# القوانين الخاصة بالنواس المرن

1- احسب الدور الخاص.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad , \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad , \quad T_0 = \frac{\text{الزمن}}{\text{عدد الهزات}} = \frac{t}{n}$$

2- استنتج التابع الزمني لمطال الحركة انطلاقاً من شكله العام.

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

لحساب قيم الثوابت $X_{max} \quad , \quad \omega_0 \quad , \quad \varphi$

$X_{max}$ من الرسم أو من التابع المعطى أو من نص المسألة

قطعة مستقيمة $d = 2Xmax$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

لحساب $\varphi$ من شروط البدء من

الجسم كان في وضع المطال الأعظمي الموجب

لحظة بدء الزمن

$x = X_{max}\ , \quad t = 0$

$1 = \cos\varphi \quad \Rightarrow \quad \varphi = 0\, rad$

الجسم في مركز التوازن

لحظة بدء الزمن

$x = 0\ ,\ t = 0$

$0 = \cos\varphi \quad \Rightarrow \quad \varphi = \pm\frac{\pi}{2}\, rad$

وهو يتحرك بالاتجاه السالب

نختار الحل الذي يجعل $v < 0$

السرعة سالبة

$\varphi = +\frac{\pi}{2}\, rad$

وهو يتحرك بالاتجاه الموجب

نختار الحل الذي يجعل $v > 0$

السرعة موجبة

$\varphi = -\frac{\pi}{2}\, rad$



الجسم في موضع المطال الأعظمي السالب

لحظة بدء الزمن

$X = -X_{max}\ , \quad t = 0$

$-1 = \cos\varphi \quad \Rightarrow \quad \varphi = \pi\, rad$

الجسم في موضع $X = \frac{X_{max}}{2}$

لحظة بدء الزمن

$X = \frac{X_{max}}{2}\ ,\ t = 0$

$\frac{1}{2} = \cos\varphi \quad \Rightarrow \quad \varphi = \pm\frac{\pi}{3}\, rad$

وهو يتحرك بالاتجاه السالب

نختار الحل الذي يجعل $v < 0$

السرعة سالبة

$\varphi = +\frac{\pi}{3}\, rad$

وهو يتحرك بالاتجاه الموجب

نختار الحل الذي يجعل $v > 0$

السرعة موجبة

$\varphi = -\frac{\pi}{3}\, rad$

لا تنسى أن تعوض الثوابت في تابع المطال

3- عين لحظة المرور ......... في موضع التوازن $x = 0$؟

هذه الطريقة اضمن للامتحان

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

$$\cos(\omega_0 t + \varphi) = 0$$

$$\omega_0 t + \varphi = \frac{\pi}{2} + \pi k$$

لحظة المرور الأول $k = 0$ ، لحظة المرور الثاني $k = 1$ ، لحظة المرور الثالث $k = 2$

**تقبل طريقة ثانية فقط في حال كانت شروط البدء $\overline{x} = Xmax$**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| المرور الأول | $t_1 = \frac{T_0}{4}$ | المرور الثاني | $t_2 = \frac{3T_0}{4}$ | المرور الثالث | $t_3 = \frac{5T_0}{4}$ |

4- احسب السرعة عند موضع مطاله ......؟

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

إذا طلب احسب السرعة لحظة المرور .....؟

أولاً: نحسب الزمن لحظة المرور .....

ثانياً: نعوض الزمن في تابع السرعة

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

5- احسب السرعة العظمى (طويلة)

$$v_{max} = \omega_0 X_{max}$$

6- احسب التسارع عند الموضع .....= $x$ ؟

$$a = -\omega_0^2 x$$

7- احسب قوة الإرجاع عند الموضع $x = \cdots$ ؟

$$F = -kx$$

إذا طلب احسب شدة قوة الإرجاع

نضع قيمة مطلقة والجواب موجب

$$F = |-kx|$$

8- الطاقة الكامنة في نقطة مطالها $x = \cdots$ ؟

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2$$

9- الطاقة الميكانيكية (الكلية)

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

نكشة حلوة

احسب الطاقة الحركية في مركز التوازن

$$x = 0 \quad \Longrightarrow \quad E_p = 0$$

$$E_{tot} = E_k$$

10- الطاقة الحركية عند موضع $x = \cdots$ ؟

$$E_k = E_{tot} - E_p$$

تنويه : نستخدم هذا القانون $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ عندما يطلب مني احسب السرعة لحظة المرور ..... والطاقة الحركية عندئذٍ.

11- احسب الاستطالة السكونية للنابض؟

$$mg = kx_0$$

انتبه

ممكن أن يأتي استنتج

نبدأ من $\Sigma\vec{F} = \vec{0}$

ونحدد القوى المؤثرة

ما زرع الله فيك رغبة الوصول لأمر معين
إلا لأنه يعلم أنك قادر

# قوانين خاصة بالنواس الفتل

1- الدور الخاص؟

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

2- استنتاج التابع الزمني للمطال الزاوي انطلاقاً من شكله العام؟

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

الثوابت $(\theta_{max}\ ;\ \omega_0\ ;\ \bar{\varphi})$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{I_\Delta}}$$

لحساب $\bar{\varphi}$ من شروط البدء

نتركه دون سرعة ابتدائية $\bar{\theta} = \theta_{max}$ ، لحظة بدء الزمن $t = 0$ فتصبح $\bar{\varphi} = 0$

لا تنسى أن تعوض الثوابت في تابع المطال الزاوي

3- السرعة الزاوية لحظة المرور .... بوضع التوازن؟

أولاً: نحسب الزمن:

$$0 = \theta_{max}\cos\omega_0 t$$

$$\cos\omega_0 t = 0$$

$$\omega_0 t = \frac{\pi}{2} + \pi k$$

المرور الأول $k = 0$ المرور الثاني $k = 1$ المرور الثالث $k = 2$

ثانياً: نعوض الزمن في تابع السرعة الزاوية $\bar{\omega} = -\omega_0\theta_{max}\,sin(\omega_0 t)$

| | |
|---|---|
| 4- السرعة الزاوية العظمى (طويلة) | 5- التسارع الزاوي عند الموضع $\theta = \cdots$ ؟ |
| $\omega_{max} = \omega_0\theta_{max}$ | $\alpha = -\omega_0^2\theta$ |
| 6- الطاقة الميكانيكية (الكلية) | 7- الطاقة الكامنة عند الموضع $\theta = \cdots$ ؟ |
| $E_{tot} = \frac{1}{2}k\theta_{max}^2$ | $E_p = \frac{1}{2}k\theta^2$ |
| 8- الطاقة الحركية عند موضع مطاله الزاوي $\theta = \cdots$ ؟ | |
| $E_{tot} = E_p - E_k \xrightarrow{\text{ننقل}} E_k = E_{tot} - E_p$ | |

9- نجعل طول سلك الفتل ...... ما كان عليه فاحسب الدور الجديد؟

$$T_0' = 2\pi\sqrt{\frac{I_\Delta}{k_1}} \xrightarrow{\text{لكن}} k_1 = \frac{k'(2r)^4}{l'}$$

## القوانين الخاصة بالنواس الثقلي الوكب

1- الدور الخاص للنواس الثقلي المركب في حالة السعات الزاوية الصغيرة.

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

2- الدور الخاص لو ناس بسعة زاوية $\theta > 0.24\ rad$ ؟

$$T'_0 = T_{0\,\text{مركب}} \left[1 + \frac{\theta_{max}^2}{16}\right]$$

3- حساب طول النواس الثقلي البسيط المواقت للنواس الثقلي المركب.

$$T_{0\,\text{مركب}} = T'_{0\,\text{بسيط}}$$

4- لدينا حالتين:

الحالة الأولى: يُعطيني زاوية كبيرة $\theta_{max} > 0.24\ rad$ ويطلب حساب السرعة الزاوية.

صيغة النص: نزيح الساق أو القرص عن وضع التوازن الشاقولي بزاوية $\theta_{max} > 0{,}24$ ونتركه دون سرعة ابتدائية.

المطلوب: استنتج بالرموز العلاقة المحددة للسرعة الزاوية للجملة لحظة مرورها بالشاقول، ثم احسب قيمتها.

$$\text{نطبق نظرية الطاقة الحركية} \xrightarrow{\text{نحدد}} \text{الموضعين} \xrightarrow{\text{وننطلق}} \Delta\bar{E}_{k(1\to2)} = \Sigma\overline{W}_{\vec F} \xrightarrow{\text{نحدد القوى}} \vec R\,,\overline{W}$$

$$\xrightarrow{\text{نذكر سبب انعدام}} E_{k_1}\,,\overline{W}_{\vec R} \xrightarrow{\text{فنحصل}} \frac{1}{2} I_\Delta \omega^2 = mgh \xrightarrow{\text{نعوض}} h = d(1-\cos\theta_{max})$$

فنحصل على العلاقة:

$$\omega = \sqrt{\frac{2mgd}{I_\Delta}(1-\cos\theta_{max})}$$

الحالة الثانية: يُعطيني السرعة الزاوية ويطلب حساب الزاوية $\theta_{max}$.

صيغة النص : نزيح الساق أو القرص عن وضع التوازن بزاوية $\theta_{max}$ فتكون السرعة الزاوية لحظة المرور بالشاقول $\omega = \cdots rad.s^{-1}$. المطلوب: استنتج قيمة الزاوية $\theta_{max}$.

$$\text{نطبق نظرية الطاقة الحركية} \xrightarrow{\text{نحدد}} \text{الوضعين} \xrightarrow{\text{وننطلق}} \Delta\bar{E}_{k(1\to2)} = \Sigma\overline{W}_{\vec F} \xrightarrow{\text{نحدد القوى}} \overline{W}\,,\vec R$$

$$\xrightarrow{\text{نكتب سبب انعدام}} E_{k_1}\,,\overline{W}_{\vec R} \xrightarrow{\text{فنحصل}} \frac{1}{2} I_\Delta \omega^2 = mgh$$

$$\xrightarrow{\text{نعوض}} h = d(1-\cos\theta_{max}) \xrightarrow{\text{نعزل}} 1-\cos\theta_{max} = \frac{I_\Delta\omega^2}{2mgd}$$

$$\xrightarrow{\text{ننقل}} \cos\theta_{max} = 1 - \frac{I_\Delta\omega^2}{2mgd}$$

**انتبه**
يمكن أن يعطيني السرعة الخطية $v$
ويطلب مني حساب الزاوية $\theta_{max}$

تنويه: السرعة الخطية تنقسم إلى عدة أقسام

| 1- لمركز عطالة الجملة | 2- للكتلة النقطية $m_1$ | 3- للكتلة النقطية $m_2$ |
|---|---|---|
| $v_c = \omega.d$ | $v_{m_1} = \omega.d$ | $v_{m_2} = \omega.d$ |
| $d$ : بعد مركز عطالة الجملة عن محور الدوران | d : بعد الكتلة $m_1$ عن محور الدوران | d : بعد الكتلة $m_2$ عن محور الدوران |

## جدول المقارنة

| | النواس الثقلي المركب | النواس البسيط |
|---|---|---|
| الحركة | اهتزازية غير توافقية من أجل السعات الزاوية الكبيرة<br>جيبية دورانية من أجل السعات الزاوية الصغيرة | |
| السرعة | سرعة زاوية $\vec{\omega}$ | سرعة خطية $\vec{v}$ |
| الطاقة الحركية | $E_k = \frac{1}{2} I_\Delta \omega^2$ | $E_k = \frac{1}{2} m v^2$ |
| القوى المؤثرة | $\vec{R}, \vec{W}$ | توتر الخيط $\vec{T}, \vec{W}$ |
| سبب انعدام عمل القوة | $W_{\vec{R}} = 0$: لأن حامل القوة $\vec{R}$ لا ينتقل | $W_{\vec{T}} = 0$: لأن حامل القوة $\vec{T}$ يعامد الانتقال في كل لحظة |
| الدور: | $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I_\Delta}{mgd}}$ | $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ |

# القوانين الخاصة بالنواس الثقلي البسيط

1- الدور الخاص للنواس في حالة السعات الزاوية الصغيرة؟

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

تنويه يمكن أن يأتي استنتج عبارة الدور الخاص للنواس الثقلي البسيط في حالة السعات الزاوية الصغيرة وذلك انطلاقا من عبارة الدور الخاص للنواس الثقلي المركب في حالة السعات الزاوية الصغيرة؟

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

$$I_\Delta = ml^2 \quad , \quad d = l$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{ml^2}{mgl}} \implies T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

| الزوايا الكبيرة |
| --- |
| $\theta = 0.4\ \text{rad}$ |
| $\theta = 0.8\ \text{rad}$ |

2- احسب الدور الخاص لو ناس بسعة $\theta > 0.24\ rad$ ؟

$$T'_0 = T_{0\text{بسيط}}\left[1 + \frac{\theta_{max}^2}{16}\right]$$

3- نزيح النواس عن وضع التوازن بزاوية $\theta_{max} > 0.24\ rad$ ويترك دون سرعة ابتدائية، فتكون السرعة الخطية لكرة النواس لحظة مرورها بالشاقول $v = \cdots\ m.s^{-1}$. استنتج قيمة $\theta_{max}$ ؟

$$\text{نطبق نظرية الطاقة الحركية} \xrightarrow{\text{نحدد}} \text{الوضعين} \xrightarrow{\text{وننطلق}} \Delta \mathrm{E}_{k(1\to2)} = \Sigma W_{\vec{F}} \xrightarrow{\text{نحدد القوى}} \vec{\mathrm{W}}\,,\vec{\mathrm{T}}$$

$$\xrightarrow{\text{نكتب سبب انعدام}} \mathrm{E}_{k_1}\,,\mathrm{W}_{\vec{T}} \xrightarrow{\text{فنحصل}} \frac{1}{2}mv^2 = mgh \xrightarrow{\text{نختصر}}$$

$$\xrightarrow{\text{نعوض}} h = l(1-\cos\theta_{max}) \xrightarrow{\text{فنحصل}} \frac{1}{2}v^2 = gl(1-\cos\theta_{max})$$

$$\xrightarrow{\text{نعزل}} 1-\cos\theta_{max} = \frac{v^2}{2gl} \xrightarrow{\text{ننقل}} \cos\theta_{max} = 1 - \frac{v^2}{2gl}$$

4- استنتج العلاقة المحددة لسرعة كرة النواس لحظة المرور بالشاقول؟

$$\text{نطبق نظرية الطاقة الحركية} \xrightarrow{\text{نحدد}} \text{الوضعين} \xrightarrow{\text{وننطلق}} \Delta \mathrm{E}_{k(1\to2)} = \Sigma W_{\vec{F}} \xrightarrow{\text{نحدد القوى}} \vec{\mathrm{W}}\,,\vec{\mathrm{T}}$$

$$\xrightarrow{\text{نكتب سبب انعدام}} \mathrm{E}_{k_1}\,,\mathrm{W}_{\vec{T}} \xrightarrow{\text{فنحصل}} \frac{1}{2}mv^2 = mgh \xrightarrow{\text{نختصر}}$$

$$\xrightarrow{\text{نعزل}} v^2 \xrightarrow{\text{نعوض}} h = l(1-\cos\theta_{max}) \xrightarrow{\text{فنحصل}} v = \sqrt{2gl(1-\cos\theta_{max})}$$

5- استنتج علاقة شدة قوة توتر الخيط لحظة المرور بالشاقول؟

$$\xrightarrow{\text{وننطلق}} \Sigma\vec{F} = m\vec{a} \xrightarrow{\text{نحدد القوى}} \vec{\mathrm{W}}\,,\vec{\mathrm{T}} \xrightarrow{\text{نأسقط على الناظم}} -W + T = ma_C \xrightarrow{\text{ننقل}}$$

$$\xrightarrow{\text{ونعوض}} a_C = \frac{v^2}{l} \xrightarrow{\text{فنحصل}} T = mg + m\frac{v^2}{l}$$

6- استنتج بالرموز العلاقة المحددة للتسارع المماسي لكرة النواس عندما يصنع الخيط مع الشاقول زاوية $(30^\circ)$ ؟

نبدأ $\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \xrightarrow{\text{نحدد القوى}} \vec{W}\,,\vec{T} \xrightarrow{\text{نأسقط على المماس}} -mg\sin\bar{\theta} = m\bar{a}_t$

$$\xrightarrow{\text{نختصر فنحصل}} \bar{a}_t = -g\sin\bar{\theta}$$

## القوانين الخاصة بميكانيك السوائل المتحركة

$$L \xrightarrow{\times 10^{-3}} m^3$$

$$cm \xrightarrow{\times 10^{-2}} \mathrm{m}$$

$$cm^2 \xrightarrow{\times 10^{-4}} m^2$$

1- معدل التدفق الحجمي أو معدل الضخ $Q^{`}$

$$Q^{`} = \frac{V}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad Q^{`} = s.v$$

2- سرعة دخول الماء $v_1$ وسرعة خروج الماء $v_2$.

$$Q^{`} = s_1 v_{1\text{دخول}} \quad \Rightarrow \quad v_{1\text{دخول}} = \frac{Q^{`}}{s_1}$$

$$Q^{`} = s_2 v_{2\text{خروج}} \quad \Rightarrow \quad v_{2\text{خروج}} = \frac{Q^{`}}{s_2}$$

3- الضغط $P$ .

$$P_1 = \rho g(Z_2 - Z_1) + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + P_2$$

$$\xrightarrow{\text{لكن}} \quad (Z_2 - Z_1) = h$$

4- فرق الضغط $P_1 - P_2$.

$$P_1 - P_2 = \rho g h + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$

5- العمل الميكانيكي $W_T$.

$$W_T = -\rho V g h + V(P_1 - P_2)$$

# القوانين الخاصة بالنسبية الخاصة

| | جسم متحرك (مركبة فضائية) مراقب داخلي | جسم ساكن (محطة أرضية) مراقب خارجي |
|---|---|---|
| الزمن | $t_0$ | $t$ |
| الطول | $L_0$ | $L$ |
| المسافة | $L^{`}$ | $L^{`}_0$ |

معامل لورينتس (معامل التمدد)

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\xrightarrow{\text{حيث}} \text{سرعة الضوء } c = 3 \times 10^8 \, m.s^{-1}$$

تمدد الزمن

$$\gamma = \frac{t}{t_0}$$

تقلص المسافة

$$L' = \frac{L^{`}_0}{\gamma}$$

تقلص الأطوال

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

الطاقة الحركية

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

الطاقة الكلية

$$E_{\text{كلية}} = E_{0\text{سكونية}} + E_{k\text{حركية}} \Longrightarrow mc^2 = m_0c^2 + E_k$$

كمية الحركة

$$P = m.v$$

الكتلة

$$m_{\text{عند الحركة}} = \gamma m_{0\text{عند السكون}}$$



**ملاحظات مهمة**

- عندما يكون شعاع سرعة المركبة موازياً لطول المركبة فالطول يتقلص ويبقى العرض ثابت
- يصح الميكانيك النسبي للسرعات الكبيرة والقريبة من سرعة الضوء ك الإلكترون

# القوانين الخاصة بالمغناطيسية

1- شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن سلك مستقيم

$$B = 2 \times 10^{-7} \frac{I}{d}$$

$$\xrightarrow{\text{لكن}} \quad I = \frac{U}{R} \quad \Rightarrow \quad B = 2 \times 10^{-7} \frac{1}{d} \frac{U}{R}$$

2- شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن ملف دائري

$$B = 2\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{r}$$

3- شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن الوشيعة

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{NI}{L}$$

4- التدفق المغناطيسي

$$\bar{\phi} = NBS \cos \alpha$$

$$\alpha = (\vec{B}, \vec{n})$$

$$S = \pi r^2$$

5- شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين

a- لهما نفس الجهة

$$B = B_{\text{كبير}} - B_{\text{صغير}}$$

b- بجهتين متعاكستين

$$B = B_1 + B_2$$

6- حساب الزاوية التي تنحرف فيها الإبرة المغناطيسية عن منحناها الأصلي

$$\tan \alpha = \frac{B}{B_H}$$

7- عدد لفات الكلية

$$N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة}} = \frac{L`}{2\pi r}$$

8- عدد لفات الطبقة الواحدة

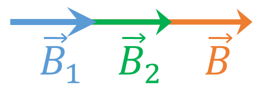
$$N` = \frac{\text{طول الوشيعة}}{\text{قطر السلك}} = \frac{L}{2r`}$$

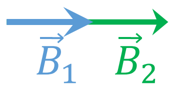
9- عدد الطبقات

$$n = \frac{N}{N'}$$

يوماً ما سنُلامسُ أحَلامنا، سنقطف
حصَادنا، ونُهدي نجَاحنا للعالمِ الذي نُحبّ،
يوماً ما سنصنعُ الفرق بإذن الله

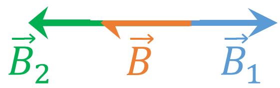
❖ الحقلين بجهة واحدة المحصلة تكون حاصل جمع الحقلين.



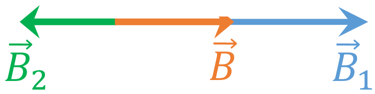

❖ الحقلين بجهتين متعاكستين المحصلة تكون حاصل طرح الحقلين (الكبير ناقص الصغير).

بعد

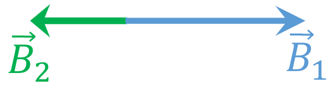



قبل


بعد



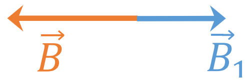

قبل




**اختبر نفسك:**

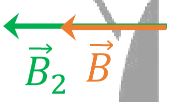
**1-** حدد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}_2$.

أمام خلف




**2-** حدد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}_1$.

أمام خلف

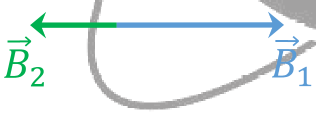



**3-** حدد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

أمام خلف

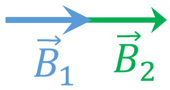

**4-** حدد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

أمام خلف




**5-** حدد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

أمام خلف




**6-** حدد جهة الحقل المغناطيسي $\vec{B}$.

أمام خلف

# القوانين الخاصة لفعل الحقل المغناطيسي

## المسألة 14 عامة

$$mT \xrightarrow{\times 10^{-3}} T$$

❖ القوة المغناطيسية (لورانز) $F$ واحدتها في الجملة الدولية $N$.

$$F = qvB\sin\theta$$

❖ برهن أن حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسي هي حركة دائرية منتظمة.

$$\xrightarrow{\text{نحدد القوة}} F\ ,\ e \text{ نهمل قوة ثقل } \xrightarrow{\text{وننطلق}} \Sigma\vec{F} = m_e\vec{a}$$

$$\xrightarrow{\text{نعوض}} F \xrightarrow{\text{حسب خواص الجداء الشعاعي}} \vec{a}_{\text{ناظم}} \perp \vec{v}_{\text{مماس}} \xrightarrow{\text{فالحركة}} \text{دائرية منتظمة}$$

❖ استنتاج العلاقة المحدّدة لنصف قطر المسار الدائريّ $r$.

$$r \text{ لإيجاد } \xrightarrow{\text{ننطلق}} F = F_c \xrightarrow{\text{لكن}} F = evB\sin\theta \xrightarrow{\text{لكن}} F_c = ma_c \xrightarrow{\text{حيث}} a_c = \frac{v}{r}$$

$$\xrightarrow{\text{بالتعويض فنحصل}} r = \frac{m_e\, v}{e\, B}$$

❖ دور حركة الالكترون $T$.

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

## القوانين الخاصة لمسائل السكتين

1- القوة الكهرطيسية:

$$F = ILB\sin\theta$$

$$\theta = (\overrightarrow{IL} , \vec{B}) \xrightarrow{\text{دائماً}} \overrightarrow{IL} \perp \vec{B} \quad \Rightarrow \quad \theta = \frac{\pi}{2}\,rad$$

2- عمل القوة الكهرطيسية :

$$w = F.\Delta x \xrightarrow{\text{حيث}} \Delta x = v\Delta t$$

3- نميل السكتين عن الأفق احسب شدة التيار أو حساب زاوية الميل:

$$\Sigma\vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{W} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$$

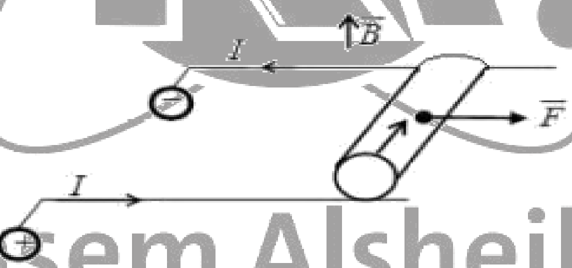
بالإسقاط على محور $xx^{`}$

$$+w\sin\alpha + 0 - F\cos\alpha = 0$$

$$mg\sin\alpha = ILB\sin\theta\cos\alpha$$

ثم نعزل المطلوب

4- الرسم التوضيحي لتجربة السكتين الكهرطيسية



# القوانين اللازمة لحل مسألة دولاب بارلو

1- القوة الكهرطيسية

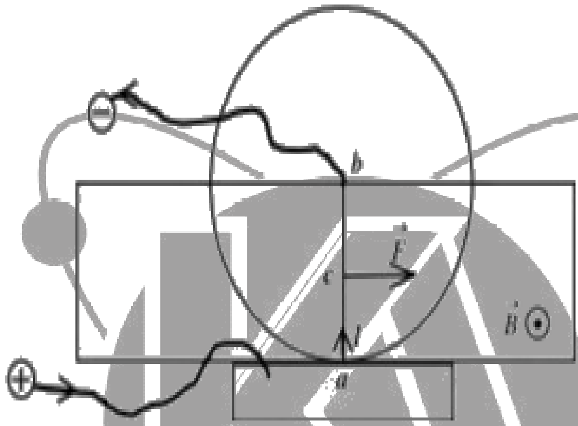
$$F = IrB \sin\theta$$

$$\theta = (\overrightarrow{Ir}, \overrightarrow{B}) \xrightarrow{\text{لأن}} \overrightarrow{Ir} \perp \overrightarrow{B} \implies \theta = \frac{\pi}{2}\, rad$$

2- عزم القوة الكهرطيسية

$$\Gamma_\Delta = \text{ذراع}\ \frac{r}{2} \times \text{قوة}\ F$$

3- الرسم التوضيحي لتجربة دولاب بارلو:



4- حساب كتلة الجسم المعلق $m^`$ :

$$\Sigma \bar{\Gamma}_\Delta = 0$$

$$\bar{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \bar{\Gamma}_{\vec{W^`}/\Delta} = 0$$

$\bar{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta}$ و $\bar{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$ : لأنهما يلاقيان محور الدوران

$$\frac{r}{2}F - rm^`g = 0$$

$$\frac{1}{2}F = m^`g$$

$$m' = \frac{F}{2g}$$

# القوانين اللازمة لحل مسائل الإطار

1- القوة الكهرطيسية

$$F = NILB \sin\theta$$

$$\theta = (\overrightarrow{IL},\overrightarrow{B}) \xrightarrow{\text{لأن}} \overrightarrow{IL} \perp \overrightarrow{B} \quad \Longrightarrow \quad \theta = \frac{\pi}{2}\,rad$$

2- عزم المزدوجة الكهرطيسية

$$\Gamma_{\Delta} = NIsB \sin\alpha \quad \Longrightarrow \quad \alpha = (\vec{n},\overrightarrow{B})$$

3- عمل المزدوجة الكهرطيسية ( للإطار )

$$w = I.\Delta\phi \quad \Longrightarrow \quad \Delta\phi = NBs\Delta\cos\alpha$$

$\alpha = \frac{\pi}{2}$ : إذا كانت خطوط الحقل توازي مستوي الإطار أو مستوي الإطار يوازي خطوط الحقل $\overrightarrow{B}$.

$\alpha = 0$ : توازن مستقر.

4- ثابت فتل سلك التعليق $k$.

$$\Sigma\Gamma_{\Delta} = 0 \quad \Longrightarrow \quad \Gamma_{\vec{F}/\Delta} + \Gamma_{\vec{\eta}/\Delta} = 0$$

$$NIsB \sin\alpha - k\theta^{`} = 0$$

$$\alpha + \theta^{`} = 90^{\circ} \quad \Longrightarrow \quad \sin\alpha = \cos\theta^{`}$$

$$NIsB \cos\theta^{`} = k\theta^{`}$$

$$k = \frac{NIsB}{\theta^{`}} \cos\theta^{`}$$

نستطيع حساب أيضاً شدة التيار $I$.



**ملاحظة مهمة**

- أثناء قطع التيار تتغير قيمة $I$ وزاوية دوران الإطار $\theta^{`}$.

5- حساب قيمة ثابت المقياس الغلفاني $G$.

$$G = \frac{\theta^{`}}{I} \quad \text{أو} \quad G = \frac{NsB}{k}$$

**للتذكير**

- المساحة لإطار مستطيل طوله $l$ وعرضه $d$ يساوي $s = l.d$.
- المساحة لإطار مربع الشكل طول أحد ضلعيه $l$ يساوي $s = l^2$.

# التحريض الكهرطيسي

## القوانين اللازمة لحل مسائل السكتين

1- القوة الكهرطيسية

$$F = ILB\sin\theta$$

$$\theta = (\overrightarrow{IL}, \vec{B}) \xrightarrow{\text{لأن}} \overrightarrow{IL} \perp \vec{B} \implies \theta = \frac{\pi}{2}\,rad$$

2- عمل القوة الكهرطيسية

$$w = F.\Delta x \xrightarrow{\text{حيث}} \Delta x = v\Delta t$$

3- استنتاج عبارة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة.

$$\text{عند تحريك الساق} \xrightarrow{\text{بسرعة}} \vec{v} \xrightarrow{\text{بفاصل زمني}} \Delta t \xrightarrow{\text{فتنتقل}} \Delta x = v\Delta t$$

$$\xrightarrow{\text{فتمسح سطحاً}} \Delta s = L\Delta x = Lv\Delta t \xrightarrow{\text{فيتغير}} \Delta\varphi = B\Delta s\cos\alpha = BLv\Delta t\cos\alpha$$

تنويه نستخدم $cos\ \alpha$ فقط في حالة إمالة السكتين بزاوية.

$$\xrightarrow{\text{فتتولد}} \varepsilon = \left|\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\right| = BLv\cos\alpha$$

4- شدة التيار المتحرض $i$.

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

5- استنتاج العلاقة المحددة للمقاومة الكلية للدارة

نبدأ من عند تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ لنصل للعلاقة

$$R = \frac{\varepsilon}{i}$$

6- الاستطاعة الكهربائية $p$ وواحدتها في الجملة الدولية watt.

$$p = \varepsilon . i$$

# القوانين اللازمة لحل مسائل الملف

1- القوة المحركة الكهربائية المتحرضة ε واحدتها في الجملة الدولية $V$.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

| تغير التدفق المغناطيسي |
| --- |
| $\Delta\phi = N\Delta B s\cos\alpha$ |
| $\Delta B = B_2 - B_1$<br>في حال ازدياد أو تناقص $B$ من --- إلى ---- |
| تنويه: في حالة قطع التيار $B = 0 \implies I = 0$ |
| $\alpha = 0$ : إذا كانت خطوط $B$ ناظميه على مستوي الملف |

2- لتحديد جهة $B_{محرض}$ , $B`_{متحرض}$.

| 1- إذا كانت $\varepsilon < 0 \implies \Delta\phi > 0$ | 2- إذا كانت $\varepsilon > 0 \implies \Delta\phi < 0$ |
| --- | --- |
| $B_{محرض}$ , $B`_{متحرض}$<br>على حامل واحد وبجهتين متعاكستين | $B_{محرض}$ , $B`_{متحرض}$<br>على حامل واحد وبجهة واحدة |

- لتحديد الوجه المقابل عند تقريب مغناطيس يحدث تنافر وعند إبعاد مغناطيس يحدث تجاذب

أمثلة: تقريب قطب شمالي فوجه المقابل شمالي ، إبعاد قطب جنوبي فوجه المقابل شمالي.

تقريب قطب جنوبي فوجه المقابل جنوبي ، إبعاد قطب شمالي فوجه المقابل جنوبي.

3- الاستطاعة الكهربائية :

$$P = \varepsilon i$$

4- الاستطاعة الحرارية :

$$P` = R i^2$$

5- طول سلك الملف:

$$N = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة}} = \frac{L`}{2\pi r} \implies L` = N.2\pi r$$

## القوانين الخاصة بمسائل الوشيعة

1. القوة المحركة الكهربائية المتحرضة

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

2. التيار الكهربائي المتحرض

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

3. القوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية

$$\bar{\varepsilon}_L = -L\frac{d\bar{i}}{dt}$$

4. ذاتية الوشيعة

$$L_{\text{ذاتية الوشيعة}} = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2 s}{L_{\text{طول الوشيعة}}} \Leftrightarrow L_{\text{ذاتية الوشيعة}} = 10^{-7}\frac{L`^2_{\text{طول السلك}}}{L_{\text{طول الوشيعة}}}$$

5. تغير التدفق في اللحظتين $t_1, t_2$

نعوض اللحظتين في تابع الشدة اللحظية ثم نحسب تغير التدفق من العلاقة

$$\Delta\phi = L_{\text{ذاتية}}\Delta i = L_{\text{ذاتية}}(i_2 - i_1)$$

6. الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة

$$E_L = \frac{1}{2}\phi i \quad \Leftrightarrow \quad E_L = \frac{1}{2}Li^2$$

## القوانين اللازمة لحل مسائل الإطار

1- التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية في الإطار:

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

$$\varepsilon_{max} = NsB\omega \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

2- تعين اللحظات التي تنعدم فيها القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية:

$$0 = \varepsilon_{max}\sin\omega t$$

$$\sin\omega t = \sin(0 + \pi k)$$

$$\omega t = \pi k$$

لحظة الانعدام الأولى $k = 0$ لحظة الانعدام الثانية $k = 1$ لحظة الانعدام الثالثة $k = 2$.

3- التابع الزمني للتيار الكهربائي المتحرض اللحظي:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_{max}}{R}\sin\omega t$$

# القوانين الخاصة بالدارات المهتزة

1- علاقة الدور الخاص ( طومسون )

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

2- ذاتية الوشيعة

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 s}{l} \quad \Leftrightarrow \quad L = 10^{-7} \frac{L^{`2}}{l}$$

$$N = \frac{L^{`}}{2\pi r} \quad , \quad s = \pi r^2$$

| | |
|---|---|
| 3- سعة المكثفة: $C = \frac{q}{V}$ | 4- شحنة المكثفة العظمى: $q_{max} = C.U_{max}$ |
| 5- الطاقة المختزنة في المكثفة: $E_c = \frac{1}{2}\frac{q_{max}^2}{C}$ | 6- التواتر $f_0 = \frac{1}{T_0} \Leftrightarrow f_0 = \frac{c}{\lambda}$ |

7- الشكل العام لتابع الشحنة

$$\bar{q} = q_{max}\cos(\omega_0 t + \bar{\varphi}) \quad C$$

$$q_{max} = C.U_{max} \quad ، \quad \omega_0 = 2\pi f_0$$

8- تابع شدة التيار

$$\bar{i} = -\omega_0 q_{max} \sin \omega_0 t \quad A \quad \text{أو} \quad \bar{i} = I_{max}\cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right) \quad A$$

$$I_{max} = \omega_0 q_{max}$$

## القوانين الخاصة بالتيار المتناوب الجيبي

| تسلسل $I = const$ | تفرع $U = const$ |
|---|---|
| ❖ يعطى التابع الزمني للشدة اللحظية بالعلاقة<br>$\bar{i} = I_{max} \cos(wt + \bar{\varphi})$<br>1- احسب الشدة المنتجة للتيار $I_{eff}$ وتواتره.<br>$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}\ A$ | ❖ يعطى التابع الزمني للتوتر اللحظي بالعلاقة<br>$\bar{u} = U_{max} \cos(wt + \bar{\varphi})$<br>1- احسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ وتواتر التيار.<br>$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}\ V$ |
| $\omega = 2\pi f \quad \Rightarrow \quad f = \frac{\omega}{2\pi}\ Hz$ | |

| | | |
|---|---|---|
| | ❖ كتابة التابع الزمني للشدة اللحظية:<br>$\bar{i} = I_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi})\ (A)$<br>① $I_{max} = I_{eff}\sqrt{2}\quad A$<br>② $\omega = 2\pi f \quad rad.s^{-1}$<br>③ $\varphi$ : فرق الطور على التسلسل | ❖ كتابة التابع الزمني للتوتر اللحظي:<br>$\bar{u} = U_{max} \cos(\omega t + \bar{\varphi})\ (V)$<br>① $U_{max} = U_{eff}\sqrt{2}\quad V$<br>② $\omega = 2\pi f \quad rad.s^{-1}$<br>③ $\varphi$ : فرق الطور على التفرع |
| مقاومة صرفة (أومية) | $\varphi_R = 0$ rad | |
| وشيعة مهملة المقاومة | $\varphi_L = \frac{\pi}{2}$ rad | $\varphi_L = -\frac{\pi}{2}$ rad |
| وشيعة ذات مقاومة | زاوية حادة موجبة | زاوية حادة سالبة |
| مكثفة | $\varphi_C = -\frac{\pi}{2}$ rad | $\varphi_C = +\frac{\pi}{2}$ rad |
| نكشه حلوة إذا كان الوصل تسلسل تكون التيارات منطبقة على بعضها $\varphi = 0$ rad<br>إذا كان الوصل تفرع تكون الكمونات منطبقة على بعضها $\varphi = 0$ rad | | |

عامل استطاعة $\cos\varphi$

الدارة

تسلسل $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$

الوشيعة ذات مقاومة

$\cos\varphi_L = \frac{r}{Z_L}$

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

## الاستطاعة المتوسطة المستهلكة

**في الدارة**

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

تفرع $P_{avg} = P_{avg_1} + P_{avg_2}$

**في المقاومة**

$P_{avg} = I_{eff_R} U_{eff_R} \cos\varphi_R$

$P_{avg} = R I_{eff}^2$

**في الوشيعة ذات مقاومة**

$P_{avg} = I_{eff_{L,r}} U_{eff_{L,r}} \cos\varphi_{L,r}$

$P_{avg} = r I_{eff_{L,r}}^2$

**ملاحظات مهمة**

- الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في المكثفة والوشيعة مهملة المقاومة معدومة دائماً

$$\bar{\varphi}_c = -\frac{\pi}{2}\,rad \Rightarrow \cos\varphi_c = 0 \Rightarrow P_{avg_C} = 0$$

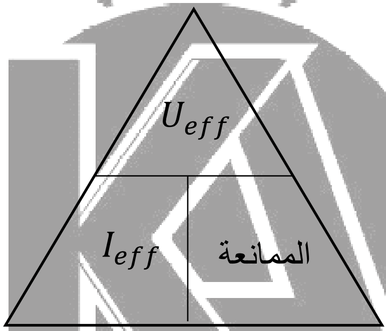
$$\bar{\varphi}_L = -\frac{\pi}{2}\,rad \Rightarrow \cos\varphi_L = 0 \Rightarrow P_{avg_L} = 0$$

**الشدة المنتجة**

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{\text{الممانعة}}$$

**التوتر المنتج**

$$U_{eff} = I_{eff} \times \text{الممانعة}$$




## الممانعة

**المقاومة الأومية**

$$R = \frac{U_{eff_R}}{I_{eff_R}}$$

**اتساعية المكثفة**

$$X_C = \frac{U_{eff_C}}{I_{eff_C}}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

**ردية الوشيعة (مهملة المقاومة)**

$$X_L = \frac{U_{eff_L}}{I_{eff_L}}$$

$$X_L = \omega L$$

**ممانعة الوشيعة (ذات مقاومة)**

$$Z_L = \frac{U_{eff_L}}{I_{eff_L}}$$

$$Z_L = \sqrt{r^2 + X_L^2}$$

**مقاومة صرفة ومكثفة**

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

**مقاومة صرفة ووشيعة مهملة المقاومة**

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

**تسلسل $R, X_L, X_C$**

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

- عند إضافة جهاز إلى الدارة وبقيت $I_{eff}$ نفسها عندئذٍ:

$$Z = Z`$$

## حالات التجاوب الكهربائي (الطنين الكهربائي)

1- ممانعة الدارة أصغر ما يمكن
2- شدة التيار المنتجة أكبر ما يمكن
3- الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة أكبر ما يمكن
4- التوتر المطبق على توافق بالطور مع الشدة $\varphi = 0$ .
5- عامل استطاعة الدارة يساوي الواحد $\cos\varphi = 1$ .

**لا تنسى**
**حالة التجاوب تحدث فقط في الوصل على التسلسل**

لمعرفة نوع الضم

$C > C_{eq}$      $C_{eq} > C$

سعة المكثفة

تسلسل

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C\prime}$$

تفرع

$$C = C + C'$$

**ملاحظات مهمة**

- في حالة التجاوب عندما يطلب مني حساب $P_{avg}$

ركز منيح $U_{eff}$ تبقى ثابتة ، $I'_{eff}$ تتغير وتصبح أكبر قيمة لها ، وبالتجاوب $\cos\varphi = 1$

$$P_{avg} = I'_{eff} U_{eff}$$

لحساب $I'_{eff}$ الجديدة

$$I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z}$$

$$\xrightarrow{\text{بالتجاوب}} Z = R$$

$$I'_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$$

# القوانين الخاصة للمحولات الكهربائية

❖ نسبة التحويل

$$\mu = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{I_{eff_p}}{I_{eff_s}} = \frac{N_s}{N_p}$$

نستطيع من هذه العلاقة حساب $I_{eff}$ , $U_{eff}$ , $\mu$

- إذا كانت $\mu > 1$ فالمحولة رافعة للتوتر خافضة للشدة
- إذا كانت $\mu < 1$ فالمحولة خافضة للتوتر رافعة للشدة

**ملاحظة**

- كل الأجهزة بتكون في الدارة الثانوية يعني إذا طلب:

1- المقاومة الأومية:

$$R = \frac{U_{eff_s}}{I_{eff_{sR}}}$$

2- ردية الوشيعة أو ممانعة الوشيعة :

$$X_L = \frac{U_{eff_s}}{I_{eff_{s_L}}} \Leftrightarrow Z_L = \frac{U_{eff_s}}{I_{eff_{s_{L,r}}}}$$

3- اتساعية المكثفة :

$$X_C = \frac{U_{eff_s}}{I_{eff_{s_C}}}$$



لا تنسى بالوصل على التفرع $U = const$

$$U_{eff_{sR}} = U_{eff_{s_C}} = U_{eff_{s_L}} = U_{eff_s}$$

# القوانين الخاصة بالأمواج المستقرة العرضية

| | |
|---|---|
| 1- معادلة أبعاد عقد الاهتزاز | 2- معادلة بطون الاهتزاز |
| $x = n\frac{\lambda}{2}$ | $x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$ |
| رقم العقدة $n = 0,1,2,3,\ldots$<br>$n = 0$: العقدة الأولى $n = 1$ العقدة الثانية | رقم البطن $n = 0,1,2,3,\ldots$<br>$n = 0$: البطن الأولى $n = 1$ البطن الثانية |

**تنويه**

**إذا طلب حساب بعد أماكن عقد وبطون الاهتزاز نقف عند قيمة طول الوتر أو أقل منه**

| | |
|---|---|
| 3- طول الوتر $L = n\frac{\lambda}{2}$ | 4- عدد المغازل $L = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow n = \frac{2L}{\lambda}$ |
| عدد المغازل $n = 1,2,3,\ldots$ ، $n = 1$ صوتاً أساسياً | |
| 5- طول الموجة $L = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{n} \Leftrightarrow \lambda = \frac{v}{f}$ | 6- عدد أطوال الموجة $\Delta L = \frac{L}{\lambda} = \frac{\text{طول الوتر}}{\text{طول الموجة}}$ |
| 7- سرعة الانتشار $v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \Leftrightarrow v = \lambda . f$ | 8- قوة الشد $F_T = \mu . v^2 \xrightarrow{\text{نربع ونعزل}} v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ |
| 9- الكتلة الخطية للوتر $\mu = \rho \pi r^2 \Leftrightarrow \mu = \frac{m}{L}$ | |

**الكتلة الخطية مقدار ثابت أي لا تتغير الكتلة الخطية بتغير طول الوتر $L$**

# القوانين الخاصة بالأمواج المستقرة الطولية

| مزمار متشابه الطرفين<br>(ذو فم نهايته مفتوحة)<br>(ذا لسان نهايته مغلقة) | مزمار مختلف الطرفين<br>(ذو فم نهايته مغلقة)<br>(ذا لسان نهايته مفتوحة) |
|---|---|
| ❖ طول المزمار $L = n\frac{\lambda}{2}$ | ❖ طول المزمار $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$ |
| $n = 1, 2, 3 \dots$ : مدروجات الصوت (الرنين) | $(2n-1) =$ عدد فردي $(1,3,5,7)$ |
| $n = 1$ : مدروج الأول (الأساسي) | $(2n-1) = 1$ : مدروج الأول (الأساسي) |
| $n = 2$ : مدروج الثاني و هكذا | $(2n-1) = 3$ : مدروج الثالث و هكذا |
| ❖ طول الموجة $\lambda = \frac{v}{f}$ | |
| ❖ التواتر<br>$L = n\frac{v}{2f} \Rightarrow f = n\frac{v}{2L}$ | ❖ التواتر<br>$L = (2n-1)\frac{v}{4f} \Rightarrow f = (2n-1)\frac{v}{4L}$ |
| $f = nf_1$<br>$f_1$ : تواتر الأساسي | $f = (2n-1)f_1$<br>$f_1$ : تواتر الأساسي |

ملاحظة

- البعد بين صوتين شديدين متتاليين (رنينين متعاقبين)

$$L = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2L$$

- عندما يكون الصوت الأساسي موافقاً للصوت السابق

$$f` = f$$

❖ سرعة انتشار صوت في غاز معين

| $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$ | $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ |
|---|---|
| $T_{(K)} = t(°c) + 273$ | حيث $D = \frac{M}{29}$ |
| | مثال على الكتلة المولية $M$ |
| ملاحظة صغيرة: سرعة الانتشار ما بتتغير عند بقاء الغاز (الهواء) نفسه ودرجة الحرارة نفسها | $M_{H_2} = 1 \times 2 = 2$ |
| | $M_{O_2} = 16 \times 2 = 32$ |

# قوانين بحث الإلكترونيات

| | |
|---|---|
| شدة الحقل الكهربائي | شدة القوة الكهربائية |
| $E = \frac{U}{d}$ | $F = eU$ |
| شدة الحقل المغناطيسي المعامد للحقل الكهربائي | السرعة التي يغادر بها الإلكترون<br>سرعة إلكترونات الحزمة |
| $F = F$<br>$eE = evB \sin\frac{\pi}{2}$<br>$B = \frac{E}{v}$ | $E_k = \frac{1}{2} m_e v^2$<br>$v^2 = \frac{2E_k}{m_e}$<br>$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_e}}$ |
| عدد الإلكترونات أو الأيونات | كمية الحرارة |
| $i = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t} \Rightarrow N = \frac{i\,t}{e}$ | $Q = NE_k$ |
| طاقة الفوتون الوارد | طاقة الانتزاع |
| $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$ | $E_s = hf_s = h\frac{c}{\lambda_s}$ |
| الطاقة الحركية<br>$E_k = \frac{1}{2} m_e v^2$<br>$E = E_k + E_s \Rightarrow E_k = E - E_s$<br>$E_k = eU$ | |
| طول موجة عتبة الإصدار | تواتر العتبة |
| $\lambda_s = \frac{c}{f_s}$<br>$E_s = hf_s = h\frac{c}{\lambda_s} \Rightarrow \lambda_s = \frac{hC}{E_s}$ | $f_s = \frac{c}{\lambda_s}$<br>$E_s = hf_s \Rightarrow f_s = \frac{E_s}{h}$ |
| كمون الإيقاف | كمية حركة الفوتون الوارد |
| $E_k = eV_0 \Rightarrow V_0 = \frac{E_k}{e}$ | $P = \frac{h}{\lambda}$ |