1 OAF - OSCILADOR AMORTECIDO E FORZADO

1.1 Precaucións

- Non pasar de 24 V na alimentación do motor.
- Evitar o sobrequecemento do electroimán mantendo a intensidade só durante o tempo preciso para facer a medida, e baixandoa logo.

1.2 Obxectivos

- **Oscilador amortecido**: obter a constante de amortecemento e a frecuencia de oscilación para distintos rozamentos. Estudar a relación entre ambas cantidades. Obter o amortecemento crítico e ver se é consistente coa devandita relación.
- **Oscilador forzado**: estudar a *resposta* a unha forza periódica. Medir a amplitude da oscilación en función da frecuencia da forza. Obter a frecuencia de resonancia e o comportamento asintótico da curva.

1.3 Material

- Péndulo de torsión (de Pohl)
- Motor para forzar o oscilador
- Reloxo cronómetro de mesa
- Voltímetro e Amperímetro
- Fonte de alimentación para o electroimán
- Fonte de alimentación para o motor
- Cabos de conexión

Figure 1.1: Montaxe experimental.

1.4 Procedemento experimental

Cando se move o disco oscilador no campo magnético, créanse correntes de Foucault que disipan enerxía, amortecendo a oscilación. Durante a toma de datos controlar que non varía excesivamente a corrente.

Primeira Parte: Oscilador amortecido

- Conecta a fonte de alimentación ao péndulo co amperímetro en serie (ver figura 1.1).

- Centra no posíbel a posición de equilibrio do disco no valor 0 xirando a roda impulsora. Se non fora posíbel, apunta o valor de repouso.

- Co electroimán apagado, solta o péndulo na posición de máxima amplitude, e observa o movemento oscilatorio amortecido que realiza. Matemáticamente ven descrito por:

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega_1 t)\,, \tag{1.1}$$

onde γ é a constante de amortecemento, e ω_1 a frecuencia de oscilación.

O obxectivo é medir γ e ω_1 coa máxima precisión posíbel, e comprobar a relación entre ambas cantidades.

- Fixa unha intensidade entre as seguintes I= 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.1 A. Libera o oscilador dende unha amplitude inicial grande (anótaa) a vez que activas o cronómetro.

- Cronometra o máximo número de oscilacións nítidas que poidas para obter o período de oscilación $T(I)$. Se o número de oscilacións é moi baixo repite a medida para obter unha media.
- Anota a sucesión de máximos da amplitude que ocorren a tempos $t = nT$ con $n = 0, 1, 2....$ Se o número de oscilacións é moi baixo (menor que cinco) podes tomar amplitudes en semiperiodos $t = nT/2$. Neste caso, repite as medidas para diminuir a incerteza.

Advertencia:

- Aconséllase comezar polo valor máis alto de I. Para evitar sobrequecer o electroimán reduce a intensidade mentres non estés medindo. Aplica a corrente só a partir do momento de soltar o oscilador e baixa a intensidade en canto pare.

- A medida que aumenta a intensidade (o rozamento), o numero de oscilacións diminue e a incerteza da medida aumenta. Adapta o procedemento de medida para ter en conta este feito. Anota con detalle como foi dito prodecemento en cada caso.

- A meirande fonte de incerteza provén da activación e desactivación do cronómetro. Fai un estudo estatístico cunha soa oscilación, que che permita asignar unha incerteza a esta parte do proceso de medida.

Amortecemento crítico

Aumenta a corrente de amortecemento a valores suficientemente altos para que desaparezan as oscilacións (o péndulo está sobreamortecido e non retrocede). Baixa a intensidade un pouco e volve soltar o péndulo. Repite ata que observes que na orixe o péndulo ten un mínimo retroceso. Ese valor de fronteira entre os casos sobreamortecido e (infra)amortecido marca a intensidade crítica $I = I_c$.

Nota: Advirte como a amperaxe da fonte vai caendo amodo, así que non necesitas regulalo. Se a fonte non dera intensidade suficiente, pasa a outra parte da práctica e volve a esta máis tarde.

Segunda Parte: Oscilador forzado

Conecta agora a segunda fonte de alimentación ao motor, como se amosa na figura 1.1 e subministra 24 V de CC. Esta tensión quedará fixa. A voltaxe que recibe o motor está regulado por un potenciómetro que hai na carcasa co que controlamos a velocidade do motor (o segundo botón é o axuste fino). Podemos ler a devandita voltaxe acoplando un voltímetro en paralelo.

- No electroimán, fixa unha corrente de amortecemento $I = 0.3$ A.

- Varía a voltaxe no motor co potenciómetro regulador. Para cada voltaxe o motor xirará cunha frecuencia única. Efectuaremos un varrido de voltaxes empezando por unha baixa co que o motor se move lentamente. Para cada voltaxe:

- Mide a frecuencia do motor ω cronometrando un certo número de voltas.
- Espera a que o oscilador acade un estado estacionario no que a amplitude sexa constante e a frecuencia do péndulo coincida coa do motor.
- Mide a *amplitude* de oscilación do péndulo de Pohl (pensa como debes facelo)')

- Aumenta a voltaxe e toma datos a intervalos de 2 V (a medida da voltaxe non ten importancia por sí mesma, só é unha maneira de etiquetar as frecuencias de forma que poidamos volver a elas se fora necesario).

- Fai unha mostraxe de datos máis densa para engadir algúns puntos máis ao redor do máximo de amplitude.

- Atopa a frecuencia de resonancia, anota súa amplitude e o *ángulo de desfase* co que oscilan o motor e o oscilador.

- Estuda os límites $\omega \to 0$ y $\omega \to \infty$. Observa e anota as *amplitudes límite* e o *ángulo de desfase* entre a oscilación do motor e do oscilador.

- Repite o procedemento anterior para o caso $I = 0.6$ A

1.5 Resultados a presentar no informe

Oscilador amortecido

- Para cada intensidade I= 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.1A, obtén a frecuencia $w_1(I)$ e a fricción $\gamma(I)$ coas súas incertezas a partir das curvas de amortecemento da amplitude. Representa graficamente estas curvas.
- Debuxa nunha mesma gráfica os datos $w_1^2(I)$ y $w_0^2 - \gamma(I)^2$ frente a I, incluindo as barras de erro (considera $w_0 = w_1(I = 0)$).
- Se a relación $w_1^2 = w_0^2 - \gamma^2$ fose correcta, entón w_1 debería anularse para algún valor de $\gamma_c = w_0$. A partir do axuste da función $\gamma(I)$ obtén o valor extrapolado do coeficiente de amortecemento $\gamma_c = \gamma(I_c)$ e compárao con ω_0.

Oscilador forzado

- Debuxa a man alzada a curva de amplitude, $A(\omega)$, que mellor interpola entre os puntos asociados aos datos. Faino para as dúas intensidades na mesma gráfica.
- A partir da curva debuxada, estima a frecuencia de resonancia ω_R e a largura $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ onde, en $\omega_{1,2}$, a amplitude se reduce nun factor $\sqrt{2}$, $A(\omega_{1,2}) = A(\omega_R)/\sqrt{2}$ (a enerxía redúcese un factor 2). Obtén o *factor de calidade* $Q = \omega_R/\Delta\omega$ (averigua na literatura o significado deste factor).
- Observa con atención como se comporta o sistema nos límites $\omega \to 0$ e $\omega \to \infty$. É simétrica a curva da amplitude ao redor da ω_R? Saberías relacionar estes valores extremos coa opacidade ou transparencia da materia?
- Compara as curvas de resposta para $I = 0.3$ A e 0.6 A. Son iguais as frecuencias de resonancia?

Suxerencias para unha análise detallada

- Obtén os coeficientes de amortecemento a partir de axustes non lineais á función (1.1). Cal é o valor real da orixe de ángulos?
- Busca na literatura a solución analítica para a amplitude forzada $A(I)$ e realiza un axuste cos teus datos. Compara o valor de γ obtido por este método co achado na primeira parte da práctica. Verifica se $\omega_R^2 = \omega_0^2 - 2\gamma^2$. Compara a largura da resonancia co valor de γ.
- Trata de debuxar unha curva a man alzada que represente o desfase $\varphi(\omega)$, como función da frecuencia da forza externa. Busca na literatura a forma desta curva.