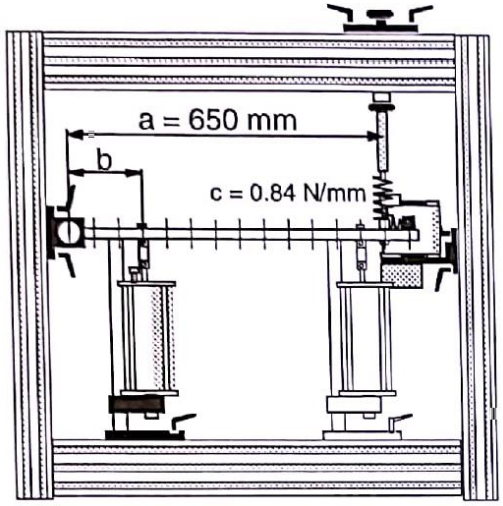
جامعة محمد خيضر -بسكرة

كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الكيمياء الصناعـــية
السنة ثانية ليـــــــسانس

ميدان:علوم وتكنولوجـــــــيا
عمل مخبري لمادة فـــيزياء3
السنة الدراسية 2024/2023

العمل التطبيقي 03

الاهتزازات الميكانيكية الحرّة ذات درجة حرية واحدة المتخامدة : جملة ميكانيكية ، جملة كهربائية



تاريخ اجراء التجربة :...../..../..... تاريخ ارجاع التجربة : ..../...../.....

الأستاذ المصحح :.....

تقرير من طرف الطلبة

اللقب و الاسم	الفوج	العلامة	ملاحظة
1- ..... 2- ..... 3- ..... 4- ..... 5- 6-			

العمل التطبيقي3
الاهتزازات الحرّة المتخامدة ذات درجة حرية واحدة: جملة ميكانيكية ، جملة كهربائية

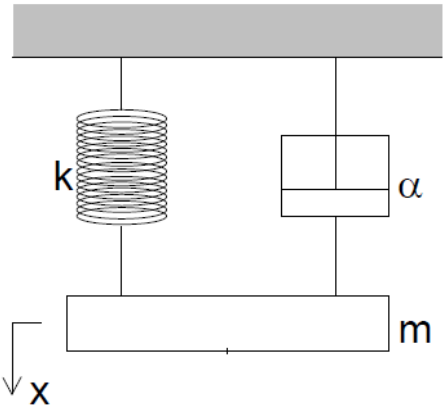
الهدف من التجربة :

- دراسة الاهتزازات الحرة المتخامدة باستعمال التماثل الكهروميكانيكي
- التعرف على النظام اللادوري و شبه الدوري و قياس المعاملات الموافقة له

I- الجانب النظري :

1.I) دراسة التخامد في النظام الميكانيكي :

لنعتبر الجملة الميكانيكية الموضحة في الشكل(1)



الشكل (1) : نظام ميكانيكي متخامد

يخضع الجسم إلى قوة إضافية معرقلة هي قوة لزوجة السائل و المعاكسة في كل لحظة من حركة الجسم حيث:

$$\vec{F} = -\alpha\vec{\dot{x}} \ldots\ldots(1)$$

α : يمثل معامل اللزوجة

تكون معادلة الحركة للجملة من الشكل :

$$\ddot{x} + \frac{\alpha}{m}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \ldots\ldots(2)$$

$$\ddot{x} + 2\delta\,\dot{x} + {\omega_0}^2 x = 0 \ldots\ldots(3)$$

حيث : $2\delta = \frac{\alpha}{m} \Rightarrow \delta = \frac{\alpha}{2m}$

و

$${\omega_0}^2 = \frac{k}{m}$$

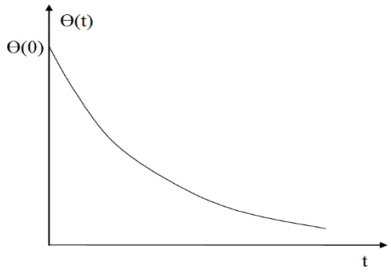
المعادلة المميزة للمعادلة $2: r^2 + 2\delta\, r + {\omega_0}^2 = 0$

حساب المميز Δ : $\Delta = 4\delta^2 - 4{\omega_0}^2$

المميز المختصر : $\Delta' = \frac{\Delta}{4} = \delta^2 - {\omega_0}^2$

نميز ثلاث حالات :

أ) التخامد الثقيل : $(\Delta' > 0 \Rightarrow \delta > \omega_0)$

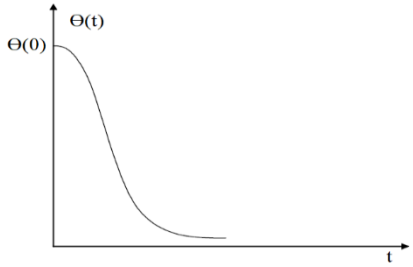


$\delta^2 - {\omega_0}^2 > 0$

الحركة غير اهتزازية بل هي حركة متخامدة فقط و يكون جذري
الحل حقيقيان و لا يكون الحل جيبيا و حل المعادلة يكون من الشكل:

$$\theta(t) = C_1 e^{-\delta - \sqrt{\delta^2 - {\omega_0}^2}\,t} + C_2 e^{-\delta + \sqrt{\delta^2 - {\omega_0}^2}\,t}$$

ب) التخامد الحرج : $(\Delta' = 0 \Rightarrow \delta = \omega_0)$

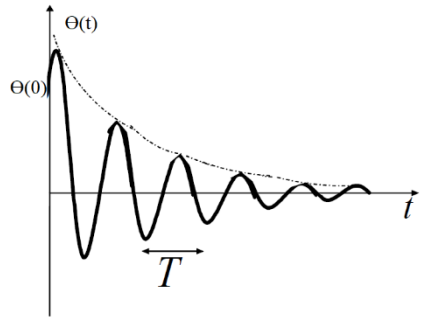


$\delta^2 - {\omega_0}^2 = 0$

لا توجد اهتزازت حيث النظام لا دوري و يكون الجذر مضاعف و
حل المعادلة يكون من الشكل :

$$\theta(t) = e^{-\delta t}(C_1 t + C_2)$$

ت) التخامد الخفيف : $(\Delta' < 0 \Rightarrow \delta < \omega_0)$



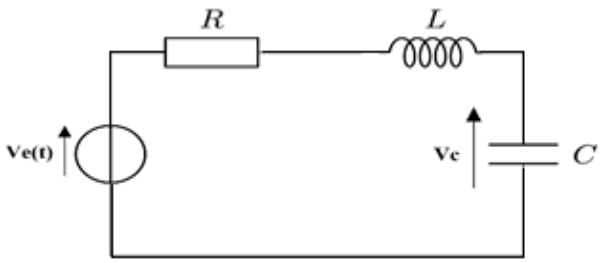
$\delta^2 - {\omega_0}^2 < 0$

في هذه الحالة تكون الاهتزازت متناقصة السعة أي متخامدة و يكون
جذري الحل مركبان و حل المعادلة يكون من الشكل :

$$\theta(t) = Ae^{-\delta t}\cos(\sqrt{{\omega_0}^2 - \delta^2}\; t + \varphi)$$

2.I) دراسة التخامد في النظام الكهربائي

لتكن الدارة الموضحة في الشكل المقابل : بتطبيق قانون كيرتشوف



الشكل 2 : نظام كهربائي متخامد

$$V_C + V_R + V_C = 0 \ldots\ldots (4)$$

و منه

$$\ddot{q}(t) + \frac{R}{L}\dot{q}(t) + \frac{1}{LC}q(t) = 0$$

$$\ddot{q}(t) + 2\delta\dot{q}(t) + {\omega_0}^2 q(t) = 0 \ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث :

$\delta = \frac{R}{2L}$ و هو يمثل معامل التخامد

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ و هو يمثل النبض الطبيعي للحركة

3.I) التناقص اللوغريتمي :

يعرف التناقص اللوغارتمي بانه اللوغارتم الطبيعي للنسبة بين أي سعتين متتاليتين من سعات الاهتزاز المتخامد و هو يتناسب طرديا مع معامل التخامد حيث :

$$lnD = \delta T_a \Rightarrow \delta = \frac{D}{T_a} = \frac{\ln\left(\frac{A(t)}{A(t+T_a)}\right)}{T_a}$$

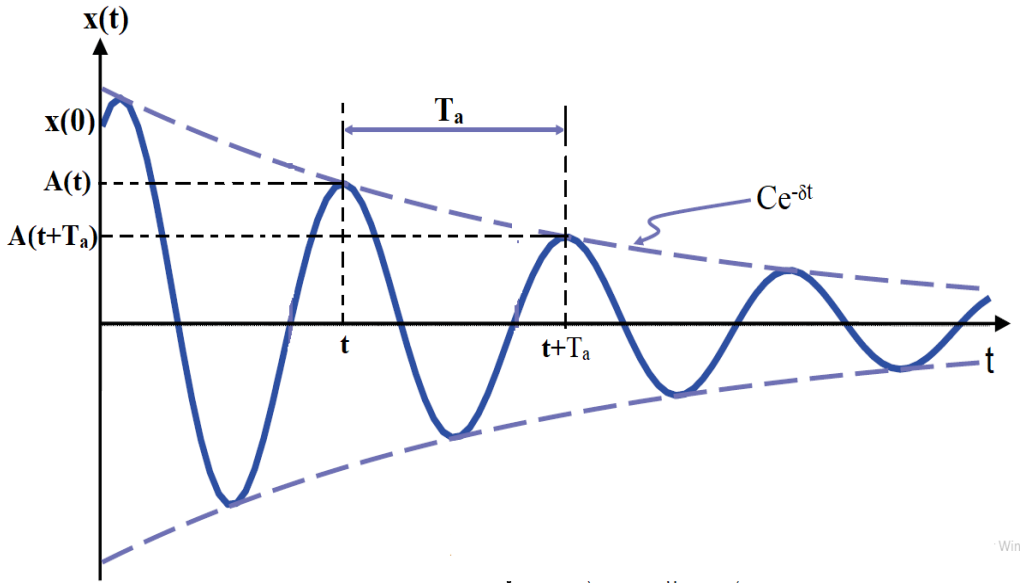
حيث :

T_a يمثل شبه الدور

و بوضع $A(t) = Ce^{-\delta t}$ و هي سعة متناقصة و نكتب عبارة $x(t)$ بالشكل :

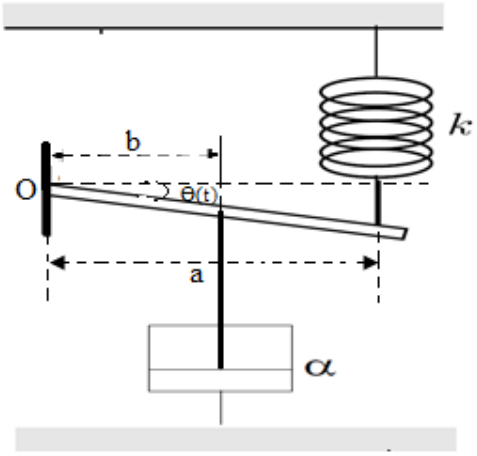
$$x(t) = Ae^{-\delta t}\cos(\omega_a t + \varphi)$$

حيث $\omega_a = \sqrt{{\omega_0}^2 - \delta^2}$



الشكل (3)

تمرين :



ليكن لدينا الشكل المقابل حيث الساق التي طولها L و كتلتها M قابلة للدوران حول المحور O و معامل اللزوجة α

- اكتب المعادلة التفاضلية للحركة من اجل الزوايا الصغيرة

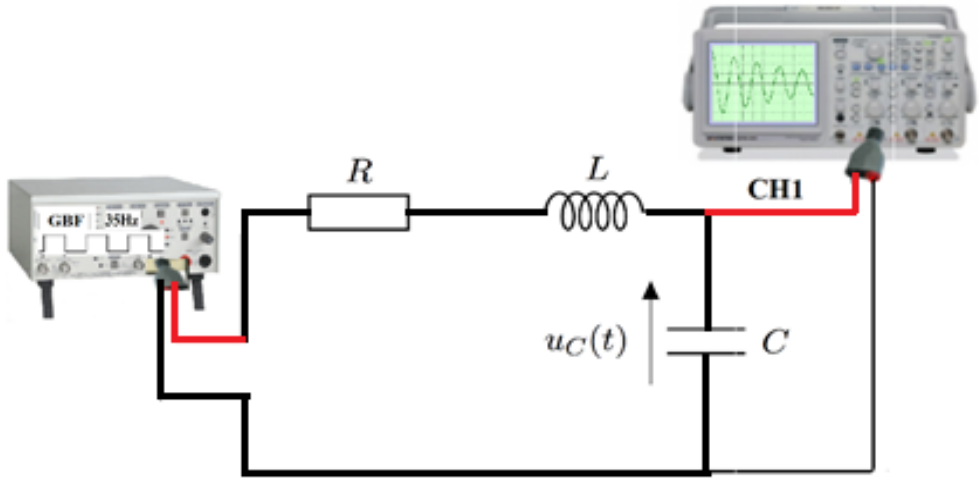
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

II- الجانب العملي :

1.II) دراسة جملة كهربائية (RLC)

1- حقق الدارة في الشكل ادناه

2- اضبط مولد الإشارات على الدالة المربعة و تواتر f=35Hz



الشكل (4) : التركيب التجريبي

3- خذ $R=500\Omega$ ، $L=0.5H$ ، $C=0.1\mu F$ لاحظ $V_c(t)$ ، ما هو النظام المتحصل عليه ؟

.....

4- املأ الجدول ادناه في الحالات الثلاثة التالية :

أ) **<u>تأثيرسعة المكثفة</u>** : خذ $R=200\Omega$, $L=0.5H$ و غير في سعة المكثفة

- لاحظ الفرق بين القيم $\boldsymbol{\delta_{cal}}$ و $\boldsymbol{\delta_{exp}}$ ؟ لماذا؟ استنتج تقريبيا المقاومة الداخلية للمولد و الوشيعة بحيث $R_T=R+(R_g+R_L)$

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ب) **<u>تأثير المقاومة الكهربائية</u>**: خذ $L=0.5H$,$C=0.1\mu F$ و غير في قيم المقاومة الكهربائية مع الاخذ بعين الاعتبار المقاومة الداخلية للمولد و الوشيعة المحسوبة في السؤال السابق)

- حدد المقاومة الموافقة للنظام الحرج عمليا (الانتقال من النظام شبه الدوري الى النظام اللادوري) ثم احسبها نظريا R_{Cexp}=.....Ω
- ارسم المنحنى $\boldsymbol{\delta_{exp} = f(R)}$
- استنتج من البيان قيمة L ثم قارنها مع القيمة المأخوذه في التدربة

.....
.....
.....
.....

ج) **<u>تأثيرذاتية الوشيعة متغيرة</u>** خذ $R=100\Omega$,$C=0.1\mu F$ و غير في قيم ذاتية الوشيعة

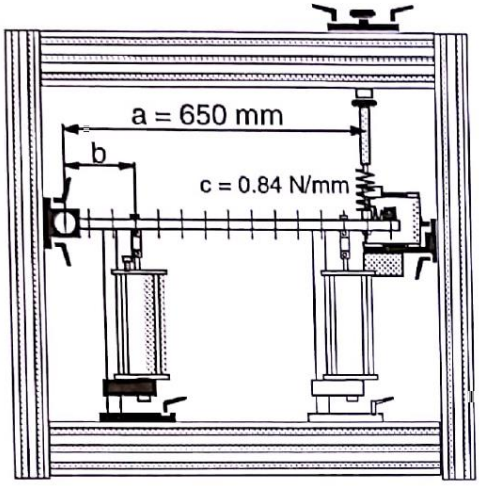
- ماذا تلاحظ ؟ ماذا تستنتج؟

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

		$A(t) = Ce^{-\delta t}(cm)$	$A(t+T_a)(cm)$	$T_{aexp}(s)$	$\delta_{exp}(s^{-1})$	$T_{aCal}(s)$	$\delta_{Cal}\ (s^{-1})$
تأثير سعة المكثفة C(µF) مع R و L ثابت	0.1 0.2 0.3 0.4 0.5						
تأثير المقاومة R(Ω) مع C و L ثابت	100 300 500 700 900						
تأثير ذاتية الوشيعة L(H) مع R و C ثابت	0.1 0.3 0.5 0.7 0.9						

2.II) دراسة جملة ميكانيكية :

نقوم بازاحة الساق للنظام الميكانيكي في الشكل المقابل بزاوية ابتدائية ثم نتركها تهتز حرة بينما يقوم القلم الموصول بالساق برسم منحى تغير سعة الاهتزاز على ورقة ملمتلرية



الشكل (5) : نظام ميكانيكي متخامد

من خلال المنحنى و اذا علمت ان سرعة تحرك القلم على الورقة هو 20mm/s املا الجدول التالي

	$A(t) = Ce^{-\delta t}(cm)$	$A(t+T_a)(cm)$	$T_{aexp}(s)$	$\delta_{exp}(s^{-1})$
لولب المخمد مفتوح كليا				
لولب المخمد مغلق				

- أي الحالتين اسرع تخامدا ؟.....
- احسب معامل التخامد في كل حالة ثم قارنها ؟

.....
.....
.....

- ماذا تستنتج؟

.....
.....
.....
.....

الخلاصة:.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....