

MOVIMENTO HARMÔNICO FORÇADO E AMORTECIDO

I. Movimento no estado estacionário

Considere um oscilador amortecido por um arrasto linear e sujeito a uma força externa senoidal dada por $F(t) = \text{Re}\{F_0 \exp(i\omega t)\}$. O comportamento deste oscilador no estado estacionário pode ser descrito pela equação horária: $x(t) = \text{Re}\{A \exp[i(\omega t - \delta)]\}$. Note que este comportamento é semelhante ao de um oscilador harmônico simples, mas com a frequência dada pela da força externa ω , e não pela frequência própria do oscilador sem amortecimento ω_0 .

A. Depois que o oscilador forçado alcançou seu movimento no estado estacionário:

- A energia mecânica total do oscilador *umenta, diminui, ou permanece constante* de um ciclo de oscilação para o próximo? Explique seu raciocínio.
- Ao longo da duração de cada oscilação completa, como se compara o trabalho feito pela força externa sobre o oscilador com a energia dissipada pela força de amortecimento? Explique seu raciocínio.

Se a força externa $F(t)$ for ajustada para oscilar com a frequência apropriada, o movimento do oscilador no estado estacionário se dá com a *máxima amplitude possível*, para um conjunto de parâmetros experimentais especificados pelos valores das quantidades (m , k , F_0 , e β) – estes símbolos tem o significado usual no contexto desta discussão. Esta condição, muitas vezes desejável em aplicações práticas, é chamada de *ressonância*.

B. Quando a condição de ressonância é atingida, a potência dissipada pela força de amortecimento pode ser considerada *relativamente grande* ou *relativamente pequena*? Explique seu raciocínio. (*Dica*: Relembre que a força dissipativa depende linearmente da velocidade!)

Baseado em sua resposta acima, a situação onde a ressonância é atingida corresponde a força externa transferir para o oscilador potência *máxima* ou potência *mínima*? Explique seu raciocínio.

✓ **PARE AQUI** e discuta seu raciocínio com o instrutor.

II. Defasagem na ressonância

A. De acordo com a expressão para $x(t)$ dada no início deste tutorial, você diria que a posição do oscilador *está adiantada* ou *está atrasada* pela defasagem δ com relação à força externa $F(t)$? Explique seu raciocínio.

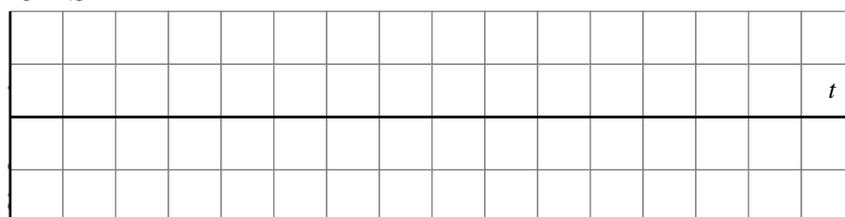
Movimento harmônico forçado e amortecido

B. Usando o gráfico de $F(t)$ vs. t à direita como referência, desenhe gráficos de $x(t)$ vs. t que correspondam aos valores dados para a defasagem δ nos espaços abaixo:



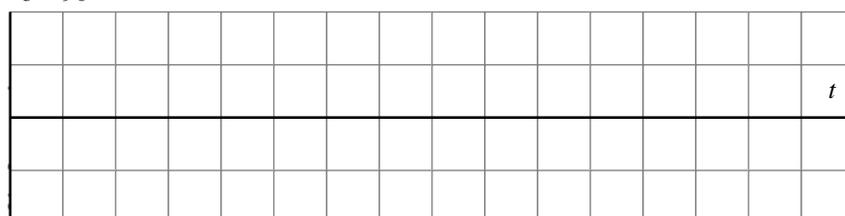
- $\delta = 45^\circ$

$$\delta = 45^\circ$$



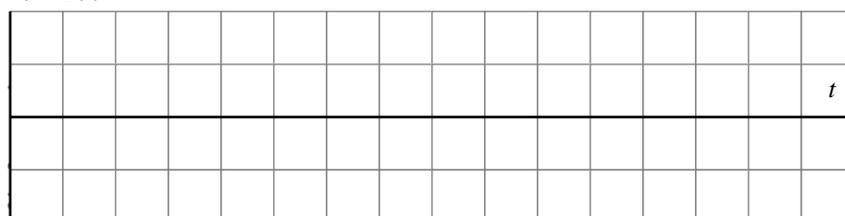
- $\delta = 90^\circ$

$$\delta = 90^\circ$$



- $\delta = 180^\circ$

$$\delta = 180^\circ$$



Discuta seu raciocínio com seus colegas de grupo.

✓ **PARE AQUI** e discuta seus gráficos de $x(t)$ com o instrutor.

C. Para cada gráfico de x vs. t que você construiu, desenhe o gráfico v vs. t que lhe corresponde usando o mesmo par de eixos. (Use uma linha tracejada ou caneta de cor diferente da primeira para distinguir um gráfico do outro.)

D. Usando que potência é força multiplicada pela velocidade, coloque os três casos acima em ordem crescente segundo o valor da energia total transferida pela força externa para o oscilador em cada oscilação. Discuta seu raciocínio com seus colegas de grupo.

✓ **PARE AQUI** e apresente seus resultados ao instrutor.

Movimento harmônico forçado e amortecido

- E. Relembre os resultados a que você chegou na seção I quando discutiu o comportamento do oscilador forçado quando ele está na situação de ressonância.
1. Dentre os três valores da defasagem que você considerou no item anterior, qual deles melhor corresponde ao que você espera que ocorra na ressonância? Explique seu raciocínio. (*Dica:* Relembre as respostas que você deu na parte B da seção I)
 2. Com base em sua resposta ao item anterior, como você descreveria a posição (aproximada) do oscilador quando a força externa passa pelo seu (i) valor máximo na direção x-positivo? (ii) valor máximo na direção x-negativo? Explique seu raciocínio.