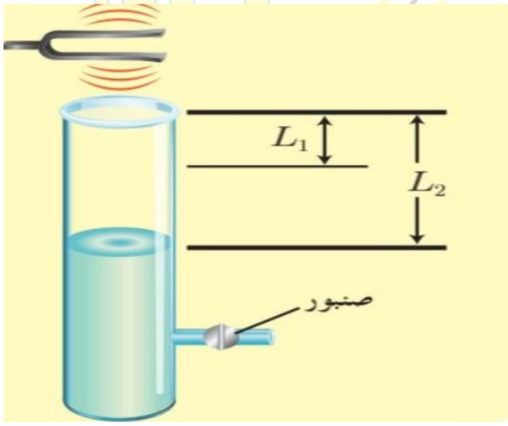
-2 موافقاً $f_{\text{متشابه}} = f_{\text{مختلف}}$ أساسي $(2n-1) = 1$ مختلف الطرفين $L' = ?$

$$f = (2n-1)\frac{v}{4L'} \Rightarrow L' = (2n-1)\frac{v}{4f}$$

$f = 170\ Hz$ موافقاً (نفس الصوت ونفس f) / $v = 340\ m.s^{-1}$ (نفس الحرارة ونفس الغاز)

$$L' = 1 \times \frac{340}{4 \times 170} \Rightarrow \boxed{L' = \frac{1}{2}m}$$

المسائل العامة :



المسألة 27 عامة: أنبوب أسطواني مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، تهتز رنانة فوق طرفه العلوي المفتوح، وعند إنقاص مستوى الماء في الأنبوب، سمع صوت شديد يبعد مستوى الماء فيه عن طرفه العلوي بمقدار $L_1 = 17\ cm$ ، وباستمرار إنقاص مستوى الماء سمع صوت شديد ثانٍ يبعد مستوى الماء فيه عن طرفه العلوي بمقدار $L_2 = 49\ cm$ ، فإذا علمت أن سرعة انتشار الصوت في شروط التجربة السابقة $v = 340\ m.s^{-1}$ ، احسب تواتر الرنانة المستخدمة.

الحل : المعطيات. ملاحظة: عمود الهواء المغلق نعامله معاملة مختلف الطرفين بالمزمار

عمود الهواء مفتوح الطرفين نعامله معاملة متشابه الطرفين.

$L_1 = 17\ cm$ (صوت شديد أول)

$L_2 = 49\ cm$ (صوت شديد ثانٍ)

$v = 340\ m.s^{-1}$ | عمود هواء مغلق

♥ مختلف الطرفين: $v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$

نحسب λ : $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

$$\left.\begin{aligned} n = 1 \Rightarrow (2n-1) = 1 \Rightarrow L_1 = 1\frac{\lambda}{4} \text{ صوت أول} \\ n = 2 \Rightarrow (2n-1) = 3 \Rightarrow L_2 = 3\frac{\lambda}{4} \text{ صوت أول} \end{aligned}\right\} \Delta L = (L_2 - L_1) = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta L = (L_2 - L_1) = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2 \times (49 - 17) = 2 \times 32 = 64\text{cm} \Rightarrow (\lambda = 64 \times 10^{-2} m)$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{64 \times 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{f = 531{,}25\ Hz}$$

المسألة 28 عامة: مزمار ذو فم نهايته مفتوحة طوله $L = 3m$ فيه هواء درجة حرارته $0°C$ حيث سرعة انتشار الصوت فيه $v = 330 m.s^{-1}$ وتواتر الصوت الصادر $f = 110\ Hz$، **المطلوب:**

1. احسب البعد بين بطنين متتاليين، ثم استنتج رتبة الصوت .
2. نسخن المزمار إلى الدرجة $t = 819°C$ ، استنتج طول الموجة المتكونة ليصدر المزمار الصوت السابق نفسه.
3. احسب طول مزمار آخر ذي فم، نهايته مغلقة يحوي الهواء في الدرجة $0°C$ ، تواتر مدروجه الثالث يساوي تواتر الصوت الصادر عن المزمار السابق (في الدرجة $0°C$).

المعطيات: متشابه الطرفين $L = 3m$, $v = 330\ m.s^{-1}$ $f = 110\ Hz\ , t = 0°C$

الحل :

-1 البعد بين بطنين متتاليين $= \frac{\lambda}{2}$

نحسب طول الموجة اولاً : $\Longrightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{330}{110} = 3m$

البعد بين بطنين $= \frac{3}{2} = 1.5$ m

♥ رتبة الصوت n

طريقة أولى : $L = n\frac{\lambda}{2} \Longrightarrow 3 = \frac{n\times 3}{2} \Longrightarrow \boxed{n = 2}$

طريقة ثانية : $f = \frac{nv}{2L} \Longrightarrow 110 = \frac{n\times 330}{2\times 3} \Longrightarrow 1 = \frac{n}{2} \Longrightarrow \boxed{n = 2}$

-2 $v_2 = ?$ و $t_2 = 819°C$ تناسب طردي : $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Longrightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{t_2+273}{t_1+273}}$

$$v_2 = \sqrt{\frac{819+273}{0+273}} \times 330 = \sqrt{\frac{1092}{273}} \times 330 = 2 \times 330 = 660\ \mathrm{m.s^{-1}}$$

نحسب طول الموجة : $\lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{660}{110} \Longrightarrow \boxed{\lambda_2 = 6m}$

-3 $L' = ?$

$$f = (2n-1)\frac{v}{4L'} \Longrightarrow L' = \underbrace{(2n-1)}_{\substack{(2n-1).3 \\ \text{مدروجه الثالث}}}\frac{v}{4f}$$

♥ (نفس التواتر) متشابه$f =$ مختلفf عند الحرارة $0°C$, $v = 330\ m.s^{-1}$

$$L' = \frac{3\times 330}{4\times 110} \Longrightarrow \boxed{L' = \frac{9}{4}m}$$

المسألة 29 عامة: خيط مرن أفقي طوله $L = 1m$ وكتلته $m = 10g$، نربط أحد طرفيه برنانة كهربائية شعبتاها أفقيتان تواترها $f = 50Hz$، ونشد الخيط على محز بكرة بثقل مناسب لتكون نهايته مقيدة، فإذا علمت أن طول الموجة المتكونة $40cm$، **المطلوب:**

1. ما عدد المغازل المتكونة على طول الخيط؟
2. احسب السعة بنقطة تبعد $20cm$ ثم بنقطة تبعد 30 cm عن النهاية المقيدة للخيط إذا كانت سعة اهتزاز المنبع $Y_{max} = 1$ cm. .
3. احسب الكتلة الخطية للخيط، واحسب قوة شد هذا الخيط، وسرعة انتشار الاهتزاز فيه.
4. احسب قوة شد الخيط التي تجعله يهتز بمغزلين، وحدد أبعاد العقد والبطون عن النهاية المقيدة في هذه الحالة.
5. نجعل طول الوتر نصف ما كان عليه. هل تتغير كتلته الخطية باعتبار أنه متجانس.

المعطيات: $\lambda = 40 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-1}m$ $f = 50Hz$ $m = 10 \times 10^{-3} = 10^{-2}kg$ $L = 1m$

الحل :

-1 $L = n\frac{\lambda}{2} \Longrightarrow n = \frac{2L}{\lambda} = \frac{2\times 1}{4\times 10^{-1}} \Longrightarrow \boxed{n = 5\text{مغازل}}$

-2 $X_2 = 30 \times 10^{-2}m$ $Y_{max/n} = ?$ $X_1 = 20 \times 10^{-2}$ علماً أن سعة اهتزاز المنبع : $Y_{max} = 1 \times 10^{-2}m$

قانون سعة نقطة (n) : $Y_{max/n} = 2Y_{max}\left|\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\right|$

♥ إذا هي عقدة $\Rightarrow \boxed{Y_{max/n_1} = 0} \Leftarrow \underbrace{\left|\sin\frac{2\pi\times 20\times10^{-2}}{40\times10^{-2}}\right|}_{\sin\pi=0} X_1 = 20\times10^{-2}m \Rightarrow Y_{max/n_1} = 2\times10^{-2}$

♥ إذاً هي بطن $\Rightarrow \boxed{Y_{max/n_2} = 2\times10^{-2}m} \Leftarrow \underbrace{\left|\sin\frac{2\pi\times 30\times10^{-2}}{40\times10^{-2}}\right|}_{\left|\sin\frac{3\pi}{2}\right|=1} X_2 = 30\times10^{-2}m \Rightarrow Y_{max/n_2} = 2\times10^{-2}$

-3 (الكتلة الخطية) $\Rightarrow \mu = \frac{m}{L} = \frac{10^{-2}}{1} \Rightarrow \boxed{\mu = 10^{-2}\ kg.m^{-1}}$

قوة الشد $\begin{cases} f = \frac{nv}{2L} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \end{cases} \Rightarrow f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ نربع و نعوض $\Rightarrow f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu}$

$$2500 = \frac{25}{4}\times\frac{F_T}{10^{-2}} \Rightarrow \frac{F_T}{4} = 1 \Rightarrow \boxed{F_T = 4N}$$

سرعة انتشار الاهتزاز $\Rightarrow v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{4}{10^{-2}}} = \sqrt{400} \Rightarrow \boxed{v = 20\ m.s^{-1}}$

-4 حساب قوة الشدة من أجل مغزلين : $n = 2$ بنفس طريقة الطلب الثالث :

قوة الشد $\begin{cases} f = \frac{nv}{2L} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \end{cases} \Rightarrow f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ نربع و نعوض $\Rightarrow f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu} \Rightarrow 2500 = \frac{4}{4\times1}\times\frac{F_T}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{F_T = 25\ N}$

ملاحظة هامة : عندما نغير عدد المغازل نحسب طول موجة جديدة $\lambda = \frac{2L}{n} = \frac{2\times1}{2} = 1\ m$

مغزلين (ثلاث عقد وبطنين)

♥ أبعاد العقد $X = n.\frac{\lambda}{2}$

أول عقدة $n = 0 \Rightarrow \boxed{X_1 = 0}$

ثاني عقدة $n = 1 \Rightarrow \boxed{X_2 = \frac{1}{2}\ m}$

ثالث عقدة $n = 2 \Rightarrow \boxed{X_3 = 1m}$

♥ أبعاد البطون $X = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$

أول بطن $n = 0 \Rightarrow \boxed{X_1 = \frac{1}{4}m}$

ثاني بطن $n = 1 \Rightarrow \boxed{X_2 = \frac{3}{4}m}$

- هذا البطن مرفوض لأنه لا ينتمي للوتر $\Leftarrow X_3 = \frac{5}{4} = 1.25\ m \Leftarrow n = 2$ ثالث بطن

-5 (قد يأتي كسؤال اختيار متعدد/فسر) عند قسم الوتر إلى قسمين متساويين فإن طوله وكتلته تصبح نصف ماكانت عليها :

$$L' = \frac{L}{2} \Rightarrow m' = \frac{m}{2}$$

$$\mu' = \frac{m'}{L'} = \frac{\frac{m}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{m}{L} = \mu$$

لا تتغير الكتلة الخطية للوتر فهو متجانس $\mu' = \mu$

المسألة 30 عامة: وتر طوله $L = 1.5\ m$ ، وكتلته $m = 15g$ نجعله يهتز بالتجاوب بواسطة هزازة تواترها $f = 100\ Hz$ يتشكل فيه ثلاثة مغازل، **المطلوب:**

1. احسب طول موجة الاهتزاز.
2. احسب الكتلة الخطية للوتر.
3. احسب سرعة انتشار الاهتزاز في الوتر.
4. احسب مقدار قوة الشد المطبقة على الوتر.
5. احسب بعد أماكن عقد وبطون الاهتزاز عن نهايته المقيدة.

المعطيات: $L = 1,5 = 15 \times 10^{-1} m$ $m = 15 \times 10^{-3}\ kg$ $f = 100 Hz$ $n = 3$ مغازل

الحل :

-1 $L = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{n} = \frac{2\times1.5}{3} \Rightarrow \boxed{\lambda = 1m}$

-2 $\mu = \frac{m}{L} = \frac{15\times10^{-3}}{15\times10^{-1}} \Rightarrow \boxed{\mu = 10^{-2}\ kg.m^{-1}}$

-3 $v = \lambda f = 1 \times 100 = 100 m.s^{-1}$

-4 $\begin{cases} f = \frac{nv}{2L} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \end{cases}$ قوة الشد $\Rightarrow f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ نربع و نعوض $\Rightarrow f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu}$

$\Rightarrow 10000 = \frac{9}{4\times225\times10^{-2}} \times \frac{F_T}{10^{-2}} \Rightarrow 10000 = \frac{F_T}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{F_T = 100N}$

-5 ثلاثة مغازل (اربع عقد وثلاثة بطون)

❖ أبعاد العقد $X = n\frac{\lambda}{2}$

أول عقدة $n = 0 \Rightarrow \boxed{x_1 = 0}$

ثاني عقدة $n = 1 \Rightarrow \boxed{x_2 = \frac{1}{2}m}$

ثالث عقدة $n = 2 \Rightarrow \boxed{X_3 = 1m}$

رابع عقدة $n = 3 \Rightarrow \boxed{X_4 = 1.5\ m}$

♥ أبعاد البطون $X = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$

أول بطن $n = 0 \Rightarrow \boxed{X_! = \frac{1}{4}m}$

ثاني بطن $n = 1 \Rightarrow \boxed{X_2 = \frac{3}{4}m}$

ثالث بطن $n = 2 \Rightarrow \boxed{X_3 = \frac{5}{4}m}$

المسألة 31 عامة: مزمار ذو فم نهايته مفتوحة، طوله $L = 3.4\ m$ مملوء بالهواء يصدر صوتاً تواتره $f = 1000 Hz$ حيث سرعة انتشار الصوت في هواء المزمار $v = 340\ m.s^{-1}$ في درجة حرارة التجربة:

1. احسب عدد أطوال الموجة التي يحويها المزمار.
2. إذا تكونت داخله عقدة واحدة فقط في منتصف المزمار في الدرجة نفسها من الحرارة، فاحسب تواتر الصوت البسيط عندئذٍ.
3. إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $v = 331 m.s^{-1}$ في الدرجة $0°C$، فاحسب درجة حرارة التجربة.

المعطيات: متشابه الطرفين $v = 340 m.s^{-1}$ $f = 1000 Hz$ $L = 3.4m = 34 \times 10^{-1} m$

الحل :

-1 عدد أطوال الموجة $= \frac{L}{\lambda}$

نحسب طول الموجة λ : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1000} = 34 \times 10^{-2}\ m$

عدد أطوال الموجة $= \frac{34\times10^{-1}}{34\times10^{-2}} = 10$ (طول الموجة)

-2

$f = \frac{nv}{2L} = \frac{1\times340}{2\times34\times10^{-1}} \Rightarrow \boxed{f = 50 Hz}$

-3 $v_1 = 331\ m.s^{-1}$ $t_1 = 0°C$ $v_2 = 340$ $t_2 = ?$

$$\frac{v_2}{v_1}=\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}\Rightarrow\frac{v_2^2}{v_1^2}=\frac{T_2}{T_1}$$
$$T_1(k)=t°C+273=0+273$$
$$T_2=\frac{v_2^2}{v_1^2}\times T_1\Rightarrow T_2=\frac{(340)^2}{(331)^2}=228(k)$$
$$t_2(°C)=T_2(k)-273$$
$$t_2=288-273\Rightarrow\boxed{t_2=15°C}$$

المسألة 32 عامة: يصدر مزمار ذو فم نهايته مفتوحة صوتاً بإمرار هواء بدرجة $t=15°C$، فيتكون داخله عقدتان للاهتزاز البعد بينهما $50\ cm$ ، **المطلوب:**

1. طول موجة الصوت البسيط الصادر عن المزمار.
2. طول المزمار.
3. تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار.
4. طول مزماراً آخر ذي فم نهايته مغلقة في الدرجة $t=15°C$ صوتاً أساسياً موافقاً للصوت الصادر عن المزمار السابق.

- سرعة انتشار الصوت في الهواء بالدرجة $t=0°C$، تساوي $v=331\ m.s^{-1}$

الحل :

-1 البعد بين عقدتين متتاليتين $\Rightarrow\frac{\lambda}{2}=50\Rightarrow\lambda=100cm=100\times10^{-2}\Rightarrow\boxed{\lambda=1m}$

-2 $L=n\frac{\lambda}{2}=2\times\frac{1}{2}\Rightarrow\boxed{L=1m}$

-3 $v=\lambda f\Rightarrow f=\frac{v}{\lambda}$

لدينا $\lambda=1m$ نحسب السرعة $v_2=?$ علماً $t_2=15$ $v_1=331\ m.s^{-1}$ $t_1=0°C$

$$\frac{v_2}{v_1}=\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}\Rightarrow v_2=\sqrt{\frac{T_2}{T_1}}.v_1\Rightarrow v_2=\sqrt{\frac{15+273}{0+273}}\times331=340m.s^{-1}$$
$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{340}{1}\Rightarrow\boxed{f=340\ Hz}$$

-4 $L'=?$ $(2n-1)=1$ أساسي $t_2=15°C\Rightarrow v=340\ m.s^{-1}$

مساوياً لتواتر الصوت الصادر عن المزمار السابق $f=340\ Hz$

$$f=(2n-1)\frac{v}{4L'}\Rightarrow L'=(2n-1)\frac{v}{4f}\Rightarrow L'=1\times\frac{340}{4\times340}\Rightarrow\boxed{L'=\frac{1}{4}m}$$

المسألة 33 عامة:

1. لدينا مزمار متشابه الطرفين طوله $L=3.32\ m$ يصدر صوتاً تواتره $f=1024\ Hz$ ، هو يحوي هواء بدرجة $t=15°C$ ينتشر فيه الصوت بسرعة $v=340\ m.s^{-1}$. احسب عدد أطوال الموجة التي يحويها المزمار.
2. نريد أن يحوي المزمار نصف عدد أطوال الموجة السابقة وهو يصدر الصوت السابق نفسه بتغيير درجة حرارة هوائه فقط لتصبح t' . احسب قيمة t'.
3. إذا تكون في طرفي المزمار بطنان للاهتزاز وعقدة واحدة فقط في منتصفه بدرجة الحرارة $t=15°C$، بتغيير قوة النفخ عند منبعه الصوتي. احسب تواتر الصوت الصادر عنه حينئذٍ.

المعطيات: متشابه الطرفين $v=340\ m.s^{-1}$ $t=15°C$ $f=1024\ Hz$ $L=332\times10^{-2}\ m$

الحل :

-1 $\frac{L}{\lambda}=$ عدد أطوال الموجة

نحسب طول الموجة λ : $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{340}{1024}=0.332=332\times10^{-3}\ m$

عدد أطوال الموجة $=\frac{332\times10^{-2}}{332\times10^{-3}}=10$ (طول موجة)

-2 الصوت السابق نفسه (نفس التواتر) $f' = f$

$$\frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}} = \sqrt{\frac{t'+273}{t+273}} \qquad t = 15°\text{C} \quad v = 340 m.s^{-1}$$

نحسب λ' ثم v' : $\quad 66.4 \times 10^{-3}\, m = \frac{664\times10^{-2}}{10} = \frac{332\times10^{-2}}{5} = \frac{L}{5} = \lambda' \Leftarrow \frac{L}{\lambda'} = 5 =$ عدد أطوال الموجة الجديدة

نحسب v' : $\quad v' = \lambda'.f' = 664 \times 10^{-3} \times 1024 = 679\, m.s^{-1}$

$$\frac{679}{340} = \sqrt{\frac{t'+273}{15+273}}$$ نربع الطرفين ثم نعزل t' $\Rightarrow \boxed{t' = 879°\text{C}}$

-3 $\quad v = \lambda.f \Rightarrow f_{\text{جديدة}} = \frac{v}{\lambda} \qquad n = 1$

نحسب طول الموجة الجديد λ'' : $\quad L = n\frac{\lambda''}{2} \Rightarrow \lambda'' = \frac{2L}{n} = \frac{2\times332\times10^{-2}}{1} = 664 \times 10^{-2}$

$$f = \frac{340}{664\times10^{-2}} \Rightarrow \boxed{f = 51.2\ Hz}$$

المسألة 34 عامة: استعمل عمود هوائي مغلق لقياس سرعة انتشار الصوت بوساطة رنانة تواترها $f = 392\ Hz$، فسمع أول صوت شديد عندما كان طول عمود الهواء مساوياً $L_1 = 21\ cm$، وسمع الصوت الشديد الثاني عندما كان طول عمود الهواء مساوياً $L_2 = 65.3\ cm$. احسب سرعة انتشار الصوت في هذه الحالة. هل درجة الحرارة في العمو د الهوائي أكبر أم أصغر من درجة حرارة الغرفة؟ (والتي تساوي $t = 20°C$)

المعطيات: عمود هوائي مغلق = مختلف الطرفين $\quad f = 392\ Hz$

$n = 2$ ثاني صوت شديد $L_2 = 65.3\ cm$, $n = 1$ أول صوت شديد $L_1 = 21\ cm$

الحل:

نحسب طول الموجة λ من قانون طول العمود المغلق : $\quad L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

$$\left.\begin{aligned} n = 1 \Rightarrow L_1 = \frac{\lambda}{4} \\ n = 2 \Rightarrow L_2 = \frac{3\lambda}{4} \end{aligned}\right\} L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2(L_2 - L_1)$$

$$\lambda = 2(65.3 - 21) = 2(44.3) = 88.6\ \text{m}$$

$$v = \lambda.f = 88.6 \times 392 \Rightarrow \boxed{v = 347.3\ m.s^{-1}}$$

للحفظ
$$\begin{cases} t = 15°\text{C} \Rightarrow v = 340\ m.s^{-1} \\ t = 20°\text{C} \Rightarrow v = 343 m.s^{-1} \\ t = 0°\text{C} \Rightarrow v = 331\ m.s^{-1} \end{cases}$$

إن درجة الحرارة في العمود الهوائي أكبر من درجة حرارة الغرفة.

المسألة 35 عامة : مزمار ذو فم نهايته مغلقة يحوي غاز الأكسجين سرعة انتشار الصوت فيه $v = 324\ m.s^{-1}$ يصدر صوتاً أساسياً تواتره $f = 162Hz$ ، **المطلوب.**

1. احسب طول هذا المزمار.
2. نستبدل بغاز الأكسجين في المزمار غاز الهيدروجين في درجة الحرارة نفسها، احسب تواتر الصوت الأساسي الذي يصدره هذا المزمار في الحالة.

المعطيات. مختلف الطرفين $f = 162\ Hz$ صوت أساسي $(2n-1) = 1$ $v = 324\ m.s^{-1}$

الحل :

-1 مختلف الطرفين $\Rightarrow f = (2n-1)\frac{v}{4L} \Rightarrow L = (2n-1)\frac{v}{4f}$

$$L = 1 \times \frac{324}{4\times 162} \Rightarrow \boxed{L = \frac{1}{2}m}$$

-2 $H_2 \xrightarrow{\text{نستبدل}} O_2$ أوكسجين $\qquad v_1 = 324\ m.s^{-1} \xrightarrow{\text{عكسي}} v_2 = ?$

نحسب السرعة v_2 في غاز الهيدروجين : $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{D_{O_2}}{D_{H2}}} = \sqrt{\frac{\frac{M_{O_2}}{29}}{\frac{M_{H_2}}{29}}} \Rightarrow v_2 \sqrt{\frac{\frac{32}{29}}{\frac{2}{29}}} \times 324$

$$v_2 = 4 \times 324 = 1296\ m.s^{-1}$$

تواتر الصوت الأساسي : $f_2 = (2n-1)\ \frac{v_2}{4L}$

$$f_2 = 1 \times \frac{1296}{4\times\frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{f_2 = 648\ Hz}$$

يتضمن هذا القسم:

مقدمة

- مدخل إلى الكهرباء

الوحدة٤

- الكهرباء و المغناطيسية
  - الدرس الأول: المغناطيسية
  - الدرس الثاني: فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي
  - الدرس الثالث: التحريض الكهرطيسي
  - الدرس الرابع: الدارات المهتزة والتيارات عالية التواتر
  - الدرس الخامس: التيار المتناوب الجيبي
  - الدرس السادس: المحولات

مقدمة: مدخل إلى الكهرباء

- يوجد نوعين من الشحنات الكهربائية q :

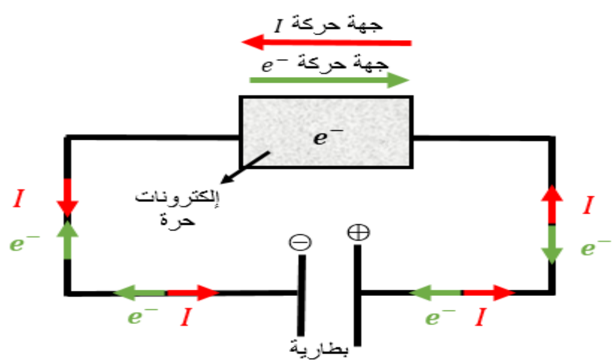
1. شحنات كهربائية سالبة (إلكترونات سالب e^-).
2. شحنات كهربائية موجبة (بروتونات P^+).

- قانون كمية الكهرباء التي تعبر ناقل كهربائي (سلك):

$$\underbrace{q}_{\text{الشحنة الكهربائية(كولوم)}} = \underbrace{n}_{\text{عدد الإلكترونات}} \cdot \underbrace{e^-}_{\text{القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون}}$$

حركة e^- $\ominus \rightarrow \oplus$

جهة I $\oplus \rightarrow \ominus$



قطب موجب	قطب سالب
كمون موجب	كمون سالب
كمون مرتفع	كمون منخفض

فرق كمون U(مولد كهربائي متواصل – بطارية)

- فرق الكمون يعمل على تحريك وتسريع الإلكترونات السالبة الحرة نحو القطب الموجب فينشأ تيار كهربائي I متواصل جهته الاصطلاحية هي عكس جهة حركة الإلكترونات.

- **وفق قانون أوم:**

$$\underbrace{U}_{\text{فرق الكمون فولت } V} = \underbrace{R}_{\text{مقاومة كهربائية أوم } \Omega} \cdot \underbrace{I}_{\text{تيار كهربائي أمبير } A}$$

نلاحظ من قانون أوم : $I \nwarrow = \frac{U \nearrow}{R \searrow}$

❖ تتناسب شدة التيار الكهربائي **طرداً** مع فرق الكمون المطبق

- أي **لزيادة** شدة التيار الكهربائي I يجب **زيادة** فرق الكمون المطبق U بين طرفي الدارة

❖ تتناسب شدة التيار الكهربائي **عكساً** مع المقاومة الكهربائية للدارة. I و R هو تناسب عكسي.

- أي **لزيادة** شدة التيار الكهربائي I يجب **إنقاص** المقاومة الكهربائية للدارة R.<u>وفق مايلي:</u>

1- زيادة مساحة مقطع السلك S.
2- إنقاص طول السلك l.
3- إنقاص المقاومة النوعية لمادة السلك ρ (رو).

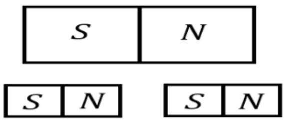
قانون المقاومة الكهربائي لناقل طوله l ومساحة مقطعه S $\boxed{R = \frac{\rho . l}{S}}$

لو استخدمنا سلك من الحديد طويل ورفيع فإن مقاومته كبيرة جداً وعند إمرار تيار كهربائي متواصل فيه فإن درجة حرارة السلك ستكون عالية جداً لأن المقاومة الكهربائية تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية وهذا ما يسمى **(فعل جول الحراري)** وتستخدم هذه الخاصية في أجهزة التسخين (سخان الماء – المكواة ...)

الدرس الأول المغناطيسية

المغناطيس: **هو كل جسم قادر على جذب الأجسام الحديدية.**

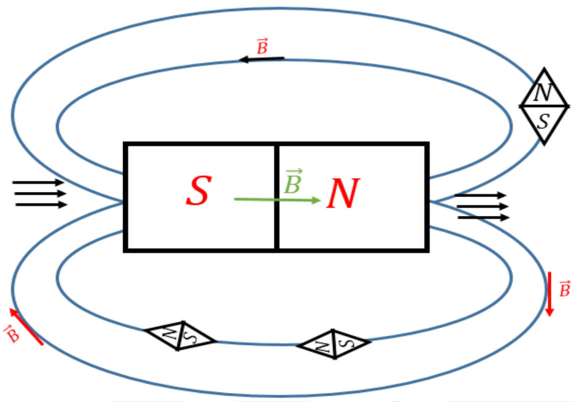
- لكل مغناطيس قطبان: قطب شمالي N و قطب جنوبي S.
  - القطبان **المتشابهان يتنافران** $\overleftarrow{N}\overrightarrow{N}$ $\overleftarrow{S}\overrightarrow{S}$
  - القطبان **المختلفان يتجاذبان** $\overrightarrow{S}\overleftarrow{N}$ $\overrightarrow{N}\overleftarrow{S}$
  - لا يمكن فصل قطبي المغناطيس عن بعضهما لأنه سنحصل على مغانط جديدة.



➢ خطوط الحقل المغناطيسي: رمزه B وواحدته (تسلا T)

- **خارج المغناطيس:** من القطب الشمالي N وتدخل إلى القطب الجنوبي S.
- **داخل المغناطيس :** من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي $\overrightarrow{SN}$

- المغناطيس المستقيم:
  - **المجال المغناطيسي للمغناطيس:** هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس والتي تظهر فيها آثار قوة مغناطيسية (جذب).
  - **شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$:** هو مماس لمنحنيات الحقل المغناطيسي في كل نقطة منها.

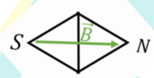


تزداد شدة الحقل المغناطيسي كلما اقتربنا من المغناطيس وتكون عظمى عند قطبي المغناطيس N و S .

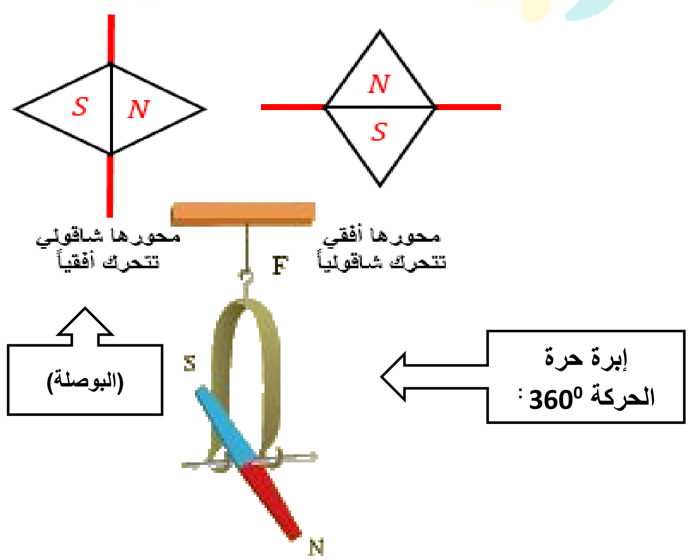
- الإبرة المغناطيسية:

- هي عبارة عن مغناطيس صغير لها قطبان شمالي N و جنوبي S وتتأثر بالحقل المغناطيسي المحيط بها

- يكون الحقل المغناطيسي منطبق على محور الإبرة ويتجه بداخلها من $S \to N$



- يوجد ثلاثة أنواع للإبر المغناطيسية :

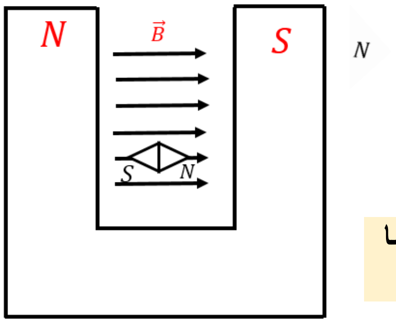


➢ المغناطيس النضوي:

نحصل بين قطبي مغناطيس نضوي: على **حقل مغناطيسي منتظم** لأن أشعة الحقل مستقيمات متسايرة ولها الشدة نفسها .

سؤال نظري كيف يمكن تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في نقطة من الحقل ؟

يمكن تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي لمغناطيس بواسطة إبرة مغناطيسية موضوعة في النقطة المراد تعيين شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ فيها وفق محورها بعد استقرارها.



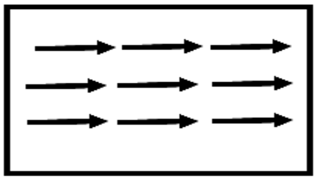
- ❖ **الحامل :** المستقيم الواصل بين قطبي الإبرة المغناطيسية.
- ❖ **الجهة :** من القطب الجنوبي للإبرة إلى قطبها الشمالي.
- ❖ **الشدة:** تزداد بازدياد سرعة اهتزاز الإبرة المغناطيسية في تلك النقطة، وتقدّر في الجملة الدولية بواحدة التسلا T

سؤال نظري في تعليل المغناطيسية لا تولد الأجسام المشحونة الساكنة أي حقل مغناطيسي. بينما تولد الأجسام المشحونة المتحركة حقل مغناطيسي.

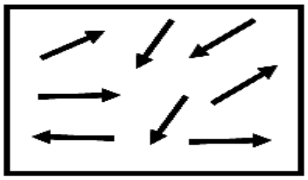
لأن الأجسام المشحونة الساكنة لا تولد تيار كهربائي فلا تولد حقلاً مغناطيسياً
الأجسام المشحونة المتحركة تولد تياراً كهربائياً وبالتالي تولد حقل مغناطيسي

- إذا انفرد أحد الكترونات الذرة بدورانه حول النواة اكسبها صفة مغناطيسية جاعلاً من الذرة مغناطيساً صغيراً ثنائي القطب.
- إذا انفرد الالكترون بدورانه حول نفسه أكسب الذرة صفة مغناطيسية.
- حركة بعض الشحنات داخل النواة تولّد خصيصة مغناطيسية صغيرة

❖ تجربة الحقل المغناطيسي بوجود الحديد



قطعة حديد ممغنطة (جزيئاتها مرتبة)



قطعة حديد غير ممغنطة (جزيئاتها غير مرتبة)

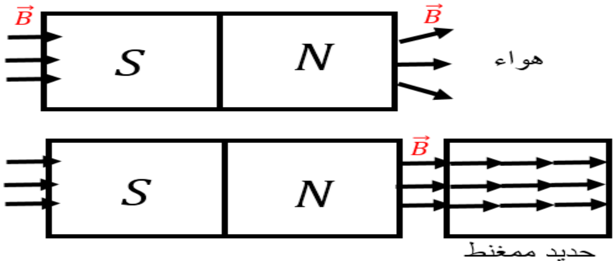
فسر تمغنط قطعة الحديد عند وضعها في مجال مغناطيسي خارجي

قطعة الحديد تتكون من ثنائيات أقطاب مغناطيسية متوازية عشوائياً في غياب المجال المغناطيسي الخارجي بحيث تكون محصلة هذه الخصائص المغناطيسية معدومة، ولكن إذا وجدت قطعة الحديد في مجال مغناطيسي خارجي تتوجه ثنائيات الأقطاب المغناطيسية داخل القطعة باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي، أي تكون أقطابها الشمالية باتجاه المجال المغناطيسي الخارجي وتصبح محصلتها غير معدومة لذا تصبح قطعة الحديد ممغنطة.

سؤال نظري نضع نواة حديد غير ممغنطة في مجال مغناطيسي **ماذا نلاحظ :**

نلاحظ من التجربة السابقة :

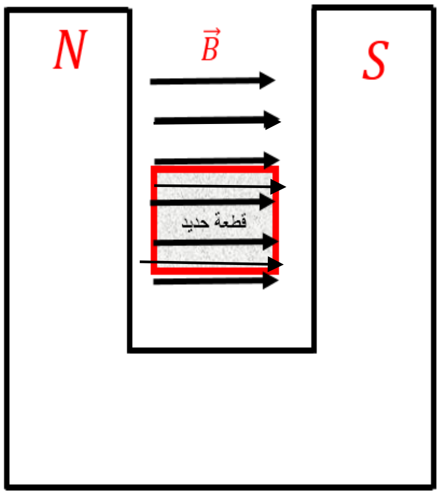
- عند وضع نواة حديدية غير ممغنطة في مجال مغناطيسي فإن خطوط الحقل المغناطيسي تتكاثف ضمن النواة الحديدية وتصبح نواة الحديد ممغنطة
- الحديد أشد إنفاذاً لخطوط الحقل المغناطيسي من الهواء ..



سؤال نظري: في تجربة نضع (نواة حديدية) قطعة من الحديد بين قطبي مغناطيس نضوي ، المطلوب :

1. **علل تقارب خطوط الحقل المغناطيسي داخل قطعة الحديد**
2. **ماذا يستفاد من وضع قطعة الحديد بين قطبي المغناطيس**
3. **أكتب علاقة عامل الانفاذ المغناطيسي**
4. **بينّ بمَ يتعلق عامل الإنفاذ**

الحل:



1. تتمغنط نواة الحديد ويتولد منها حقلاً مغناطيسياً $\vec{B}$ إضافياً يُضاف إلى الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنِط $\vec{B}$ فيشكل حقلاً مغناطيسياً كلياً $\vec{B_t}$
2. يُستفاد عند وضعها في زيادة شدة الحقل المغناطيسي.
3. علاقة عامل الإنفاذ : $\boxed{\mu = \frac{B_t}{B}}$

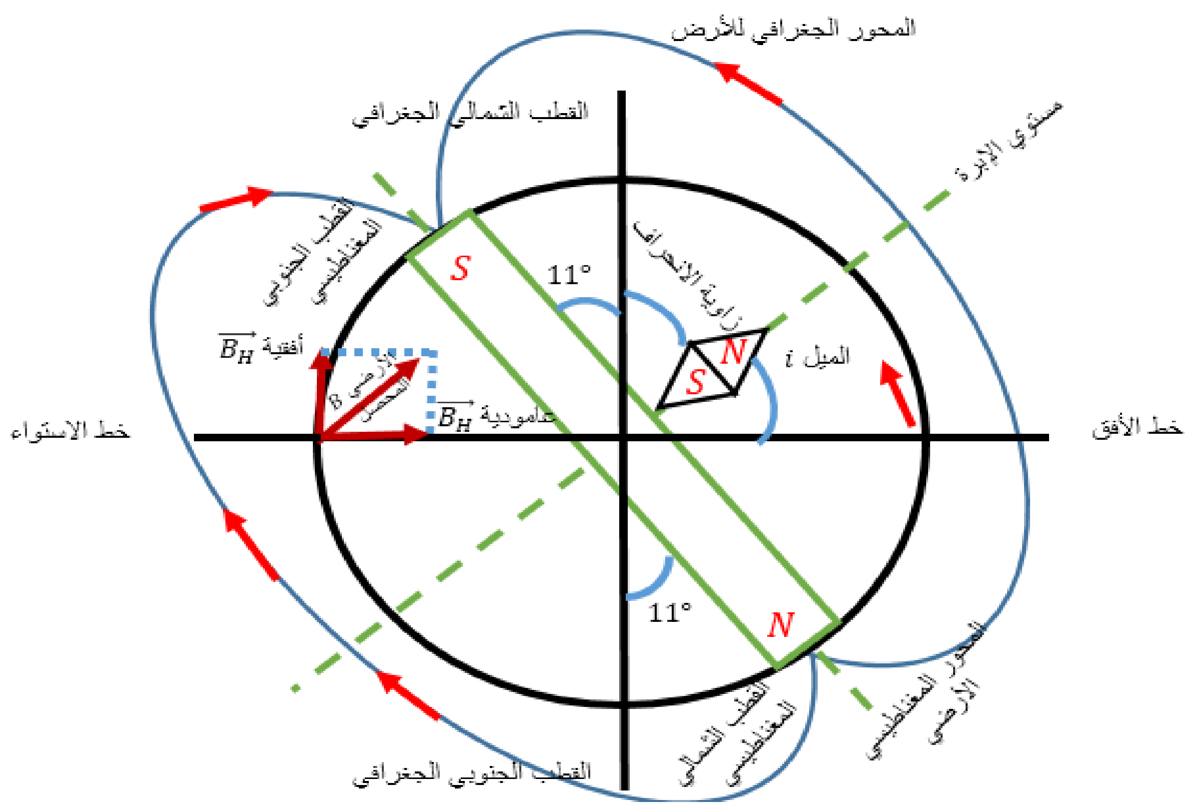
دلالات الرموز

- μ :عامل النفاذية المغناطيسي، لا واحدة قياس له.
- B_t : شدة الحقل المغناطيسي الكلي، تقدّر بالتسلا
- B : شدة الحقل المغناطيسي الممغنِط، تقدّر بالتسلا

4. **يتعلق عامل النفاذية المغناطيسي بعاملين :**
   - طبيعة المادة من حيث قابليتها للمغنطة.
   - شدة الحقل المغناطيسي الممغنِط $\vec{B}$

محصلتها غير معدومة لذا تصبح قطعة الحديد ممغنطة.

الحقل المغناطيسي الأرضي



سؤال نظري: **اشرح منشأ الحقل المغناطيسي الأرضي**

- يوجد داخل الأرض نواة حديد صلبة ويبعد حولها سائل حديد منصهر درجة حرارته عالية جداً، ونتيجة دوران الأرض حول نفسها ودوران هذا السائل وحركة الشحنات الكهربائية فيه ، نتج تيارات كهربائية أدت لتشكل حقل مغناطيسي أرضي لذلك تسلك الأرض سلوك مغناطيس كبير منتصفه في مركز الأرض ويميل محوره $11°$ عن محور دوران الأرض
- يقع القطب المغناطيسي الجنوبي S للأرض بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي الأرضي وعلى بعد (1920 كيلومتر- $11°$)
- يقع القطب المغناطيسي الشمالي N للأرض بالقرب من القطب الجنوبي الجغرافي للأرض وعلى بعد (1920 كيلومتر- $11°$)

▪ **كيف يتم تحديد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي في نقطة منه؟**

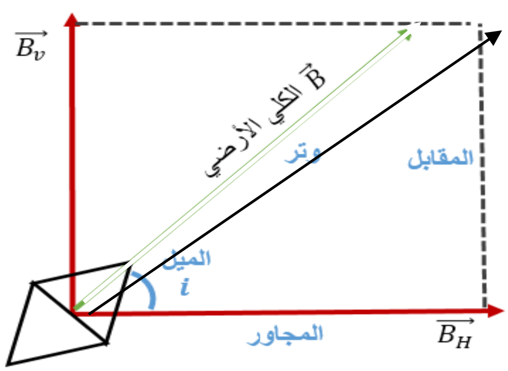
يمكن تحديد منحى وجهة شعاع الحقل المغناطيسي الأرضي بواسطة معرفة زاويتي الميل والانحراف .

- **زاوية الميل i:** هي الزاوية بين مستوي إبرة (محورها أفقي) وخط الأفق وتكون بين $0°$ و $90°$
  زاوية الميل عند القطب الشمالي الجغرافي $i = 90°$ زاوية الميل عند خط الاستواء $i = 0$.
- **زاوية الانحراف:** تعيّن بواسطة إبرة محورها شاقولي وهي الزاوية المحصورة بين مستوي الزوال المغناطيسي ومستوي الزوال الجغرافي وتكون بين $0°$ و $180°$ وتستخدم لتصحيح المسار.

- **مستوي الزوال مغناطيسي :** هو المستوي الذي يحوي النقطة المعتبرة (n) والمحور المغناطيسي الأرضي
- **مستوي الزوال الجغرافي :** هو المستوي الشاقولي الذي يحوي النقطة المعتبرة (n) والمحور الجغرافي الأرضي
- **خط الزوال المغناطيسي :** هو الخط الأفقي الذي تستقر عنده إبرة مغناطيسية محوردورانها شاقولي بعيدة عن أي تأثير مغناطيسي
- **منطقة الزوال المغناطيسي :** هي المنطقة الخالية من أي تأثير مغناطيسي إلا الحقل المغناطيسي الأرضي .

علل: إبرة البوصلة تشير دوماً إلى الشمال الجغرافي؟	علل: إبرة البوصلة تأخذ منحنى المركبة الأفقية فقط؟
لأن القطب الشمالي N للإبرة ينجذب إلى القطب الجنوبي المغناطيسي للأرض S و الذي يقع بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي للأرض لذلك إبرة البوصلة تشير دوماً إلى الشمال الجغرافي	**لأن محورها الشاقولي يمنعها عن الميل. بينما الإبرة الحرة الحركة تأخذ منحى الحقل المغناطيسي الأرضي الكلي $\overrightarrow{B_E}$**

شدة الحقل المغناطيسي الأرضي B_E تتحلل لمركبتان:



1. **المركبة الأفقية $\overrightarrow{B_H}$.** $\cos i = \frac{B_H}{B_E} \Longrightarrow \underbrace{\boxed{B_H = B_E . cosi}}_{\text{المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي}}$ ($\frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$)

2. **المركبة الشاقولية $\overrightarrow{B_v}$.** $\sin i = \frac{B_v}{B_E} \Longrightarrow \underbrace{\boxed{B_v = B_E . sini}}_{\text{المركبة الشاقولية للحقل المغناطيسي الأرضي}}$ ($\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$)

الحقول المغناطيسية الناتجة عن التيارات الكهربائية

قاعدة أورستد : التيارات الكهربائية منابع للحقول المغناطيسية

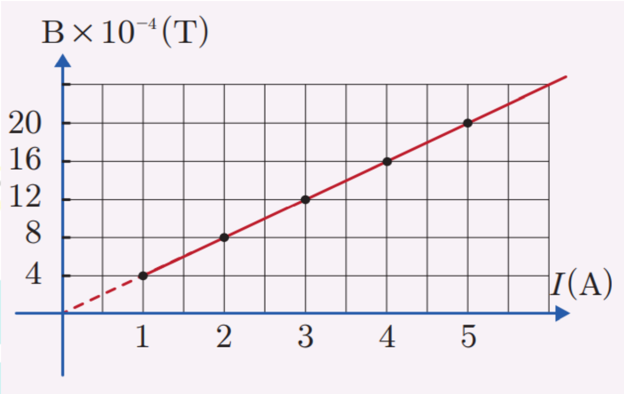
سؤال نظري:

في تجربة نضع إبرة مغناطيسية محورها شاقولي فوق سلك نحاسي مستقيم فتبدأ الإبرة بالاهتزاز عند مرور تيار كهربائي متواصل في السلك دليل نشوء حقل مغناطيسي ،
نكرر التجربة عدة مرات من أجل شدات مختلفة ونسجل في كل مرة شدة التيار الكهربائي وشدة الحقل المغناطيسي الموافقة له عبر الجدول:

$I\ (A)$	1	2	3	4	5
$B\ (T)$	4×10^{-4}	8×10^{-4}	12×10^{-4}	16×10^{-4}	20×10^{-4}

1- ارسم الخط البياني لتغيرات B بدلالة I . ماذا أستنتج؟
2- استنتج من الرسم ثابت ميل المستقيم وبيّن بماذا يتعلق هذا الثابت ؟

الحل:



1- نستنتج أن شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي تتناسب طرداً مع شدة التيار الكهربائي

2-

❖ K **ثابت يمثل ميل المستقيم .** $k=\frac{B}{I}\Rightarrow \mathbf{B}=k.I$

حيث K **يتعلق بعاملين:**

- μ_0 عامل النفوذية المغناطيسية عبر الخلاء $\quad \mu_0=4\pi\times10^{-7}(T.m.A^{-1})$
- k': الطبيعة الهندسية للدارة: (شكل الدارة، بعد النقطة المدروسة عن السلك)

$$\Rightarrow \mathrm{k}=\mu_0.k'$$

❖ نعوض في علاقة B نجد: $\quad B=\mu_0.k'.I$

$$\boxed{\Rightarrow \mathbf{B}=4\pi\times10^{-7}k'.I}$$

ملاحظة هامة:
(وصل) إغلاق ((دارة أو قاطعة)) في تيار.
(قطع) فتح ((دارة أو قاطعة)) ما في تيار.

ملاحظة: أي لإيجاد شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي I في دارة طبيعتها الهندسية k' حسب الجدول

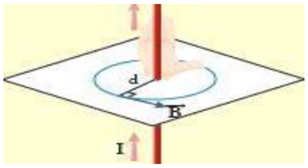
الدارة	سلك مستقيم	ملف دائري	وشيعة
الطبيعة الهندسية	$k'=\frac{1}{2\pi d}$	$k'=\frac{N}{2r}$	$k'=\frac{N}{l}$

نعوض في هذه العلاقة : $\boxed{\Rightarrow \mathbf{B}=4\pi\times10^{-7}k'.I}$

سؤال نظري: عند إمرار تيار متواصل في سلك مستقيم ينشأ حقل مغناطيسي حول محور هذا السلك (تيار مستقيم) والمطلوب

1. **حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي في نقطة n تبعد مسافة d عن محور سلك مستقيم يمر فيه تيار متواصل موضحاً بالرسم**
2. **اقترح طرق لزيادة شدة الحقل المغناطيسي الناشئ**

الحل:



1. عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار مستقيم :
- ❖ **نقطة التأثير** : النقطة المعتبرة n .
- ❖ **الحامل:** عمودي على المستوي المعين بالسلك والنقطة المعتبرة.
- ❖ **الجهة:** **تُحدد عملياً** من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخل إبرة مغناطيسية صغيرة وفق محورها $\overrightarrow{SN}$. بعد استقرارها .

تحدد نظرياً حسب قاعدة اليد اليمنى:
- نضع الساعد يوازي السلك.
- يدخل التيار من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع.
- نوجه باطن الكف نحو النقطة المعتبرة
- يشير إبهام اليد اليمنى إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

- ❖ **الشدة** $\boxed{B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}}$

استنتاج شدة الحقل المغناطيسي :

$$B = 4\pi \times 10^{-7} k' I$$

ولكن : $k' = \frac{1}{2\pi d} \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7}\left(\frac{1}{2\pi d}\right) I$

$$\Rightarrow \boxed{B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}}$$

دلالات الرموز :
- B : شدة الحقل المغناطيسي تقدر بالتسلا (T) . I : شدة التيارتقدر بالأمبير (A) .
- d : البعد العمودي للنقطة المعتبرة عن محور السلك تقدر بالمتر (m) .

2. لزيادة شدة الحقل المغناطيسي (نزيد من شدة التيار المار لأن B تتناسب طرداً مع I) أو (ننقص d لأن B تتناسب عكساً مع d)

تطبيق محلول 1:

نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10\ A$ في سلك طويل مستقيم موضوع أفقياً في مستوي الزوال المغناطيسي الأرضي المار من مركز إبرة مغناطيسية صغيرة يمكنها أن تدور حول محور شاقولي موضوعة تحت السلك على بُعد $50\ cm$ من محوره. المطلوب حساب:
1. **شدة الحقل المغناطيسي عند مركز الإبرة المغناطيسية الناتج عن مرور التيار.**
2. **قيمة زاوية انحراف الإبرة المغناطيسية باعتبار أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $2 \times 10^{-5}\ T$.**

الحل:

المعطيات : $d = 50 \times 10^{-2} m = 5 \times 10^{-1} m$, $I = 10A$, $B_H = 2 \times 10^{-7} T$

شعاع خارج من المستوي $\odot$
شعاع داخل إلى المستوي $\otimes$

1. الحقل المغناطيسي الناتج عن التيار المار في السلك : $B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{10}{5 \times 10^{-1}}$$

$$\boxed{B = 4 \times 10^{-6}\ T}$$

2. - قبل إمرار التيار كانت الإبرة خاضعة لمنحى المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{B_H}$.
- بعد مرور التيار أصبحت الإبرة خاضعة لمحصلة حقلين ($\overrightarrow{B}_{\text{ناتج عن تيار}}$ و $\overrightarrow{B_H}_{\text{الأرضي الأفقي}}$) فانحرفت الإبرة بزاوية θ وفق منحاها $\tan\theta = \frac{B}{B_H}$

$$\tan\theta = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-5}} \Rightarrow \tan\theta = 2 \times 10^{-1} = 0.2 < 0.24\ rad$$

إذاً θ زاوية صغيرة لذلك : $\boxed{\tan\theta \approx \theta = 0.2\ rad}$ قاعدة الزوايا الصغيرة

المسألة الأولى (درس - السلكين)

نضع في مستوي الزّوال المغناطيسي الأرضي **سلكين** طويلين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما (c_1, c_2) عن بعضهما البعض مسافة $\mathbf{d = 40\ cm}$، ونضع إبرة بوصلة صغيرة في النقطة c منتصف المسافة (c_1, c_2). نمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً **شدته** $\mathbf{I_1 = 3A}$، وفي السلك الثاني تيارً كهربائياً شدته $\mathbf{I_2 = 1A}$، **وبجهة واحدة . المطلوب:**

1. حساب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين في النقطة c موضحاً ذلك بالرسم.
2. حساب الزاوية التي تنحرفها إبرة البوصلة عن منحاها الأصلي بفرض أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_H = 2 \times 10^{-5} T$
3. حدد النقطة الواقعة بين السلكين التي تنعدم فيها شدة محصلة الحقلين.
4. هل يمكن أن تنعدم شدة محصلة الحقلين في نقطة واقعة خارج السلكين؟ وضح إجابتك.

الأجوبة : $(1)\ B = 2 \times 10^{-6} T \qquad (2)\ \theta = 0.1\, rad \qquad (3)\ d_1 = 0.3\, m$

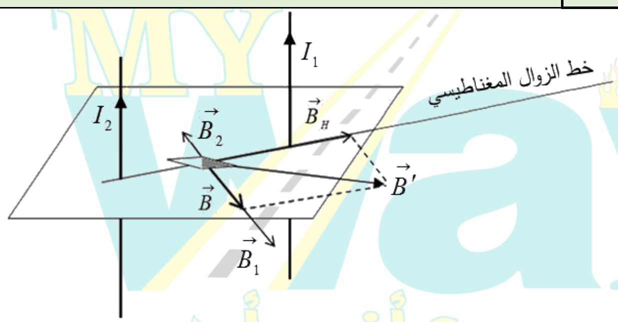
ملاحظة :

لحساب زاوية انحراف الإبرة عن المركبة الأفقية $(\mathbf{B_H})$

نكتب : قبل إمرار التيار كانت الإبرة خاضعة للحقل المغناطيسي الأرضي $\overrightarrow{\mathbf{B_H}}$ ، وبعد إمرار التيار أصبحت الإبرة خاضعة لمحصلة الحقلين $\overrightarrow{\mathbf{B_H}}$ و $\vec{B}$

$$\boxed{\tan\theta = \frac{B_{\text{ناتج عن تيار}}}{B_{H\ \text{معطى بالمسألة}}}}$$

الحل:



-1 B_1 و B_2 على حامل واحد وبجهتين متعاكستين

$$B_t = B_1 - B_2 > 0$$
$$B_t = 1 \times 10^{-7}\ \frac{I_1}{d_1} - 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$
$$B_2 = \frac{2.10^{-7}}{d_1}[I_1 - I_2]$$
$$B = \frac{2\times10^{-7}}{2\times10^{-1}}[3-1]$$
$$B = 2 \times 10^{-6} T$$

-2 قبل إمرار التيارات كانت الإبرة المغناطيسية التي محورها شاقولي خاضعة للمركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي بعد إمرار التيار أصبحت الإبرة خاضعة للمركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي و $\vec{B}$ المحصل

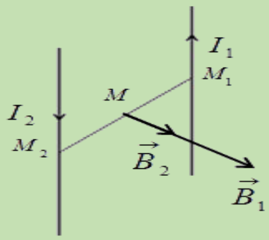
$$\frac{\text{مقابل}}{\text{مجاور}} tan\theta = \frac{2\times10^{-6}}{2\times10^{-5}} = 10^{-1}$$
$$\tan\theta = 10^{-1} = 0.1 < 0.24\, rad$$
$$tan\theta \approx \theta = 0.1\, rad$$

-3
$$B_1 = B_2$$
$$2.10^{-7}\frac{I_1}{d_1} = 2 \times 10^{-7}\frac{I_2}{d_2}$$
$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2} \Longrightarrow \frac{3}{d_1} = \frac{1}{d_2}$$
$$d_1 . 3d_2 \Longrightarrow d - d_2 = 3d_2$$
$$d = 4d_2 \Longrightarrow d_2 = \frac{d}{4} = \frac{4\times10^{-1}}{4} = 0.1m$$

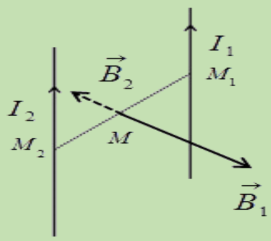
- تقع النقطة التي تنعدم فيها المحصلة الكلية على بعد $0.1m$ من السلك الثاني.

4- لا، لأن الحقلين يكونان بجهة واحدة $B_1 + B_2 = B$ $\quad B \neq 0$

ملاحظة : عندما تكون الإبرة واقعة بين السلكين :



❖ إذا كان التيارين بجهتين متعاكسين
الحقلين بجهة واحدة ←
والمحصلة حاصل جمعهما←
$\boxed{B = B_1 + B_2}$
والنقطة التي تنعدم فيها محصلة الحقلين تقع خارج السلكين وأقرب إلى السلك صاحب التيار الأصغر ←



❖ إذا كان التيارين بجهة واحدة
الحقلين بجهتين متعاكسين ←
والمحصلة حاصل طرحهما ←
$\boxed{B = B_1 - B_2 > 0}$
←والنقطة التي تنعدم فيها محصلة الحقلين تقع بين السلكين وأقرب إلى السلك صاحب التيار الأصغر

مسألة خارجية يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

نضع في مستوي الزّوال المغناطيسي الأرضي سلكين طويلين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما (c_1, c_2) عن بعضهما البعض مسافة $\mathbf{d = 40\ cm}$، ونضع إبرة بوصلة صغيرة في النقطة c منتصف المسافة (c_1, c_2). نمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً شدته $\mathbf{I_1 = 15A}$، وفي السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته $\mathbf{I_2 = 5A}$، **وباتجاهين متعاكسين . المطلوب:**

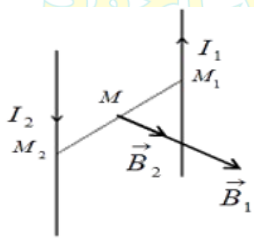
1. حساب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين في النقطة c موضحاً ذلك بالرسم.
2. حساب الزاوية التي تنحرفها إبرة البوصلة عن منحاها الأصلي بفرض أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\mathbf{B_H = 2 \times 10^{-5} T}$
3. حدد مكان النقطة التي لا تنحرف فيها إبرة البوصلة

الأجوبة : $\quad (1)\ \boldsymbol{B = 2 \times 10^{-5} T} \qquad (2)\ \boldsymbol{\theta = 45^0} \qquad (3)\ \boldsymbol{d_2 = 0.2\ m}$

الحل:

-1

$$B = B_1 + B_2$$
$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1}{d_1} + 2 \times 10^{-7} \frac{I_2}{d_2}$$
$$B = \frac{2 \times 10^{-7}}{d_1} [I_1 + I_2]$$
$$B = \frac{2 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-1}} [15 + 5]$$
$$B = 10^{-6} [20]$$
$$B = 2 \times 10^{-5} T$$



-2 قبل إمرار التيار كانت الإبرة خاضعة لـ $\vec{B}_H$ فقط.
بعد إمرار التيار أصبحت الإبرة خاضعة لـ B_H و B

$$tan\theta = \frac{B}{B_H}$$
$$= \frac{2 \times 10^{-5}}{2010^{-5}} = 1$$
$$tan\theta = 1 \Longrightarrow \theta = \frac{\pi}{4} rad$$

-3 خارج السلكين لتصبح المحصلة طرح

$$B = B_1 - B_2$$
$$B_1 = B_2$$

$$2\times10^{-7}\frac{I_1}{d_1}=2\times10^{-7}\frac{I_2}{d_2}$$

- نقسم على 5 $\frac{15}{d_1}=\frac{5}{d_2}\Rightarrow\frac{5d_1}{5}=\frac{15d_2}{5}$

$$d_1=3d_2$$
$$d+d_2=3d_2$$
$$d=2d_2$$
$$d_2=\frac{d}{2}=\frac{0.4}{2}=0.2m$$

- تقع هذه النقطة خارج السلكين وأقرب للسلك الثاني على بعد $0.2m$ منه.

المسألة الثالثة: (درس - السلكين)

نضع سلكين شاقولين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما $\mathbf{M_2}$, $\mathbf{M_1}$ أحدهما عن الآخر **4 cm**، نمرر في السلك الاول تياراً كهربائياً شدته $\mathbf{I_1}$ ونمرر في السلك الثاني تياراً كهربائياً شدته $\mathbf{I_2}$ وباتجاهين متعاكسين، فتكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل لحقلي التيارين $\mathbf{4\times10^{-7}T}$ عند النقطة $\mathbf{M}$ منتصف المسافة $\mathbf{M_2, M_1}$ وعندما يكون التياران بجهة واحدة تكون شدة الحقل المغناطيسي الحصل عند M ، هي $\mathbf{2\times10^{7}T}$ فإذا كان $\mathbf{I_1>I_2}$ **المطلوب : احسب كلاً** $\mathbf{I_2, I_1}$.

الأجوبة: $(\boldsymbol{I_2=1\times10^{-2}A})$ $(\boldsymbol{I_1=3\times10^{-2}A})$

الحل : **طريقة أولى:** $B'=B_1+B_2$

$$4\times10^{-7}=2\times10^{-7}\frac{I_1}{d_1}$$
$$4\times10^{-7}=\frac{2\times10^{-7}}{d_1}[I_1+I_2]$$
$$4\times10^{-7}=\frac{2\times10^{-7}}{2\times10^{-7}}[I_1+I_2]$$
$$4\times10^{-2}=[I_1+I_2]\quad(1)$$
$$B''=B_1-B_2$$
$$2\times10^{-7}=\frac{2\times10^{-7}}{d_1}[I_1-I_2]$$
$$2\times10^{-7}=\frac{2\times10^{-7}}{2\times10^{-7}}[I_1-I_2]$$
$$2\times10^{-7}=[I_1-I_2]\quad(2)$$

نجمع (1) و (2): $4\times10^{-2}=[I_1+I_2]$

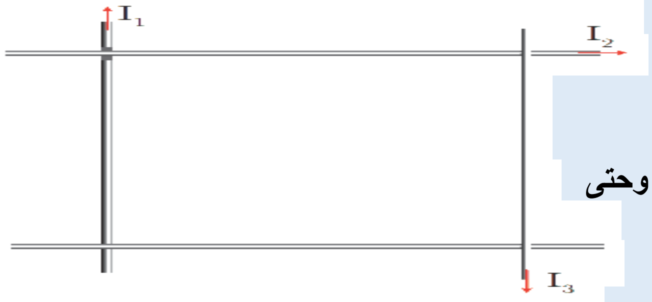
$$2\times10^{-2}=[I_1-I_2]$$
$$6\times10^{-2}=I_1\quad\Rightarrow\ \mathrm{I}_1=3\times10^{-2}(A)$$
$$4\times10^{-2}=3\times10^{-2}+I_2$$
$$I_2=4\times10^{-2}-3\times10^{-2}\ \Rightarrow I_2=1\times10^{-2}$$

طريقة ثانية: $B'=B_1+B_2$

$$B''=B_1-B_2$$
$$B'+B''=2B_1$$
$$(4\times10^{-7})+(2\times10^{-7})=2B_1\Rightarrow6\times10^{-7}=2B_1$$
$$\frac{6\times10^{-7}}{2}=\frac{2\left(2\times10^{-7}\frac{I_1}{d_1}\right)}{2}\Rightarrow3\times10^{-7}=2\times10^{-7}\frac{I}{2\times10^{-2}}$$
$$I_1=3\times10^{2}A$$
$$\Rightarrow B=[I_1+I_2]$$
$$I_2=[B-I_1]=I_2=4\times10^{-7}-3\times10^{-2}$$
$$I_2=4\times10^{-7}-3\times10^{-2}\times\frac{10^{-3}}{10^{-3}}$$
$$I_2=1\times10^{-2}A$$

المسألة 11 عامة:

أربع أسلاك ناقلة طويلة تقع في مستوي واحد ومتقاطعة مع بعضها البعض لتشكل مربع طول ضلعه $40\ cm$ أوجد شدة واتجاه التيار I_4 الذي يجب أن يمر في الناقل الرابع بحيث تكون شدة الحقل المغناطيسي في مركز السلك الرابع معدومة، حيث أن :



$$I_1 = 10\ A \text{ ، } I_2 = 5\ A \text{ ، } I_3 = 15\ A$$

طول كل سلك $L = 40 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-2} m$

إن بعد مركز المربع عن منتصف كل سلك :

$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = 2 \times 10^{-2} m$$

جهة الحقول المغناطيسية المتولدة عن (I_1, I_2, I_3) بجهة واحدة نحو الداخل وحتى تكون شدة الحقل في مركز المربع معدومة يجب أن:

يكون $\overrightarrow{B_4}$ نحو الخارج و على حامل واحد وبجهتين متعاكستين ومتساوي بالشدة مع محصلة الحقول السابقة .

الحل :

- طول كل سلك $L = 40 \times 10^2 = 4 \times 10^{-2} m$
- إن بعد مركز المربع عن منتصف كل سلك $d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = 2 \times 10^{-2} m$
- جهة الحقول المغناطيسية المتولدة عن (I_1, I_2, I_3) بجهة واحدة نحو الداخل وحتى تكون شدة الحقل في مركز المربع معدومة يجب أن يكون $\overrightarrow{B_4}$ نحو الخارج وعلى حامل واحد وبجهتين متعاكستين ومتساويين بالشدة مع محصلة الحقول السابقة.

من نص المسألة : $B_t = 0$

$$B_t = B_1 + B_2 + B_3 - B_4 = 0 \Longrightarrow$$

$$B_1 + B_2 + B_3 = B_4$$

$$2 \times 10^{-7} \left(\frac{I_1}{d_1} + \frac{I_2}{d_2} + \frac{I_3}{d_3}\right) = 2 \times 10^{-7} \frac{I_4}{d_4}$$

$$\xrightarrow[\quad]{d_1=d_2=d_3 \text{ عامل مشترك}} \frac{2\times10^{-7}}{d_1}(I_1 + I_2 + I_3) = 2 \times 10^{-7} \frac{I_4}{d_2}$$

$$\xrightarrow{d_1=d_2=d_3=d_4} I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$

$$I_4 = 10 + 5 + 15$$

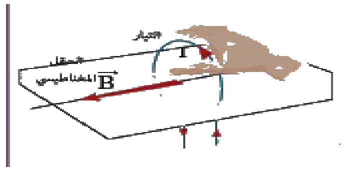
$$I_4 = 30A$$

جهة التيار في السلك الرابع نحو اليمين عن الشكل: $I_4 \longrightarrow$

سؤال نظري. **عند إمرار تيار متواصل في ملف دائري ينشأ حقل مغناطيسي في مركز هذا الملف والمطلوب :**

1. **حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن ملف دائري يمر فيه تيار متواصل (تيار دائري) موضحاً بالرسم**
2. **اقترح طريقة لزيادة شدة الحقل المغناطيسي الناشئ**

الحل :



1. عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار دائري :
   - ❖ **نقطة التأثير** : مركز الملف الدائري .
   - ❖ **الحامل:** العمود على مستوي الملف.
   - ❖ **الجهة:**

5- **تُحدد عملياً** من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخل إبرة مغناطيسية صغيرة وفق محورها $\overrightarrow{SN}$ بعد استقرارها.

- **تحدد نظرياً** حسب قاعدة اليد اليمنى:
  - نضع اليد فوق الملف
  - يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع

- نوجه باطن الكف نحو مركز الملف
- فيشير الإبهام إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

❖ الشدة: $\boxed{B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N\,I}{r}}$

استنتاج شدة الحقل المغناطيسي :

$$B = 4\pi \times 10^{-7} k' I$$

ولكن : $k' = \frac{N}{2r} \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{N}{2r}\right) I$

$$\boxed{\Rightarrow B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N\,I}{r}}$$

دلالات الرموز :

B : شدة الحقل المغناطيسي تقدر بالتسلا (T) . I : شدة التيارتقدر بالأمبير (A) .

N : عدد لفات الملف (لفة) . r : نصف قطر الملف تقدر بالمتر (m).

ملاحظة للاختيار من متعدد

2. *لزيادة* شدة الحقل المغناطيسي نزيد من شدة التيار المار لأن B تتناسب طرداً مع I

- **لسهولة الحساب معطاة بنص المسألة**

$$4\pi=12.5 \overset{\times 2}{\Rightarrow} 8\pi=25 \overset{\times 2}{\Rightarrow} 16\pi=50 \overset{\times 2}{\Rightarrow} 32\pi=100 \overset{\times 2}{\Rightarrow} 64\pi=200$$

تطبيق محلول 2:

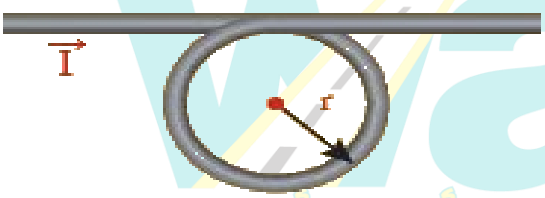
نمرر تياراً كهربائياً شدته $6\ A$ في سلك طويل، نصنع جزءاً منه على شكل حلقة دائرية تصف قطرها $3\ cm$. احسب قيمة شدة الحقل المغناطيسي المحصّل في مركز الحلقة ثم حدد بقية عناصره.

الحل:

المعطيات : $I = 6A \ , \ r = 3 \times 10^{-2} m \ , \ N = 1$ لفة

نعدّ السلك جزأين، الأول حلقة والثاني مستقيم، فينشأ في مركز الحلقة الدائرية حقلان يمكن تحديد جهة كل منهما حسب قاعدة اليد اليمنى.

- نحسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في السلك المستقيم:



$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

$$B_1 = 2 \times 10^{-7} \frac{6}{3\times 10^{-2}}$$

$$\boxed{B_1 = 4 \times 10^{-5}\ T}$$

- نحسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في الحلقة الدائرية:

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{N\,I}{r}$$

$$B_2 = 2\pi \times 10^{-7} \frac{1\times 6}{3\times 10^{-2}}$$

$$\boxed{B_2 = 12.5 \times 10^{-5}\ T}$$

الحقلان على حامل واحد وبالجهة نفسها فتكون شدة الحقل المحصّل هو حاصل جمع شدتيهما : $B = B_1 + B_2$

$$B = 12.5 \times 10^{-5} + 4 \times 10^{-5} = 16.5 \times 10^{-5}\ T$$

مسألة خارجية : يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

ملف دائري عدد لفاته 50 لفة ونصف قطره $r = 10\ cm$، نضع الملف في مستوي الزوال المغناطيسي الأرضي ونمرر فيه تيار كهربائي متواصل شدته $I = \frac{1}{\pi} \times 10^{-2} A$ ونضع في مركزه إبرة بوصلة صغيرة محورها شاقولي والمطلوب :

1. **أحسب طول سلك الملف**
2. **أحسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عند مركز الملف الدائري .**
3. **أحسب الزاوية التي تنحرفها إبرة البوصلة عن منحاها الأصلي بفرض أن قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_H = 2 \times 10^{-5} T$**

الأجوبة : (3) $\theta = 0.05\ rad$ (2) $B = 1 \times 10^{-6} T$ (1) $l' = 10\pi\ m$

الحل :

المعطيات: $r = 10^{-1}m$ $N = 50$ لفة $I = \frac{1}{\pi} \times 10^{-6}$

-1 $l' = 2\pi r \times N$

$l' = 2\pi(10^{-1}) \times 50$

$l' = 10\pi\ m$

ملاحظة

عدد لفات الملف = $\frac{\text{طول سلك الملف}}{\text{محيط اللفة}}$

$N = \frac{l'}{2\pi r} \Rightarrow l' = N \times 2\pi r$

-2 $B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{r}$

$B = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{50}{10^{-1}} \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-2}$

$B = 10 \times 10^{-7}$

$B = 10 \times 10^{-7}$

$B = 1 \times 10^{-6}T$

-3 قبل إمرار التيار كانت الإبرة خاضعة لـ B_H فقط

بعد إمرار التيار أصبحت الإبرة خاضعة لـ B و B_H الحقلين.

$tan\theta = \frac{B}{B_H}$

$tan\theta = \frac{1\times10^{-6}}{2010^{-5}} = 0.5 \times 10^{-1} \Longrightarrow$

فهي زاوية صغيرة $tan\theta = 0.05 < 0.24$

$tan\theta \approx \theta \approx 0.05\ rad$

المسألة الرابعة (درس – ملفين) :

نضع ملفين دائريين لهما المركز ذاته في مستو شاقولي واحد، عدد لفات كل منهما 200 لفة، نصف قطر الأول 10 cm، و الثاني نصف قطره 4cm، نمرر في الملف الاول تياراً كهربائياً شدته 8A بعكس جهة دوران عقارب الساعة؟ المطلوب: حدد جهة التيار الواجب إمراره في الملف الثاني وشدته؛ لتكون شدة الحقل المغناطيسي المحصل عند المركز المشترك للملفين: باعتبار $32\pi = 100$)

1. $5 \times 10^{-2}T$ أمام مستوي الرسم.
2. $3 \times 10^{2}T$ خلف مستوي الرسم.
3. معدومة.

الأجوبة :

مع جهة دوران عقارب الساعة $I_2 = \frac{40}{\pi}\ A$ (2) عكس جهة دوران عقارب الساعة $I_2 = \frac{40}{\pi}\ A$ (1)

$(3)\quad I_2 = 3.2\ A$

-1 $B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{NI_1}{r_1}$

$B_1 = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{10^{-1}} \times 8$

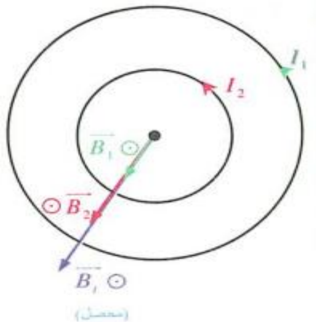
$B_1 = 2\pi \times 10^{-4} \times 2 \times 8$

$B_1 = 32\pi \times 10^{-4}$

$B_1 = 100 \times 10^{-4}$

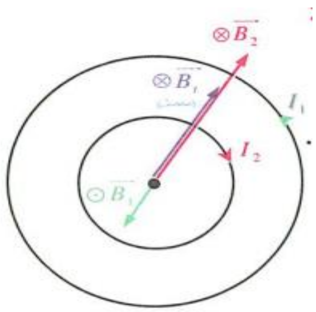
$B_1 = 1 \times 10^{-2}\ T$

لكي يكون B_t أمام المستوي يجب إمرار تيار I_2 عكس جهة دوران عقارب الساعة وبجهة $I_1 \Leftarrow$



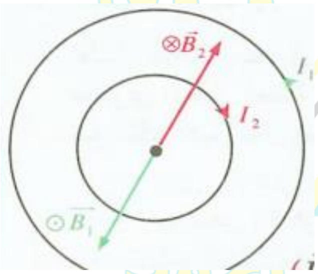
$$B_t = B_1 + B_2$$
$$B_2 = B_t - B_1 = 5\times10^{-2} - 1\times10^{-2}$$
$$B_2 = 4\times10^{-2}T$$
$$B_2 = 2\pi\times10^{-7}\ \frac{NI_2}{r_2}$$
$$B_2 = 2\pi\times10^{-7}\times\frac{200}{4\times10^{-2}}I_2$$
$$4\times10^{-2} = \pi\times10^{-3}\times I_2$$
$$I_2 = \frac{4\times10^{-2}}{\pi\times10^{-3}}$$
$$I_2 = \frac{40}{\pi}A$$

-2 لكي يكون B_t خلف المستوي يجب إمرار تيار كهربائي I_2 مع جهة دوران عقارب الساعة



$$B_t = B_1 - B_2$$
$$B_2 = B_t + B_1$$
$$B_t = 3\times10^{-2} + 1\times10^{-2}$$
$$B_2 = 4\times10^{-2}T$$
$$B_2 = 2\pi\times10^{-7}\frac{NI_2}{r_2}$$
$$4\times10^{-2} = 2\pi\times10^{-7}\frac{200}{4\times10^{-2}}I_2$$
$$4\times10^{-2} = \pi\times10^{-3}\times I_2$$
$$I_2 = \frac{4\times10^{-2}}{\pi\times10^{-3}}$$
$$I_2 = \frac{40}{\pi}\ A$$

-3 لكي يكون B_t معدوم يجب إمرار تيار كهربائي مع جهة دوران عقارب الساعة



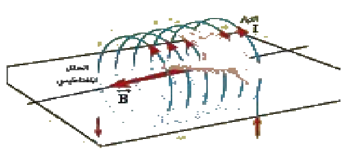
$$B_2 = B_1$$
$$2\pi\times10^{-7}\frac{NI_2}{r_2} = 2\pi\times10^{-7}\frac{NI_1}{r_1}$$
$$I_2 = \frac{I_1}{r_1}.r_2 = 8\times\frac{4\times10^{-2}}{10^{-1}}$$
$$I_2 = 32\times10^{-1}A$$

سؤال نظري **عند إمرار تيار متواصل في وشيعة ينشأ حقل مغناطيسي في مركزها (تيار حلزوني) والمطلوب :**

1. **حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن وشيعة يمر فيه تيار متواصل موضحاً بالرسم**
2. **اقترح طريقة لزيادة شدة الحقل المغناطيسي الناشئ**

الحل :

1. عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار حلزوني :



- **نقطة التأثير:** مركز الوشيعة .
- **الحامل:** محور الوشيعة.
- **الجهة:**

- **تُحدد عملياً** من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي داخل إبرة مغناطيسية صغيرة وفق محورها $\overrightarrow{SN}$. بعد استقرارها.
- **تحدد نظرياً** حسب قاعدة اليد اليمنى :
  - نضع اليد فوق الوشيعة بحيث توازي أصابعها إحدى الحلقات
  - نتصور أن التيار يدخل من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع
  - فيشير الإبهام الذي يعامد الأصابع إلى جهة شعاع الحقل المغناطيسي.

- **الشدة:** $\boxed{B = 4\pi\times10^{-7}\ \frac{N\,I}{l}}$

استنتاج شدة الحقل المغناطيسي :

$$B = 4\pi\times10^{-7}k'I$$
ولكن : $k' = \frac{N}{L} \Rightarrow$
$$\Rightarrow \boxed{B = 4\pi\times10^{-7}\ \frac{N\,I}{l}}$$

دلالات الرموز :

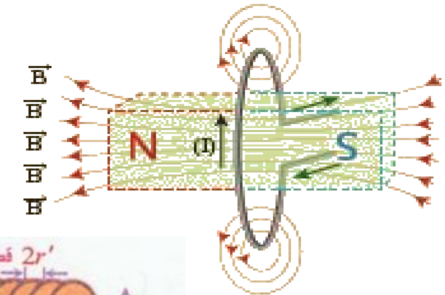
B : شدة الحقل المغناطيسي تقدر بالتسلا (T) . I : شدة التيارتقدر بالأمبير (A) .

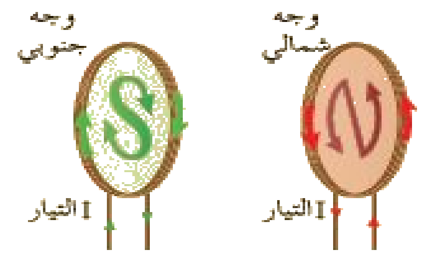
N : عدد لفات الوشيعة (لفة) . L : طول الوشيعة يقدر بالمتر (m).

2. لزيادة شدة الحقل المغناطيسي نزيد من شدة التيار المار لأن B تتناسب طرداً مع I

ملاحظات

- **الملفات والوشائع الكهربائية تكافئ مغانط**، إذ يُطلق اسم الوجه الشمالي على وجه الملف الذي تكون فيه جهة التيار بعكس جهة دوران عقارب الساعة، أما الوجه الآخر للملف فهو الوجه الجنوبي.





- عدد الطبقات الكلية n= $\frac{N \text{ عدد اللفات الكلية}}{N' \text{ عدد اللفات في الطبقة الواحدة}}$
- عدد اللفات الكليةN= $\frac{L' \text{ طول سلك الوشيعة أو الملف}}{\text{(محيط الدائرة) طول اللفة الواحدة}}$ ⇦ $N = \frac{l'}{2\pi r}$
- عدد اللفات في الطبقة الواحدة (لفات متلاصقة) : N'= $\frac{l \text{ طول الوشيعة}}{2r' \text{ قطر سلكها}}$

مسألة خارجية : يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

و شيعة طولها $L = 20cm$ وعدد لفاتها N محورها الأفقي يعامد خط الزوال المغناطيسي الأرضي نضع في مركزها إبرة بوصلة صغيرة وعندما نمرر فيها تيار كهربائي متواصل شدته $I = \frac{1}{\pi} \times 10^{-2}A$ تنحرف الإبرة بزاوية 45^0 ثم تستقر فإذا علمت أن شدة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_H = 2 \times 10^{-5}T$ **المطلوب حساب** :

1. شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار الوشيعة
2. عدد لفات الوشيعة N
3. عدد طبقات الوشيعة بفرض أن قطر سلكها $(2r') = 1mm$

الأجوبة : (1) $B = 2 \times 10^{-5}T$ (2) $N = 1000$ لفة (3) $n = 5$ طبقة

الحل: $l = 20cm = 2 \times 10^{-1}m$ $N = ?$ $\theta = 45°$ $I = \frac{1}{\pi} \times 10^{-2}A$

-1 $\tan = \frac{B}{B_H} \Longrightarrow B = tan\theta . BH$

$B = 1 \times 2 \times 10^{-5} \Longrightarrow B = 2 \times 10^{-5}\ T$

-2 $n = \frac{N}{N'}$

- نحسب N: $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{2\times10^{-1}} \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-2}$

$2 \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-8} N \Longrightarrow N = \frac{2\times10^{-5}}{2\times10^{-8}}$

$N = 1 \times 10^{-3}$ لفة

-3 نحسب N': $N' = \frac{l}{2r} = \frac{2\times10^{-1}}{1\times10^{-3}}$

$N' = 2 \times 10^{+2}$ لفة في الطبقة

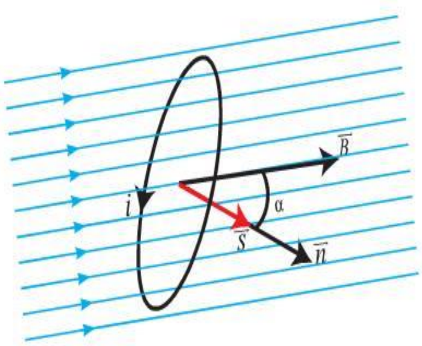
$\Longrightarrow n = \frac{1000}{200} = \frac{10}{2} \Longrightarrow n = 5$

التدفق المغناطيسي

سؤال نظري أكتب العبارة الشعاعية لشعاع السطح ثم حدد بالكتابة والرسم عناصر هذا الشعاع

عناصر شعاع السطح :
- الحامل : الناظم
- الجهة : بجهة الناظم
- الشدة : مساحة سطح الدارة

سؤال نظري عرف التدفق المغناطيسي واكتب العلاقة الرياضية المعبرة عنه وبيّن متى يكون (أعظمي ، أصغري ، معدوم)



التدفق المغناطيسي: هو عبارة عن عدد خطوط الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ لسطح دارة S كهربائية مستوية مغلقة .

ونرمز للتدفق المغناطيسي بالرمز Φ و واحدته (weber) حيث : $\overline{\Phi} = \vec{B}.\vec{S}$

$$\Phi = B.S\cos\alpha \ : \ \alpha = (\widehat{\vec{B},\vec{n}})$$

من أجل N لفة $\boxed{\Phi = NBS\cos\alpha}$

عوامل التدفق المغناطيسي:

1- يزداد التدفق المغناطيسي: بازدياد شدة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$

2- يزداد التدفق المغناطيسي بازدياد مساحة سطح الدارة S.

3- يتعلق التدفق المغناطيسي بـ $Cos\alpha$

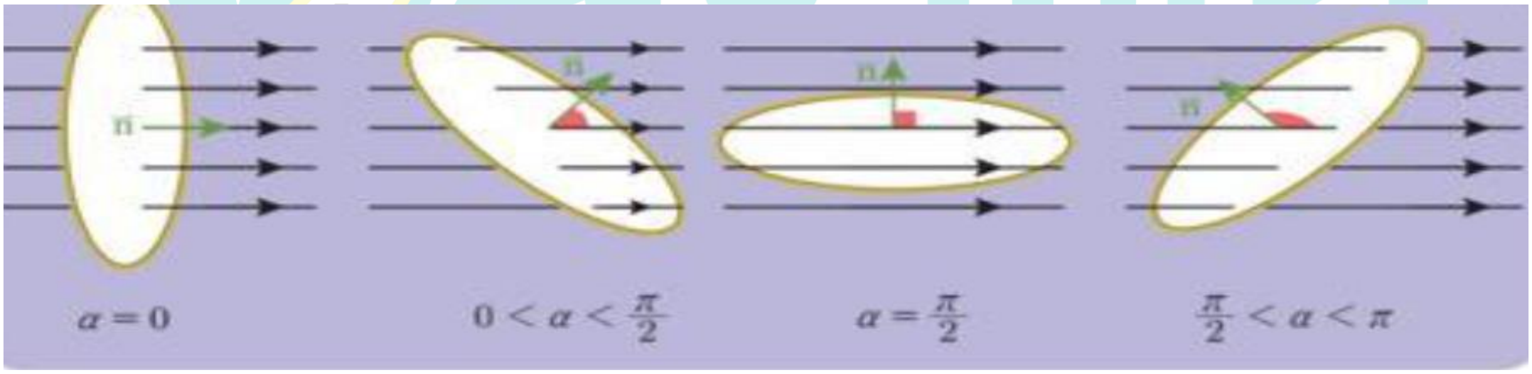
تغير التدفق $\Delta\Phi$: ينتج عن تغير إحدى عوامله:

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$$
$$= B_2S_2cos\alpha_2 - B_1S_1cos\alpha_1$$

ملاحظة:

- إذا دار الملف و الحقل ناتج عن تياره لا يتغير التدفق.
- إذا دار الملف و الحقل ناتج عن (مغناطيس، مغناطيس أرضي، ملف) فهو يتغير.

مناقشة الزاوية α : $\alpha = (\widehat{\vec{B},\vec{n}})$ حيث : $\cos\alpha \ \epsilon[-1,+1]$



$cos\alpha = -1 \Leftarrow \alpha = \pi$	$cos\alpha = 0 \Leftarrow \alpha = \frac{\pi}{2}$	$cos\alpha = \frac{1}{2} \Leftarrow \alpha = 60$	$cos\alpha = +1 \Leftarrow \alpha = 0$
- التدفق أصغري - B يدخل من الوجه الجنوبي - التوازن قلق.	- التدفق معدوم. - $\vec{B} \perp \vec{n}$. - $\vec{B} \parallel$ مستوي الدارة	- التدفق يأخذ نصف قيمته.	- التدفق أعظمي - B يدخل من خلال الوجه الجنوبي - $\vec{B} \parallel \vec{n}$ - $\vec{B} \perp$ مستوي الدارة - التوازن مستقر.

قاعدة التدفق الأعظمي:

إذا أثر حقل مغناطيسي في دارة كهربائية مغلقة مستوية فإن الدارة تنتقل بحيث خطوط الحقل المغناطيسي تدخل من وجهها الجنوبي والتدفق المغناطيسي أعظمي والتوازن مستقر.

المسألة الثانية (درس)

a. ملف دائري في مكبر صوت عدد لفاته **400 لفة**، ونصف قطره **2 cm** ، نطبق بين طرفيه فرقاً في الكمون **U=10 V**، فإذا علمت أن مقاومته **20Ω** ، **احسب** شدة الحقل المغناطيسي المتولد عند مركز الملف.

b. **نقطع التيار السابق** عن الملف، **احسب** التغير الحاصل في قيمة التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الملف ذاته.

الأجوبة : $(a) B = 2\pi \times 10^{-3} T$ $(b)\ \Delta\Phi = -32 \times 10^{-4}$ weber

الحل: $R = 20\Omega$ $U = 10V$ $r = 2cm = 2 \times 10^{-2}$ $N = 400$لفة

a- $I = \frac{U}{R} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2} A$

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \times \frac{400}{2\times10^{-2}} \times \frac{1}{2}$$

$$B = 2\pi \times 10^{-3}\ T$$

b- التغير في التدفق المغناطيسي:

$$\Delta\Phi = N.\Delta B.S.\cos\alpha$$

$$\alpha = 0 \Longrightarrow \cos\alpha = 1$$

$$\Delta\Phi = 400 \times (0 - 2\pi \times 10^{3}) \times \pi(2 \times 10^{-2})^2$$

$$\Delta\Phi = -400.(2\pi \times 10^{-3}).\pi(4 \times 10^{-4})$$

$$\Delta\Phi = -400 \times 8\pi^2 \times 10^{-7}$$

$$\Delta\Phi = -400 \times 800 \times 10^{-7}$$

$$\Delta\Phi = -32 \times 10^{-4}\ weber$$

المسألة الخامسة (درس)

ملف دائري نصف قطره الوسطي $5\ cm$ يولد عند مركزه حقلاً مغناطيسياً، قيمته تساوي قيمة الحقل المغناطيسي الذي تولده وشيعة عند مركزها عندما يمر بهما التيار نفسه، فإذا علمت أن عدد لفات **100** لفة وطولها $20\ cm$، **احسب عدد لفات الملف الدائري.**

الأجوبة : $N = 50$

الحل:

$$B_1 = B_2$$

$$2\pi \times 10^{-7} \times \frac{N_1}{r} I = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N_2}{l} I$$

$$\frac{N_1}{r} = \frac{N_2}{l}$$

$$N_1 = \frac{2rN_2}{l} = \frac{2\times5\times10^{-2}\times100}{20\times10^{-2}} = 50$$لفة

المسألة 9 عامة

وشيعة طولها $40\ cm$ مؤلفة من **400 لفة** محورها أفقي عمودي على خط الزوال المغناطيسي الأرضي.

نضع في مركز الوشيعة إبرة بوصلة صغيرة ثم نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $16\ m\,A$، **المطلوب:**

1. احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن إمرار التيار الكهربائي في مركز الوشيعة. (**باعتبار** $64\pi = 200$)
2. إذا أجرينا اللف بالجهة نفسها على أسطوانة فارغة من مادة عازلة باستخدام سلك معزول قطره $2mm$ لفات متلاحقة. احسب عدد طبقات لفات الوشيعة .
3. نضع داخل الوشيعة في مركزها حلقة دائرية مساحتها $2\ cm^2$ بحيث يصنع الناظم على سطح الحلقة مع محور الوشيعة $60°$ احسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة الناتج عن تيار الوشيعة.

الأجوبة : $(1)\ B = 2 \times 10^{-5} T$ $(2)\ n = 2$ طبقة $(3)\ \Phi = 2 \times 10^{-9}\ weber$

الحل: $l = 40\ cm = 40 \times 10^{-2} m$ - $N = 400$ لفة - $I = 16mA = 16 \times 10^{-3} A$

-1 $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{l}$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{400 \times 16 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-2}}$$

$$B = 64\pi \times 10^{-7}$$

$$B = 200 \times 10^{-7} = 2 \times 10^{-5} T$$

-2 $tan\theta = \frac{B}{B_B} = \frac{2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-5}} = l$

$$\Rightarrow \theta = \frac{\pi}{4} rad$$

-3 سلك قطره $2r' = 2mm \Leftarrow r' = 1mm = 1 \times 10^{-3} mm$

$$\text{عدد الطبقات} = \frac{N(2r')}{l} = \frac{400 \times 2 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-2}}$$

$$\text{عدد الطبقات} = 2$$

-4 $S = 2cm^2 = 2 \times (10^{-2})^2 = 2 \times 10^{-4} m^2$

$$\alpha = \left(\widehat{\vec{B}, \vec{n}}\right) = 60° = \frac{\pi}{3} rad$$

$$\boldsymbol{\Phi = NBScos\alpha}$$

$$\boldsymbol{\Phi = 1 \times 2 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-5} \times Cos\left(\frac{\pi}{3}\right)}$$

$$\boldsymbol{\Phi = 2 \times 10^{-9} \times 2 \times \frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{\Phi = 2 \times 10^{-9} weber}$$

المسألة 10 عامة

ملف دائري نصف قطره الوسطي $\boldsymbol{40\ cm}$ يتألف من **100 لفة** ، وضع في حقل مغناطيسي منتظم شدته $\boldsymbol{0.5\ T}$ حيث خطوط الحقل عمودية على مستوي الملف، **المطلوب:**

1. احسب التدفق المغناطيسي الذي يجتاز لفات الملف.
2. ما مقدار التغير في التدفق المغناطيسي إذا دار في الاتجاه الموجب بزاوية **°45**.

الأجوبة : (1) $\Phi = 8\pi\ web$ (2) $\Delta\Phi = -4\pi\ web$

الحل: $r = 40cm = 40 \times 10^{-2} m$ و $N = 100$ لفة $B = 0.5T$

-1 خطوط الحقل عمودية على سطح الملف $\Leftarrow \alpha = 0 \Leftarrow cos\alpha = 1 \Leftarrow$ التدفق أعظمي

$$\Phi_{max} = NBS.cos\alpha$$

$$\Phi = NB\pi r^2.cos\alpha$$

$$\Phi = 100 \times 5 \times 10^{-1} \times \pi \times (4 \times 10^{-1})^2 \times 1$$

$$\Phi = 5 \times 10 \times \pi \times 16 \times 10^{-2}$$

$$\Phi = 5 \times 10^{-1} \times 16\pi$$

$$\Phi = 5 \times 10^{-1} \times 50$$

$$\Phi_{max} = 25\ Weber$$

-2 $\alpha_1 = 0 \rightarrow \alpha_2 = 45° = \frac{\pi}{4} rad$

$$\Delta\Phi = NBS\Delta cos\alpha$$

$$\Delta\Phi = NBS.[cos\alpha_2 - cos\alpha_1]$$

$$\Delta\Phi = 100 \times 5 \times 10^{-1} \times \pi \times 16 \times 10^{-2} \times \left[cos\frac{\pi}{4} - cos0\right]$$

$$\boldsymbol{\Delta\Phi = 25 \times \left[\frac{\sqrt{2}}{2} - 1\right]}$$

$$\boldsymbol{\Delta\Phi = 25(0.7 - 1) = 25(-0.3)}$$

$$\boldsymbol{\Delta\Phi = -7.5\ weber}$$

اختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. نمرر تيارً كهربائياً متواصلاً في ملف دائري، فيتولد عند مركزه حقل مغناطيسي شدته B، نضاعف عدد لفاته، ونجعل نصف قطر الملف الوسطي نصف ما كان عليه فتصبح شدة الحقل المغناطيسي عند مركزه،

a. B b. $2B$ c. $(4B)$ d. $0.5\,B$

توضيح الحل :

2. إن التدفق المغناطيسي الذي يجتاز دارة مستوية في الخلاء يكون مساوياً نصف قيمته العظمى عندما:

a. $\alpha = \frac{\pi}{2}\text{rad}$ b. $\alpha = \pi\ \text{rad}$ c. $\alpha = \frac{\pi}{6}\text{rad}$ d. $\left(\boldsymbol{\alpha = \frac{\pi}{3}\text{rad}}\right)$

توضيح الحل :

3. إن شدة شعاع الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة يتناسب طرداً مع:

a. مقاومة سلك الوشيعة. b. طول الوشيعة. c. **(التوتر الكهربائي المطبق بين طرفي الوشيعة.)** d. مساحة سطح مقطع الوشيعة

توضيح الحل :

4. نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً في سلك مستقيم، فيتولد حقل مغناطيسي شدته B في نقطة تبعد d عن محور السلك، وفي نقطة ثانية تبعد $2d$ عن محور السلك، وبعد أن نجعل شدة التيار ربع ما كانت عليه تصبح شدة الحقل المغناطيسي:

a. $2B$ b. $4B$ c. $8B$ d. $\left(\boldsymbol{\frac{1}{8}B}\right)$

توضيح الحل :

5. نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً في وشيعة عدد طبقاتها طبقة واحدة فيتولد في مركزها حقل مغناطيسي شدته B، نقسم الوشيعة إلى قسمين متساويين، فتصبح شدة الحقل المغناطيسي عند مركز كل قسم مع ثبات التوتر المطبق :

a. **B** b. $(2B)$ c. $\frac{B}{2}$ d. $\frac{B}{4}$

توضيح الحل : إن شدة الحقل المغناطيسي لتيار الوشيعة تُعطى بالعلاقة: $\boldsymbol{B = 4\pi \times 20^{-7}\frac{NI}{l}}$ **النسبة $\frac{N}{l}$ هي نسبة ثابتة**

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكل مما يلي:

1. تتقارب خطوط الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس.

لأن شدة الحقل المغناطيسي عند قطبي المغناطيس تكون أكبر منها في النقاط الأبعد عن القطبين

2. لا يمكن لخطوط الحقل المغناطيسي أن تتقاطع.

نعلم أنه عند أي نقطة من خطوط أو منحنيات الحقل المغناطيسي B يكون شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ مماساً لتلك المنحنيات عند تلك النقطة ، فإذا تقاطع خطين من خطوط الحقل المغناطيسي فإن شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ يكون مماس كل من الخطين و هذا غير صحيح

3. لا تولد الأجسام المشحونة الساكنة أي حقل مغناطيسي.

لأن الأجسام المشحونة الساكنة لا تولد تيار كهربائي أي لا ينشأ مجال مغناطيسي عنها لأنها ساكنة لاتتحرك .

ثالثاً: ضع كلمة "صح" أمام العبارة الصحيحة، وكلمة "خطأ" أمام العبارة الخاطئة، ثم صححها فيما يأتي:

1. لكل مغناطيس قطبان مغناطيسيان مختلفان في شدتهما. (خطأ)

التصحيح : لكل مغناطيس قطبان مغناطيسيان **متساويان** في شدتهما

2. خطوط الحقل المغناطيسي لا ترى بالعين المجردة. (صح)

3. تزداد شدة الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في سلك مستقيم كلما ابتعدنا عن السلك. (خطأ)

التصحيح : **تنقص** شدة الحقل المغناطيسي لتيار كهربائي متواصل في سلك مستقيم كلما **ابتعدنا** عن السلك.

حسب علاقة شدة الحقل المغناطيسي لتيار مستقيم طويل تُعطى بالعلاقة: $\boldsymbol{B = 2 \times 10^{-7}\frac{I}{d}}$ (**B** و **d** تناسب عكسي)

4. تنقص شدة الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة عدد طبقاتها طبقة واحدة إلى نصف شدته في حالة إنقاص عدد لفاتها إلى النصف. (خطأ)

التصحيح : تزداد شدة الحقل المغناطيسي في مركز وشيعة عدد طبقاتها طبقة واحدة إلى **الضعف في حالة إنقاص عدد لفاتها إلى النصف**

التعليل : إن شدة الحقل المغناطيسي لتيار الوشيعة تُعطى بالعلاقة: $\mathbf{B = 4\pi \times 20^{-7}\ \frac{NI}{l}}$ النسبة $\frac{N}{l}$ هي نسبة ثابتة ولكن إنقاص عدد لفات الوشيعة إلى النصف يؤدي إلى إنقاص طول سلكها إلى النصف أي تنقص مقاومتها إلى النصف وبالتالي تزداد شدة التيار المار في الوشيعة إلى الضعف فتزداد شدة الحقل المغناطيسي إلى الضعف أيضاً ولكن في حال ثبات شدة التيار تبقى شدة الحقل نفسها

رابعاً: أجب عما يأتي: قد يأتي السؤال مشكلة علمية:

أضع إبرة مغناطيسية محورها شاقولي على طاولة أفقية لتستقر، أبين كيف يجب وضع السلك مستقيم أفقياً فوق البوصلة بحيث لا تنحرف الإبرة عند إمرار تيار كهربائي في السلك؟

لا تنحرف الإبرة عند إمرار تيار كهربائي في السلك إذا كان الحقل المغناطيسي المتولد عن ذلك التيار منطبقاً على استقامة الإبرة ولتحقيق ذلك : يجب وضع السلك عمودي على المستوي الحاوي للإبرة .

الدرس الثاني : فعل الحقل المغناطيسي في التيار الكهربائي

- القوة المغناطيسية (قوة لورنز)

سؤال نظري: في تجربة قمت بدراسة تأثير الحقل المغناطيسي على حزمة إلكترونية متحركة كما في تجربة الأشعة المهبطية :

1. **ما شكل مسار الحزمة الالكترونية ، وهل يبقى مسارها على حاله عند تقريب أحد قطبي مغناطيس مستقيم منها ؟**
2. **ماذا تستنتج من التجربة ؟**
3. **أكتب العوامل المؤثرة في شدة القوة المغناطيسية ؟**

الحل :

1. شكل مسار الحزمة الإلكترونية : مستقيم
عند تقريب أحد قطبي مغناطيس مستقيم يتغير مسار الحزمة الالكترونية أي تنحرف عن مسارها المستقيم .
2. نستنتج من التجربة أن الحقل المغناطيسي يؤثر في الجسيمات المشحونة المتحركة ضمنه بقوة مغناطيسية تعمل على تغيير مسار حركة الجسيمات المشحونة ، ويتم تغيير جهة انحراف المسار بتغيير جهة الحقل المغناطيسي المؤثر.
3. شدة القوة المغناطيسية **تتناسب طرداً** مع :
   - q : مقدار الشحنة بالقيمة المطلقة وواحدتها الكولوم
   - v : سرعة الشحنة المتحركة وواحدتها متر في الثانية
   - B : شدة الحقل المغناطيسي وواحدته التسلا
   - $sin\theta$: حيث θ هي الزاوية بين شعاع سرعة الشحنة وشعاع الحقل المغناطيسي $\theta = (\widehat{\vec{v}, \vec{B}})$

$$\boxed{F_{\text{لورنز}} = q\, v\, B\, sin\theta}$$

سؤال نظري : أكتب العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية ؟

وحدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة المغناطيسية ، ثم بيّن متى تكون شدة القوة (عظمى - معدومة)

(دورة 2021)

❖ **العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية :** $\boxed{\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}}$

❖ **عناصر شعاع القوة المغناطيسية :**

❖ **نقطة التأثير:** الشحنة المتحركة.

❖ **الحامل:** عمودي على المستوي المحدد بشعاع السرعة وشعاع الحقل المغناطيسي .

❖ **الجهة:** حسب قاعدة اليد اليمنى : $(q\vec{v}, \vec{B}, \vec{F})$ **تحقق ثلاثية مباشرة**

4- نجعل اليد اليمنى موازية لشعاع سرعة الشحنة المتحركة

5- الأصابع بجهة $\vec{v}$ إذا كانت الشحنة موجبة وبعكس جهة $\vec{v}$ إذا كانت الشحنة سالبة

6- يخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف

7- فيشير الابهام إلى جهة $\vec{F}$ القوة المغناطيسية.

❖ الشدة: $\boxed{F_{\text{مغناطيسية}} = q\, v\, B\, sin\theta}$

✓ تكون شدة القوة المغناطيسية (قوة لورنز):

عظمى: $q\vec{v} \perp \vec{B}$ او $\theta = \frac{\pi}{2} rad$ معدومة: $q\vec{v} \,//\, \vec{B}$ $q\vec{v} \,//\, \vec{B}$ او $\theta = 0$

سؤال نظري : في تجربة يدخل الكترون بسرعة $\vec{v}$ إلى منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ ناظمي على شعاع السرعة $\vec{v}$

فيصبح مسار الالكترون دائري في منطقة الحقل ، المطلوب :

1. برهن أن حركة الإلكترون ضمن منطقة الحقل المغناطيسي المنتظم دائرية منتظمة؟
2. استنتج نصف قطر المسار الدائري لحركة الإلكترون؟
3. استنتج دور حركة هذا الإلكترون؟
4. ماذا تتوقع أن تكون حركة الإلكترون بعد خروجه من منطقة الحقل $\vec{B}$ ؟
5. كيف يكون شكل مسار الالكترون إذا دخل بسرعة $\vec{v}$ توازي $\vec{B}$

.1 الجملة المدروسة: الإلكترون يتحرك سرعته $\vec{B} \perp \vec{v}$.

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$

يهمل ثقل الإلكترون W_e لصغره امام قوة لورنز

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_{\text{المغناطيسية}} = m_e.\vec{a}$$

$$e\vec{v} \wedge \vec{B} = m_e.\vec{a} \Rightarrow \boxed{\vec{a} = \frac{e\vec{v}\wedge\vec{B}}{m_e}}$$

من خواص الجداء الشعاعي نجد أن $\vec{a} \perp \vec{v}$

$\vec{a}$ تسارع ناظمي (جاذب مركزي) أي **أن الحركة دائرية منتظمة**

.2 استنتاج نصف قطر المسار الدائري لحركة الإلكترون

القوة الجاذبة المركزية $F_{\text{المغناطيسية}} = F_c$

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_{\text{المغناطيسية}} = m_e.\vec{a}$$

$$e\ v\ B\ sin\theta = m_e.\ a_c$$

$$sin\theta = Sin\frac{\pi}{2} = 1 \quad ، \quad \text{التسارع الناظمي } a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow e.v.B = m_e\frac{v^2}{r} \xrightarrow{\text{نختصر}} \Rightarrow e.B = m_e\frac{v}{r} \xrightarrow{\text{نعزل } r}$$

علاقة نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الإلكترون ضمن منطقة الحقل المغناطيسي : $\boxed{r = \frac{m_e v}{eB}}$

.3 استنتاج دور حركة الإلكترون: من العلاقة :

$$T_{\text{الدور}} = \frac{2\pi}{\omega_{\text{السرعة الزاوية}}}$$

ولكن : $v = \omega.r \Rightarrow \omega = \frac{v}{r} \xrightarrow{\text{نعوض في علاقة الدور}} T = \frac{2\pi}{\frac{v}{r}}$

علاقة الدور : $\boxed{T = \frac{2\pi r}{v}}$

.4 تصبح حركة الإلكترون مستقيمة منتظمة لأن : بعد خروج الإلكترون من منطقة الحقل يكون:

$$B = 0 \Rightarrow F_{\text{مغناطيسية}} = 0$$

أي أن : $F_{\text{مغناطيسية}} = m.a = 0 \Rightarrow a = 0$

تسارع الإلكترون معدوم أي حركته عندئذ مستقيمة منتظمة .

سؤال نظري: في تجربة هلمهولتز لدينا ملفين دائريين متوازيين لهما المحور نفسه ، نمرر فيهما تيارين متساويين وبنفس الجهة

والمطلوب :
1. ماذا تلاحظ عند إمرار التيارين في الملفين ؟
2. عند تمرير حزمة الكترونية مستقيمة مسرّعة ناظمية على شعاع الحقل المغناطيسي بين الملفين ماذا تلاحظ معللاً إجابتك ؟

الحل :
1. يتولد حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ بين الملفين.
2. نلاحظ أن الحزمة الإلكترونية انحرفت عن مسارها المستقيم ليصبح مسارها دائري . لأن الحقل المغناطيسي يؤثر في الحزمة الإلكترونية بقوة مغناطيسية تكون دائماً عمودية على شعاع سرعتها أي أنها تكتسب تسارع ثابت يعامد شعاع السرعة $\vec{v}$ وبالتالي تكون حركتها دائرية منتظمة لأنها خضعت لتسارع جاذب مركزي أي حدث تغيير في حامل وجهة شعاع سرعة الحزمة لا في قيمته .

المسألة 14 عامة

نخضع إلكترونا يتحرك بسرعة $8 \times 10^3\ km.s^{-1}$ إلى تأثير حقل مغناطيسي منتظم **ناظمي** على شعاع سرعته شدته $B = 5 \times 10^{-3}T$ ، **المطلوب.**
1. وازن بالحساب بين شدة ثقل الإلكترون وشدة القوة المغناطيسية المؤثرة فيه، ماذا تستنتج.
2. برهن أن حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي هي حركة دائرية منتظمة ثم استنتج العلاقة المحددة لنصف القطر المسار الدائري واحسب قيمته.
3. احسب دور الحركة. علماً أن : $(e = 1.6 \times 10^{-19}\ , m_e = 9 \times 10^{-31}kg)$

الأجوبة : $(1)\ w_e \ll F_{\text{لورنز}}$ $\quad (2)\ r = 9 \times 10^{-3}m$ $\quad (3) T = \frac{9\pi}{4} \times 10^{-9} sec$

الحل: $v = 8 \times 10^3 km..s^{-1} = 8 \times 10^6 m.s^{-1}$ $\qquad B = 5 \times 10^{-2}T$

الحقل ناظمي على شعاع سرعة الإلكترون $\Leftarrow \theta = \frac{\pi}{2}$

-1 $W = m_e.g = 9 \times 10^{-31} \times 10 = 9 \times 10^{-30}N$

$$F = e(\vec{v} \wedge \vec{B}) = e.v.B.sin\theta$$
$$F = 1.6 \times 10^{-19} \times 8 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-6} \times sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$$
$$F = 1.6 \times 40 \times 10^{-15}$$
$$F = 64 \times 10^{-15}N$$

نلاحظ أن $W \ll F$ لذلك تهمل قوة ثقل الإلكترون أمام قوة لورنز .

-2 $\sum \vec{F} = m_e\vec{a}$

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

حسب خواص الجداء الشعاعي : $\begin{cases}\vec{a} \perp \vec{v} \\ \vec{a} \perp \vec{B}\end{cases} \Longleftarrow$ الحركة دائرية منتظمة

- القوة المؤثرة على الإلكترون توصف بأنها قوة جاذبة مركزية:

جاذبة مركزية $F = F_C$ مغناطيسية

$$evB.sin\theta = m_e.a_c$$
$$evBsin\theta = m_e\frac{v^2}{r}$$
$$r = \frac{m_e v}{e.B.sin\theta}$$
$$r = \frac{9\times10^{-31}\times8\times10^6}{1.6\times10^{-19}\times5\times10^{-3}\times1}$$
$$r = \frac{9\times10^{-9}}{2\times10^{-1}\times5} = \frac{9\times10^{-2}}{10}$$
$$r = 9 \times 10^{-3}m$$

-3 حساب الدور: $T = \frac{2\pi m_e}{eB}$

$$= \frac{2\pi\times9\times10^{-31}}{1.6\times10^{-19}\times5\times10^{-3}} \approx 7 \times 10^{-9}\ (s)$$

القوة الكهرطيسية (قوة لابلاس) وتطبيقاتها الأربعة

مدخل للقوة الكهرطيسية:

أي عند حركة الإلكترونات الحرة داخل السلك المعدني بسرعة ثابتة ستخضع لقوة مغناطيسية ، فتكون القوة الكهرطيسية مساوية جداء عدد الإلكترونات N في القوة المغناطيسية $\boxed{F_{\text{كهرطيسية}} = N_{\text{عدد الإلكترونات الحرة في السلك}} \times F_{\text{مغناطيسية}}}$

(بفرض أن طول السلك L، ومساحة مقطعه s، و الكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة فيه n، يكون عدد الإلكترونات الحرة N=nsL.)

$$n = \frac{N}{V} = \frac{N}{s.L} \Rightarrow N = nsL$$

سؤال نظري: انطلاقاً من العلاقة $F_{\text{كهرطيسية}} = N_{\text{عدد الإلكترونات الحرة في السلك}} \times F_{\text{مغناطيسية}}$

1. استنتج العلاقة المعبرة عن شدة القوة الكهرطيسية
2. ما العوامل المؤثرة في شدة القوة الكهرطيسية

الحل :

1. $F_{\text{كهرطيسية}} = N_{\text{عدد الإلكترونات الحرة في السلك}} \times F_{\text{مغناطيسية}}$

ولكن : $F_{\text{مغناطيسية}} = e\,v\,B\,\sin\theta$

$\Rightarrow F_{\text{كهرطيسية}} = Ne\,v\,B\,\sin\theta$

نعوض $\left(v = \frac{L}{\Delta t}\right)$ ..... $(Ne = q)$ في المعادلة السابقة :

$F_{\text{كهرطيسية}} = q.\frac{L}{\Delta t}\,B\,\sin\theta$

نعوض $\left(I = \frac{q}{\Delta t}\right)$ في العلاقة السابقة نجد :

شدة القوة الكهرطيسية : $\boxed{F_{\text{كهرطيسية}} = IL\,B\,\sin\theta}$

2. **العوامل المؤثرة في شدة القوة الكهرطيسية:**

تتناسب شدة القوة الكهرطيسية طرداً مع :

- I : شدة التيار الكهربائي المار في السلك الناقل .
- B : شدة الحقل المغناطيسي المنتظم .
- L : طول الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم
- $\sin\theta$: حيث θ هي الزاوية بين $I\vec{L}$ وشعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ $\quad \theta = (\widehat{I\vec{L},\vec{B}})$

ملاحظة : شدة القوة الكهرطيسية من أجل N لفة: $\boxed{F_{\text{كهرطيسية}} = NIL\,B\,\sin\theta}$

سؤال نظري: أكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية . ثم حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية ثم بيّن متى تكون شدة القوة (عظمى – معدومة)

✓ **العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية** $\boxed{\vec{F} = I\vec{L} \wedge \vec{B}}$

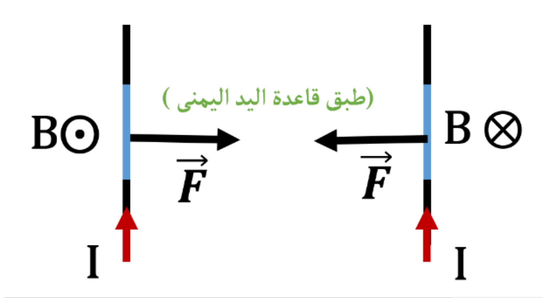
✓ **عناصرشعاع القوة الكهرطيسية :**

❖ **نقطة التأثير:** منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم.

❖ **الحامل:** عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم

❖ **الجهة:** حسب قاعدة اليد اليمنى تحقق $(I\vec{L}, \vec{B}, \vec{F})$ **ثلاثية مباشرة**

- نجعل اليد اليمنى موازية للناقل المستقيم :
- يدخل التيار الكهربائي من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع
- يخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف .
- يشير الإبهام إلى جهة $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية



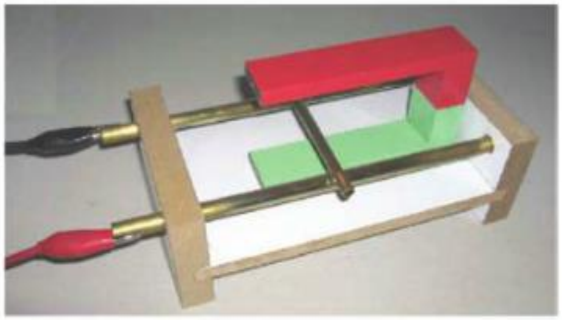
❖ الشدة: $\boxed{F = I.L.B.\sin\theta \quad \theta: (\widehat{I\vec{L},\vec{B}})}$

تكون شدة القوة الكهرطيسية

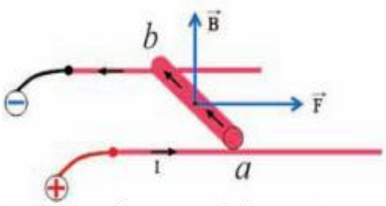
❖ عظمى : $I\vec{L} \perp \vec{B}$, $\theta = \frac{\pi}{2} rad$

❖ معدومة: $I\vec{L} // \vec{B}$, $\theta = 0$

تجربة السكتين الكهرطيسية

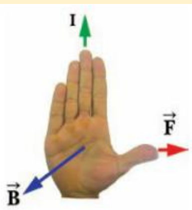


(a) تجربة السكتين الكهرطيسية



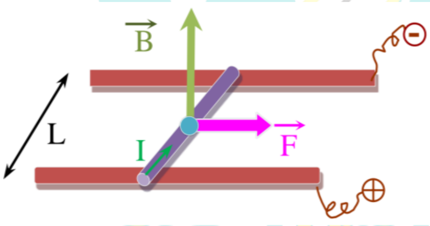
(b) رسم تخطيطي لتجربة السكتين الكهرطيسية

سؤال نظري: في تجربة السكتين الكهرطيسية تستند ساق نحاسية متجانسة إلى سكتين معدنيتين أفقيتين ، ويؤثر حقل مغناطيسي منتظم شاقولي على الساق بكاملها ، نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً في الدارة **والمطلوب**



1. اشرح ماذا يحدث عند إغلاق الدارة ثم أرسم شكلاً توضيحياً تبيّن فيه جهة كل من الأشعة $(I\vec{L},\vec{B},\vec{F})$
2. اقترح طريقة لزيادة سرعة تدحرج الساق
3. ماذا تتوقع أن يحدث عند زيادة شدة التيار الكهربائي المار في الساق أو زيادة شدة الحقل المغناطيسي ؟
4. ماذا تتوقع أن يحدث عند عكس جهة التيار الكهربائي أو جهة المغناطيسي ؟
5. بيّن تحولات الطاقة في التجربة وما المبدأ التي عملت به ؟
6. ماذا تتوقع أن يحدث إذا خضعت الساق إلى حقل مغناطيسي أفقي منتظم ؟

الحل :



1- تتحرك الساق على السكتين تحت تأثير قوة كهرطيسية تعمل على تحريك الساق وفق حاملها وجهتها بسرعة ثابتة .

2- نستطيع زيادة سرعة تدحرج الساق بزيادة شدة التيار الكهربائي أو زيادة شدة الحقل المغناطيسي .لأن شدة القوة الكهرطيسية تتناسب طرداً مع $(I \text{ ، } B)$ وفق العلاقة :

$$\boxed{F_{\text{كهرطيسية}} = IL\,B\,\sin\theta}$$

3- توقع زيادة سرعة تدحرج الساق لأنه بزيادة شدة التيار أو شدة الحقل المغناطيسي سوف تزداد شدة القوة الكهرطيسية فتزداد الاستطاعة الميكانيكية للساق أي زيادة في سرعتها

4- أتوقع انعكاس جهة حركة الساق لأنه عند عكس جهة التيار الكهربائي أو جهة الحقل المغناطيسي سوف تنعكس جهة القوة الكهرطيسية فنلاحظ تدحرج الساق النحاسية باتجاه معاكس للجهة الأصلية .

5- تتحول الطاقة من طاقة كهربائية إلى طاقة ميكانيكية (حركية) وفق مبدأ (المحرك الكهربائي)

سؤال نظري: استنتج عبارة عمل القوة الكهرطيسية في تجربة السكتين الكهرطيسية ، ثم أكتب نص نظرية مكسويل

تنتقل نقطة تأثير القوة الكهرطيسية وفق حاملها وجهتها مسافة ΔX فتنجز عملاً محركاً (موجباً) $W > 0$

$$\mathbf{W}_{\text{العمل}} = \mathbf{F}_{\text{القوة}} . \mathbf{\Delta x}_{\text{الانتقال}}$$

$$W = ILB\sin\theta \,.\, \Delta x$$

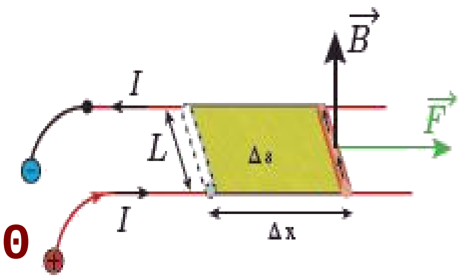
ولكن : $\sin\theta = \sin\frac{\pi}{2} = 1$

Δs: السطح الذي تمسحه الساق : $\Delta s = L.\Delta x$

فيصبح العمل : $W = IB.\Delta s$

فيتغير التدفق أي أنه يزداد : $\Delta\phi = B.\Delta s > 0$

(عمل مكسويل) : $\boxed{\mathbf{W = I.\Delta\phi > 0}}$



نص نظرية مكسويل: عندما تنتقل دارة كهربائية أو جزء من دارة كهربائية مغلقة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم فإن عمل القوة الكهرطيسية المسببة لذلك الانتقال يساوي جداء شدة التيار في الدارة في تزايد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها.

شرط التوازن الإنسحابي: $\sum \vec{F} = \vec{0}$ نعوض بعد إسقاط الأشعة على محور موجه هو:

$$P_{\text{الاستطاعة}} = \frac{W_{\text{العمل}}}{t_{\text{الزمن}}}$$

في جميع المسائل $(4\pi = 12.5،\ \pi^2 = 10\ ،\ g = 10m.s^{-2})$

المسألة الأولى (درس)

في تجربة السكتين الكهرطيسية، تستند ساق نحاسية كتلتها $16g$ إلى سكتين أفقيتين حيث يؤثر على $4cm$ من الجزء المتوسط منها حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $10^{-1}T$ ويمر بها تيار شدته $40A$. المطلوب:

1- حدد بالكتابة و الرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية، ثم احسب شدتها.

2- احسب قيمة العمل الذي تنجزه القوة الكهرطيسية عندما تنتقل الساق مسافة $15\ cm$.

3- إضافي : أحسب الاستطاعة الميكانيكية الناتجة خلال $2sec$

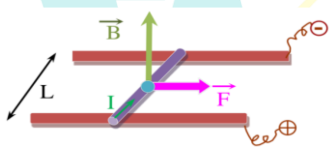
4- احسب قيمة الزاوية التي يجب إمالة السكتين بها عن الأفق حتى تتوازن الساق والدارة مغلقة (بإهمال قوى الاحتكاك).

الأجوبة:

$(1)\ F = 16 \times 10^{-2}N \quad (2)\ W = 24 \times 10^{-3}J$ إضافي $(3)\ p = 12 \times 10^{-3}watt \quad (4)\ \alpha = \frac{\pi}{4}\ rad$

1. عناصر شعاع القوة الكهرطيسية :

- ❖ **نقطة التأثير:** منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم.
- ❖ **الحامل:** عمودي على المستوى المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم
- ❖ **الجهة:** حسب قاعدة اليد اليمنى تحقق $(I\vec{L}, \vec{B}, \vec{F})$ ثلاثية مباشرة
  - نجعل اليد اليمنى موازية للناقل المستقيم :
  - يدخل التيار الكهربائي من الساعد ويخرج من أطراف الأصابع
  - يخرج شعاع الحقل المغناطيسي من راحة الكف .
  - يشير الإبهام إلى جهة $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية



- ❖ **الشدة:** $\boxed{F = I.L.B.\sin\theta \quad \theta: (I\vec{L}, \vec{B})}$

$$F = 40 \times 4 \times 10^{-2} \times 0.1 \times 1$$
$$F = 16 \times 10^{-2}N$$

2) حساب العمل من العلاقة: $W = F.\Delta x$ ولكن: $\Delta x = v.t$

$$\Longrightarrow W = 16 \times 10^{-2} \times 15 \times 10^{-2}$$
$$W = 24 \times 10^{-3}J$$

3) الجملة المدروسة: الساق المتوازنة.

القوة المؤثرة: $\vec{F}$: القوة الكهرطيسية.

- $\vec{W}$: ثقل الساق.
- $\vec{R}$: رد فعل السكتين.

بما أن الساق ساكنة:

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$
$$\vec{W} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور $\overrightarrow{x'x}$:

$$W\,sin\alpha - Fcos\alpha + 0 = 0$$

(مسقط $\vec{R}$ معدوم لأنه عمودي على مستوي السكتين)

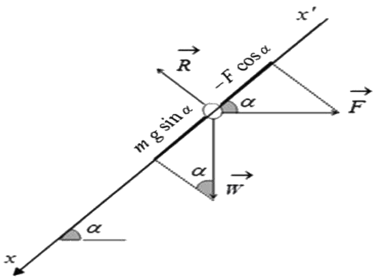
$$W\,sin\alpha = Fcos\alpha$$

$$mg\,\frac{sin\alpha}{cos\alpha} = ILBsin\theta$$

$$tan\alpha = \frac{40\times4010^{-2}\times0.1\times1}{16\times10^{-3}\times10} = 1$$

$$\Longrightarrow \alpha = \frac{\pi}{4}rad$$

الرسم :



مسألة خارجية (دورات) (شبيه دورة 1993 – 1998 – 2015 الأولى والثانية – 2021 أولى)

يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

نجري تجربة السكتين الكهرطيسية حيث يبلغ طول الساق النحاسية المستندة إلى السكتين الأفقيتين **(L=8cm)** تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شاقولي ، شدته **(B=10^{-2} T)** ، ويمر فيها تيار كهربائي متواصل ، شدته **(20A)** .

1- احسب شدة هذه القوة وضح بالرسم كلاً جهة كل من **(جهة التيار** ، $\vec{B}$ ، $\vec{F}$) .

2- احسب عمل القوة الكهرطيسية لو انتقلت الساق بسرعة ثابتة **(0.2m.s^{-1})** خلال **(2s)** ، واحسب الاستطاعة الميكانيكية الناتجة .

3- نميل السكتين على الأفق بزاوية ، مقدارها **(0.1 rad)** ، احسـب شدة التيار الواجب تمريره في الدارة لتبقى الساق ساكنة علماً أن كتلتها **(40g)** (بإهمال قوى الاحتكاك) ، ثم احسـب قيمة فرق الكمون المطبـق على الدارة إذا كانت مقاومتها **(R = 0.5Ω)** .

الأجوبة: $(1)\ F = 16\times10^{-3}N \quad (2)\ W = 64\times10^{-4}J,\ p = 32\times10^{-4}watt \quad (3)\ I = 50\,A\,, U = 25\,Volt$

المسألة 12 عامة :

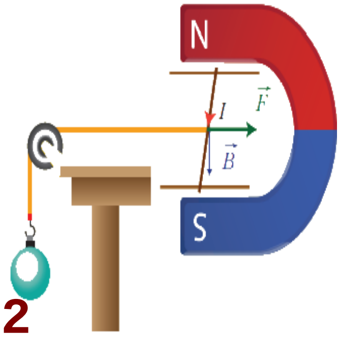
في الشكل المجاور تستند ساق نحاسية طولها $10cm$ وكتلتها $20\ g$ على سكتين نحاستين أفقيتين وتخضع بكاملها لحقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $B = 8\times10^{-2}\ T$ ويمر ها تيار كهربائي متواصل شدته $25\ A$ ولحفاظ على **توازن** هذه الساق نعلق في مركز ثقلها خيط لا يمتط كتلته مهملة مربوط بكتلة، **المطلوب حساب:**

1- كتلة الجسم المعلق.

2- شدة قوة رد فعل السكتين على الساق.

المعطيات :

الحل:



1- يؤثر على الساق:

- $\vec{W}$ قوة ثقل الساق
- $\vec{R}$رد فعل السكتين على الساق
- $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية
- $\vec{T_1}$ قوة توتر الخيط
- الساق متوازنة أي : $\sum\vec{F} = \vec{0}$

$$\overrightarrow{W}+\vec{F}+\vec{R}+\vec{T}=\vec{0}$$

بالإسقاط على محور أفقي بجهة القوة الكهرطيسية

$$-T+F=0$$

$$T=F \quad (1)$$

يؤثر على الكتلة:

- $\overrightarrow{W'}$ قوة ثقل الكتلة .
- $\vec{T}$ قوة توتر الخيط

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$\boldsymbol{W'-T=0}$$

$$\boldsymbol{T=W'} \quad (2)$$

بمساواة العلاقتين (1) و (2) :

$$\Rightarrow \boldsymbol{F=W'}$$

$$\boldsymbol{F=m'.g \Rightarrow m'=\frac{F}{g}}$$

$$\boldsymbol{m'=\frac{ILB.\sin\theta}{g}}$$

$$\boldsymbol{m'=\frac{25\times10^{-1}\times8\times10^{-2}\times\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)}{10}}$$

$$\boldsymbol{m'=200\times10^{-4}=2\times10^{-2}kg}$$

-2 **الساق متوازنة أي:** $\sum\vec{F}=\vec{0}$

$$\overrightarrow{W}+\vec{F}+\vec{R}+\vec{T}=\vec{0}$$

بالاسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل:

$$\boldsymbol{-W+R=0 \Rightarrow R=W}$$

$$\boldsymbol{R=mg=2\times10^{-2}\times10}$$

$$\boldsymbol{R=0.2N}$$

المسألة 13 عامة :

تيار كهربائي شدته $\boldsymbol{20\ A}$ يمر في سلك مستقيم طوله $\boldsymbol{10Cm}$ فإذا وضع الشلك كاملاً في حقل مغناطيسي شدته $2\times10^{-3}T$ وكان يصنع السلك مع خطوط الحقل المغناطيسي زاوية $\boldsymbol{30°}$ **احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في السلك.**

الأجوبة : $\boldsymbol{F=2\times10^{-3}N}$

الحل:

$$\boldsymbol{F=I.L.B\sin\theta}$$

$$\boldsymbol{F=20\times10^{-1}\times2\times10^{-3}\times\frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{F=2\times10^{-3}N}$$

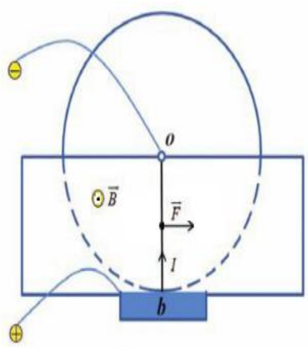
2 تجربة دولاب بارلو

دولاب بارلو : هو عبارة عن قرص شاقولي خفيف من النحاس يمكنه الدوران حول محور أفقي مار من مركزه ، ونجعل نهايته السفلية تلامس زئبقاً موضوع في حوض ، ثم نمرر في الدولاب تياراً كهربائياً متواصلاً ونخضع نصف قرصه السفلي إلى تأثير حقل مغناطيسي أفقي منتظم ،فيدور الدولاب بسرعة زاوية ثابتة ويحول الطاقة الكهربائية المقدمة له إلى طاقة حركية كما مبدأ (المحرك الكهربائي)

سؤال نظري قمت بدراسة تجريبية لتأثير الحقل المغناطيسي المعامد لدولاب بارلو والذي يمر فيه تيار متواصل والمطلوب :

1. ما سبب دوران الدولاب.
2. اقترح طريقة لزيادة سرعة الدوران.
3. ماذا تتوقع أن يحدث عند زيادة شدة التيار الكهربائي المار في الدولاب أو زيادة شدة الحقل المغناطيسي ؟
4. ماذا تتوقع أن يحدث عند عكس جهة التيار الكهربائي أو جهة المغناطيسي ؟
5. ماذا تتوقع لو خضع الدولاب بكامله لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم

الحل :

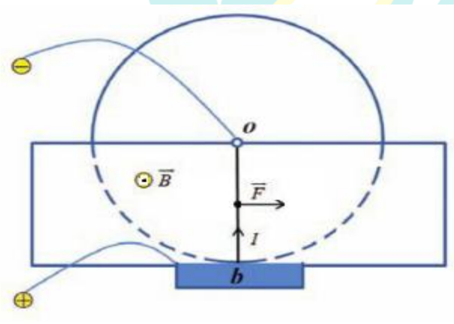


1. سبب دوران الدولاب هو عزم القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب .
2. نستطيع زيادة سرعة الدوران بزيادة شدة التيار الكهربائي أو زيادة شدة الحقل المغناطيسي لأن شدة القوة الكهرطيسية تتناسب طرداً مع $(I ، B)$ وفق العلاقة : $\boxed{F_{\text{كهرطيسية}} = Ir\,B\,sin\theta}$
3. أتوقع زيادة سرعة دولاب الدولاب لأنه بزيادة شدة التيار أو شدة الحقل المغناطيسي سوف تزداد شدة القوة الكهرطيسية ويزداد عزمها فتزداد الاستطاعة الدورانية للدولاب أي زيادة في سرعته
4. أتوقع انعكاس جهة دوران الدولاب لأنه عند عكس جهة التيار الكهربائي أو عكس جهة الحقل المغناطيسي سوف تنعكس جهة القوة الكهرطيسية فنلاحظ دوران الدولاب باتجاه معاكس للجهة الأصلية
5. لا يدور الدولاب لأن حامل القوة الكهرطيسية عندئذٍ يلاقي محور الدوران فعزم القوة معدوم فلا يدور الدولاب

سؤال نظري: في تجربة دولاب بارلو أكتب العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية ثم حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب

✓ **العبارة الشعاعية للقوة الكهرطيسية** $\boxed{\vec{F} = I\vec{r} \wedge \vec{B}}$

✓ **عناصر شعاع القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب :**



❖ **نقطة التأثير:** منتصف نصف القطر الشاقولي السفلي الخاضع للحقل المغناطيسي المنتظم

❖ **الحامل:** عمودي على المستوي المحدد بنصف القطرالسفلي لشاقولي وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم .

❖ **الجهة:** حسب قاعدة اليد اليمنى

-3 نضع اليد اليمنى موازية لنصف القطر السفلي الشاقولي

-4 يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع

-5 يخرج شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ من باطن الكف

-6 فيشير الإبهام إلى جهة $\vec{F}$ بحيث الأشعة $(I\vec{r}،\vec{B}\vec{F}،)$ ثلاثية قائمة.

❖ **الشدة :** لكن: $L = r$ $\boxed{F = IrB.Sin\theta}$

تطبيق خارجي : في دولاب بارلو عزم القوة الكهرطيسية $\mathbf{0.1\ m.N}$ ويدور الدولاب بسرعة **تقابل** $\frac{10}{\pi}$دورة بالثانية ، أحسب استطاعته الدورانية

المعطيات: $\Gamma = 0.1\, m.N = 10^{-1} m.N$

$$f = \frac{10}{\pi}\ \frac{\text{دورة}}{\text{ثانية}}$$

$$P = \Gamma.\omega = \Gamma(2\pi f) = 10^{-1} \times \pi \times \frac{10}{\pi}$$

$$P = 2\ watt$$

الاستطاعة الميكانيكية — $P: (watt)$

$P: \frac{W}{t}$ $\frac{\text{عمل}}{\text{زمن}}$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.d}{t} = F.v$$

الاستطاعة الدورانية (بارلو)

$$P = \underbrace{\Gamma}_{\text{عزم القوة}} . \underbrace{\omega}_{\text{سرعة زاوية}}$$

ω: $2\pi f$ ، $\frac{2\pi}{T}$ ، $\omega = \frac{v}{r}$

$$\underbrace{W}_{\text{عمل القوة}} = \underbrace{P}_{\text{الاستطاعة}} . \underbrace{t}_{\text{الزمن}}$$

الاستطاعة الانسحابية (السكتين)

$$P = \underbrace{F}_{\text{قوة}} . \underbrace{v}_{\text{سرعة خطية}}$$

$$\underbrace{W}_{\text{عمل القوة}} = \underbrace{F}_{\text{قوة}} . \underbrace{dx}_{\text{انتقال}} \rightarrow dx = v.\Delta t$$

المسألة الرابعة (درس):

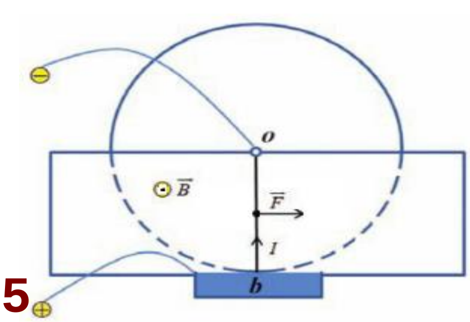
دولاب بارلو قطره $20cm$ ، يمرر فيه كهربائي متواصل I، ويخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم شدته $B = 10^{-2}T$، فيتأثر الدولاب بقوة كهرطيسية شدتها $F = 4 \times 10^{-2}N$ ، **المطلوب:**

1- بين بالرسم جهة كل من $(\vec{F}, \vec{B}, \overrightarrow{Ir})$.
2- احسب شدة التيار المار في الدولاب.
3- احسب عزم القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب.
4- احسب قيمة الكتلة الواجب تعليقها على طرف نصف القطر الأفقي للدولاب لمنعه عن الدوران.

الأجوبة: $(2)\quad I = 40\,A$ $(3)\quad \Gamma = 2 \times 10^{-3} m.N$ $(4)\quad m' = 2 \times 10^{-3} kg$

الرسم :

1)



2) $F = I.r.B.sin\theta$

$$4 \times 10^{-2} = I \times 10 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times 1$$

$$I = \frac{4\times10^{-2}}{10\times10^{-4}} = 40\,A$$

3) $\Gamma = \frac{r}{2}F$

$$\Gamma = \frac{10\times10^{-2}}{2} \times 4 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-3} m.N$$

4) جملة المقارنة: خارجية
الجملة المدروسة: الدولاب المتوازن.
القوى الخارجية المؤثرة:

- $\overrightarrow{W}$ ثقل الدولاب.
- $\overrightarrow{F}$ القوة الكهرطيسية.
- $\overrightarrow{R}$ رد فعل محور الدوران.
- $\overrightarrow{W'}$: ثقل الكتلة المضافة.

من شرط التوازن الدوراني: $\sum \Gamma_{\vec{F}} = 0$

$$\Rightarrow \vec{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W'}/\Delta} = 0$$

لكن: $\vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W}/\Delta} = 0$ و $\vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$ لأن حامل كل من $\overrightarrow{W}$ و $\vec{R}$ يلاقيان محور الدورانΔ

$$\Rightarrow \frac{r}{2}F + 0 + 0 - r.mg = 0$$

$$\frac{1}{2}F = mg$$

$$\Rightarrow m = \frac{F}{2g} = \frac{4\times10^{-2}}{2\times10} = 2\times10^{-3}$$

مسألة خارجية:

دورات: (دورة 2013 - 2009) يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

دولاب بارلو نصف قطر قرصه (r=10 cm) نمرر فيه تياراً كهربائياً ، شدته (I=5A) ، ونخضع نصف القرص السفلي لحقل مغناطيسي أفقي منتظم ، شدته $(B = 2\times10^{-2}T)$ والمطلوب

1. **احسب شدة القوة الكهرطيسية .التي يخضع لها الدولاب**
2. **احسب عزم القوة الكهرطيسية المؤثرة في الدولاب .**
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**
5. **إضافي : ماقيمة الكتلة الواجب إضافتها لطرف نصف القطر الأفقي للدولاب حتى يبقى ساكناً ؟**

الأجوبة: $(1)\ \mathrm{F} = 10^{-2}N$ $(2)\ \Gamma = 5\times10^{-4}m.N$

$(3)\ \mathrm{p} = 5\times10^{-3}\ watt$ $(4)\ W = 2\times10^{-2}J$

$(5)\ m' = 5\times10^{-4}kg$

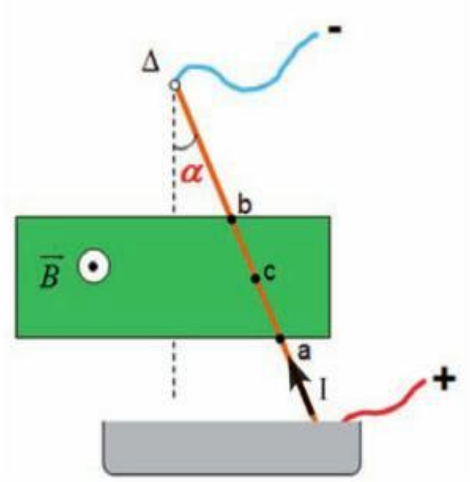
3 تجربة انحراف السلك :

المسألة الثانية (درس) :

نعلق سلكاً نحاسياً ثخيناً طوله $60\ cm$ وكتلته $50g$ من طرفه العلوي شاقولياً، ونغمس طرفه السفلي في حوض يحتوي الزئبق. نمرر تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10A$، حيث يؤثر حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $B = 3 \times 10^{-2}T$ على قطعة منه، طولها $4cm$ يبعد منتصفها عن نقطة التعليق $50cm$. والمطلوب :

7- استنتج العلاقة المحددة لزاوية انحراف السلك عن الشاقول بدلالة أحد نسبها المثلثية، ثم احسبها. (موضحاً بالرسم)

الأجوبة : $\boxed{\alpha = 4 \times 10^{-2} rad}$



الحل:

جملة المقارنة: خارجية ، الجملة المدروسة: الساق المتوازنة

القوى المؤثرة بالساق:

1- $\vec{F}$: القوى الكهرطيسية.

2- $\vec{W}$: ثقل الساق.

3- $\vec{R}$: رد فعل محور الدوران

ثانياً: استنتاج زاوية الدوران:

من شرط التوازن الدوراني: $\sum \Gamma_{\vec{F}} = 0$

$$\Rightarrow \vec{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$$

$\vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$ لأن حامل $\vec{R}$ يلاقي محور الدوان.

$$\Rightarrow -(oc\ sin\alpha)W + (oe).F = 0$$

$$-(oc\ sin\alpha)mg + (oe).ILBsin\frac{\pi}{2} = 0$$

$$\Rightarrow (oc\ sin\alpha)mg = (oe).ILBsin\frac{\pi}{2}$$

$$sin\alpha = \frac{(oe).ILB}{(oc)mg} = \frac{50\times10^{-2}\times10\times4\times10^{-2}\times3\times10^{-2}}{30\times10^{-2}\times50\times10^{-3}\times10}$$

$$sin\alpha = 4 \times 10^{-2} < 0.24 \Rightarrow \alpha \approx sin\alpha$$

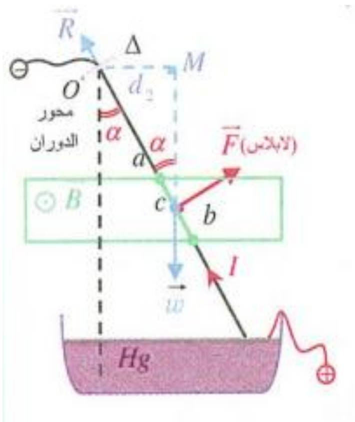
$$\Rightarrow \alpha = 4 \times 10^{-2} rad$$

مسألة خارجية يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

لدينا في التجربة الموضحة في الشكل المجاور :

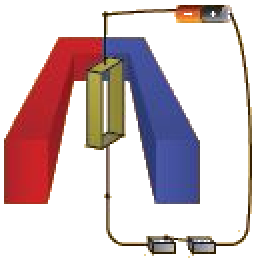
ساق نحاسية متجانسة شاقولية كتلتها $m = 50\ g$ معلقة من نهايتها العلوية بمحور Δ أفقي يمكن أن تدور حوله بحرية . نغمس نهايتها السفلية في زئبق موضوع في حوض ، ونمرر فيه تياراً كهربائياً متواصلاً شدته I ، و يؤثر حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $(B = 5 \times 10^{-2}\ T)$

في الجزء $(ab = L = 2\ cm)$ في القسم المتوسط من الساق . المطلوب: حدد على الرسم القوى المؤثرة في الساق ،و استنتج العلاقة المحددة للتيار الواجب امراره في الساق حتى تنحرف عن وضع الشاقول بزاوية $\alpha = 0.1rad$ ثم تتوازن ، واحسب شدته . **الأجوبة:** $\boxed{I = 50\ A}$



4 تجربة المقياس الغلفاني ذو الاطار المتحرك

سؤال نظري: صِف الإطار المتحرك ضمن حقل مغناطيسي منظم وماهو مبدأ عمله ؟ واكتب نص قاعدة التدفق الأعظمي .



- **الوصف :** ملف على شكل اطار مستطيل مؤلف من N لفة يتصل أحد طرفيه بسلك معدني رفيع شاقولي ثابت فتله K والطرف الآخر بسلك لين عديم الفتل. ويمكن للإطار الدوران حول محور شاقولي ماراً من مركزه داخل حقل مغناطيس نضوي محيطاً بنواة حديد **ويكون مستوى الاطار يوازي $\vec{B}$ عندما $\theta = \frac{\pi}{2}$ (بين ناظم الإطار وخطوط الحقل)**
- **مبدأ عمله:** دوران دارة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي (تحقيق قاعدة التدفق الأعظمي)

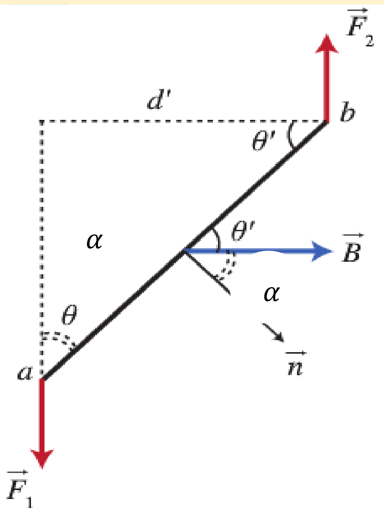
عمله: لحظة إمرار التيار الكهربائي في الاطار ينشأ قوى كهرطيسية في أضلاعه الأربعة

- **في الضلعين الأفقيتين** : تكون شدة القوة الكهرطيسية معدومة لأن : $I\vec{L} \mathbin{//} \vec{B}$
- **في الضلعين الشاقولتين** : تكون شدة القوة الكهرطيسية عظمى لأن : $I\vec{L} \perp \vec{B}$

فتنشأ قوتين كهرطيسيتين متوازيتين حاملاً متعاكسيتين جهةً متساويتين شدةً تسمى المزدوجة الكهرطيسية تعمل على تدوير الإطار لتحقيق قاعدة التدفق الأعظمي

نص قاعدة التدفق الأعظمي : إذا أثر حقل مغناطيسي في دارة كهربائية مغلقة حركة الحركة ، تحركت الدارة بحيث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها من وجهها الجنوبي وتستقر في وضع التدفق المغناطيسي الأعظمي .

سؤال نظري استنتج عبارة عزم المزدوجة الكهرطيسية:



$$\Gamma_{\Delta\,\text{عزم المزدوجة الكهرطيسية}} = d'_{\text{ذراع المزدوجة}} . F_{\text{إحدى القوتين}}$$

d': ذراع المزدوجة (البعد العمودي بين حاملي القوتين)

ولكن من المثلث المجاور:

$$\sin\alpha = \frac{d'\,(\text{المقابل}\ \text{ذراع المزدوجة})}{ab\,(d\ \text{نفسه عرض الإطار}\ \text{الوتر})} \Rightarrow d' = ab\sin\alpha$$

وأيضاً : $F = NILB\sin\frac{\pi}{2}$

نعوّض الذراع والقوة فنجد : $\bar{\Gamma}_\Delta = d.\sin\alpha\ NILB$

$$\Rightarrow \bar{\Gamma}_\Delta = NI\mathbf{L}B\mathbf{d}\sin\alpha$$

ولكن مساحة الإطار S تساوي الطول L ضرب العرض d : $S = L.d$

عزم المزدوجة الكهرطيسية : $\boxed{\bar{\Gamma}_\Delta = \mathbf{NISB}\sin\alpha\ :\ \alpha = (\widehat{\vec{B},\vec{n}})}$

سؤال نظري أكتب عبارة شعاع العزم المغناطيسي ثم حددعناصره وكيف تصبح عبارة عزم المزدوجة الكهرطيسية شعاعياً

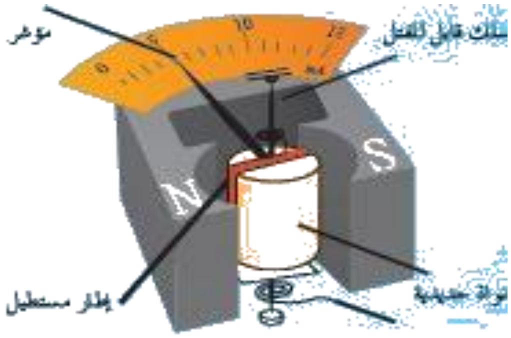
✓ العبارة الشعاعية : $\boxed{\vec{M} = NI\vec{s}}$ ❖ **نقطة التأثير** : مركز الملف - **الحامل** : ناظم الملف ❖ **الجهة** : بجهة إبهام يد يمنى تلتف أصابعها بجهة التيار ❖ **الشدة** : $\boxed{M = NIs}$	✓ عزم المزدوجة الكهرطيسية : $\boxed{\bar{\Gamma}_\Delta = \mathbf{NISB}\sin\alpha}$ $\xRightarrow{M=NIs} \bar{\Gamma}_\Delta = \mathbf{M.B}\sin\alpha$ **العبارة الشعاعية لعزم المزدوجة الكهرطيسية** : $\boxed{\vec{\Gamma}_\Delta = \vec{M} \wedge \vec{B}}$

ملاحظة بتعليق الإطار بسلك فتل يصبح مقياس غلفاني ينشأ فيه عزم مزدوجة الفتل

(عزم إرجاع : يحاول إرجاع الإطار إلى وضعه السابق) : $\bar{\Gamma}' = -k\theta'$ k ثابت فتل السلك وَ θ' زاوية دوران الإطار

(**المقياس الغلفاني** : جهاز يقيس شدات التيارات الصغيرة بدلالة زاوية دوران صغيرة)

سؤال نظري انطلاقاً من العلاقة $\overline{\Gamma}_{\Delta\ \text{مزدوجةكهرطيسية}} + \overline{\Gamma'}_{\text{مزوجة فتل}} = 0$ استنتج زاوية دوران إطار θ' للمقياس الغلفاني بدلالة التيار الكهربائي I، وكيف تزيد حساسية المقياس ؟ (دورة 2015 الثانية)



شرط التوازن الدوراني : المجموع الجبري لعزوم القوى معدوم $\sum \overline{\Gamma}_{\vec{F}} = 0$

$$\overline{\Gamma}_{\Delta\ \text{مزدوجةكهرطيسية}} + \overline{\Gamma'}_{\text{مزوجة فتل}} = 0$$

ولكن : $\overline{\Gamma'} = -k\theta'$ وَ $\overline{\Gamma}_{\Delta} = NISB\sin\alpha$

نعوض العزوم فنجد : $NISB\sin\alpha - k\theta' = 0$

$$NISB\sin\alpha = k\theta'$$

ولكن: $\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2}$ متتامتان

$$\sin\alpha = \cos\theta'$$

بفرض θ' صغيرة بالتالي: $\cos\theta' \approx 1$

$$NISB = k\theta'$$

زاوية دوران الإطار : $\Rightarrow \boxed{\theta' = \frac{NBS}{k} I}$

$\theta' = GI$ حيث $\boxed{G = \frac{NBS}{k}}$ ثابت المقياس الغلفاني

نتيجة: ولزيادة حساسية الجهاز (المقياس) يجب زيادة G وذلك بإنقاص ثابت فتل سلك الفتل k وذلك باستبدال سلك الفتل بسلك أرفع منه من المادة نفسها

ملاحظات لحل مسائل الإطار

1- أحسب شدة القوة الكهرطيسية في الأضلاع الأربعة: - الضلعين الأفقيين: $I\vec{L} \parallel \vec{B}$ $\sin\theta = 0 \Longrightarrow F = 0$ • بشرط إمرار التيار - الضلعين الشاقولين: $I \perp \vec{B}$ $\sin\theta = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow F = NILB\sin\frac{\pi}{2} : F(N)$	**2- احسب عزم المزدوجة الكهرطيسية** $(m.N)\ \overline{\Gamma}_{\Delta} = NISB\sin\alpha$ • بشرط إمرار التيار $\theta' = 0 \Leftarrow \alpha = 90°$ • بعد دورانه بزاوية $\theta' = 30° \Leftarrow \alpha = 60°$ $\alpha + \theta' = 90°$
3 – احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية $W = I.\Delta\Phi$ $= I(\Phi_2 - \Phi_1)$ حيث: W : واحدته الجول (J)	**4- احسب التدفق المغناطيسي** $\Phi = NBS\cos\alpha$ • خطوط الحقل المغناطيسي ‖ مستوي الإطار $\Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} rad$ • توازن مستقر $\Leftarrow \alpha = 0$ $\theta' = 90°$ حيث: Φ واحدته $Weber$
5- العزم المغناطيسي $M = NIS$ $\sum \Gamma' = 0$ $NIS'B = k\theta'$ حيث: M واحدته: $A.m^2$	**6- ثابت المقياس الغلفاني:** $\overbrace{G = \theta/I \qquad G = NSB/k}^{G}$

المسألة 16 عامة:

ملف مستطيل مساحته $200\ cm^2$ يتكون من 100 لفة يمر فيه تيار شدّته $3A$ ، وضع في حقل مغناطيسي منتظم شدّته $0.1T$ أحسب عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة عليه عندما يكون مستوى الملف يصنع زاوية 60° مع خطوط الحقل المغناطيسي .

الحل:

$$\theta' + \alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} - \theta'$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{6} rad$$

$$\Gamma = NISBsin\alpha = 100 \times 3 \times 2 \times 10^{-2} \times 10^{-1} \times \frac{1}{2}$$

$$\Gamma = 0.3\ m.N$$

المسألة الثالثة (درس) :

إطار مستطيل الشكل يحتوي 100 **لفة** من سلك نحاسي معزول مساحته $4\pi cm^2$.

a. نعلق الإطار بسلك عديم الفتل شاقولي، ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $B = 4 \times 10^{-2}\ T$، خطوطه توازي مستوي الإكار الشاقولي، نمرر في الإطار تياراً شدته $\frac{1}{10\pi} A$ **المطلوب حساب :**

1. عزم المزدوجة الكهرطيسية التي يخضع لها الإطار 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 المغنطيسي السابق، ونمرر تياراً شدته $2mA$، فيدور الإطار زاوية $30°$، **ثم يتوازن.**

المطلوب:

1. احسب التدفق المغناطيسي في الإطار عندما يتوازن.
2. استنتج العلاقة المحددة لثابت فتل سلك التعليق انطلاقاً من شرط التوازن الدوراني، ثم احسب قيمته. (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي).

الأجوبة : (a) $(1)\ \emptyset = 8\pi \times 10^{-4} we$ $(2)\ w = 16 \times 10^{-5} J$

(b) $(1)\ \overline{\Gamma}_\Delta = 16 \times 10^{-5} m.N$ $(2)\ k = 96\sqrt{3} \times 10^{-7} m.N.rad^{-1}$

(a

(1

$$\Gamma_\Delta = NIsBsin\frac{\pi}{2}$$

$$\Gamma_\Delta = 100 \times \frac{1}{10\pi} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times 1$$

$$\Gamma_\Delta = 16 \times 10^{-5} m.N$$

(2

$$W = I.\Delta\phi$$

$$W = L(\phi_2 - \phi_1)$$

$$W = I.NsB(cos\alpha_2 - cos\alpha_1)$$

-8 **الوضع الأول:** $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}\ rad$

-9 **الوضع الثاني:** $\alpha_2 = 0$ **(توازن مستقر)**

$$W = INSB\left(cos(0) - cos\frac{\pi}{2}\right)$$

$$W = I.NsB$$

$$W = \frac{1}{10\pi} \times 100 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2}$$

$$W = 16 \times 10^{-5} J$$

(b

-1 $\Phi = NsBcos\alpha$

لدينا: $\alpha + \theta' = 90°$

$$\alpha = 90° - \theta' = 90° - 30° = 60$$

$$\Longrightarrow \Phi = 100 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times cos(60°)$$

$$\Phi = 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times \frac{1}{2} = 25 \times 10^{-4}\ weber$$

-2 شرط التوازن:

$$\Gamma_\Delta + \Gamma'_{\Delta/\eta} = 0$$

$$NISBsin\alpha - K\theta' = 0$$

ولكن: $\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2}$

$$\Longrightarrow sin\alpha = cos\theta'$$

$$\Longrightarrow NISBcos\theta' - k\theta' = 0$$

$$\Longrightarrow k = \frac{NIsBcos\theta'}{\theta'}$$

$$\Longrightarrow k = \frac{100 \times 2 \times 10^{-3} \times 4\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\pi}{6}}$$

$$k = 96\sqrt{3} \times 10^{-7} m.N.rad^{-1}$$

المسألة 15 عامة :

لدينا إطار مربع الشكل مساحة سطحه $(\mathbf{S = 25cm^2})$ يحوي 50 **لفة** من سلك نحاسي معزول نعلقه بسلك رفيع **عديم الفتل** وفق محوره الشاقولي ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم خطوطه أفقية شدته $(\mathbf{B = 10^{-2}T})$ بحيث يكون مستوي الإطار يوازي منحى الحقل $\vec{B}$ عند عدم مرور التيار ، نمرر في الإطار تياراً كهربائياً شدته $(\mathbf{I = 5A})$ **والمطلوب :**

-1 احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في كل من الضلعين الشاقولين لحظة مرور التيار .

-2 احسب عزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار لحظة إمرار التيار السابق .

-3 احســب عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما ينتقل الإطار من وضعه السابق إلى وضع التوازن المستقر .

-4 نستبدل سلك التعليق **بسلك فتل** ثابت فتله K لنشكل مقياساً غلفانياً ونمرر بالإطار تياراً كهربائياً شدته ثابتة $(\mathbf{2mA})$ فيدور الإطار بزاوية $(0.02\ rad)$ **ويتوازن** . استنتج بالرموز علاقة ثابت فتل السلك k واحسب قيمته ، ثم احســب قيمة ثابت المقياس الغلفاني G .

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

-5 نزيد حساسية المقياس **10 مرات** من أجل التيار نفسه ، احسب ثابت فتل سلك التعليق بالوضع الجديد .

الحل:

$N = 50$ لفة - $I = 5A$ - $B = 10^{-2}T$ - $S = 25cm^2 = 25 \times (10^{-2})^2 = 25 \times 10^{-4}m^2$

$$\left.\begin{matrix} \theta = \frac{\pi}{2} \\ \alpha = \frac{\pi}{2} \end{matrix}\right\} \Longleftarrow B \text{ مستوي الإطار يوازي منحى }$$

-1 $F = NILBsin\theta$

$$S = L^2 = L = \sqrt{S}$$

$$L = \sqrt{25 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-2}m$$

$$\Longrightarrow F = 50 \times 5 \times 5 \times 10^{-2} \times 10^{-2} \times sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$$

$$F = 125 \times 10^{-3}N$$

-2 لحظة إمرار التيار $\alpha = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow sin\alpha = 1$

$$\Gamma = NISBsin\alpha$$

$$\Gamma = 50 \times 5 \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$$

$$\Gamma = 625 \times 10^{-5} m.N$$

3- الوضع السابق $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$ إلى وضع التوازن المستقر $\alpha_2 = 0$

$$W = I.\Delta\Phi$$

$$W = INSB\Delta cos\alpha$$

$$W = INSB(cos\alpha_2 - cos\alpha_1)$$

$$W = 5 \times 50 \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times \left(cos(0) - cos\left(\frac{\pi}{2}\right)\right)$$

$$W = 625 \times 10^{-5} \times (1 - 0)$$

$$W = 625 \times 10^{-5} J$$

4- $I' = 2mA = 2 \times 10^{-3} A$ $\quad \theta' = 0.02\, rad$

بما أن الإطار يتوازن: $\sum \vec{\Gamma} = 0$

$$\overline{\Gamma}_{\Delta\,\text{كهرطيسية}} + \overline{\Gamma}_{\vec{\eta}\,\text{فتل}} = 0$$

$$NI'SBsin\alpha - k\theta' = 0$$

$$\alpha + \theta' = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow sin\alpha = cos\theta'$$

$$\Longrightarrow NI'SBcos\theta' = k\theta'$$

$$\theta' < 0.24\, rad\ \text{صغيرة} \Longrightarrow cos\theta' = 1$$

$$\Longrightarrow NI'SB = k\theta'$$

$$k = \frac{NI'SB}{\theta'} = \frac{50 \times 2 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-4} \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-2}}$$

$$k = 125 \times 10^{-6}\, m.N.rad^{-1}$$

$$G = \frac{\theta'}{I'} = \frac{2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} 10 rad.A^{-1}$$

5- $G' = 10G$

$$\frac{NSB}{K'} = 10 \times \frac{NSB}{k} = \frac{1}{k'} = 10 \times \frac{1}{k}$$

$$k' = \frac{k}{10} = \frac{125 \times 10^{-6}}{10}$$

$$k' = 125 \times 10^{-7}\, m.N.rad^{-1}$$

مسألة خارجية : يمكنك حل المسألة والتأكد من حلك بمتابعة حلها على قناة اليوتيوب (منصة طريقي التعليمية)

إطار مستطيل الشكل يحوي (100 **لفة**) من سلك نحاسي معزول طوله *(8cm)* وعرضه *(2cm)*

A- نعلق الإطار بسلك عديم الفتل شاقولي ونخضعه لحقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته *(B=0.06T)* خطوطه **توازي** مستوى الإطار الشاقولي ، نمرر في الإطار تياراً شدته *(0.1A)* **والمطلوب حساب :**

1– أحسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أضلاعه الأربعة لحظة مرور التيار .

2- أحسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أضلاعه الأربعة عندما يدور الإطار بزاوية 30^0 .

B- **نقطع التيار** ونستبدل سلك التعليق بسلك فتل شاقولي ثابت فتله *(k=8×10^{-5} m.N.rad^{-1})* بحيث يكون مستوي الإطار يوازي خطوط الحقل المغناطيسي السابق ، نمرر في الإطار تياراً شدته *(1mA)* فيدور الإطار **بزاوية صغيرة** $(\acute{\vartheta})$ **ويتوازن**

1- استنتج بالرموز العلاقة المحددة لزاوية الانحراف $(\acute{\vartheta})$ انطلاقاً من **شرط التوازن** واحسب قيمتها .

2- نجعل طول سلك الفتل **ربع** ماكان عليه أحسب ثابت المقياس الغلفانيG وأحسب زاوية الدوران حينئذٍ .

الأجوبة : (A)

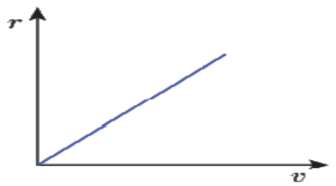
$$\left((1)\ F_{\text{الضلعين الأفقيتين}} = 0 \ ، F_{\text{الضلعين الشاقوليتين}} = 48 \times 10^{-3} N\right) \left((2)\ F_{\text{الأفقيتين}} = 6 \times 10^{-3} N ، F_{\text{الشاقوليتين}} = 48 \times 10^{-3} N\right)$$

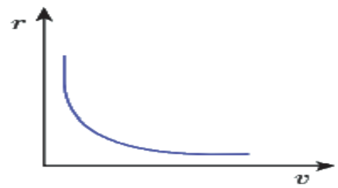
(B) $(1)\ \theta' = 12 \times 10^{-2} rad$ $\quad \left((2)\ G = 30\, rad\, A^{-1} \ ، \theta' = 3 \times 10^{-2} rad\right)$

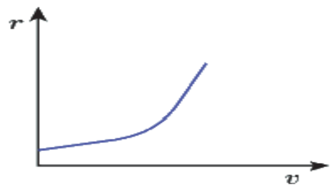
اختبر نفسي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1- جسيمات مشحونة لها الكتلة نفسها و الشحنة نفسها، أدخلت منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بسرعة تعامد خطوط الحقل. فإن الشكل الذي يمثل العلاقة بين نصف قطر المسار الدائري r وسرعة الجسيمات المشحونة v.







الإجابة الصحيحة: (b

توضيح اختيار الإجابة: $r = \frac{m}{q\,B} v \Rightarrow r = const\ v$ معادلة مستقيم يمر بالمبدأ ميله $\frac{m}{q\,B}$

2- إن واحدة قياس النسبة $\frac{E}{B}$ هي:

a. $m.s^{-1}$ b. $m.s^{-2}$ c. m d. s

3- عندما يدخل الإلكترون في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم بسرعة $\vec{v}$ ، تعامد خطوط الحقل المغناطيسي (بإهمال ثقل الإلكترون) فإن حركة الإلكترون داخل الحقل هي:

a. دائرية متغيرة بانتظام. b. دائرية منتظمة. c. مستقيمة منتظمة. d. مستقيمة متغيرة بانتظام.

توضيح اختيار الإجابة: $\vec{a} = \frac{e}{m}\,\vec{v}\wedge\vec{B} \xRightarrow{\text{جداء شعاعي}} \vec{a}\perp\vec{v} \xlongequal{\text{التسارع الكلي هو تسارع ناظمي}} a = a_c$

4- عندما يدخل جسم مشحون في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم، فإن شعاعاً سرعته $\vec{v}$:

a. يتغير حامله وشدته b. يتغير حامله فقط c. تتغير شدته فقط d. تبقى شدته ثابتة

توضيح اختيار الإجابة: الحركة دائرية منتظمة بسرعة متغيرة الحامل والجهة وثابتة الشدة

5- عندما تتدحرج الساق في تجربة السكتين الكهرطيسية تحت تأثير القوة الكهرطيسية، فإن التدفق المغناطيسي:

a. يبقى ثابتاً b. يزداد c. يتناقص d. ينعدم

توضيح اختيار الإجابة: $W = I.\Delta\Phi$ ، $W > 0 \Rightarrow \Delta\Phi > 0$

ثانياً: أجب عن الاسئلة الآتية:

1- ادرس التأثير المتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طويلين يمر بهما تياران متواصلان لهما الجهة نفسها واستنتج عبارة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أحد السلكين نتيجة وجود السلك الآخر

يولد التيار المستقيم I_1 في كل نقطة من الجزء L_2 من السلك المستقيم الثاني حقلاً مغناطيسياً شدته: $B_1 = 2\times 10^{-7}\frac{1}{d}I_1$

يؤثر هذا الحقل في الجزء L_2 بقوة كهرطيسية لها محصلة شدتها: $F_{1\to2} = I_2 L_2 B_1 sin\frac{\pi}{2}$

$$F_{1\to2} = I_2 L_2\left(2\times10^{-7}\frac{1}{d}I_1\right) sin\frac{\pi}{2} \Rightarrow \boxed{F_{1\to2} = 2\times10^{-7}\frac{I_1 I_2}{d}L_2}$$

وبدراسة مماثلة نجد للسلك الأول : $\boxed{F_{2\to1} = 2\times10^{-7}\frac{I_1 I_2}{d}L_1}$

-2 استنتج عبارة شدة الحقل المغناطيسي المؤثرة في شحنة كهربائية تتحرك في حقل مغناطيسي منتظم بسرعة $\vec{v}$ تعامد $\vec{B}$ ثم عرف التسلا.

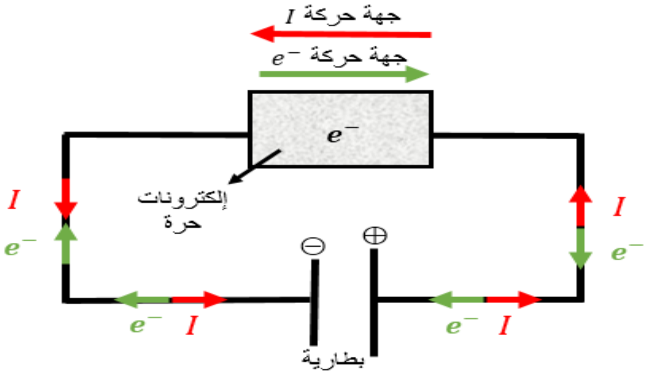
$$F_{\text{المغناطيسية}} = qv\,B\sin\frac{\pi}{2} \xRightarrow{\text{نعزل } B} \boxed{B = \frac{F}{qv}}$$

التسلا: شدة حقل مغناطيسي منتظم إذا تحركت ضمن المنطقة التي يسودها شحنة كهربائية مقدارها كولوم واحد بسرعة $1\,m.s^{-1}$ تعامد خطوط هذا الحقل تأثرت بقوة مغناطيسية تساوي نيوتن واحد.

-3 بين كيف يتم قياس شدة التيار في المقياس الغلفاني، ثم استنتج العلاقة بين شدة التيار I وزاوية دوران الإطار (θ)، وكيف تتم زيادة حساسية المقياس الغلفاني عملياً من أجل التيار نفسه. (الحل ذاته في النظري ص 27)

الدرس الثالث : التحريض الكهرطيسي

➢ مدخل إلى التحريض الكهرطيسي

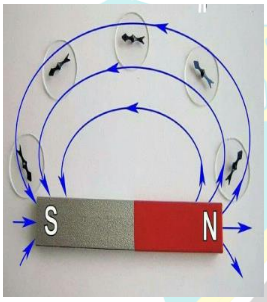


❖ **وجدنا سابقاً :** عند تطبيق فرق كمون بين طرفي دارة كهربائية مغلقة فإن فرق الكمون يعمل على تحريك وتسريع الإلكترونات الحرة داخل الدارة وهذه الحركة تكافئ نشوء تيار كهربائي ويتم الكشف عن هذا التيار عن طريق انحراف مؤشر مقياس الأمبير أو الميكرو أمبير أو الميلي أمبير أو المقياس الغلفاني

وحسب أورستد في المغناطيسية نجد :

تدفق مغناطيسي $\phi = B.S.\cos\alpha$ $\xRightarrow{\text{له}}$ حقل مغناطيسي B $\xRightarrow{\text{ينشأ}}$ ينشأ تيار كهربائي $\xlongequal{\text{تحرّك الالكترونات}}$ { سلك مستقيم / ملف دائري / وشيعة } تطبيق فرق كمون U

❖ **وفي درس** التحريض الكهرطيسي سنعمل على توليد تيار كهربائي عن طريق حث الالكترونات الحرة على الحركة بدون الاستعانة بفرق كمون أو مولد كهربائي يعمل على تحريكها والاستعانة بمصادر جديدة للطاقة الكهربائية كاستثمار المصادر الطبيعية كالمياه والرياح والسدود والعنفات . **وذلك حسب فارداي**



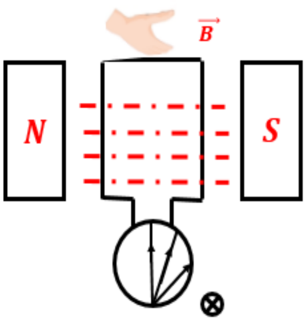
❖ لا تنسَ:
في المغناطيس تخرج خطوط الحقل من القطب الشمالي(**Nش**) وتدخل إلى القطب الجنوبي (**Sج**)

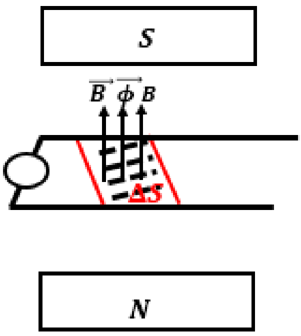
قانون فارداي

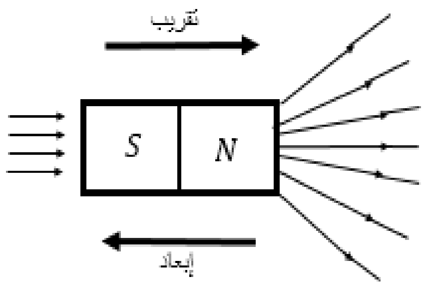
يتولد تيار كهربائي متحرض في دارة مغلقة، إذا تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ،ويدوم هذا التيار بدوام تغيّر التدفق وينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرِض .

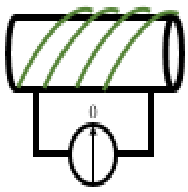
وحسب فارداي في التحريض الكهرطيسي نجد :

انحراف المؤشر $\xlongequal{\text{يعطي}}$ ينشأ تيار متحرض $\xlongequal{\text{تحرّك الالكترونات}}$ قوة محركة كهربائية متحرضة $\xlongequal{\text{يعطي}\ \varepsilon}$ $\begin{cases}\Delta\phi = \Delta B.S.\cos\alpha \\ \Delta\phi = B.\Delta S.\cos\alpha \\ \Delta\phi = B.S.\Delta\cos\alpha\end{cases}$ تغيّر التدفق

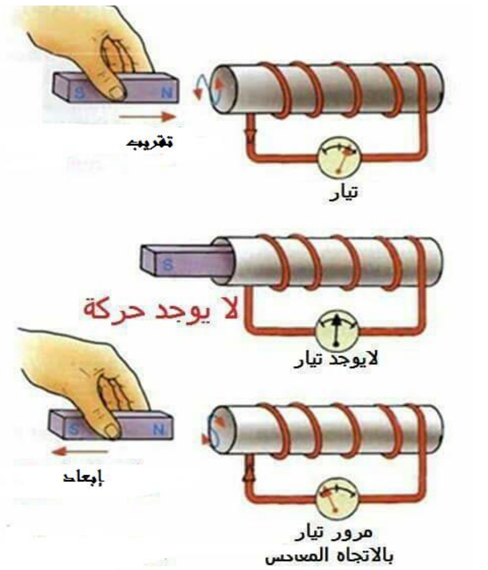








سؤال نظري : نقوم بتشكيل دارة مغلقة مؤلفة من وشيعة موصولة على التسلسل مع مقياس ميكرو أمبير ماذا تلاحظ في كل من الحالات الآتية :



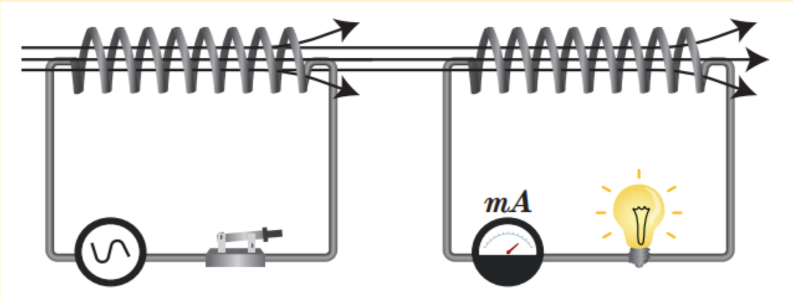
1- عند تقريب أحد قطبي مغناطيس مستقيم وفق محور الوشيعة
2- نعيد التجربة ونزيد من سرعة التقريب
3- إذا أبعدنا المغناطيس
4- إذا ثبتنا بعد المغناطيس عن الوشيعة

الحل :

1- نلاحظ انحراف إبرة المقياس وهذا يدل على مرور تيار كهربائي في الوشيعة
2- نلاحظ انحراف إبرة المقياس بشكل أكبر وهذا يدل على مرور تيار كهربائي شدته أكبر من السابق
3- نلاحظ انحراف إبرة المقياس بالاتجاه المعاكس وهذا يدل على مرور تيار كهربائي في الاتجاه المعاكس للحالة السابقة
4- لا تنحرف إبرة المقياس أي لا ينشأ تيار كهربائي لأن التدفق ثابت.

نلاحظ في أي مسألة لا يكون لدينا مولد فنشوء تيار كهربائي يكون من عملية تحريض كهرطيسي

سؤال نظري : نشكل دارة مؤلفة من وشيعتين متقابلتين بحيث ينطبق محور كل منهما على الآخر ، نصل طرفي الوشيعة الأولى بمأخذ (مولد) تيار متناوب (متغير) ، ونصل طرفي الوشيعة الثانية بمصباح ، **المطلوب :**



1. ماذا تتوقع أن يحدث عند إغلاق دارة المولد في الوشيعة الأولى معلّلاً إجابتك .
2. ماذا تتوقع لو استبدلنا مولد التيار المتناوب في الوشيعة الأولى بمولد متواصل معللا إجابتك
3. اقترح حلول لإضاءة المصباح في الوشيعة الثانية في حال تم وصل الوشيعة الأولى بتيار متواصل

الحل :

1. إضاءة المصباح في الوشيعة الثانية بالرغم أنها ليست موصولة إلى مولد (منبع تيار) دليل توّلد تيار متحرض فيها
تفسير ذلك : لأن الوشيعة الأولى يمر فيها تيار متناوب (متغير) يعطي حقلاً مغناطيسياً متناوباً (متغيراً) فإن تدفقه المغناطيسي الذي سيجتاز الوشيعة الثانية متناوباً أيضاً ، وإن تغير التدفق المغناطيسي يؤدي إلى نشوء تيار متحرض فيضيء المصباح .
2. أتوقع أن لا يضيء المصباح لأن التيار المتواصل ثابت الشدة فحقله المغناطيسي ثابت أيضاً أي تدفقه المغناطيسي عبر الوشيعة الثانية ثابت أيضاً أي لاينشأ تيار متحرض في الوشيعة الثانية فلا يضيء المصباح
3. يجب تغيير التدفق المغناطيسي من الوشيعة الأولى للوشيعة الثانية
   a. تركيب قاطعة في الوشيعة الأولى والعمل على فتحها وإغلاقها
   b. تقريب أو إبعاد إحدى الوشيعتين عن الأخرى .
   c. تغيير المقاومة الكهربائية في الوشيعة الأولى

قانون لنز

إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث يبدي أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.

تتناسب القوة المحركة التحريضية $\bar{\varepsilon}$ في دارة مغلقة طرداً مع تغير التدفق $\overline{d\phi}$ وعكساً مع dt زمن هذا التغيير.

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{d\phi}{dt} = -(\bar{\phi})'_t$$ واحدتها volt

الاشارة السالبة تدل على قانون لنز (تعلّم!! بالنظري نستخدم $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\phi}{dt}$ وبالمسائل نستخدم $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$)

التيار المتحرض $i = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ وتعيّن جهته :

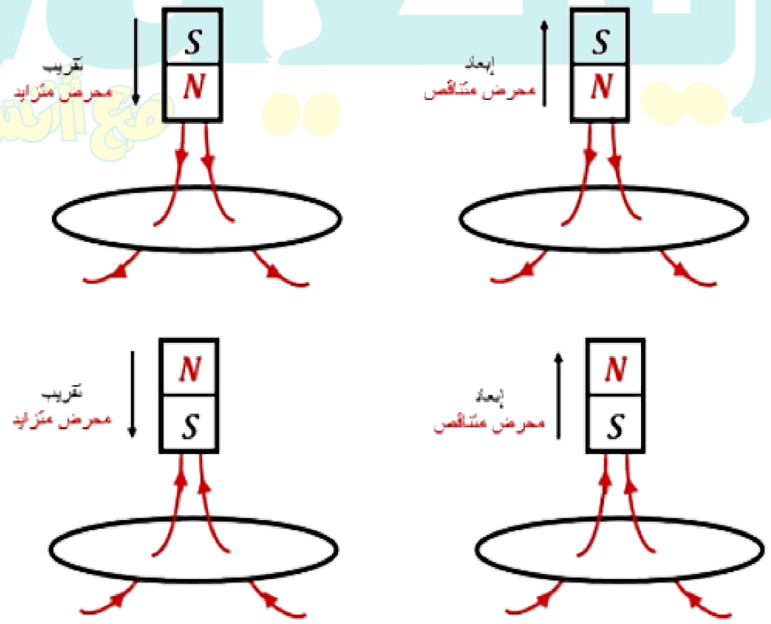
لكن لا تنسَ $\phi_{\text{متحرض}} \xRightarrow{\text{يكون تدفقه}} B_{\text{متحرض}} \xRightarrow{\text{يعطي}} i_{\text{متحرض}} \xRightarrow{\text{تحريك إلكترونات}} \bar{\varepsilon}_{\text{متحرضة}} \xRightarrow{\text{يعطي}} \Delta\phi_{\text{محرض}} \xRightarrow{\text{يعطي}} \Delta B_{\text{محرض}}$

حالة إبعاد : $\frac{d\phi}{dt} < 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} > 0$

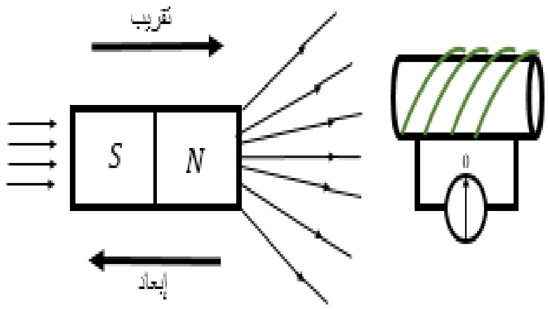
- ❖ الحقل المغناطيسي المتحرض يوافق الحقل المغناطيسي المحرض لأنه متناقص
- ❖ جهة التيار المتحرض بجهة أصابع يد يمنى إبهامها يشير إلى الحقل المغناطيسي المتحرض وباطن الكف نحو المركز.
- ❖ إبعاد قطب مغناطيسي من وجه ملف ⇦ وجه معاكس يحدث بينهما (تجاذب)

حالة تقريب: $\frac{d\phi}{dt} > 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} < 0$

- ❖ الحقل المغناطيسي المتحرض يعاكس الحقل المغناطيسي المحرض لأنه متزايد
- ❖ جهة التيار المتحرض بجهة أصابع يد يمنى إبهامها يشير إلى الحقل المغناطيسي المتحرض وباطن الكف نحو المركز
- ❖ تقريب قطب مغناطيسي من وجه ملف ⇦ وجه مماثل يحدث بينهما (تنافر)



سؤال نظري : نقرب القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة وفق محورها ويتصل طرفاها بواسطة مقياس ميكرو أمبير فتنحرف إبرة المقياس دالة على مرور تيار كهربائي فيها . والمطلوب :



1. فسر سبب نشوء هذا التيار ، ثم أكتب نص قانون فراداي في التحريض الكهرطيسي
2. أكتب العلاقة المعبرة عن القوة المحركة الكهربائية المتحرضة مع شرح دلالات الرموز وناقش العلاقة في حال (تزايد التدفق – تناقص التدفق)
3. أكتب نص قانون لنز في تحديد جهة التيار المتحرض
4. ماذا تتوقع أن يكون وجه الوشيعة المقابل للمغناطيس
5. ماذا تتوقع أن يحدث في حال إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس عن أحد وجهي الوشيعة وكيف يكون الوجه المقابل للوشيعة
6. ماذا تتوقع أن يحدث في حال تثبيت المغناطيس عند أحد وجهي الوشيعة ولماذا ؟

الحل :

1. تزايد التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة .

نص قانون فراداي في التحريض : يتولد تيار متحرض في دارة مغلقة إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ويدوم التيار بدوام تغير هذا التدفق وينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرّض .

2. $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\phi}{dt}$ حيث $d\phi$ تغيّر التدفق ، dt زمن تغيّر التدفق وإشارة الناقص تدل على قانون لنز

عند تزايد التدفق المغناطيسي $d\phi > 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} < 0$ جهة الحقل المتحرض عكس المحرّض

عند تناقص التدفق المغناطيسي $d\phi < 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} > 0$ جهة الحقل المتحرض مع المحرّض

3. قانون لنز: إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث يبدي أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.
4. وجه شمالي .
5. أتوقع أن يتناقص التدفق المغناطيسي فيتولد تيار كهربائي متحرض ويكون وجه الوشيعة المقابل للمغناطيس وجه جنوبي
6. أتوقع لا يتغير التدفق ولا ينشأ تيار كهربائي $d\phi = 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 0 \Rightarrow i = 0$

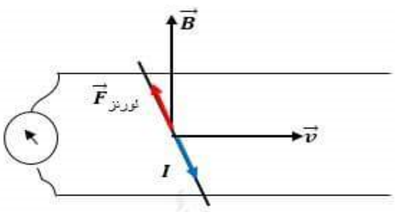
سؤال نظري : في تجربة السكتين التحريضية (المولد الكهربائي)

1. فسر إلكترونياً نشوء التيار المتحرض والقوة المحركة الكهربائية المتحرضة موضحاً ذلك بالرسم في كل من الحالتين الآتيتين
   a. في حالة دارة مغلقة b. في حالة دارة مفتوحة
2. استنتج العلاقة المعبرة عن كل من :
   (القوة المحركة الكهربائية المتحرضة - التيار المتحرض – الاستطاعة الكهربائية الناتجة)
3. برهن تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية في المولد الكهربائي

الحل :

1. في حال كانت الدارة مغلقة : ينشأ تيار كهربائي متحرض .

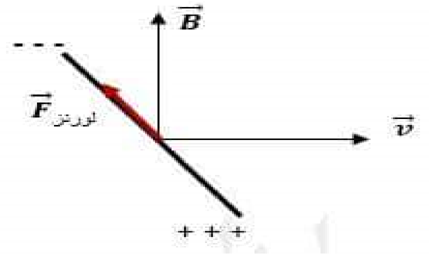
في حال كانت الدارة مفتوحة لا ينشأ تيار متحرض بل ينشأ فرق في الكمون على طرفي الساق U_{AB}



a. **في حالة دارة مغلقة : عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ فإن الإلكترونات الحرّة داخل الساق تتحرك بالسرعة الوسطية نفسها وهي خاضعة بالأصل للحقل المغناطيسي فتخضع هذه الإلكترونات لقوة مغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$, وهي قوة داخلية منطبقة على الساق تعمل على تحريك الإلكترونات وفق حاملها وجهتها داخل الساق وتتولد قوة محركة كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة المغلقة جهته الإصطلاحية بعكس جهة حركة الإلكترونات أي بعكس جهة القوة المغناطيسية .**

b. في حال كانت الدارة مفتوحة : تتراكم الشحنات السالبة في أحد طرفي الساق وتتراكم الشحنات الموجبة في الطرف الآخر فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الساق U_{AB} يمثّل القوة المحركة الكهربائية المتحرضة

$$U_{AB} = |\varepsilon|$$



2. عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt ،

تنتقل الساق مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$

تمسح سطحاً بمقدار: $\Delta s = L\Delta x \Rightarrow \Delta s = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

$$\varepsilon = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t}$$

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\boxed{\varepsilon = BLv}$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته: $i = \frac{\varepsilon}{R}$

التيار المتحرض : $\boxed{i = \frac{BLv}{R}}$

فتكون الاستطاعة الكهربائية الناتجة: $P = \varepsilon i$

$$P = (BLv) \times \left(\frac{BLv}{R}\right)$$

الإستطاعة الكهربائية الناتجة : $\boxed{P = \frac{B^2L^2v^2}{R}}$

3. تعطى الإستطاعة الكهربائية بالعلاقة: $P = \varepsilon i \Leftarrow \begin{cases} \varepsilon = BLv \\ i = \frac{BLv}{R} \end{cases}$ $\boxed{P = \frac{B^2L^2v^2}{R}}$

ولكن عند تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ تنشأ قوة كهرطيسية، جهتها بعكس جهة حركة الساق (عملها مقاوم) المسببة لنشوء التيار المتحرض، ولاستمرار تولد التيار يجب التغلب على هذه القوة الكهرطيسية بصرف استطاعة ميكانيكية P'.

الاستطاعة الميكانيكية : $P' = Fv$

لدينا: شدة القوة الكهرطيسية : $F = iLB\sin\theta$

$$\xRightarrow{\theta=\frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin\frac{\pi}{2}} F = iLB$$

لكن: $i = \frac{BLv}{R}$

نعوض: $F = \frac{BLv}{R}(LB) \Rightarrow F = \frac{B^2L^2v}{R}$

$$P' = Fv = \frac{B^2L^2v}{R}v$$

الاستطاعة الميكانيكية المصروفة : $\boxed{P' = \frac{B^2L^2v^2}{R}}$

وبموازنة العلاقتين نجد أن: $P'_{\text{ميكانيكية}} = P_{\text{كهربائية}}$

وبهذا تكون قد تحولت الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، وهو المبدأ الذي يعتمد عليه الكثير من المولدات الكهربائية

ملاحظة لحساب

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الوسطية (دلالة مقياس الميلي فولط) $\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\phi}}{\Delta t}$

شدة التيار المتحرض (دلالة المقياس الغلفاني – دلالة المقياس ميكرو أمبير) : $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$

المسألة الأولى (درس – ملف دائري)

ملف دائري، يتألف من 100 لفة متماثلة، نصف قطره الوسطي $4cm$، نصل طرفيه بمقياس ميلي أمبير موصولاً على التسلسل مع مقاومة اومية قيمتها 20Ω، نقرب من أحد وجهي الملف القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم، فتزداد شدة الحقل المغناطيسي الذي يخترق لفات الملف الدائري بانتظام من الصفر إلى $0.08T$ خلال $2s$. **المطلوب:**

1- احسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري محدداً جهة التيار الكهربائي المتحرض.
2- ما نوع الوجه المقابل للقطب الشمالي.
3- احسب شدة التيار المار في الملف.
4- احسب الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري، ثم الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية، ماذا تستنتج.

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

1- حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري:

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\Phi}}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{N(\overline{\Delta B})S\cos\alpha}{\Delta t}$$

$$\alpha = (\widehat{\vec{n},\vec{B}}) = 0$$

$$\overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0.08 - 0 = 0.08T$$

$$s = \pi r^2 = 16\pi \times 10^{-4} m^2$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{100\times8\times10^{-2}\times16\pi\times10^{-4}\times1}{2} = -\overbrace{64\pi}^{200} \times 10^{-4} \Rightarrow \boxed{\bar{\varepsilon} = -2 \times 10^{-2} V}$$

تعيين جهة التيار المتحرض : نلاحظ حسب لنز : $\frac{\mathbf{d\phi}}{\mathbf{dt}} > \mathbf{0} \Rightarrow \bar{\boldsymbol{\varepsilon}} < \mathbf{0}$

الحقل المغناطيسي المتحرض يعاكس الحقل المغناطيسي المحرض لأنه متزايد

جهة التيار المتحرض بجهة أصابع يد يمنى إبهامها يشير إلى الحقل المغناطيسي المتحرض وباطن الكف نحو المركز

2- الوجه المقابل للقطب الشمالي وجه شمالي.

3- شدة التيار المارفي الملف: $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-2\times10^{-2}}{20} = -10^{-3} A$

4- الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري: $P = \varepsilon\, i = 2 \times 10^{-2} \times 10^{-3} = \mathbf{2 \times 10^{-5} watt}$

الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأمية: $P' = Ri^2 = 20 \times 10^{-6} = \mathbf{2 \times 10^{-5} watt}$

نستنتج أن الاستطاعة الكهربائية قد تحولت إلى استطاعة الحرارية. $P'_{ح} = \boldsymbol{P}_{ك}$

المسألة الثانية (درس – وشيعة بداخلها ملف دائري)

1. لدينا وشيعة، طولها $30cm$ قطرها $4cm$، تحوي 1200 لفة، نمرر فيها تياراً شدته $4A$. احسب شدة الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة.
2. نلف حول القسم المتوسط من الوشيعة ملفاً يحوي 100 لفة معزولة، ونصل طرفيه بمقياس غلفاني، بحيث تكون المقاومة الكلية للدارة الجديدة 16Ω ما دلالة المقياس عند قطع التيار عن الوشيعة خلال $0.5s$ تتناقص فيها الشدة بانتظام؟ (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

-1
$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{l} I$$
$$B = 12.5 \times 10^{-7} \frac{1200}{30\times10^{-2}} \times 4$$
$$\boxed{B = 2 \times 10^{-2}\ T}$$

-2 الوشيعة جملة محرّضة والملف جملة متحرَضة قطع التيار عن الوشيعة يؤدي لتناقص التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناتج عن الوشيعة (الحقل المُحرّض) الذي يجتاز الملف وهذا يؤدي حسب قانون فارادي إلى نشوء تيار متحرّض في الملف $\bar{i} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\Phi}}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon}_{\text{الملف}} = -\frac{N(\overline{\Delta B})S\cos\alpha}{\Delta t} = -\frac{N(B_2-B_1)S\cos\alpha}{\Delta t} \begin{cases} \alpha = (\widehat{\vec{n},\vec{B}}) = 0 \\ s = \pi r^2 = 4\pi \times 10^{-4} m^2 \end{cases}$$

$$\text{قطع التيار}\ i_2 = 0 \Longrightarrow B_2 = 0 \Longrightarrow \overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0 - B_1 = -B_1$$
$$\bar{\varepsilon}_{\text{الملف}} = -\frac{N(-B_1)S\cos\alpha}{\Delta t}$$
$$\bar{\varepsilon} = -\frac{100\times(-2\times10^{-2})\times4\pi\times10^{-4}\times1}{\frac{1}{2}} = 16\pi \times 10^{-4} V$$
$$\bar{i} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{16\pi\times10^{-4}}{16} \Longrightarrow \boxed{\bar{i} = \pi \times 10^{-4} A}$$

المسألة الرابعة (درس – سكتين)

سكتان نحاسيتان متوازيتان،تميل كل منهما على الأفق بزاوية $45°$، تستند إليهما ساق نحاسية طولها $L = 40\ cm$، تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $0.8T$، نغلق الدارة ثم تترك لتنزلق دون احتكاك بسرعة ثابتة، قيمتها $2m.s^{-1}$. **المطلوب :**

-1 بين أنه تنشأ قوة كهرطيسية تعيق حركة الساق.
-2 استنتج العلاقة المحددة للمقاومة الكلية للدارة، ثم احسب قيمتها إذا كانت شدة التيار المتحرض المتولد فيها $\sqrt{2}A$.
-3 استنتج العلاقة المحددة لكتلة الساق، ثم احسب قيمتها.

الحل :

-1 **عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ فإن الإلكترونات الحرّة داخل الساق تتحرك بالسرعة الوسطية نفسها وهي خاضعة بالأصل للحقل المغناطيسي فتخضع هذه الإلكترونات لقوة مغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$, وهي قوة داخلية منطبقة على الساق تعمل على تحريك الإلكترونات وفق حاملها وجهتها داخل الساق وتتولد قوة محركة كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة المغلقة وعندما يمر هذا التيار في الساق تؤثر في منتصف الساق قوة كهرطيسية جهتها بعكس جهة شعاع السرعة**

-2 عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt ،

تنتقل الساق مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$

تمسح سطحاً بمقدار: $\Delta s = L\Delta x \Rightarrow \Delta s = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s\,\cos\alpha = BLv\,\cos\alpha\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

$$\varepsilon = \frac{BLv\,\cos\alpha\Delta t}{\Delta t}$$

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\varepsilon = BLv\,\cos\alpha$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته: $i = \frac{\varepsilon}{R}$

التيار المتحرض : $i = \frac{BLv\,\cos\alpha}{R}$

- المقاومة الكلية $\boxed{R = \frac{B\,L\,v\,\cos\alpha}{i}}$

$$R = \frac{8\times10^{-1}\times40\times10^{-2}\times2\times\frac{\sqrt{2}}{2}}{\sqrt{2}} \Longrightarrow \boxed{R = 32\times10^{-2}\Omega}$$

-3 استنتاج العلاقة المحددة لكتلة الساق:

جملة المقارنة: خارجية. الجملة المدروسة: مركز عطالة الساق

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{W}$ ثقل الساق، $\vec{F}$ القوى الكهرطيسية، $\vec{R}$ رد فعل السكتين.

$$\overrightarrow{v_{\text{ثابتة}}} = \overrightarrow{const} \Longrightarrow \vec{a} = \vec{0} \Longrightarrow \sum\vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R} + \vec{F} + \vec{W} = \vec{0}$$

بالإسقاط على $\overrightarrow{xx'}$ $\quad 0 + F\,\cos\alpha - W\,\sin\alpha = 0$

$$F\,\cos\alpha = W\,\sin\alpha \Longrightarrow i\,L\,B\sin\frac{\pi}{2}\cos\alpha = \boxed{m}g\,\sin\alpha$$

$$m = \frac{i\,L\,B\sin\frac{\pi}{2}}{g}\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \Longrightarrow m = \frac{\sqrt{2}\times40\times10^{-2}\times8\times10^{-1}\times1\times\frac{\sqrt{2}}{2}}{10\times\frac{\sqrt{2}}{2}} \Longrightarrow \boxed{m = 32\sqrt{2}\times10^{-3}kg}$$

المسألة الثالثة (درس – سكتين)

في تجربة السكتين الكهرطيسية يبلغ طول الساق النحاسية المستندة عمودياً عليهما $30cm$، وكتلتها $60g$، **المطلوب:**

1. احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثرة عمودياً في السكتين لتكون شدة القوة الكهرطيسية مساوية مثلي ثقل الساق، وذلك عند إمرار تيار كهربائي شدته $20A$.
2. احسب عمل القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق إذا تدحرجت بسرعة ثابتة قدرها $0.4m.s^{-1}$ لمدة ثانيتين.
3. نرفع المولد من الدارة السابقة، ونستبدله بمقياس غلفاني، وندحرج الساق بسرعة وسطية ثابتة $5m.s^{-1}$ ضمن الحقل السابق. استنتج عبارة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة، ثم احسب قيمتها، واحسب شدة التيار المتحرض بافتراض أن المقاومة الكلية للدارة ثابتة وتساوي 5Ω، ثم ارسم شكلاً توضيحياً يبين جهة كل من $(\vec{v},\vec{B})$ وجهة التيار المتحرض.
4. احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة، ثم احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق في أثناء تدحرجها.

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي) $\quad (g = 10\,m.s^{-2})$

الحل :

-1 $F = 2\,w$

$$I\,L\,B\,\sin\theta = 2mg \xrightarrow{\sin\theta=\sin\frac{\pi}{2}=1} B = \frac{2mg}{I\,L}$$

$$B = \frac{2\times 60\times 10^{-3}\times 10}{20\times 30\times 10^{-2}} \Longrightarrow \boxed{B = 2\times 10^{-1} T}$$

2- **طريقة (1):**

$$W = F\,\Delta x$$

$$W = F\,v\,\Delta t = 2mg.v\,\Delta t$$

$$W = 2\times 60\times 10^{-3}\times 10\times 4\times 10^{-1}\times 2$$

$$\boxed{W = 96\times 10^{-2}\,J}$$

طريقة(2):

$$W = I\,\Delta\Phi$$

$$W = I\,B\,\Delta s = I\,B\,L\,\Delta x$$

$$W = I\,B\,L\,v\,\Delta t$$

$$W = 20\times 2\times 10^{-1}\times 30\times 10^{-2}\times 4\times 10^{-1}\times 2$$

$$\boxed{W = 96\times 10^{-2}\,J}$$

3- عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt ،

تنتقل الساق مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$

تمسح سطحاً بمقدار: $\Delta s = L\Delta x \Rightarrow \Delta s = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

$$\varepsilon = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t}$$

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\boxed{\varepsilon = BLv}$

$$\varepsilon = 2\times 10^{-1}\times 30\times 10^{-2}\times 5 \Longrightarrow \boxed{\varepsilon = 3\times 10^{-1} V}$$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته: $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{3\times 10^{-1}}{5} \Longrightarrow \boxed{i = 6\times 10^{-2}} A$$

4- الاستطاعة الكهربائية الناتجة $P = \varepsilon\, i$

$$P = 3\times 10^{-1}\times 6\times 10^{-2}$$

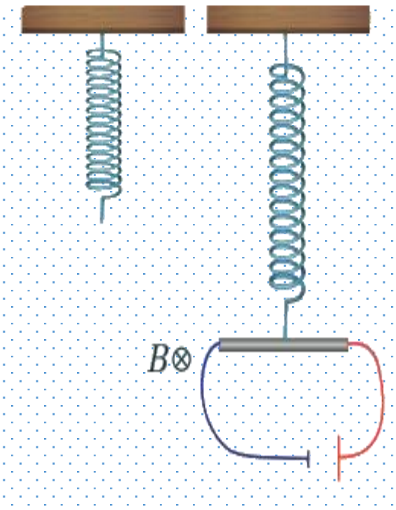
$$\boxed{P = 18\times 10^{-3} Watt}$$

شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق في أثناء تدحرجها $F = i\,L\,B\,sin\theta$

$$F = 6\times 10^{-2}\times 30\times 10^{-2}\times 2\times 10^{-1}\times 1$$

$$\boxed{F = 36\times 10^{-4}\,N}$$

المسألة 20 (عامة-ساق نحاسية)



ساق نحاسية طولها $80\ cm$ نحركها بسرعة أفقية $\vec{v}$ عمودية على شعاع حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $0.5T$ فيكون فرق الكمون بين طرفي الساق $0.4\ V$ ، **المطلوب:**

1- استنتج العلاقة المحددة لسرعة الساق واحسب قيمتها.

2- نأخذ الساق النحاسية ونعلقها من منتصفها ضمن منطقة الحقل السابق بنابض مرن شاقولي مهمل الكتلة ثابت صلابته $100N.m^{-1}$ ونمرر فيها تيار كهربائي شدته $20A$ فتتوازن الساق بعد أن يستطيل النابض بمقدار $20\ cm$ عن طوله لأصلي قبل تعليق الساق وتتوازن الساق:

A) حدد على الرسم القوى الخارجية المؤثرة على الساق.

B) استنتج بالرموز العلاقة المحددة لكتلة الساق واحسب قيمتها.

الحل:

1. استنتاج العلاقة المحددة لسرعة الساق وحساب قيمتها.

تتحرك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ خلال زمن Δt

- تنتقل مسافة: $\Delta x = v\ \Delta t$
- تمسح السطح بمقدار: $\Delta s = L\ \Delta x = L\ v\ \Delta t$
- يتغير التدفق بمقدار: $\Delta \Phi = B\ \Delta s = B\ L\ v\ \Delta t$
- يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right| = B\ L\ v$

وبما أن الدارة مفتوحة فإن فرق الكمون بين طرفي الساق يساوي القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

$$U = \varepsilon = B\ Lv$$

$$v = \frac{U}{B\ L} = \frac{0.4}{0.5\times 80\times 10^{-2}} = 1\ m.s^{-1}$$

.2

A) القوى الخارجية المؤثرة:

- $\vec{F_s}$: قوة توتر النابض.
- $\vec{F}$: القوة الكهرطيسية.
- $\vec{W}$: ثقل الساق.

B) استنتاج العلاقة المحددة لكتلة الساق وحساب قيمتها.

بما أن الساق متوازنة $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{W} + \vec{F_s} + \vec{F} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل: $W + F - F_s = 0$

$$m\ g = F_s - F \Longrightarrow m = \frac{F_s - F}{g}$$

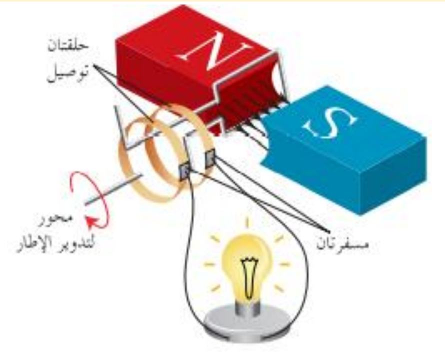
$$\boxed{m = \frac{k x_0 - I\ L\ B \sin\frac{\pi}{2}}{g}} \begin{cases} F = I\ L\ B \sin\theta \\ F_s = k x_0 \end{cases}$$

$$m = \frac{100\times 2\times 10^{-1} - 20\times 8\times 10^{-1}\times \frac{1}{2}\times 1}{10} = \frac{20-8}{10} = 2 - 0.8$$

$$\boxed{m = 1.2\ kg}$$

توليد التيار المتناوب الجيبي

سؤال نظري : في تجربة يتكون إطار من سلك نحاسي معزول من N لفة مساحة كل منها S يدور حول محور في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ يصنع زاوية α مع ناظم الإطار في لحظة ما t أثناء الدوران



1. استنتج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الآنية في مولد التيار المتناوب الجيبي
2. ارسم المنحني البياني لتغيرات ϵ بدلالة ωt خلال دورة كاملة
3. ماذا يدعى التيار الحاصل ولماذا ؟ أكتب تابعه الزمني
4. بيّن متى تكون القوة المحركة الكهربائية المتناوبة

a. موجبة وسالبة b. عظمى وصغرى c. معدومة

الحل :

1. التدفق المغناطيسي Φ الذي يجتاز الإطار وهو في هذه الحالة: $\overline{\Phi} = N\,Bs\,cos\alpha$

السرعة الزاوية للدوران ω ثابتة فإن الزاوية α التي يدورها الملف في زمن قدره t : $\omega = \frac{\alpha}{t} \Rightarrow \alpha = \omega\, t$

نعوض في علاقة التدفق المغناطيسي: $\overline{\Phi} = N\,Bs\,cos\omega\, t$

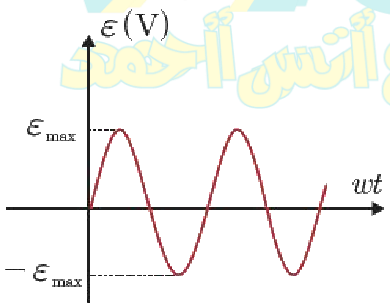
فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة: $\overline{\varepsilon} = -\frac{d\overline{\Phi}}{dt} = -(\overline{\Phi})'_t$

أي نشتق Φ : $\overline{\varepsilon} = N\,Bs\;\omega\,sin\omega t$

تكون ε عظمى عندما: $sin\omega t = 1 \Rightarrow \varepsilon_{max} = N\,Bs\;\omega$

نعوض في علاقة $\overline{\varepsilon}$: نجد علاقة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الأنية المتناوبة

$$\boxed{\overline{\varepsilon} = \varepsilon_{max} sin\omega t}$$



2. المنحني البياني

3. يدعى بالتيار المتناوب الجيبي لأن القوة المحركة الكهربائية المتحركة $\overline{\varepsilon}$ متناوبة جيبية

تابع التيار : $\overline{i} = \frac{\overline{\varepsilon}}{R} \Rightarrow \boxed{\overline{i} = \frac{\varepsilon_{max} sin\,\omega t}{R}}$

4. موجبة في النصف الأول للدور وسالبة في النصف الثاني للدور

عظمى في نهاية الربع الأول للدور وصغرى في نهاية ثلاثة أرباع الدور

معدومة في بداية ومنتصف ونهاية الدور

المسألة 21 (عامة-ملف دائري)

ملف دائري نصف قطره الوسطي $4\ cm$ مؤلف من 600 لفة متماثلة من سلك نحاسي معزول معلق من الأعلى بسلك شاقولي عديم الفتل ضمن حقل مغناطيسي منتظم أفقي خطوطه ناظمية على مستوي الملف شدته $0.04T$ نصل طرفي سلك الملف بمقياس غلفاني، **المطلوب:**

1. ندير الملف بدءاً من وضع توازنه بزاوية $\frac{\pi}{2} rad$ خلال $0.2\ s$ احسب شدة التيار المتحرض المتولد في الملف حيث المقاومة الكلية للدارة 5Ω.
2. نستبدل سلك التعليق السابق بمحور شاقولي ثم ندير الملف بسرعة زاوية ثابتة تقابل $\frac{2}{\pi} Hz$، **المطلوب:**

A. استنتج بالرموز العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الجيبية ثم اكتب التابع الزمني لكل من هذه القوة و التيار المتحرض المتناوب الجيبي.
B. احسب طول سلك الملف.

الحل: باعتبار $\boxed{64\pi \approx 200}$

1. حساب شدة التيار المتحرض المتولد في الملف. $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\frac{N\ B\ s(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)}{\Delta t}$$

$$\begin{cases} \alpha_2 = \frac{\pi}{2} rad \Rightarrow \cos\frac{\pi}{2} = 0 \\ \alpha_1 = 0 \Rightarrow \cos 0 = 1 \\ s = \pi r^2 = 16\pi \times 10^{-4} \end{cases}$$

$$\varepsilon = -\frac{600 \times 4 \times 10^{-2} \times 16\pi \times 10^{-4}(0-1)}{2 \times 10^{-1}} = 6 \times 10^{-1} V$$

$$i = \frac{6 \times 10^{-1}}{5} \Rightarrow \boxed{i = 12 \times 10^{-2} A}$$

A- بفرض أنه في لحظة ما أثناء الدوران كان الناظم على مستوي الإطار يصنع مع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ زاوية قدرها α فيكون التدفق المغناطيسي Φ الذي يجتاز الإطار وهو في هذه الحالة: $\Phi = NB\ S\cos\alpha$

إذا كانت السرعة الزاوية لدوران الإطار ω ثابتة فإن الزاوية α التي يدورها الملف في زمن قدره t: $\alpha = \omega t$

نعوض في علاقة التدفق المغناطيسي: $\Phi = N\ B\ S\cos\omega t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة ε: $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$

$$\bar{\varepsilon} = NB\ S\ \ \omega \sin\omega t$$

تكون ε عظمى عندما: $\sin\omega t = 1 \Rightarrow \varepsilon_{max} = N\ B\ S\ \omega$

نعوض: $\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin\omega t$

نحدد قيم الثوابت: $\omega = 2\pi f = 2\pi\left(\frac{2}{\pi}\right) = 4\ rad.s^{-1}$

$$\varepsilon_{max} = N\ B\ S\ \omega = 600 \times 16\pi \times 10^{-4} \times 4 \times 10^{-2} \times 4$$

$$\varepsilon_{max} = 6 \times 64\pi \times 10^{-4} \times 4 \Rightarrow \varepsilon_{max} = 48 \times 10^{-2} V$$

- نعوض قيم الثوابت: $\boxed{\bar{\varepsilon} = 48 \times 10^{-2} \sin 4t}$ (v)

التابع الزمني للتيار المتحرض المتناوب الجيبي. $\bar{i} = \frac{\varepsilon}{R}$

$$\bar{i} = \frac{48 \times 10^{-2} \sin 4t}{5} \Rightarrow \boxed{\bar{i} = 96 \times 10^{-3} \sin 4t}\ (A)$$

B- حساب طول سلك الملف

$$l' = 2\pi r.N = 2\pi \times 4 \times 10^{-2} \times 600 = 8\pi \times 6 \Rightarrow \boxed{l' = 48\pi\ m}$$

المسألة الخامسة (درس - إطار مربع)

إطار مربع الشكل طول ضلعه $4cm$، مؤلف من 100 لفة متماثلة من سلك نحاسي معزول، نَدير الإطار حول محور شاقولي مار من مركزه ومن ضلعين أفقيين متقابلين بحركة دائرية منتظمة تقابل $\frac{10}{\pi}Hz$ ضمن حقل مغناطيسي أفقي شدته $5\times10^{-2}T$، خطوطه ناظمية على سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة ومقاومتها $R = 4\Omega$،

المطلوب :

1- اكتب التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة في الإطار.
2- عين اللحظتين الأولى و الثانية التي تكون فيها قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة معدومة.
3- اكتب التابع لشدة التيار الكهربائي المتحرض اللحظي المار في الإطار. (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

1- التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية:

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

$$\varepsilon_{max} = N\,B\,s\,\omega \begin{cases} \omega = 2\pi f = 2\pi\times\frac{10}{\pi} = 20\,rad.s^{-1} \\ l = 4\times10^{-2}m \Longrightarrow s_{\text{مربع}} = l^2 = 16\times10^{-4}m^2 \end{cases}$$

$$\varepsilon_{max} = 100\times5\times10^{-2}\times16\times10^{-4}\times20 \Longrightarrow \varepsilon_{max} = 16\times10^{-2}V$$

$$\boxed{\bar{\varepsilon} = 16\times10^{-2}\sin20t} \quad (V)$$

2- قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة معدومة $\bar{\varepsilon} = 0$

$$16\times10^{-2}\sin(20t) = 0$$

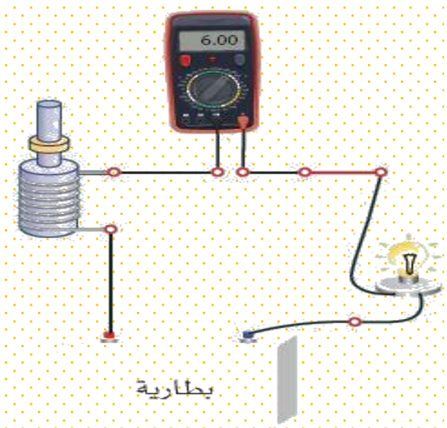
$$\text{Sin}(20t) = 0$$

$$20t = \pi k \Longrightarrow t = \frac{k\pi}{20}$$

لحظة الانعدام الأولى: $k = 0 \Longrightarrow t = 0$ ، لحظة الانعدام الثانية: $k = 1 \Longrightarrow t = \frac{\pi}{20}s$

3- $$\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{16\times10^{-2}\sin20t}{4}$$

$$\boxed{\bar{\imath} = 4\times10^{-2}\sin20t} \quad (A)$$



سؤال نظري : في الدارة الموضحة جانباً والتي تعبر عن مبدأ المحرك

1. عند إغلاق القاطعة ومنع المحرك عن الدوران نلاحظ توهج المصباح فسّر ذلك
2. ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند السماح للمحرك بالدوران معللاً ذلك ؟
3. في المحرك الكهربائي برهن نظرياً تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية

صيغة أخرى للسؤال : في تجربة السكتين الكهرطيسية برهن أن $P'_{\text{ميكانيكية}} = P_{\text{كهربائية}}$

الحل :

1. بسبب مرور تيار كهربائي له شدة معينة ويدل عليه المقياس .
2. عند السماح للمحرك بالدوران : تبدأ سرعة دورانه بالازدياد فنلاحظ تناقص توهج المصباح ونقصان دلالة المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي أقل

التعليل : يوجد في المحرك وشيعة يمر فيها تيار كهربائي وخاضعة لحقل مغناطيسي يعمل على تدويرها ، فيتغير التدفق المغناطيسي عبرها فيتولد فيها قوة محركة كهربائية تحريضية عكسية تزداد بازدياد سرعة دوران المحرك ، هذه القوة مضادة (معاكسة) للقوة المحركة الكهربائية المطبقة بين قطبي المولد (فرق الكمون) فتقلل من تأثيرها ، فيقل التيار الكهربائي عبر المصباح فتخبو إضاءته .

3. عند مرور التيار الكهربائي في الساق الخاضعة لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ ، فإنها تتأثر بقوة كهرطيسية شدتها:

$$F = ILB$$

تعمل القوة الكهرطيسية على تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$، وتكون الاستطاعة الميكانيكية الناتجة: $P' = Fv$

$$\boxed{P' = ILBv}$$

لكن عند انتقال الساق مسافة Δx : $\Delta x = v\,\Delta t$

يتغير السطح بمقدار: $\Delta s = L\Delta x = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة عكسية تعاكس مرور التيار (حسب لنز) قيمتها المطلقة:

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \Rightarrow \varepsilon = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = BLv$$

ولاستمرار مرور تيار المولد يجب تقديم استطاعة كهربائية: $P = \varepsilon' I$

$$\boxed{P = BLvI}$$

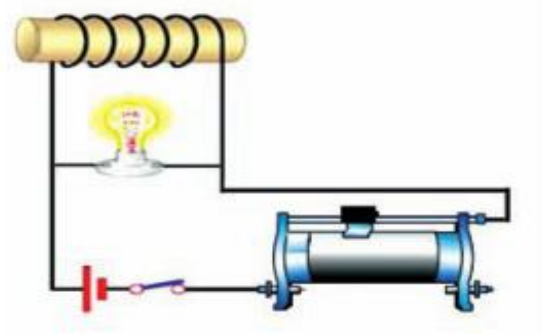
بالموازنة بين الاستطاعتين نجد: $P' = P$ وبهذا الشكل تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

التحريض الذاتي

سؤال نظري : في التجربة الموضحة في الدارة :

1. فسر كل مما يلي :
   - عند فتح القاطعة يتوهج المصباح بشدة قبل أن ينطفئ
   - .عند إغلاق القاطعة يتوهج المصباح ثم تخبو اضاءته
2. ماذا ندعو الدارة ، والحادثة في هذه الحالة ولماذا ؟

الحل :



.1

- عند فتح القاطعة أي عند قطع التيار تتناقص شدة التيار المار في الوشيعة فيتناقص الحقل المغناطيسي المتولد عنه في الوشيعة فيتناقص التدفق المغناطيسي فيها فيتولد فيها قوة محركة كهربائية متحرضة وتكون $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكن لحظة فصل القاطعة فيتوهج المصباح حيث dt صغير جداً ثم ينطفئ
- عند اغلاق القاطعة تزداد شدة التيار المار في الوشيعة فيزداد الحقل المغناطيسي المتولد عنه في الوشيعة فيزداد التدفق المغناطيسي فيها فيتولد فيها قوة محركة كهربائية ع تمانع تيار المولد من المرور فيها فيمر هذا التيار في المصباح فقط فيسبب التوهج الشديد وبسبب تناقص $\frac{di}{dt}$ تخبو اضاءة المصباح ويزداد التيار تدريجياً عبر الوشيعة حتى ثبات الشدة فتنعدم القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في الوشيعة .

2. ندعو الدارة بالدارة المتحرضة الذاتية ، وتسمى الحادثة بالتحريض الذاتي ، لأن الوشيعة قامت بدور محرّض ومتحرض بآن واحد .

سؤال نظري: وشيعة طولها l مؤلفة من N لفة يمر فيها تيار متغيّر المطلوب :

1. استنتج العلاقة المعبرة عن ذاتية الوشيعة وعرّف الهنري
2. اكتب علاقة التدفق الذاتي عبر الوشيعة
3. اكتب العلاقة المعبرة عن القوة المحركة التحريضية الذاتية
4. أكتب العلاقة المعبرة عن القوة المحركة التحريضية الذاتية ثم ناقشها عند: (تزايد شدة التيار – تناقص شدة التيار)
5. أكتب العلاقة المعبرة عن ذاتية الوشيعة ثم كيف تؤول تلك العلاقة من أجل وشيعة طولها l وطول سلكها l'

الحل :

1. عند مرور تيار في وشيعة يولد حقلاً مغناطيسياً B ⇦ $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{l}$

ويكون تدفق حقله المغناطيسي $\phi = N.B.S.\cos\alpha$

نعوض قانون $B_{\text{الوشيعة}}$ في علاقة التدفق فنجد (حيث $\cos\alpha = 1$)

$$\phi = N.(4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{l}).S \xrightarrow{\text{نرّتب العلاقة ونعزل الثوابت}} \phi = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 s}{l} i$$

$$\xrightarrow{\text{ذاتية الدارة (ثوابت الدارة)}} \boxed{L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 s}{l}}$$

الهنري: ذاتية دارة مغلقة يجتازها تدفق ويبر واحد عندما يمر فيها تيار قدره أمبير واحد.

2. التدفق الذاتي : $\boxed{\phi = L.i}$

3. القوة المحركة المتحرضة الذاتية : $\boxed{\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}}$

4. القوة المحركة المتحرضة الذاتية : $\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$

تزايد شدة التيار $di > 0$ ⇦ $\varepsilon < 0$ (جهة التيار المتحرض عكس جهة التيار المحرّض)

تناقص شدة التيار $di < 0$ ⇦ $\varepsilon > 0$ (جهة التيار المتحرض مع جهة التيار المحرّض)

5. ذاتية الوشيعة : $L = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N^2 s}{l}$

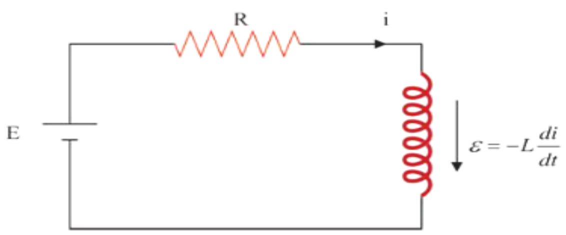
ولكن : $s = \pi r^2$

عدد اللفات: $N = \frac{l'}{2\pi r} \overset{\text{نربع}}{\Rightarrow} N^2 = \frac{l'^2}{4\pi^2 r^2}$

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{l'^2}{4\pi^2 r^2}.\frac{\pi r^2}{l}$$

ذاتية وشيعة عُلم طولها l وطول سلكها l' : $\boxed{L = 10^{-7} \frac{l'^2}{l}}$

سؤال نظري : استنتج عبارة الطاقة الكهرطيسية المختزنة في وشيعة يجتازها تيار i كما هو موضح بالشكل



$$\sum E = Ri \Longrightarrow E + \varepsilon = Ri$$

$$E - L\frac{di}{dt} = Ri \overset{\text{نضرب الطرفين } idt}{=\!=}$$

$$E\,idt - L\frac{di}{dt}\,idt = Ri\,idt \overset{\text{نختصر ونرتب}}{=\!=}$$

$$Eidt - Lidi = Ri^2dt$$

$$Eidt_{\text{طاقة مقدّمة}} = Ri^2dt_{\text{طاقة مستهلكة حرارياً}} + Lidi_{\text{طاقة مختزنة كهرطيسية}}$$

<u>الطرف الأول</u> Eidt يمثل الطاقة التي يقدمها المولد خلال dt.

<u>الطرف الثاني</u> Ri^2dt: الطاقة الضائعة حرارياً بفعل جول خلال dt..

<u>الطرف الثالث</u> Lidi: الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة (تكامل)

$$E_L = \int_0^I Lidi = \boxed{\frac{1}{2}LI^2} \xrightarrow{\text{ولكن } \phi = L.I} \boxed{E_L = \frac{1}{2}\phi I}$$

المسألة 17 (عامة – وشيعة – تحريض ذاتي)

وشيعة طولها $30\ cm$ ومساحة مقطعها $3 \times 10^{-2} m^2$ وذاتيتها $L = 5 \times 10^{-3} H$. **المطلوب :**

1) احسب عدد لفاتها .

2) نمرر في الوشيعة تيار كهربائي متواصل شدته 15 A احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .

3) نجعل شدة التيار تتناقص بانتظام من 15 A إلى الصفر خلال 0.5 S ، احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة في الوشيعة وحدد جهة التيار المتحرض .

4) نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً شدته اللحظية مقدرة بالأمبير $\bar{\imath} = 20 - 5t$ ، احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة فيها . (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي) .

الحل :

1- حساب عدد اللفات من قانون الذاتية : $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{l}$

$$5 \times 10^{-3} = 4\pi \times 10^{-7} \times N^2 \frac{3\times10^{-2}}{30\times10^{-2}} \Longrightarrow 5 \times 10^{-3} = 4\pi \times 10^{-8} \times N^2$$

$$N^2 = \frac{5\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-8}} \xRightarrow{4\pi=12.5} N^2 = \frac{5}{125\times10^{-1}\times10^{-5}} = \frac{1}{25\times10^{-6}} \overset{\times4}{\underset{\times4}{\Rightarrow}} N^2 = 4 \times 10^4$$

$$\Longrightarrow \boxed{N = 200 \text{ لفة}}$$

2- حساب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .

$$E_L = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-3} \times 225 \Longrightarrow \boxed{E_L = \frac{1125}{2} \times 10^{-3} J}$$

3- حساب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة في الوشيعة وتحدد جهة التيار المتحرض .

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L \frac{(I_2 - I_1)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -5 \times 10^{-3} \frac{(0-15)}{5\times10^{-1}} \Longrightarrow \boxed{\varepsilon = 15 \times 10^{-2} V}$$

$\frac{d\phi}{dt} < 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} > 0$ أي أن الحقل المحرّض متناقص حسب لنز جهة التيار المتحرض بجهة التيار المحرض

4- حساب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة في الوشيعة .

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt} = -5 \times 10^{-3} \times (-5) \Longrightarrow \boxed{\varepsilon = 25 \times 10^{-3} V}$$

المسألة 18 (عامة – وشيعة – تحريض عادي + ذاتي)

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 200 لفة ، ومساحة مقطعها $20\ cm^2$ حيث المقاومة الكلية لدارتها المغلقة 5Ω

-1 نضع الوشيعة ضمن حقل مغناطيسي ثابت المنحى وجهة خطوطه توازي محور الوشيعة ، نزيد شدة هذا الحقل بانتظام خلال $0.5\ S$ من $0.04\ T$ إلى $0.06\ T$: **المطلوب :**

a) حدد على الرسم جهة كل من الحقلين المغناطيسي المحرض والمتحرض في الوشيعة وعين جهة التيار المتحرض

b) احسب القيمة الجبرية لشدة التيار الكهربائي المتحرض المار في الوشيعة .

c) احسب ذاتية الوشيعة .

-2 نرفع الوشيعة من الحقل المغناطيسي السابق ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته اللحظية $\bar{\imath} = 6 + 2t$

a) احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية في الوشيعة .

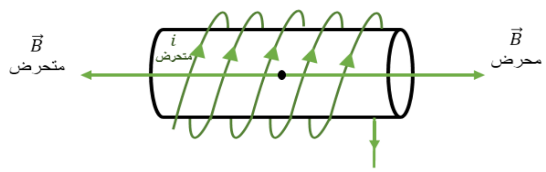
b) احسب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي لحقل الوشيعة في اللحظتين : $t_1 = 0 , t_2 = 1S$.

c) نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10A$ بدل التيار السابق ، احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي) .

الحل : -1

a) نلاحظ أن شدة الحقل المغناطيسي قد ازدادت وبالتالي التدفق المحرّض متزايد وبالتالي : $\Delta\Phi > 0$

حسب لنز : $\vec{B}$ محرض ، $\vec{B'}$ متحرض على حامل واحد وبجهتين متعاكستين .



b) حساب شدة التيار الكهربائي المتحرض : $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$

نحسب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{N(\overline{\Delta B})S\cos\alpha}{\Delta t}\begin{cases}\alpha = (\widehat{\vec{n},\vec{B}}) = 0\\ \overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0.06 - 0.04 = 0.02T\\ s = 20\ cm^2 = 20\times10^{-4}m^2\end{cases}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{200\times2\times10^{-2}\times20\times10^{-4}\times1}{\frac{1}{2}} \Longrightarrow \boxed{\bar{\varepsilon} = -16\times10^{-3}V}$$

$$\bar{\imath} = \frac{-16\times10^{-3}}{5} \Longrightarrow \boxed{i = -32\times10^{-4}\ A}$$

c) حساب ذاتية الوشيعة : $L = 4\pi\times10^{-7}\frac{N^2 s}{l}$

$$L = 4\pi\times10^{-7}\frac{4\times10^4\times20\times10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}}$$

$$\boxed{L = 8\times10^{-5}H}$$

-2 a) حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية :

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt} = -8\times10^{-5}\times(2) \Longrightarrow \boxed{\varepsilon = -16\times10^{-5}\ V}$$

b) حساب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي $t_1 = 0 , t_2 = 1S$

$$\Phi = L\,i \Longrightarrow \Delta\Phi = L.\Delta i$$

$$\Delta\Phi = L\,(i_2 - i_1)$$

$$\Delta\Phi = 8\times10^{-5}(8-6)$$

$$\boxed{\Delta\Phi = 16\times10^{-5}Weber}$$

c) حساب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .

$$E_L = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\times8\times10^{-5}\times100 \Longrightarrow \boxed{E_L = 4\times10^{-3}\ \mathrm{J}}$$

المسألة 19 (عامة – وشيعة – كهرطيسية + تحريض عادي)

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 1000 لفة ، نصف قطر مقطعها $2\ cm$ ، ومقاومة دارتها الكهربائية المغلقة 5Ω مؤلفة من سلك نحاسي معزول قطر مقطعه $\frac{\pi}{500}m$ **المطلوب :**

1- احسب طول سلك الوشيعة واحسب عدد الطبقات .

2- احسب ذاتية الوشيعة . باعتبار $(\pi^2 \approx 10)$

3- نعلق الوشيعة من منتصفها بسلك شاقولي عديم الفتل ونجعل محورها أفقياً عمودياً على خطوط حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $10^{-2}\ T$ ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته 4A **المطلوب :**

A) احسب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت زاوية 60° .

B) احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الوشيعة من لحظة امرار التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية 30° .

4- نقطع التيار السابق عن الوشيعة وهي في وضع التوازن المستقر ثم نديرها حول السك الشاقولي خلال 0.5 S ليصبح محورها عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي ، **المطلوب :**

A) احسب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة .

B) احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق .

5- نعيد الوشيعة إلى وضع التوازن المستقر ثم ندخل بداخلها نواة حديدية عامل انفاذها 50 احسب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية واحسب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة .

الحل : باعتبار $(4\pi \approx 12.5)$

1- - حساب طول سلك الوشيعة : $N = \frac{l'}{2\pi r} \Rightarrow l' = 2\pi r\, N$

$$l' = 2\pi \times 2 \times 10^{-2} \times 1000 = 40\pi\ m$$

- حساب عدد الطبقات : $\frac{N}{N'} =$ عدد الطبقات

حساب N' : لفة في الطبقة الواحدة $N' = \frac{l}{(2r')} = \frac{\frac{2\pi}{5}}{\frac{\pi}{500}} = 200$

طبقة $\frac{1000}{200} = 5$ = عدد الطبقات

2- احسب ذاتية الوشيعة : $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{l}$

نحسب مساحة مقطع الوشيعة : $S = \pi r^2 = 4\pi \times 10^{-4} m^2$

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{10^6 \times 4\pi \times 10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}} = 125 \times 10^{-5}\ H$$

-3

A) حساب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت زاوية 60° .

$$\alpha = 90^0 - \theta' = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$\Gamma_\Delta = N\,I\,S\,B\ \sin\alpha$$

$$\Gamma_\Delta = 1000 \times 4 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times \frac{1}{2} = 8\pi \times 10^{-3}$$

$$\boxed{\Gamma_\Delta = 25 \times 10^{-3}\ m.N}$$

B) حساب عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الوشيعة من لحظة امرار التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية 30° .

دارت بزاوية 30° أي أن : $\alpha_2 = 90^0 - \theta' = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ ، لحظة إمرار التيار $\alpha_1 = 0$

$$W = I\,\Delta\,\Phi = I\,N\,B\,S\,(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$$

$$W = 4 \times 1000 \times 10^{-2} \times 4\pi \times 10^{-4} \left(\frac{1}{2} - 0\right) = 8\pi \times 10^{-3}$$

$$\boxed{W = 25 \times 10^{-3}\ \mathrm{J}}$$

4- A) حساب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$\alpha_1 = 0 \xRightarrow{\text{دارت الوشيعة}} \alpha_2 = \frac{\pi}{2} rad$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{N\,B\,S\,(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\frac{1000 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2}(0-1)}{\frac{1}{2}} = 25 \times 10^{-3}\ \mathrm{volt}$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{25 \times 10^{-3}}{5}$$

$$\boxed{i = 5 \times 10^{-3}\ \mathrm{A}}$$

B) احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق .

$$\Delta q = i\Delta t = 5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-1} \Longrightarrow \boxed{\Delta q = 25 \times 10^{-4}\ \mathrm{C}}$$

5- حساب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية :

$$\mu = \frac{B_t}{B} \Rightarrow B_t = \mu\,B = 50 \times 10^{-2}$$

$$\boxed{B_t = 5 \times 10^{-1} T}$$

حساب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة .

$$\Phi = N\,B_t.S\ \cos\alpha$$

$$\Phi = 1000 \times 5 \times 10^{-1} \times 4\pi \times 10^{-4} \times \cos 0$$

$$\boxed{\Phi = 2\pi \times 10^{-1}\ Weber}$$

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. وشيعة طولها $l = 10cm$، وطول سلكها $l' = 10m$، فقيمة ذاتيتها:

$a.\ 10^{-4}H$ $\quad b.\ 10^{-5}H$ $\quad c.\ 10^{-3}H$ $\quad d.\ 10^{-7}H$

الإجابة الصحيحة: a) $L = 10^{-4}H$

توضيح اختيار الإجابة:

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2}{l}s = 4\pi \times 10^{-7}\frac{\left(\frac{l'}{2\pi r}\right)^2}{l}\pi r^2 = 10^{-7}\frac{(l')^2}{l} = 10^{-7}\frac{(10)^2}{10\times10^{-2}} = 10^{-4}H$$

2. في تجربة السكتين التحريضية حيث الدارة مغلقة تكون القيمة المطلقة لشدة التيار المتحرض:

$a.\ BLv$ $\quad b.\ \frac{BLv}{R}$ $\quad c.\ 0$ $\quad d.\ \frac{BLv}{i}$

الإجابة الصحيحة: b) $i = \frac{B\,L\,v}{R}$

ثانياً: ماذا تتوقع حدوثه في كل من الحالات الآتية معللاً إجابتك:

1- في تجربة السكتين التحريضية حيث الدارة مغلقة، نزيد سرعة تدحرج الساق على السكتين.

الحدث: تزداد شدة التيار المتحرض.

التعليل: كونها تتناسب طرداً مع سرعة التدحرج $i = \frac{B\,L\,v}{R} = const\ v$

2- تقريب القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهي وشيعة يتصل طرفاها ببعضهما البعض .

الحدث: يتولد تيار متحرض في الوشيعة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً شمالياً.

التعليل: تقريب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق المغناطيسي (المُحرض) الذي يجتاز حلقات الوشيعة فحسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض بحيث تنتج أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه وكما نعلم الوجه الشمالي يتنافر مع القطب الشمالي ليمنع التقريب.

3- تقريب القطب الشمالي لمغناطيسي من احد وجهي حلقة نحاسية دارتها مفتوحة.

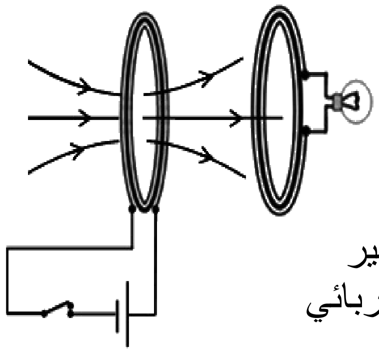
الحدث: يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة مساوية لفرق الكمون بين طرفي الحلقة.

التعليل: تتأثر الإلكترونات الحرة بقوة لورنز (المغناطيسية) فتنتقل تلك الالكترونات وتتراكم شحنات سالبة عند طرفي الحلقة وشحنات موجبة عند الطرف الآخر للحلقة فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الحلقة.

ثالثاً : اجب عن الاسئلة الآتية:

1. ملفان متقابلان الأول موصول إلى بيل كهربائي و الثاني إلى مصباح، هل يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين؟ في حال النفي ماذا نفعل ليضيء المصباح؟ ولماذا؟

لا يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين لأن التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول يتغير من خلال الملف الثاني.



ليضيء المصباح يجب أن يتغير التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول ويمكن تحقيق ذلك:

- بفتح وغلق القاطعة باستمرار في دارة الملف الأول (فتتغير شدة الحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول و بالتالي يتغير التدفق المغناطيسي لهذا الحقل من خلال الملف الثاني فيتولد تيار كهربائي متحرض يسبب إضاءة المصباح).

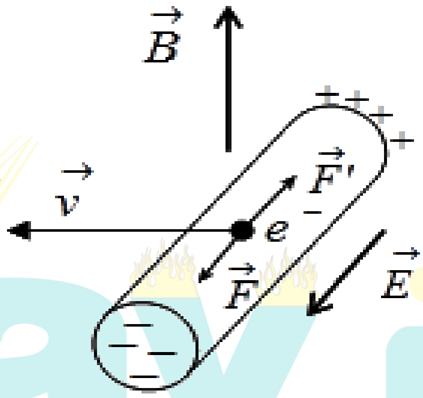
- تحريك أحد الملفين نحو الآخر.
- استبدال البيل الكهربائي بمنبع تيار كهربائي متناوب.

2. في تجربة الساق المتحركة بوجود الحقل المغناطيسي المنتظم في دارة مفتوحة، تتراكم الشحنات الموجبة في طرف و الشحنات السالبة في طرف آخر، و يستمر التراكم إلى أن يصل إلى قيمة حدية يتوقف عندها. فسر ذلك.

تفسير الوصول إلى قيمة حدّية لتراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق:

إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق يولد حقلاً كهربائياً $\vec{E}$ يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية موجبة إلى الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية سالبة يؤثر هذا الحقل الكهربائي في الإلكترون الحر بقوة كهربائية $\vec{F'}$ جهتها تعاكس جهة القوة المغناطيسية $\vec{F}$ (قوة لورنز) المؤثرة في هذا الإلكترون تزداد شدة الحقل الكهربائي بازدياد تراكم الشحنات الكهربائية مما يزيد من شدة هذه القوة الكهربائية لتصبح مساوية لشدة القوة المغناطيسية (قوة لورنز) فتتوقف حركة الإلكترونات.

الرسم :



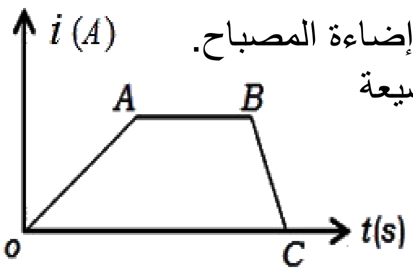
3. بين الخط البياني المرسوم جانباً تغيرات تيار المولد المار في الوشيعة في حادثة التحريض الذاتي.

a. ماذا تمثل كل من المراحل (BC, AB, OA).

b. أيهما أكبر، القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند إغلاق الدارة أم عند فتحها.

c. في أي المراحل تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة؟ وفي أي المراحل تكون ثابتة؟ وفي أي المراحل تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

a. **المرحلة OA (إغلاق القاطعة)** تزايد شدة تيار المولد المار في الوشيعة فيتوهج المصباح نسبياً ثم يعود لإضاءته الخافتة.



المرحلة AB ثبات شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيثبت شدة إضاءة المصباح.

المرحلة BC(فتح القاطعة) تناقص شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح بشدة ثم ينطفئ.

b. عند فتح الدارة تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر من القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند غلق القاطعة.

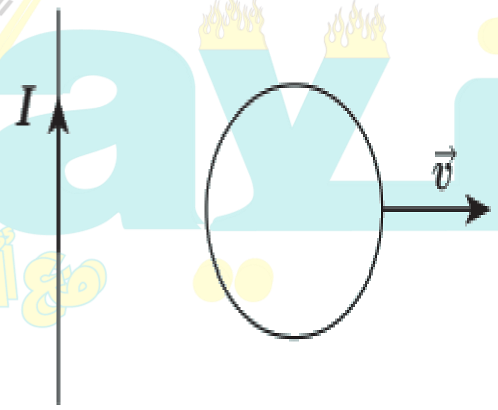
لأن: القيمة المطلقة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة $\bar{\varepsilon} = -L\frac{di}{dt}$ تتناسب عكساً **وزمن dt**
تناقص شدة التيار في المرحلة BC **أصغر** من زمن تزايد التيار في المرحلة OA لذا تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر عند فتح الدارة.

c. تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة في المرحلة OA.
تكون الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة ثابتة في المرحلة AB.
تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة في المرحلة BC وتتحول إلى طاقة كهربائية.

4. وشيعة يمر فيها تيار كهربائي متغير شدته i:
a. اكتب عبارة شدة الحقل المغناطيسي المتولد داخلها نتيجة مرور التيار.
b. اكتب عبارة التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي.
c. استنتج العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الذاتية المتحرضة فيها موضحاً متى تنعدم قيمة هذه القوة.

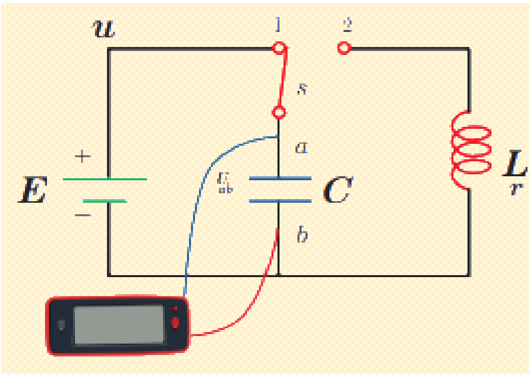
(محلول في النظري)

5. تنعدم قيمة هذه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الذاتية عند ثبات قيمة التيار.
في الشكل المجاور ملف دائري نحركه بسرعة ثابته $\vec{v}$ عمودية على السلك المستقيم، المطلوب:
a. حدد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار الكهربائي في السلك المستقيم عند مركز الملف الدائري.
b. حدد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتحرض المتولد في الملف وجهة التيار الكهربائي المتحرض.
c. صف ما يحدث إذا أوقفنا الملف عن الحركة، معللاً إجابتك؟



c. في حال أوقفنا الملف عن الحركة فإنه لا ينشأ تيار متحرض في الملف لأنه لا يوجد تغيّر في التدفق المغناطيسي.

الدرس الرابع
الاهتزازات الكهربائية الحرّة
الدارات المهتزة (التيارات عالية التواتر)



سؤال نظري نشكل دارة كهربائية تتألف من مكثفة ومولد يعمل على شحنها وعند تمام الشحن تظهر بقعة مضيئة ثابتة و الكمون ثابت على راسم الاهتزاز وهذا كله في حال كانت الدارة مغلقة عند النقطة (1) وعند وصل القاطعة عند النقطة (2) تتشكل دارة مؤلفة من مكثفة مشحونة موصولة على التسلسل مع وشيعة لها مقاومة فتبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها عبر الوشيعة **والمطلوب : كيف يكون شكل التفريغ مع التعليل في كل من الحالات الآتية :**

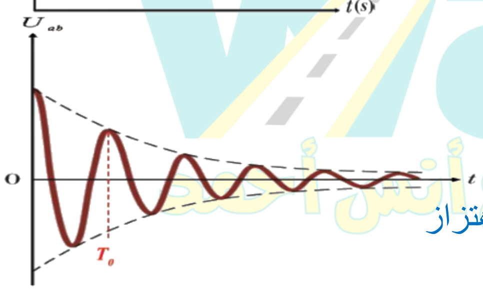
1- مقاومة الوشيعة كبيرة 2- مقاومة الوشيعة صغيرة

3- مقاومة الوشيعة مهملة دورات 2019 ـ 2020

الحل :

1- إذا كانت **الوشيعة مقاومتها كبيرة** تبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها في الوشيعة فيظهر على راسم الاهتزاز المخطط :

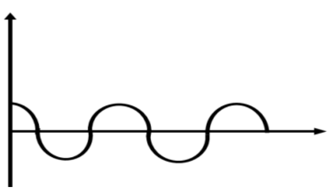
- **شكل التفريغ لا دوري متخامد باتجاه واحد**
- **التعليل لأن المقاومة كبيرة ، تستهلك كامل الطاقة الكهربائية وتحولها دفعة واحدة إلى طاقة حرارية بفعل جول الحراري فيتخامد الاهتزاز**



2- إذا كانت **الوشيعة مقاومتها صغيرة** تبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها في الوشيعة فنلاحظ المخطط الآتي:

- **شكل التفريغ دوري متخامد باتجاهين (شبه دور)**
- التعليل لأن المقاومة الصغيرة للوشيعة تبدأ باستهلاك الطاقة الكهربائية تدريجياً وتحويلها بعد فترة إلى طاقة حرارية بفعل جول الحراري لذا يبدأ الاهتزاز بالتخامد

3- إذا كانت **الوشيعة مهملة المقاومة**: عندها تبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها في الوشيعة فنلاحظ المخطط الآتي:



- **شكل التفريغ دوري جيبي متناوب غير متخامد سعة الاهتزاز ثابتة**
- التعليل لأنه بإهمال المقاومة نحافظ على الطاقة الكهربائية و هذه حالة مثالية لا تتحقق عملياً إلا إذا عوضنا الطاقات الضائعة .

سؤال نظري اشرح كيفية تبادل الطاقة بين الوشيعة والمكثفة؟

- **تبدأ المكثفة المشحونة بتفريغ شحنتها في الوشيعة فينشأ تيار في الوشيعة ويزداد تدريجياً إلى أن يصل الشدة العظمى في نهاية ربع الدور الأول وتنعدم الشحنة في المكثفة فيتولد في الوشيعة قوة محركة كهربائية متحرضة وتختزن طاقة كهرطيسية** $E_L = \frac{1}{2} L I_{max}^2$

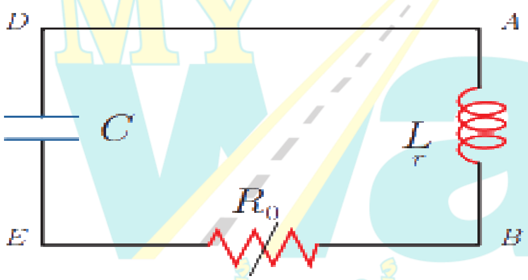
♥ ومن ثم يبدأ التيار في الوشيعة بشحن المكثفة فينقص تدريجياً لتزداد شحنة المكثفة إلى أن ينعدم تيار الوشيعة فتصبح شحنة المكثفة عظمى عند نهاية الربع الثاني وتختزن المكثفة الطاقة على شكل طاقة كهربائية $E_c = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$

♥ في الربعين الثالث و الرابع تتكرر عمليتي الشحن و التفريغ في الاتجاه المعاكس نظراً لتغيير شحنة اللبوسين.

T_0	$3\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$\frac{T_0}{4}$	t=0(بدء الزمن)
q_{max}	$q=0$	$-q_{max}$	$q=0$	q_{max}(مكثفة)
$I=0$	$+I_{max}$	$I=0$	$-I_{max}$	I=0(وشيعة)

سؤال نظري نشكل دارة كهربائية تحوي على التسلسل وشيعة (L,r) مكثفة مشحونة سعتها C ومقاومة R_0 حسب الشكل:

استنتج المعادلة التفاضلية للدارة السابقة وكيف تصبح الاهتزازات حرة.



بما أن الدارة المغلقة فمجموع فروق الكمون يساوي الصفر

$$U_{AD} + U_{DE} + U_{EB} + U_{BA} = 0$$

$$U_{AD} = 0 \; , U_{DE} = \frac{\bar{q}}{c} \; , U_{EB} = R_0\bar{\imath} \; , U_{BA} = L\frac{d\bar{\imath}}{dt} + r\bar{\imath}$$

$$= 0\frac{\bar{q}}{c} + R_0\bar{\imath} + L\frac{d\bar{\imath}}{dt} + r\bar{\imath}$$

$$\Rightarrow \frac{\bar{q}}{c} + L\frac{d\bar{\imath}}{dt} + \bar{\imath}(R_0 + r) = 0 \underset{\text{المقاومة الكلية للدارة } R=R_0+r}{=}$$

$$\frac{\bar{q}}{c} + L\frac{d\bar{\imath}}{dt} + R\bar{\imath} = 0 \overset{\text{ولكن}}{\Longrightarrow} \bar{\imath} = (\bar{q})'_t \Rightarrow \frac{d\bar{\imath}}{dt} = (\bar{\imath})'_t = (\bar{q})''_t$$

$$\frac{\bar{q}}{c} + L(\bar{q})''_t + R(\bar{q})'_t = 0 \underset{}{\overset{\text{وفي الدارة المهتزة } R=0}{=}} \frac{\bar{q}}{c} + L(\bar{q})''_t = 0$$

$$\xrightarrow{\text{نعزل } (\bar{q})''_t} \boxed{(\bar{q})''_t = -\frac{\bar{q}}{Lc}}$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل:

$$\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

وتصف اهتزاز الشحنات الكهربائية ، وتكون الاهتزازات حرة وذلك عندما تكون المقاومات معدومة.

سؤال نظري انطلاقاً من العلاقة $L(\bar{q})''_t + \frac{\bar{q}}{c} = 0$ استنتج علاقة الدور الخاص للاهتزازت الحرة غير المتخامدة وبين دلالات الرموز والواحدات الدولية.

أو: انطلاقاً من العلاقة $\bar{U}_L + \bar{U}_C = 0$ بدل السابقة

(دورة 2014 الثانية)

$$L(\bar{q})''_t + \frac{\bar{q}}{c} = 0$$

$$\Rightarrow L(\bar{q})''_t = -\frac{\bar{q}}{c} \Rightarrow \boxed{(\bar{q})''_t = -\frac{\bar{q}}{Lc}}$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تقبل حلاً جيبياً من الشكل :

$$\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

نشتق مرتين بالنسبة للزمن:

$$\Rightarrow \bar{\imath} = (\bar{q})'_t = -q_{max}\omega_0\sin(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$\Rightarrow (\bar{\imath})'_t = (\bar{q})''_t = -q_{max}\omega_0^2\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi})$$

$$\Rightarrow (\bar{q})''_t = -\omega_0^2\bar{q}$$

وبالتالي نجد: $-\omega_0^2 q = -\frac{q}{Lc} \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{Lc}$

بالجذر التربيعي: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{Lc}}$

استنتاج الدور: $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \Rightarrow = \frac{2\pi}{\frac{1}{\sqrt{Lc}}}$

الدور الخاص للدارة المهتزة: (علاقة تومسون) $\Rightarrow \boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{Lc}}$

- T_0: دور الاهتزازات الكهربائية و تقدر بـ s.
- L: ذاتية الوشيعة وتقدر بـ H.
- C: سعة المكثفة و تقدر بـ F.

سؤال نظري انطلاقاً من تابع الشحنة مع اعتبار $\bar{\varphi} = 0$ استنتج عبارة تابع الشدة اللحظية وماهو فرق الطور بين تابع الشدة وتابع الشحنة؟ (دورة 2015 الثانية)

$$\xRightarrow{\text{تابع الشحنة}} \bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t) \xlongequal{\text{التيار هو المشتق الأول للشحنة}}$$

$$\bar{\imath} = (\bar{q})'_t = -q_{max}\omega_0\sin(\omega_0 t)$$

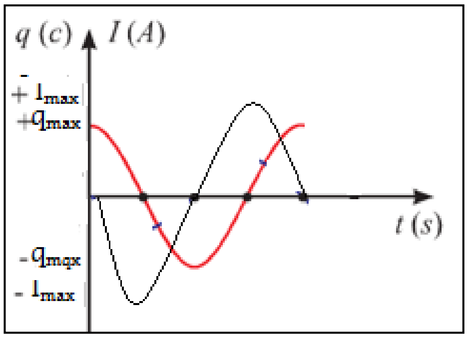
$$\xlongequal{\text{حفظ دستور الإرجاع إلى الربع الأول}} -\sin(\omega_0 t) = \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$\xRightarrow{\text{ويصبح التيار}} \boxed{\bar{\imath} = q_{max}\omega_0\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})}$$

نلاحظ أن تابع الشدة متقدم على تابع الشحنة بمقدار $\frac{\pi}{2}$ وهما على ترابع

- ♥ عندما تكون شحنة المكثفة عظمى يكون التيار في الوشيعة معدوم
- ♥ عندما تكون التيار في الوشيعة أعظمي تكون شحنة المكثفة معدومة

الرسم البياني لمخطط ضابط الطور بين التيار والشحنة:



سؤال نظري استنتج عبارة الطاقة الكلية في الدارة الكهربائية المهتزة مع رسم الخط البياني لها موضحاً تغيرات E_L , E_c مع الزمن . [دورة 2014 الأولى – 2015 الثانية ـ 2021]

الطاقة الكلية هي مجموع طاقتي المكثفة والوشيعة

$$E = E_c + E_L$$

الطاقة الكهربائية المختزنة في المكثفة: $E_c = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c}$

الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة: $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

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

$$\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t) \Rightarrow$$

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

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

لكن: $\omega_0^2 = \frac{1}{Lc}$:

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{c}cos^2(\omega_0 t) + \frac{1}{2}Lq_{max}^2\frac{1}{Lc}sin^2(\omega_0 t)$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{c}[\cos^2(\omega_0 t) + \sin^2(\omega_0 t)]$$

حيث : $[\cos^2(\omega_0 t) + \sin^2(\omega_0 t)] = 1$

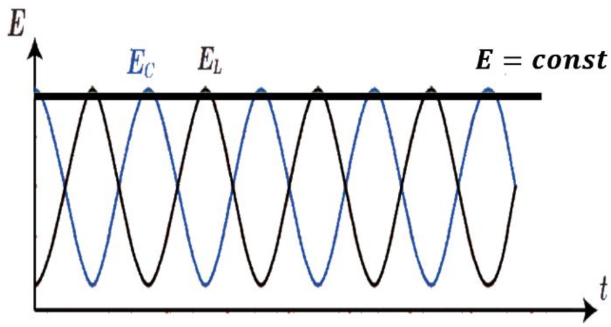
$$\boxed{\Rightarrow E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{c} = const}$$

أو

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2}Li_{max}^2 = const$$

نستنتج: الطاقة الكلية لدارة (L,c) مقدار ثابت في كل لحظة وتمثل بخط مستقيم يوازي محور الأزمنة

عندما تنعدم طاقة المكثفة تكون طاقة الوشيعة عظمى والعكس صحيح



فسر علمياً باستخدام العلاقات الرياضية (دورات)

✓ تبدي الوشيعة ممانعة كبيرة لمرور التيارات عالية التواتر

$$X_L = \sqrt{r^2 + (\omega L)^2}$$

بإهمال المقاومة (r) أمام (ωL)

$$X_L = \sqrt{(L\omega)^2} \Rightarrow X_L = L\omega$$

$$\Rightarrow X_L = L(2\pi f)$$

نلاحظ أن ردية الوشيعة تتناسب طرداً مع تواتر التيار أي إذا كانت التيار عالي التواتر تكون الممانعة أو الردية عالية جداً لذلك يمر فيها تيار شدته المنتجة ضعيفة جداً

فسر علمياً باستخدام العلاقات الرياضية (دورات)

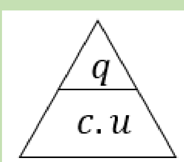
✓ تبدي المكثفة ممانعة صغيرة للتيارات عالية التواتر

$$Xc = \frac{1}{\omega c} \Rightarrow Xc = \frac{1}{(2\pi f)c}$$

نلاحظ:

أن ممانعة المكثفة تتناسب عكساً مع تواتر التيار ؛ لذلك يمر فيها تيار شدته المنتجة كبيرة بسهولة لأن الممانعة صغيرة

ملاحظات لحل مسائل الدارة المهتزة



المكثفة : من المثلث : شحنة المكثفة (كولوم) $q = c.u$: سعة المكثفة : (فاراد) $c = \frac{q}{u}$

♥ الطاقة الكهربائية المختزنة في المكثفة: $t = 0 \Rightarrow \bar{q} = q_{max}$: $E_c = \frac{1}{2}\frac{q^2}{c}$

الوشيعة : ذاتيتها : $\boxed{L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2.s}{\ell}}$

أو يمكن حساب ذاتية وشيعة علم طولها ℓ وطول سلكها ℓ' من الاستنتاج :

$$\left.\begin{aligned} N &= \frac{\ell'}{2\pi r} \\ S &= \pi r^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{\frac{\ell'^2}{4\pi^2 r^2}.\pi r^2}{\ell} \Rightarrow \boxed{L = 10^{-7}\frac{\ell'^2}{\ell}}$$

الدارة المهتزة :

♥ دورها: $T_0 = 2\pi\sqrt{L.c} = \frac{1}{f_0} = \frac{2\pi}{\omega_0}$ * تواترها: عند طلب التواتر: نحسب الدور ونقلبه $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.c}} =$

$$\frac{1}{T_0} = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

♥ نبضها: $w_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{L.c}}$ تابع الشحنة اللحظية: $\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t)$

♥ تابع الشدة اللحظية : $\bar{\imath} = (\bar{q})'_t = -\omega_0 q_{max}\sin\omega_0 t$ أو $\bar{\imath} = \omega_0 q_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$

♥ شدة التيار الأعظمي: $I_{max} = \omega_0 q_{max}$

مسألة محلولة:

نشحن مكثفة سعتها $C = 1\mu F$ تحت توتر كهربائي $U_{ab} = 100V$، ثم نصلها في اللحظة $t = 0$ بين طرفي وشيعة ذاتيتها $L = 10^{-3}H$ ومقاومتها مهملة. **المطلوب حساب:**

1. الشحنة الكهربائية للمكثفة والطاقة الكهربائية المختزنة فيها عند اللحظة.
2. تواتر الاهتزازات الكهربائية المارة فيها. (باعتبار $\pi^2 \approx 10$)
3. شدة التيار الاعظمي I_{max} المار في الدارة .

الحل:

1. **حساب الشحنة الكهربائية العظمى :** $q_{max} = C\,U_{max}$

$$q_{max} = 1 \times 10^{-6} \times 100$$

$$\boxed{q_{max} = 1 \times 10^{-4} C}$$

حساب الطاقة الكهربائية المختزنة : $E = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$

$$E = \frac{1}{2} \times \frac{1\times10^{-8}}{1\times10^{-6}} = \frac{1}{2} \times 10^{-2} = 0.5 \times 10^{-2}$$

$$\boxed{E = 5 \times 10^{-3} J}$$

2. **حساب f_0: نحسب الدور T_0 ونقلبه :** $T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C}$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{10^{-3} \times 1 \times 10^{-6}} = 2\pi\sqrt{10^{-9}} \xrightarrow{\pi^2\approx10} T_0 = 2\sqrt{\pi^2 \times 10^{-9}} = 2\sqrt{10^{-8}}$$

$$T_0 \approx 2 \times 10^{-4} s$$

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2\times10^{-4}} \Rightarrow \boxed{f_0 = 5000Hz}$$

3. **حساب شدة التيار الاعظمي: من التابع الزمني للشدة اللحظية :** $I_{max} = \omega_0 q_{max}$

$$I_{max} = (2\pi f_0)q_{max}$$

$$I_{max} = 2\pi \times 5000 \times 10^{-4} \Rightarrow \boxed{I_{max} = \pi\ \ A}$$

اختبر نفسك:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:

1. تتألف دارة مهتزة من مكثفة سعتها C، ووشيعة ذاتيتها L، دورها الخاص T_0، استبدلنا المكثفة C بمكثفة أخرى سعتها $C' = 2C$، يصبح دورها الخاص T'_0 ، فتكون العلاقة بين الدورين:

a. $T'_0 = 2T_0$ b. $T'_0 = 2T_0$ **c. $T'_0 = \sqrt{2}T_0$** d. $T'_0 = \sqrt{2}T_0$

توضيح الإجابة: $T'_0 = 2\pi\sqrt{L.C'} = 2\pi\sqrt{L.(2C)} = \sqrt{2}T_0$

2. تتألف دارة مهتزة من مكثفة سعتها C، ووشيعة ذاتيتها L، وتواترها الخاص f_0، نستبدل الذاتية بذاتية أخرى بحيث $L' = 2L$، والمكثفة بمكثفة أخرى سعتها $C' = \frac{C}{2}$، فيصبح تواترها الخاص:

a. $f'_0 = f_0$ b. $f'_0 = 2f_0$ c. $f'_0 = \frac{1}{2}f_0$ d. $f'_0 = \frac{1}{4}f_0$

توضيح الإجابة: $f'_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L'.C'}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(2L).(\frac{C}{2})}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.c}} = f_0$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. تتألف دارة من مقاومة أومية ومكثفة فهل يمكن اعتبارها دارة مهتزة؟ ولماذا؟

لا يمكن، لعدم وجود وشيعة تختزن الطاقة التي تعطيها المكثفة.

2. متى يكون تفريغ المكثفة في وشيعة لا دورياً؟ ولماذا؟

يكون التفريغ لا دورياً إذا بلغت المقاومة قيمة كبيرة نسبياً.

التفسير: إن الطاقة التي تعطيها المكثفة للوشيعة و المقاومة تتحول إلى حرارة بفعل جول في المقاومة، حيث تتبدد كامل طاقة المكثفة دفعة واحدة أثناء تفريغ شحنتها الأولى عبر الوشيعة ومقاومة الدارة.

3. استنتج أن طاقة دارة (L, C) مقدار ثابت في كل لحظة مع رسم الخطوط البيانية. (الحل في النظري سابقاً)

4. كيف يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة في دارة مهتزة خلال دور واحد؟ (الحل في النظري سابقاً)

5. لماذا تنقص الطاقة الكلية في دارة مهتزة تحوي (مقاومة ذاتية، مكثفة) في أثناء التفريغ؟

تنقص الطاقة الكلية في دارة مهتزة تحوي (مقاومة ذاتية، مكثفة) في أثناء التفريغ بسبب تبدد الطاقة بفعل جول الحراري في المقاومة الأومية.

6. اكتب التابع الزمني للشحنة اللحظية معتبراً مبدأ الزمن عندما تكون $\varphi = 0$، ثم استنتج عبارة الشدة اللحظية، ووازن بينهما من حيث الطور. (الحل في النظري سابقاً)

ثالثاً: أعطِ تفسيراً علمياً مع كتابة العلاقات المناسبة عند اللزوم:

1. تبدي المكثفة ممانعة كبيرة للتيارات منخفضة التواتر. ممانعة المكثفة(اتساعية المكثفة) تعطى بالعلاقة: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(2\pi f)C}$ نجد ان اتساعية المكثفة تتناسب **عكساً** مع تواتر التيار ففي حالة التيارات منخفضة التواتر تكون ممانعة المكثفة كبيرة	**2. تبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيارات عالية التواتر** ممانعة الوشيعة مهملة المقاومة (ردية الوشيعة) تعطى بالعلاقة: $X_L = \omega L = (2\pi f)\ L$ نجد أن ردية الوشيعة تتناسب **طرداً** مع تواتر التيار ففي حالة التيارات عالية التواتر تكون ممانعة الوشيعة كبيرة.

رابعاً: حل المسائل الآتية: دورات 2015 – 2016

المسألة الثانية: نريد أن نحقق دارة مهتزة مفتوحة، طول موجة الاهتزاز الذي تشعه $200m$، فنؤلفها من ذاتية قيمتها $0.1\mu H$، ومن مكثفة متغيرة السعة. **المطلوب:**

احسب سعة المكثفة اللازمة لذلك علماً أن سرعة انتشار الاهتزاز: $C = 3 \times 10^8 m.s^{-1}$

المعطيات : $\boxed{L = 0.1 \times 10^{-6} = 10^{-7} H}$

ملاحظة : نحسب سعة المكثفة من علاقة الدور الخاص ونستطيع حساب الدور من علاقة $\lambda = C.T_0$

الحل.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C} \xRightarrow{\text{نربع}} T_0^2 = 4\pi^2\, L.c \xlongequal{\text{نعزل}\ C}$$

سعة المكثفة $C = \frac{T_0^2}{4\pi^2\ L}$

نحسب الدور : $\lambda = C.T_0 \Rightarrow T_0 = \frac{\lambda}{C}$

$$T_0 = \frac{200}{3\times10^8} = \frac{2}{3} \times 10^{-6} s$$

$$C = \frac{T_0^2}{4\pi^2\ L} = \frac{\frac{4}{9}\times10^{-12}}{4\pi^2\times10^{-7}}$$

$$\boxed{C = \frac{1}{9} \times 10^{-6} F}$$

المسألة الأولى: تتألف دارة مهتزة من:

- مكثفة إذا طبق بين لبوسيها فرق كمون $50V$ شحن كل من لبوسيها $0.5\mu C$.
- وشيعة طولها $10cm$ وطول سلكها $16\ m$ بطبقة واحدة مقاومتها مهملة.

المطلوب

1. احسب تواتر الاهتزازات الكهربائية المار فيها. باعتبار : $(32\pi \approx 100)$
2. احسب شدة التيار الأعظمي المار في الدارة

المعطيات : $(l = 10cm = 10^{-1}m)\ (l' = 16m)(U_{max} = 50V)\ (q_{max} = 0.5\mu C = 0.5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-7} c)$

الحل:

1- التواتر مقلوب الدور $f_0 = \frac{1}{T_0}$

نحسب الدور : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

نحسب سعة المكثفة : $C = \frac{q_{max}}{U_{max}}$

$$C = \frac{5\times10^{-7}}{50} = 10^{-8}F$$

نحسب ذاتية الوشيعة : $L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2}{l}s$

$$N = \frac{l'}{2\pi r}\quad , s = \pi r^2$$

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{\left(\frac{l'}{2\pi r}\right)^2}{l}\pi r^2$$

$$L = 10^{-7}\frac{(l')^2}{l} = 10^{-7}\frac{(16)^2}{10\times10^{-2}}$$

$$L = 256 \times 10^{-6}\ H$$

نعوض في علاقة الدور :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{10^{-8} \times 256 \times 10^{-6}} = \underbrace{32\pi}_{100} \times 10^{-7}$$

$$T_0 = 10^{-5}\ s$$

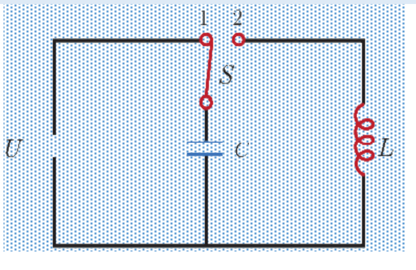
نقلب الدور لحساب التواتر : $f_0 = \frac{1}{10^{-5}}$

$$\boxed{f_0 = 10^5 \text{Hz}}$$

-2

$$I_{max} = q_{max}\,\omega_0$$
$$I_{max} = q_{max}\,2\pi f_0$$
$$I_{max} = 5 \times 10^{-7} \times 2\pi \times 10^5$$
$$\boxed{I_{max} = \pi \times 10^{-1}\ A}$$

المسألة الثالثة: تكون دارة كما في الشكل المجاور والمؤلفة من:



a. مكثفة سعتها $C = 2 \times 10^{-5} F$.
b. وشيعة مقاومتها r وذاتيتها L.
c. مولد يعطي توتراً ثابتاً قيمته $U_{max} = 6V$.
d. قاطعة.

1- نغلق القاطعة في الوضع (1) لنشحن المكثفة. احسب الشحنة المختزنة في المكثفة عند نهاية الشحن.

2- نغلق القاطعة في الوضع (2). فسر ما يحدث في الدارة

الحل :

-1
$$q_{max} = C\, U_{max}$$
$$q_{max} = 2 \times 10^{-5} \times 6 = 12 \times 10^{-5}\, C$$

2- تتفرغ شحنة المكثفة عبر الوشيعة على شكل تفريغ دوري متخامد باتجاهين تتناقص فيه سعة الاهتزاز لأن مقاومة الوشيعة الصغيرة تبدد طاقة المكثفة تدريجياً بفعل جول الحراري حتى ينعدم تيار التفريغ لعدم وجود مولد

المسألة الرابعة: شبيهة دورة *2016*

مكثفة شعتها $C = 10^{-12} F$، تشحن بوساطة مولد تيار متواصل ، فرق الكمون بين طرفيه $U_{max} = 10^{3} V$، ومقاومتها مهملة: **المطلوب:**

1- احسب شحنة المكثفة و الطاقة المختزنة فيها.

2- بعد شحن المكثفة توصل بوشيعة ذاتيتها $L = 16mH$، مقاومتها الأومية مهملة. **المطلوب:**

a. صف ما يحدث.
b. احسب تواتر الاهتزازات الكهربائية.
c. اكتب التابع الزمني لكل من الشحنة وشدة التيار بدءاً من الشكل العام معتبراً مبدأ الزمن لحظة وصل المكثفة المشحونة بالوشيعة.

المعطيات : $(L = 16mH = 16 \times 10^{-3} H)(U_{max} = 10^{3} V)\ (C = 10^{-12} F)$

الحل :

-1
$$q_{max} = C\, U_{max}$$
$$q_{max} = 10^{-12} \times 10^{3} \Longrightarrow \boxed{q_{max} = 10^{-9} C}$$
$$E = \frac{1}{2} q_{max}\, U_{max}$$
$$E = \frac{1}{2} \times 10^{-9} \times 10^{3} \Longrightarrow \boxed{E = 5 \times 10^{-7} J}$$

-2 a-بما أن مقاومة الوشيعة مهملة فإن الاهتزازات كهربائية حرة غير متخامدة وتبدأ المكثفة بتفريغ شحنتها جيبياً في الوشيعة وسعة الاهتزاز ثابتة وبدور اهتزاز T_0 والطاقة الكلية ثابتة تتحول بشكل دوري من كهربائية في المكثفة إلى كهرطيسية في الوشيعة دون زيادة أو نقصان.

-b -التواتر مقلوب الدور : $f_0 = \frac{1}{T_0}$

- نحسب الدور : $T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C}$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{10^{-12} \times 16 \times 10^{-3}}$$

$$T_0 = 8\sqrt{\pi^2 \times 10^{-15}} \Longrightarrow T_0 = 8 \times 10^{-7} s$$

- نقلب الدور لحساب التواتر : $\boxed{f_0 = \frac{10^7}{8}\,\mathrm{Hz}}$

-c تابع الشحنة : $\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t)$

$$\omega_0 = 2\,\pi f_0 \Longrightarrow \omega_0 = \frac{\pi\times10^7}{4}\ rad.s^{-1}$$

$$\overset{\text{تابع الشحنة}}{=}\ \boxed{\bar{q} = 10^{-9}\cos\frac{\pi\times10^7}{4}t \qquad (C)}$$

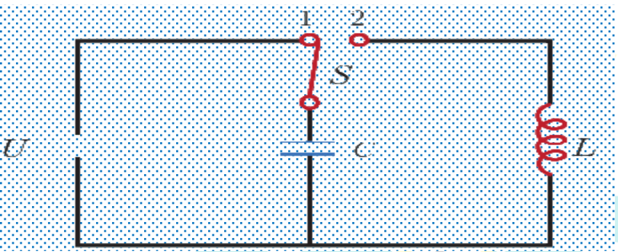
تابع الشدة : $\bar{\imath} = \omega_0 q_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$

$$I_{max} = q_{max}\,\omega_0 = 10^{-9} \times \frac{\pi\times10^7}{4} \Longrightarrow I_{max} = \frac{\pi\times10^{-2}}{4} A$$

$$\overset{\text{تابع التيار}}{=}\ \boxed{\bar{\imath} = \frac{\pi\times10^{-2}}{4}\cos\left(\frac{\pi\times10^7}{4}t + \frac{\pi}{2}\right)(A)}$$

المسألة الخامسة:

1. نركب الدارة الموضحة بالشكل حيث
$U_{max} = 10^3 V$ ، $C = 10^{-12} F$ ، $L = 10^{-3} Hz$
احسب القيمة العظمى لشحنة المكثفة.
2. احسب تواتر التيار المهتز المار في الوشيعة ونبضه و اكتب التابع الزمني للشدة اللحظية معتبراً مبدأ الزمن لحظة وصل القاطعة إلى النقطة (2)



الحل :

-1 $q_{max} = C\,U_{max}$

$$q_{max} = 10^{-12} \times 10^3$$

$$\boxed{q_{max} = 10^{-9} C}$$

-2 التواتر مقلوب الدور : $f_0 = \frac{1}{T_0}$

$$T_0 = 2\sqrt{L\,C}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{10^{-3} \times 10^{-12}} \Longrightarrow T_0 = 2\sqrt{\pi^2 \times 10^{-15}} \Longrightarrow T_0 = 2 \times 10^{-7} s$$

$$f_0 = \frac{1}{2\times10^{-7}} \Longrightarrow \boxed{f_0 = 5 \times 10^6 Hz}$$

النبض الخاص : $\omega_0 = 2\pi\, f_0$

$$\omega_0 = 2\pi \times 5 \times 10^6 \Longrightarrow \boxed{\omega_0 = \pi \times 10^7\ rad.s^{-1}}$$

تابع الشدة : $\bar{\imath} = \omega_0 q_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$

نحسب الشدة العظمى : $I_{max} = q_{max}\omega_0 \Longleftarrow I_{max} = \pi \times 10^{-2} A$

$$\xrightarrow{\text{تابع التيار}}\ \boxed{\bar{\imath} = \pi \times 10^{-2}\cos\left(\pi \times 10^7 t + \frac{\pi}{2}\right)(A)}$$

الدرس الخامس الاهتزازات الكهربائية القسرية

التيار الجيبي المتناوب

التيار المتواصل : هو تيار ثابت الجهة والشدة مع الزمن وتمثل شدته وفق الخط البياني

التيار المتناوب : هو تيار متغير الجهة والشدة والتوتر جيبياً مع الزمن ونحصل عليه عملياً بتدوير إطار شاقولي من النحاس بسرعة زاوية ثابتة حول محور شاقولي مار من مركزه فنحصل على التابع الزمني للقوة المحركة التحريضية الآنية المتناوبة : $\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max} \sin \omega t$

- ينتج عنها تيار متناوب جيبي وتوتر متناوب جيبي تابعه الزمني :
  - تابع الشدة اللحظية: $\bar{\imath} = I_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_1)$
  - تابع التوتر اللحظي: $\bar{U} = U_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)$

وحيث: $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}_2 - \bar{\varphi}_1$ فرق الطور بين الشدة والتوتر ويتغيّر بتغيّر مكونات الدارة

سؤال نظري: فسر الكترونياً نشوء التيار المتواصل

التيار المتواصل (المستمر) : رمزه Dc هو تيار ثابت الجهة والشدة مع مرور الزمن ينتج عن الحركة الإجمالية للإلكترونات الحرة من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع وباتجاه واحد وتنتج هذه الحركة عن الحقل الكهربائي الثابت بالجهة والشدة والناتج عن فرق الكمون المطبق الثابت بالجهة والشدة والذي نحصل عليه من البطاريات

سؤال نظري: فسر الكترونياً نشوء التيار المتناوب واذكر شروط انطباق قوانين التيار المتواصل على تيار متناوب جيبي؟

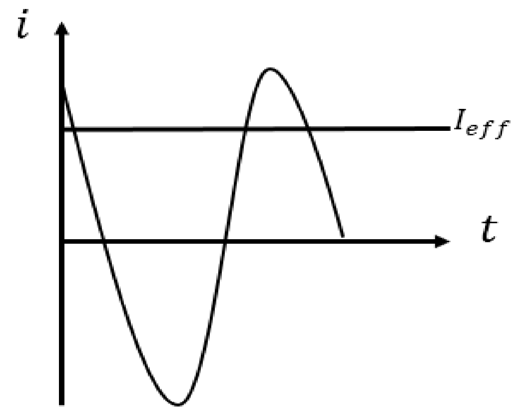
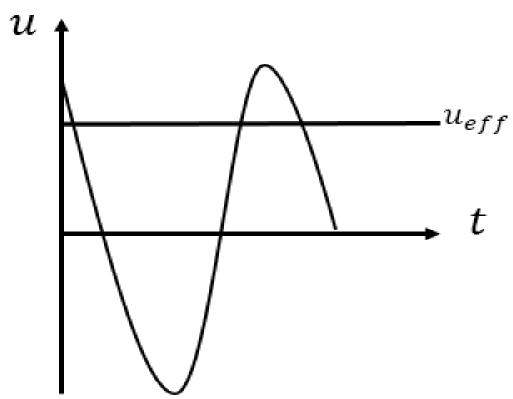
(دورة 2015 الأولى)

يتولد التيار المتناوب الجيبي من الحركة الإهتزازية للإلكترونات الحرة حول مواضع وسطية بسعة اهتزاز صغيرة من رتبة ميكرو متر و بتواتر اهتزاز يساوي تواتر **التيار** الناتج وتنتج الحركة الاهتزازية للإلكترونات عن الحقل الكهربائي المتغير بالقيمة والجهة والذي ينتشر بسرعة الضوء بجوار الناقل وينتج هذا التغير في الحقل من تغير قيمة واشارة التوتر بين قطبي المنبع و رمزه Ac.

الشروط: 1. تواتر التيار المتناوب الجيبي صغير جداً. 2. دارة قصيرة بالنسبة لطول الموجة.

ملاحظة : حيث: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{50} = 6 \times 10^6 m$

فإذا اخترنا دارة أبعادها من رتبة عدة أمتار فإن الالكترونات تتحرك بالاتجاه نفسه وتهتز على توافق في نفس اللحظة ويجتاز مقطع الدارة نفس العدد من الالكترونات وكأنه تيار متواصل يجتاز الدارة
وتهتز تلك الالكترونات بالنبض الذي يفرضه المولد لذلك سُميت بالاهتزازات الكهربائية القسرية

الشدة المنتجة (الفعّالة): وهي الشدة الثابتة المكافئة لشدة تيار متواصل يعطي نفس الكمية من الحرارة التي يعطيها تيار متناوب جيبي خلال نفس الزمن وفي نفس الناقل : الشدة المنتجة تساوي الشدة العظمى على $\sqrt{2}$: $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	**التوتر المنتج (الفعّال) :** هو توتر ثابت يكافئ توتر تيار متواصل يعطي نفس كمية الحرارة التي يعطيها توتر تيار متناوب جيبي خلال نفس الزمن وفي نفس الناقل التوتر المنتج تساوي التوتر الأعظمي على $\sqrt{2}$: $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$
	
مثال : مأخذ تيار متناوب جيبي تابع شدته اللحظية يعطى بالعلاقة : $\bar{i} = 3\sqrt{2}\cos 100\pi t$ أحسب كلاً من الشدة المنتجة وتواتر التيار الشدة المنتجة : $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 3A$ تواتر التيار : $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} = 50Hz$	**مثال :** مأخذ تيار متناوب جيبي تابع توتره اللحظي يعطى بالعلاقة : $\bar{u} = 50\sqrt{2}\cos 130\pi t$ أحسب كلاً من التوتر المنتج وتواتر التيار وتر المنتج : $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 50\ (V)$ تواتر التيار : $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{130\pi}{2\pi} = 65(Hz)$

الاستطاعات في التيار المتناوب الجيبي:

سؤال نظري: عرف: الاستطاعة اللحظية والاستطاعة المتوسطة المستهلكة والاستطاعة الظاهرية وعامل الاستطاعة مع كتابة العلاقات الرياضية المبينة لكل منها؟

- **الاستطاعة اللحظية $\bar{p}$:** هي جداء التوتر اللحظي $\bar{u}$ بالشدة اللحظية $\bar{p} = \bar{\iota}.\bar{u}$ وتتغير من لحظة إلى أخرى
- **الاستطاعة المتوسطة المستهلكة P_{avg}:** الاستطاعة الثابتة التي تقدم في الزمن t الطاقة الكهربائية E نفسها التي يقدمها التيار المتناوب الجيبي (معدل الطاقة الكهربائية المقدمة نتيجة مرور التيار المتناوب الجيبي خلال زمن t)

$$P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}.\cos\bar{\varphi}$$

- **الاستطاعة الظاهرية P_A :** وهي أكبر قيمة للاستطاعة المتوسطة .

$$P_A = I_{eff}.U_{eff}$$

- **عامل الاستطاعة $\cos\bar{\varphi}$:**

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

لا واحدة لعامل الإستطاعة

استنتاج قوانين أوم لكل من المقاومة الأومية والوشيعة والمكثفة:

سؤال نظري: في دارة تيار متناوب تحوي **مقاومة صرفة** R نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً $\bar{U}$ فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالعلاقة : $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$ ، **المطلوب**

1- استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي المقاومة والعلاقة التي تربط الشدة المنتجة بالتوتر المنتج

2- استنتج الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في المقاومة الصرفة والطاقة الحرارية فيها

الحل :

1- $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

$$\bar{U} = R.\bar{\imath} \xRightarrow{\text{نعوض } \bar{\imath}}$$

$$\bar{U} = R.I_{max} \cos \omega t$$

$$\underbrace{\boxed{\bar{U} = U_{max} \cos \omega t}}_{\text{تابع التوتر اللحظي بين طرفي المقاومة}}$$

$$U_{max} = R\, I_{max}$$

نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$: $\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = R\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$

ولكن : $X_R = R$ ممانعة المقاومة

$$\underbrace{\boxed{U_{eff} = X_R.I_{eff}}}_{\text{العلاقة التي تربط الشدة المنتجة بالتوتر المنتج}}$$

$$\varphi_R = 0$$

التوتر على توافق مع الشدة

تمثيل فرينل للمقاومة :

2- استنتاج الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في المقاومة الأومية :

$$P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}.\cos \bar{\varphi}$$

$$\varphi_R = 0 \Rightarrow \cos\varphi_R = 1$$

$$P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}$$

ولكن : $U_{eff} = R.I_{eff}$

الإستطاعة حرارية في المقاومة $\boxed{P_{avg} = R\, I_{eff}^2}$

الطاقة تصرف في المقاومة على شكل حراري بفعل جول :

الطاقة الحرارية تساوي الاستطاعة الحرارية ضرب الزمن

$$E = P_{avg}.t = R\, I_{eff}^2.t$$

$$\boxed{E = R\, I_{eff}^2.t}$$

مسألة خارجية

مأخذ تيار متناوب جيبي تواتره $50(Hz)$ وتوتره المنتج $U_{eff} = 50\ (V)$ نضع بين طرفيه مقاومة صرفة $R = 25(\Omega)$ **والمطلوب**

1- أحسب الشدة المنتجة للتيار بين طرفي المقاومة
2- أكتب التابع الزمني لكل من الشدة والتوتر اللحظين بين طرفي المقاومة الصرفة
3- أحسب الاستطاعة المتوسطة المصروفة في المقاومة والطاقة الحرارية المنتشرة عنها خلال 6 sec

الحل :

1- $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{50}{25}$

$$\Rightarrow \boxed{I_{eff} = 2\ (A)}$$

2- تابع الشدة $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

حساب النبض :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 \Rightarrow$$

$$\omega = 100\pi (rad.s^{-1})$$

$$I_{max} = I_{eff}\sqrt{2} = 2\sqrt{2}(A)$$

$$\xrightarrow{\text{تابع الشدة}} \boxed{\bar{\imath} = 2\sqrt{2}\ cos100\pi t\ \ (A)}$$

تابع التوتر : $\bar{U} = U_{max} \cos \omega t$

$$U_{max} = U_{eff}\sqrt{2} = 50\sqrt{2}\ (V)$$

$$\xrightarrow{\text{تابع التوتر}} \boxed{\bar{u} = 50\sqrt{2}\ cos100\pi t\ \ (V)}$$

3- الاستطاعة الحرارية : $P_{avg} = R\, I_{eff}^2$

$$P_{avg} = 25 \times 4 = 100\ (watt)$$

حساب الطاقة الحرارية : $E = P_{avg}.t$

$$E = 100 \times 6 = 600(J)$$

سؤال نظري: في دارة تيار متناوب تحوي وشيعة مهملة المقاومة L نطبق بين طرفيها توتراً لحظياً $\bar{U}$ فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالعلاقة : $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

المطلوب

1- استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين طرفي الوشيعة والعلاقة التي تربط الشدة المنتجة بالتوتر المنتج

2- برهن أن الاستطاعة المستهلكة المتوسطة في الوشيعة المهملة المقاومة معدومة

الحل :

1- $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

$$\bar{U} = L\frac{d\bar{\imath}}{dt} \overset{\text{نعوض } \bar{\imath}}{=}$$

$$\frac{d\bar{\imath}}{dt} = -\omega I_{max} \sin \omega t$$

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

$$\frac{d\bar{\imath}}{dt} = \omega I_{max} \cos (\omega t + \frac{\pi}{2}) \overset{\text{نعوض في } \bar{U}}{=}$$

$$\bar{U} = L\omega I_{max} \cos (\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$\underbrace{\boxed{\bar{U} = U_{max} \cos (\omega t + \frac{\pi}{2})}}_{\text{تابع التوتر اللحظي بين طرفي الوشيعة مهملة المقاومة}}$$

$$U_{max} = L\omega I_{max}$$

نقسم الطرفين على $\sqrt{2}$: $\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = L\omega \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$

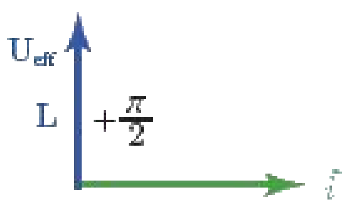
ولكن : $X_L = L\omega$ ممانعة الوشيعة المهملة المقاومة (ردية الوشيعة)

$$\underbrace{\boxed{U_{eff} = X_L . I_{eff}}}_{\text{العلاقة التي تربط الشدة المنتجة بالتوتر المنتج}}$$

$$\varphi_L = +\frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

التوتر متقدم على الشدة وهما على ترابع

تمثيل فرينل للوشيعة المهملة المقاومة



2- لا تستهلك الوشيعة مهملة المقاومة طاقة كهربائية
(الاستطاعة المتوسطة في الوشيعة المهملة المقاومة معدومة)

$$\varphi_L = +\frac{\pi}{2} \Longrightarrow \cos\varphi = 0$$

نعوض في: $P_{avg} = I_{eff} U_{eff} \cos\varphi$

$$P_{avgL} = 0$$

لانها تختزن طاقة كهرطيسية خلال ربع الدور الاول لتعيدها كهربائياً إلى الدارة الخارجية خلال ربع الدور الذي يليه.

مسألة خارجية:

مأخذ تيار متناوب جيبي تواتره $50Hz$ وتوتره المنتج $U_{eff} = 40\ V$ نضع بين طرفيه وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها $L = \frac{1}{5\pi} H$ **والمطلوب**

1- أحسب ردية الوشيعة .
2- أحسب الشدة المنتجة للتيار وأكتب التابع الزمني لكل من الشدة والتوتر اللحظين بين طرفي الوشيعة

الحل

1- حساب ردية الوشيعة : $X_L = L\omega$

حساب النبض :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 \Longrightarrow$$

$$\omega = 100\pi (rad.s^{-1})$$

$$X_L = \frac{1}{5\pi} \times 100\pi \Longrightarrow \boxed{X_L = 20\Omega}$$

2- $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{X_L} = \frac{40}{20}$

$$\Longrightarrow \boxed{I_{eff} = 2\ (A)}$$

♥ تابع الشدة $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

التيار الأعظمي : $I_{max} = I_{eff}\sqrt{2} = 2\sqrt{2}(A)$

$$\xrightarrow{\text{تابع الشدة}} \boxed{\bar{\imath} = 2\sqrt{2} \cos 100\pi t\ \ (A)}$$

♥ تابع التوتر : $\bar{U} = U_{max} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

$$U_{max} = U_{eff}\sqrt{2} = 40\sqrt{2}\ (V)$$

$$\xrightarrow{\text{تابع التوتر}} \boxed{\bar{u} = 40\sqrt{2} \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)\ \ (V)}$$

سؤال نظري:

في دارة تيار متناوب تحوي مكثفة سعتها C نطبق بين لبوسيها توتراً لحظياً $\bar{U}$ فيمر تيار كهربائي تعطى شدته اللحظية بالعلاقة :

$$\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$$

المطلوب

1- استنتج التابع الزمني للتوتر اللحظي بين لبوسي المكثفة والعلاقة التي تربط الشدة المنتجة بالتوتر المنتج

2- برهن أن الاستطاعة المستهلكة المتوسطة في المكثفة معدومة

الحل :

1- $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

$$\bar{U} = \frac{\bar{q}}{C}$$

$$\bar{q} = \int \bar{\imath}\, dt$$

$$\bar{q} = \int (I_{max} \cos \omega t)\, dt$$

$$\bar{q} = \frac{1}{\omega} I_{max} \sin \omega t$$

$$\sin \omega t = \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$\bar{q} = \frac{1}{\omega} I_{max} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \overset{\text{نعوض في } \bar{U}}{=}$$

$$\bar{U} = \frac{1}{\omega C} I_{max} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$\underbrace{\boxed{\bar{U} = U_{max} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})}}_{\text{تابع التوتر اللحظي بين لبوسي المكثفة}}$$

$$= \frac{1}{\omega C} I_{max} U_{max}$$

$$\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\omega C} \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \quad : \text{نقسم الطرفين على } \sqrt{2}$$

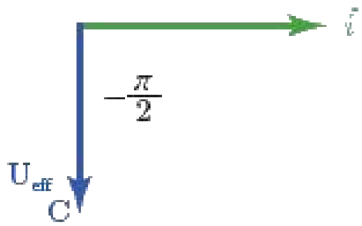
ولكن : $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ممانعة المكثفة (اتساعية المكثفة)

$$\underbrace{\boxed{U_{eff_C} = X_C . I_{eff}}}_{\text{العلاقة التي تربط الشدة المنتجة بالتوتر المنتج}}$$

$$\varphi_C = -\frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

التوتر متأخر على الشدة وهما على ترابع

تمثيل فرينل للمكثفة :



2- لا تستهلك المكثفة طاقة كهربائية

(الاستطاعة المتوسطة في المكثفة معدومة)

$$\varphi_C = -\frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\varphi = 0$$

نعوض في: $P_{avg} = I_{eff} U_{eff} \cos\varphi$

فنجد: $P_{avgC} = 0$

لأنها تختزن طاقة كهربائية خلال ربع الدور الاول لتعيدها كهربائياً إلى الدارة الخارجية خلال ربع الدور الذي يليه.

مسألة خارجية:

مأخذ تيار متناوب جيبي تواتره $50Hz$ وتوتره المنتج $U_{eff} = 40\ V$ نضع بين طرفيه مكثفة سعتها $C = \frac{1}{1000\pi} F$

والمطلوب

1- أحسب اتساعية المكثفة .
2- أحسب الشدة المنتجة للتيار وأكتب التابع الزمني لكل من الشدة والتوتر اللحظين بين لبوسي المكثفة

الحل :

1- حساب اتساعية المكثفة : $X_C = \frac{1}{\omega C}$

حساب النبض :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 \Longrightarrow$$

$$\omega = 100\pi (rad.s^{-1})$$

$$X_C = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{1000\pi}} \Longrightarrow \boxed{X_C = 10(\Omega)}$$

2- $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{X_C} = \frac{40}{10}$

$$\Longrightarrow \boxed{I_{eff} = 4\ (A)}$$

♥ تابع الشدة $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$

التيار الأعظمي : $I_{max} = I_{eff}\sqrt{2} = 4\sqrt{2}(A)$

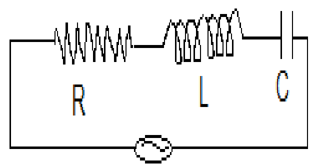
$$\xRightarrow{\text{تابع الشدة}} \boxed{\bar{\imath} = 4\sqrt{2}\ cos 100\pi t\ \ (A)}$$

♥ تابع التوتر : $\bar{U} = U_{max}\ cos\ (\omega\ t - \ \frac{\pi}{2})$

$$U_{max} = U_{eff}\sqrt{2} = 40\sqrt{2}\ (V)$$

$$\xRightarrow{\text{تابع التوتر}} \boxed{\bar{u} = 40\sqrt{2}\ cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)\ \ (V)}$$

سؤال نظري : نؤلف دارة تحوي على التسلسل مقاومة أومية R ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ومكثفة سعتها C ويمر في هذه الدارة تيار متناوب جيبي يعطى تابع الشدة اللحظية له بالعلاقة : $\bar{\imath} = I_{max} \cos \omega t$ عندما نطبق بين طرفي الدارة توتراً لحظياً يعطى بالعلاقة : $\bar{U} = U_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi})$ ، وبفرض : $\left(U_{eff_L} > U_{eff_C}\right)$



المطلوب استنتج العلاقات اللازمة لحساب كل من الممانعة الكلية للدارة والتوتر المنتج الكلي وعامل استطاعة الدارة باستخدام إنشاء فرينل

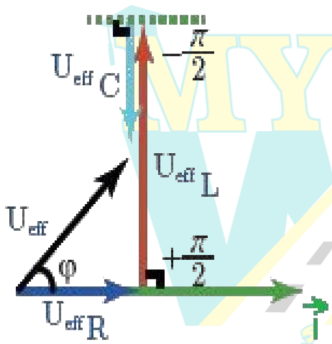
تذكرة في كل جهاز :

♥ في المقاومة $\varphi_R = 0$ التوتر على توافق مع الشدة ، ويعطى بالعلاقة $U_{eff_R} = R.I_{eff}$:

♥ في الوشيعة مهملة المقاومة $\varphi_L = +\frac{\pi}{2}$ rad التوتر متقدم على الشدة وهما على ترابع ، ويعطى بالعلاقة : $U_{eff_L} = X_L.I_{eff}$

♥ في المكثفة $\varphi_C = -\frac{\pi}{2}$ rad التوتر متأخر عن التيار وهما على ترابع ، ويعطى بالعلاقة: $U_{eff_C} = X_C.I_{eff}$

الحل : نرسم إنشاء فرينل ولا ننسَ : إنشاء فرينل على التسلسل $\bar{\imath}$ ثابت وَ $\bar{u}$ مجموع حيث $\bar{\imath}$ يمثل محور الصفحات



$$\bar{u} = \bar{u_R} + \bar{u_L} + \bar{u_C}$$

التوترات المنتجة تجمع هندسياً : $\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{eff_R}} + \overrightarrow{U_{eff_L}} + \overrightarrow{U_{eff_C}}$

حسب فيثاغورث من المثلث القائم : $U_{eff}^2 = U_{eff_R}^2 + \left(U_{eff_L} - U_{eff_C}\right)^2$

$$U_{eff} = \sqrt{U_{eff_R}^2 + \left(U_{eff_L} - U_{eff_C}\right)^2} \overset{\text{نعوض التوترات}}{=}$$

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

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

الممانعة الكلية للدارة : $\boxed{Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}}$

التوتر المنتج الكلي بين طرفي الدارة : $\boxed{U_{eff} = Z.I_{eff}}$

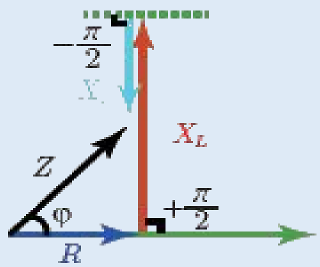
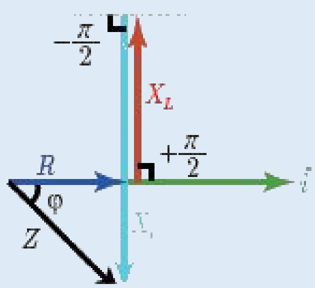
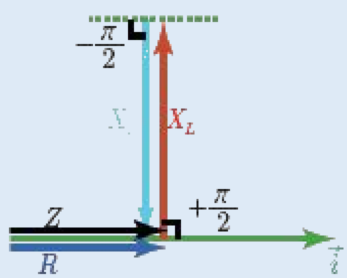
عامل استطاعة الدارة من إنشاء فرينل نجد : : $\boxed{\cos\bar{\varphi} = \frac{U_{eff_R}}{U_{eff}} = \frac{R.I_{eff}}{Z.I_{eff}} = \frac{R}{Z}}$

سؤال نظري نؤلف دارة تحوي على التسلسل مقاومة أومية R ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ومكثفة سعتها C

ماذا نسمي هذه الدارة في كل من الحالات الآتية موضحاً إجابتك باستخدام إنشاء فرينل :

1. ردية الوشيعة أكبر من اتساعية المكثفة
2. ردية الوشيعة أصغر من اتساعية المكثفة
3. ردية الوشيعة مساوية لاتساعية المكثفة

الحل:

الحالة الأولى	ردية الوشيعة X_L > اتساعية المكثفة X_C	* التوتر متقدم على الشدة * دارة ذات ممانعة ذاتية .	
الحالة الثانية	ردية الوشيعة X_L < اتساعية المكثفة X_C	* التوتر متأخر عن الشدة * دارة ذات ممانعة سعوية .	
الحالة الثالثة	ردية الوشيعة X_L = اتساعية المكثفة X_C	* التوتر على توافق مع الشدة . * تسمى هذه الحالة بالطنين الكهربائي أو التجاوب الكهربائي	

سؤال نظري: في إحدى دارات التيار المتناوب الجيبي ، تستخدم خاصِيّة التجاوب الكهربائي (الطنين) في عملية التوليف في أجهزة الاستقبال ، **المطلوب :**

1. في أي دارة يحدث التجاوب الكهربائي (الطنين) ؟
2. ماهو التجاوب الكهربائي ؟
3. ماذا يتحقق في حالة الطنين ؟
4. اكتب العلاقة المحددة لكل من ردية الوشيعة واتساعية المكثفة في التيار المتناوب واكتب العلاقة بينهما في حالة التجاوب الكهربائي ثم استنتج علاقة دور التيار في هذه الحالة [دورة 2016 الأولى]

الحل :

1. يحدث في دارة تحوي على التسلسل مقاومة R ووشيعة ذاتيتها L ومكثفة سعتها C .
2. **هو تساوي النبض الخاص لاهتزاز الالكترونات ω_0 مع النبض القسري ω الذي يفرضه المولد في الدارة ويسمى نبض الطنين ω_r**
3. **يتحقق في حالة التجاوب الكهربائي (الطنين) مايلي :**

* ردية الوشيعة = اتساعية المكثفة $L\omega = \frac{1}{\omega C}$ * ممانعة الدارة أصغر ما يمكن Z = R

* التوتر على توافق مع الشدة. *الشدة المنتجة للتيار الذي يمر في الدارة أكبر ما يمكن (أعظمي) $I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$

* الاستطاعة المتوسطة أكبر ما يمكن لأن: $\vartheta = 0 \Leftarrow \cos\vartheta = 1$ *عامل الاستطالة يساوي الواحد $\cos\vartheta = 1$

* ردية الوشيعة $X_L = L\omega$ ، اتساعية المكثفة $X_C = \frac{1}{\omega C}$ وفي حالة التجاوب تتساوى ردية الوشيعة واتساعية المكثفة $X_L = X_C$

$$L\omega_r = \frac{1}{\omega_r C} \xRightarrow{\text{نعزل } \omega_r} \omega_r^2 = \frac{1}{LC} \overset{\text{بجذر الطرفين}}{=} \boxed{\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$ نبض الطنين

$$\xRightarrow{\text{ولكن } \omega_r = 2\pi f_r} 2\pi f_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \boxed{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$ تواتر الطنين

$$\xRightarrow{\text{ولكن } T_r = \frac{1}{f_r}} \boxed{T_r = 2\pi\sqrt{LC}}$$ دور الطنين

. تستخدم خاصِيّة الطنين في عملية التوليف في أجهزة الاستقبال

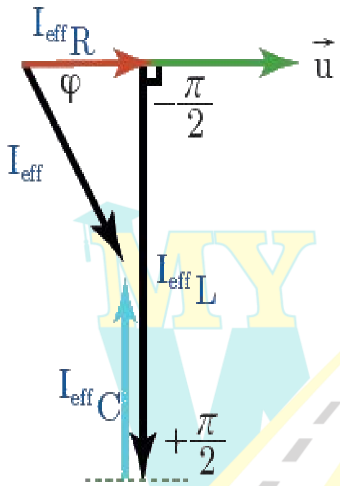
التيارات التفرعية:

نؤلف دارة تحوي على التفرع مقاومة أومية R ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L ومكثفة سعتها C و عندما نطبق على الدارة توتراً لحظياً يعطى بالعلاقة : $\bar{U} = U_{max} \cos \omega t$ ، فيمر في الدارة تيار متناوب جيبي وبفرض $\left(I_{eff_L} > I_{eff_C}\right)$:
المطلوب استنتج العلاقات اللازمة لحساب كل من الشدة المنتجة الكلية و عامل استطاعة الدارة باستخدام إنشاء فرينل

تذكرة في كل جهاز:

- ♥ في المقاومة $\varphi_R = 0$ التوتر على توافق مع الشدة ، ويعطى بالعلاقة :
- ♥ في الوشيعة مهملة المقاومة $\varphi_L = -\frac{\pi}{2}$ rad التوتر متقدم على الشدة وهما على تراكب
- ♥ في المكثفة $\varphi_C = +\frac{\pi}{2}$ rad التوتر متأخر عن التيار وهما على تراكب

الحل : نرسم إنشاء فرينل ولا ننسَ:



إنشاء فرينل على التفرع $\bar{u}$ ثابت وَ $\bar{i}$ مجموع حيث $\bar{u}$ يمثل محور الأطوار

$$\bar{i} = \bar{i_R} + \bar{i_L} + \bar{i_C}$$

الشدات المنتجة تجمع هندسياً : $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_C}}$

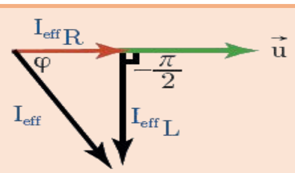
حسب فيثاغورث من المثلث القائم : $I_{eff}^{\,2} = I_{eff_R}^{\,2} + \left(I_{eff_L} - I_{eff_C}\right)^2$

الشدة المنتجة الكلية للدارة : $\boxed{I_{eff} = \sqrt{I_{eff_R}^{\,2} + \left(I_{eff_L} - I_{eff_C}\right)^2}}$

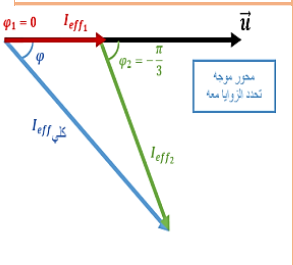
عامل استطاعة الدارة من إنشاء فرينل نجد : $\boxed{\cos \bar{\varphi} = \frac{I_{eff_R}}{I_{eff}}}$

نميّز في دارة التفرع ثلاثة حالات :

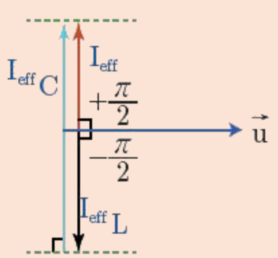
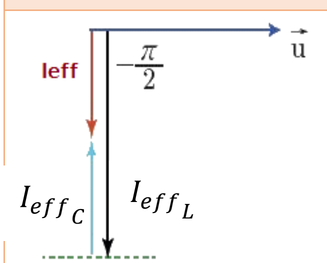
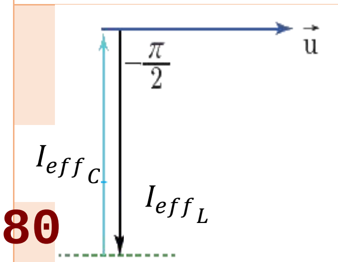
1. فرعان الأول يحوي مقاومة صرفة والثاني يحوي وشيعة مهملة المقاومة :

الطور في الفرع الأول	الطور في الفرع الثاني	الشدة المنتجة شعاعيا	حساب الشدة المنتجة الكلية	إنشاء فرينل للدارة
$\bar{\vartheta}_R = 0$ التوتر على توافق مع الشدة	$\bar{\vartheta}_L = -\frac{\pi}{2}$ التوتر متقدم على الشدة	$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$	حسب فيثاغورث $I_{eff}^{\,2} = I_{eff_R}^{\,2} + I_{eff_l}^{\,2}$ $I_{eff} = \sqrt{I_{eff_R}^{\,2} + I_{eff_l}^{\,2}}$	

2. فرعان الأول يحوي مقاومة صرفة والثاني يحوي وشيعةلها المقاومة :

الطور في الفرع الأول	الطور في الفرع الثاني	الشدة المنتجة شعاعيا	حساب الشدة المنتجة الكلية من	إنشاء فرينل للدارة
$\overline{\vartheta}_R = 0$ التوتر على توافق مع الشدة	$\overline{\vartheta}_L$ حادة سالبة التوتر متقدم على الشدة	$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$	بتربيع العلاقة الشعاعية السابقة نجد : $I_{eff}{}^2 = I_{eff_1}{}^2 + I_{eff_2}{}^2 + 2I_{eff_1}I_{eff_2}\cos(\overline{\varphi}_2 - \overline{\varphi}_1)$ بجذر الطرفين نجد علاقة التجيب $I_{eff} = \sqrt{I_{eff_1}{}^2 + I_{eff_2}{}^2 + 2I_{eff_1}I_{eff_2}\cos(\overline{\varphi}_2 - \overline{\varphi}_1)}$	

3. فرعان الأول يحوي وشيعة مهملة المقاومة والثاني يحوي مكثفة:

الطور في الفرع الأول	الطور في الفرعالثاني	الشدة المنتجة شعاعيا	ثلاثة حالات	حساب الشدة المنتجة الكلية من الأنشاء	إنشاء فرينل للدارة
$\overline{\vartheta}_L = -\frac{\pi}{2}$ التوتر متقدم على الشدة	$\overline{\vartheta}_C = +\frac{\pi}{2}$ التوتر متأخر على الشدة	$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_C}}$	$X_L > X_C$ $\Rightarrow I_{eff_C} > I_{eff_L}$	$I_{eff} = I_{eff_C} - I_{eff_L}$ الكبير ناقص الصغير	
			$X_L < X_C$ $\Rightarrow I_{eff_L} > I_{eff_C}$	$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$ الكبير ناقص الصغير	
			$X_L = X_C$ $\Rightarrow I_{eff_L} = I_{eff_C}$	$I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C}$ $\boxed{\Rightarrow I_{eff} = 0}$ حالة خنق التيار	

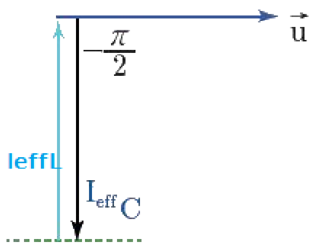
سؤال نظري : في إحدى تجارب التيار المتناوب الجيبي تستخدم الدارة الخانقة للتيار في وصل خطوط الطاقة الكهربائية مع الأرض بهدف ترشيح التواترات التي يلتقطها الخط من الجو ، **والمطلوب :**

1. مم تتألف الدارة الخانقة ؟
2. اكتب العلاقة المحددة لكل من ردية الوشيعة واتساعية المكثفة في التيار المتناوب واكتب العلاقة بينهما في حالة الخنق و استنتج علاقة دور التيار في هذه الحالة
3. برهن أن الشدة في الدارة الخارجية تنعدم باستخدام إنشاء فرينل

الحل :

1. تتألف الدارة من فرعان أحدهما وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L والفرع الآخر من مكثفة سعتها C
2. ردية الوشيعة $X_L = L\omega$ ، اتساعية المكثفة $X_C = \frac{1}{\omega C}$

في حالة الدارة الخانقة يكون : $X_L = X_C$



$$L\omega_r = \frac{1}{\omega_r C} \xRightarrow{\text{نعزل } \omega_r} \omega_r^{\,2} = \frac{1}{LC} \overset{\text{بجذر الطرفين}}{=} \boxed{\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$ نبض الدارة

$$\xRightarrow{\omega_r = 2\pi f_r} 2\pi f_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \boxed{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$ تواتر الدارة

$$\xRightarrow{\text{ولكن } T_r = \frac{1}{f_r}} \boxed{T_r = 2\pi\sqrt{LC}}$$ دور الدارة

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

من إنشاء فرينل نجد : $I_{eff} = I_{eff_L} - I_{eff_C} \Rightarrow \boxed{I_{eff} = 0}$

اختبر نفسي

أولاً: أعط تفسيرا علميا لما يأتي باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة عند اللزوم:

1) **لا تستهلك الوشيعة مهملة المقاومة طاقة كهربائية (الاستطاعة المتوسطة في الوشيعة المهملة المقاومة معدومة)**

لانها تختزن طاقة كهرطيسية خلال ربع الدور الاول لتعيدها كهربائياً إلى الدارة الخارجية خلال ربع الدور الذي يليه.

$$\varphi_L = +\frac{\pi}{2} \Longrightarrow \cos\varphi = 0$$

نعوض في: $P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}.\cos\overline{\varphi}$

$$P_{avgL} = 0$$

2) **لا تستهلك المكثفة طاقة كهربائية (الاستطاعة المتوسطة في المكثفة معدومة)**

لأنها تختزن طاقة كهربائية خلال ربع الدور الاول لتعيدها كهربائياً إلى الدارة الخارجية خلال ربع الدور الذي يليه.

$$\varphi_C = -\frac{\pi}{2} \Longrightarrow \cos\varphi = 0$$

نعوض في: $P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}.\cos\overline{\varphi}$

فنجد: $P_{avgC} = 0$

3) **لا تمرر المكثفة تياراً متواصلاً عند وصل لبوسيها بمأخذ تيار متواصل**

بسبب وجود العازل بين لبوسيها الذي يسبب انقطاع في الدارة.

ممانعة المكثفة $X_C = \frac{1}{2\pi f\,C} \Rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C}$ من أجل التيار المتواصل الذي هو حركة اجمالية للإلكترونات الحرة دون اهتزاز أي تواتر الاهتزاز معدوم أي $f = 0 \Rightarrow X_C \longrightarrow \infty$ أي الممانعة تسعى للانهاية أي لا يمر التيار المتواصل .

4) تسمح المكثفة بمرور تيار متناوب جيبي عند وصل لبوسيها بمأخذ هذا التيار المتناوب ولكنها تعرقل هذا المرور .

عند وصل لبوسي مكثفة بمأخذ تيار متناوب فإن مجموعة الإلكترونات الحرة التي يسبب مأخذ التيار المتناوب اهتزازها تشحن لبوسي المكثفة خلال ربع دور بشحنتين متساويتين ومن نوعين مختلفين دون ان تخترق عازله، ثم تتفرغان في ربع الدور الثاني، و في النوبة الثانية (الربعين الثالث و الرابع) تتكرر عمليتا الشحن و التفريغ مع تغير شحنة كل من اللبوسين. وتعرقل هذا المرور لأن المكثفة تبدي ممانعة للتيار المتناوب بسبب الحقل الكهربائي الناتج عن شحنتها.

5) تكون الشدة المنتجة واحدة في عدة أجهزة موصوله على التسلسل مهما اختلفت قيم ممانعتها .

إن الإلكترونات الحرة في دارة قصيرة يجتازها تيار تواتره صغير تكاد تهتز بتوافق كامل فتبدو مقاطع الدارة في كل لحظة وكأن تياراً متواصلاً يجتازها شدته هي الشدة اللحظية للمتناوب وجهته هي جهة التيار المتناوب في هذه اللحظة. وباختلاف الممانعات تختلف قيم التوتر وتبقى $\mathrm{I_{eff}}$ نسبتها ثابتة

$$\mathrm{I_{eff}} = \frac{\mathrm{U_{eff}}_R}{\mathrm{R}} = \frac{\mathrm{U_{eff}}_L}{\mathrm{X_L}} = \frac{\mathrm{U_{eff}}_C}{\mathrm{X_C}}$$

6) تستعمل الوشيعة ذات النواة الحديدية كمعدلة في التيار المتناوب.

لأن L ذاتية الدارة تتغير بتغير وضع النواة داخل الوشيعة و بالتالي تتغير رديتها $X_L = L\omega$ فتتغير الشدة المنتجة

$$\mathrm{I_{eff}} = \frac{\mathrm{U_{eff}}}{Z_L} = \frac{\mathrm{U_{eff}}}{\sqrt{r^2+(L\omega)^2}}$$

7) توصف الاهتزازات الكهربائية في التيار المتناوب بالقسرية.

تهتز الإلكترونات في الدارة بالنبض الذي يفرضه المولد لذلك تسمى بالاهتزازات الكهربائية الحاصلة بالاهتزازات القسرية، و يشكل المولد فيها جملة محرضة و بقية الدارة جملة مجاوبة.

8) الطاقة تصرف في المقاومة على شكل حراري بفعل جول : (خارجي)

الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في المقاومة الأومية : $P_{avg} = \boldsymbol{I_{eff}.U_{eff}.\cos\overline{\varphi}}$

$$\varphi_R = 0 \Rightarrow \cos\varphi_R = 1$$

$$P_{avg} = I_{eff}U_{eff}$$

ولكن : $U_{eff} = RI_{eff}$

$P_{avg} = R.\ I_{eff}{}^2$ الإستطاعة حرارية في المقاومة

9) يسلك الناقل الأومي (المقاومة) السلوك نفسه في التيارين المتواصل والمتناوب (خارجي)

نسبةُ التّوتُّر المُطبَّق بينَ طرفيَ ناقلٍ أومي إلى شدّةِ التيّار المُتواصِل المارّ فيه تُساوي مِقدار ثابت $\frac{U}{I} = R$

نسبةُ التّوتُّرِ المُنتجِ المُطبَّق بينَ طرفَي ناقلٍ أومي إلى الشِّدَّة المُنتِجة للتيّار المُتناوِب المارّ فيه تُساوي مقدار ثابت $\frac{U_{eff}}{I_{eff}} = R$

10) تقومُ الوشيعةُ بدورِ مُقاوَمة أومية في التيّار المُتواصِل وتقومُ بدورِ مُقاوَمة وذاتيّة في التيّارِ المُتناوب. (خارجي)

نسبةُ التّوتُّر المُطبَّق بينَ طرفيَ الوشيعة إلى شدّةِ التيّار المُتواصِل المارّ فيها تُساوي مِقدار ثابت $\frac{U}{I} = r$ وهو مقاومة الوشيعة .

نسبةُ التّوتُّرِ المُنتجِ المُطبَّق بينَ طرفَي الوشيعة إلى الشِّدَّة المُنتِجة للتيّار المُتناوِب المارّ فيها تُساوي $\frac{U_{eff}}{I_{eff}} = Z_L$

حيث : ممانعة الوشيعة $Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2}$

ثانياً- أهمية عامل الاستطاعة في نقل الطاقة الكهربائية من مولد التيار إلى الجهاز الكهربائي:

يطلب من أصحاب التجهيزات الكهربائية الصناعية ألا ينقص عامل الاستطاعة في تجيزاتهم عن 0.86 ،لكي لا تخسر مؤسسة الكهرباء طاقة إضافية كبيرة نسبياً بفعل جول في خطوط نقلها وهي طاقة لا يسجلها العدّاد ولا يدفع ثمنها المستهلك،

المطلوب:

استنتج العلاقة التي تربط الاستطاعة الضائعة في خطوط النقل التي مقاومتها R بدلالة عامل الاستطاعة بفرض ثبات التوتر المنتج و الاستطاعة المتوسطة للدارة.

الاستنتاج:

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

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

تصرف الاستطاعة في المقاومة حرارياً بفعل جول $P' = RI_{eff}^2$

$$P' = R\left(\frac{P_{avg}}{U_{eff} \cos\varphi}\right)^2$$

$$\boxed{P' = R\frac{P_{avg}^2}{U_{eff}^2 \cos^2\varphi}}$$

الاستطاعة الحرارية الضائعة تتناسب عكساً مع مربع عامل الاستطاعة فعندما تصبح قيمة عامل الاستطاعة كبيرة تنقص الاستطاعة الضائعة.

ثالثاً: دارة تيار متناوب جيبي تابع شدته اللحظية $i = I_{max}\cos\omega t$

ارسم المنحني البياني الممثل لكل من الشدة اللحظية والتوتر اللحظي بدلالة ωt (مخطط ضابط الطور) في كل من الحالات الآتية:

1- مقاومة أومية فقط. 2- وشيعة مهملة المقاومة فقط. 3- مكثفة فقط.

الحل:

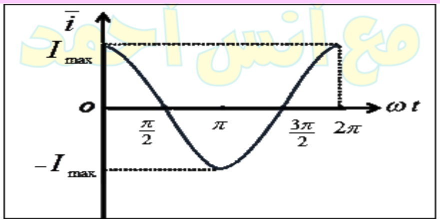
تابع الشدة اللحظية للأجهزة الثلاثة : $\bar{i} = I_{max}\cos\omega t$

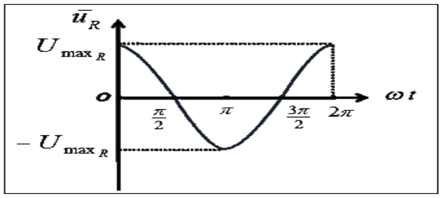
1. تابع التوتر اللحظي بين طرفي المقاومة الصرفة

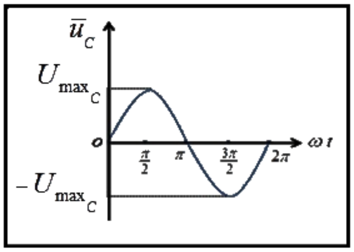
$$\overline{u_R} = U_{maxR}\cos(\omega t)$$

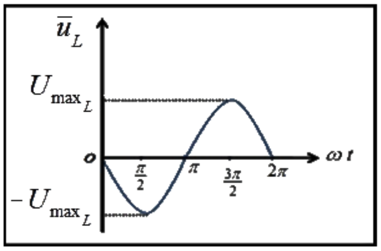
2. تابع التوتر اللحظي بين طرفي الوشيعة :

$$\overline{u_L} = U_{maxL}\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$





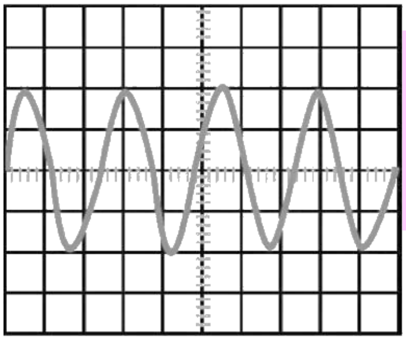




3. تابع التوتر اللحظي بين لبوسي المكثفة :

$$\overline{u_C} = U_{maxC}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

رابعاً: يعطي راسم الاهتزاز إشارة التوتر المطبق في مدخلة مع حساسية المدخل عند $500\ mV$ لكل تدريجة $500\ mV/div$ و قاعدة الزمن عند $0.2\ ms/div$ ،



المطلوب:

1- هل التوتر المشاهد مستمر أم متغير أم متناوب جيبي.

2- عين دور وتواتر هذه الإشارة.

3- احسب القيمة المنتجة للتوتر.

الحل:

1- متناوب جيبي.

2- $500mV/div = 0.5V/div$

$$T = 12 \times 0.2 = 2.4\ ms = 24 \times 10^{-4}s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{24\times10^{-4}} = 614.66\ Hz$$

3- $U_{max} = 10 \times 0.5 = 5V$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}}V$$

ملاحظات الدرس الخامس التيار المتناوب الجيبي

التوابع (معادلة الشدة اللحظية والتوتر اللحظي)	تابع الشدة اللحظية: $\overline{I} = I_{max}\cos(\omega t + \overline{\varphi}_1)$		تابع التوتر اللحظي: $\overline{U} = U_{max}\cos(\omega t + \overline{\varphi}_2)$	
عندما يعطي التابع في نص المسألة	الشدة المنتجة : $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$	تواتر التيار : $f = \frac{\omega}{2\pi}$	التوتر المنتج: $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$	تواتر التيار : $f = \frac{\omega}{2\pi}$
عندما يطلب تابع أو معادلة للتوتر أو الشدة	نكتب الشكل العام ثم نعوض الثوابت ونضع الواحدة		نكتب الشكل العام ثم نعوض الثوابت ونضع الواحدة	

على تسلسل التيار I ثابت و U متغير

على تفرع التوتر U ثابت و I متغير

التوتر المنتج $U_{eff} = Z.I_{eff}$

الشدة المنتجة $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z}$

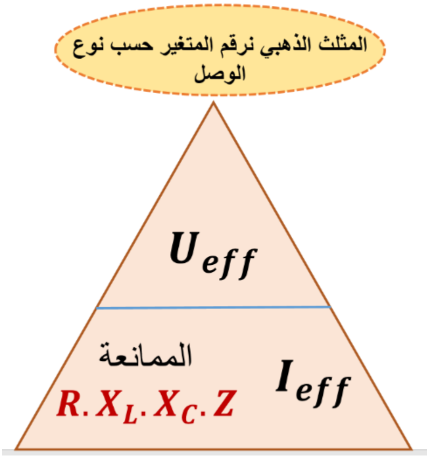
الممانعة الكلية $Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$

من المثلث

المقاومة الصرفة $R = \frac{U_{effR}}{I_{effR}}$

(ممانعة) ردية الوشيعة $X_L = \frac{U_{effL}}{I_{effL}}$

(ممانعة) اتساعية المكثفة $X_c = \frac{U_{effc}}{I_{effc}}$



الجهاز	الممانعة X	الطور φ (تسلسل)	الطور φ (تفرع)	الحالة بين $\bar{I}$ وَ $\bar{U}$ تسلسل	إنشاء فرينل تسلسل	الاستطاعة المتوسطة المستهلكة $P_{avg} = I_{eff}.U_{eff}.cos\varphi$
المقاومة الصرفة R	$X_R = R$	$\varphi = 0$	$\varphi = 0$	تجعل التوتر على توافق مع الشدة	U_{eff} $\vec{I}$	$\varphi = 0 \Rightarrow cos\varphi = 1 \Rightarrow$ $P_{avg} = I_{eff}.U_{eff} \overset{U_{eff}=R.I_{eff}}{=}$ الاستطاعة $\boxed{P_{avg} = R.I_{eff}^{2}}$ الحرارية
الذاتية L (وشيعة مهملة مقاومة)	$X_L = L\omega$ ممانعتها (ردية الوشيعة)	$\varphi = +\frac{\pi}{2}$	$\varphi = -\frac{\pi}{2}$	تقدم التوتر على الشدة	U_{eff} $\vec{I}$	$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow cos\varphi = 0 \Rightarrow$ $P_{avg} = 0$ الذاتية لاتستهلك طاقة
المكثفة C	$X_c = \frac{1}{\omega c}$ ممانعتها (اتساعية المكثفة)	$\varphi = -\frac{\pi}{2}$	$\varphi = +\frac{\pi}{2}$	تؤخر التوتر عن الشدة	U_{eff} $\vec{I}$	$\varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow cos\varphi = 0 \Rightarrow$ $P_{avg} = 0$ المكثفة لاتستهلك طاقة

تطبيقات لحساب الممانعة الكلية و الاستطاعة المتوسطة المستهلكة وعامل استطاعة الدارة على بعض الدارات التسلسلية

دارة تحوي على التسلسل :	مقاومة صرفة (R) ووشيعة لها مقاومة (r , L) ومكثفة (C)	مقاومة صرفة (R) ووشيعة مهملة مقاومة (L) ومكثفة (C)	مقاومة صرفة (R) ومكثفة (C)	وشيعة لها مقاومة (r , L)
الممانعة الكلية للدارة Z :	$Z = \sqrt{(r+R)^2 + (X_L - X_C)^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2}$
عامل الاستطاعة (رز) $cos\varphi = \frac{\text{المقاومة}}{\text{الممانعة}}$	$cos\varphi = \frac{r+R}{Z}$	$cos\varphi = \frac{R}{Z}$	$cos\varphi = \frac{R}{Z}$	$cos\varphi = \frac{r}{Z}$
الاستطاعة المتوسطة $P_{avg} = (\text{التيار}) \times (\text{المقاومة})$	$P_{avg} = (r+R).I_{eff}^2$	$P_{avg} = R.I_{eff}^2$	$P_{avg} = R.I_{eff}^2$	$P_{avg} = r.I_{eff}^2$

الوشيعة التي لها مقاومة (L , r)

☐ رديتها	$X_L = L\omega$	$Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2}$ نربع ونعزل L $\Rightarrow$ الذاتية $L = \frac{\sqrt{Z_2^2 - r^2}}{\omega}$
☐ ممانعتها	$Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2}$	
☐ طورها	☐ على تسلسل $(+\varphi)$ حادة موجبة	☐ على تفرع ☐ $(-\varphi)$ حادة سالبة
إنشاء فرينل على ☐ التفرع	☐ تعطي مثلث غير قائم نكتب : ☐ (علاقة شعاعية – علاقة التجيب)	

العلاقة الشعاعية : $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff1}} + \overrightarrow{I_{eff2}}$

علاقة التجيب :

$$I_{eff}{}^2 = I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}.I_{eff2}.cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow$ $\varphi = \pm\frac{\pi}{4}\ rad$	$cos\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow$ $\varphi = \pm\frac{\pi}{6}\ rad$	$cos\varphi = \frac{1}{2} \Rightarrow$ $\varphi = \pm\frac{\pi}{3}\ rad$

ملاحظات الاستطاعة وعامل الاستطاعة والطاقة

♥ **حساب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة :**

- الاستطاعة التوسطة المستهلكة على التسلسل وأجزاء التفرع من : $(\text{التيار})^2 \times (\text{المقاومة})$ أو من : $P_{avg} =$ المقاومة بمربع التيار $I_{eff}.U_{eff}.cos\varphi$
- الاستطاعة المستهلكة في جملة الفرعين $p_{avg} = p_{avg1} + p_{avg2}$

$$p_{avg} = I_{eff1}.U_{eff}.cos\varphi_1 + I_{eff2}.U_{eff}.cos\varphi_2$$

♥ **حساب عامل استطاعة الدارة :**

♥ في التسلسل وأجزاء التفرع : $(\text{رز})\ cos\varphi = \frac{\text{المقاومة}}{\text{الممانعة}}$

♥ في الدارة التفرعية الكلية : $cos\varphi = \frac{P_{avg}}{I_{eff}.U_{eff}}$

♥ **حساب الطاقة الحرارية للمقاومة** $\boxed{E = p_{avgR}.t}$

♥ **المصباح الكهربائي ذو الذاتية المهملة يعتبر مقاومة صرفة R**

♥ **جهاز تسخين كهربائي ذاتيته مهملة يعتبر مقاومة صرفة R**

♥ **إذا وصل جهاز من طرفي جهاز فالوصل تفرع**

♥ **إذا أعطانا شدة تيار متواصل I وتوتر متواصل U نحسب** **مقاومة الوشيعة** $r = \frac{U_{\text{متواصل}}}{I_{\text{متواصل}}}$

- حالة التجاوب الكهربائي (الطنين الكهربائي) $X_L = X_C$ وفق الشروط :

1- دارة تسلسل 2- تغيير في الدارة (تغيير تواتر أو إضافة جهاز جديد) 3- ذكر إحدى الجمل الأربعة :

(* الممانعة أصغر مايمكن $Z = R$ * التيار بأكبر قيمة له $I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$ *عامل الاستطاعة يساوي الواحد $cos\varphi = 1$ * التوتر على وفاق مع الشدة $\varphi = 0$

في حالة التجاوب الكهربائي (الطنين) نكتب ($X_L = X_C \Rightarrow L\omega = \frac{1}{\omega c}$) ونعزل المجهول ونحسب تيار جديد من العلاقة ($I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$)

♥ حالات خاصة :

في التسلسل عندما يضيف جهاز ويذكر جملة (بقيت شدة التيار نفسها) ⇐ Z قبل الإضافة = Z بعد الإضافة

في التفرع عندما يضيف جهاز ويذكر جملة (فرق الكمون على توافق مع التيار) : نرسم إنشاء فرينل لكل الدارة وشعاع (I) المضاف نرسمه لحد ال (U) فنحصل على مثلث قائم ، نحسب منه (I) المضاف

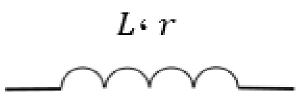
♥ خاص بالمكثفات :

خاص بالمكثفات	وصل المكثفات على التسلسل	ضم المكثفات على التفرع
تحديد نوع الضم (نقارن C مع السعة الكلية C_{eq})	$C_{eq} < C$	$C_{eq} > C$
حساب سعة المكثفة المضافة (C')	$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C'} \Rightarrow \boxed{\frac{1}{C'} = \frac{1}{C_{eq}} - \frac{1}{C}}$ جمع مقاليب	$C_{eq} = C + C' \Rightarrow$ جمع عادي $\boxed{C' = C_{eq} - C}$
حساب عدد المكثفات المتماثلة (n)	$C = \frac{C_1}{n} \Rightarrow \boxed{n = \frac{C_1}{C}}$ نقسم على n	$C = n.C_1 \Rightarrow \boxed{n = \frac{C}{C_1}}$ نضرب ب n

ثانياً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى (درس): يعطى تابع التوتر اللحظي بين نقطتين a و b بالعلاقة : $\bar{U} = 130\sqrt{2}\cos 100\pi t \ (v)$

1. أحسب التوتر المنتج للتيار وتواتره
2. نصل بين النقطتين a و b وشيعة مقاومتها $(r = 25\Omega)$ ، وذاتيتها $(L = \frac{3}{5\pi}H)$. احسب الشدة المنتجة وعامل استطاعة الدارة والاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها .
3. نرفع الوشيعة ، ثم نصل النقطتين a و b بمقاومة $(R = 30\Omega)$ موصولة على التسلسل مع مكثفة سعتها $(c = \frac{1}{4000\pi}F)$. ووشيعة مقاومتها مهملة فتصبح الشدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة ممكنة لها ، أحسب قيمة ذاتية الوشيعة و الشدة المنتجة للتيار في هذه الحالة .



المعطيات : $\bar{U} = 130\sqrt{2}\cos 100\pi t \ (v)$

الحل :

1- التوتر المنتج

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = \frac{130\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{U_{eff} = 130\ (V)}$$

تواتر التيار

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} \Rightarrow \boxed{f = 50\ Hz}$$

2- $L = \frac{3}{5\pi}H \quad , \quad r = 25\Omega$

♥ حساب شدة التيار المنتجة: $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z_L}$

نحسب ممانعة الوشيعة Z_L: $Z_L = \sqrt{r^2 + x_L^2}$

نحسب ردية الوشيعة $X_L = L\omega$

$$X_L = \frac{3}{5\pi} \times 100\pi = 60(\Omega)$$

$$\Rightarrow Z_L = \sqrt{(25)^2 + (60)^2} = \sqrt{625 + 3600}$$

$$Z_L = \sqrt{4225} = 65(\Omega)$$

نعوض لحساب شدة التيار المنتجة:

$$I_{eff} = \frac{130}{65} \Rightarrow \boxed{I_{eff} = 2(A)}$$

♥ حساب عامل استطاعة الدارة $cos\varphi$

$$cos\varphi = \frac{r}{Z_L} = \frac{25}{65} \Rightarrow \boxed{cos\varphi = \frac{5}{13}}$$

♥ حساب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة:

$$P_{avg} = I_{eff} \, . U_{eff} \, cos\varphi$$

$$P_{avg} = 2 \times 130 \times \frac{5}{13} \Rightarrow \boxed{P_{avg} = 100\ watt}$$

3- $R = 30\Omega \, , F \, c = \frac{1}{4000\pi} \quad I'_{eff} = ? \, , L = ?$ ، التيار بأكبر قيمة ممكنة له $\Leftarrow$ (تجاوب كهربائي)

♥ حساب ذاتية الوشيعة $X_L = X_C$

$$L\omega = \frac{1}{\omega c} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 c}$$

$$L = \frac{1}{(100\pi)^2 \times \frac{1}{4000\pi}} = \frac{1}{10000\pi^2 \times \frac{1}{4000\pi}}$$

$$L = \frac{4}{10\pi} \Longrightarrow \boxed{L = \frac{2}{5\pi}(H)}$$

♥ حساب شدة التيار المنتجة:

$$I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{130}{30}$$

$$\boxed{I'_{eff} = \frac{13}{3}(A)}$$

المسألة الثانية (درس): نطبق توتراً متواصلاً $6\ V$ على طرفي وشيعة ،فيمر فيها تيار شدته $0.5\ A$، وعندما نطبق توتراً متناوباً جيبياً بين طرفي الوشيعة نفسها قيمته المنتجة (الفعّالة) $130\ V$ تواتره $50Hz$ يمر فيها تيار شدته المنتجة $10\ A$ **والمطلوب حساب**

1. مقاومة الوشيعة ، وذاتيتها
2. عدد لفات الوشيعة علماً أن مساحة مقطعه $\frac{1}{80}\ m^2$ وطولها $1\ m$
3. أحسب سعة المكثفة الواجب ربطها على التسلسل مع الوشيعة السابقة حتى يصبح عامل استطاعة الدارة يساوي الواحد ثم حساب الشدة المنتجة للتيار والاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة عندئذٍ

الحل :

-1

♥ معلومات التيار المتواصل:

$$I = 0.5 = \frac{1}{2}(A) \text{ ، } U = 6(V)$$

الوشيعة في حالة التيار المتواصل تعمل عمل مقاومته فقط

$$r = \frac{U}{I} = \frac{6}{\frac{1}{2}} \Longrightarrow \boxed{r = 12\ (\Omega)}$$

♥ معلومات التيار المتناوب $U_{eff} = 130\ (V) \quad I_{eff} = 10(A) \quad f = 50(Hz)$

حساب ذاتية الوشيعة من X_L

نحسب ممانعة الوشيعة أولاً: $Z_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$

$$Z_L = \frac{130}{10} = 13(\Omega)$$

حساب X_L من Z_L: $Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2}$

$$\xRightarrow{\text{نربع}} Z_L^2 = r^2 + X_L^2 \xRightarrow{\text{نعزل}} X_L^2 = Z_L^2 - r^2 \xRightarrow{\text{نجذر}}$$

$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - r^2} = \sqrt{169 - 144}$$

$$X_L = \sqrt{25} \Longrightarrow X_L = 5(\Omega)$$

نحسب L من X_L: $X_L = L\omega$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{5}{2\pi \times 50} \Longrightarrow \boxed{L = \frac{1}{20\pi}(H)}$$

-2 $S = \frac{1}{80}(m^2) \quad l = 1(m) \quad (\pi^2 \approx 10)$

نحسب عدد لفات الوشيعة من قانون ذاتيتها

$$L = 4\pi \times 10^{-7} N^2 \frac{S}{l} \overset{\text{نعوض}}{=\!=}$$

$$\frac{1}{20\pi} = 4\pi \times 10^{-7} N^2 \frac{1}{80}$$

$$1 = 10^{-6} N^2 \Longrightarrow N^2 = 10^6$$

$$\xRightarrow{\text{نجذر}} \boxed{N = 10^3 \text{ لفة}}$$

3- عامل الاستطاعة يساوي الواحد ⟸ (تجاوب كهربائي)

♥ حساب سعة المكثفة $X_L = X_c$

$$L\omega = \frac{1}{\omega c} \Longrightarrow$$

$$C = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{\frac{1}{20\pi} \times 10000\pi^2} \Longrightarrow \boxed{C = \frac{1}{500\pi}(F)}$$

♥ حساب الشدة المنتجة للتيار

$$I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{r} = \frac{130}{12} A$$

♥ حساب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة

$$P_{avg} = \underbrace{I'_{eff}}_{\text{جديد}} . \underbrace{U_{eff}}_{\text{نفسو}} \underbrace{\cos\varphi}_{1}$$

$$P_{avg} = \frac{130}{12} \times 130 \times 1$$

$$\boxed{P_{avg} = \frac{16900}{12} (watt)}$$

مسألة خارجية : نضع وشيعة ذاتيتها $L = \frac{1}{\pi}(H)$ ومقاومتها $r = 100\ \Omega$ بين نقطتين $(a\ ,b)$ ونطبق بين النقطتين توتر متناوب جيبي قيمة توتره المنتج $U_{eff} = 200(V)$ وتواتره $f = 50Hz$ **والمطلوب**

1. أحسب ممانعة الوشيعة
2. أحسب الشدة المنتجة للتيار المارة في الدارة ثم أكتب التابع الزمني للشدة اللحظية المارة فيها
3. أكتب التابع الزمني للتوتر اللحظي المطبق بين طرفي الوشيعة
4. أحسب سعة المكثفة الواجب إضافتها على التسلسل مع الوشيعة السابقة لتبقى الشدة المنتجة للتيار نفسها .

المعطيات: $L = \frac{1}{\pi}(H)$ ، $r = 100\ \Omega$ $U_{eff} = 200(V)$ ، $f = 50Hz$

1. ممانعة الوشيعة $Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2}$

نحسب ردية الوشيعة X_L

$$X_L = L\omega$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(50) = 100\pi(rad.s^{-1})$$

$$X_L = \frac{1}{\pi} \times 100\pi = 100\Omega$$

$$Z_L = \sqrt{(100)^2 + (100)^2} = \sqrt{10000 \times 2}$$

$$\Rightarrow \boxed{Z_L = 100\sqrt{2}\ \Omega}$$

3. $\boxed{u = U_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})}$

التوتر الأعظمي $U_{max} = U_{eff}.\sqrt{2} = 200\sqrt{2}\ (V)$

حساب φ من: $\cos\varphi$

$$cos\varphi = \frac{r}{Z_L} = \frac{100}{100\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\varphi = +\frac{\pi}{4} rad}$$

$$\Rightarrow \boxed{U = 200\sqrt{2}cos(100\pi t + \frac{\pi}{4})(V)}$$

4. لتبقى الشدة المنتجة للتيار نفسها $\boxed{c = ?}$

$$\underbrace{Z}_{\text{قبل الإضافة}} = \underbrace{Z'}_{\text{بعد الإضافة}}$$

2. حساب الشدة المنتجة للتيار

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z_L} = \frac{200}{100\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{eff} = \sqrt{2}\ (A)}$$

تابع الشدة اللحظية

$$i = I_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$$

التيار الأعظمي

$$I_{max} = I_{eff}.\sqrt{2}$$

$$I_{max} = 2\ (A) \quad \varphi = 0$$

$$\boxed{i = 2\ cos100\pi t\ (A)}$$

$$\sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{r^2 + (X_L - X_c)^2}$$

$$\xRightarrow{\text{نربع}} r^2 + X_L^2 = r^2 + (X_L - X_c)^2$$

$$(X_L - X_c)^2 = X_L^2 \xRightarrow{\text{نجذر}}$$

$$X_L - X_c = \pm X_L$$

- إما

$X_L - X_c = +X_L \Rightarrow X_c = 0$ مرفوض

- أو

$$X_L - X_c = -X_L \Rightarrow X_c = 2X_L$$

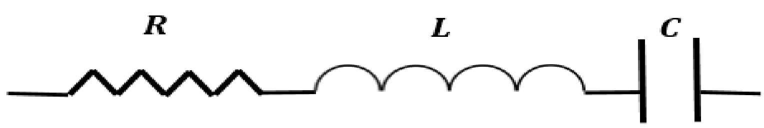
$$\frac{1}{\omega c} = 2X_L \Rightarrow c = \frac{1}{2X_L.\omega}$$

$$c = \frac{1}{2\times100\times100\pi} \Rightarrow \boxed{c = \frac{1}{20000\pi}(F)}$$

المسألة الخامسة (درس) : (دورة 2013- شبيهة 2017) مأخذ تيار متناوب جيبي ، تواتره $f = 50Hz$ ، نربط بين طرفيه الأجهزة الآتية على التسلسل : مقاومة أومية R ، وشيعة مقاومتها الأومية مهملة ذاتيتها L ، مكثفة سعتها $C = \frac{1}{4000\pi}F$ فيكون التوتر المنتج بين طرفي كل من أجزاء الدارة هو على الترتيب : $U_{eff_1} = 30V , U_{eff_2} = 80V, U_{eff_3} = 40V$. **المطلوب**

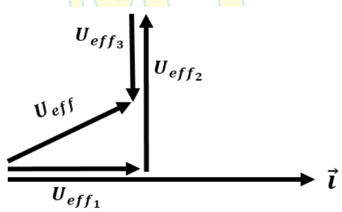
1. استنتج قيمة التوتر المنتج الكلي بين طرفي المأخذ باستخدام إنشاء فرينل .
2. احسب قيمة الشدة المنتجة المارة في الدارة ، ثم اكتب التابع الزمني لتلك الشدة .
3. احسب الممانعة الكلية للدارة . 4. احسب ذاتية الوشيعة ، واكتب التابع الزمني للتوتر بين طرفيها .
5. أحسب عامل استطاعة الدارة . 6. نضيف إلى المكثفة في الدارة السابقة مكثفة C' مناسبة فتصبح الشدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة لها ، **والمطلوب :** a) حدد الطريقة التي تم بها ضم المكثفتين . b) احسب سعة المكثفة المضمومة C'. c) احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة في هذه الحالة .

المعطيات : $f = 50Hz$ ، $C = \frac{1}{4000\pi}F$ ، $U_{eff_1} = 30V , U_{eff_2} = 80V, U_{eff_3} = 40V$



1. إنشاء فرينل

حسب فرينل:



$$\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{\mathbf{U_{eff_1}}} + \overrightarrow{\mathbf{U_{eff_2}}} + \overrightarrow{\mathbf{U_{eff_3}}}$$
$$U_{eff}^2 = U_{eff_1}^2 + \left(U_{eff_2} - U_{eff_3}\right)^2$$
$$U_{eff} = \sqrt{U_{eff_1}^2 + \left(U_{eff_2} - U_{eff_3}\right)^2}$$

نعوض:

$$U_{eff} = \sqrt{(30)^2 + (80-40)^2}$$
$$U_{eff} = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{2500}$$
$$\boxed{U_{eff} = 50\ (V)}$$

2. حساب الشدة المنتجة I_{eff} :

$$I_{eff} = \frac{U_{eff_3}}{X_c}$$

نحسب اتساعية المكثفة X_C: $X_C = \frac{1}{\omega c}$

$$\omega = 2\pi f$$
$$\omega = 2\pi(50) = 100\pi\ (rad.s^{-1})$$
$$X_c = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{2000\pi}} = 20(\Omega)$$
$$\boxed{I_{eff} = 2(A)} \Longrightarrow I_{eff} = \frac{40}{20} \Longrightarrow$$

التابع الزمني للشدة:

$$i = I_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$$
$$I_{max} = I_{eff}.\sqrt{2} = 2\sqrt{2}(A)$$
$\bar{\varphi} = 0$ (تسلسل I ثابت)
$$\boxed{i = 2\sqrt{2}\cos 100\pi t\ (A)}$$

3. حساب الممانعة الكلية : $Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{50}{2}$

$$\Rightarrow \boxed{Z = 25(\Omega)}$$

4. نحسب ذاتية الوشيعة من X_L:

$$X_L = \frac{U_{eff_2}}{I_{eff}} = \frac{80}{2} = 40\ (\Omega)$$
$$X_L = L\omega \Rightarrow L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{40}{100\pi}$$
$$\Rightarrow \boxed{L = \frac{4}{10\pi} = \frac{2}{5\pi}\ (H)}$$

التابع الزمني للتوتر بين طرفي الوشيعة:

$$\bar{U}_2 = U_{max_2}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)$$
$$U_{\max 2} = U_{eff_2}\sqrt{2} = 80\sqrt{2}(V)$$
$$\varphi = +\frac{\pi}{2}\ (rad)$$
$$\Rightarrow \boxed{\bar{U}_2 = 80\sqrt{2}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})(V)}$$

5. $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

نحسب R أولاً: $R = \frac{U_{eff_1}}{I_{eff}} = \frac{30}{2} = 15\ (\Omega)$

$$\boxed{\cos\varphi = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}}$$

6. الشدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة لها $\Leftarrow$ حالة تجاوب كهربائي

a) نحسب $\boxed{C_{eq}}$ ثم نقارنها مع $C = \frac{1}{2000\pi}F$ لمعرفة نوع الوصل

$$X_L = X_c \Rightarrow L\omega = \frac{1}{\omega c_{eq}} \Rightarrow$$
$$c_{eq} = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{\frac{2}{5\pi}\times 10000\pi^2} \Rightarrow \boxed{C_{eq} = \frac{1}{4000\pi}\ F}$$

الوصل على التسلسل $C_{eq} < C$

b) الوصل على تسلسل (جمع مقاليب)

$$\frac{1}{c_{eq}} = \frac{1}{c} + \frac{1}{c'} \Rightarrow \frac{1}{c'} = \frac{1}{c_{eq}} - \frac{1}{c} \Rightarrow \frac{1}{c'} = \frac{1}{\frac{1}{4000\pi}} - \frac{1}{\frac{1}{2000\pi}} \Rightarrow \frac{1}{c'} = 2000\pi$$

$$\Rightarrow \boxed{c' = \frac{1}{2000\pi}F}$$

c) حساب الاستطاعة المستهلكة المتوسطة

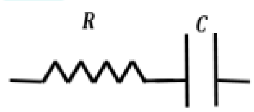
$$P_{avg} = \underbrace{I'_{eff}}_{\text{جديد}} \underbrace{U_{eff}}_{\text{نفسو}} \underbrace{cos\varphi}_{\text{واحد}}$$

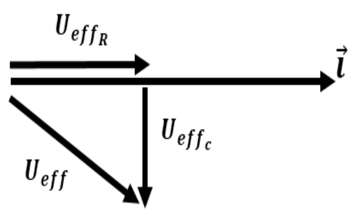
$$I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{50}{15} = \frac{10}{3}(A) \Longrightarrow \quad P_{avg} = \frac{10}{3} \times 50 \times 1 \Longrightarrow \boxed{P_{avg} = \frac{500}{3}(watt)}$$

المسألة السادسة (درس): نصل طرفي مأخذ تيار متناوب جيبي توتره المنتج $U_{eff} = 100V$، وتواتره 50Hz إلى دارة تحوي على التسلسل مقاومة R ، ومكثفة سعتها $C = \frac{1}{4000\pi}F$ ، **المطلوب:**

1. احسب قيمة المقاومة إذا كان فرق الكمون المنتج بين طرفيها $60V$.
2. نضيف على التسلسل إلى الدارة السابقة وشيعة مناسبة مقاومتها مهملة بحيث تبقى الشدة المنتجة نفسها، احسب ذاتية هذه الوشيعة.
3. نغير تواتر التيار في الدارة الاخيرة بحيث يحصل توافق بالطور بين شدة التيار والتوتر المطبق، احسب قيمة التواتر الجديد.
4. تحذف المقاومة الصرف من الدارة الأخيرة ويعاد ربط المكثفة على التفرع مع الوشيعة بين طرفي مأخذ التيار، احسب قيمة الشدة المنتجة الأصلية للدارة في هذه الحالة باستخدام إنشاء فرينل.

1- حساب التوتر المنتج بين طرفي المكثفة
باستخدام إنشاء فرينل (الوصل تسلسل i ثابت)





$$\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{eff_R}} + \overrightarrow{U_{eff_c}}$$

فيثاغورث:

$$U^2_{eff} = U^2_{eff_R} + U^2_{eff_c}$$

$$\Longrightarrow U_{eff_c} = \sqrt{U^2_{eff} - U^2_{eff_R}}$$

$$U_{eff_C} = \sqrt{(100)^2 - (60)^2}$$

$$U_{eff_C} = \sqrt{10000 - 3600}$$

$$U_{eff_C} = \sqrt{6400} = 80(V)$$

نحسب اتساعية المكثفة

$$X_c = \frac{1}{\omega c}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(50) \Longrightarrow \omega = 100\pi\ rad.s^{-1}$$

$$X_C = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{4000}\pi} = 40(\Omega)$$

- حساب I_{eff}:

$$I_{eff} = \frac{U_{eff_c}}{X_c}$$

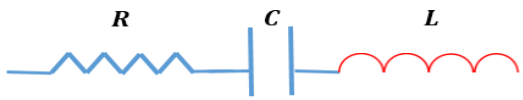
$$I_{eff} = \frac{80}{40} = 2\ (A)$$

- نحسب R:

$$R = \frac{U_{eff_R}}{I_{eff}}$$

$$R = \frac{60}{2} \Longrightarrow \boxed{R = 30(\Omega)}$$

-2 لتبقى شدة التيار نفسها



$$\underbrace{Z}_{\text{قبل الإضافة}} = \underbrace{Z'}_{\text{بعد الإضافة}}$$

$$\sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$$

$$\overset{\text{نربع}}{=} R^2 + X_c^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$$

$$(X_L - X_c)^2 = X_c^2 \overset{\text{نجذر}}{=} X_L - X_C = \pm X_c$$

إما $X_L - X_c = -X_c \Rightarrow X_L = 0$ مرفوض

أو $X_L - X_c = +X_C \Rightarrow X_L = 2X_c$

$$\Rightarrow L\omega = 2X_c \Rightarrow L = \frac{2X_c}{\omega}$$

$$L = 2 \times \frac{40}{100\pi} = \frac{8}{10\pi} \Rightarrow \boxed{L = \frac{4}{5\pi}(H)}$$

-3 توافق في الطور بين الشدة و التوتر $\Leftarrow$ تجاوب كهربائي

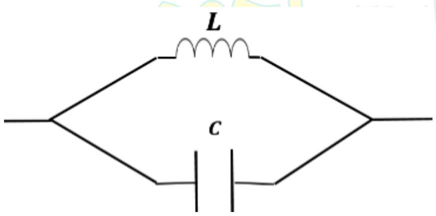
$$X_L = X_c \Rightarrow L\omega_r = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow \quad \omega_r^2 = \frac{1}{Lc} \Rightarrow \omega_r = \frac{1}{\sqrt{Lc}} \Rightarrow$$

$$2\pi f_r = \frac{1}{\sqrt{Lc}} \Rightarrow$$

$$\boxed{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{Lc}}}$$

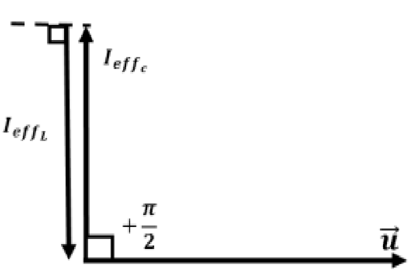
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{4}{5\pi} \times \frac{1}{4000\pi}}} = \frac{1}{2\sqrt{\frac{1}{5000}}} \Rightarrow f = \frac{\sqrt{5000}}{2} HZ$$

-4 وشيعة مهملة المقاومة ومكثفة على التفرع



من الطلب الثالث إن : $X_L = X_c$

$$I_{eff_L} = I_{eff_c} \text{التوتر ثابت} \begin{cases} I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{X_L} \\ I_{eff_c} = \frac{U_{eff}}{X_c} \end{cases}$$



<u>إنشاء فرينل:</u>

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_c}}$$

<u>من الإنشاء</u>

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

$$\overset{I_{eff_L} = I_{eff_c}}{=} \quad I_{eff_{\text{كلي}}} = 0$$

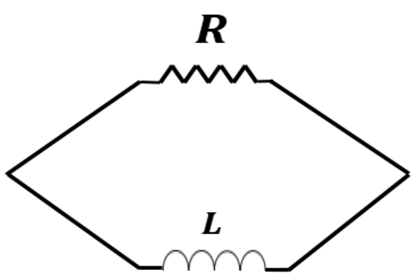
- حالة خنق تيار.

مسألة خارجية : مأخذ تيار متناوب جيبي توتره اللحظي يعطى بالعلاقة: $\bar{u} = 60\sqrt{2}cos100\pi t \ (V)$ نضع بين طرفي المأخذ فرعين يحوي الأول مقاومة صرفة $R = 15\ \Omega$ والثاني يحوي وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها $L = \frac{1}{5\pi}(H)$ **والمطلوب :**

1. أحسب التوتر المنتج للتيار وتواتره
2. أحسب الشدة المنتجة للتيار في كلا الفرعين وأكتب معادلة الشدة في كل فرع .
3. أحسب الشدة المنتجة الكلية في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل .
4. أحسب الاستطاعة المتوسطة الكلية المصروفة في كلا الفرعين .

المعطيات $\bar{u} = 60\sqrt{2}cos100\pi t \ (V)$ ، $R = 15\ \Omega$ ، $L = \frac{1}{5\pi}(H)$

الحل:



-1 التوتر المنتج $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{60\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{eff} = 60\ (V)$

تواتر التيار: $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} \Rightarrow f = 50\ (Hz)$

-2

♥ الشدة المنتجة في فرع المقاومة الصرفة

$$I_{eff_R} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{60}{15} = 4\ (A)$$

معادلة الشدة: $\bar{i}_R = I_{max_R}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_R)$

$$I_{max_R} = I_{eff_R}.\sqrt{2} = 4\sqrt{2}(A) \quad ، \quad \varphi_R = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{i_R = 4\sqrt{2}cos100\pi t(A)}$$

♥ الشدة المنتجة في فرع الوشيعة $I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{X_L}$

$$X_L = L\omega = \frac{1}{5\pi}\times 100\pi = 20(\Omega)$$

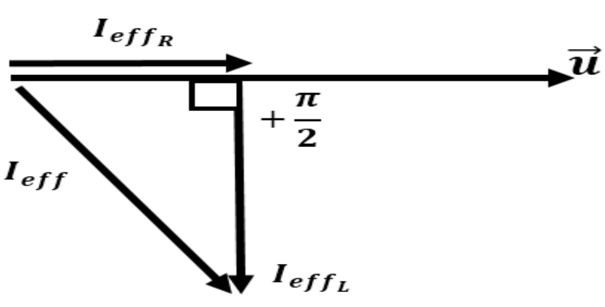
$$I_{eff_L} = \frac{60}{20} = 3(A)$$

معادلة الشدة: $i_L = I_{max_L}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_L)$

$$I_{max_L} = I_{eff_L}.\sqrt{2} = 3\sqrt{2}(A) \quad ، \quad \varphi_L = -\frac{\pi}{2}\ rad$$

$$i_L = 3\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})(A)$$

-3 إنشاء فرينل (الوصل تفرع U ثابت)



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$

حسب فيثاغورث: $I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2} = \sqrt{16+9} = \sqrt{25}$$

$$\boxed{I_{eff} = 5\ (A)}$$

-4 الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين:

$$P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L}$$

$$P_{avg} = R\ I_{eff_R}^{\ 2} + 0$$

$$P_{avg} = 15 \times 16$$

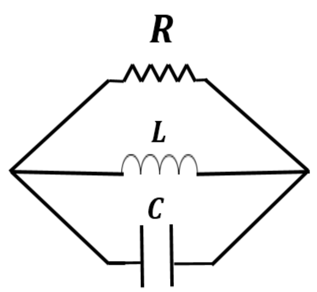
$$\Rightarrow P_{avg} = 240\ (watt)$$

مسألة خارجية : مأخذ تيار متناوب جيبي توتره اللحظي يعطى بالعلاقة: $\bar{u} = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t \ (V)$ نضع بين طرفي المأخذ ثلاثة فروع يحوي الأول مقاومة صرفة $R = 30\ \Omega$ والثاني يحوي وشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها $L = \frac{1}{5\pi}(H)$ ويحوي الثالث مكثفة سعتها $C = \frac{1}{4000\pi}\ F$ **والمطلوب :**

1. أحسب التوتر المنتج للتيار وتواتره
2. أحسب الشدة المنتجة للتيار في كل فرع وأكتب معادلة الشدة في كل فرع .
3. أحسب الشدة المنتجة الكلية في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل .
4. أحسب الاستطاعة المتوسطة الكلية المصروفة في الجملة وعامل استطاعة الدارة .

المعطيات : $\bar{u} = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t \ (V)$، $R = 30\ \Omega$ ، $L = \frac{1}{5\pi}(H)$ ، $C = \frac{1}{4000\pi}\ F$

الحل :



-1 التوتر المنتج : $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \Longrightarrow U_{eff} = 120(V)$

تواتر التيار : $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} \Longrightarrow f = 50\ (Hz)$

-2 الشدة المنتجة ومعادلتها في كل فرع :

♥ الشدة المنتجة في فرع المقاومة الصرفة $I_{eff_R} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{120}{30} = 4(A)$

معادلة الشدة: $i_R = I_{max_R}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_R)$

$$I_{max_R} = I_{eff_R}.\sqrt{2} = 4\sqrt{2}(A)$$

$$\varphi_R = 0$$

$$\Longrightarrow \boxed{\bar{\iota}_R = 4\sqrt{2}\cos 100\pi t\ (A)}$$

♥ الشدة المنتجة في فرع الوشيعة: $I_{eff_L} = \frac{U_{eff}}{X_L}$

$$X_L = L\omega = \frac{1}{5\pi} \times 100 = 20(\Omega)$$

$$I_{eff_L} = \frac{120}{20} = 6\ (A)$$

معادلة الشدة: $\bar{\iota}_L = I_{max_L}\cos(\omega t + \overline{\varphi_L})$

$$I_{max_L} = I_{eff_L}.\sqrt{2} = 6\sqrt{2}(A)$$

$$\varphi_L = -\frac{\pi}{2} rad$$

$$\boxed{\bar{\iota}_L = 6\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})(A)}$$

♥ الشدة المنتجة في فرع المكثفة

$$I_{eff_c} = \frac{U_{eff}}{X_c}$$

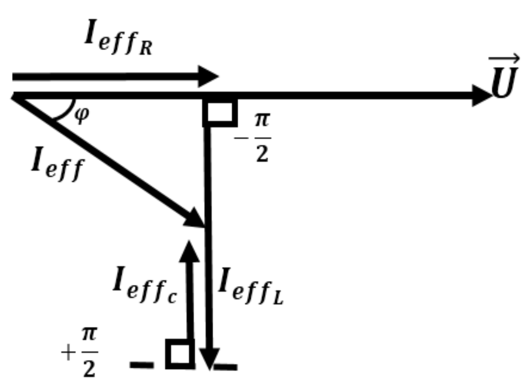
$$X_c = \frac{1}{\omega c} = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{4000\pi}} = 40\ (\Omega)$$

$$I_{eff_c} = \frac{120}{40} = 3(A)$$

معادلة الشدة: $\bar{\iota}_c = I_{max_c}\cos(\omega t + \overline{\varphi_c})$

$$I_{max_c} = I_{eff_c}.\sqrt{2} = 3\sqrt{2}(A)$$

$$\varphi_c = +\frac{\pi}{2} rad$$



$$\boxed{i_c = 3\sqrt{2}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)(A)}$$

3- إنشاء فرينل (الوصل تفرع U ثابت)

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}} + \overrightarrow{I_{eff_c}}$$

حسب فيثاغورث

$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + \left(I_{eff_L} - I_{eff_c}\right)^2$$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{eff_R}^2 + \left(I_{eff_L} - I_{eff_c}\right)^2}$$

$$I_{eff} = \sqrt{16 + (6-3)^2} = \sqrt{25}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{eff} = 5\,(A)}$$

4- الاستطاعة المتوسطة في الجملة

$$P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L} + P_{avg_c}$$

$$P_{avg} = RI_{eff_R}^2 + 0 + 0$$

$$P_{avg} = RI_{eff_R}^2$$

$$P_{avg} = 30 \times 16 = 480\,(watt)$$

عامل استطاعة الدارة (من إنشاء فرينل)

$$cos\varphi = \frac{I_{eff_R}}{I_{eff}} = \frac{4}{5} = \frac{8}{10} = 0.8$$

المسألة الرابعة (درس) : يعطى تابع التوتر اللحظي بين طرفي مأخذ بالعلاقة : $\bar{u} = 120\sqrt{2}\cos 120\pi t\ (V)$ والمطلوب

1. احسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ وتواتر التيار
2. نضع بين طرفي المأخذ مصباحاً كهربائياً ذاتيته مهملة ، فيمر تيار شدته المنتجة **(6A)** .احسب قيمة المقاومة الأومية للمصباح، واكتب تابع الشدة اللحظية المارة فيها .
3. نصل بين طرفي المقاومة في الدارة السابقة وشيعة عامل استطاعتها ($\frac{1}{2}$) فيمر في الوشيعة تيار شدته المنتجة **(10A)** ، احسب ممانعة الوشيعة ومقاومتها والاستطاعة المستهلكة فيها ، ثم 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. أحسب سعة المكثفة الواجب ربطها على التفرع بين طرفي المأخذ لتصبح شدة التيار الأصلية الجديدة على وفاق في الطور مع التوتر المطبق عندما تعمل الفروع الثلاثة معاً

المعطيات: $\bar{u} = 120\sqrt{2}cos120\pi t\ (V)$

1- التوتر المنتج : $U_{eff} = \frac{u_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120(V)$

تواتر التيار : $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{120\pi}{2\pi} = 60Hz$

2- مصباح كهربائي ذاتيته مهملة أي مقاومة صرفة $R = ?: R$ $\quad I_{effR} = 6(A)$

♥ حساب المقاومة الصرفة: $R = \frac{U_{eff}}{I_{effR}} = \frac{120}{6} = 20\Omega$

♥ تابع الشدة في المقاومة $\bar{\imath}_R = I_{max_R}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_R)$

$$I_{maxR} = I_{effR}\sqrt{2} = 6\sqrt{2}\ A$$

$$\varphi = 0 \qquad \omega = 120\pi\ rad.s^{-1}$$

$$\boxed{i_R = 6\sqrt{2}cos120\pi t\ \ (A)}$$

-3 الوشيعة لها مقاومة $\Leftarrow cos\varphi_2 = \frac{1}{2}$

$$I_{eff2} = 10(A)$$

♥ حساب ممانعة الوشيعة : $Z_2 = \frac{u_{eff}}{I_{eff2}} = \frac{120}{10} = 12\Omega$

♥ حساب مقاومة الوشيعة : $cos\varphi_2 = \frac{r}{Z_2} \Rightarrow r = Z_2 . cos\varphi_2$

$$r = 12 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{r = 6\Omega}$$

♥ حساب الاستطاعة المستهلكة في الوشيعة:

$$P_{avg2} = .I_{eff2}.u_{eff}.cos\varphi_2$$

$$P_{avg2} = 10 \times 120 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{P_{avg2} = 600(watt)}$$

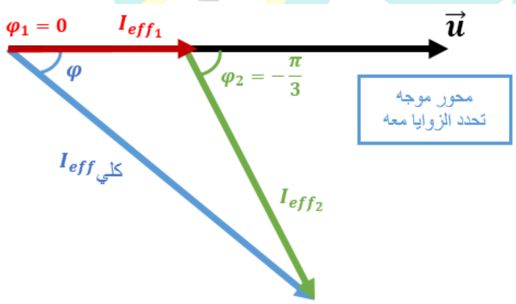
♥ تابع الشدة اللحظية في الوشيعة: $\bar{\imath}_2 = I_{max2}cos(\omega t + \varphi_2)$

$$I_{max2} = I_{eff2}\sqrt{2} = 10\sqrt{2}(A)$$

$$\omega = 120\pi\ rad.s^{-1} \text{ ، } cos\varphi_2 = \frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_2 = -\frac{\pi}{3}rad$$

الوصل تفرع نختار الزاوية $-\frac{\pi}{3}$

$$\boxed{\bar{\imath}_2 = 10\sqrt{2}\cos\left(120\pi t - \frac{\pi}{3}\right) A}$$



-4 الشدة في الدارة الأصلية (الكلية ، الخارجية) ؟= I_{eff} كلي

نربع الطرفين ، علاقة التجيب : $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff1}} + \overrightarrow{I_{eff2}}$

$$I_{eff}^2 = I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$I_{eff} = \sqrt{36 + 100 + 2 \times 10 \times 6 \times \frac{1}{2}}$$

$$\boxed{I_{eff} = \sqrt{196} = 14(A)}$$

-5 الاستطاعة الكلية $P_{avg} = P_{avg1} + P_{avg2}$

$$P_{avg} = I_{eff1}u_{eff}cos\varphi_1 + I_{eff2}u_{eff}cos\,\varphi_2$$

$$P_{avg} = 6 \times 120 \times 1 + 10 \times 120 \times \frac{1}{2}$$

$$\boxed{P_{avg} = 1320(wat)}$$

حساب عامل استطاعة الدارة (لا تنسَ الدارة تفرعية)

$$P_{avg} = I_{eff}u_{eff}cos\varphi$$

$$cos\varphi = \frac{P_{avg}}{u_{eff}I_{eff}} = \frac{1320}{120\times14} = \frac{66}{6\times14} = \frac{11}{14}$$

-6 نحسب سعة المكثفة C من X_c بعد حسابها من : $X_c = \frac{u_{eff}}{I_{eff3}}$

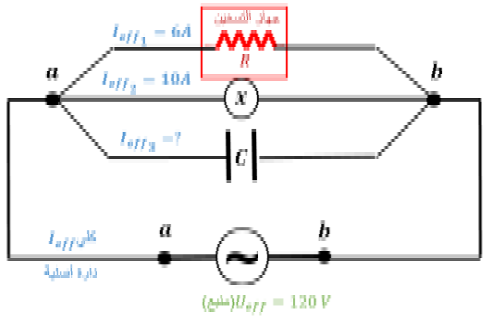
نحسب I_{eff3} من المثلث القائم في إنشاء فرينل :

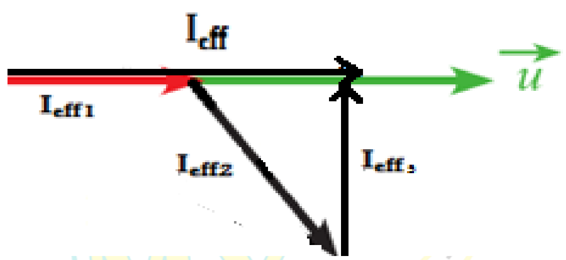
$$sin\frac{\pi}{3} = \frac{I_{eff3}}{I_{eff2}} \Rightarrow I_{eff3} = I_{eff2}\, sin\frac{\pi}{3}$$

$$I_{eff3} = 10\frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}A$$

$$X_c = \frac{120}{5\sqrt{3}} = \frac{24}{\sqrt{3}} = 8\sqrt{3}\Omega$$

$$X_c = \frac{1}{\omega c} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{1}{120\pi.8\sqrt{3}} = \frac{1}{960\pi\sqrt{3}}\, F$$



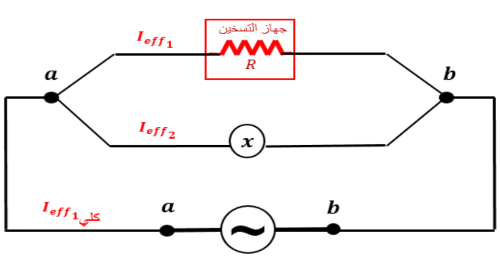


المسألة 22 (عامة) يغذي تيار متناوب جيبي يعطى توتره اللحظي $\bar{u} = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ الجهازين الآتيين المربوطين على التفرع:

a. جهاز تسخين كهربائي ذاتيته مهملة يرفع درجة حرارة $1kg$ من الماء من الدرجة $0C°$ إلى الدرجة $72C°$ خلال $7min$ بمردود تسخين 100%

b. محرك استطاعته $600Wat$ وعامل استطاعته $\frac{1}{2}$ فيه التيار متأخر بالطور عن التوتر، **والمطلوب**

1. احسب الشدة المنتجة للتيار في كل من الفرعين، واكتب تابع الشدة اللحظية في كل منهما.
2. احسب الشدة المنتجة الكلية باستخدام إنشاء فرينل، واحسب عامل استطاعة الدارة.
3. احسب سعة المكثفة التي ضمت أيضاً على التفرع في الدارة جعلت الشدة الكلية متفقة بالطور مع فرق الكمون المطبق عندما تعمل الأجهزة جميعاً، واحسب قيمة الشدة المنتجة في الدارة الأصلية عندئذٍ.
4. نستعمل التوتر السابق لتغذية دارة تتألف من فرعين يحوي أحداهما المكثفة السابقة ويحوي الآخر وشيعة مهملة المقاومة احسب ردية الوشيعة التي تنعدم من أجلها شدة التيار في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل.



(الحرارة الكتلية للماء $c = 4200\ j\ kg^{-1}C°^{-1}$)

المعطيات :

a. الفرع الأول: جهاز تسخين مقاومته مهملة (مقاومة صرفة)

خلال: $\Delta t = 7\ min = 7\times 60s$ ، مردود التسخين 100% ، $t_1 = 0°\,C \xrightarrow{\text{إلى}} 72°C$ ، $m = 1kg$ (ماء)

b. الفرع الثاني: محرك $P_{avg} = 600\ watt$ $cos\varphi_2 = \frac{1}{2}$ (التيار متأخر بالطور عن التوتر)

-1 $I_{eff_1}=?$ ، $I_{eff_2}=?$ وكتابة تابع الشدة اللحظية في كل من الفرعين.

♥ لحساب $I_{eff_1}=?$ (الفرع الأول)

حسب مبدأ التوازن الحراري:

$\frac{100}{100}\times$ الطاقة الحرارية المنتشرة عن مرور التيار في المقاومة خلال فاصل زمني = الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء خلال الفاصل زمني نفسه (Δt)

$$\underbrace{\underbrace{m}_{kg}\,.\,\underbrace{C}_{\frac{J}{kg.°C}}}_{J}\,.\underbrace{\Delta t}_{°C} = \underbrace{I_{eff_1}U_{eff}t}_{J}\quad\begin{cases} E = P_{avg_R}.t \\ \quad = I_{eff}U_{eff}.t \\ \quad = RI_{eff}^2.t \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_{eff_1} = \frac{m\,c\,\Delta t}{U_{eff}t}$$

لحساب $U_{eff}=?$: $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120\ V$

$$I_{eff_1} = \frac{1\times4200\times(72-0)}{120\times7\times60} \Rightarrow \boxed{I_{eff_1} = 6A}$$

التابع الزمني للتيار في الفرع الأول:

$$\bar{\imath}_1 = I_{max_1}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_1)$$

$$\omega = 100\pi\ \text{rad.s}^{-1}$$

جهاز التسخين مقاومة صرفة $\Longleftarrow \varphi_1 = 0$ (وفاق)

$$I_{max_1} = I_{eff_1}\sqrt{2} = 6\sqrt{2}A$$

نعوض الثوابت: $\boxed{\bar{\imath}_1 = 6\sqrt{2}\cos 100\pi t\ (A)}$

♥ لحساب $I_{eff_2}=?$ (الفرع الثاني)

$$P_{avg_2} = U_{eff}I_{eff_2}\cos\varphi_2،\ \left[\cos\varphi_2 = \frac{1}{2}\right]$$

$$I_{eff_2} = \frac{P_{avg_2}}{U_{eff}\cos\varphi_2} = \frac{600}{120\times\frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{I_{eff_2} = 10A}$$

كتابة التابع الزمني للتيار في الفرع الثاني: $\bar{\imath}_2 = I_{max_2}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)$

$$I_{max_2} = I_{eff_2}\sqrt{2} = 10\sqrt{2}$$

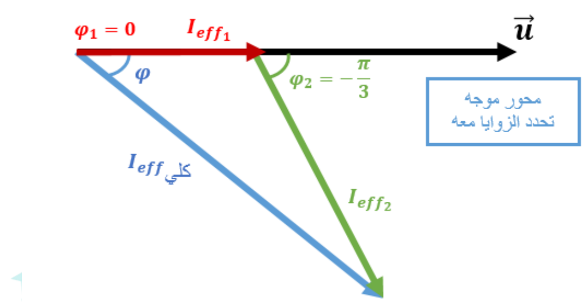
$$\omega = 100\pi\ \text{rad.s}^{-1}$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{1}{2} \Longrightarrow \bar{\varphi}_2 = -\frac{\pi}{3}rad$$

التيار متأخر بالطور عن التوتر

$$\boxed{\bar{\imath}_2 = 10\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{3}\right)A}$$

-2 الشدة في الدارة الأصلية (الكلية ، الخارجية) $I_{eff_{كلي}}=?$



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff1}} + \overrightarrow{I_{eff2}}$$

نربع الطرفين ، علاقة التجيب :

$$I_{eff}^2 = I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$I_{eff} = \sqrt{36 + 100 + 2\times10\times6\times\frac{1}{2}}$$

$$\boxed{I_{eff} = \sqrt{196} = 14(A)}$$

♥ حساب عامل استطاعة الدارة (لا تنسَ الدارة تفرعية)

$$P_{avg} = I_{eff}u_{eff}cos\varphi \Rightarrow cos\varphi = \frac{P_{avg\,\text{كلي}}}{u_{eff}I_{eff}}$$

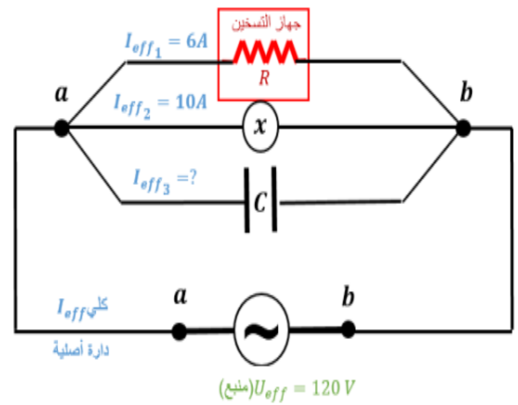
الاستطاعة الكلية $P_{avg} = P_{avg1} + P_{avg2}$

$$P_{avg} = I_{eff1}u_{eff}cos\varphi_1 + I_{eff2}u_{eff}cos\,\varphi_2$$

$$P_{avg} = 6\times 120\times 1 + 10\times 120\times \frac{1}{2} = 1320(wat)$$

$$cos\varphi = \frac{1320}{120\times 14} = \frac{66}{6\times 14} = \frac{11}{14}$$

3- نحسب سعة المكثفة C من X_c بعد حسابها من: $X_c = \frac{u_{eff}}{I_{eff3}}$



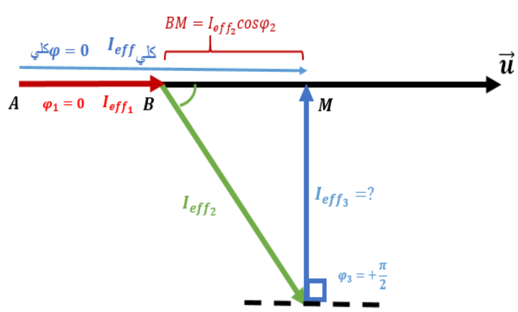
نحسب I_{eff3} من المثلث القائم في إنشاء فرينل:

$$sin\frac{\pi}{3} = \frac{I_{eff3}}{I_{eff2}} \Rightarrow I_{eff3} = I_{eff2}\,sin\frac{\pi}{3}$$

$$I_{eff3} = 10\frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}A$$

$$X_c = \frac{120}{5\sqrt{3}} = \frac{24}{\sqrt{3}} = 8\sqrt{3}\Omega$$

$$X_c = \frac{1}{\omega c} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{1}{100\pi.8\sqrt{3}} = \frac{1}{800\pi\sqrt{3}}\,F$$



لحساب $I_{eff\,\text{كلي}} = ?$

$$\vec{I}_{eff\,\text{كلي}} = \vec{I}_{eff_1} + \vec{I}_{eff_2} + \vec{I}eff_3$$

من الشكل: $I_{eff\,\text{كلي}} = AB + BM$

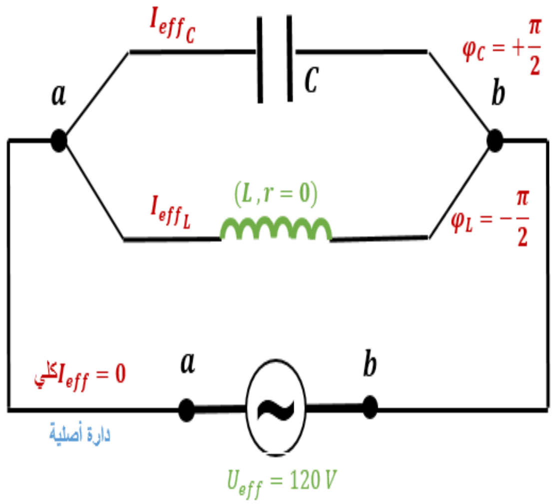
$$I_{eff} = I_{eff_1} + I_{eff_2}cos\varphi_2$$

$$I_{eff} = 6 + 10\times\frac{1}{2} = 11\,A$$

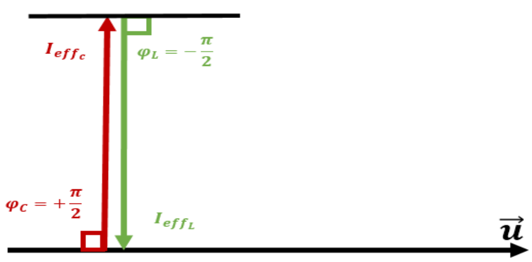
ملاحظة: مع الحل الهندسي لا نأخذ إشارة $[\varphi]$ بعين الاعتبار.

4- $X_L = ?$ (ردية الوشيعة)

التي من أجلها $I_{eff\,\text{كلي}} = 0$ (في الدارة الأصلية)



<u>إنشاء فرينل لهذه الدارة:</u>



من الإنشاء نجد: $\vec{I}_{eff\,\text{كلي}} = \vec{I}_{eff_c} + \vec{I}_{eff_L} = \vec{0}$

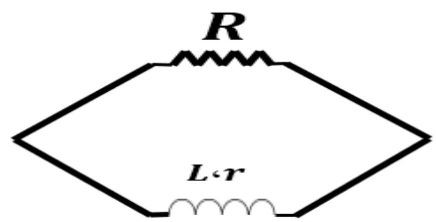
$$I_{eff\,\text{كلي}} = I_{eff_c} - I_{eff_L} = 0 \Longrightarrow I_{eff_C} = I_{eff_L}$$

$$\frac{U_{eff}}{X_C} = \frac{U_{eff}}{X_L} \stackrel{\text{الوصل تفرع}}{=} X_C = X_L$$

$X_L = 8\sqrt{3}\Omega$ وتدعى حالة اختناق التيار.

المسألة الثالثة (درس) : (دورة 1999) مأخذ لتيار متناوب جيبي بين طرفيه توتر لحظي يعطى بالعلاقة : $\bar{u} = 200\sqrt{2}cos100\pi t\ (V)$ نصلهما لدارة تحوي فرعين يحوي الأول مقاومة صرفة يمر فيها تيار شدته المنتجة (4A) ، ويحوي الفرع الثاني وشيعة يمر فيها تيار شدته المنتجة (5A) ، فيمر في الدارة الخارجية التيار شدته المنتجة (7A) . **والمطلوب حساب :**

1. أحسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ وتواتر التيار
2. قيمة المقاومة الصرفة ، وممانعة الوشيعة .
3. عامل استطاعة الوشيعة .
4. الاستطاعة الكلية المستهلكة في الدارة ، وعامل استطاعة الدارة



-1 التوتر المنتج

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$

$$\boxed{U_{eff} = 200(V)}$$

تواتر التيار

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{100\pi}{2\pi} \Longrightarrow$$

$$\boxed{f = 50\ (Hz)}$$

-2

♥ قيمة المقاومة الصرفة

$$R = \frac{U_{eff}}{I_{eff_1}} = \frac{200}{4} \Longrightarrow \boxed{R = 50(\Omega)}$$

♥ ممانعة الوشيعة

$$Z_2 = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} = \frac{200}{5} \Longrightarrow \boxed{Z_2 = 40(\Omega)}$$

-3 الوصل تفرع $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$

نربع الطرفين (علاقة التجيب)

$$I_{eff}^2 = I_{eff_1}^2 + I_{eff_2}^2 + 2I_{eff_1}.I\_ff_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

نعوض

$$49 = 16 + 25 + 2 \times 4 \times 5\cos(\varphi_2 - 0)$$

$$cos\varphi_2 = \frac{8}{40} = \frac{1}{5} = 0.2$$

-4 الاستطاعة المستهلكة في جملة الفرعين

$$P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$$

$$P_{avg} = I_{eff_1}.U_{eff}cos\varphi_1 + I_{eff_2}U\_effcos\varphi_2$$

$$= 4 \times 200 \times 1 + 5 \times 200 \times \frac{1}{5}$$

$$P_{avg} = 800 + 200$$

$$\boxed{P_{avg} = 1000\ (watt)}$$

عامل استطاعة الدارة

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

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

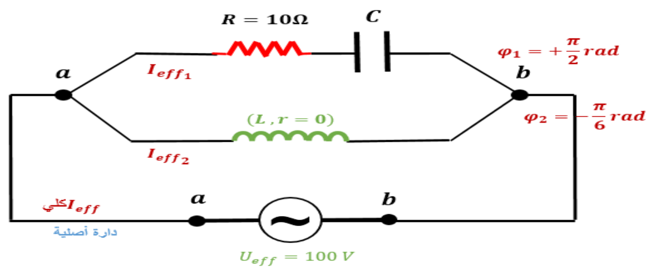
$$cos\varphi = \frac{1000}{7\times200} = \frac{10}{14}$$

$$\boxed{cos\varphi = \frac{5}{7}}$$

المسألة 23 (عامة)

مأخذ تيار متناوب جيبي بين طرفيه توتر منتج $100V$ نصله لدارة تحوي على فرعين الأول مقاومة ومكثفة فيمر تيار شدته المنتجة I_{eff_1} متقدم بالطور $\frac{\pi}{3}rad$ عن التيار الأصلي ويحوي الفرع الثاني وشيعة يمر فيها تيار شدته المنتجة I_{eff_2} متأخر بالطور $\frac{\pi}{6}rad$ عن التيار الأصلي ويمر في الدارة الأصلية تيار تابع شدته اللحظية $i = 20\cos 100\pi t$ محققاً توافقاً في الطور مع التوتر المطبق، **المطلوب**

1. استنتج قيمة كل من I_{eff_2}، I_{eff_1} باستخدام إنشاء فرينل.
2. إذا كانت قيمة المقاومة في الفرع الأول 10Ω احسب ممانعة هذه الفرع واتساعية المكثفة فيه.
3. إذا كانت ردية الوشيعة في الفرع الثاني $\frac{10}{\sqrt6}\Omega$ احسب مقاومة الوشيعة.



من معطيات المسألة: $i = 20\cos 100\pi t$

أي أن $[I_{eff\,\text{كلي}}]$ دارة أصلية على وفاق بالطور مع التوتر المطبق

$\varphi_{(\text{كلي})} = 0 \to$ (تيار)

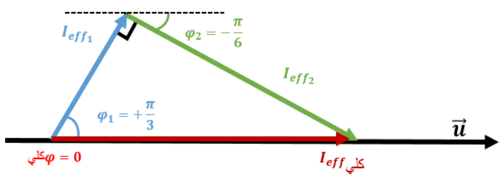
$$I_{eff\,\text{كلي}} = \frac{I_{max}}{\sqrt2} = \frac{20}{\sqrt2} = 10\sqrt2\ A$$

فرع أول: $I_{eff_1} = ?$ ، $\varphi_1 = \underbrace{+}_{\text{متقدم على } U}\frac{\pi}{3}rad$

فرع ثاني: $I_{eff_2} = ?$ ، $\varphi_2 = \underbrace{-}_{\text{متأخر عن } U}\frac{\pi}{6}rad$

الحل:

إنشاء فرينل للدارة



من إنشاء فرينل نلاحظ أن المثلث قائم:

$$\cos\varphi_1 = \frac{I_{eff_1}}{I_{eff(\text{كلي})}} \Rightarrow I_{eff_1} = I_{eff\,\text{كلي}}\cos\varphi_1 \overset{\cos 60 = \frac{1}{2}}{=}$$

$$I_{eff_1} = 10\sqrt2 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{I_{eff_1} = 5\sqrt2 (A)}$$

$$\sin\varphi_1 = \frac{I_{eff_2}}{I_{eff(\text{كلي})}} \Rightarrow I_{eff_2} = I_{eff(\text{كلي})}\sin\varphi_1 \overset{\sin 60 = \frac{\sqrt3}{2}}{=}$$

$$I_{eff_2} = 10\sqrt2 \times \frac{\sqrt3}{2} \Rightarrow \boxed{I_{eff_2} = 5\sqrt6\ (A)}$$

-2 $R = 10\Omega$

♥ (ممانعة الفرع الأول) $Z_1 = ?$

$$Z_1 = \frac{U_{eff}}{I_{eff_1}} = \frac{100}{5\sqrt2} = \frac{20}{\sqrt2} \Rightarrow \boxed{Z_1 = 10\sqrt2\Omega}$$

♥ (اتساعية المكثفة) $X_c = ?$

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X_c^2} \Rightarrow {Z_1}^2 = R^2 + X_c^2$$

$$(10\sqrt2)^2 = (10)^2 + X_c^2$$

$$X_c^2 = 100 \times 2 - 100 = 100$$

$$\Rightarrow \boxed{X_c = 10\Omega}$$

-3 $X_L = \frac{10}{\sqrt6}\Omega$

مطلوب حساب $r = ?$ (مقاومة الوشيعة)

طريقة أولى:

$$\cos\varphi_2 = \frac{r}{Z_L} \Rightarrow r = Z_L \cos\varphi_2$$

نحسب $Z_L = ?$

$$Z_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff_2}} = \frac{100}{5\sqrt6} = \frac{20}{\sqrt6}\ \Omega$$

$$r = \frac{20}{\sqrt6} \times \frac{\sqrt3}{2} = \frac{10\sqrt3}{\sqrt2\sqrt3} \Rightarrow \boxed{r = \frac{10}{\sqrt2}\Omega}$$

طريقة ثانية:

$$Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2} \Rightarrow \left(\frac{20}{\sqrt6}\right)^2 = r^2 + \left(\frac{10}{\sqrt6}\right)^2$$

$$r^2 = \frac{400}{6} - \frac{100}{6} = \frac{300}{6} = \frac{100}{2} \Rightarrow \boxed{r = \frac{10}{\sqrt2}\Omega}$$

المسألة 24 (عامة) يعطى فرق الكمون بين النقطتين $(b،a)$ بالعلاقة : $\bar{u} = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t$

1. احسب فرق الكمون المنتج بين النقطتين ، وتواتر التيار .
2. نصل $(b،a)$ بمقاومة صرف (50Ω) اكتب تابع شدة التيار في هذه المقاومة .
3. نصل $(b،a)$ بفرع آخر يحوي على التسلسل مقاومة صرف (50Ω) مع مكثفة سعتها C فيمر تيار شدته المنتجة $(\sqrt{2}A)$. اكتب تابع شدة التيار المار فيه واحسب سعة المكثفة C .
4. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل .
5. احسب ذاتية الوشيعة المهملة المقاومة الواجب ربطها على التفرع بين النقطتين $(b،a)$ لتصبح شدة التيار الأصلية على وفاق بالطور مع فرق الكمون المطبق عندما تعمل الفروع الثلاث معاً ، ثم احسب قيمة الشدة المنتجة الأصلية للتيار

-1 $U_{eff} = ?$ ، $f = ?$

♥ فرق الكمون المنتج : $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100\ V$

♥ تواتر التيار : $\omega = 2\pi f \Longrightarrow f = \frac{100\pi}{2\pi} = 50\ Hz$

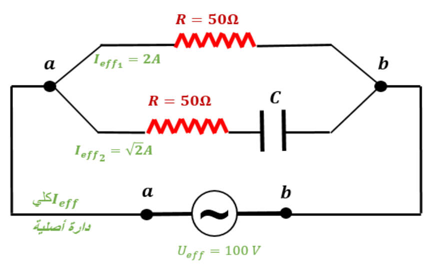
-2 تابع شدة التيار في المقاومة الصرفة :

$$\bar{\imath} = I_{max}\cos(\omega t + \bar{\varphi})$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{100}{50} = 2A\ ,\ \ \varphi = 0\ rad$$

$$\Longrightarrow \bar{\imath} = 2\sqrt{2}\cos(100\pi t)A$$

-3



♥ تابع شدة التيار في الفرع الثاني :

$$i_2 = I_{max_2}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_2)$$

$$I_{max_2} = I_{eff_2}\sqrt{2} = \sqrt{2}\times\sqrt{2} = 2\ A$$

لحساب $\varphi_2 = ?$: (من رزات الفرع الثاني)

$$Z_2 = \frac{U_{eff}}{I_{eff_2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{2}\ A$$

$$cos\varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{50}{50\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Longrightarrow \varphi_2 = +\frac{\pi}{4}rad$$

تقدم التيار عن التوتر في هذا الفرع

$$\boxed{\bar{\imath}_2 = 2\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)(A)}$$

♥ حساب سعة المكثفة $C = ?$

$$Z = \sqrt{R_2^2 + X_C^2} = \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

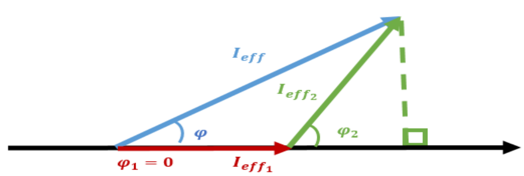
$$\left(50\sqrt{2}\right)^2 = (50)^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2$$

$$\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 = 5000 - 2500 = 2500 \Longrightarrow$$

$$\frac{1}{\omega C} = 50\Omega \Longrightarrow C = \frac{1}{100\pi\times 50} \Longrightarrow$$

$$\boxed{C = \frac{1}{5000\pi}\ (F)}$$

-4 الشدة في الدارة الأصلية (الكلية ، الخارجية) $I_{eff\ كلي} = ?$



نربع الطرفين ، علاقة التجيب $\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff1}} + \overrightarrow{I_{eff2}}$

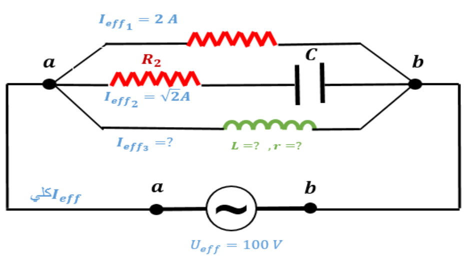
$$I_{eff}^2 = I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

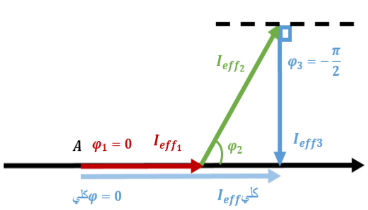
$$I_{eff} = \sqrt{4 + 2 + 2\times 2\times\sqrt{2}\times cos(+\frac{\pi}{4} - 0)}$$

$$\boxed{I_{eff} = \sqrt{10}(A)}$$

-5



♥ نحسـ X_L ... I_{eff3}



نحسب I_{eff3} من المثلث القائم في إنشاء فرينل .

$$sin\varphi_2 = \frac{I_{eff_3}}{I_{eff_2}} \quad (\varphi_2 = \frac{\pi}{4}rad)$$

$$I_{eff_3} = I_{eff_2}\sin\frac{\pi}{4} = \sqrt{2}\times\frac{1}{\sqrt{2}} = 1A$$

$$X_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff_3}} = \frac{100}{1} \Longrightarrow X_L = 100\Omega$$

$$X_L = L\omega \Longrightarrow L = \frac{100}{100\pi} \Longrightarrow \boxed{L = \frac{1}{\pi}\ H}$$

♥ حساب $I_{eff\,(كلي)} = ?$

$$\vec{I}_{eff_{كلي}} = \vec{I}_{eff_1} + \vec{I}_{eff_2} + \vec{I}_{eff_3}$$

من الشكل نجد: $I_{eff} = AB + BM$

$$I_{eff} = I_{eff_1} + I_{eff_2} \cos\varphi_2$$

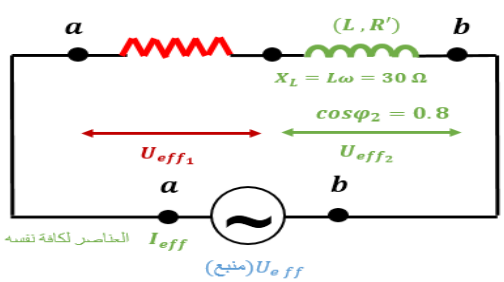
$$I_{eff_{كلي}} = 2 + \sqrt{2} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{I_{eff_{كلي}} = 3\ A}$$

المسألة 25 (عامة) نضع بين طرفي مأخذ لتيار متناوب توتره المنتج ثابت ، مقاومة صرفة R موصولة على التسلسل مع وشيعة مقاومتها الأومية R´ ورديتها (30Ω) عامل استطاعتها (0.8) فيمر تيار شدته اللحظية تعطى بالعلاقة: $\bar{\imath} = 3\sqrt{2}\cos(100\pi t)\ A$

المطلوب:

1. احسب الشدة المنتجة للتيار وتواتره .
2. احسب كلاً من المقاومة الأومية للوشيعة R´ وممانعتها .
3. إذا علمت أن فرق الكمون المنتج بين طرفي المقاومة R يساوي نصف فرق الكمون المنتج بين طرفي الوشيعة فاحسب كل من a) المقاومة الصرفة R . b) الاستطاعة المستهلكة فيها . c) الاستطاعة المستهلكة في الدارة .
4. نضيف بين طرفي المأخذ السابق على التسلسل مع المقاومة R والوشيعة مكثفة سعتها C فتبقى الشدة المنتجة للتيار نفسها ، احسب قيمة سعة هذه المكثفة .
5. نضيف إلى المكثفة C في الدارة السابقة مكثفة C´ تجعل الشدة على توافق بالطور مع التوتر المطبق . احسب السعة المكافئة للمكثفتين وحدد طريقة الضم واحسب سعة المكثفة المضافة C´ .

الحل



$$\bar{\imath} = 3\sqrt{2}\cos(100\pi t)\ A$$

-1 $f = ? \quad , I_{eff} = ?$

♥ الشدة المنتجة للتيار $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 3\ A$

♥ تواتر التيار $\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{100\pi}{2\pi} = 50\ \ Hz$

-2 احسب $\underset{\text{مقاومة الوشيعة}}{R' = ?}$ ، $\underset{\text{ممانعة الوشيعة}}{Z_L = ?}$

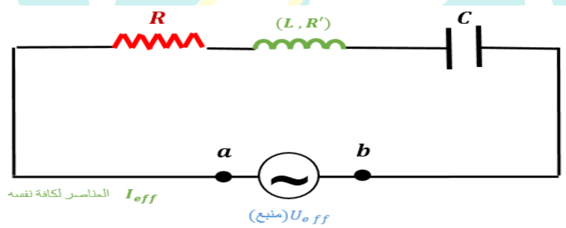
$$\left(\begin{array}{c} \cos\varphi_2 = \frac{R'}{Z_L} \\ Z_L = \sqrt{R'^2 + X_L^2} \end{array}\right) \Rightarrow 0.8 = \frac{R'}{\sqrt{R'^2 + X_L^2}} \Rightarrow$$

$$0.64 = \frac{R'^2}{R'^2 + (30)^2} \Rightarrow R'^2 = 0.64R'^2 + 0.64 \times (30)^2 \Rightarrow$$

$$R'^2 - 0.64R'^2 = 0.64 \times (30)^2 \Rightarrow$$

$$0.36R'^2 = 0.64 \times (30)^2 \xRightarrow{\text{نجذر}}$$

-4 نضيف مكثفة على التسلسل فتبقى I_{eff} نفسها: $Z_{قبل} = Z_{بعد}$



$$Z_{قبل} = Z_{بعد}$$

$$\sqrt{(R+R')^2 + (L\omega)^2} = \sqrt{(R+R')^2 + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

نربع $\cancel{(R+R')^2} + (L\omega)^2 = \cancel{(R+R')^2} + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2$

$$(L\omega)^2 = \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2$$

نجذر الطرفين: $\pm L\omega = L\omega + \frac{1}{\omega C}$

إما: $+L\omega = L\omega - \frac{1}{\omega c}$

$\frac{1}{\omega C} = 0 \quad \Rightarrow \quad C \to \infty$ مرفوض

أو: $-L\omega = L\omega - \frac{1}{\omega C}$

$$0.6 \times R' = 0.8 \times 30 \Rightarrow$$

$$R' = \frac{0.8\times30}{0.6} = \frac{8\times30}{6} \Rightarrow \boxed{R' = 40\Omega}$$

$$Z_L = \frac{R'}{\cos\theta_2} \Rightarrow Z_L = \frac{40}{0.8} = \frac{400}{8} \Rightarrow \boxed{Z_L = 50\Omega}$$

-3 $P_{avg} =?$ ، $P_{avg_1} =?$ ، $R =?$ $\left(U_{eff_1} = \frac{1}{2}U_{eff_2}\right)$

a. حساب R : $U_{eff_1} = \frac{1}{2}U_{eff_2} \Rightarrow RI_{eff} = \frac{1}{2}Z_L I_{eff}$

$$R = \frac{1}{2}Z_L \Rightarrow R = \frac{1}{2}\times 50 = 25\Omega$$

b. حساب $P_{avg_1} =?$

$$P_{avg_1} = RI_{eff}^2 \Rightarrow P_{avg_1} = 25\times(3)^2 = 225\ W$$

c. حساب $P_{avg_{\text{كلي}}} =?$

تستهلك الاستطاعة حرارياً بفعل جول في المقاومة (R, R') فقط.

$$P_{avg_{\text{كلي}}} = P_{avg_1} + P_{avg_2} \Rightarrow P_{avg} = RI_{eff}^2 + R'I_{eff}^2$$

$$\Rightarrow P_{avg} = (25+40)\times(3)^2 = 65\times 9 = 585\ W$$

$$\frac{1}{\omega C} = 2L\omega \Rightarrow C = \frac{1}{2(L\omega).\omega}$$

$$C = \frac{1}{2\times30\times100\pi} \Rightarrow \boxed{C = \frac{1}{6000\pi}F}$$

-5 نضيف $[C']$ للمكثفة $[C]$

♥ الشدة على توافق بالطور مع التوتر. حالة تجاوب كهربائي

$\underbrace{C''_{eq}}_{\text{مكافئة للمكثفتين}} =?$ ، تحديد طريقة الضم ، $C'_{\text{مضافة}} =?$

$$\frac{1}{\omega C_{eq}} = L\omega \Rightarrow C_{eq} = \frac{1}{(L\omega).\omega}$$

$$C_{eq} = \frac{1}{30\times100\pi} \Rightarrow \boxed{C_{eq} = \frac{1}{3000\pi}F}$$

♥ نقارن C_{eq}معC لمعرفة نوع الوصل: $C < C_{eq}$اي ضم تفرع

♥ لحساب $C' =?$ الضم تفرع (جمع عادي للسعات) :

$$C_{eq} = C + C' \Rightarrow C' = C_{eq} - C$$

$$C' = \frac{1}{3000\pi} - \frac{1}{6000\pi} \Rightarrow \boxed{C' = \frac{1}{6000\pi}F}$$

المسألة 26 (عامة) نطبق بين النقطتين (ab) فرقاًفي الكمون متناوباًجيبياًقيمته المنتجة $(40\sqrt{3}\ V)$ وتواتره (f=50Hz)

1. نربط بين النقطتين (a،b) على التسلسل مقاومة صرفة (R=20Ω) ووشيعة مقاومتها الأومية (r=10Ω) وممانعتها (20Ω) ،

المطلوب :

a. أحسب الممانعة الكلية ، والشدة المنتجة المارة .

b. أحسب الاستطاعة المتوسطة المصروفة في الجملة ، وعامل استطاعتها.

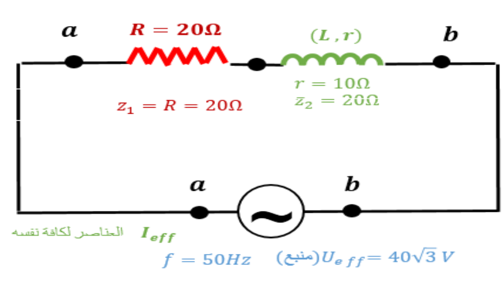
c. أحسب الطاقة الحرارية المنتشرة عن المقاومة الصرفة خلال زمن (10 min) ، واكتب تابع التوتر اللحظي بين طرفي المقاومة الصرفة .

2. نعيد وصل الوشيعة على التفرع مع المقاومة الصرفة بين النقطتين السابقتين (a،b) **والمطلوب حساب:**

a. الشدة المنتجة للتيار المار بالدارة الأصلية قبل التفرع باستخدام إنشاء فرينل .

b. قيمة الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين ، وقيمة عامل الاستطاعة عندئذٍ .

-1



a. $\underbrace{Z}_{\text{ممانعة كلية}} =?$ ، $I_{eff} =?$

♥ $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (X_L)^2}$

لحساب $X_L = L\omega =?$ (من ممانعة الوشيعة Z_2)

♥ كتابة تابع التوتر اللحظي بين طرفي المقاومة:

$$\bar{u}_1 = U_{max1}\cos(\omega t + \bar{\varphi}_1)$$

الشدة والتوتر على توافق. $\varphi_1 = 0\ rad$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi\times50 = 100\pi\ rad.s^{-1}$$

حساب $U_{eff_1} =?$: $U_{eff_1} = R\ I_{eff} = 20\times2 = 40\ V$

$$U_{max1} = U_{eff_1}\sqrt{2} \Rightarrow U_{max_1} = 40\sqrt{2}\ V$$

$$\boxed{u_1 = 40\sqrt{2}\cos 100\pi t\ (\ Volt)}$$

$$Z_L = \sqrt{r^2 + (X_L)^2} \Longrightarrow (20)^2 = (10)^2 + (X_L)^2$$

$$(X_L)^2 = 400 - 100 = 300$$

نعوض لحساب $Z = ?$ ممانعة الدارة (كلية):

$$Z = \sqrt{(20+10)^2 + 300} = \sqrt{900 + 300}$$

$$Z = \sqrt{1200} = \sqrt{4 \times 3 \times 100} \Longrightarrow \boxed{Z = 20\sqrt{3}\ \Omega}$$

♥ حساب $I_{eff} = ?$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff\,\text{كلي}}}{Z_{\text{كلي}}} \Longrightarrow I_{eff} = \frac{40\sqrt{3}}{20\sqrt{3}} \Longrightarrow \boxed{I_{eff} = 2\ A}$$

.b $P_{avg\,\text{كلية}} = ?$ ، $\cos\varphi_{\text{كلي}} = ?$

♥ تصرف الاستطاعة حرارياً بفعل جول

$$P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2} \Longrightarrow P_{avg} = RI_{eff}^2 + rI_{eff}^2$$

$$P_{avg} = (R + r)I_{eff}^2 = (20 + 10) \times 4 = 120\ W$$

♥ حساب عامل استطاعة الدارة $\cos\varphi_{\text{كلي}} = ?$

طريقة اولى (تسلسل - رزات الدارة)

$$\cos\varphi_{\text{كلي}} = \frac{(R+r)}{Z} = \frac{20+10}{20\sqrt{3}} = \frac{3}{2\sqrt{3}} \Longrightarrow \boxed{\cos\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

طريقة ثانية (من قانون الاستطاعة الكلية)

$$P_{avg\,\text{كلي}} = U_{eff} I_{eff} \cos\varphi_{\text{كلي}} \Longrightarrow \cos\varphi = \frac{120}{40\sqrt{3} \times 2}$$

$$\cos\varphi = \frac{3}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

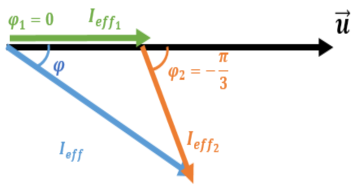
.c $t = 10\ min \Longrightarrow t = 10 \times 60 = 600\ s$

♥ $E = ?$ (طاقة حرارية منتشرة عن المقاومة الصرفة)

$$E_{\text{حرارية}} = P_{avg_1} \times t = RI_{eff}^2 t$$

$$E = 20 \times (2)^2 \times 600 \Longrightarrow \boxed{E = 48 \times 10^3\ J}$$

-2



.a $I_{eff\,\text{كلي}}$ باستخدام فرينل

نحسب كل من I_{eff_1} ، I_{eff_2}

$$I_{eff_1} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{40\sqrt{3}}{20} = 2\sqrt{3}\ A$$

$$I_{eff_2} = \frac{U_{eff}}{Z_L} = \frac{40\sqrt{3}}{20} = 2\sqrt{3}\ A$$

$\varphi_1 = 0\ rad$ ، لحساب $\varphi_2 = ?$

$$\cos\varphi_2 = \frac{r}{Z_L} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2} \Longrightarrow \varphi_2 = -\frac{\pi}{3}$$

نربع الطرفين (علاقة التجيب) $\vec{I}_{eff} = \vec{I}_{eff_1} + \vec{I}_{eff_2}$

$$I_{eff}^2 = I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$I_{eff} = \sqrt{I_{eff1}^2 + I_{eff2}^2 + 2I_{eff1}I_{eff2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$= \sqrt{(2\sqrt{3})^2 + (2\sqrt{3})^2 + 2 \times 2\sqrt{3} \times 2\sqrt{3}\cos(-\frac{\pi}{3} - 0)}$$

$$= \sqrt{12 + 12 + 12} = \sqrt{36} \Longrightarrow \boxed{I_{eff} = 6\ A}$$

.b $P_{avg\,\text{كلي}} = ?$ ، $\cos\varphi_{\text{كلي}}$

♥ $P_{avg\,\text{كلي}} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$ تصرف الاستطاعة حرارياً.

$$P_{avg\,\text{كلي}} = R\, I_{eff_1}^2 + r\, I_{eff_2}^2$$

$$P_{avg} = 20 \times (2\sqrt{3})^2 + 10 \times (2\sqrt{3})^2$$

$$P_{avg} = 240 + 120 \Longrightarrow \boxed{P_{avg} = 360\ watt}$$

حساب عامل استطاعة الدارة (الدارة تفرعية) $\cos\varphi_{\text{كلي}} = ?$

$$P_{avg\,\text{كلي}} = I_{eff} U_{eff} \cos\varphi_{\text{كلي}} \Longrightarrow \cos\varphi_{\text{كلي}} = \frac{P_{avg\,\text{كلي}}}{I_{eff} U_{eff}}$$

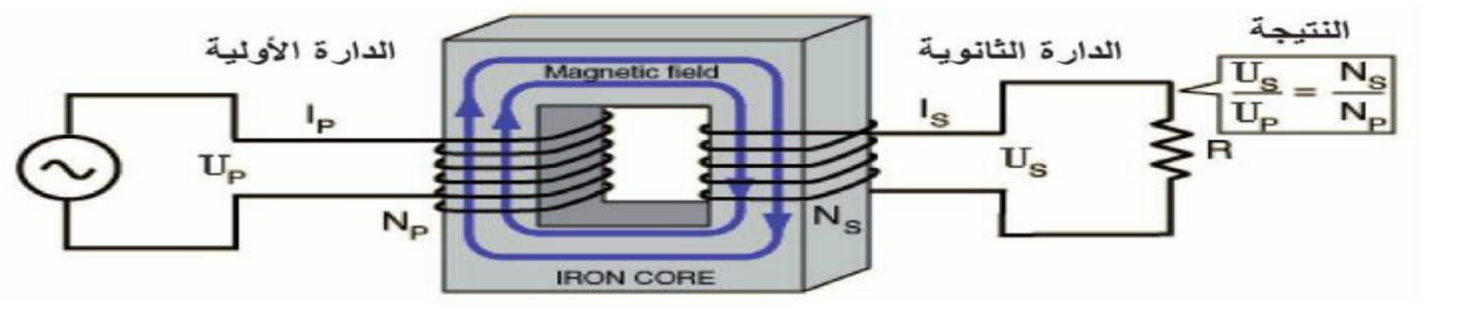
$$\cos\varphi_{\text{كلي}} = \frac{360}{40\sqrt{3} \times 6} = \frac{3}{2\sqrt{3}} \Longrightarrow \boxed{\cos\varphi_{\text{كلي}} = \frac{\sqrt{3}}{2}}$$

الدرس السادس المحولات الكهربائية

مم تتألف المحولة الكهربائية ؟

تتألف من وشيعتين ومن سلك ناقل معزول وملفوف على نواة حديد ليّن ، الوشيعة الأولية تتصل بمأخذ التيار المتناوب والوشيعة الثانوية توصل للحمولة ويكون لأحدهما سلك رفيع وعدد لفات كثير وللثانية سلك غليظ وعدد لفات أقل.

اشرح عمل المحولة الكهربائية



عند تطبيق توتر متناوب جيبي U_P بين طرفي الوشيعة الأولية يمر تيار متناوب جيبي i_P فيولد حقل مغناطيسي متناوب تتدفق جميع خطوط الحقل تقريباً عبر نواة الحديد المغلقة (بسبب نفوذية الحديد الكبيرة جداً أمام نفوذية الخلاء) إلى الوشيعة الثانوية فيتولد في الثانوية قوة محركة كهربائية تحريضية تساوي U_S وتيار متناوب متحرض i_S في الثانوية له تواتر التيار المرسل في الأولية.

سؤال نظري : في المحولة الكهربائية أجب عن الأسئلة التالية :

1. أكتب نسبة التحويل مبيّناً دلالات الرموز
2. بيّن متى تكون المحولة رافعة للتوتر ومتى تكون خافضة للتوتر
3. عرف المحولة وعلى ماذا تعتمد في عملها ؟
4. ماذا نتوقع عند استبدال منبع التيار المتناوب بمنبع تيار متواصل

الحل :

1. معادلة المحولة، نسبة التحويل μ : $\boxed{\mu = \frac{N_s}{N_P} = \frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{I_{effp}}{I_{effs}}}$

N_P: عدد اللفات في الوشيعة الأولية، U_{effp} التوتر المنتج المطبق بين طرفيها، I_{effp} الشدة المنتجة المارة فيها

N_s : عدد اللفات في الوشيعة الثانوية، U_{effs} التوتر المنتج المطبق بين طرفيها ، I_{effs} الشدة المنتجة المارة فيها

2. محولة رافعة للتوتر وخافضة للشدة : $\mu > 1 \Rightarrow N_s > N_P \Rightarrow U_{effs} > U_{effp}$

محولة خافضة للتوتر ورافعة للشدة : $\mu < 1 \Rightarrow N_s < N_P \Rightarrow U_{effs} < U_{effp}$

3. المحولة جهاز كهربائي يعمل على رفع أو خفض التوتر والتيار المنتجين دون تغير الاستطاعة المنقولة وتواتر التيار أو شكل اهتزاز التيار وتعتمد على حادثة التحريض الكهرطيسي.
4. لا تعمل المحولة الكهربائية عند تطبيق توتر كهربائي متواصل بين طرفي دارتها الأولية .

سؤال نظري: تصنف الاستطاعة الضائعة في المحولة الكهربائية إلى نوعين ماهما مع الشرح ؟

1. استطاعة ضائعة حرارياً بفعل جول الحراري (وتساوي المقاومة ×مربع التيار)
   - استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الأولية $P'_P = R_p i^2_{eff_p}$
   - استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الثانوية $P'_s = R_s i^2_{eff_s}$
   - استطاعة كلية ضائعة حرارياً $P_E = P'_P + P'_s$
2. استطاعة كهربائية ضائعة مغناطيسياً P_M نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسي خارج النواة الحديدية

سؤال نظري: استنتج العلاقة المحددة لمردود نقل الطاقة الكهربائية للتيار المتناوب من مركز توليده إلى مكان استخدامها وكيف نجعله يقترب من الواحد.

للتوضيح قبل الاستنتاج :

الاستطاعة الداخلة المتولدة من منبع التيار المتناوب: $P_p = P$

وتتوزع إلى استطاعتين : P_s استطاعة خارجة في الدارة الثانوية و P' استطاعة ضائعة حرارياً في اسلاك النقل

$$P = P_s + P' \xrightarrow{\text{الإستطاعة الخارجة من الثانوية}} P_s = P - P'$$

$$\text{المردود} = \frac{\text{الإستطاعة الخارجة}}{\text{الإستطاعة الداخلة}} = \frac{P-P'}{P} = \frac{P_s}{P} = \eta$$

الحل : علاقة مردود النقل : $\eta = \frac{P-P'}{P}$

$$\xrightarrow{\text{بتوزيع على المقام}} \eta = \frac{P}{P} - \frac{P'}{P} = 1 - \frac{P'}{P}$$

- باعتبار عامل الاستطاعة قريباً جداً من الواحد : فتكون الاستطاعة المتولدة من المنبع $P = I_{eff} \cdot U_{eff}$
- الاستطاعة الحرارية $P' = R\, i^2_{eff}$ تمثل الاستطاعة الضائعة حرارياً بفعل جول

$$\eta = 1 - \frac{R\, i^2_{eff}}{I_{eff} . U_{eff}} \Rightarrow \boxed{\eta = 1 - \frac{R\, I_{eff}}{U_{eff}}}$$

لكي يقترب المردود من الواحد ينبغي أن تكون الاستطاعة الضائعة حرارياً صغيرة لذلك عملياً بجعل أسلاك الوشيعة ذات مقاطع كبيرة لإنقاص مقاومتها R وذلك مكلف لذلك نلجأ إلى تكبير U_p وذلك برفع توتر المنبع.

سؤال نظري: تستخدم المحولات الخافضة للتوتر لشحن الهاتف النقال، أذكر استخدامات أخرى لهذه المحولة.

- شحن بعض الأجهزة الكهربائية.
- ألعاب الأطفال التي يخفض فيها التوتر للأمان من 220 إلى 12 أو أقل.
- عمليات اللحام الكهربائي حيث نحتاج لتيار شدته من مرتبة مئات الأمبيرات.
- أفران الصهر.

اختبر نفسك:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:

1. محولة كهربائية نسبة تحويلها $\mu = 3$ ، وقيمة الشدة المتجة في ثانويتها $I_{eff_s} = 6\ A$، فإن الشدة المنتجة في أوليتها:

a- $I_{eff_p} = 18A$ b- $I_{eff_p} = 2A$ c- $I_{eff_p} = 9A$ d- $I_{eff_p} = 3A$

توضيح اختيار الإجابة: $\mu = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}} \Rightarrow 3 = \frac{I_{eff_p}}{6} \Rightarrow I_{eff_p} = 18A$

2. محولة كهربائية قيمة التوتر المنتج بين طرفي أوليتها $U_{eff_p} = 20V$ وقيمة التوتر المنتج بين طرفي ثانويتها $U_{eff_s} = 40V$ فإن نسبة تحويلها μ

a-2 b- 0.5 c- 20 d- 60

توضيح اختيار الإجابة: $\mu = \frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{40}{20} = 2$

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1) لا تنقل الطاقة الكهربائية عبر المسافات البعيدة بوساطة تيار متواصل؟

للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول.

2) تنقل الطاقة الكهربائية بتوتر عدة آلاف من الفولتات ثم تخفض إلى $220V$ عند الاستهلاك؟

للتقليل من الطاقة الضائعة بفعل جول ثم تخفض إلى $220V$ عند الاستهلاك لتوافق عمل الأجهزة الكهربائية.

3) تصنع النواة في المحولة من صفائح أو قضبان معزولة من الحديد اللين؟

لإنقاص تيارات فوكو وتحسين مردود المحولة.

ملاحظات الدرس السادس المحولة الكهربائية

ثانوي : s من قوانين المتناوب أولي : p من نسبة التحويل

نسبة التحويل : $\mu = \frac{N_s}{N_P} = \frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{I_{effp}}{I_{effs}}$

محولة رافعة للتوتر(الجهد) وخافضة للتيار: $\mu > 1 \Rightarrow N_s > N_P \Rightarrow U_{effs} > U_{effp}$

محولة خافضة للتوتر (الجهد) ورافعة للتيار : $\mu < 1 \Rightarrow N_s < N_P \Rightarrow U_{effs} < U_{effp}$

لحساب كل من شدة تياري الأولية I_{effp} والثانوية I_{effs}

$$\begin{cases} I_{effs} = \frac{U_{effs}}{R_s} \text{ أو } P_{avg_s} = I_{eff_s} U_{eff_s} \Rightarrow I_{eff_s} = \frac{P_{avg_s}}{U_{eff_s}} \\ I_{effp} = \mu . I_{effs} \end{cases}$$

يتم دمج مسألة المحولة مع التيار المتناوب في الدارة الثانوية ويكون U_{effs} هو التوتر المنتج الكلي للدارة التفرع

المسألة الأولى: يبلغ عدد لفات أولية محولة كهربائية $N_p = 125$ لفة وعدد لفات ثانويتها $N_s = 375$ لفة، والتوتر اللحظي بين طرفي الثانوية يُعطى بالمعادلة: $u_s = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t(V)$: **المطلوب:**

1. احسب نسبة التحويل، ثم بين إن كانت المحولة رافعة للتوتر أم خافضة له.
2. احسب قيمة التوتر المنتج بين طرفي كل من الدارة الثانوية و الأولية.
3. نصل طرفي الدارة الثانوية بمقاومة صرف $R = 30\Omega$، احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الثانوية.
4. نصل على التفرع مع المقاومة السابقة وشيعة مهملة المقاومة، فيمر في فرع الوشيعة تيار شدته المنتجة $I_{eff_2} = 3A$، احسب رديه الوشيعة، ثم اكتب التابع الزمني لشدة التيار المار في الوشيعة
5. احسب قيمة الشدة المنتجة الكلية في الدارة الثانوية باستخدام إنشاء فرينل.
6. احسب قيمة الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة، وعامل استطاعة الدارة.

المعطيات: $N_s = 375$ لفة , $N_p = 125$لفة $U_s = 120\sqrt{2}cos\pi t(V)$

الحل:

1- نوع المحولة = ؟ ، $\mu = ?$

$$\mu = \frac{N_s}{N_p} = \frac{375}{125} = 3 > 1$$

- المحولة رافعة للتوتر خافضة للشدة لأن : $\mu > 1$

2- التوتر المنتج في دارتي الأولية والثانوية : $U_{eff_p} = ?$ $U_{eff_s} = ?$

التوتر المنتج في الثانوية : $U_{eff_s} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \Longrightarrow \boxed{U_{eff_s} = 120V}$

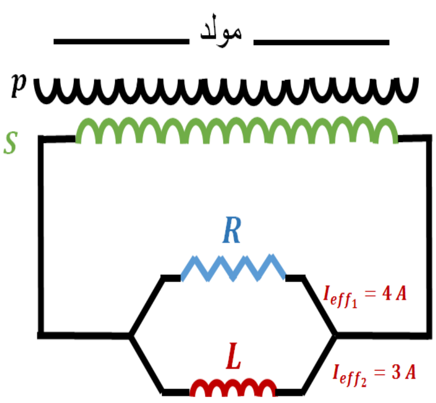
التوتر المنتج في الأولية : $\mu = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} \Longrightarrow U_{eff_p} = \frac{U_{eff_s}}{\mu}$

$$U_{eff_p} = \frac{120}{3} \Longrightarrow \boxed{U_{eff_p} = 40V}$$

3- **قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الثانوية** $I_{eff_s} = ?$ علماً أن $R = 30\Omega$

$$I_{eff_s} = \frac{U_{eff_s}}{R} = \frac{120}{30} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_s} = 4A}$$

4- ردية الوشيعة: ؟ ، علماً أن $I_{eff_2} = 3A$



$$X_L = \frac{U_{eff_s}}{I_{eff_2}} = \frac{120}{3} \Longrightarrow \boxed{X_L = 40\ \Omega}$$

$$i = I_{max}\cos(\omega t + \varphi)$$

$$I_{\max 2} = I_{eff_2}.\sqrt{2} = 3\sqrt{2}\ A$$

$$\omega = 100\pi\ rad.s^{-1} \qquad \varphi_2 = -\frac{\pi}{2} rad$$

$$\boxed{i_2 = 3\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)\ (A)}$$

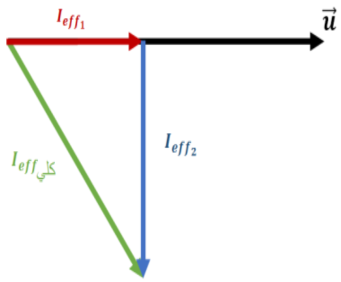
5-

$$\overrightarrow{I_{eff_s}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$

$$I^2_{eff_s} = I^2_{eff_1} + I^2_{eff_2}$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{16+9} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_s} = 5A}$$

-6 الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين :



$$P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$$

$$P_{avg} = I_{eff_1} U_{eff_s} cos\varphi_1 + I_{eff_2} U_{eff_s} cos\varphi_2$$

$$P_{avg} = 4 \times 120 \times 1 + 3 \times 120 \times 0 \Longrightarrow \boxed{P_{avg} = 480\ watt}$$

عامل استطاعة الدارة : $P_{avg} = I_{eff} U_{eff_s} cos\varphi$

$$cos\varphi_{كلي} = \frac{P_{avg}}{I_{eff}.U_{eff}} = \frac{480}{5\times120} = \frac{4}{5} \Longrightarrow \boxed{cos\varphi_{كلي} = 0.8}$$

المسألة الثانية: محولة كهربائية مثالية عدد لفات ثانويتها **200** لفة يطبق بين طرفي أوليتها توتراً منتجاً **60V** ويوصل بين طرفي ثانويتها مصباح كهربائي استطاعته **240 watt** ويعمل بتوتر منتج **120 V** **المطلوب حساب :**

1. الشدة المنتجة المارة في الدارة الثانوية
2. الشدة المنتجة المارة في الدارة الأولية
3. عدد لفات الدارة الأولية ونسبة التحويل .
4. المقاومة الأومية للمصباح الكهربائي .

المعطيات: $P_{avg_s} = 240watt$ $N_s = 200$ $U_{effp} = 60V$ $U_{effs} = 120V$

الحل :

1. الشدة المنتجة المارة في الدارة الثانوية من الاستطاعة المتوسطة : $I_{eff_s} =?$

$$P_{avg_s} = I_{eff_s} U_{eff_s} \Longrightarrow I_{eff_s} = \frac{P_{avg_s}}{U_{eff_s}}$$

$$I_{eff_s} = \frac{P_{avg_s}}{U_{eff_s}} = \frac{240}{120} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_s} = 2A}$$

2. الشدة المنتجة المارة في الدارة الأولية $I_{eff_p} =?$ من نسبة التحويل : $\frac{U_{effs}}{U_{effp}} = \frac{I_{effp}}{I_{effs}}$

$$\frac{120}{60} = \frac{I_{effp}}{2} \Longrightarrow I_{effp} = \frac{120\times2}{60} \Longrightarrow \boxed{I_{effp} = 4A}$$

3. عدد لفات الدارة الأولية ونسبة التحويل . $N_P =?$ ، $\mu =?$

♥ حساب عدد لفات الأولية من نسبة التحويل : $\frac{N_s}{N_P} = \frac{U_{effs}}{U_{effp}}$

$$\frac{200}{N_P} = \frac{120}{60} \Longrightarrow I_{effp} = \frac{200\times60}{120} \Longrightarrow \boxed{N_P = 100\ \text{لفة}}$$

♥ حساب نسبة التحويل : $\mu = \frac{U_{effs}}{U_{effp}} \Longrightarrow \mu = \frac{120}{60} = 2$

4. المقاومة الأومية للمصباح الكهربائي . $R_s =?$

$$R_s = \frac{U_{effs}}{I_{effs}} = \frac{120}{2} \Longrightarrow \boxed{R_s = 60\Omega}$$

المسألة الثالثة: يبلغ عدد لفات أولية محولة 3750 لفة، وعدد لفات ثانويتها 125 لفة، نطبق بين طرفي الأولية توتراً منتجاً $U_{eff_p} = 3000V$، ونربط بين طرفي الثانوية دارة تحوي على التفرع:

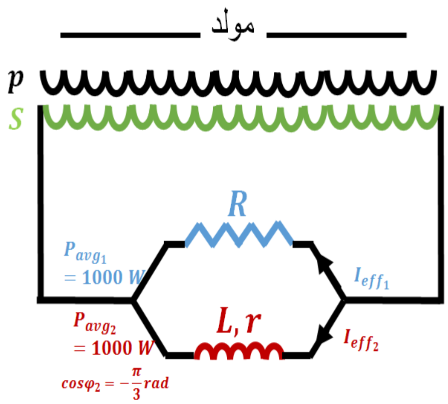
- مقاومة صرفه، الاستطاعة المستهلكة فيها $P_{avg_1} = 1000W$.
- وشيعة لها مقاومة أومية ، الاستطاعة المستهلكة فيها $P_{avg_2} = 1000W$، يمر فيها تيار يتأخر بالطور عن التوتر المطبق بمقدار $\frac{\pi}{3}rad$.

المطلوب:

1. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في المقاومة.
2. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الوشيعة.
3. احسب قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في ثانوية المحولة.
4. احسب الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة الأولية للمحولة.

المعطيات: $U_{eff_p} = 3000\ V$ ، $N_s = 125$ لفة ، $N_p = 3750$ لفة

الحل:



1- قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في المقاومة من الاستطاعة $I_{eff_1} = ?$

- نحسب U_{eff_s} من نسبة التحويل:

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} \Longrightarrow \frac{125}{3750} = \frac{U_{eff_s}}{3000}$$

$$U_{eff_s} = 100\ V$$

$$P_{avg_1} = I_{eff_1} U_{eff_s} \cos\varphi_1$$

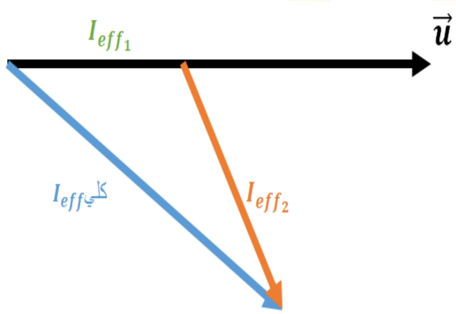
$$I_{eff_1} = \frac{P_{avg}}{U_{eff_s}\cos\underbrace{\varphi_1}_{0}} = \frac{1000}{100} \Longrightarrow \boxed{I_{eff1} = 10A}$$

2- من الاستطاعة المتوسطة :

$$P_{avg_2} = I_{eff_2} . U_{eff_s} \cos\varphi_2$$

$$I_{eff_2} = \frac{P_{avg_2}}{U_{eff_s}\cos\underbrace{\varphi_2}_{-\frac{\pi}{3}}} = \frac{1000}{100\times\frac{1}{2}} \Longrightarrow \boxed{I_{eff2} = 20A}$$

3- من إنشاء فرينل :



$$\overrightarrow{I_{eff_s}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$

$$I^2_{eff_s} = I^2_{eff_1} + I^2_{eff_2} + 2I_{eff_1}.I_{eff_2}.\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{I^2_{eff_1} + I^2_{eff_2} + 2I_{eff_1}.I_{eff_2}.\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{100 + 400 + 400\cos(-\frac{\pi}{3} - 0)}$$

$$I_{eff_s} = \sqrt{700} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_s} = 10\sqrt{7}\ A}$$

4- من نسبة التحويل :

$$\frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}} \Longrightarrow \frac{100}{3000} = \frac{I_{eff_p}}{10\sqrt{7}} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_p} = \frac{\sqrt{7}}{3}\ A}$$

المسألة الرابعة يبلغ عدد الحلقات في أولية محولة 125 حلقة، وفي ثانويتها 375حلقة. نطبق بين طرفي الدارة الاولية فرق كمون منتج قيمته 10V، ونصل طرفي الثانوية بمقاومة صرف R مغموسة في مسعر يحوي $600g$ من الماء معادله المائي مهمل، فترتفع حرارته 2.14°C خلال دقيقة واحدة. والحرارة الكتلية للماء $c = 4200 j.kg^{-1}.c^{0^{-1}}$ **المطلوب :**

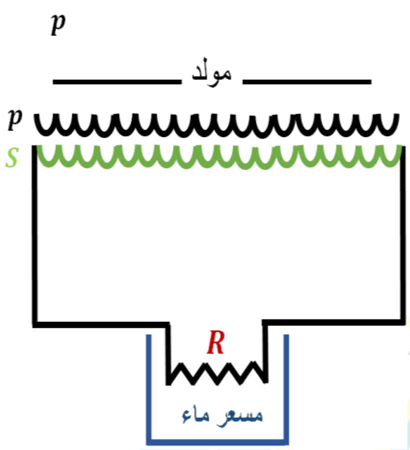
1. احسب قيمة المقاومة R.
2. احسب الشدتين المنتجتين في دارتي المحولة باعتبار مردودها يساوي الواحد.
3. نصل على التفرع بين طرفي المقاومة وشيعة مهملة المقاومة فتصبح الشدة المنتجة الكلية في الدارة الثانوية 5A.

المطلوب :

a. احسب الشدة المنتجة للتيار في فرع الوشيعة باستخدام إنشاء فرينل، ثم اكتب تابع الشدة اللحظية. $(f = 50Hz)$

b. احسب ذاتية الوشيعة. c. احسب الاستطاعة المتوسطة في جملة الفرعين.

المعطيات: $N_p = 125$ لفة , $N_s = 375$ لفة , $U_{eff_p} = 10V$



معطيات المسعر: الزمن: $t = 1\ min = 60\ sec$

- كتلة الماء في المسعر: $m = 600 \times 10^{-3}\ kg$
- درجة الحرارة: $\Delta t = 2.14\ °C$
- الحرارة الكلية للماء: $C = 4200 J.kg^{-1}.°C^{-1}$

الحل :

-1 حساب قيمة المقاومة : $R = ?$

نحسب التوتر المنتج في الثانوية من نسبة التحويل :

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} \Longrightarrow \frac{375}{125} = \frac{U_{eff_s}}{10} \Longrightarrow U_{eff_s} = 30\ V$$

مبدأ التوازن الحراري :

[الطاقة الحرارية المنتشرة عمل المقاومة في الدارة الثانوية خلال زمن t] = [الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء في المسعر خلال الزمن t]

$$m_{\text{كتلة}} \cdot C_{\text{حرارة كلية}} \cdot \Delta t_{\text{تغير درجة الحرارة}} = \underbrace{R . I^2_{eff_s}}_{\text{الاستطاعة}} \cdot \underbrace{t}_{\text{الزمن}}$$

$$\xRightarrow{I_{eff_s} = \frac{U_{eff_s}}{R}} m . C . \Delta t = R . \frac{U^2_{eff_s}}{R^2} . t$$

$$R = \frac{U^2_{eff_s} . t}{m.c.\Delta t} = \frac{900 \times 60}{600 \times 10^{-3} \times 4200 \times 2.14}$$

$$\boxed{R = 10\Omega}$$

-2 حساب الشدة المنتجة في الدارة الثانوية :

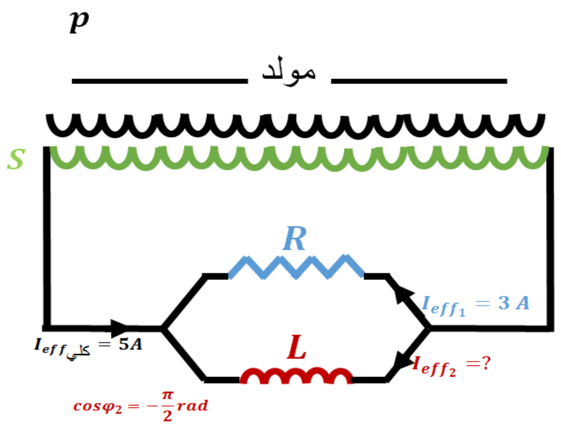
$$I_{eff_s} = \frac{U_{eff_s}}{R} = \frac{30}{10} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_s} = 3\ A}$$

حساب الشدة المنتجة في الدارة الأولية :

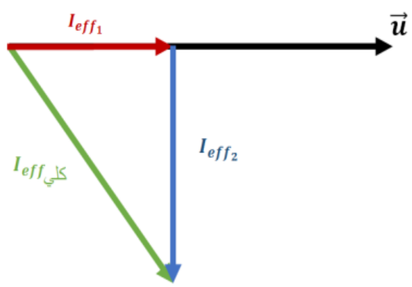
$$\frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}}$$

$$\frac{30}{10} = \frac{I_{eff_p}}{3} \Longrightarrow I_{eff_p} = \frac{30 \times 3}{10} \Longrightarrow \boxed{I_{eff_p} = 9A}$$

3- فرعين الأول مقاومة صرفة والثاني وشيعة مهملة المقاومة :



a- $i_2 = ?$ فرينل $I_{eff_2} = ?$



$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_1}} + \overrightarrow{I_{eff_2}}$$

حسب فيثاغورث :

$$I_{eff}^2 = I_{eff_1}^2 + I_{eff_2}^2$$

$$I_{eff_2}^2 = I_{eff}^2 - I_{eff_1}^2$$

$$I_{eff_2} = \sqrt{25-9} = \sqrt{16}$$

$$\boxed{I_{eff_2} = 4\,A}$$

تابع الشدة اللحظية :

$$i_2 = I_{max}\cos(\omega t + \varphi_2)$$

$$I_{max_2} = I_{eff_2}\sqrt{2} = 4\sqrt{2}\,A$$

$$\omega = 2\pi f = 100\pi\, rad.s^{-1}$$

وشيعة مهملة المقاومة : $\varphi_2 = -\frac{\pi}{2} rad$

$$i_2 = 4\sqrt{2}\cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) A$$

b- ذاتية الوشيعة : $L = ?$ نحسبها من الردية :

$$X_L = \frac{U_{eff}}{I_{eff_2}} = \frac{30}{4} = \frac{15}{2}\Omega$$

$$X_L = L\omega \Longrightarrow L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{15}{2\times 100\pi}$$

$$\boxed{L = \frac{15}{200\pi}\, H}$$

c- الاستطاعة المستهلكة في جملة الفرعين :

$$P_{avg} = P_{avg1} + P_{avg_2}$$

$$P_{avg} = I_{eff_1}U_{eff_s}\, cos\varphi_1 + I_{eff_2}U_{eff_s}\, cos\varphi_2$$

$$P_{avg} = 3\times 30\times 1 + 4\times 30\times 0$$

$$P_{avg} = 90 + 0 \Longrightarrow \boxed{P_{avg} = 90\ Watt}$$

يتضمن هذا القسم:

مقدمة

- مدخل إلى الإلكترونيات وميكانيك الكم

الوحدة ٤

- **الإلكترونيات و الجسم الصلب**
- الدرس الأول: النماذج الذرية والطيوف.
- الدرس الثاني: انتزاع الإلكترونيات وتسريعها.
- الدرس الثالث: الأشعة المهبطة
- الدرس الرابع: الفعل الكهرحراري
- الدرس الخامس: نظرية الكم و الفعل الكهرضوئي
- الدرس السادس: الأشعة السينية X-Ray
- الدرس السابع: أشعة الليزر

الوحدة ٥

- **الفيزياء الفلكية**
- الدرس الأول: الأمواج المستقرة العرضية
- الدرس الثاني: الأمواج المستقرة الطولانية

مقدمة: مدخل إلى الإلكترونيات وميكانيك الكم

أسس ميكانيك الكم

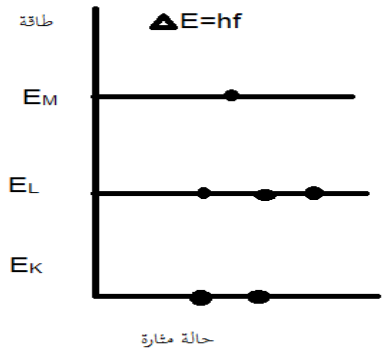
سؤال نظري اشرح الأسس التي يقوم عليها ميكانيك الكم.

- **فرضية بلانك: المادة والضوء يمكنهما تبادل الطاقة من خلال كميات منفصلة من الطاقة سميت (كمّات الطاقة) تحدد طاقة كل كمّة بـِ:** $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$
- **فرضية أينشتاين: عام 1905 استعان أينشتاين بنظرية بلانك لشرح الفعل الكهر ضوئي وجد أن :**

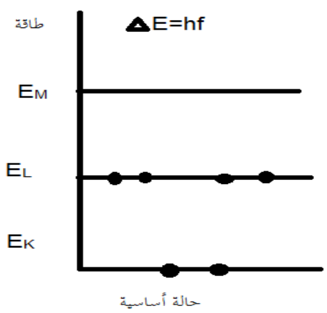
الحزمة الضوئية مكونة من فوتونات (كمّات الطاقة) يحمل كل منها طاقة $E = hf$ ويحصل تبادل الطاقة مع المادة من خلال امتصاص أو إصدار فوتون.

- **نموذج بور و تبادل الطاقة على المستوى الذري: وفق المبادئ التي وضعها بور :**
  - **تغير طاقة الذرة مكمم.**
  - **لا يمكن للذرة أن تتواجد إلا في حالات طاقية محددة كل منها تتميز بسوية طاقية محددة.**
  - **عندما ينتقل الالكترون في ذرة مثارة من سوية طاقية E_2 إلى سوية طاقية E_1 فإن الذرة تصدر فوتوناً طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين** $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$

ارسم مخطط مستويات الطاقة في ذرة الكربون (للفهم فقط)



حالة مثارة



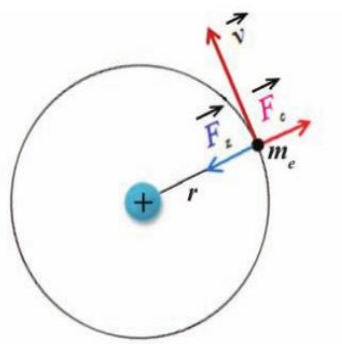
حالة أساسية

-عندما تصبح ذرة الكربون مثارة (غير مستقرة) تصدر فوتون طاقته تساوي الفرق بين طاقة السوية العليا والسوية الدنيا:

- ✓ من السوية الدنيا تحتاج إلى امتصاص فوتون للانتقال إلى السوية المثارة.
- ✓ لا يحصل امتصاص للفوتون إذا كانت طاقته لا توافق تماماً فرق الطاقة بين السويتين.

الدرس الأول النماذج الذرية والطيوف

سؤال نظري يخضع الالكترون في ذرة الهدروجين في مساره إلى قوتين ما هما ،مع الشرح ؟



- $\overrightarrow{F_E}$: القوة الجاذبة الكهربائية وناجمة عن جذب النواة (بروتون) للإلكترون: $F_E = k\frac{e^2}{r^2}$

حيث : e : القيمة المطلقة لشحنة الإلكترون ، r: نصف قطر مسار الالكترون حول النواة ،

k: ثابت الجذب الكهربائي $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$: ε_0: سماحية الخلاء الكهربائية

- $\overrightarrow{F_c}$: قوة العطالة النابذة وناجمة عن دوران الإلكترون: $F_c = m_e a_c = m_e\frac{v^2}{r}$

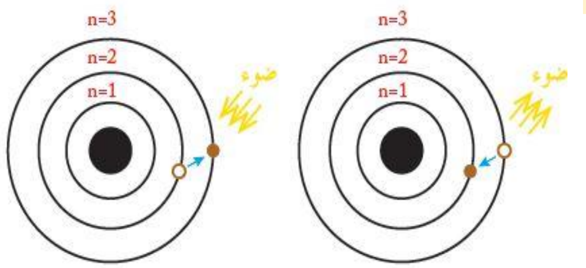
m_e : كتلة الالكترون ، v: سرعة الإلكترون ، a_c : التسارع الناظمي

- تهمل قوة التجاذب الكتلي بين الالكترون والبروتون لصغرها والتي تعطى بالعلاقة $F = G\frac{m_e.m_p}{r^2}$.

m_p: كتلة البروتون m_e : كتلة الإلكترون r: نصف قطر مسار الالكترون حول النواة

G : ثابت الجاذبية العام

سؤال نظري اذكر فرضيات نظرية بور



1- حركة الإلكترون في مساره حول النواة دائرية منتظمة حيث:
قوة العطالة النابذة $F_E = F_c$ قوة الجذب الكهربائي.

2- العزم الحركي للإلكترونات يساوي عدداً صحيحاً من $\frac{h}{2\pi}$

3- لا يصدر الإلكترون طاقة مادام في مداره ويمتص طاقة محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أبعد ويصدر طاقة محددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أقرب إلى النواة.

سؤال نظري استنتج من خلال فرضيات بور العلاقة المحددة لطاقة الالكترون الكلية ونصف قطر المدار بدلالة n رقم المدار ؟

من الفرض الأول : $F_E = F_c$

$k\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v^2}{r} \xrightarrow{\text{نعزل } v^2} v^2 = \frac{ke^2}{m_e r}$

الطاقة الحركية للإلكترون (1) $E_k = \frac{1}{2}m_e v^2 =$

$\frac{1}{2}m_e\frac{ke^2}{m_e r} = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{r}$

الطاقة الكامنة للإلكترون : $E_p = -k\frac{e^2}{r}$

$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{r} - k\frac{e^2}{r} =$

الطاقة الكلية (2): $-\frac{1}{2}k\frac{e^2}{r}$

من الفرض الثاني: $m_e vr = n\frac{h}{2\pi} \overset{\text{نعزل } v}{=}$

$v = \frac{n\,h}{2\pi m_e r} \overset{\text{نربعها ونعوضها في الطاقة الحركية}}{=} v^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2}$

$(3) E_k = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2 m_e r^2}$

بالمساواة بين $1, 3$ نجد: $\frac{1}{2}k\frac{e^2}{r} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2 m_e r^2}$

نختصر ثم نعزل r ونعوضه في الطاقة الكلية $=$

$r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e k e^2}$

- من أجل $n=1$: $r_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2}$ وهو نصف قطر بور

- من أجل مدار رتبته n $r_n = n^2 r_0$

نعوض في (2):

$E = -\frac{1}{2}k\frac{e^2}{r} = -\frac{1}{2}k\frac{e^2}{\frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e k e^2}} = -\frac{4}{2}\frac{\pi^2 m_e k^2 e^4}{n^2h^2}$

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

باعتبار طاقة الحالة الأساسية $n=1$:

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

$\boxed{E = \frac{1}{n^2}E_0 = -\frac{13.6}{n^2}\ (\text{تقدر بـ eV})}$

إذاً لكي تتأين ذرة الهيدروجين يجب إعطاؤها طاقة تكفي لنقل الالكترون من حالة ارتباطها بالسوية الاساسية إلى عدم ارتباط أي تصبح طاقته معدومة وهذه الطاقة تساوي 13.6 eV

ملاحظة هامة: عندما ينتقل $\bar{e}$ من مدار إلى آخر

$\Delta E = E_2 - E_1 = 13.6\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) = hf$

سؤال نظري عرف الطاقة الكلية للإلكترون في مداره واكتب عبارتها وكيف تتغير عند انتقال الالكترون إلى مدار أبعد ؟ (دورة 2006-2017 الأولى)

الطاقة الكلية في جملة (إلكترون – نواة) هي مجموع طاقتين : الطاقة الكلية: $E_n = E_k + E_p$

1. طاقة كامنة كهربائية (طاقة تجاذب كهربائي) ناتجة عن تأثّر الالكترون بالحقل الكهربائي الناتج عن النواة وهي القسم السالب. $E_p = -k\frac{e^2}{r}$

2. طاقة حركية ناتجة عن دوران الإلكترون حول النواة وهي القسم الموجب $E_k = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{r}$

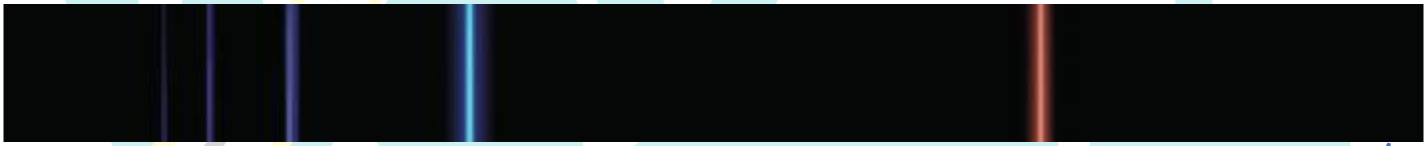
- تعطى الطاقة الكلية بالعلاقة (تقدّر بـ eV) $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$
  - سالبة لأنها طاقة ارتباط، وتمثّل طاقة التجاذب الكهربائي القسم الأكبر منها
  - القيمة المطلقة لها تتناسب عكساً مع مربع رقم المدار n الذي يدور فيه الإلكترون
  - تزداد طاقة الإلكترون بزيادة رتبة المدار n أي مع ابتعاد الإلكترون عن النواة

سؤال نظري كيف تتشكل الطيوف الذرية في ذرة الهيدروجين واذكر أنواع الطيوف ؟

عندما ينتقل $\bar{e}$ من سوية طاقية إلى سوية طاقية أخفض يؤدي ذلك إلى إصدار طاقة (إشعاع) تساوي فرق الطاقة بين السويتين

$$\Delta E = E_2 - E_1 = hf$$

- ♥ وعند حصول انتقالات مختلفة بين سويات الطاقة فسوف نحصل على اصدارات طاقة بتواترات مختلفة تعطى بالعلاقة (فرق الطاقة بين السويتين $\Delta E = E_{\text{نهائي}} - E_{\text{بدائي}} = hf$)
- ♥ وعند تحليل حزمة ضوئية صادرة عن غاز H_2 المثار بالانفراغ الكهربائي نجد أن الطيف مكون من عدد من الخطوط الطيفية الطبيعية وكل خط يمثل انتقال الكترون بين سويتين طاقيتين في ذرة H



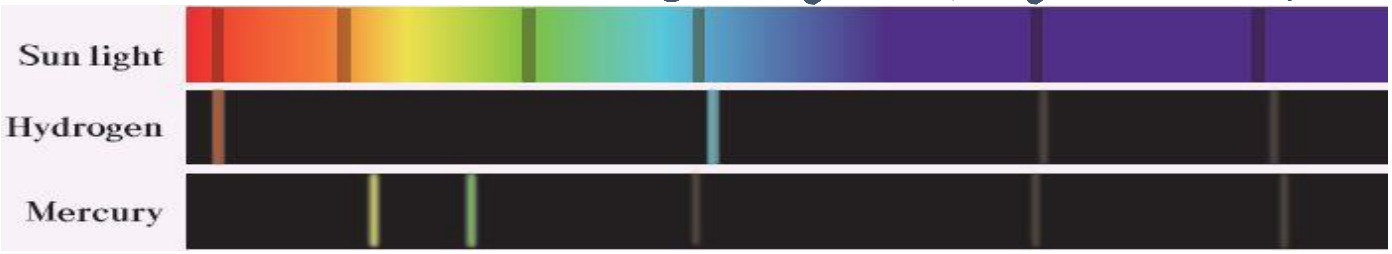
أنواع الطيوف

1- **طيوف مستمرة (المتصلة):** هي الطيوف التي تظهر فيها جميع ألوان الطيف على هيئة مناطق متجاورة دون فواصل بينها .
أمثلة : - ظهور قوس المطر الملون ذو الطيف المستمر عند تحلل ضوء الشمس في الهواء المشبع بالرطوبة
- طيف مصباح كهربائي ذو مقاومة التنغستين وبتحليل طيف هذا المصباح نجد أن طيف الاصدار متصل.

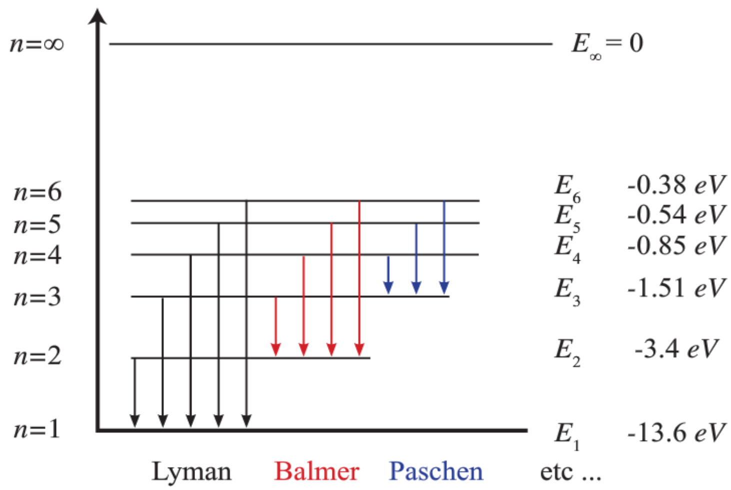
2- **طيوف متقطعة (المنفصلة):** هي الطيوف التي تظهر فيها خطوط طيفية أو عصابات طيفية منفصلة عن بعضها البعض.
أمثلة : - إصدارات ذرة الهدروجين – طيف مصباح بخار الزئبق .

بشكل عام: طيوف المصابيح الغازية (منفصلة) وطيوف الاصدار للأجسام الصلبة الساخنة (متصلة)

للتوضيح : في الشكل الآتي لدينا ثلاثة طيوف : الأول مستمر وهو طيف الإصدار الشمسي والثاني متقطع إصدار ذرة الهدروجين والثالث متقطع وهو إصدار مصباح بخار الزئبق



سؤال نظري أرسم مخطط لسويات طاقة ذرة الهدروجين والانتقالات الممكنة اللانهائية، والتي تؤلف ما يسمى السلاسل الطيفية للهدروجين



❖ يحتوي الطيف الخطي للهدروجين على عدة من السلاسل كما هي موضحة في الشكل أذكرها مع الشرح:

1- سلسلة ليمان: أكبر سلاسل الطيف طاقة ،نحصل عليها : عند عودة الإلكترون من السويات العليا $(n = 2, 3, 4, 5, 6)$ إلى السوية الأولى $(n = 1)$.

2- سلسلة بالمر : نحصل عليها : عند عودة الإلكترون من السويات العليا $(n = 3, 4, 5, 6)$ إلى السوية المثارة الأولى $(n = 2)$.

3- سلسلة باشن : نحصل عليها : عند عودة الإلكترون من السويات العليا $(n = 4, 5, 6)$ إلى السوية المثارة الثانية $(n = 3)$.

اختبر نفسي:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. عندما ينتقل الإلكترون من سوية طاقية اقرب للنواة إلى سوية طاقية ابعد عن النواة فإنه:
a- يمتص طاقة b- يصدر طاقة c- يحافظ على طاقته d- تنعدم طاقته

2. عندما ينتقل الإلكترون من سوية طاقية ما في الذرة إلى اللانهاية فإنه:
a- يقترب من النواة b- يصدر طاقة c- يحافظ على طاقته d- يصبح ذو طاقة معدومة

3. بابتعاد الإلكترون عن النواة فإن طاقته:
a- تزداد b- تنقص c- لا تتغير d- تنقص ثم تنعدم

4. تنشأ الطيوف الذرية نتيجة انتقال:
a- الإلكترون من سوية طاقية إلى سوية طاقية أخفض.
b- الإلكترون من سوية طاقية إلى سوية طاقية أعلى.
c- البروتون خارج الذرة.
d- الإلكترون إلى النواة.

5. نقدم طاقة للذرة على شكل إشعاع متواصل فتثار الذرة لأنها:
a- تمتص كامل الطاقة المقدمة.
b- لا تمتص أية طاقة.
c- تمتص جزءاً من طاقة الإشعاع مطابقاً لفرق الطاقة بين سويتين مختلفتين.
d- تمتص جزءاً من طاقة الإشعاع.

ثانياً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

بفرض أن نصف قطر الإلكترون على مداره في ذرة الهيدروجين $r = 0.53 \times 10^{-10}\ m$ ، (وبإهمال قوى التجاذب الكتلي بين البروتون و الإلكترون)، **المطلوب:**

1. احسب قوة التجاذب الكهربائي بين البروتون و الإلكترون.
2. احسب سرعة دوران الإلكترون الخطية على مداره السابق، هل يجب أن نأخذ في الاعتبار تغير كتلة الإلكترون وفق النظرية النسبية؟
3. احسب تواتر دوران الإلكترون.

(كتلة الإلكترون $m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$ ، شحنة الإلكترون $e = -1.6 \times 10^{-19} C$
سماحية الخلاء الكهربائية $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9}$)

الحل:

$$r = 0.53 \times 10^{-10} m$$

-1 القوة الجاذبة الكهربائية : $F_E = K \frac{e^2}{r^2}$

✓ لحساب k أولاً :

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi \times \frac{1}{36\pi \times 10^9}} = 9 \times 10^9$$

$$F_E = K \frac{e^2}{r^2} \Longrightarrow F_E = 9 \times 10^9 \frac{e^2}{r^2}$$

$$F_E = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(0.53 \times 10^{-10})^2} \Longrightarrow \boxed{F_E = 82 \times 10^{-9}\ N}$$

ملاحظة: لحساب $k = ?$:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi \times \frac{1}{36\pi \times 10^9}} = 9 \times 10^9$$

-2 $v = ?$

$$F_E = F_c$$

$$9 \times 10^9 \frac{e^2}{r^2} = m_e a_c$$

$$9 \times 10^9 \frac{e^2}{r^2} = \mathrm{m_e} \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times e^2}{m_e r}}$$

$$v = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times (16 \times 10^{-20})^2}{9.1 \times 10^{-31} \times 0.53 \times 10^{-10}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 256 \times 10^{-40}}{9.1 \times 10^{-31} \times 53 \times 10^{-12}}} = 2.19 \times 10^6\ m.s^{-1}$$

نلاحظ أن: $(c \gg v_e)$ وعندها تكون $(m \approx m_0 , \gamma \approx 1)$ أي يمكن إهمال التغير في كتلة الإلكترون والاعتماد على قوانين الميكانيك الكلاسيكي.

-3 حساب $f = ?$

$$v = \omega \times r = \frac{2\pi}{T} \times r \Longrightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$f = \frac{1}{T} \Longrightarrow f = \frac{v}{2\pi r} \Longrightarrow f = \frac{7.19 \times 10^6}{2\pi \times 53 \times 10^{-12}} = 65 \times 40^{14}\ Hz$$

المسألة الثانية: احسب الطاقة المتحررة وطول موجة الإشعاع الصادر عندما يهبط إلكترون من السوية الثالثة ذات الطاقة $E_3 = -1.51\ eV$ إلى السوية الثانية ذات الطاقة $E_2 = -3.4\ eV$ ثابت بلانك $h = 6.63 \times 10^{-34} J.s$

المعطيات : $E_2 = -3.4\ eV$, $E_3 = -1.51\ eV$ المطلوب: $\Delta E = ?$, $\lambda = ?$

الحل:

♥ عندما ينتقل الالكترون من سوية إلى سوية أخفض فإنه يحرر طاقة تساوي فرق الطاقة بين السويتين :

$$\Delta E = \underbrace{E_2}_{\text{نهائي}} - \underbrace{E_3}_{\text{بدائي}}$$

$$\Delta E = (-3.4) - (-1.51) = -1.89\ \text{eV}$$

$$\xRightarrow{J \xleftarrow{\text{إلى}} eV} \Delta E = -1.89 \times 1.6 \times 10^{-19} = -3.024 \times 10^{-19}\ J$$

تذكر : للتحويل من $J \xleftarrow{\text{إلى}} eV$ نضرب بشحنة إلكترون 1.6×10^{-19}

وهذا يمثل مقدار النقص في طاقة الإلكترون نتيجة انتقاله من $E_3 \xleftarrow{\text{إلى}} E_2$. وبذلك تكون الطاقة المتحررة:

$$\boxed{\Delta E = +3.024 \times 10^{-19}\ J}$$

♥ حساب طول موجة الإشعاع الصادر:

$$\Delta E = hf = h\frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} \Rightarrow \lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3.024 \times 10^{-19}}$$

$$\boxed{\lambda \approx 6.6 \times 10^{-7}\ m}$$

المسألة الثالثة: تتألف ذرة الهيدروجين من بروتون و إلكترون، تعطى سويات الطاقة لذرة الهيدروجين بالعلاقة: $E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV$ ، حيث n هو عدد صحيح موجب.

في السوية ذات الطاقة الأخفض لدينا $n = 1$، وفي سوية الطاقة المثارة الأولى لدينا $n = 2$ وهكذا، عندما تسعى n إلى اللانهاية نجد الحالة المتأينة أي التي تخسر فيها ذرة الهيدروجين إلكترونها. **المطلوب:**

1. احسب النسبة بين قوة التجاذب الكتلي بين البروتون و الإلكترون، و القوة التي تجذب بها النواة الإلكترون علماً أن المسافة لين الإلكترون و البروتون هي $a = 5.29 \times 10^{-11}\ m$ ، ماذا تستنتج؟

علماً أن: شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$، ثابت الجذب الكهربائي $k = 9 \times 10^{-9}\ m.F^{-1}$،
ثابت الجاذبية الكوني $G = 6.67 \times 10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-2}$ ، كتلة البروتون $m_p = 1.68 \times 10^{-27}\ kg$، كتلة الإلكترون $m_e = 9.1 \times 10^{-31} kg$ ، سرعة انتشار الضوء في الخلاء $c = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$.

2. ما قيمة الطاقة في السوية الأساسية؟
3. ارسم مخططاً لطاقة السويات الخمس الأولى.
4. تتواجد الذرة في البداية في حالتها الأساسية، تمتص هذه الذرة فوتون بتواتر $f = 2.91 \times 10^{15}\ Hz$، احسب الرقم n للسوية التي تتواجد فيها الذرة بعد الامتصاص.

الحل:

-1 $\frac{F_1}{F_2} = ?$ حيث : F_1 **قوة الجذب الكتلي بين الالكترون والبروتون** F_2 **القوة الكهربائية التي تجذب بها النواة الالكترون**

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= G\frac{m_p\, m_e}{a^2} \\ F_2 &= k\frac{e^2}{a^2} \end{aligned}\right] \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{G \times m_p \times m_e}{k\, e^2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.67 \times 10^{-27} \times 9.1 \times 10^{-31}}{9 \times 10^{9} \times (1.6 \times 10^{-19})^2} \approx 10^{-39}$$

نلاحظ أن $F_2 \gg F_1$ لذا تهمل قوة الجذب الكتلي أمام قوة الجذب الكهربائي.

-2

$$\left.\begin{array}{r} \boldsymbol{E_n = -\frac{13.6}{n^2}} \\ \boldsymbol{n = 1} \text{ (سوية أساسية)} \end{array}\right] \Rightarrow \boldsymbol{E_1 = -\frac{13.6}{1^2} = -13.6\, eV \overset{eV \xrightarrow{\text{إلى}} J}{=} E_1 = -13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} = -21.76 \times 10^{-19}\, J}$$

-3

$n = \infty$ $\quad 0$

$n = 5$ $\quad -0.54 \quad E_5 = -\frac{13.6}{(5)^2} = -0.54\, eV$

$n = 4$ $\quad -0.85 \quad E_4 = -\frac{13.6}{(4)^2} = -0.85\, eV$

$n = 3$ $\quad -1.51 \quad E_3 = -\frac{13.6}{(3)^2} = -1.51\, eV$

$n = 2$ $\quad -3.4 \quad E_2 = -\frac{13.6}{(2)^2} = - - 3.4 eV$

$n = 1$ $\quad E - 13.6\ (eV) \quad E_1 = -13.6\, eV$

-4 $n_1 = 1$ (سوية أساسية) , $n_2 = ?$ $\qquad f = 2.91 \times 10^{15}\, Hz$

حساب الرقم (n) للسوية التي تتواجد فيها الذرة بعد الامتصاص (علماً أن ثابت بلانك: $h = 6.63 \times 10^{-34}\, J.s$)

$$\Delta E = E_2 - E_1 \overset{E_n = -\frac{E_0}{n^2}}{=} \Delta E = -\frac{E_0}{n_2^2} + \frac{E_0}{n_1^2}$$

$$\left.\begin{array}{r} \Delta E = E_0\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \\ E_0 = 13.6\, eV \end{array}\right] \Rightarrow \Delta E = 13.6\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)\ (eV) \quad (*)$$

- ولدينا: $\underbrace{\Delta E}_{\text{جول}} = hf$

$$\Delta E = 6.63 \times 10^{-34} \times 2.91 \times 10^{15} = 19.4933 \times 10^{-19}\, J$$

للتحويل: من جول إلى (eV) نقسم على شحنة الإلكترون $\quad \Delta E = \frac{19.4933 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 12.13\, eV$

الحالة الأساسية $n_1 = 1$

نعوض في $(*)$: $\quad 12.13 = 13.6\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_3^2}\right) \Rightarrow n_2 = 3$

الدرس الثاني — انتزاع الالكترونات وتسريعها

طاقة انتزاع الكترون حر من سطح معدن

سؤال نظري استنتج مع الشرح طاقة انتزاع الكترون من سطح معدن؟ وناقش حالات الطاقة المقدمة للإلكترون؟ دورة 2016 الثانية

يتحرك الإلكترون الحر داخل المعدن بسرعة وسطية تتعلق بدرجة الحرارة وتكون الإلكترونات هذه خاضعة لقوى جذب كهربائية محصلتها أكبر من الصفر وتتجه نحو داخل المعدن ولانتزاع الإلكترون الحر من سطح معدن ونقله مسافة صغيرة جداً dl خارج سطح المعدن يجب تقديم طاقة W_s أكبر أو تساوي عمل القوى الكهربائية التي تشد الالكترون نحو داخل المعدن.

$$W = F dl_{\text{مسافة صغيرة ينتقلها } e \text{ خارج المعدن}} \xrightarrow{\text{حيث } F \text{ القوة الكهربائية}} F = e.E$$

E: شدة الحقل الكهربائي المتولد عن الشوارد الموجبة على السطح

$$W = e.E.dl$$

$U_d = U_S$: فرق الكمون بين سطح المعدن والوسط الخارجي $U_S = E.dl$ (حقل كهربائي ضرب مسافة يعطي كمون)

قيمة العمل اللازم لانتزاع تساوي طاقة الانتزاع لإخراج $\bar{e}$ من سطح المعدن

طاقة الانتزاع : $\boxed{E_d = E_s = W_s = e.U_S}$

المناقشة : بفرض E الطاقة التي يمتصها الإلكترون (الطاقة المقدمة للإكترون)

E_s طاقة الانتزاع ونميّز الحالات الآتية بينهما:

1- إذا كانت $E < E_s$ **لا ينتزع الإلكترون ويبقى منجذباً نحو داخل الكتلة المعدنية .**

2- إذا كانت $E = E_s$ **يتحرر الإلكترون من سطح المعدن بسرعة ابتدائية معدومة .**

3- إذا كانت $E > E_s$ **يتحرر الإلكترون من سطح المعدن ومعه سرعة ابتدائية تحسب من العلاقة**

$$\mathrm{E} = \mathrm{E_k} + \mathrm{E_S} \rightarrow \mathrm{E_k} = \mathrm{E} - \mathrm{E_S} \xrightarrow{\mathrm{E_k} = \frac{1}{2} m_e v^2} \frac{1}{2} m_e v^2 = \mathrm{E} - \mathrm{E_S} \xrightarrow{\text{نعزل } v} \boxed{v = \sqrt{\frac{2(\mathrm{E} - \mathrm{E_S})}{m_e}}}$$

للانتزاع إلكترون حر من سطح معدن يجب إعطاءه طاقة أكبر من طاقة انتزاعه $\mathrm{E_d}$ ، ماهي الطرق التي يتم بها ذلك ؟

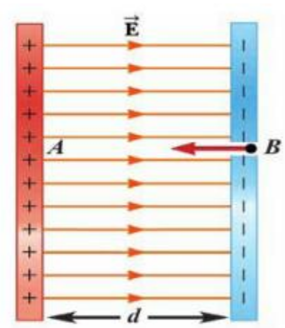
1- الفعل الكهرضوئي: طاقة الانتزاع على شكل طاقة ضوئية E=hf تواترها كافٍ لتحرر عدد من الالكترونات الحرة.

2- الفعل الكهرحراري: تسخين المعدن إلى درجة حرارة مناسبة تكتسب بعض الإلكترونات الحرة طاقة تسمح لها بالانطلاق من الذرة لتنبعث خارج سطح المعدن.

3- مفعول الحث : قذف المعدن بحزم من الجسيمات طاقتها كافية لانتزاع الالكترونات الحرة من سطح المعدن الذي تصدم به.

تسريع الألكترونات بحقل كهربائي منتظم

استنتج علاقة السرعة لإلكترون ساكن ،شحنته e^- وكتلته m_e ساكناً في نقطة B من نقطة يسودها حقل كهربائي منتظم بين لبوسي مكثفة مستوية مشحونة ، بين لبوسيها فرق كمون V_{AB} .(دورة 2009)طريقة أولى :



يخضع $\bar{e}$ إلى قوة كهربائية $\vec{F}$ ثابتة تقوم بنقله نحو اللبوس الموجب و لها حامل $\vec{E}$ وتعاكسه بالجهة فيكتسب تسارع $\vec{a}$ بتطبيق العلاقة الأساسية في التحريك الإنسحابي

$$\sum \vec{F} = \mathrm{m}.\vec{a}$$

$$\vec{F}_{\text{القوة الكهربائية}} = \mathrm{m}.\vec{a}$$

بالإسقاط على محور موجه بجهة حركة الإلكترون نجد : $F = m_e a = eE$

$$a = \frac{eE}{m_e} = const$$

التسارع ثابت فتكون حركة الالكترونات ضمن الحقل الكهربائي مستقيمة متسارعة بانتظام لحساب سرعة الالكترون لحظة وصوله إلى A بفرض v_0 عند B معدومة :

$$v^2 - v_0^2 = 2ad \overset{a=\frac{eE}{m_e}\ \text{نعوض}}{=}$$

$$v^2 - 0 = \frac{2eE}{m_e} d$$

$$v = \sqrt{\frac{2eE}{m_e} d} \overset{U=Ed}{\Longrightarrow} \boxed{v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}}$$ **وهي أصغر من c سرعة الضوء**

من أجل السرعات الصغيرة أصغر من سرعة الضوء يمكن عد كتلة الإلكترون ثابتة $m_e = const$ حيث أنها تزداد بالاقتراب من سرعة الضوء حسب النظرية النسبية لأينشتاين .

طريقة ثانية:

لإيجاد سرعة وصول الإلكترون للبوس المقابل وذلك باستخدام نظرية الطاقة الحركية (يمكن استخدامها في حل المسائل)

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين الوضعين:

❶ الأول: عند خروج الإلكترون من نافذة اللبوس السالب دون سرعة ابتدائية.

❷ الثاني: عند وصول الإلكترون إلى نافذة اللبوس الموجب بسرعة v.

$$\overline{\Delta E_k} = \sum \overline{W}_{\vec{F}(1\to2)}$$

$$E_k - E_{k_2} = \sum \overline{W}_{\vec{F}(1\to2)}$$

$$E_k - 0 = F\ d = e\ Ed$$

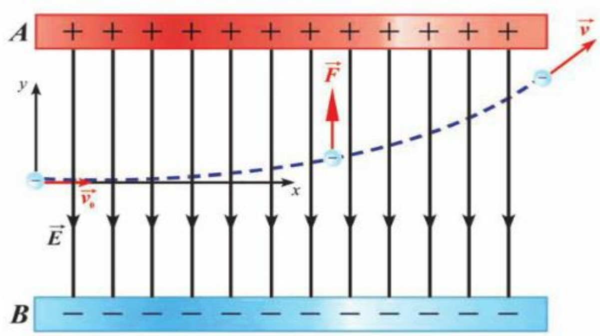
$$E_k = eU$$

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU \overset{v\ \text{نعزل}}{=}$$

سرعة وصول الإلكترون للبوس المقابل: $\boxed{v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}}$

تأثير الحقل الكهربائي المنتظم في الكترون متحرك بسرعة تعامد الحقل الكهربائي $\vec{E} \perp \vec{v_0}$.

ادرس تأثير حقل كهربائي منتظم في إلكترون يتحرك بسرعة $\vec{E} \perp \vec{v_0}$ واستنتج معادلة حامل المسار؟



يخضع $\bar{e}$ لقوة كهربائية $\vec{F}$ لها حامل $\vec{E}$ وتعاكسه بالجهة ، وبتطبيق العلاقة الأساسية في التحريك الإنسحابي:

$$\sum \vec{F} = \mathrm{m}.\vec{a}$$

$$\vec{F}_{\text{القوة الكهربائية}} = \mathrm{m}.\vec{a}$$

- بالإسقاط على $\overrightarrow{ox}$ نجد : $F_x = 0 \Rightarrow a_x = 0 \Rightarrow v_{0x} = v_0 = const$

فالحركة على $\overrightarrow{ox}$ مستقيمة منتظمة تابعها : $\boxed{x = v_0\, t \ldots (1)}$

- بالإسقاط على $\overrightarrow{oy}$ نجد : $F_y = m_e a_y = eE$

$m_e a_y = eE \Rightarrow a_y = \frac{eE}{m_e}$ =const

فالحركة على $\overrightarrow{oy}$ مستقيمة متسارعة بانتظام تابعها : $\boxed{y = \frac{1}{2} a_y t^2}$

باعتبار لحظة دخول $\bar{e}$ بين لبوسي المكثفة إلى الحقل الكهربائي في نقطة o هو مبدأ الفواصل $(y_0 = x_0 = 0)$

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 \xRightarrow{\text{نعوض } a_y} y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m_e} t^2 \ldots (2)$$

لإيجاد معادلة حامل مسار الإلكترون نعزل الزمن من (1) ونعوّضه في (2) :

من (1) نجد $t = \frac{x}{v_0}$ نعوّض في (2) نجد :

$$y = \frac{1}{2}\frac{eE}{m_e}\left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{eE}{m_e {v_0}^2} x^2$$

ولكن : $E.d = V_{AB} \Rightarrow E = \frac{V_{AB}}{d} \xlongequal{\text{نعوّض في المعادلة فنجد}}$

معادلة حامل المسار : $\boxed{y = \frac{1}{2}\left(\frac{e V_{AB}}{m_e d v_0^2}\right) \overline{x}^2}$ فحامل مسار الإلكترون هو جزء قطع مكافئ

سؤال: ماذا تتوقع أن تكون حركة الإلكترون بعد مغادرة منطقة الحقل الكهربائي ؟

الجواب: تصبح حركة $\bar{e}$ مستقيمة منتظمة بعد مغادرته الحقل الكهربائي، فإنه يتابع حركته على خط مستقيم بسرعة ثابتة هي السرعة نفسها لحظة خروجه من منطقة الحقل.

سؤال: هل يكفي الإلكترون الواقع على سطح المعدن ، امتلاكه لطاقة مساوية لطاقة الانتزاع لهذا المعدن كي يتحرر من سطح المعدن مبتعداً عنه؟ علل ذلك.

الجواب: لا يمكنه الابتعاد عن سطح المعدن لأنه لا يمتلك طاقة حركية ، وتعمل الأيونات الموجبة على جذبه نحو داخل المعدن.

اختبر نفسي:

حل أسئلة الدرس ص 216:

أولاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. الجواب: لا يمكن تحديد موضع أو سرعة إلكترون في لحظة ما وبدقة، وإنما يمكن تحديد احتمال وجود الإلكترون في لحظة ما في موضع معين
2. الجواب: نعم تختلف بسبب:
   1) انتزاع إلكترون من الذرة: نعلم أن الإلكترون يملك طاقة في مداره هي عبارة عن مجموع طاقته الكامنة و طاقته الحركية $(E_n = E_p + E_k)$ ولانتزاع الإلكترون يجب تقديم طاقة تدعى طاقة التأين وهي تساوي طاقة ارتباطه بالنواة.
   2) انتزاع الإلكترون من سطح المعدن: هي الطاقة اللازم تقديمها للإلكترون الحر لإخراجه خارج سطح المعدن.
3. الجواب: نعم يكفي لأن طاقة انتزاع الإلكترون من سطح المعدن هي الطاقة الدنيا اللازمة لانتزاعه دون أن يكتسب أي طاقة حركية.

مداخلة: لانتزاع الإلكترون الحر من سطح المعدن ونقله مسافة صغيرة (dl) خارج المعدن يجب تقديم طاقة أكبر من طاقة انتزاعه (E_s).

ثانياً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. C- يقفز من سوية أدنى (دنيا) إلى سوية أعلى (عليا).
2. D) تحقق C بالإضافة لعدم اصطدامه بأي جسيم أثناء خروجه من السطح.

المسألة الأولى ص 217 (تشبه دورة 1999)

المعطيات: $U_{AB} = 10^3\ V$ $\quad v_0 = 0$ (ساكن عند اللبوس السالب)

$d = 1cm = 10^{-2}\ m$

$v = ?$
$a = ?$
[سرعته عند خروجه من اللبوس الموجب]

الحل: يخضع الإلكترون لتأثير قوة كهربائية ثابتة تقوم بنقله نحو اللبوس الموجب فيكتسب تسارعاً ثابتاً.
وبالتالي تقوم هذه القوة بعمل، نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

- الأول: ساكن عند اللبوس السالب (B)
- الثاني: خروجه من اللبوس الموجب (A)

$$\overline{\Delta E_k} = \sum \overline{W_{\vec{F}}}$$

$$E_{k_2} - E_{k_1} = \overline{W}_{\vec{F}_{\text{كهربائية}}}$$

$$\frac{1}{2} m_e v^2 - 0 = eU_{AB} \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2eU_{AB}}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times10^3}{9.1\times10^{-31}}} \approx \sqrt{\frac{2\times16}{9}} \times 10^{14}$$

$$v = \frac{4\sqrt{2}}{3} \times 10^7 m.s^{-1} = 1.88 \times 10^7 m.s^{-1}$$

لحساب التسارع: بما ان الحركة بدأت من السكون والتسارع ثابت فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام:

$$v^2 - v_0^2 = 2ad$$

$$\left(\frac{4\sqrt{2}}{3} \times 10^7\right)^2 - 0 = 2a \times 10^{-2} \Longrightarrow \frac{16\times2}{9} \times 10^{14} = 2a \times 10^{-2}$$

$$a = \frac{16}{9} \times 10^{+16} m.s^{-2} \Longrightarrow a \approx 1.77 \times 10^{16} m.s^{-2}$$

طريقة ثانية: نفس طريقة النظري

- جملة المقارنة: خارجية.
- الجملة المدروسة: الإلكترون داخل منطقة الحقل الكهربائي بإهمال ثقله.
- القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{F}$ القوة الكهربائية لها حامل $\vec{E}$ وتعاكسه بالجهة.
- شدتها ثابتة $F = e\,E$

لكن:

$$F = \frac{e\,U_{AB}}{d} \Longleftarrow E = \frac{U_{AB}}{d}$$

- وبحسب قانون نيوتن الثاني: $F = m_e a$

$$\Longrightarrow m_e a = \frac{e\,U_{AB}}{d} \Longrightarrow \boxed{a = \frac{e\,U_{AB}}{m_e d} = const}$$

- بما أن الحركة بدأت من السكون والتسارع ثابت فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

$$v^2 - v_0^2 = 2\,a\,d$$

$$v^2 - 0 = 2 \times \frac{e\,U_{AB}}{m_e d} \times d \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2\,e\,U_{AB}}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times10^3}{9\times10^{-31}}} = \frac{4\sqrt{2}}{3} \times 10^7 m.s^{-1}$$

- لحساب التسارع: نعوض بعلاقة التسارع السابقة: $a = \frac{e\,U_{AB}}{m_e\,d} = \frac{1.6\times10^{-19}}{9\times10^{-31}\times10^{-2}} = \frac{16}{9} \times 10^{16} m.s^{-2}$

المسألة الثانية: ص 217

المعطيات: $v_0 = 3 \times 10^6 m.s^{-1}$ $\quad E = 200\ volt.m^{-1}$ $\quad x = 0.1\ m$(طول اللبوس)

a) $a = ?$

- جملة المقارنة: خارجية.
- الجملة المدروسة: الإلكترون داخل منطقة الحقل الكهربائي المنتظم
- القوى الخارجية المؤثرة: (بإهمال ثقل الإلكترون)
- $\vec{F}$: القوة الكهربائية $\vec{F} = e\vec{E}$ ، لها حامل $\vec{E}$ وتعاكسه بالجهة وشدتها ثابتة.

$$\sum \vec{F} = m_e\ \vec{a} \Longrightarrow \vec{F} = e\vec{E} = m_e\vec{a}$$

باعتبار:

- مبدأ الفواصل: نقطة دخول الإلكترون منطقة الحقل الكهربائي المنتظم $[x_0 = 0\ ,\ y_0 = 0]$
- مبدأ الزمن: لحظة دخول الإلكترون منطقة الحقل الكهربائي المنظم.

بالإسقاط على محورين $\overrightarrow{x'x}$ أفقياً و $\overrightarrow{y'y}$ شاقولياً موجه نحو الأعلى:

$$\overrightarrow{ox}\begin{cases} v_0x = v_0 = v_x \\ F_x = 0 \Longrightarrow a_x = 0 \Longrightarrow v_x = const \end{cases}$$

- إذاً حركة المسقط $\overrightarrow{xx'}$ هي حركة مستقيمة منتظمة.

تابعها الزمني:

$$\left.\begin{matrix} x = v_0t + x_0 \\ x_0 = 0 : \text{لكن} \end{matrix}\right\} \Longrightarrow x = v_0t \quad (1)$$

$$\overrightarrow{oy}\begin{cases} v_{0y} = 0\ \ ,\ y_0 = 0 \\ F_y = F_{\text{كهربائية}} = e\ E \end{cases}$$

$$\Longrightarrow \mathrm{m_e}a_y = e\ E \Longrightarrow a_y = \frac{e\ E}{m\_e} = const$$

- إذاً حركة المسقط على $\overrightarrow{y'y}$ هي حركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

$$\boxed{a = a_y}\{\ ,\ \ v_{0y} = 0\ \ \ ,\ y_0 = 0\}$$

$$a = \frac{e\ E}{m_e} \Longrightarrow a = \frac{1.6\times10^{-19}\times200}{9\times10^{-31}}$$

$$a = \frac{32}{9} \times 10^{13}\ m.s^{-2} \Longrightarrow a = 3.55 \times 10^{13}\ m.s^{-2}$$

b) $t = ?$

لدينا بالطلب السابق أن الحركة على $\overrightarrow{x'x}$ مستقيمة منتظمة.

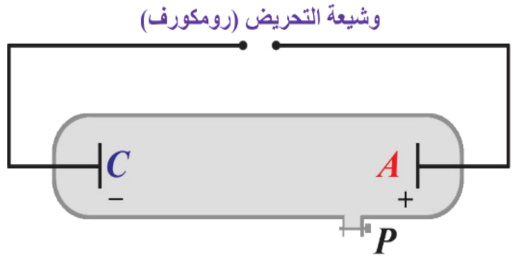
$$x = \ v_0t \Longrightarrow t = \frac{x}{v_0}$$

يمثل طول اللبوس

$$t = \frac{10^{-1}}{3\times10^6} = \frac{1}{3}\times 10^{-7}s \Longrightarrow t = 0.33 \times 10^{-7}\ S$$

الدرس الثالث: الأشعة المهبطية

➢ مما يتألف أنبوب التفريغ الكهربائي ؟



يتألف من أنبوبة زجاجية طولها 50cm وقطرها 4cm مغلقة تماماً فيها فتحة مخليّة للهواء للتحكم بضغط الأنبوبة ، وتحتوي على غاز معيّن مثل الأرغون Ar أو النيون Ne ،ونصل طرفيها إلى قطبين أحدهما المهبط C(cathode) والآخر المصعد A(anode) و يتصل القطبان إلى توتر متواصل كبير جداً من رتبة 50kv .

➢ في أنبوب توليد الأشعة المهبطية وبجعل التوتر المطبق على طرفي الأنبوب 1000v ماذا تلاحظ عند تغيير الضغط عبر مخليّة الهواء إلى القيم المقدر بال mmHg (110-100-10-0.01)

- الضغط 110 mmHg لا نلاحظ انفراغاً كهربائياً في الأنبوب .
- الضغط 100 mmHg يحدث الانفراغ الكهربائي: هو مرور شرارة كهربائية (طقطقات) عبر الغاز الفاصل بين القطبين الكهربائيين في أنبوب الانفراغ الكهربائي وذلك عند تطبيق توتر عال متواصل من أجل ضغط معين 100 mmHg للغاز داخل الأنبوب.
- الضغط 10 mmHg نشاهد ضوءاً متجانساً يملأ الأنبوب من المهبط إلى المصعد يختلف لونه حسب الغاز ويستخدم في أنابيب الإعلانات وهي نادرة نسبياً لأنها لا تنتج عند التسخين
- الضغط 0.01 mmHg يختفي الضوء المتجانس تدريجياً من الأنبوب ويتألق جدار الأنبوب ببقع خضراء وهذه أشعة غير مرئية صادرة عن المهبط هي الأشعة المهبطية

➢ ما هما شرطا توليد الأشعة المهبطية ؟

- فراغ كبير في الأنبوب يتراوح الضغط فيه mmHg (0.01– 0.001)
- توتر كبير نسبياً بين قطبي الأنبوب يولد حقلاً كهربائي شديد بجوار المهبط.

➢ اذكر مع الشرح خواص الأشعة المهبطية؟

1- تنتشر وفق خطوط مستقيمة ناظمية على سطح المهبط فتكون متوازية إذا كان المهبط صفيحة مستوية ومتقاربة إذا كان المهبط مقعراً ومتباعدة إذا المهبط كان محدّباً
ولا يؤثر مكان المصعد في مسارها المستقيم لضعف الحقل الكهربائي عنده .
2- تسبب تألق بعض الأجسام: تهيّج ذرات بعض المواد التي تسقط عليها فيتألق الزجاج العادي بلون أخضر وكبريتات الكالسيوم بلون أصفر برتقالي. (ويستفاد من هذه الخاصية بالكشف عن الأشعة المهبطية)
3- ضعيفة النفوذية: لا تنفذ من خلال صفيحة من المعدن يمكن أن تنفذ عبر صفيحة رقيقة من AL ثخنها بعض مكرونات.
4- تحمل طاقة حركية لأن سرعتها تقترب من سرعة الضوء فيمكنها أن تدير دولاب خفيف ويمكن أن تتحول هذه الطاقة الحركية إلى طاقة كيميائية وحرارية و إشعاعية.
5- تتأثر بالحقل الكهربائي: تنحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة مما يدل على أن شحنتها سالبة.
6- تتأثر بالحقل المغناطيسي: فتنحرف بتأثير قوة لورنز المغناطيسية عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي.
7- تنتج أشعة سينية x–ray عند اصطدامها بالمواد الصلبة ذات الأعداد الذرية الكبيرة.
8- تؤين الغازات التي تمر فيها : عندما تنتشر الأشعة المهبطية في غاز ما فإنها تقوم بتأينه أي تنزع الكتروناً من الذرة الغازية فتتحول إلى أيون مما يؤدي إلى توهج الغاز .
9- تؤثر في أفلام التصوير..

آلية توليد الأشعة المهبطية وطبيعتها

- ماذا يحتوي أنبوب الأشعة المهبطية عند ضغط يقل عن (0.01) ؟ مادور التوتر الكهربائي الكبير المطبق بين قطبي الأنبوب ؟
- **يحتوي أنبوب الأشعة المهبطية** على كتلة غازية تتكون من ذرات غازية وأيونات موجبة ناتجة عن التصادم بين الذرات.
- **بتطبيق توتر كهربائي كبير في الأنبوب** تتجه الأيونات الموجبة نحو المهبط بسرعة كبيرة فتؤين ذرات الغاز في طريقها حتى تصل إلى المهبط فتصدمه فتُنتزع بعض الإلكترونات الحرة من سطح المهبط وتبتعد عنه نظراً لشحنته السالبة وهذه في طريقها نحو المصعد سوف تؤيّن ذرات غازية جديدة يتسبب تأيّنها بتشكل أيونات موجبة تتجه نحو المهبط لتوليد إلكترونات وهكذا.
- مما تتكون الأشعة المهبطية (طبيعتها) المتولدة في الأنبوب ؟ وكيف تتحقق تجريبياً من تلك الطبيعة ؟
- **طبيعة الأشعة المهبطية** 1- إلكترونات منتزعة من مادة المهبط. 2- إلكترونات تأيّن الذرات الغازية بجوار المهبط والتي يسرعها الحقل الكهربائي المنتظم المتولد عن التوتر المطبق بين قطبي الأنبوب .
- **يتم التحقق من طبيعتها تجريبياً :** بإدخالها بين لبوسي مكثفة مشحونة فنلاحظ إنحرافها نحو اللبوس الموجب مما يدل على أنها مشحونة بكهرباء سالبة أي أنها إلكترونات .

أحسب السرعة التي يغادر بها الالكترون المهبط المعدني إذا كانت طاقته الحركية تساوي: $E_k = 18 \times 10^{-19} J$ لحظة خروجه من المهبط

علماً أن: كتلة الإلكترون $m_e = 9 \times 10^{-31} kg$

الحل:

$$E_{k_0} = \frac{1}{2} m_e v^2 \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times18\times10^{-19}}{9\times10^{-31}}} \Longrightarrow \boxed{v = 2 \times 10^6 m.s^{-1}}$$

ثانياً: حل المسألة الآتية: دورات (2007-2010-2011)

تبلغ شدة التيار في أنبوب للأشعة المهبطية (16 mA) ، **المطلوب:**

1. عدد الإلكترونات الصادرة عن المهبط في كل ثانية .
2. الطاقة الحركية لأحد الإلكترونات لحظة وصوله المصعد باعتبار أنه قد ترك المهبط دون سرعة ابتدائية ، وأن التوتر الكهربائي بين المصعد والمهبط (180 V) ، ثم احسب سرعته عندئذٍ .
3. الطاقة الحرارية الناتجة عن التحول الكامل للطاقة الحركية للإلكترونات التي تصدم المصعد خلال دقيقة واحدة.

علماً أن: شحنة الإلكترون $e = 1.6 \times 10^{-19} C$، كتلة الإلكترون $m_e = 9 \times 10^{-31} kg$

(يهمل ثقل الإلكترون)

الدرس الرابع: الفعل الكهرحراري

➢ في تجربة تسخين سلك معدني إلى درجة حرارة معيّنة أجب عن الأسئلة الآتية:

1. ماذا يحدث لبعض الالكترونات الحرة للسلك عند بدء التسخين؟

تزداد السرعة والحركة العشوائية لبعض الإلكترونات الحرة للسطح المعدني نتيجة الطاقة الحرارية التي اكتسبتها تلك الإلكترونات أثناء التسخين.

2. ماذا يحدث عند استمرار التسخين؟

تكتسب بعض الإلكترونات الحرة طاقة كافية لتنطلق من ذرات السطح المعدني.

3. ما الشحنة الكهربائية التي يكتسبها السلك المعدني؟

يكتسب سطح المعدن شحنة موجبة .

4. كيف تفسر تشكل سحابة إلكترونية حول السلك؟

باستمرار تسخين المعدن سيزداد خروج الإلكترونات من ذرات سطح المعدن وتزداد شحنة المعدن الموجبة مما يزيد من قوة جذب المعدن للإلكترونات المنطلقة وفي لحظة ما يتساوى عدد الإلكترونات المنطلقة مع عدد الإلكترونات العائدة لسطح المعدن فتتشكل سحابة إلكترونية كثافتها ثابتة حول سطح المعدن .

5. ماذا تتوقع أن يحصل عندما نطبق حقل كهربائي على السحابة الإلكترونية ؟

عند تطبيق حقل كهربائي . فإن الإلكترونات الخارجة من سطح المعدن لا تعود إليه وإنما تتحرك في الحقل الكهربائي نحو المصعد ويساعد هذا على إصدار إلكترونات جديدة وتستمر العملية وبسرعة كبيرة جداً وتتسارع مكوّنة حزمة إلكترونية .

6. كيف يمكن زيادة عدد الإلكترونات المنتزعة من سطح المعدن؟

العوامل التي تحدد عدد الالكترونات المنتزعة من سطح المعدن بتسخينه

يزداد عدد الإلكترونات المنتزعة:

1- كلما قل الضغط المحيط بسطحه. 2- كلما ارتفعت درجة حرارته.

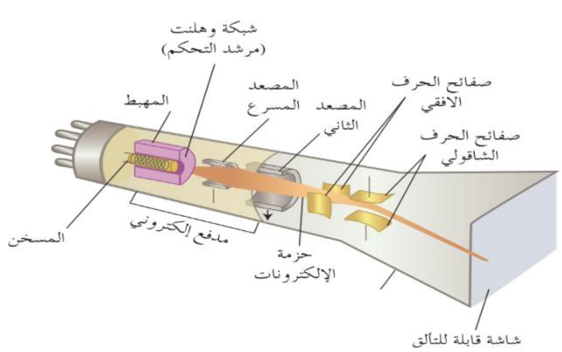
7. عرف الفعل الكهرحراري ؟

الفعل الكهرحراري: هو انتزاع الكترونات الحرة من سطح معدن بتسخينه إلى درجة حرارة مناسبة

راسم الاهتزاز الالكتروني.

➢ اشرح اقسام راسم الاهتزاز الالكتروني ؟

- **المدفع الالكتروني: مكوّن من (المهبط – شبكة وهنلت – مصعدان)**
- **الجملة الحارفة : مكوّنة من (مكثفتان مستويتان)**
- **الشاشة المتألقة : مكونة من طبقات من (الزجاج السميك – الغرافيت – مادة متألقة)**



➢ اشرح عمل راسم الاهتزاز الالكتروني ؟

- **المهبط : صفيحة معدنية توصل بتوتر سالب يصدر** الإلكترونات **بالفعل الكهرحراري بتسخينه تسخين غير مباشر بواسطة سلك تنغستين**
- **تسخين سلك التنغستين تنتزع الإلكترونات الحرة وتتشكل حزمة متباعدة تقوم (دور) شبكة وهنلت بـ:**

1. تجميع $\bar{e}$ في نقطة تقع على الأنبوب
2. يتغير عدد $\bar{e}$ النافذة من ثقب الشبكة أي تتغير إضاءة الشاشة وذلك بتغير التوتر السالب المطبق على الشبكة.

- تسرع $\bar{e}$ المنتزعة بين الشبكة والمصعدين و على مرحلتين:

1- بين الشبكة والمصعد الأول بتوتر مرتفع موجب قابل للتغيير .
2- بين المصعد الأول والمصعد الثاني بتوتر مرتفع موجب ثابت .

- حرف الحزمة الإلكترونية المسرّعة

1- أفقياً نحو اللبوس الموجب للمكثفة لبوساها شاقوليان وحقلها أفقي وبقيمة تتناسب طرداً مع التوتر المطبق بين لبوسيها .
2- شاقولياً نحو اللبوس الموجب للمكثفة لبوساها أفقيان وحقلها شاقولي بقيمة تتناسب طرداً مع التوتر المطبق بين لبوسيها

- تسمح وريقة الألمنيوم

للإلكترونات بالعبور، فتصطدم بالمادة المتألقة وينعكس التألق على وريقة Al التي تعكسه بدورها خارج الأنبوب.

- دور الغرافيت:

- دور واقي للحزمة الإلكترونية من الحقول الكهربائية الخارجية.
- تعيد الإلكترونات التي سببت التألق إلى المصعد وتغلق الدارة.

➢ استخدام راسم الاهتزاز: لدراسة الحركات الدورية السريعة كالتيارات المتناوبة والاهتزازات الصوتية على منحني بياني له تواتر و قياس فرق الكمون المستمر والمتناوب.

اختبر نفسي

حل أسئلة الدرس ص228:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- b) الإلكترونات الحرة من سطح المعدن بتسخينه لدرجة حرارة مناسبة.
2- d) بالتوتر السالب المطبق على الشبكة.
3- a) ضبط الحزمة الإلكترونية.
4- a) لحماية الشاشة من الحقول الخارجية.

ثانياً اشرح الدور المزدوج لشبكة وهنلت في جهاز راسم الاهتزاز الإلكتروني: (هام جداً عدة دورات)

الحل: لشبكة وهنلت دور مزدوج لضبط الحزمة الإلكترونية:
تجميع الإلكترونات الحرة الصادرة عن المهبط نقطة تقع على محور الانبوب.
التحكم بعدد الإلكترونات النافذة من ثقبها من خلال تغيير التوتر السالب المطبق مما يغير من شدة إضاءة الشاشة.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة: ص229 (تشبه دورات: 2007-2010 - ......)

إضافة على النص:
تبلغ شدة التيار في أنبوب للأشعة المهبطية

$$I = 10\mu A = 10 \times 10^{6}\ A$$
$$E_k = 9.6 \times 10^{-16}\ J$$

تعديل على النص و بالرقم الأسي
الطاقة الحركية لأحد الإلكترونات من الحزمة

المطلوب:

1- حساب $v = ?$

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

$$v = \sqrt{\frac{2\times9.6\times10^{-16}}{9\times10^{-31}}} = \sqrt{\frac{2\times96}{9}} \times 10^{7} = 4.6 \times 10^{7}\ m.s^{-1}$$

-2 حساب $N=?$ عدد الإلكترونات، $t=1s$

$$I=\frac{q}{t}=\frac{Ne}{t}\Longrightarrow N=\frac{It}{e}$$

$$N=\frac{10\times10^{-6}\times1}{1.6\times10^{-19}}=\frac{1}{16}\times10^{15}\ \text{إلكترون}$$

عدد الإلكترونات التي تصل الصفيحة المعدنية في الثانية الواحدة

-3 حساب $Q=?$ كمية الحرارة المنتشرة خلال $t=30s$

الحل:

(الطاقة الحرارية الكلية) = (الطاقة الحركية للإلكترون الواحد) × (عدد الإلكترونات)

نحسب عدد الإلكترونات التي تصدم الصفيحة المعدنية خلال $30\ s$

$$N'=30\times N=30\times\frac{1}{16}\times10^{15}=1875\times10^{12}\ \text{إلكترون}$$

$$Q=N'\times E_k$$

$$Q=1875\times10^{12}\times9.6\times10^{-16}=1.8\,J$$

ملاحظة: نستطيع حساب $N'=?$ من العلاقة: $N'=\frac{I\,t}{e}=\frac{10\times10^{-6}\times30}{1.6\times10^{-19}}=1875\times10^{12}$ إلكترون

الفعل الكهروضوئي

تجربة هرتز نثبت صفيحة من التوتياء (الزنك) فوق قرص كاشف كهربائي ، ونعرضها لأشعة صادرة عن مصباح بخار الزئبق ، نسقط الأشعة الصادرة عن مصباح بخار الزئبق على صفيحة Zn الموصولة بقرص كاشف كهربائي مشحون كهربائياً

➢ ماذا تتوقع أن يحصل لوريقتا الكاشف فيل كل من الحالات الاتية مع التعليل ؟

- إن هذا المصباح يصدر ثلاث أنواع من الأشعة هي الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء و (الأشعة فوق البنفسجية التي تحمل طاقة كافية قادرة على انتزاع الإلكترونات من صفيحة الزنك) .

-1 شحنة الصفيحة سالبة: تتقارب الورقتين حتى تنطبقا (التعليل) عند تعريض صفيحة Zn لأشعة المصباح فإن الأشعة الفوق بنفسجية تنتزع بعض إلكتروناتها الحرة فيحدث تنافر بين شحنتها السالبة و الشحنة السالبة للإلكترونات المنتزعة منها فيؤدي ذلك إلى فقدانها تدريجياً لشحنتها السالبة فتتعادل وتتقارب الوريقتان حتى تنطبقا .

-2 شحنة الصفيحة سالبة ونضع في طريق الأشعة صفيحة زجاج فإن الانفراج لا يتغير (التعليل) الزجاج لا يمرر الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن مصباح بخار الزئبق (المسؤولة عن انتزاع الإلكترونات من Zn) ويمرر فقط الأشعة المرئية والتحت حمراء واللتان لا تمتلكان طاقة كافية لانتزاع الالكترونات من الصفيحة فلا يتغيّر انفراج وريقتا الكاشف.

-3 شحنة الصفيحة موجبة: الانفراج لا يتغير (التعليل) الأشعة فوق البنفسجية انتزعت الإلكترونات الحرة من الصفيحة ولكن الشحنة الموجبة تجذبها لها ولا يتغيّر الانفراج .

➢ اذكر خواص الفوتون ؟ (دورة 2016 الأولى)

اعتبر أن الحزمة الضوئية تواترها f هي حزمة من الجسيمات غير المرئية تسمى فوتونات

1- الفوتون جسيم يواكب موجة كهرطيسية تواترها f. 2- شحنته الكهربائية معدومة (متعدد 2017 الأولى)

3- يتحرك بسرعة الضوء في الخلاء . 4- طاقته: $E=hf$

5-كمية حركته : $P=mc,E=mc^2\rightarrow P=\frac{E}{c^2}c=\frac{E}{c}=\frac{hf}{\lambda f}=\frac{h}{\lambda}$

وتكون استطاعة الموجة الكهرطيسية التي تسقط على سطحه: $P=Nhf$

حيث N عدد الفوتونات التي يتلقاها السطح في واحدة الزمن.

شرح الفعل الكهروضوئي

1. عندما يسقط فوتون يحمل طاقة $E = hf$ على سطح المعدن فإنه يصادف إلكترون حر طاقة انتزاعه E_s ويعطيه كامل طاقته ناقش الاحتمالات الممكنة في هذه الحالة
2. عندما يكون ($E = E_s$ - $E > E_s$ - $E < E_s$)
3. (نفسه اشرح الفعل الكهرضوئي)؟

الفوتون يحمل طاقة $E = hf$ فإن الإلكترون يقوم بامتصاص كامل طاقة الفوتون ليتغلب على طاقة انتزاعه التي تعطى بالعلاقة:

$$E_s = W_s = hf_s$$

-1 فإذا كانت E تساوي طاقة الانتزاع E_s أي يخرج $\bar{e}$ من معدن بطاقة حركية معدومة وعندها: $E = E_s$

$$\Rightarrow hf = hf_s \xrightarrow{\text{نختصر } h} f = f_s \overset{f=\frac{c}{\lambda}}{\Longrightarrow} \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_s} \xrightarrow{\text{نختصر الثوابت}} \lambda = \lambda_s$$

$f = f_s$, $\lambda = \lambda_s$ (ينتزع الإلكترون فقط بدون طاقة حركية)

-2 إذا كانت $E_s < E$ فإن الالكترون ينتزع بجزء من طاقة الفوتون E_s

ويبقى الجزء الآخر على شكل طاقة حركية $E > E_s \Rightarrow hf > hf_s \xrightarrow{\text{نختصر } h} f > f_s \overset{f=\frac{c}{\lambda}}{\Longrightarrow} \frac{c}{\lambda} > \frac{c}{\lambda_s}$

$$\xrightarrow{\text{نختصر } c \text{ ونقلب}} \lambda < \lambda_s \Rightarrow E_k = hf - E_s$$

شرط حدوث الفعل الكهرضوئي: (ينتزع الإلكترون ومعه طاقة حركية) $f > f_s$, $\lambda < \lambda_s$

-3 إذا كانت $E_s > E$ فإن الالكترون يكتسب طاقة حركية ويبقى مرتبطاً بالمعدن ولا ينتزع $\bar{e}$. .

$$E < E_s \Rightarrow hf < hf_s \xrightarrow{\text{نختصر } h} f < f_s \overset{f=\frac{c}{\lambda}}{\Longrightarrow} \frac{c}{\lambda} < \frac{c}{\lambda_s}\lambda \xrightarrow{\text{نختصر } c \text{ ونقلب}} > \lambda_s$$

(لا يتولّد فعل كهرضوئي أي لا ينتزع الإلكترون ولا يمر تيار) : $f < f_s$, $\lambda > \lambda_s$

الخلية الكهرضوئية (الحجيرة الكهرضوئية) :

(شرط عملها: $\lambda \le \lambda_s$ $E \ge E_s \Rightarrow hf \ge hf_s \xrightarrow{\text{نختصر } h} f \ge f_s \overset{f=\frac{c}{\lambda}}{\Longrightarrow} \frac{c}{\lambda} \ge \frac{c}{\lambda_s} \overset{\text{نختصر } c \text{ ونقلب}}{=}$)

عندما يسقط فوتون على سطح المعدن فإنه يصادف إلكترون حر ويعطيه كامل طاقته ،فإذا كانت طاقة الفوتون الوارد أكبر من طاقة انتزاع الالكترون فإن الالكترون ينتزع ومعه طاقة حركية ،استنتج معادلة اينشتاين في الفعل الكهرضوئي

قارن بين تفسير الفعل الكهرضوئي وفق اينشتاين ووفق النظرية الموجية الكلاسيكية من حيث : (تواتر الضوء – شدة الضوء – الطاقة الحركية للالكترون – زمن الانتزاع)

- وجد اينشتاين أن الالكترون ينتزع بطاقة حركية عظمى عندما :

$$E > E_s \Rightarrow E_k = E - E_s$$
$$E_k = hf - hf_s = \frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_s}$$
$$\boxed{E_k = hc(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_s})}$$

من حيث	الفعل الكهرضوئي وفق اينشتاين	الفعل الكهرضوئي وفق النظرية الموجية الكلاسيكية
تواتر الضوء	لا يحدث الفعل الكهرضوئي إذا كان تواتر الفوتون الوارد أقل من تواتر العتبة f_s الذي تتعلق قيمته بطبيعة المعدن	يحدث الفعل الكهرضوئي عند جميع التواترات بحسب شدة الضوء الوارد
شدة الضوء	لا تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء لأن الالكترون لا يمتص سوى فوتون واحد من الفوتونات الواردة	تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع بزيادة شدة الضوء لأن الضوء ذا الشدة العالية يحمل طاقة أكبر للمعدن
الطاقة الحركية للإلكترون	تزداد E_k بزيادة تواتر الضوء الوارد	لا علاقة لطاقة الالكترون بتواتر الضوء الوارد
زمن الانتزاع	يحدث انتزاع الالكترون آنياً	يحتاج الالكترون حتى ينتزع لزمن امتصاص الفوتون الوارد

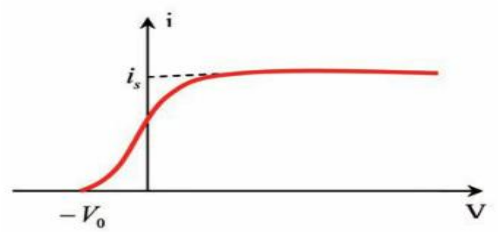
➢ صف الحجيرة الكهرضوئية وارسم دارتها الكهربائية ؟

حبابة مخلاة من أي غاز تحوي مسريين: المسرى الأول مهبط C يغطي سطحه طبقة من معدن قلوي تتلقى الضوء، و المسرى الثاني: مصعد A على شكل شبكة معدنية أو حلقة.

➢ اشرح تأثير التوتر المطبق على الحجيرة وعلى تيار الحجيرة ثم ارسم المنحني للتيار وعلاقته بالتوتر.

نسلط حزمة ضوئية ذات طول موجي وحيد اللون وتواترها مناسب مع تثبيت شدة الحزمة الضوئية ، ونبدأ بتغيير قيم التوتر المطبق ، فنلاحظ أن التيار يمر عندما كان التوتر المطبق بين المهبط والمصعد سالباً ابتداءً من $U=-U_0$

حيث U_0: كمون الإيقاف:



✓ عندما يكون كمون المهبط (موجباً) أعلى من كمون المصعد تخضع $\bar{e}$ لقوة محركة كهربائية تعاكس جهة الحقل الكهربائي وتعمل هذه القوة على إعادة الالكترونات إلى المهبط ولا يمر تيار

✓ عندما يصل التوتر إلى $U=-U_0$ توتر إيقاف تبدأ بعض الإلكترونات بالوصول إلى المصعد فيمر تيار وكلما صغر التوتر بقيمة مطلقة ازداد عدد الالكترونات التي تصل إلى المصعد فتزداد شدة التيار.

✓ عندما يكون كمون المصعد أعلى من كمون المهبط تعمل القوة الكهربائية على تسريع الإلكترونات المتجهة نحو المصعد ويزداد بذلك عددها فتزداد بذلك شدة التيار عظمى. $i=i_s$ تيار الإشباع وتصل جميع الإلكترونات إلى المصعد.

➢ اشرح تأثير الاستطاعة الضوئية على تيار الحجيرة ؟

تعطى الاستطاعة الكهربائية بالعلاقة : $P = Nhf$ حيث N عدد الفوتونات فكلما زاد احتمال تصادم الفوتونات مع الإلكترونات زاد ذلك من تيار الإشباع ، إذاً تزداد شدة تيار الإشباع بازدياد عدد الفوتونات المتصادمة مع الإلكترونات أي بزيادة الاستطاعة.

اختبر نفسي

حل اسئلة الدرس ص237:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- *b*- الفوتونات.
2- *b*- شدة الضوء الوارد.
3- *a*- تواتر الضوء الوارد.

الشرح: $E_k = E - E_s \Rightarrow E_k = hf - hf_s$

كلما (f) تواتر الضوء الوارد أكبر $\Leftarrow$ (E_k) أكبر.

-4 d- $f > f_s$

-5 c- أكبر من طاقة الانتزاع.

ملاحظة: إذا كانت طاقة الفوتون مساوية لعمل الانتزاع فإن ذلك يؤدي إلى انتزاع الإلكترون وخروجه من المعدن ولكن بطاقة حركية معدومة.

ثانياً: يسقط فوتون طاقته (E) على معدن، ويصادف إلكتروناً طاقة انتزاعه (E_s) و يقدم له كامل طاقته.

-1 اشرح ما يحدث للإلكترون إذا كانت:

a) طاقة الفوتون أقل من طاقة الانتزاع $\underbrace{E_s}_{\text{(الانتزاع)}} < \underbrace{E}_{\text{(طاقة الفوتون)}}$

يكسب الإلكترون طاقة حركية ويبقى مرتبطاً بالمعدن.

b) طاقة الفوتون أكبر من طاقة الانتزاع $E > E_s$

يجري انتزاع الإلكترون من المعدن باستهلاك جزئ من طاقة الفوتون يساوي (E_s) ويبقى الجزء الآخر من الطاقة مع الإلكترون على شكل طاقة حركية.

أي يخرج الإلكترون من المعدن بطاقة حركية تساوي $E_k = hf - E_s$

-2 ما الشرط الذي يجب أن يحققه طول موجة الضوء الوارد لتعمل الحجيرة الكهرضوئية:

$$\left[\underbrace{E}_{\text{(طاقة الفوتون)}} \geq \underbrace{E_s}_{\text{(الانتزاع)}} \Rightarrow f \geq f_s\right] \Rightarrow \lambda \leq \lambda_s$$

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى ص238:

المعطيات:	
	$f = 7.3 \times 10^{14}\ Hz$
	$E_s = 3.2 \times 10^{-19}\ J$

-1 بين بالحساب هل يتم انتزاع الإلكترون من سطح المعدن أم لا؟

الفكرة: نحسب طاقة الفوتون للضوء الوارد ونقارنها مع طاقة الانتزاع.

الحل:

$$E = hf = 6.6 \times 10^{-34} \times 7.3 \times 10^{14} = 4.818 \times 10^{-19}\ J$$

نلاحظ أن طاقة الفوتون الوارد أكبر من طاقة الانتزاع إذاً يتم انتزاع الإلكترونات من سطح المعدن.

-2 حساب $E_k = ?$

$$E_k = E - E_s$$

$$E_k = 4.818 \times 10^{19} - 3.2 \times 10^{-19} = 1.618O10^{-19}\ J$$

المسألة الثانية: ص238(تشبه دورة 2000)

$$\lambda = 0.5\mu m = 0.5 \times 10^{-6}\ m$$

$$E_s = 33 \times 10^{-20} J$$

-1 احسب $f_s = ?$ (تواتر العتبة)

$$E_s = hf_s \Rightarrow f_s = \frac{E_s}{h} = \frac{33\times10^{-20}}{6.6\times10^{-34}} = 5 \times 10^{14} Hz$$

-2 حساب $\lambda_s = ?$ (طول موجة عتبة الإصدار)

$$C = f_s\lambda_s \Rightarrow$$

$$\lambda_s = \frac{c}{f_s} = \frac{3\times10^8}{5\times10^{14}} = 0.6 \times 10^{-6} m$$

طريقة ثانية: لحساب $\lambda_s = ?$ إذا كان f_s) غير معلوم)

الحل:

$$\left.\begin{array}{r} E_s = hf_s \\ c = f_s\lambda_s \end{array}\right] \Rightarrow E_s = h \times \frac{c}{\lambda_s}$$

$$\lambda_s = \frac{h\times c}{E_s} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^8}{33\times10^{-20}} = 0.6\times10^{-6}m$$

-3 حساب $E_k = ?$ (عظمى) ، $v = ?$ (عظمى)

$$E_k = E - E_s$$

نحسب طاقة الفوتون:

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^8}{\frac{1}{2}\times10^{-6}}$$

$$= 39.6\times10^{-20}J$$

نعوض

$$E_k = 39.6\times10^{-20} - 33\times10^{-20}$$

$$E_k = 6.6\times10^{-20} = 66\times10^{-21}J$$

لحساب $v = ?$ (عظمى)

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

$$v = \sqrt{\frac{2\times66\times10^{-21}}{9\times10^{-31}}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\times2\times33}{9}}\times10^5$$

$$v = \frac{2}{3}\sqrt{33}\times10^5 m.s^{-1}$$

$$v \approx 3.82\times10^5\ m.s^{-1}$$

المسألة الثالثة: ص238

[أكبر طول موجة لازم للانتزاع $\lambda_s \Leftarrow$] ، $\lambda_s = 66\times10^{-8}\ m = 6.6\times10^{-7}m$

الحل:

-1 $E_s = ?$ (الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون)

$$\left.\begin{array}{r} E_s = hf_s \\ c = f_s\lambda_s \end{array}\right] \Rightarrow E_s = h\frac{c}{\lambda_s}$$

$$E_s = 6.6\times10^{-34}\times\frac{3\times10^8}{6.6\times10^{-7}} = 3\times10^{-19}J$$

-2 $P = ?$ (كمية حركة الفوتون)

$$\lambda = 4400A^\circ = 4400\times10^{-10}m = 4.4\times10^{-7}m$$

لو طُلب استنتاج علاقة كمية حركة الفوتون

$$\left.\begin{array}{r} P = mc \\ E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} \end{array}\right] \Rightarrow$$

$$P = \frac{E}{c^2}\times c = \frac{E}{c} = \frac{hf}{\lambda f} \Rightarrow$$

$$\boxed{P = \frac{h}{\lambda}}$$

$$P = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow P = \frac{6.6\times10^{-34}}{4.4\times10^{-7}} = \frac{3}{2}\times10^{-27}$$

$$P = 1.5\times10^{-27}kg.m.s^{-1}$$

-3 $E_k = ?$ (طاقة حركية عظمى)

$$E_k = E - E_s$$

نحسب $E = ?$ (طاقة الفوتون الوارد) ونعوض:

$$\left.\begin{aligned} E &= hf \\ c &= f\,\lambda \end{aligned}\right] \Rightarrow \mathrm{E} = h\frac{\mathrm{c}}{\lambda}$$

$$E = 6.6\times10^{-34}\times\frac{3\times10^{8}}{4.4\times10^{-7}}$$

$$E = 4.5\times10^{-19}J$$

$$E_k = 4.5\times10^{-19} - 3\times10^{-19}$$

$$E_k = 1.5\times10^{-19}J$$

4- حساب قيمة كمون الإيقاف $U_0 = ?$

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

- الأول: لحظة خروجه من المهبط (بسرعة عظمى)
- الثاني: لحظة وصوله إلى المصعد بسرعة معدومة (توقف)

$$\overline{\Delta E}_k = \sum \overline{W}_{\vec{F}(c\to A)}$$

$$E_{k_A} - E_{k_C} = \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$0 - E_{k_c} = -eU_0$$

$$U_0 = \frac{E_{k_c}}{e} = \frac{1.5\times10^{-19}}{1.5\times10^{-19}} \Rightarrow U_0 \approx 0.94\,Volt$$

طلب إضافي (دورة 2003) (تدرب أكثر)

يستبدل الضوء السابق بضوء وحيد اللون تواتره مساوياً تواتر عتبة الإصدار لمعدن السيزيوم. احسب سرعة الإلكترون لحظة وصوله إلى مصعد الحجيرة إذا كان فرق الكمون المطبق بين المسريين $45V$.

$$f = f_s$$

$v_A = ?$ (سرعة الإلكترون لحظة وصوله المصعد)

$$U_{AC} = 45\,V$$

الحل:

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

- الأول: عند المهبط $(v_C = 0)$
- الثاني: عند المصعد $(v_A = ?)$

$$\overline{\Delta E}_k = \sum \overline{W}_{\vec{F}(c\to A)}$$

$$E_{k_A} - E_{k_C} = \overline{W}_{\vec{F}}$$

بما أن:

$$f = f_s \Rightarrow E = E_s \Rightarrow E_{k_c} = 0$$

$$\frac{1}{2}m_e v^2 - 0 = eU_{AC}$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU_{AC}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times45}{9\times10^{-31}}}$$

$$v = 4\times10^{6}\ m.s^{-1}$$

المسألة الرابعة ص 239:

مطلوب حساب:

(ضوء)$\lambda = 5 \times 10^{-7} m$ ، (طاقة الانتزاع)$E_s = 3 \times 10^{-19} J$ (تواتر العتبة)$f_s = ?$ ، $E_k = ?$ ، $v = ?$

$$E_s = hf_s \Longrightarrow f_s = \frac{E_s}{h} = \frac{3\times10^{19}}{6.6\times10^{-34}} \approx 4.5 \times 10^{16}\ Hz$$

$$\left.\begin{matrix} E = hf \\ c = f\lambda \end{matrix}\right] \Longrightarrow \mathrm{E} = h\frac{c}{\lambda}$$

$$\underbrace{E}_{\text{طاقة الفوتون}} = 6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3\times10^{8}}{5\times10^{-7}} = 3.96 \times 10^{-19} J$$

$$E_k = E - E_s = 3.96 \times 10^{-19} - 3 \times 10^{-19} = 0.96 \times 10^{-19} J$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times0.96\times10^{-19}}{9\times10^{-31}}} = 0.46 \times 10^{6}\ m.s^{-1}$$

الأشعة السينية x-ray

➢ مم يتألف أنبوب توليد الأشعة السينية (أنبوب كوليدج)؟

أنبوب زجاجي مخلى من الهواء بشدة $10^{-6}mmHg$ يحوي سلك تنغستين ، يسخن لدرجة التوهج بتيار كهربائي ، و يحيط بالسلك مهبط معدني مقعر الشكل يعمل على عكس حزمة الالكترونات المنبعثة من السلك وتجميعها على الهدف الموصول بالمصعد (مقابل المهبط) و الهدف هو معدن ثقيل درجة انصهاره مرتفعة ويثبت على اسطوانة نحاسية متصلة بمبرد .

➢ اشرح آلية توليد الأشعة السينية ؟

عند تسخين سلك التنغستين تنبعث منه إلكترونات يتم تسريعها بتوتر متواصل كبير $10^4 \to 10^5$ فولط بين المهبط والمصعد تصطدم $\bar{e}$ المسرّعة بذرات الهدف وجزءاً منها يؤدي إلى انتزاع إلكترون من إلكترونات الطبقات الداخلية في ذرات الهدف، ويبقى مكانه شاغراً فينتقل أحد الإلكترونات من طبقات أعلى لذرات المادة والهدف ليحل مكانه ويترافق ذلك بإصدار فوتونات ذات طاقة عالية هي الأشعة السينية وتتحول الطاقة الحركية للجزء الآخر من الإلكترونات المسرعة بعد اصطدامها إلى طاقة حرارية كبيرة في مادة الهدف لذلك يجب تبريده.

➢ استنتج عبارة طول الموجة الأصغري للأشعة السينية؟

إن طاقة فوتونات الأشعة السينية تساوي الطاقة الحركية للإلكترونات المسرّعة التي هي سبب إصدارها :

$$E = E_k \Rightarrow hf_{max} = eU \Rightarrow h\frac{c}{\lambda_{min}} = eU$$

- $\lambda_{min} = \frac{hc}{eU}$: أقصر طول موجة للأشعة السينية و يتوقف λ_{min} على فرق الكمون المطبقU.

➢ ما هي طبيعة الأشعة السينية ؟ أمواج كهرطيسية أطوال موجاتها أقصر بكثير من أطوال أمواج الضوء المرئي: $0.001nm \to 13.6nm$ وتحمل طاقة عالية جداً وسرعتها بسرعة انتشار الضوء

➢ اذكر مع الشرح خواص الأشعة السينية؟

1- تصدر عن ذرات العناصر الثقيلة (ذات العدد الذري Z الكبير نسبياً) بعد إثارتها.
2- ذات قدرة عالية على النفوذ بسبب قصر طول موجتها
3- تشبه الضوء المرئي من حيث الانتشار المستقيم والإنعكاس والتداخل والإنعراج .والانتشار بسرعة الضوء
4- أمواج كهرطيسية غير مشحونة دليل ذلك أنها لا تتأثر بالحقلين الكهربائي والمغناطيسي .
5- تسبب التألق لبعض المواد بسبب قدرتها على اثارة ذرات هذه المواد.
6- تؤين الغازات: (يأتي تعليل أو شرح دورة2005-2017 الثانية)

التعليل: تحمل فوتونات الأشعة السينية طاقة كبيرة تكفي لتأيين الغاز الذي تخترقه

7- تؤثر في الأنسجة الحية: تتخرب الخلايا إذا استمر تعرضها للأشعة السينية لذا تستعمل الألبسة التي يدخل الرصاص بها للوقاية من حروق الأشعة السينية.

➢ تتوقف قابلية امتصاصها ونفوذها على ثخن المادة وكثافتها وطاقة الأشعة المستخدمة اشرح ذلك؟: (دورة 2017 الثانية)

1) ثخن المادة: تزداد نسبة الأشعة الممتصة وتقل نسبة نفاذها بازدياد ثخن المادة .
2) كثافة المادة: تزداد نسبة الأشعة الممتصة بازدياد كثافة المادة وتنقص بنقصانها مثل الرصاص والذهب جيدة الامتصاص لكثافتها العالية أما الخشب والبلاستيك ضعيفة الامتصاص لقلة كثافتها .
3) طاقة الأشعة المستخدمة : يزداد امتصاصها بنقصان طاقتها ، ونميز نوعين منا من حيث الطاقة (قد يأتي ماهو الفرق)

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

اختبر نفسي

حل أسئلة الدرس ص244: أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- c- بزيادة التوتر المطبق بين المصعد و المهبط.
2- b- بزيادة كثافة المادة.
3- b- أطوال موجاتها قصيرة وطاقتها كبيرة.
4- D- العناصر الثقيلة.

ثانياً: فسر: الأشعة السينية ذات قدرة عالية على النفاذ؟

الحل:

لأنها أمواج كهرطيسية أطوال موجاتها قصيرة جداً وبذلك تكون طاقتها عالية جداً لذلك هي ذات قدرة عالية على النفاذ.

ثالثاً: اكتب ثلاثاً من خواص الأشعة السينية:

الحل: من الكتاب ص242.

رابعاً: حل المسألة الآتية:

المسألة: ص245:

$$U_{AC} = 8 \times 10^4\ V$$

$v_c = 0$ **(خروج من المهبط بسرعة معدومة عملياً)**

1- استنتاج بالرموز $E_k = ?$

الطاقة الحركية للإلكترون عند اصطدامه بمقابل المهبط

نطبق نظرية الطاقة الحركية بين وضعين:

- **الأول: المهبط.**
- **الثاني: وصوله إلى الهدف (موصول بالمصعد مقابل المهبط)**

$$\overline{\Delta E}_k = \sum \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$E_{k_A} - E_{k_C} = \overline{W}_{\vec{F}}$$

$$E_{k_A} - 0 = eU_{AC}$$

$E_{k_c} = 0$ **لأن $v_C = 0$ خروج الإلكترون من المهبط بسرعة معدومة عملياً.**

$$E_{k_A} = 1.6 \times 10^{-19} \times 8 \times 10^4 \Longrightarrow E_{k_A} = 128 \times 10^{-16}\ J$$

2- $v = ?$ (اصطدامه بالهدف):

$$E_k = \frac{1}{2} m_e v^2 \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_e}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times128\times10^{-16}}{9\times10^{-31}}} = \sqrt{\frac{256\times10\times10^{-17}}{9\times10^{-31}}} \Longrightarrow$$

$$v = \frac{16}{3}\sqrt{10} \times 10^{+7}\ m.s^{-1} \Longrightarrow$$

$$v = 16.8 \times 10^{+7}\ m.s^{-1} \approx 17 \times 10^{+7}\ m.s^{-1}$$

3- احسب $\lambda_{min} = ?$:

طاقة الفوتون المتحرر $\quad E = E_k \quad$ طاقة حركية للإلكترون الساقط

$$h\, f_{max} = E_k$$

$$h\frac{c}{\lambda_{min}} = E_k \Longrightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{E_k}$$

$$\lambda_{min} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{128\times10^{-16}} = 0.155 \times 10^{-10}\ m$$

الليزر
تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للأشعة

➢ اشرح كل من الليزر و امتصاص الضوء و الاصدار التلقائي و الاصدار المحثوث ؟

✓ **الليزر :** عبارة عن إشعاع كهرطيسي (فوتونات عالية الطاقة ومتساوية في التواتر ومتفقة في الطور والاتجاه) يرسل كميّات متساوية من الضوء من حيث التواتر والطور . تندمج مع بعضها البعض لتصبح على هيئة حزمة ضوئية تتسم بالطاقة العالية وذات تماسك شديد .

✓ **امتصاص الضوء :** تستطيع المادة امتصاص فوتون فينتقل إلكترون من سوية E_1إلى سوية أعلى E_2. بحيث يكون فرق الطاقة بين السويتين $(\Delta E = E_2 - E_1)$ يساوي طاقة الفوتون الوارد من الحزمة الضوئية hf

✓ **الإصدار التلقائي:** إذا كانت الذرة مثارة يمكن أن ينتقل إلكترون عفوياً من سوية طاقة مثارة إلى سوية طاقة أدنى يؤدي ذلك إلى إصدار فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين $(\Delta E = E_2 - E_1)$ والفوتونات الصادرة غير مترابطة وعشوائية .

✓ **الإصدار المحثوث:** تعرض الذرة المثارة لحزمة ضوئية يحقق تواترها f شرط الامتصاص $\Delta E = hf$ حيث ΔE هو فرق الطاقة بين السوية المثارة والسوية الأساسية فيؤدي مرور الفوتون بجوار الذرة المثارة إلى انتقال إلكترون إلى السوية الأساسية **فيصدر فوتون:**

1) طاقته تساوي طاقة الفوتون الوارد ونفس تواتره
2) جهته بجهة الفوتون الوارد
3) بطور يطابق طور الفوتون الوارد

➢ ما هو الفرق بين الإصدارين التلقائي والمحثوث ؟

✓ **الإصدار التلقائي** يحدث سواء أكان هناك حزمة ضوئية واردة على الذرات أم لا **بينما في الإصدار المحثوث** لا يحدث إلا بحزمة ضوئية واردة تواترها يحقق شرط الامتصاص $\Delta E = hf$

✓ **الإصدار التلقائي** يحدث في جميع الإتجاهات وطور الفوتون الصادر يأخذ أي قيمة **بينما في الإصدار المحثوث** جهة وطور الفوتون الصادر محددة تطابق جهة وطور الفوتون الوارد.

➢ اشرح آلية عمل الليزر ؟

الوسط المضخم: بفرض N عدد الذرات في السوية الأساسية و *N عدد الذرات في الحالة المثارة فإذا عبرت حزمة ضوئية تواترها f بحيث $\Delta E = hf$ فإن امتصاص الفوتونات يتناسب طرداً معN و الإصدار المحثوث للفوتونات يتناسب طرداً مع *N

فإذا كان N<N* فإن عدد الفوتونات الناتجة عن المحثوث أكبر من عدد الفوتونات التي جرى امتصاصها وتزداد شدة الحزمة الضوئية بعد عبورها الوسط ونقول عن الوسط أنه مضخم ويصلح لتوليد ليزر. (شرط أن يكون الوسط مضخم*N<N)

فإذا كان N>N* فإن عدد الفوتونات الناتجة عن المحثوث أصغر من عدد الفوتونات التي جرى امتصاصها وتنقص شدة الحزمة الضوئية بعد عبورها الوسط ونقول عن الوسط أنه غير مضخم ولا يمكن للوسط أن يولّد ليزر.

حجرة التضخيم: وهي الوسط المضخم ومرآتين إحداهما عاكسة جزئياً والأخرى كلياً تقوم بإعادة تمرير الحزمة في الوسط المضخم فتسبب إصدارات محثوثة جديدة تتفق مع الحزمة بالاتجاه ومع الفوتونات بالتواتر والطور الإبتدائي مما يزيد من طاقة الحزمة أي يضخمها، وتسمح المرآة العاكسة جزئياً بتمرير جزء من الحزمة الضوئية إلى الوسط الخارجي .

الضخ: لما كان الإصدار المحثوث يُعيد الذرات إلى السوية الأساسية فإنه لضمان تحقق الشرطN<N* لابد من مؤثر خارجي على الوسط المضخم يقوم بتقديم الطاقة إلى الوسط المضخم مما يؤدي إلى إثارة الذرات ويعوّض عن انتقال الذرات إلى حالة الطاقة الأساسية. ويتم الضخ بطرق:

✓ **الضخ الكهربائي:** عن طريق التفريغ الكهربائي للغاز داخل الأنبوب كما في الليزرات الغازية والنصف الناقلة.

✓ **الضخ الضوئي:** منبع ضوئي مثل لمبة الكزينون أو ليزر آخر للحصول على ليزرات تعمل ضمن الطيف المرئي أو طيف تحت الحمراء القريب منه مثل الليزر الياقوتي .

✓ **الضخ الكيميائي :** يكون التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال أساس توليد الليزر ولاتحتاج لمصدر طاقة خارجية .

➢ اشرح خواص حزمة الليزر

✓ وحيدة اللون أي تتمتع بالتواتر نفسه .

✓ مترابطة بالطور إن الفوتونات الناتجة عن الإصدار المحثوث تتمتع بطور الفوتون الذي حثّها ،

✓ انفراج حزمة الليزر صغير أي لايتوسع مقطع الحزمة كثيراً عند الابتعاد عن منبع الليزر .

لدينا مادة ذات نظام ذرّي مستويين للطاقة والمطلوب :

1. ما شروط توليد الليزر ؟

تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للأشعة في وسط مضخم يصلح لتوليد ليزر ومضخة طاقة الليزر وحجرة تضخيم.
(المادة الفعالة – جملة التضخيم الضوئي – جملة الضخ الضوئي)

2. ما الانتقالات التي تحصل عند امتصاص أو إصدار الضوء ؟

عند امتصاص الضوء تنتقل الإلكترونات من سوية أدنى إلى سوية أعلى .

عند إصدار الضوء تنتقل الإلكترونات من سوية أعلى إلى سوية أدنى .

3. ما الانتقالات التي تعمل على توليد الليزر وتحت أيّة شروط؟

انتقال الإلكترونات من سوية أعلى إلى سوية أدنى نتيجة حثها بفوتونات واردة في وسط مضخم .

➢ اشرح أنواع الليزر:

✓ الليزرات الغازية: يكون الوسط المضخم غازياً مثل : ليزر هيليوم نيون ($He-Ne$): يستخدم في المخابر طول موجته ($\lambda 0.638\ m$) ويستخدم هذا الليزر الانفراغ الكهربائي لنقل الذرات إلى الحالة المثارة

✓ الليزر الياقوتي : هو ليزر يكون فيه الوسط مادة الياقوت .

✓ الليزرات الصلبة : ليزر نصف ناقل: يكون فيه الوسط المضخم من مادة نصف ناقلة ويستخدم بكثرة في الاتصالات

✓ الليزرات السائلة : يستخدم فيه كلوريد الألمنيوم المذاب في الكحول الإتيلي كوسط فعال

➢ ما هي أهم استخدامات الليزر؟

✓ صناعية: لحام، قص معادن .

✓ طبية: طب العيون ، و بعض الأمراض الجلدية ، والجراحة ، وبعض أنواع السرطانات وإزالة الشعر والوشوم.

✓ بيئية: مراقبة تلوث الجو

✓ عسكرية: توجيه الصواريخ

✓ في الاتصالات اللاسلكية بين المحطات الأرضية وسفن الفضاء .وماسحات الباركود وإظهار الصور ثلاثية الأبعاد

اختبر نفسك

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة مما يأتي:

1. تتمتع حزمة الليزر بإحدى الخواص الآتية:
   a. مترابطة بالطور.
   b. انفراج حزمة الليزر يضيق عند الابتعاد عن منبع الليزر.
   c. لها اطوار مختلفة.
   d. طول موجتها أكبر من طول موجة الضوء الوارد.
2. الإصدار التلقائي:
   a. لا يحدث إلا بوجود حزمة ضوئية واردة.
   b. يحدث بوجود حزمة ضوئية واردة على الذرة المثارة أم لم يكن هناك حزمة.
   c. يحدث باتجاه محدد.
   d. فوتوناته تطبق فوتونات الأشعة الواردة على الذرة.
3. إذا عبرت حزمة ضوئية تتمتع بتواتر مناسب الوسط المضخم فإن امتصاص الفوتونات يتناسب طرداً مع:
   a. عدد الذرات في السوية غير المثارة.
   b. عدد الفوتونات.
   c. درجة الحرارة.
   d. عدد الذرات في السوية المثارة.

4. إذا عبرت حزمة ضوئية تتمتع بتواتر مناسب الوسط المضخم فإن إصدار الفوتونات بالإصدار المحثوث يتناسب طرداً مع:
a. عدد الذرات في السوية غير المثارة.
b. عدد الفوتونات.
c. درجة الحرارة.
d. عدد الذرات في السوية المثارة.

ثانياً: فسر ما يأتي:

1. لا يمكن الحصول على وسط مضخم من دون استخدام مؤثر خارجي؟

لأن الإصدار المحثوث يُعيد الذرات إلى السوية الأساسية وهذا يسبب عدم بقاء $N<N^*$ لذا لابد من مؤثر خارجي يقدم الطاقة إلى الوسط المضخم مما يؤدي إلى إثارة الذرات ويُعوّض عن انتقال الذرات إلى حالة الطاقة الأساسية .

2. لا تتحلل حزمة الليزر عند إمرارها عبر موشور زجاجي؟

لأن حزمة الليزر وحيدة اللون

ثالثاً: اكتب خواص حزمة الليزر.

- خواص أشعة الليزر:

1. وحيدة اللون، أي لها التواتر ذاته. 2. مترابطة بالطور. 3.انفراج حزمة الليزر صغير.

حل أسئلة الدرس ص251

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1- a) مترابطة في الطور
2- b) يحدث بوجود حزمة ضوئية واردة على الذرة المثارة أم لم يكن هناك حزمة.
3- a) عدد الذرات في السوية غير المثارة $[N]$.
4- d) عدد الذرات في السوية المثارة $[N^*]$.

ثانياً: فسر ما يأتي:

1- لا يمكن الحصول على وسط مضخم من دون استخدام مؤثر خارجي؟

التفسير: لأن الإصدار المحثوث يُعيد الذرات إلى السوية الأساسية وهذا يسبب عدم بقاء $(N < N^*)$ لذا لا بد من مؤثر خارجي يقدم الطاقة إلى الوسط المضخم مما يؤدي إلى إثارة الذرات ويُعوض عن انتقال الذرات إلى حالة الطاقة الأساسية.

2- لا تتحلل حزمة الليزر عند لإمرارها عبر موشور زجاجي؟

التفسير: لأن حزمة الليزر وحيدة اللون.

ثالثاً: اكتب خواص حزمة الليزر:

الحل: من الكتاب 248

6 أسئلة نظرية تشرح الفيزياء الفلكية
تم شرح هذه الأسئلة بشكل بسيط مفهوم على قناة اليوتيوب

السؤال الأول: انظر إلى السماء في ليلة غير غائمة في مكان لا يوجد فيه تلوث ضوئي ، فترى أجرام ونقاط مضيئة في السماء، والمطلوب :

1. أذكر ثلاثة فروق بين الكواكب والنجوم .
2. كواكب المجموعة الشمسية ثمانية أربعة منها صخرية والباقي غازية، حدد كل منها مع ترتيب الموقع بالنسبة للشمس .
3. ما مصدر الطاقة التي تعطيها الشمس، مفسراً النقصان في كتلتها .
4. فسر العلماء والفلكيون أن النظام الشمسي نشأ وفق نظرية السديم، اشرح هذه النظرية .
5. كيف يتم تحديد كتلة وعمر النجم وتركيبه الكيميائي ؟

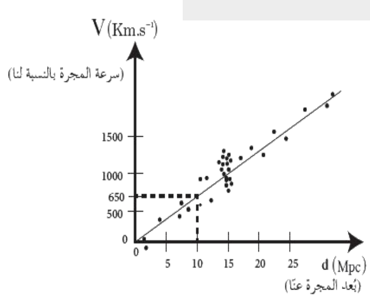
الحل :

.1

المقارنة من حيث :	النجوم	الكواكب
الإشعاع الصادر	تبث الضوء والحرارة من داخلها ويكون إشعاعها أقل ثباتاً من إشعاع الكواكب	تعكس ضوء وحرارة الشمس ويكون إشعاعها أكثر ثباتاً من إشعاع النجوم
الموضع والحركة	لا تتغير أوضاعها بشكل ملحوظ ، أي مواقعها تبقى في تشكيلات ثابتة	تتحرك في مجال معيّن بالنسبة لمراقب على الأرض
درجة الحرارة	درجة حرارتها عالية ويسبح الملايين منها في الفضاء على امتداد القبة السماوية	باردة وتستمد حرارتها من الشمس

2. تحيط بالشمس أربعة كواكب صخرية وترتيبها حسب الأقرب من الشمس (عطارد – الزهرة – الأرض – المريخ) ويليها أربعة كواكب غازية (المشتري – زحل – أورانيوس – نبتون)
3. مصدرها الاندماج النووي وهو اندماج الهدروجين لتكوين الهليوم ومع مرور الزمن تزداد كمية الهليوم وتقل كمية الهدروجين . وتنطلق كمية كبيرة جداً من الطاقة ناتج عن نقص في كتلة الشمس وتحول هذا النقص إلى طاقة وفق علاقة أينشتاين في النسبية الخاصة $\Delta E = \Delta m . c^2$
4. نظرية السديم : تنص على أنه يبدأ التفاعل النووي داخل النجم عندما تنهار سحابة مكونة من الغاز و الجسيمات (وهي السديم) تحت تأثير الضغط الناتج عن جاذبيتها فيولد هذا الانهيار كرة كبيرة من الضوء ويبدأ الاندماج بين الذرات تحت تأثير الضغط والحرارة المرتفعين، فيندمج الهدروجين الذي يشكل النسبة الاكبر من النجم ليتحول إلى هيليوم، وتصدر الطاقة نتيجة النقص في الكتلة وفق علاقة آينشتاين .
5. يمكن تحديد كتلة النجم، وعمره، وتركيبه الكيميائي، وعدة خصائص أخرى بملاحظة ودراسة طيفه وشدة إضاءته وحركته.

السؤال الثاني : يعبر التمثيل البياني المجاور عن سرعة المجرات بدلالة بعدها عنا وفق العالم هابل، المطلوب :



1. أيهما أكبر سرعة ابتعاد المجرات القريبة أم البعيدة عنا ؟
2. هل وجد هابل انزياحاً لطيف المجرات نحو اللون الأزرق أم نحو الأحمر وماذا يعني ذلك؟
3. أرمز لثابت التناسب (الميل) التقريبي بـ H_0 و اوجد العلاقة بين d،H_0،v

الحل :

1. وجد هابل كلما كانت المجرة أبعد كانت سرعتها أكبر .
2. طيف المجرات ينزاح نحو اللون الأحمر لأن المجرات تبتعد ويزداد الطول الموجي مع ابتعادها وفق المعادلة: $\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{v}\right)\lambda$ λ' أكبر من λ
3. $v = H_0 . d$ حيث : v سرعة المجرة بالنسبة لنا، H_0 ثابت هابل، d بعد المجرة عنا.

السؤال الثالث: عندما يكون المنبع الموجي ساكناً بالنسبة للمراقب فإن $\lambda = \frac{v}{f}$، وعندما يتحرك المنبع الموجي بالنسبة للمراقب بسرعة v' تشغل الموجة المسافة λ'، أوجد العلاقة بين λ' و λ ، لكل من الحالتين وماذا تسمى هذه الظاهرة في الطيف المرئي في كلتا الحالتين

a. عندما يبتعد المنبع الموجي عن المراقب
b. عندما يقترب المنبع الموجي من المراقب

➢ صيغة أخرى للسؤال فسر:

a. عندما يبتعد المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطيف الموجي نحو الأحمر واستنتج العلاقة بين λ' و λ
b. عندما يقترب المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطيف الموجي نحو الأزرق واستنتج العلاقة بين λ' و λ

الحل :

1. عندما يبتعد منبع موجي عن مراقب فإن الطول الموجي يزداد، وبما أن الضوء ذا الطول الموجي الأكبر هو الاحمر، فعندما يبتعد المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطيف الموجي نحو الاحمر.

عندما يكون المنبع ساكناً بالنسبة للمراقب تشغل الموجة مسافة λ : $\lambda = \frac{v}{f}$

عندما يتحرك المنبع مبتعداً عن المراقب بسرعة v'، تشغل الموجة مسافة λ' ويكون الزيادة في طول الموجة: $\Delta\lambda = \frac{v'}{f}$

$$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda \Rightarrow \lambda' = \frac{v}{f} + \frac{v'}{f} \Rightarrow$$

$$\lambda' = \frac{v+v'}{f} \xRightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} \lambda' = \frac{v+v'}{\frac{v}{\lambda}} \Rightarrow \lambda' = \left(\frac{v+v'}{v}\right)\lambda$$

$$\boxed{\lambda' = \left(1 + \frac{v'}{v}\right)\lambda}$$

λ' أكبر من λ أي ظاهرة انزياح نحو اللون الأحمر

2. عندما يقترب منبع موجي من مراقب فإن الطول الموجي ينقص، وبما أن الضوء ذا الطول الموجي الأقصر هو الأزرق، فعندما يقترب المنبع الضوئي من المراقب ينزاح الطيف الموجي نحو الأزرق.

عندما يكون المنبع ساكناً بالنسبة للمراقب تشغل الموجة مسافة λ : $\lambda = \frac{v}{f}$

عندما يتحرك المنبع مقترباً من المراقب بسرعة v'، تشغل الموجة مسافة λ' ويكون النقصان في طول الموجة: $\Delta\lambda = \frac{v'}{f}$

$$\lambda' = \lambda - \Delta\lambda \Rightarrow \lambda' = \frac{v}{f} - \frac{v'}{f} \Rightarrow$$

$$\lambda' = \frac{v-v'}{f} \xRightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} \lambda' = \frac{v-v'}{\frac{v}{\lambda}} \Rightarrow \lambda' = \left(\frac{v-v'}{v}\right)\lambda$$

$$\boxed{\lambda' = \left(1 - \frac{v'}{v}\right)\lambda}$$

λ' أصغر من λ أي ظاهرة انزياح نحو اللون الأزرق

السؤال الرابع : في الفيزياء الفلكية إن من أكثر النظريات قبولاً حول نشأة الكون نظرية الانفجار الأعظم والمطلوب :

1. اشرح ماذا تقول نظرية الانفجار العظيم
2. اشرح الأسس الفيزيائية التي تقوم عليها هذه النظرية

الحل :

1. إن الكون نشأن قبل حوالي 13.8 مليار سنة. في تلك اللحظة، كان الكون عبارة عن نقطة منفردة صغيرة جداً، ذات كثافة عالية جداً من المادة والحرارة التي تفوق الخيال. ثم حدث الانفجار العظيم. وبدأت المادة تأخذ أشكالها، فتشكلت في البداية الجسيمات الأولية، ثم الذرات والجزيئات و الغبار الكوني، فالنجوم والمجرات، و استمر توسع الكون إلى يومنا هذا.

2. - الانزياح نحو الأحمر لطيف المجرات.
- وجود تشويش ضعيف لموجات راديوية قادمة بشكل منتظم تماماً من جميع اتجاهات الكون، و بالشدة نفسها المتوقعة في وقتنا الحاضر لإشعاع الانفجار الأعظم.
- وجود كميات هائلة من الهيدروجين والهليوم في النجوم، فمثلاً تبين أن كمية الهليوم التي تحويها شمسنا أكبر بثلاث أضعاف من الكمية التي يمكن أن تتولد نتيجة اندماج الهيدروجين في قلب الشمس، وهذا يستدعي وجود مصدر هائل آخر درجة حرارته أعلى بكثير من درجة حرارة الشمس، إنها الدقائق الأولى من بدء الانفجار الأعظم.

السؤال الخامس :

في الفيزياء الفلكية أفترض أني على سطح الأرض، وأريد إلقاء جسم للأعلى حتى يفلت من جذب الأرض وينطلق في الفضاء والمطلوب:

1. عرف السرعة الكونية الأولى واستنتج العلاقة المعبر عنها
2. عرف السرعة الكونية الثانية (سرعة الإفلات) واستنتج العلاقة المعبرة عنها
3. استنتج العلاقة بين السرعة الكونية الأولى والسرعة الكونية الثانية .

الحل :

1. السرعة الكونية الأولى هي السرعة المدارية (مماسية للمسار الدائري حول الأرض) التي تجعل قوة العطالة النابذة للجسم تساوي قوة جذب الأرض له.

قوة جذب الأرض $F_c = F_g$ القوة الجاذبة المركزية

$$m.a_c = G\frac{mM}{r^2}$$

$$m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2} \Rightarrow v_1^2 = \frac{GM}{r}$$

السرعة الكونية الأولى : $\boxed{v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}}$

2. السرعة الكونية الثانية هي السرعة التي تجعل الطاقة الحركية للجسم المبتعد عن الأرض تساوي طاقة الجذب الكامنة

- الطاقة الحركية للجسم المبتعد: $E_k = E_p$ طاقة الجذب الكامنة (عمل قوة التجاذب)

$$\frac{1}{2}mv^2 = F_g.r$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$

السرعة الكونية الثانية (سرعة الإفلات) : $\boxed{v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}}$

<u>حيث:</u>

- v: سرعة الإفلات من الأرض (السرعة الكونية الثانية).
- G: ثابت التجاذب العالمي.
- M: كتلة الأرض (الجسم الجاذب).
- r: نضف قطر الأرض.

3. السرعة الكونية الأولى : $\boxed{v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}}$ ، السرعة الكونية الثانية (سرعة الإفلات) : $\boxed{v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}}$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{2GM}{r}}}{\sqrt{\frac{GM}{r}}} = \sqrt{2} \xrightarrow{\text{العلاقة بين السرعتين}} \boxed{v_2 = \sqrt{2}.v_1}$$

السؤال السادس: الثقب الأسود هو حيّز ذو كثافة هائلة لا يمكن لشيء الهروب من جاذبيته يعطى نصف قطره بالعلاقة : $r = \frac{2GM}{c^2}$ المطلوب :

1. أكتب دلالات الرموز في العلاقة السابقة
2. ماهي الطرق الممكنة لرصد الثقوب السوداء على الرغم من أنه لا يمكن رؤيتها فهي تبتلع الضوء ؟
3. كيف يمكن للثقب الأسود أن يجذب الضوء؟ هل للضوء كتلة؟
4. لو ضُغِط كوكب ليصبح ثقب أسود ،استنتج نصف قطر الكوكب عندئذٍ .

الحل:

1. c: سرعة الضوء G: ثابت التجاذب العالمي. M: كتلة الجسم الأسود (الجسم الجاذب). r: نضف قطر الجسم الأسود .
2.

- سلوك الأجسام المجاورة للثقوب السوداء من خلال دراسة الحركات غير المتوقعة للنجوم أو الغبار أو الغازات المحيطة بالأماكن غير المرئية.

3. الانبعاث الإشعاعي: الناتج عن حرارة وسرعة الأجسام التي تدور حول الثقب الأسود والتي تبعث بأشعة سينية يتم استقبالها على الأرض
4. تأثير عدسة الجاذبية: وفق النظرية النسبية العامة تحدث الجاذبية انحناء في الفضاء، فضوء النجوم أو المجرات الذي يمر بجوار ثقب أسود ينحني فتبدو تلك النجوم أو المجرات في غير أماكنها بالنسبة للتلسكوبات لأرضية، تعرف هذه الظاهرة باسم عدسة الجاذبية
5. ليس للضوء كتلة سكونية لكن له طاقة تكافئ كتلة تعطى بالعلاقة: $E = m.c^2$ يعمل الثقب الأسود على جذبها .
6. نستنتج أولاً السرعة الكونية الثانية :

الطاقة الحركية للجسم المبتعد $E_k = E_p$ طاقة الجذب الكامنة (عمل قوة التجاذب)

$$\frac{1}{2}mv^2 = F_g.r \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$

السرعة الكونية الثانية (سرعة الإفلات) : $v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

وبما أنه لا يمكن لأي جسم أن تتجاوز سرعته سرعة الضوء في الخلاء فيكون: $v = c \Rightarrow c = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

فيكفي الجسم الجاذب ليكون جسم أسود أن يكون نصف قطره يعطى بالعلاقة: $\boxed{r = \frac{2GM}{c^2}}$

حل أسئلة الدرس ص265:

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

-1 c- أقل من 70%

الشرح: لأن النجم هو كتلة من غاز الهيدروجين والهيليوم يحدث تفاعل اندماج نووي يتم فيه استهلاك الهيدروجين في النجم.

-2 c- 3 سنة أرضية.

الشرح: لأن السرعة الخطية للكوكب ثلث الخطي المدارية للأرض.

-3 b- ينزاح نحو الأزرق

الشرح: عند الاقتراب فإن تواتر الضوء يزداد.

-4 b- معدل تغير سرعة تمدد الكون مع المسافة.

-5 c- 0.1

الشرح: حسب الخط البياني الموضح بالصفحة (258) من الكتاب.

-6 b- ذات كثافة هائلة.

ثانياً: أجب عن الأسئلة التالية:

1- الجواب: كوكب المشتري هو خامس كوكب في المجموعة الشمسية و أكبر كواكب المجموعة الشمسية وهو كوكب غازي يتألف بشكل أساسي من 90% هيدروجين 10% هيليوم، أما أقماره فهي صخرية.

2- الجواب: عندما يقترب المنبع من المراقب فإن التواتر يزداد وطول الموجة ينقص.

مقدار نقصان طول الموجة $\Delta\lambda = \frac{v'}{f}$

$$\lambda' = \lambda - \Delta\lambda$$

طول الموجة الذي يصل للمراقب | طول موجة المنبع | مقدار نقصان طول الموجة

$$\lambda' = \frac{v}{f} - \frac{v'}{f} \Rightarrow \lambda' = \frac{v-v'}{f}$$

$$\lambda' = \frac{v-v'}{\frac{v}{\lambda}} \Rightarrow \lambda' = \left(\frac{v-v'}{v}\right)\lambda$$

$$\lambda' = \left(1 - \frac{v'}{v}\right)\lambda$$

وبالتالي فإن طول الموجة الواصل إلى المراقب ينقص والتواتر يزداد فينزاح اللون باتجاه الأزرق.

3- الجواب:

- استنتاج السرعة الكونية الأولى:

القوة الجاذبة المركزية | قوة جذب الأرض

$$F_C = F_g$$

$$m.a_C = G\,m.\frac{M}{r^2}$$

$$\frac{v_1^2}{r} = G\frac{M}{r^2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

- استنتاج السرعة الكونية الثانية وهي سرعة الانفلات من جاذبية الكوكب:

$$E_k = \overline{W}_{\overrightarrow{W}}$$

الطاقة الحركية الواجب إكسابها للجسم حتى يخرج خارج نطاق الجاذبية | عمل قوة الجاذبية الأرضية

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = F_g r$$

$$\frac{1}{2}m\,v_2^2 = G\frac{mM}{r^2}r$$

$$v_2^2 = \frac{2GM}{r} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

$$v_2 = \sqrt{2}\sqrt{\frac{GM}{r}} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2}v_1$$

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: ص266:

$$\underbrace{R}_{\text{نصف قطر الأرض}} = 6400\,Km = 64\times10^5 m \text{ ، } g = 10 m.s^{-2}$$

- مطلوب حساب $r = ?$ (نصف قطر الأرض عندما تصبح ثقب أسود)

$$\frac{1}{2}mv^2 = F\,r$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = G\frac{mM}{r^2}r \Rightarrow v^2 = 2G\frac{M}{r}$$

عندما تصبح الأرض ثقب أسود يصبح $v = c$

$$c^2 = \frac{2GM}{r} \Rightarrow \underbrace{r}_{\text{نصف قطر شفارتز شيلد}} = \frac{2GM}{c^2} \quad *$$

لكن: حقل الجاذبية الأرضية يعطى بالعلاقة:

$$g = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow gR^2 = GM$$

نعوض في *

$$r = \frac{2gR^2}{c^2} \Rightarrow r = \frac{2\times10\times(64\times10^5)^2}{9\times10^{16}}$$

$$r = \frac{2\times10\times(64)^2\times10^{10}}{9\times10^{16}} = 9\times10^{-3}$$

- لن تبلغ الأرض القمر لأن كتلة الأرض لن تتغير وكتلة القمر لن تتغير والبعد بينهما لم يتغير وبالتالي قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر لا تتغير.

المسألة الثانية ص266:

مطلوب حساب $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = ?$ نسبة انزياح الطول الموجي إلى الطول الأصلي

وحساب $\lambda' = ?$ (طول الموجة بعد الإنزياح)

$d = 932\times10^6$ سنة ضوئية (بعد المجرة)

$\lambda = 500 n.m = 500\times10^{-9} = 5\times10^{-7} m$ (طول الموجة الأصلي)

$$\underbrace{H_0}_{\text{ثابت هابل}} = 68 km.s^{-1}/MPc \text{ ،} Pc = 3.26\ light\ year$$

ميغا $= 10^6$ — الفرسخ الفلكي

الحل:

- $$light.year = 3\times10^8\times3600\times24\times365.5$$
$$= 9.46728\times10^{15}\,m$$
- الفرسخ الفلكي (PC) يعادل 3.26 سنة ضوئية.
$$PC = 3.26\times9.46728\times10^{15} \approx 3\times10^{16}\,m$$
- نحسب ثابت هابل (H_0) بالواحد الدولية (S^{-1})
$$H_0 = \frac{68\times10^3}{10^6\times3\times10^{16}} = \frac{68}{3}\times10^{-19}S^{-1}$$
- حساب المسافة (d) مقدرة بـ (m)
$$d = 932\times10^6\times9.46728\times10^{15}$$
$$d = 88.23\times10^{+23} m$$

- حساب سرعة ابتعاد المجرة بالاعتماد على ثابت هابل:

$$H_0 = \frac{v'}{d} \Rightarrow \frac{68}{3} \times 10^{-19} = \frac{v'}{88.23\times10^{23}}$$

$$\Rightarrow v' = \frac{68}{3} \times 88.23 \times 10^{4} m.s^{-1} = 2 \times 10^{7}\ m.s^{-1}$$

- حساب طول الموجة بعد الانزياح $\lambda' = ?$

$$\lambda' = \left[1 + \frac{v^2}{c}\right]\lambda \Rightarrow$$

$$\lambda' = \left[1 + \frac{2\times10^{7}}{3\times10^{8}}\right] \times 5 \times 10^{-7}$$

$$\lambda' = \left[1 + \frac{2}{3} \times 10^{-1}\right] \times 5 \times 10^{-7}$$

$$\lambda' = 1.06 \times 5 \times 10^{-7} = 5.33 \times 10^{-7} m$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$$

$$\Delta\lambda = 5.33 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-7} = 0.33 \times 10^{-7} m$$

- حساب نسبة انزياح الطول الموجي إلى الطول الأصلي $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = ?$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{0.33\times10^{-7}}{5\times10^{-7}} = \frac{33\times10^{-2}}{5} = 66 \times 10^{-3} \approx \frac{1}{15}$$

المسألة الثالثة ص266:

$$r = 1.52 AU$$

- مقدار النقصان في كتلة الشمس خلال دقيقة:

$$\Delta m = 4.22 \times 10^{11}\ kg.s^{-1}$$

$$\Delta m = 4.22 \times 10^{11} \times 60 = 4.22 \times 6 \times 10^{12} kg.\min^{-1}$$

4. مطلوب حساب $\Delta E' = ?$ (الطاقة التي يتلقاها $(1km^2)$ من سطح المريخ خلال $\Delta t = 1min$)

- مقدار الطاقة التي تشعها الشمس خلال دقيقة:

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

$$\Delta E = 4.22 \times 6 \times 10^{12} \times 9 \times 10^{16}$$

$$\Delta E = 4.22 \times 9 \times 6 \times 10^{28}\ J.min^{-1}$$

- بعد المريخ عن الشمس مقدرة بـ Km

$$r = 1.52 \times 150 \times 10^{6} = 1.52 \times 15 \times 10^{7}\ Km$$

- الطاقة التي يتلقاها $[1km^2]$

$$\Delta E' = \frac{\Delta E}{S} = \frac{\Delta E}{4\pi r^2} \Rightarrow$$

مساحة سطح الكرة

$$\Delta E' = \frac{4.22\times9\times6\times10^{28}}{4\pi(1.52\times15\times10^{7})^2}$$

$$\Delta E' = 0.055 \times 10^{14}\ J/km^2$$