Oscilações

Quantas condições iniciais são necessárias para determinar completamente a solução geral de uma equação diferencial linear de 2a ordem?

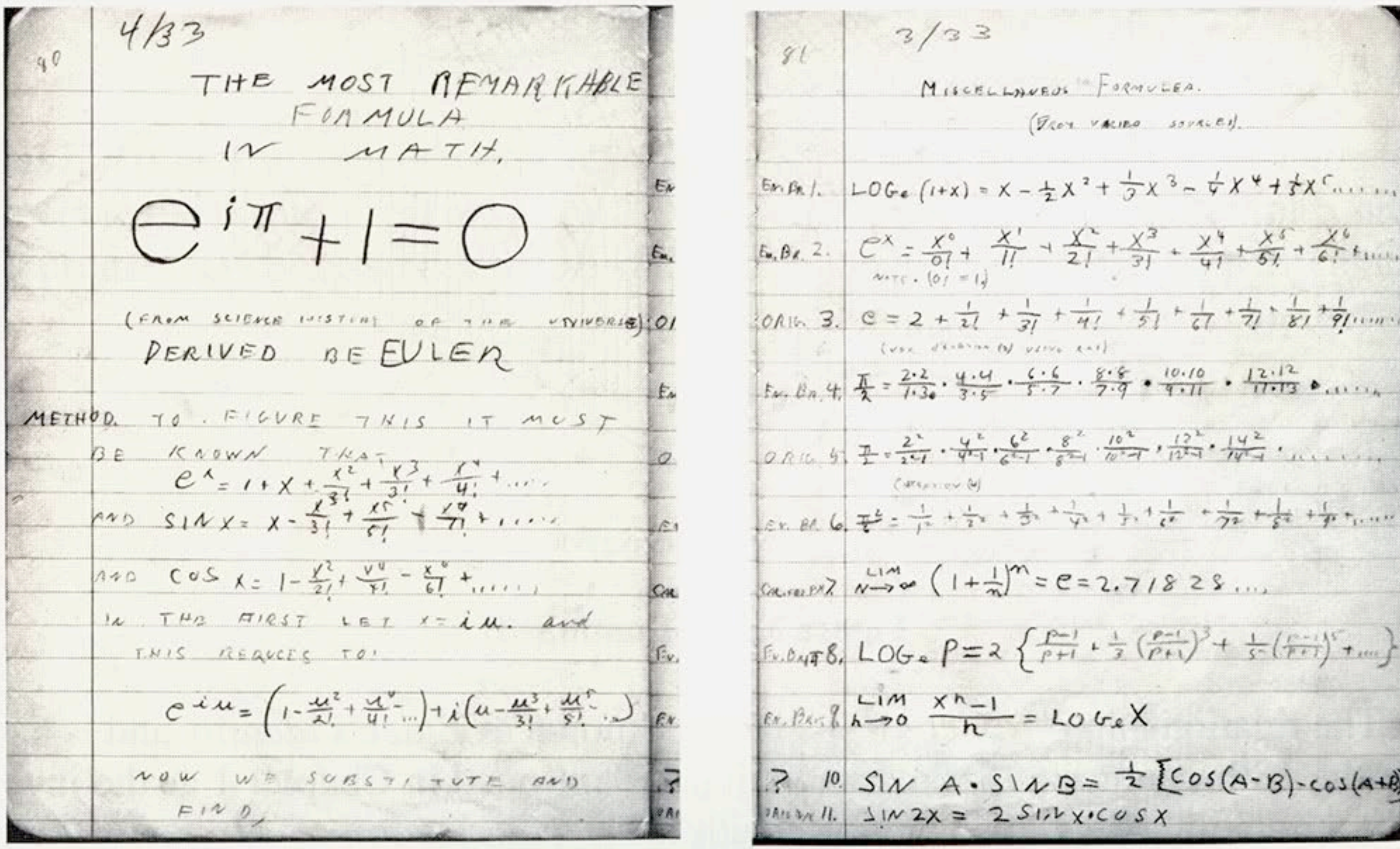
Já que cos(ωt) e cos(-ωt) são ambas soluções de

$$\ddot{x}(t) = -\omega^2 x(t)$$

podemos exprimir a solução geral como
$x(t)=C_1\cos(\omega t) + C_2\cos(-\omega t)$?

A) sim
B) não
C) ???/depende

Richard Feynman’s notebook (Age 14)



Courtesy of the Archives, California, Institute of Technology.

Figure 3.1–3 Pages From Feynmann’s Notebooks.

Para um oscilador harmônico simples (massa-mola), o que acontece com o período do movimento se aumentarmos a constante elástica da mola?

A) aumenta
B) diminui
C) não muda
D) depende!

Num MHS, o que acontece com o período do movimento se aumentamos a massa por um fator 4?

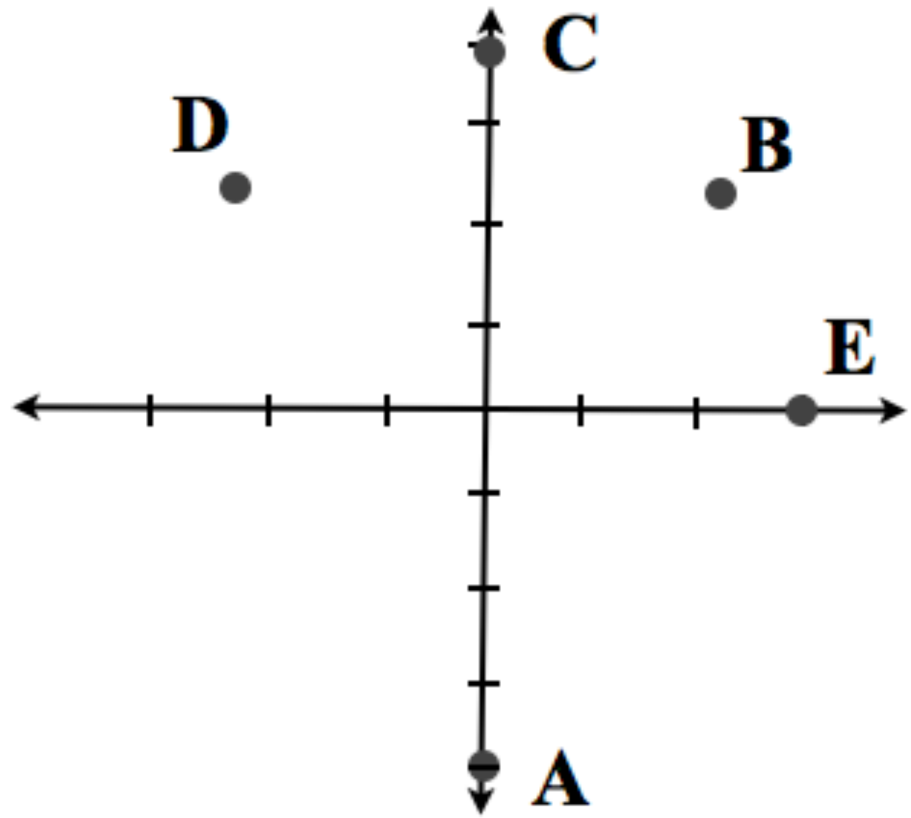
A) aumenta 2x
B) aumenta 4x
C) não muda
D) diminui 2x
E) diminui 4x

Num MHS, o que acontece com o período do movimento se aumentamos o deslocamento inicial por um fator 4?

A) aumenta 2x
B) aumenta 4x
C) não muda
D) diminui 2x
E) diminui 4x

Números Complexos

Qual dos pontos abaixo melhor representa $4e^{i3\pi/4}$ no plano complexo?



Desafio: Mantendo a forma geral $Ae^{i\theta}$, há OUTROS valores de θ que representem este MESMO número complexo? (Se sim, quantos?)

Representе, no plano complexo:

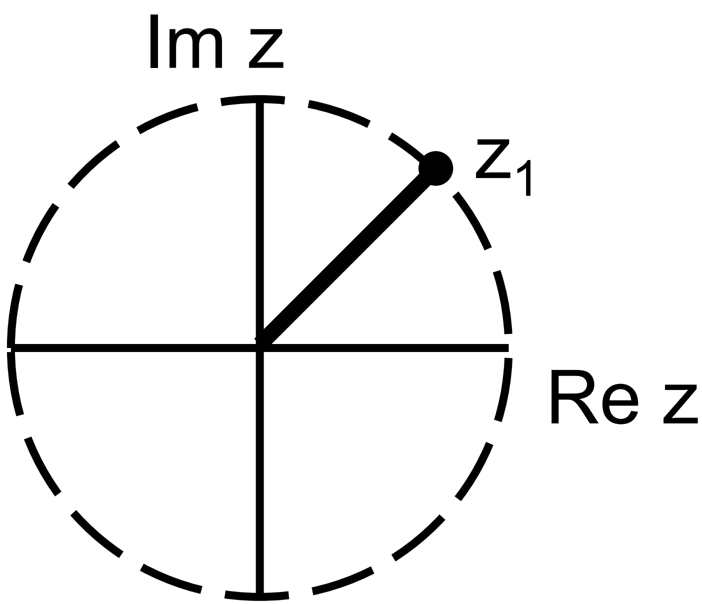
i) $e^{i\pi/6}$

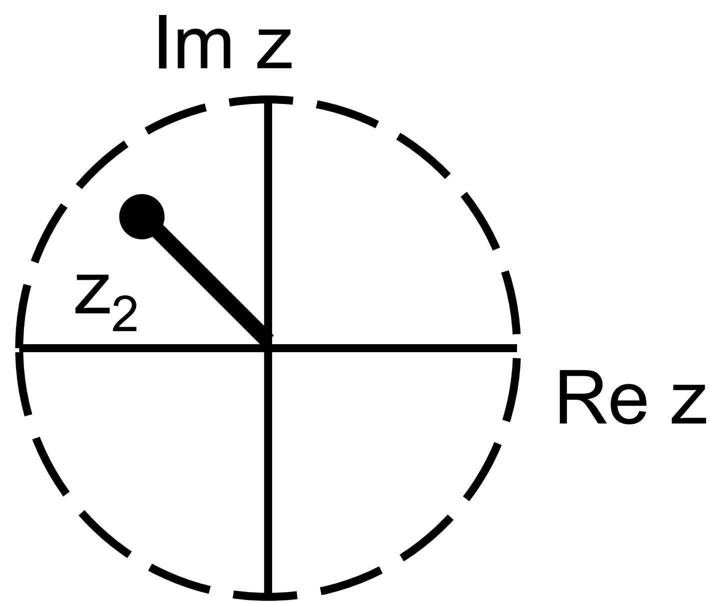
ii) $e^{i\pi/3}$

iii) $e^{i\pi/3}\ e^{i\pi/6}$

iv) $e^{i\pi/3}\ /\ e^{i\pi/6}$

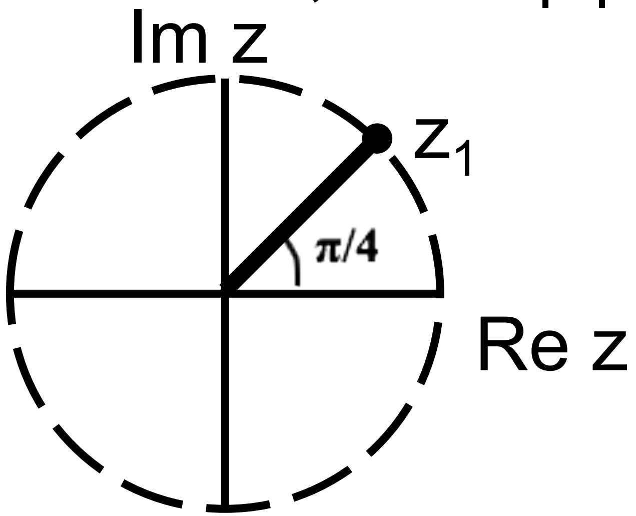
Consider two complex numbers, z_1 and z_2.
The dotted circle shows the unit circle, where $|z|=1$.

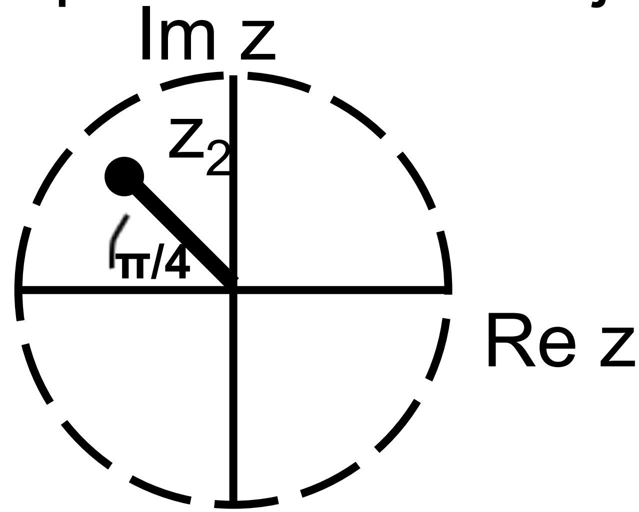




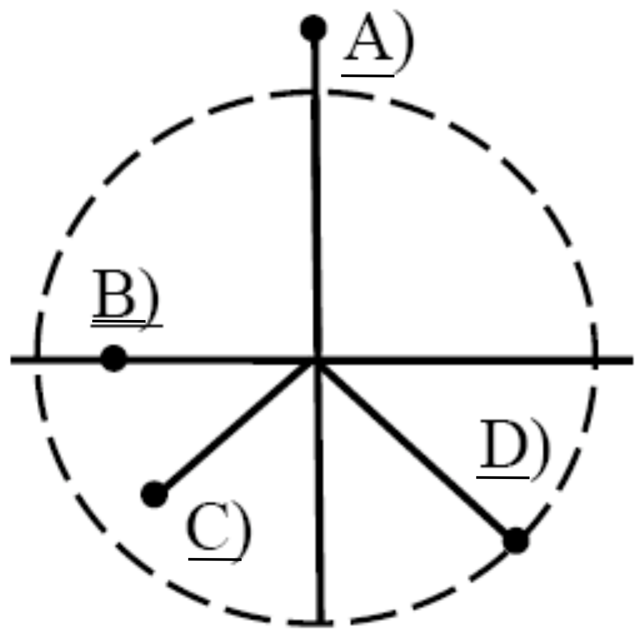
Considere dois números complexos, z_1 e z_2.

O círculo unitário, onde $|z|=1$, aparece em tracejado.





Que opção mostra o produto $z_1 z_2$?



E) I have no idea

Como se escreve 1/(1+i) na forma “polar”?

A) $e^{i\pi/4}$

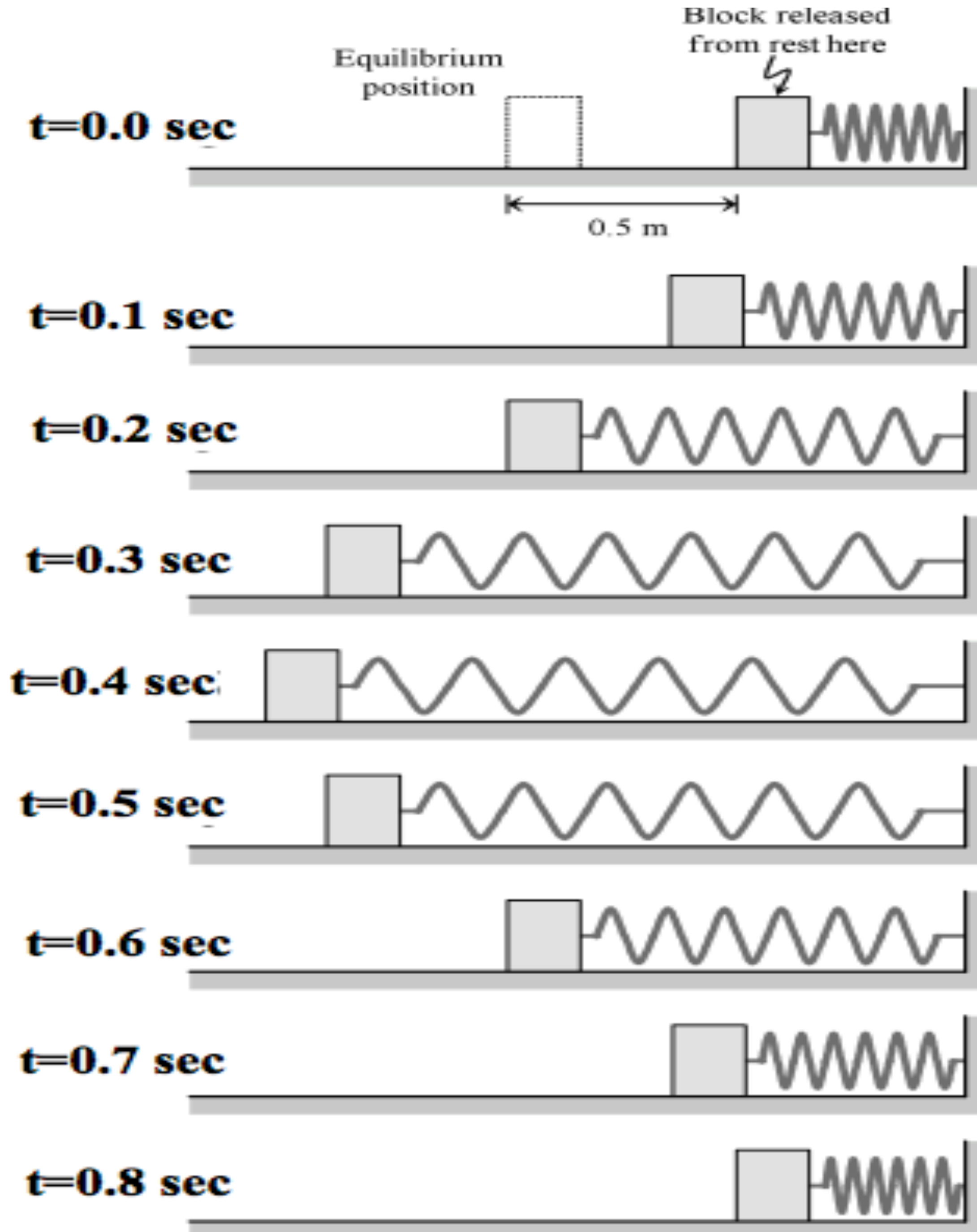
B) $e^{-i\pi/4}$

C) $0.5\, e^{i\pi/4}$

D) $0.5\, e^{-i\pi/4}$

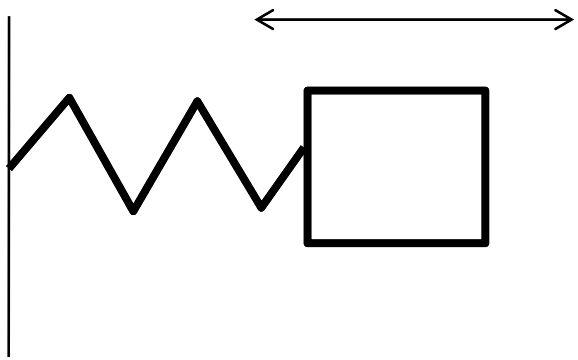
E) Nenhum destes!

Qual o período do movimento deste bloco?



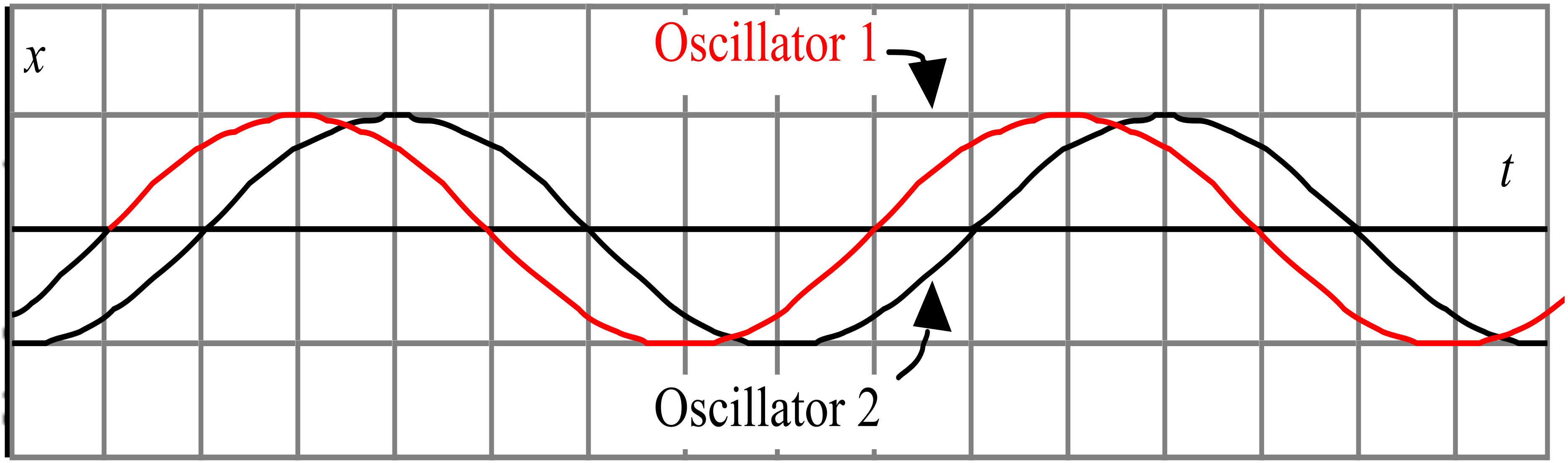
A) .2 s
B) .4 s
C) .6 s
D) .8 s
E) Nenhum destes/ falta info!

Uma massa m oscila ligada a uma mola (constante k)
Ela se move entre x=.1 m e x=.5 m.
A massa está em x=0.3 m quando t=0 sec, se move até x=0.5 m e retorna a x=0.3 m quando t=2 sec.



Escreva sua equação horária na forma $x(t)=x_0+A\cos(\boldsymbol{\omega} t+\varphi)$, e encontre os valores numéricos de x_0, A, $\boldsymbol{\omega}$, e φ

Em seguida: Escreva a equação horária na forma $x(t)=x'_0+A'\sin(\boldsymbol{\omega}' t+\varphi')$, e encontre os valores numéricos de x'_0, A', $\boldsymbol{\omega}'$, and φ'



Os osciladores têm $x_i(t)=A_i\cos(\omega_i t+\varphi_i)$ (para i=1, 2)
Que parâmetros são *diferentes*?

Qual a diferença entre as fases φ_1 e φ_2?
Qual é maior (mais positiva?)
A) φ_1 B) φ_2

Qual é a solução geral da EDO $\ddot{x}(t) = -\omega^2 x(t)$
onde ω é uma constante conhecida?

A) $x(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t$

B) $x(t) = Ce^{i\omega t} + De^{-i\omega t}$

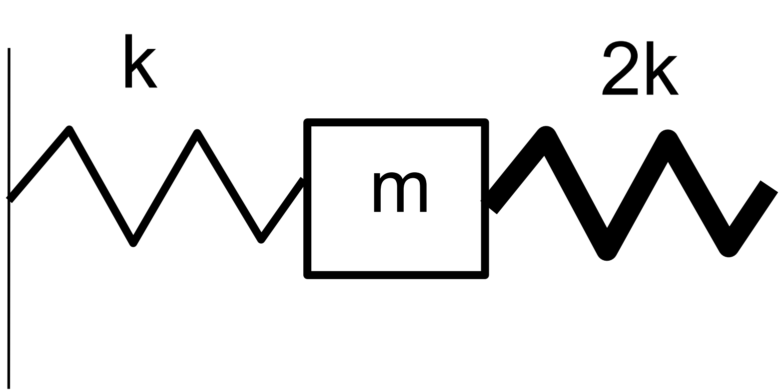
C) $x(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t + Ce^{i\omega t} + De^{-i\omega t}$

D) Exactly two of these are fully general!

E) All three of these are fine, with choice C the most general

Is there any OTHER general form for this solution? How many are there? How many might there be?

Se o amortecimento é desprezível, e considerando apenas movimento 1D, com que frequência angular a massa m vai oscilar? (A massa está em equilíbrio na posição mostrada)



A) $\sqrt{k/m}$

B) $\sqrt{1.5k/m}$

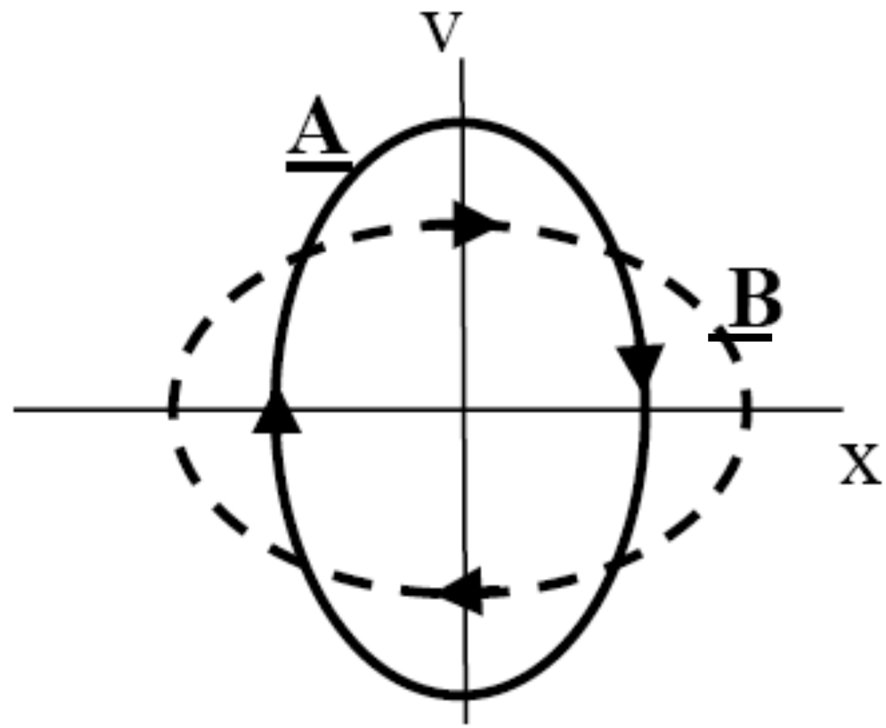
C) $\sqrt{3k/m}$

D) $\sqrt{5k/m}$

E) Nenhum destes!

Espaço de Fase

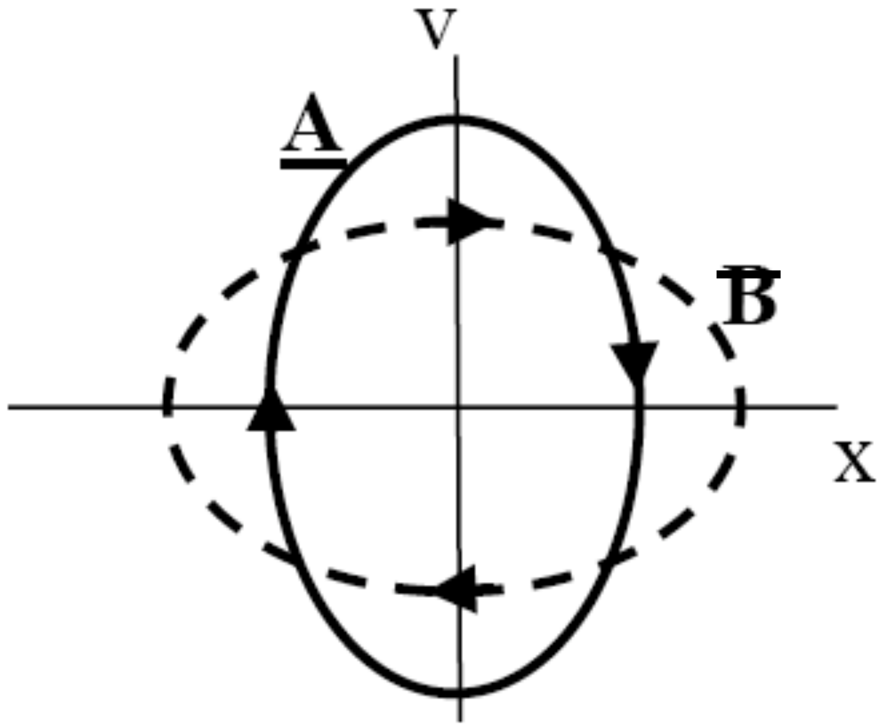
1) Os trajetos A e B no espaço de fase descrevem osciladores harmônicos com a mesma massa m. Qual deles descreve o sistema com maior constante elástica k?



2) Como muda o diagrama no espaço de fase se a elongação inicial for maior?

3) Como muda o diagrama no espaço de fase se a fase "δ" em $x(t)=A\cos(\omega t-\delta)$ mudar?

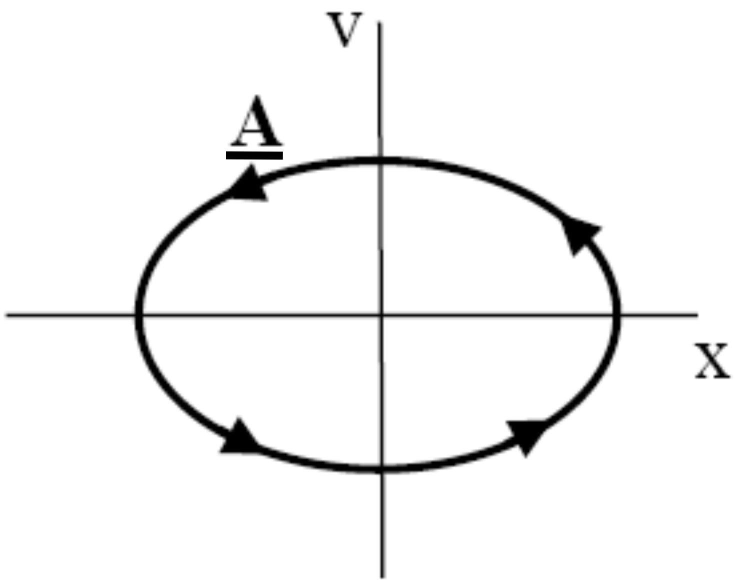
1) Os trajetos A e B no espaço de fase descrevem osciladores harmônicos com a mesma massa m. Qual deles descreve o sistema com maior constante elástica k?

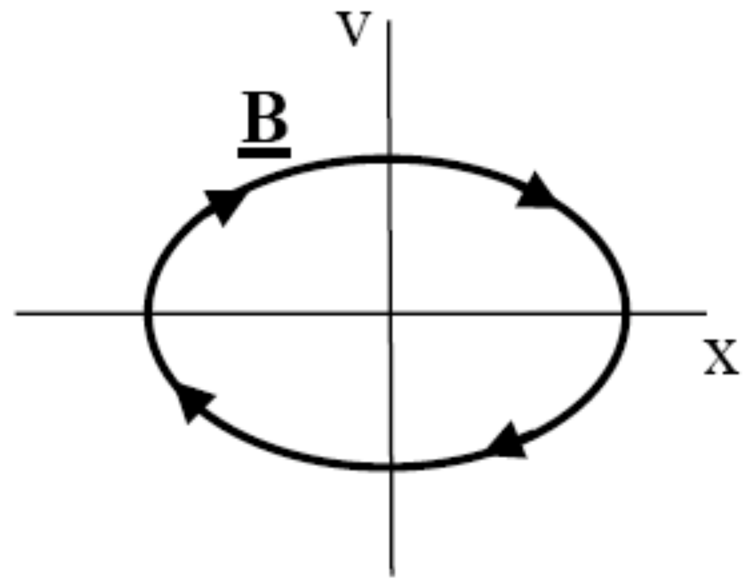


C) k é (ou pelo menos pode ser igual nos 2

D) Falta info/???

Os trajetos A e B no espaço de fase descrevem osciladores harmônicos com a mesma massa m.
Qual deles é impossível fisicamente?



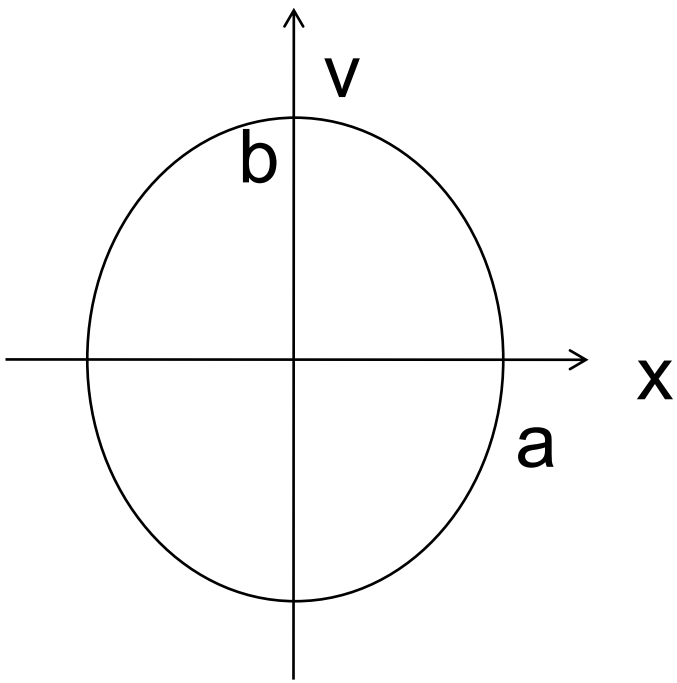


C) Ambos são possíveis
D) Ambos são impossíveis

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$a = \sqrt{2E_0/k} = \text{max displacement}$$

$$b = \sqrt{2E_0/m} = \text{max speed}$$



$$b/a = \sqrt{k/m} = \omega$$

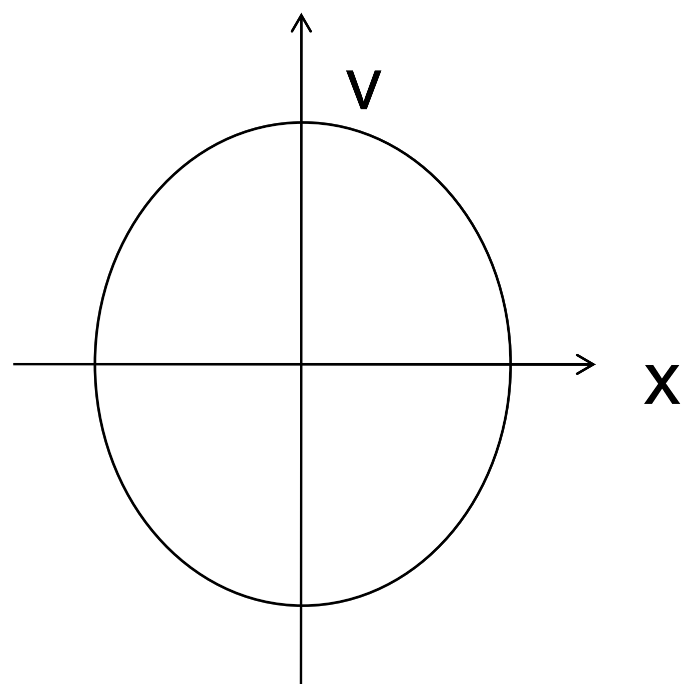
1) Como muda o diagrama no espaço de fase se a elongação inicial for maior?

2) Como muda o diagrama no espaço de fase se a fase "δ" em x(t)=Acos(ωt-δ) muda?

Dê uma interpretação física para os seguintes fatos relativos à trajetória de um oscilador harmônico simples no espaço de fase:

- a trajetória tem tangente vertical no ponto em que cruza o eixo *(x)*.

- a trajetória tem tangente horizontal no ponto em que cruza o eixo *(v)*.



Movimento harmônico em 2D

Compare os movimentos de um oscilador harmônico 2D com dois conjuntos diferentes de condições iniciais. No caso (1) a partícula é abandonada a partir do repouso e oscila de acordo com o diagrama mostrado. No caso (2) a partícula inicia com maior elongação x e com uma componente x da velocidade negativa.

Como se comparam as amplitudes dos movimentos em x e y?

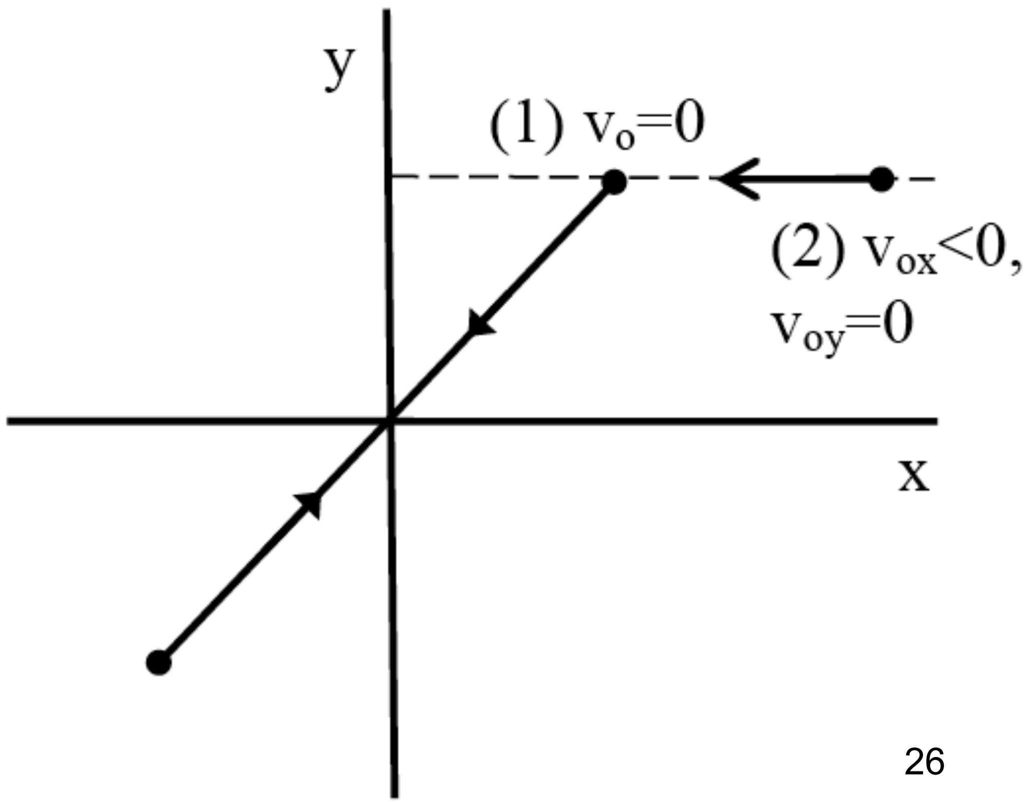
A) $A_{x1} > A_{x2}$, $A_{y1} > A_{y2}$

B) $A_{x1} < A_{x2}$, $A_{y1} = A_{y2}$

C) $A_{x1} = A_{x2}$, $A_{y1} > A_{y2}$

D) $A_{x1} < A_{x2}$, $A_{y1} < A_{y2}$

E) $A_{x1} = A_{x2}$, $A_{y1} = A_{y2}$



Compare os movimentos de um oscilador harmônico 2D com dois conjuntos diferentes de condições iniciais. No caso (1) a partícula é abandonada a partir do repouso e oscila de acordo com o diagrama mostrado. No caso (2) a partícula inicia com maior elongação x e com uma componente x da velocidade negativa.

Como se comparam as frequências dos movimentos em x e y?

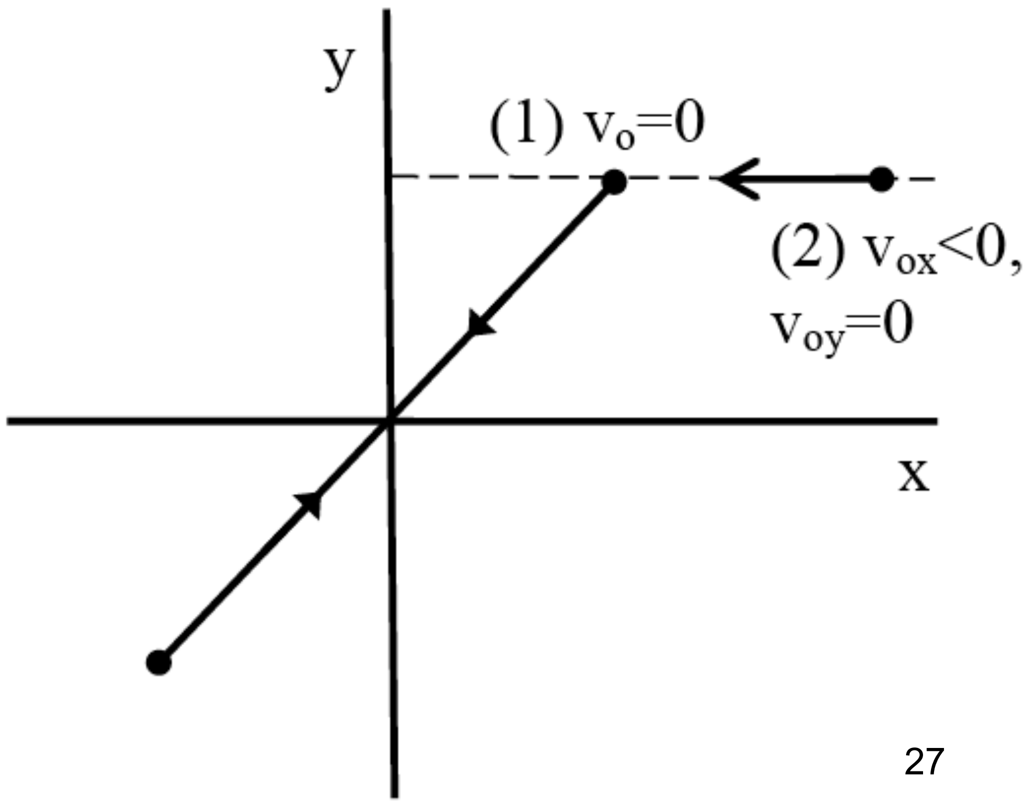
A) $\omega_{x1} > \omega_{x2}$, $\omega_{y1} > \omega_{y2}$

B) $\omega_{x1} < \omega_{x2}$, $\omega_{y1} = \omega_{y2}$

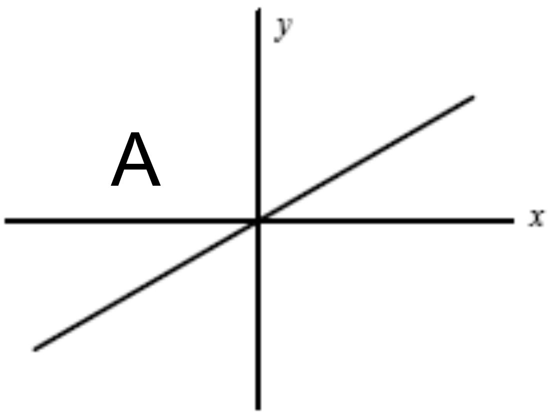
C) $\omega_{x1} = \omega_{x2}$, $\omega_{y1} > \omega_{y2}$

D) $\omega_{x1} < \omega_{x2}$, $\omega_{y1} < \omega_{y2}$

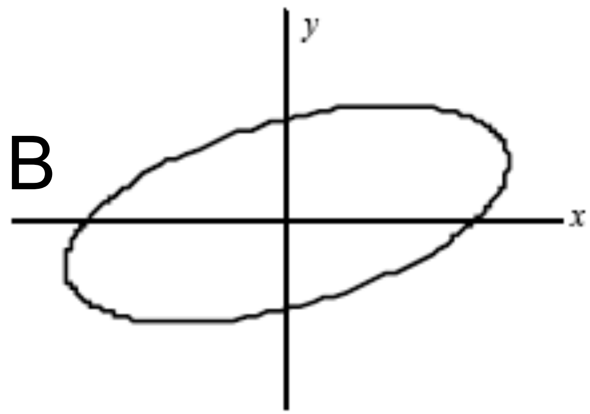
E) $\omega_{x1} = \omega_{x2}$, $\omega_{y1} = \omega_{y2}$



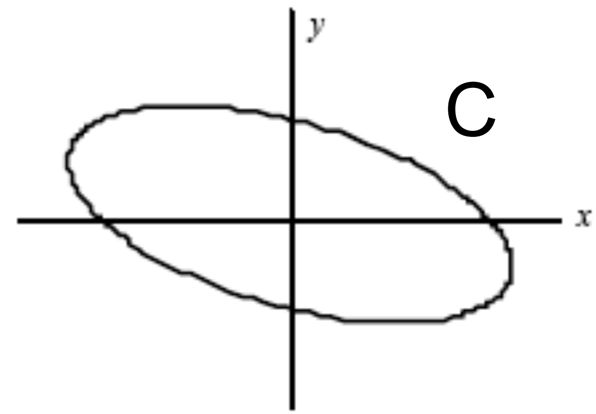
Qual das trajetórias abaixo melhor descrevem o caso 2 da questão anterior, no qual $v_{y0}=0$ e $v_{x0}<0$ no ponto inicial?



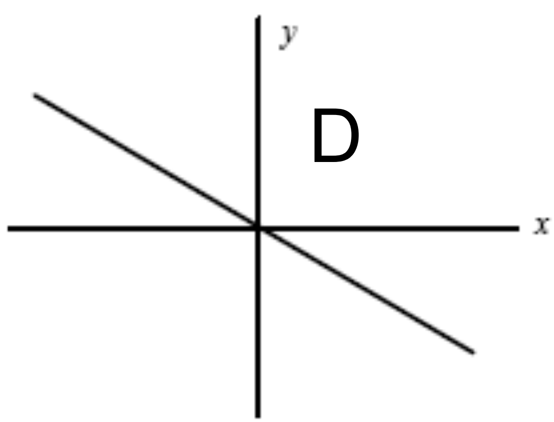
Trajectory #1



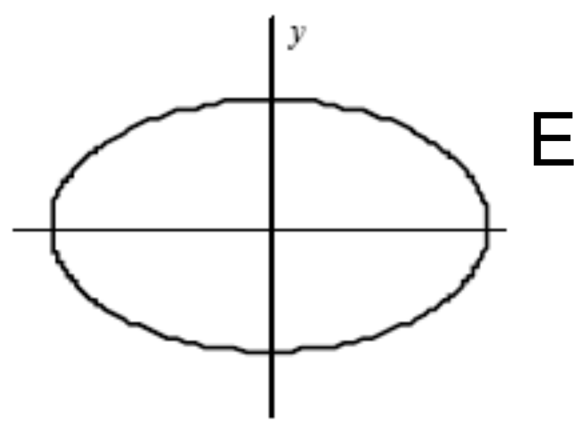
Trajectory #2



Trajectory #3

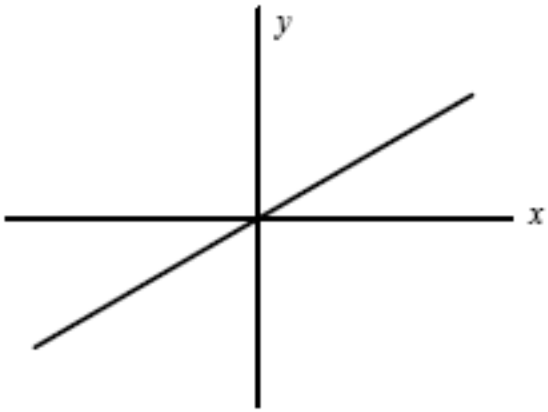


Trajectory #4

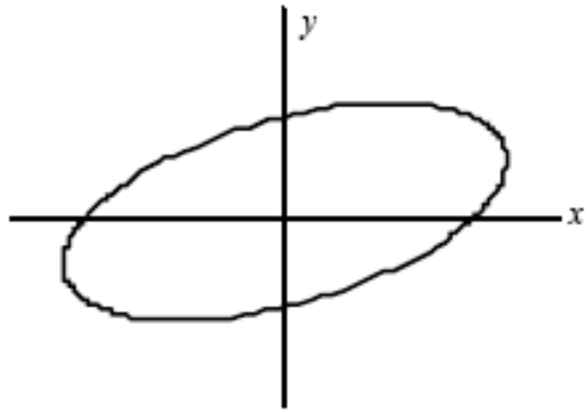


Trajectory #5

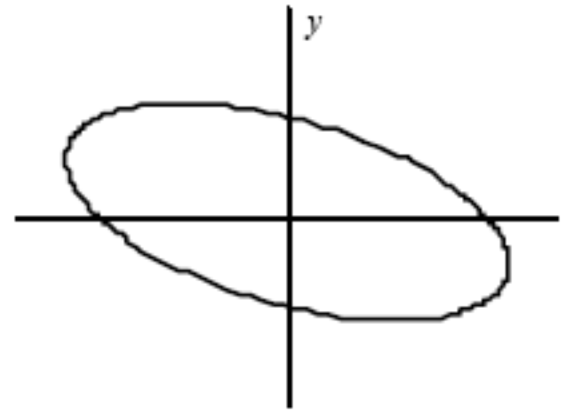
São mostradas abaixo várias trajetórias de um oscilador 2D. Em qual (quais) delas δ=0?



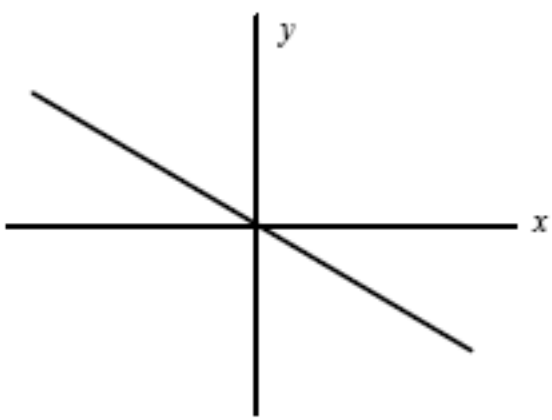
Trajectory #1



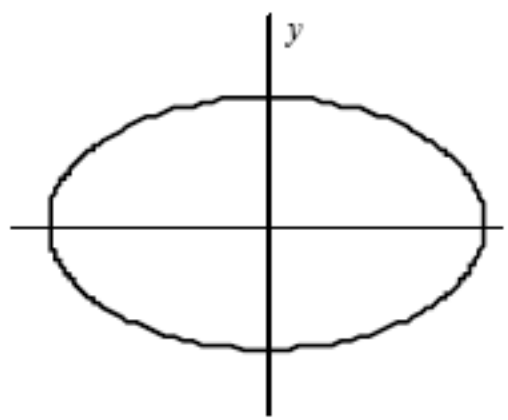
Trajectory #2



Trajectory #3



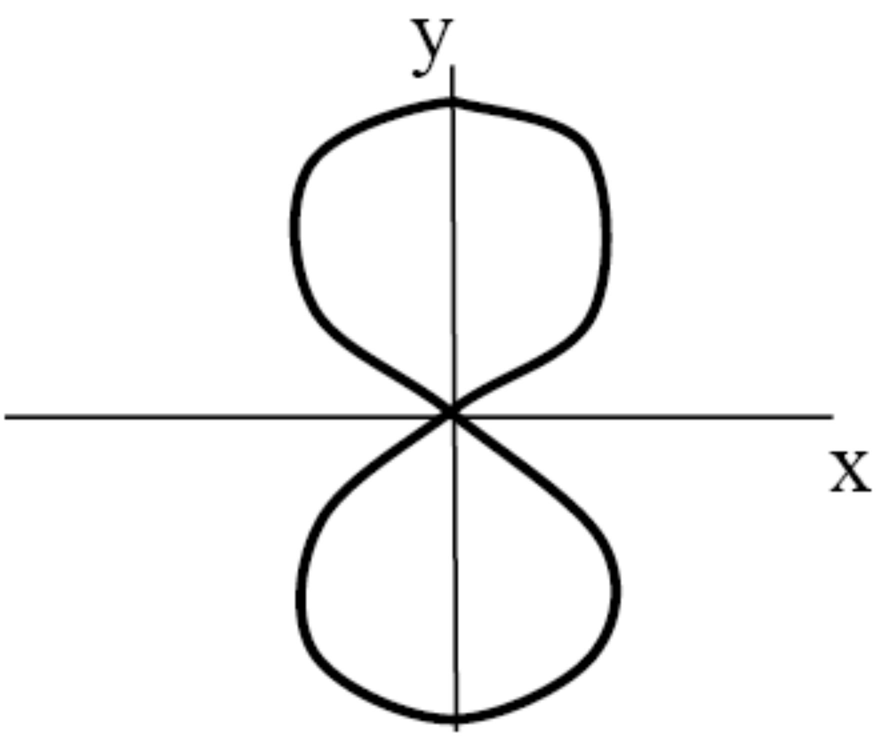
Trajectory #4



Trajectory #5

A figura mostra a trajetória de um oscilador 2D no plano xy.
Como se comparam as frequências dos movimentos em x e y?

A) $\omega_x = 4\omega_y$
B) $\omega_x = 2\omega_y$
C) $\omega_x = \omega_y$
D) $\omega_x = 0.5\ \omega_y$
E) $\omega_x = 0.25\ \omega_y$



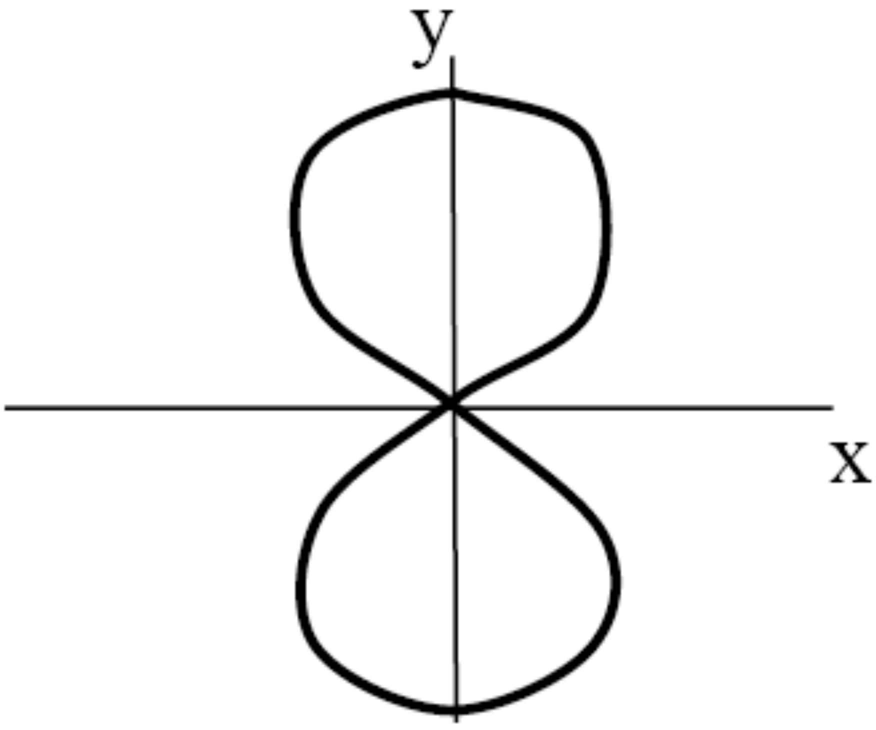
A figura mostra a trajetória de um oscilador 2D no plano xy.

Como se comparam as amplitudes dos movimentos em x e y?

A) $A_x > A_y$

B) $A_x \approx A_y$

C) $A_x < A_y$



Considere uma bola muito elástica que quica num piso super elástico. A bola é abandonada de uma altura inicial h, quica sem dissipação e executa um número infinito de quiques indo e voltando até a altura h.

O movimento desta bola na direção vertical é um MHS?

A) sim
B) não
C) ???

Oscilações amortecidas

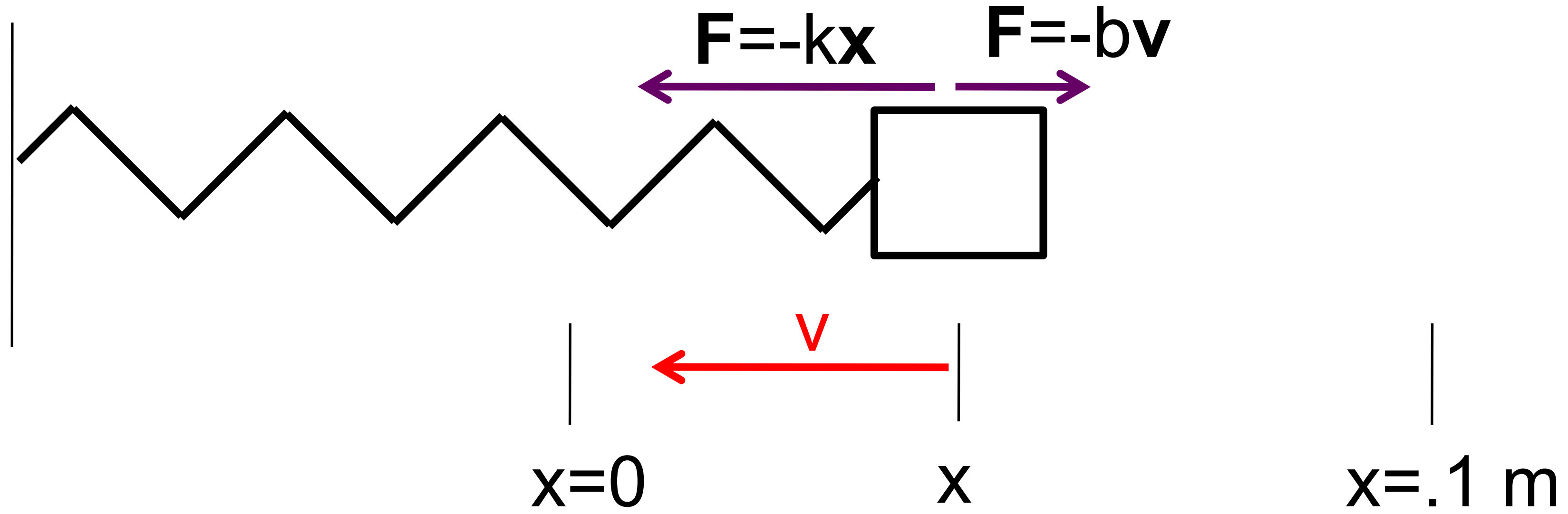
Um oscilador é abandonado do repouso em x=+.1 m, e executa um MHS ideal.

Se adicionarmos um pequeno amortecimento, como $|F_{res}|$ *difere* da situação ideal quando a massa estiver indo de x=+.1 para a origem? Ela é …

A) Ligeiramente *maior* que no caso ideal.
B) Ligeiramente *menor* que no caso ideal
C) A *mesma* que no caso ideal
D) Ela é maior num trecho e menor em outro
E) Depende da intensidade do amortecimento.

Sugestão: **Desenhe um diagrama de corpo livre**!

A massa no caminho entre +.1 m e a origem...



A EDO para um MHS amortecido é:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\beta \frac{dy}{dt} + \alpha y = 0$$

Quais são os sinais das constantes α e β?

A) α,β>0

B) α,β<0

C) α<0, β>0

D) α>0, β<0

E) Depende!

Uma massa presa a uma mola sofre um pequeno amortecimento. O que acontece com o período de sua oscilação? Ele é…

A) Ligeiramente *maior* que sem o amortecimento.
B) Ligeiramente *menor* que sem o amortecimento.
C) O *mesmo* que sem o amortecimento.

Quais são as raízes da equação auxiliar
$D^2 + D - 2 = 0$?

A) 1 e 2
B) 1 e -2
C) -1 e 2
D) -1 e -2
E) Nenhuma destas

Quais são as raízes da equação auxiliar de $y''(t) + y(t) = 0$?

A) 1 e -1
B) 1 e 0
C) apenas 1
D) apenas i
E) i e -i

Quais são as raízes da equação auxiliar de $y''(t) + \omega^2 y(t) = 0$?

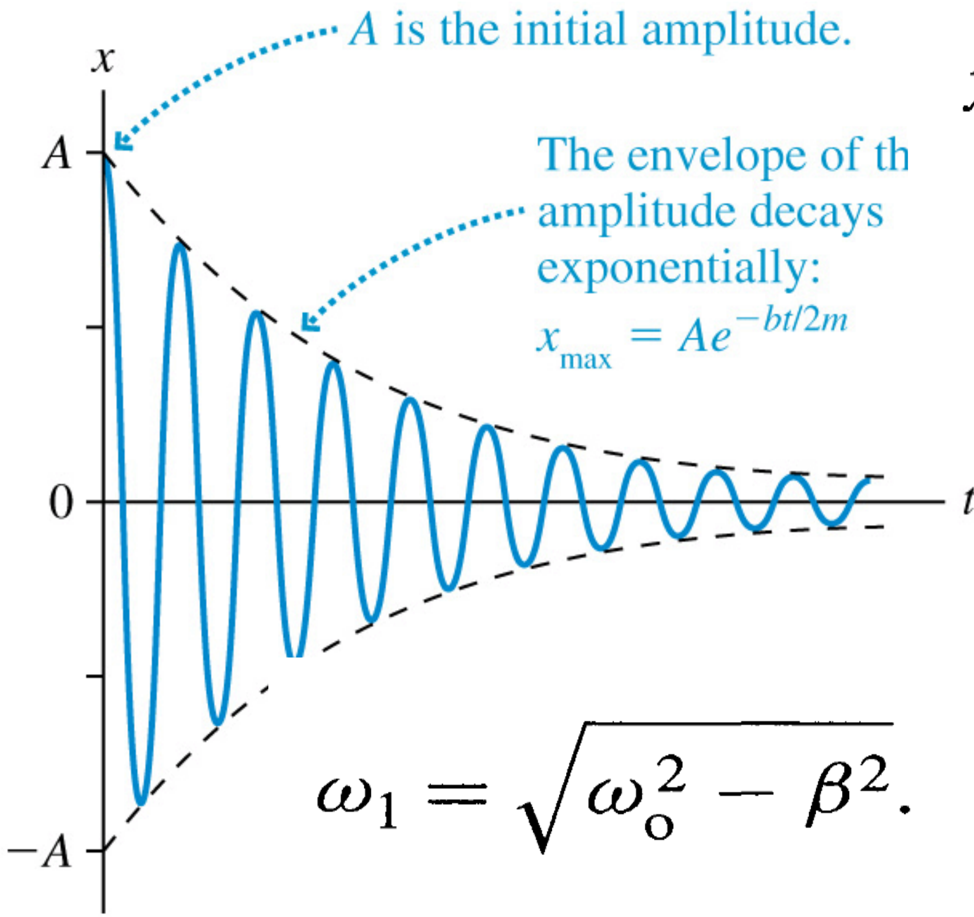
A) ω e $-\omega$
B) ω e 0
C) apenas ω
D) apenas $i\omega$
E) $i\omega$ e $-i\omega$

As funções $e^{i\omega t}$ e $\cos(\omega t)$ são linearmente independentes?

A) sim
B) não
C) depende do valor de omega
D) ???

Oscilador sub-amortecido

Um *oscilador fracamente amortecido* *com* $\beta < \omega_0$:



$$x(t) = Ae^{-\beta t}\cos(\omega_1 t - \delta).$$

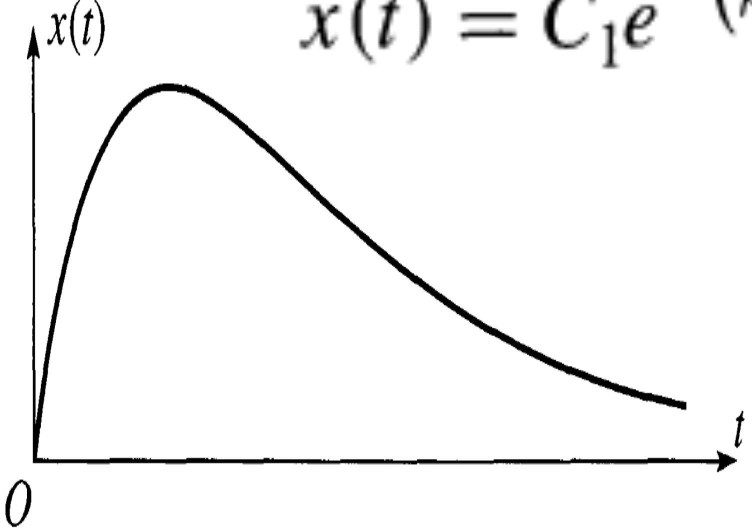
$$\beta < \omega_o$$

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_o^2 - \beta^2}.$$

O amortecimento ***reduz*** a frequência da oscilação.

Oscilador Super-Amortecido

Um *oscilador fortemente amortecido* *com $\beta > \omega_0$* :



$$x(t) = C_1 e^{-\left(\beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_o^2}\right)t} + C_2 e^{-\left(\beta + \sqrt{\beta^2 - \omega_o^2}\right)t}.$$

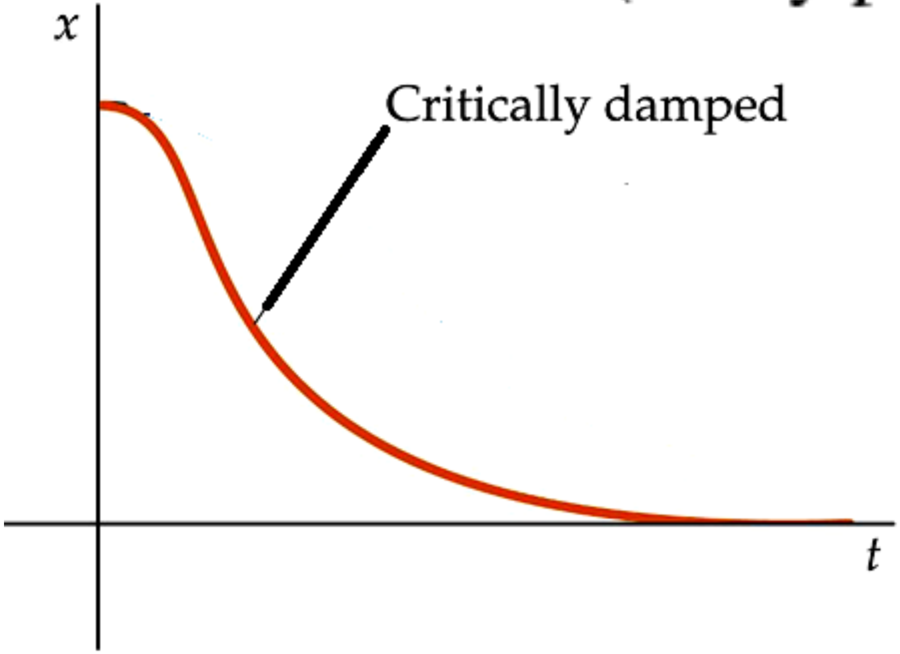
$$(\text{decay parameter}) = \beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_o^2}$$

Oscilador Criticamente Amortecido

Um *oscilador criticamente amortecido* *com* $\beta = \omega_0$:

$$x(t) = C_1 e^{-\beta t} + C_2 t\, e^{-\beta t}.$$

$$(\text{decay parameter}) = \beta = \omega_o$$



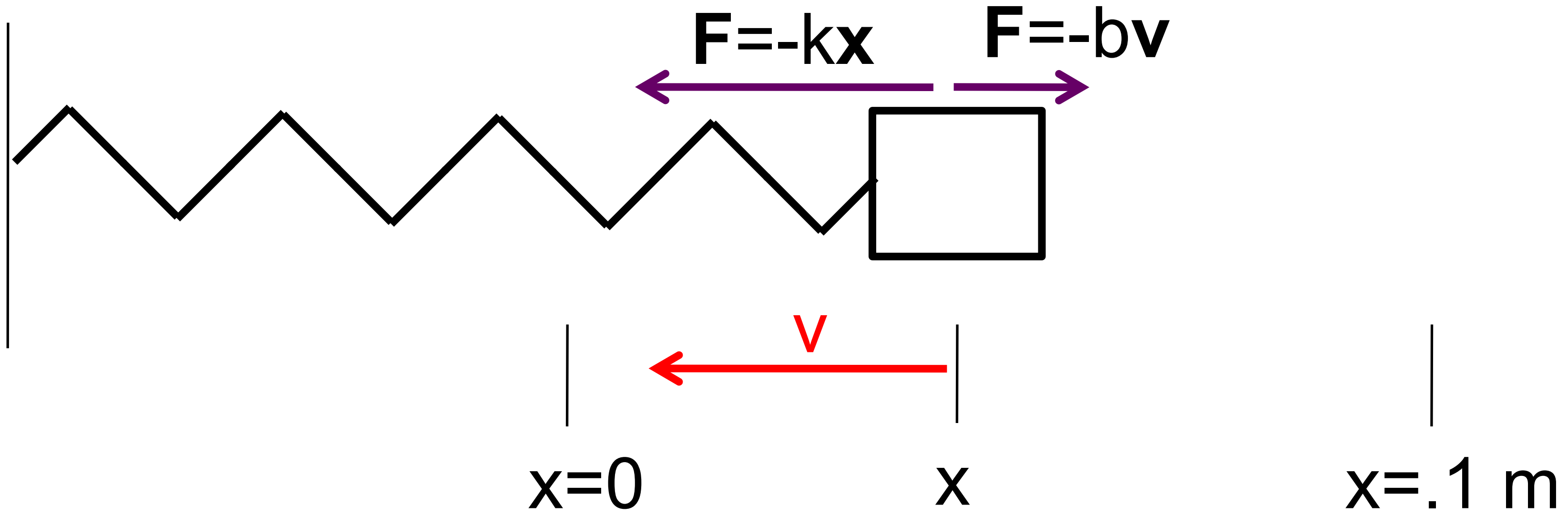
Uma massa presa a uma mola sofre um pequeno amortecimento. Quando ela passa por $x=0$, qual das afirmativas está correta?

A) Sua rapidez está aumentando
B) Sua rapidez está diminuindo
C) Sua rapidez é máxima (e portanto não está nem aumentando nem diminuindo)
D) A resposta depende do SENTIDO de seu movimento.

Uma massa presa a uma mola sofre um pequeno amortecimento. Ela é abandonada a partir do repouso. Onde v_{max} ocorre primeiro?

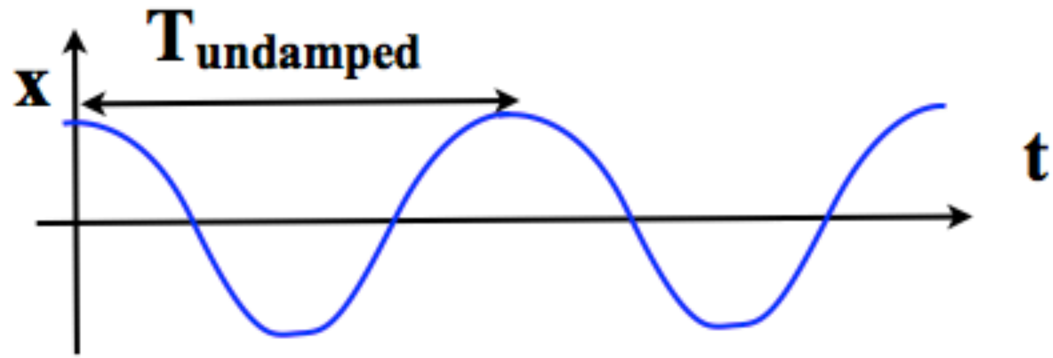
A) ANTES de chegar em x=0
B) DEPOIS de passar por x=0
C) Precisamente em x=0
D) ???

DICA: No instante em que ela passa por x=0, sua rapidez está aumentando, diminuindo, ou tem seu valor máximo?
Pensar nisto ajuda?

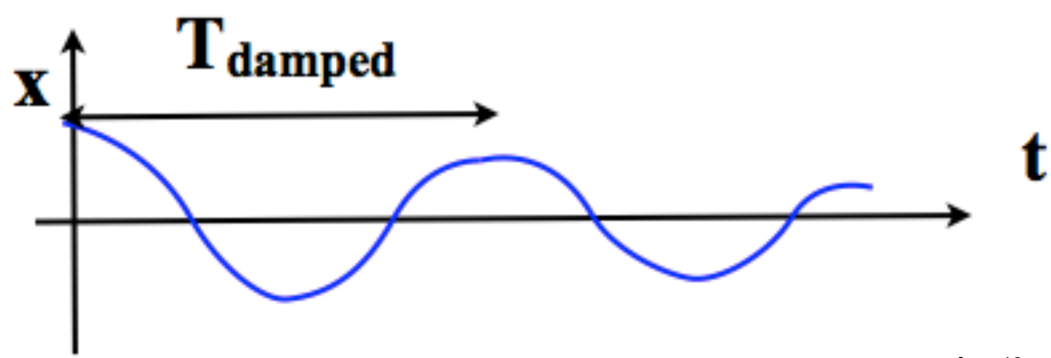

F=-k**x**
F=-b**v**
v
x=0
x
x=.1 m

Num oscilador amortecido, como o período entre dois máximos sucessivos se compara com o caso sem amortecimento?
(Suponha que k e m sejam os mesmos nos 2 casos)

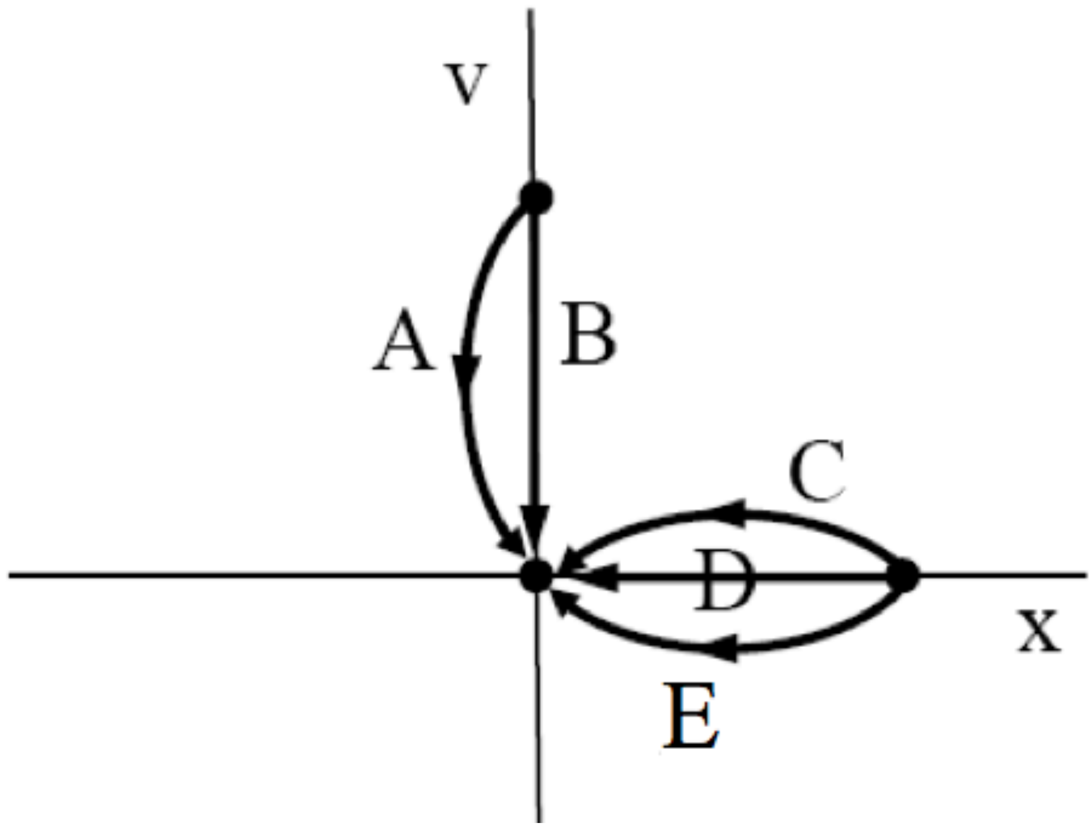
A) iguais
B) amortecido é maior
C) amortecido é menor



Not necessarily on the same horizontal scale!



Qual trajetória no espaço de fase melhor descreve um oscilador harmônico super amortecido abandonado do repouso?



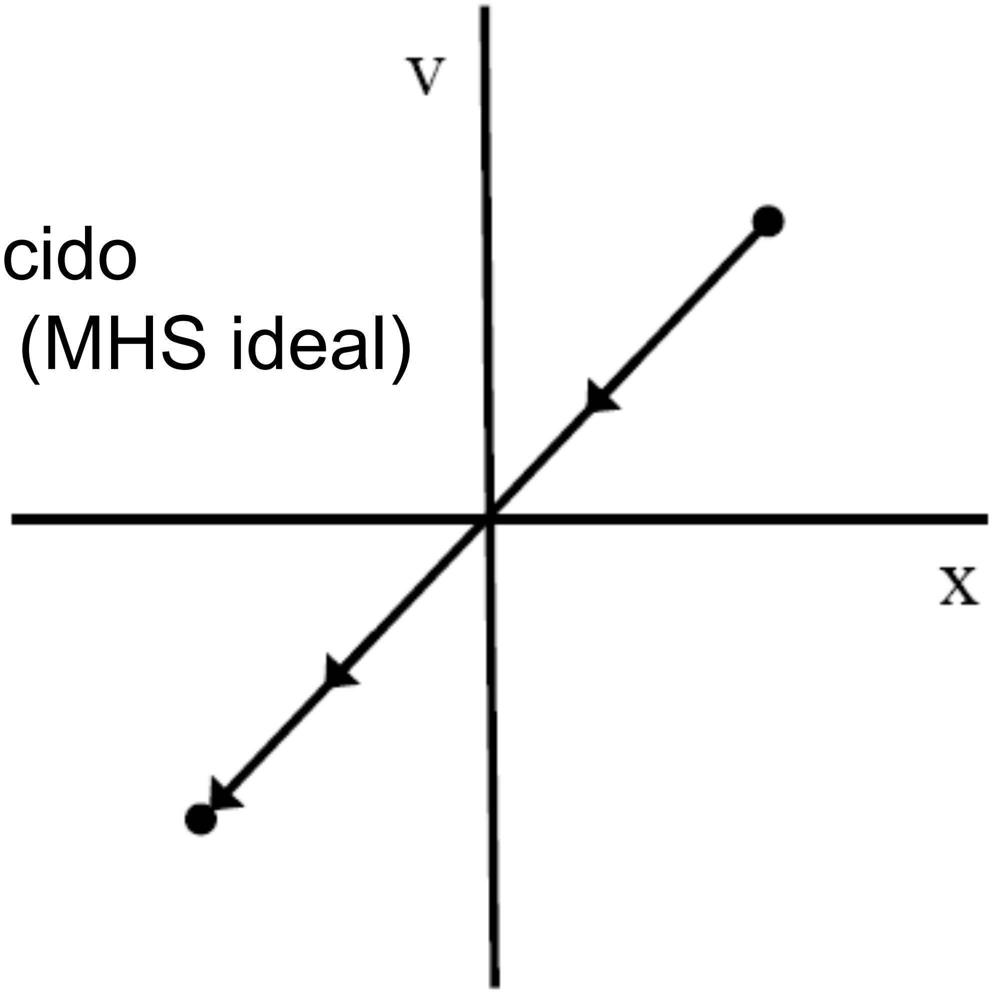
Desafio: Como muda sua resposta se o oscilador for "criticamente amortecido"?

Que tipo de comportamento no amortecimento devem os amortecedores do seu carro ter para a viagem ser mais agradável?

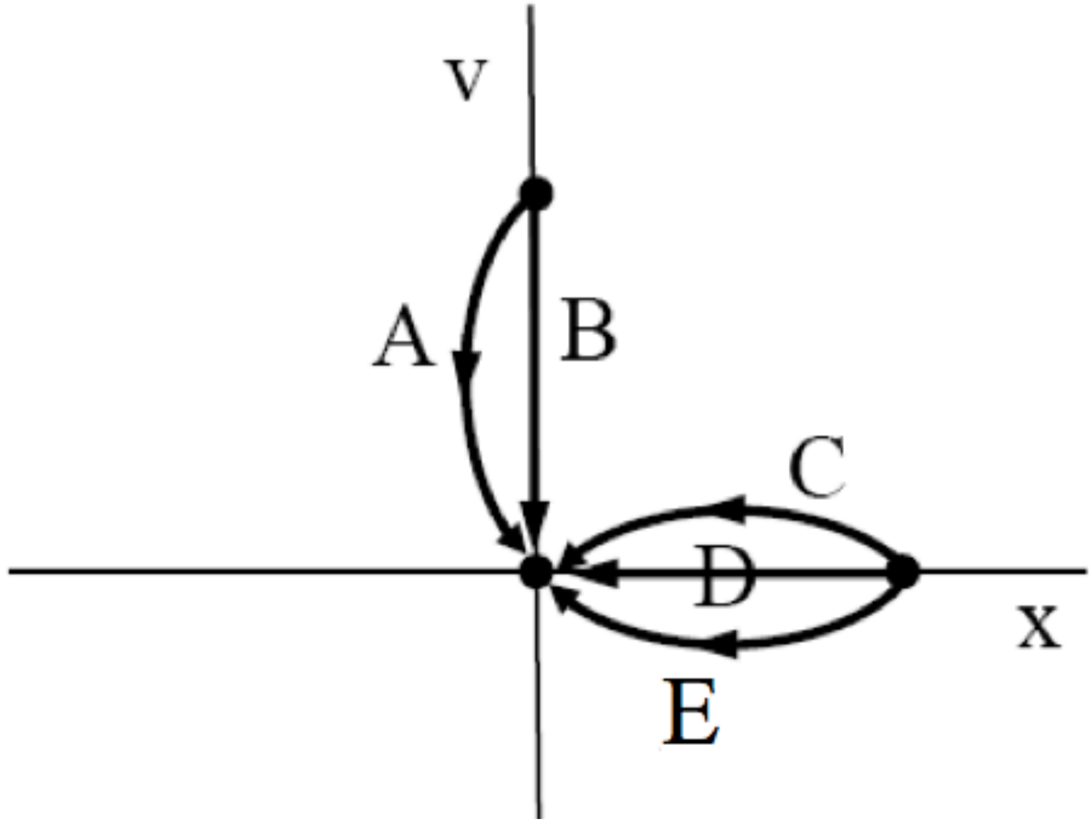
A) Nenhum amortecimento
B) Sub-amortecido
C) Amortecimento crítico
D) Super-amortecido

Que tipo de movimento oscilatório é descrito por este diagrama no espaço de fase?

A) Super-amortecido
B) Sub-amortecido
C) Criticamente amortecido
D) Sem amortecimento (MHS ideal)
E) ??? (é impossível?)



Qual trajetória no espaço de fase melhor descreve um oscilador harmônico super amortecido abandonado do repouso?



Desafio: Como muda sua resposta se o oscilador for “criticamente amortecido”?

Conceitos importantes

Frequência angular $\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$

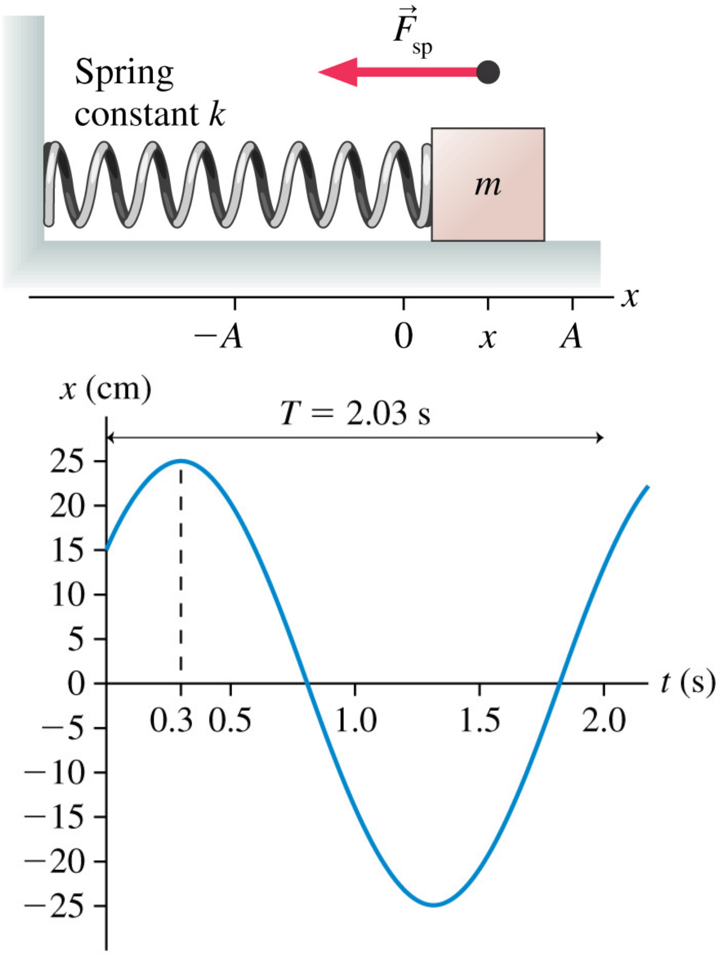
Frequência: $f = \frac{1}{T}$

Posição: $x(t) = A\cos(\omega t + \delta)$

Velocidade: $v(t) = -A\omega\sin(\omega t + \delta)$

Aceleração: $a(t) = -\omega^2 x(t)$

Energia: $E = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2$



Ausência de atrito implica em conservação da energia mecânica

Oscilações Amortecidas

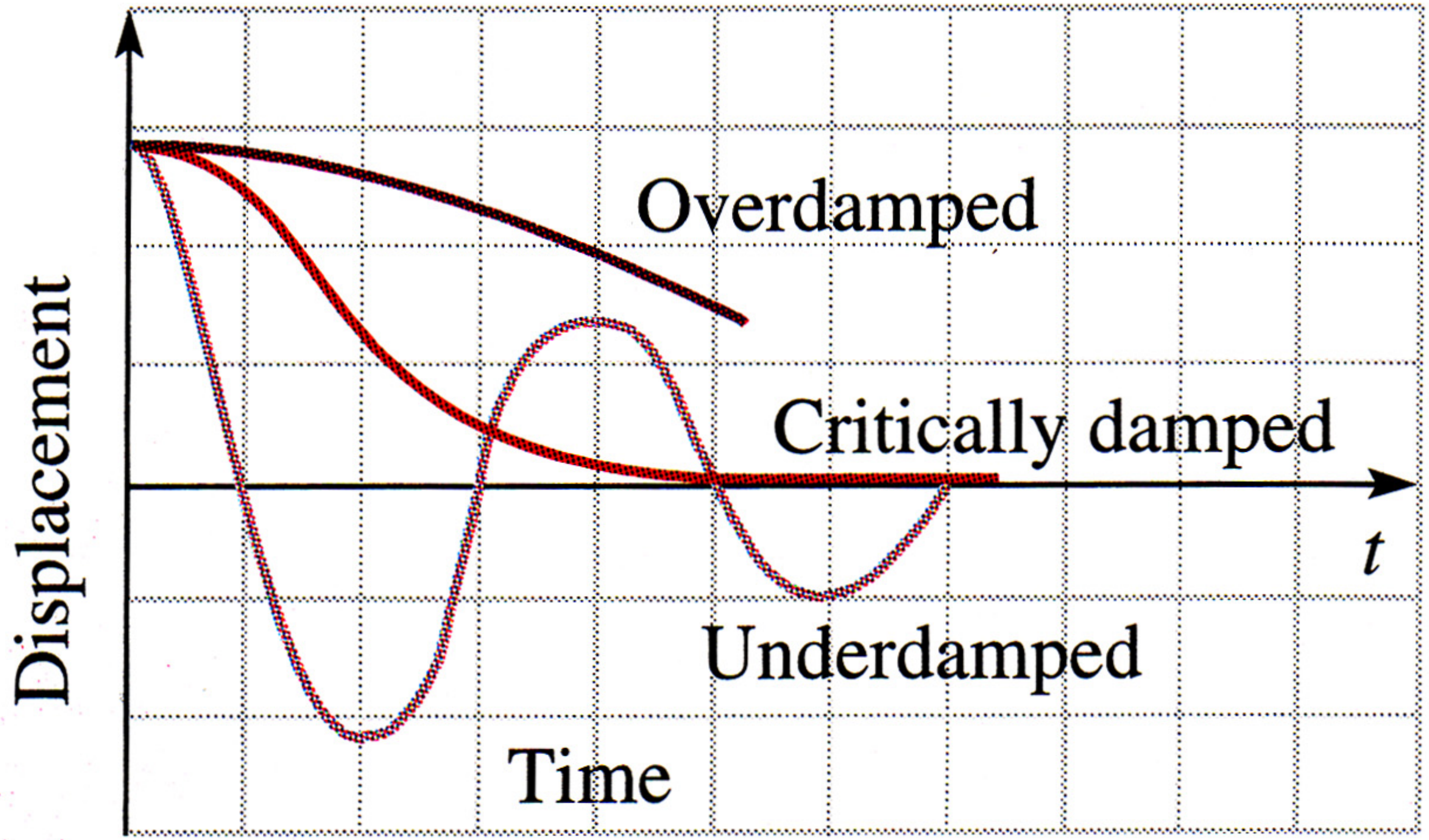
$$F_{drag} = -bv$$

$$2\beta = b / m$$

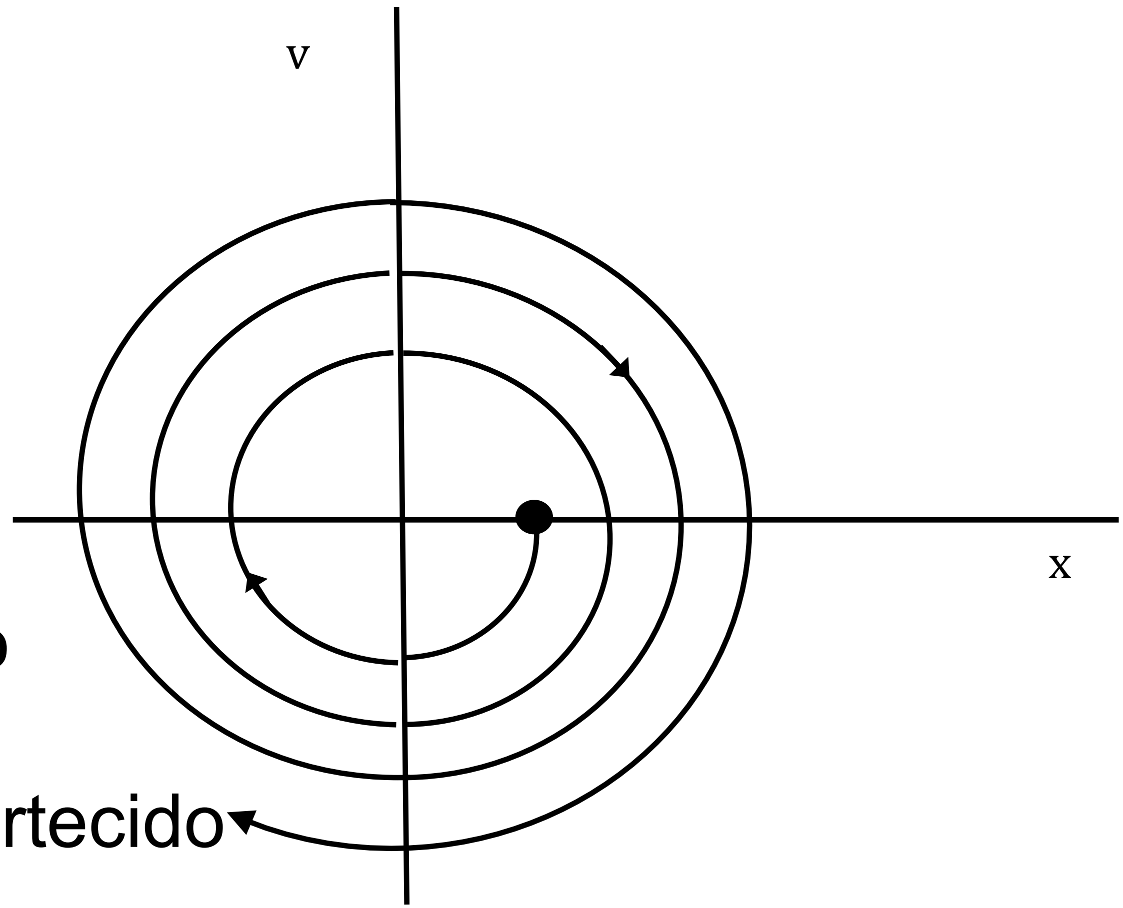
$$F = m\ddot{x} = -kx - b\dot{x}$$

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0{}^2 x = 0$$

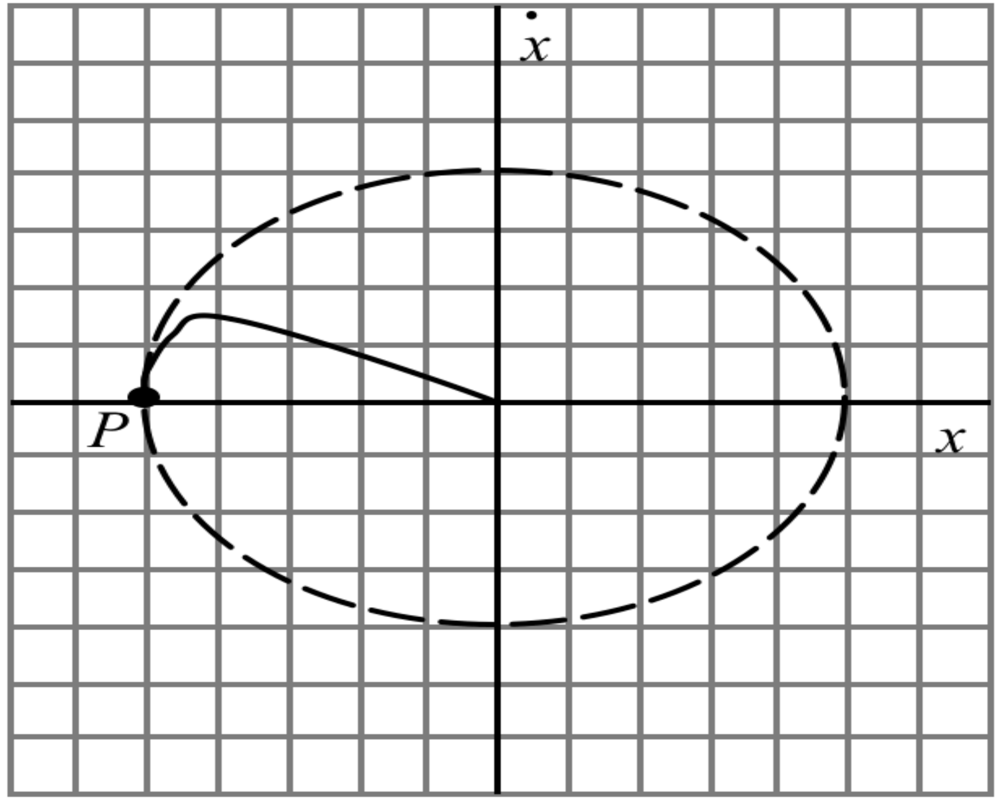
Oscilações Amortecidas



Que tipo de movimento é descrito por esta trajetória no espaço de fase?



A) Super-amortecido
B) Sub-amortecido
C) Criticamente amortecido
D) Impossivel dizer
E) Este movimento é impossível



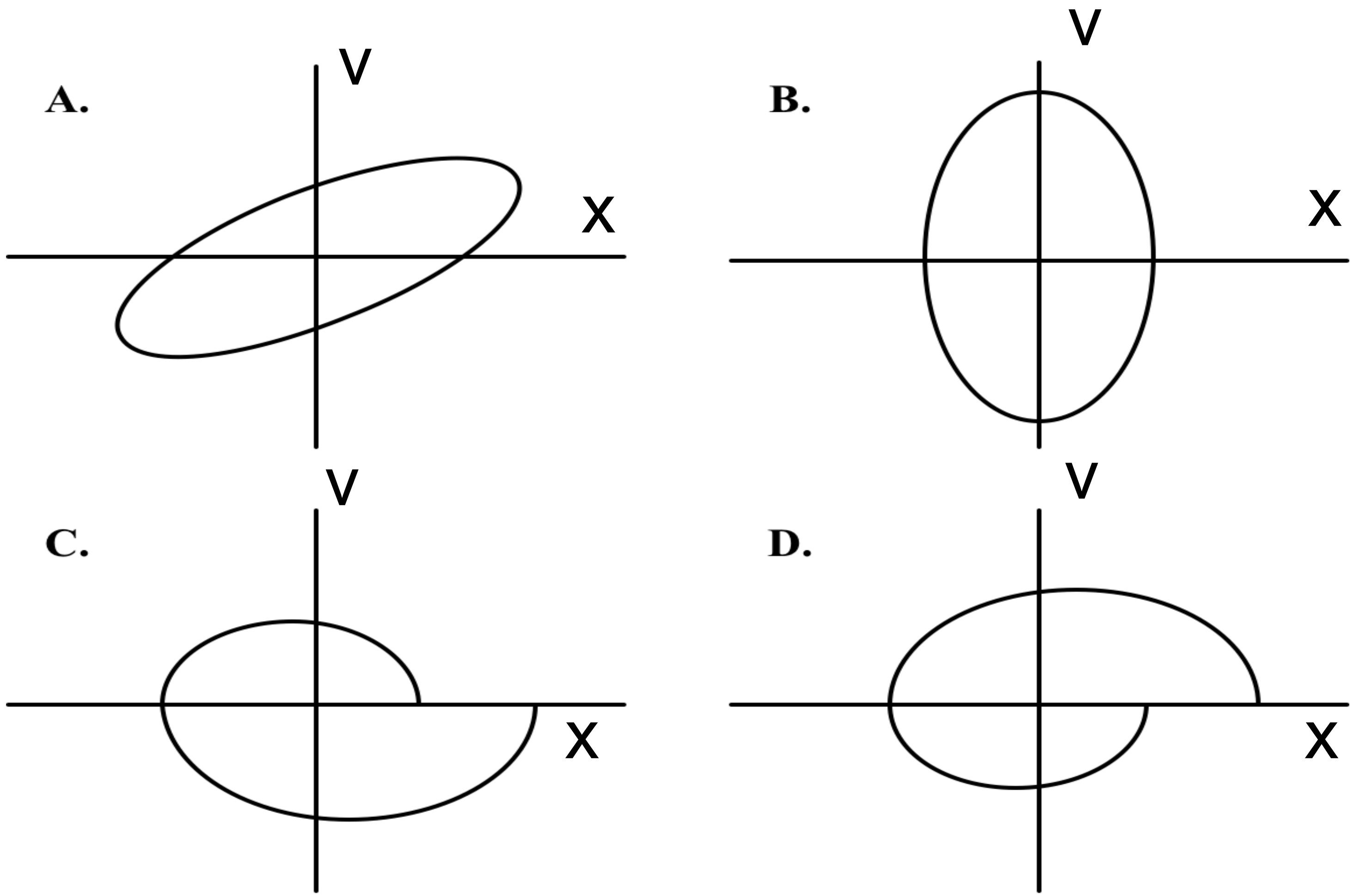
A trajetória no espaço de fase composta pela linha sólida que começa em P e acaba na origem representa que sistema?

A) Sem amortecimento B) Sub-amortecido

C) criticamente amortecido

D) Super-amortecido E) Falta info!!

Qual destes diagramas do espaço de fase pode representar um período completo de um oscilador 1D sub-amortecido?



E) Nenhum, ou MAIS que 1!!

$$L\frac{d^2Q}{dt^2}+R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=0$$

Dada a equação diferencial de um circuito RLC, que quantidade é análoga ao termo de amortecimento num oscilador mecânico?

A) R, resistência
B) L, indutância
C) C, capacitância
D) Q, carga
E) t, tempo

Desafio: A que correspondem as duas outras quantidades elétricas num sistema mecânico?

A densidade de um objeto esférico é ρ(r)=c/r²
(até r=R, e 0 se r>R).
Isto significa que a massa total do objeto é M =

$$A)\quad \rho V = \left(\frac{c}{r^2}\right)\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) = \frac{4\pi c}{3} r$$

$$B)\quad \rho V = \left(\frac{c}{R^2}\right)\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right) = \frac{4\pi c}{3} R$$

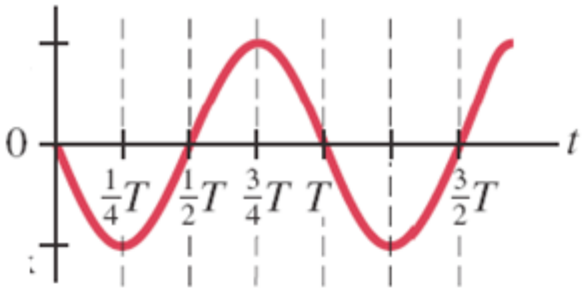
$$C)\quad \rho V = \left(\frac{c}{r^2}\right)\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right) = \frac{4\pi c R^3}{3r^2}$$

D) None of these is correct!

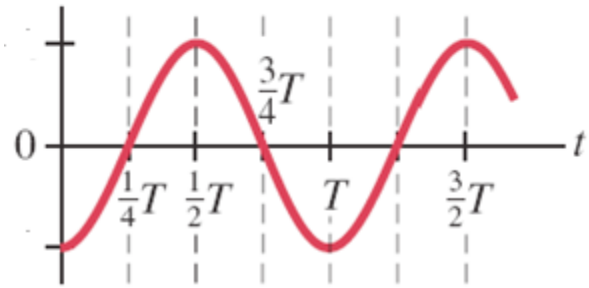
Revisão rápida depois do feriado

Se uma massa-mola é esticada e abandonada a partir do repouso, os gráficos abaixo correspondem a:

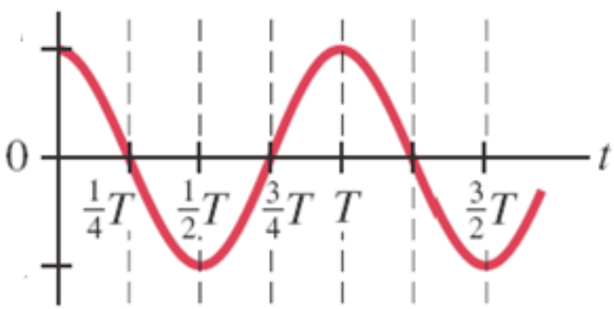
I



II



III



A) I: velocidade, II:posição, III:aceleração

B) I: posição, II:velocidade, III:aceleração

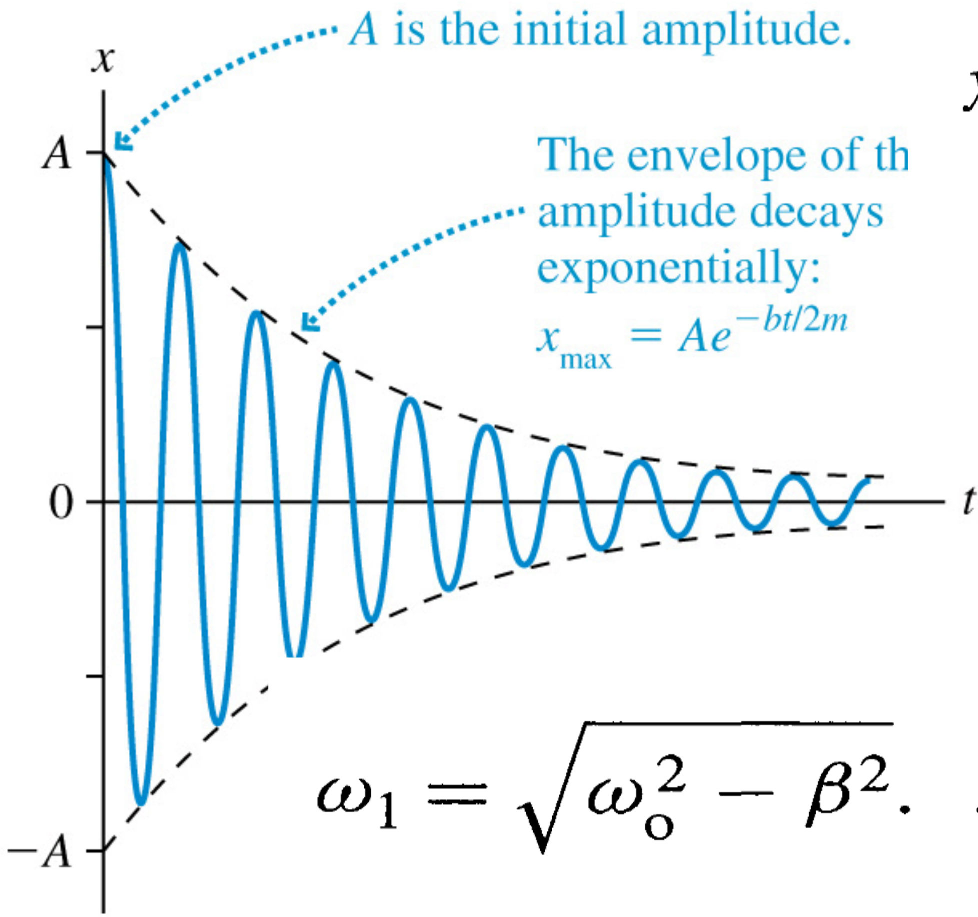
C) I: aceleração, II:velocidade, III:posição

D) I: velocidade, II:aceleração, III:posição

E) Falta informação!

Oscilador sub-amortecido

Um *oscilador fracamente amortecido com* $\beta<\omega_0$:



$$x(t) = Ae^{-\beta t}\cos(\omega_1 t - \delta).$$

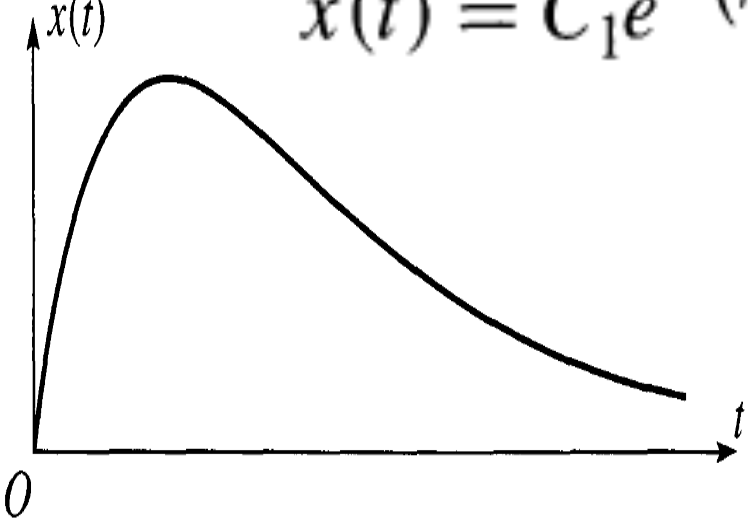
$$\beta < \omega_o$$

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_o^2 - \beta^2}.$$

O amortecimento ***reduz*** a frequência da oscilação.

Oscilador Super-Amortecido

Um *oscilador fortemente amortecido* *com $\beta > \omega_0$* :



$$x(t) = C_1 e^{-\left(\beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_o^2}\right)t} + C_2 e^{-\left(\beta + \sqrt{\beta^2 - \omega_o^2}\right)t}.$$

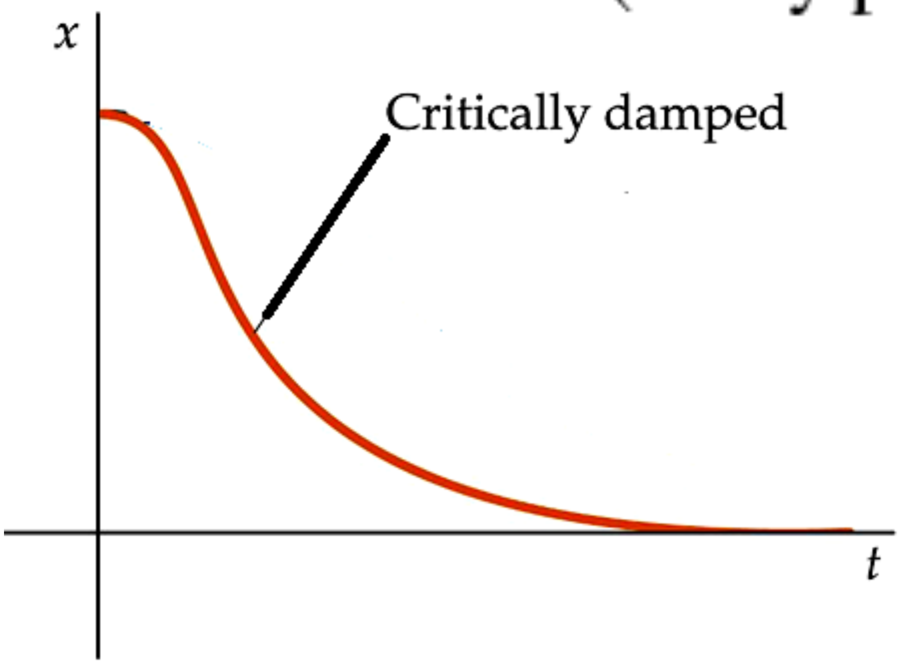
$$(\text{decay parameter}) = \beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_o^2}$$

Oscilador Criticamente Amortecido

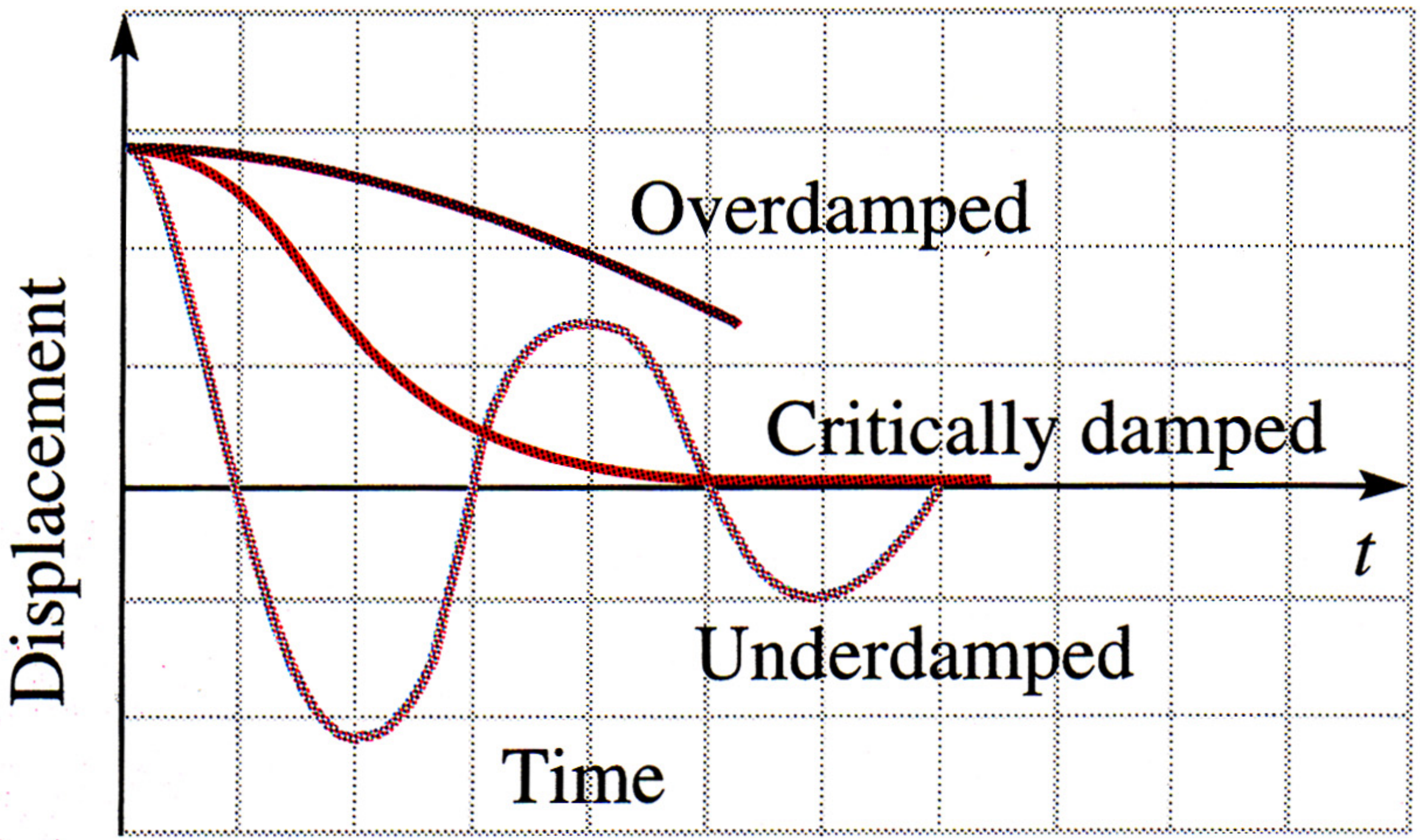
Um *oscilador criticamente amortecido* com $\beta = \omega_0$:

$$x(t) = C_1 e^{-\beta t} + C_2 t\, e^{-\beta t}.$$

$$(\text{decay parameter}) = \beta = \omega_o$$



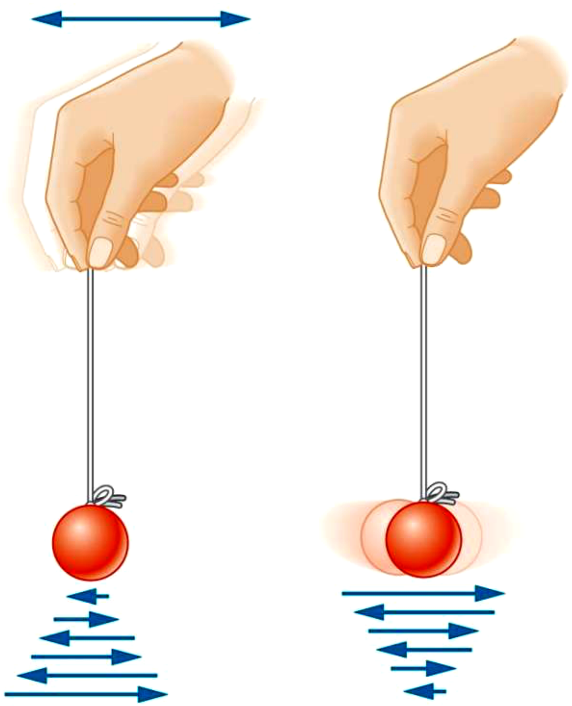
Oscilações Amortecidas



Oscilações forçadas

Esta aula

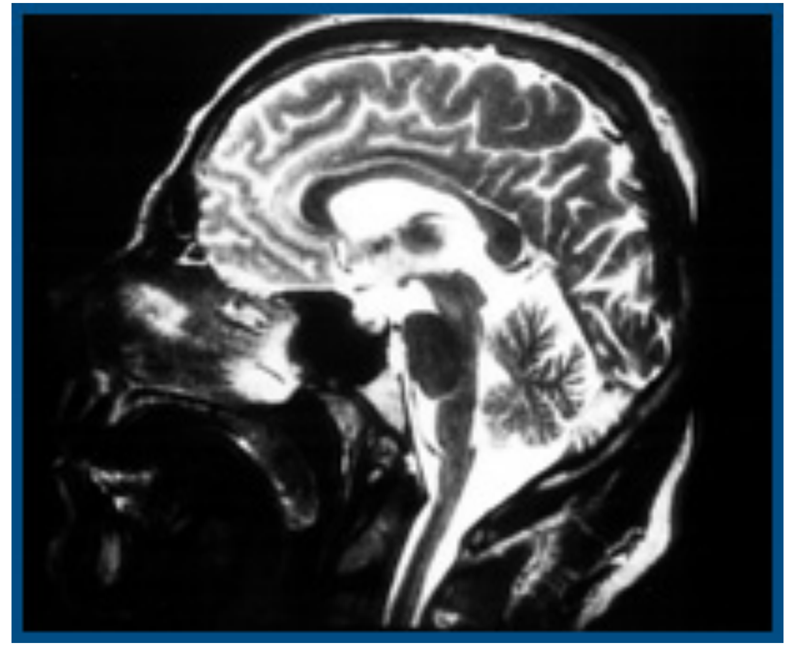
Oscilações forçadas & Ressonância



Osciladores forçados e Ressonância:

Emissão & absorção de luz
Lasers
Sintonia de rádios e televisores
Telefones móveis
Comunicação por micro-ondas
Desenho de máquinas, prédios e pontes
Instrumentos musicais
Medicina

- ressonância magnética nuclear imagens por ressonância magnética
- raios-x
- audição



Nuclear magnetic Resonance Scan

Qual dessas é uma solução particular da equação

$y'' + 4y' - 12y = 5$?

A) $y = e^{5t}$
B) $y = -5/12$
C) $y = -a\ 5/12$
D) $y = a\ e^{2t} + b\ e^{-6t} + 5$
E) Nenhuma destas

A solução geral é portanto $y = a\ e^{2t} + b\ e^{-6t} - 5/12$

Qual forma deveríamos tentar para achar uma solução particular da equação $y'' + 4y' + 6y = 3e^{2t}$?

Que tal $= 4e^{2it}$?

Ou então $= f_0 \cos(2t)$?

Considere a equação

$$x'' + 16x = 9\sin(5t), \quad x(0)=0,\ x'(0)=0$$

Sua solução é...

A. $x(t) = c_1 \cos(4t) + c_2 \sin(4t) - \sin(5t)$

B. $x(t) = 5/4 \sin(4t) - \sin(5t)$

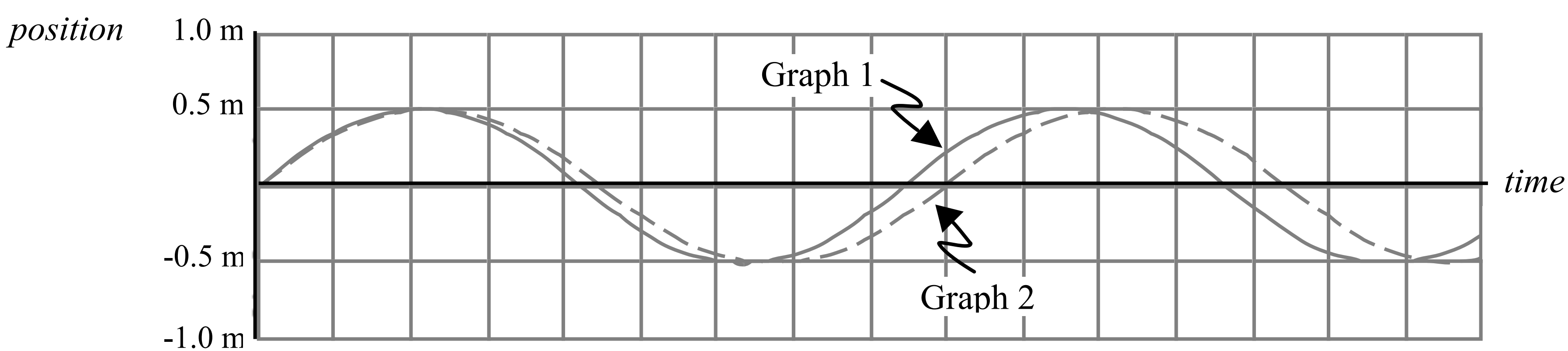
C. $x(t) = \cos(4t) - \cos(5t)$

D. Não sei achar

Quando variamos ω a frequência de ressonância é

$$\omega_r = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$$

Suponha um oscilador ideal, com amplitude 0.5 m. Um outro similar é fracamente amortecido e forçado, de modo que em t=0 uma amplitude estacionária (**ressonante**) de 0.5 m foi alcançada.
Que gráfico representa cada oscilador?

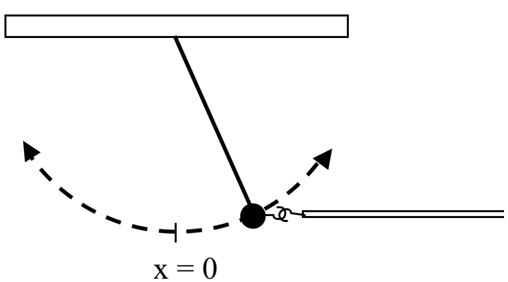


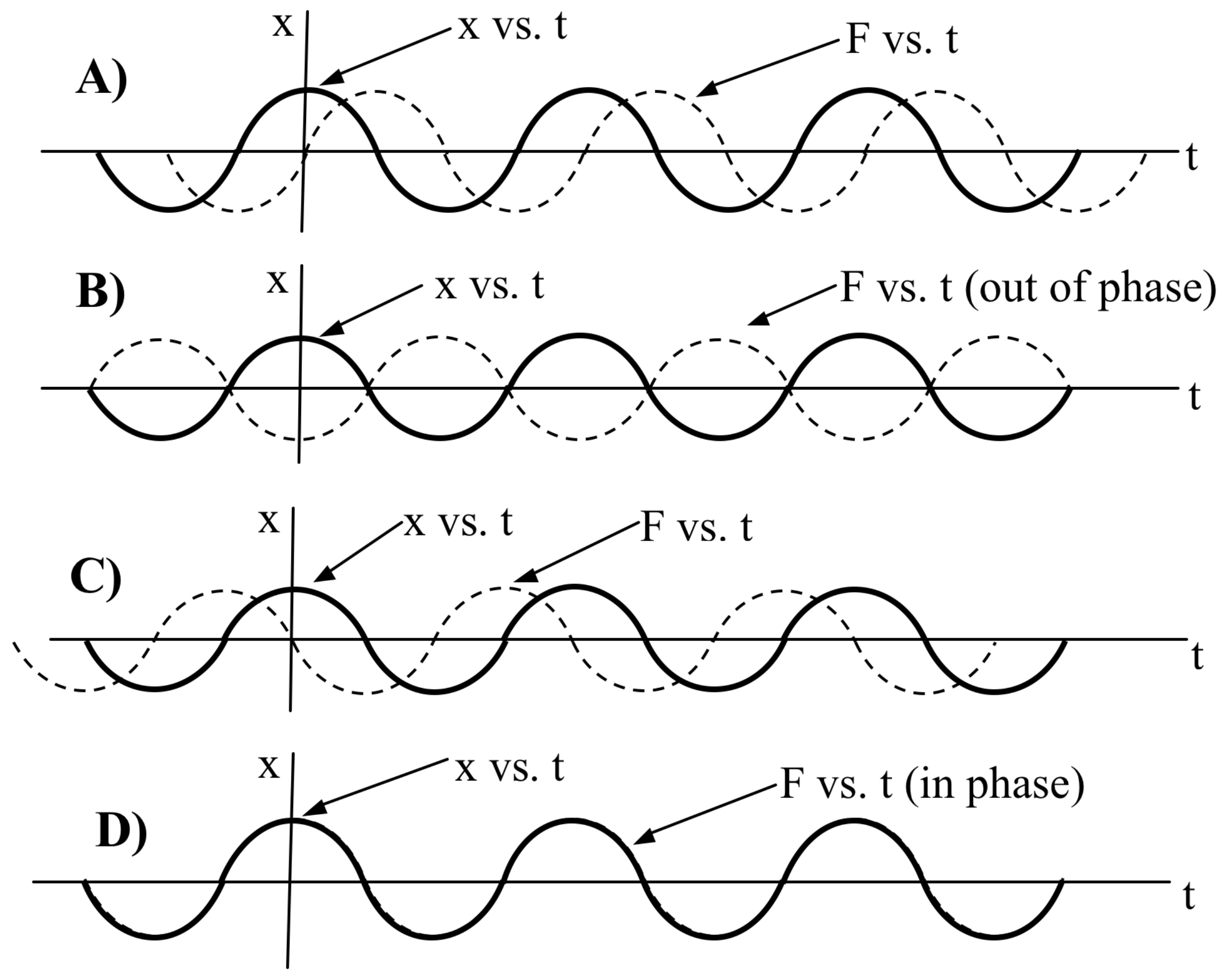
Qual é a forma *mais geral* da solução da EDO $u''+4u=e^t$?

A) $u = C_1e^{2t} + C_2e^{-2t} + C_3e^t$
B) $u = A\cos(2t-\delta) + C_3e^t$
C) $u = C_1e^{2t} + C_2e^{-2t} + (1/5)e^t$
D) $u = A\cos(2t-\delta) + (1/5)e^t$
E) Nenhuma destas

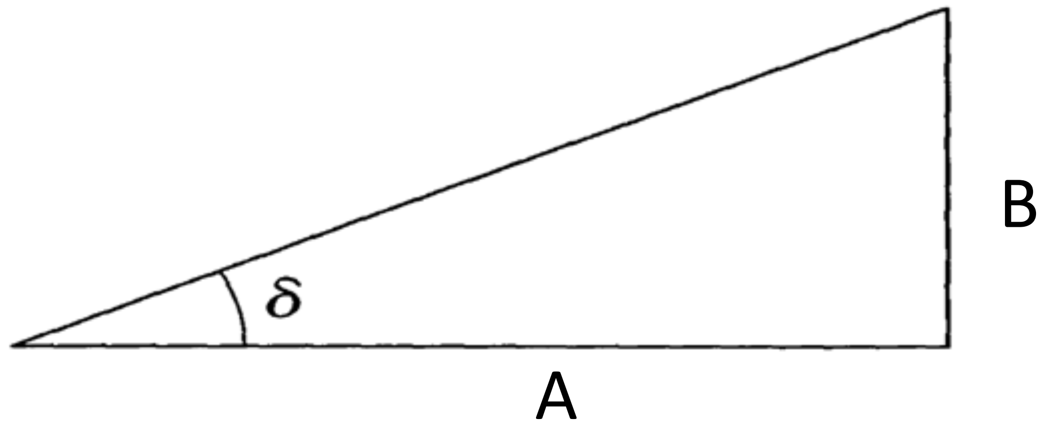
Uma pessoa empurra e puxa um pêndulo com um bastão. A direção positiva do eixo x para a posição e a força sobre o pêndulo aponta para a direita.

Para gerar amplitude máxima do movimento do pêndulo, como a fase da força do bastão deve estar relacionada com a fase da posição do pêndulo?





O ângulo δ deste triângulo é



A. $\delta = \arctan\left(\frac{B}{A}\right)$ B. $\delta = arc\cot\left(\frac{A}{B}\right)$

C. $\delta = \arctan\left(\frac{A}{B}\right)$ D. Mais de uma correta

D. Nenhuma correta

Considere a solução geral para um oscilador amortecido e forçado:

Qual termo é dominante quando t é "grande"?

$$x(t) = \underbrace{C_1 e^{-\beta t} e^{+\sqrt{\beta^2-\omega_0^2}\,t}}_{\text{termo A}} + \underbrace{C_2 e^{-\beta t} e^{-\sqrt{\beta^2-\omega_0^2}\,t}}_{\text{termo B}} + \underbrace{A\cos(\omega t-\delta)}_{\text{termo C}}$$

D) Depende dos valores das constantes

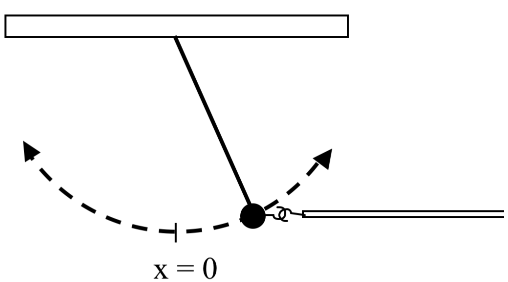
E) Mais de um destes!

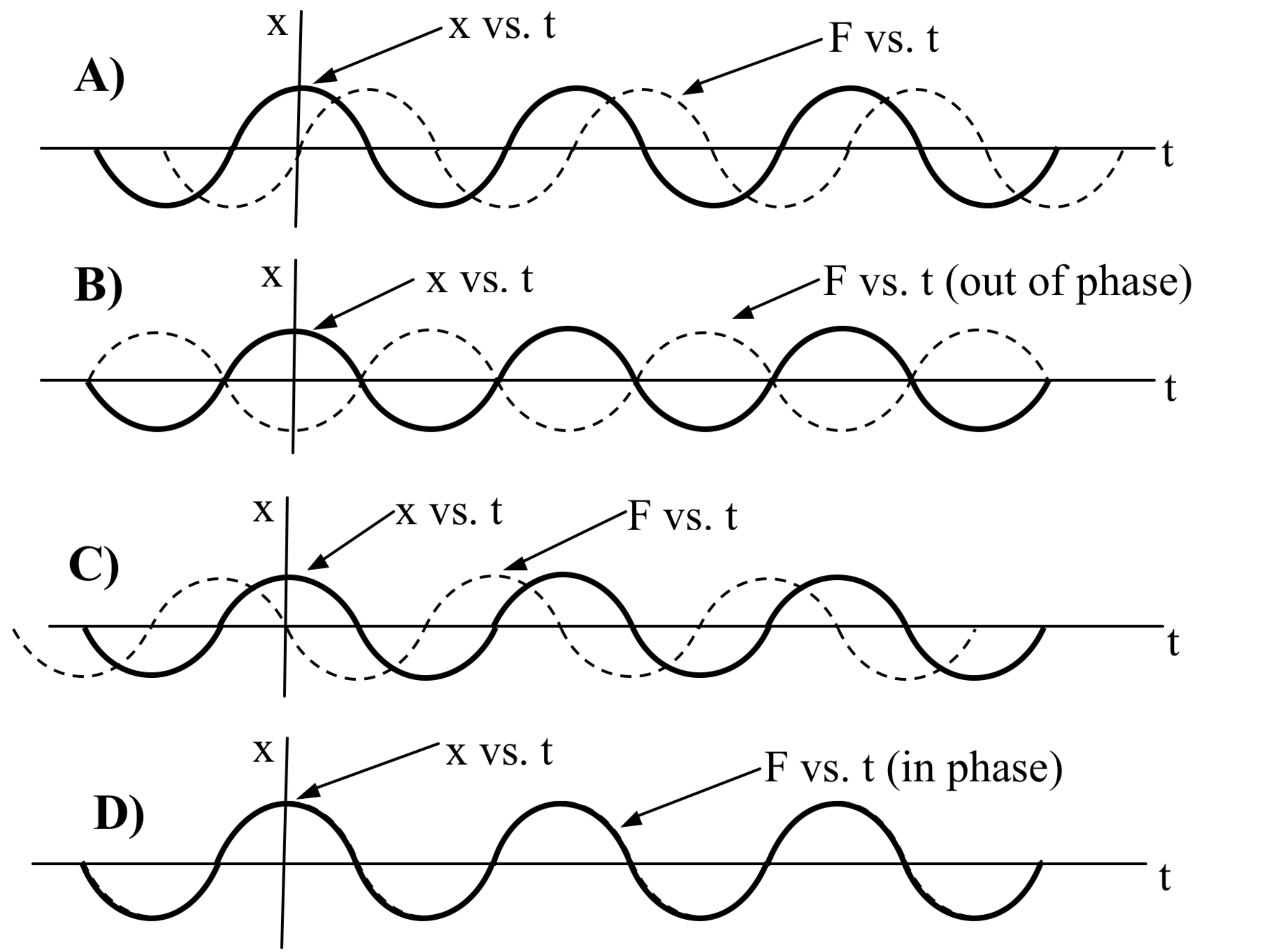
Desafio: Que termo(s) importa(m) mais quando t é "pequeno"?

Qual termo "torna-se desprezível" primeiro?

Uma pessoa empurra e puxa um pêndulo com um bastão. A direção positiva do eixo x para a posição e a força sobre o pêndulo aponta para a direita.

Para gerar amplitude máxima do movimento do pêndulo, como a fase da força do bastão deve estar relacionada com a fase da posição do pêndulo?





Considere a amplitude

$$A^2 = \frac{{f_0}^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}$$

No limite em que ω vai a infinito, A…

A. vai a zero
B. se aproxima de uma constante não nula
C. vai a infinito
D. Impossível saber!

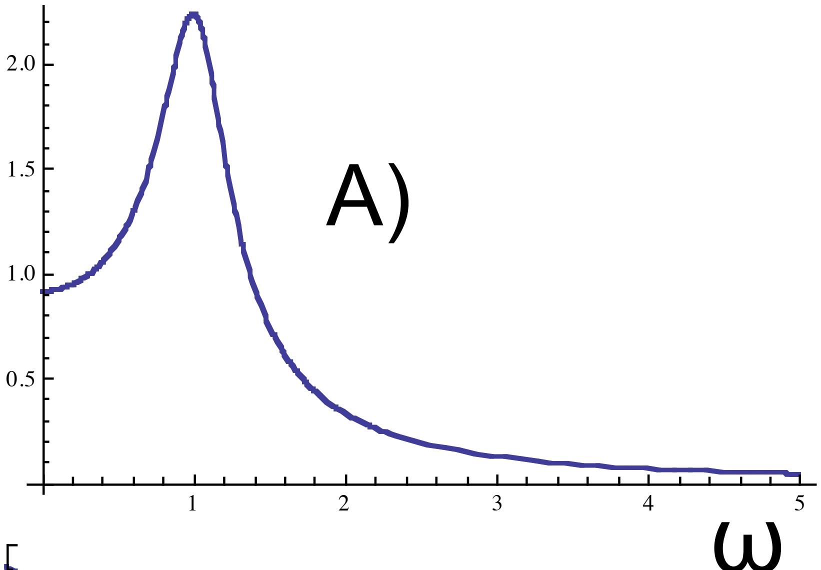
Considere a amplitude

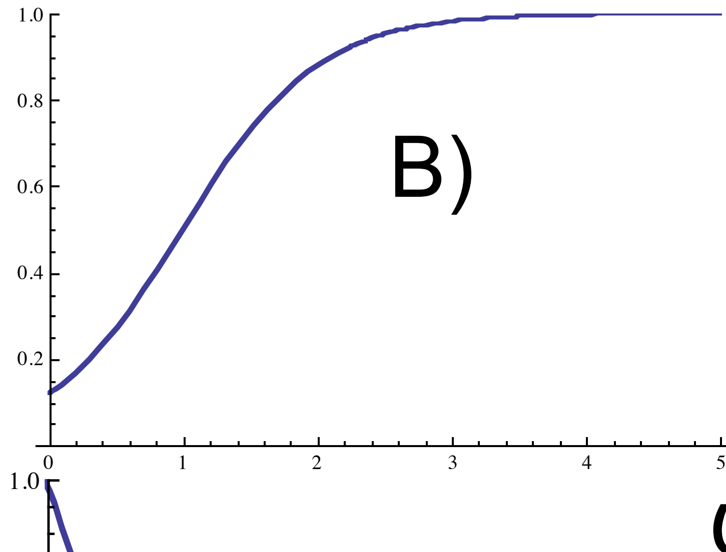
$$A^2 = \frac{{f_0}^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}$$

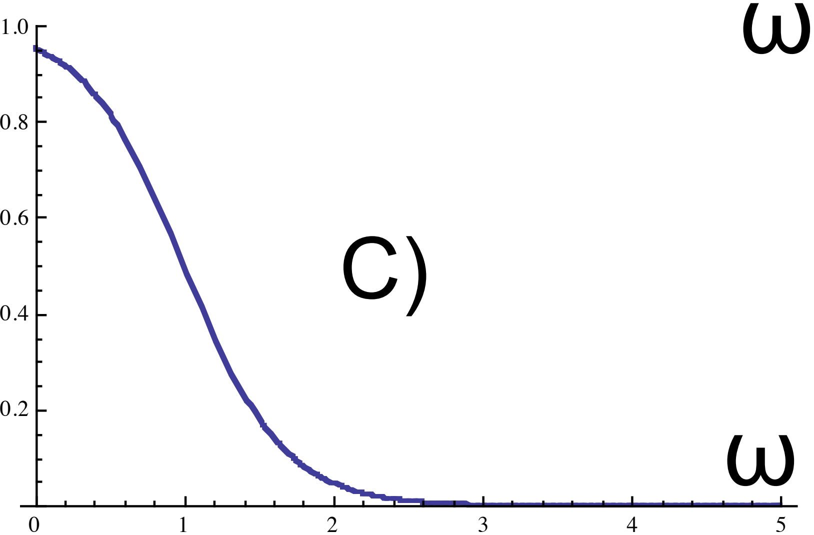
No limite de amortecimento nulo, A…

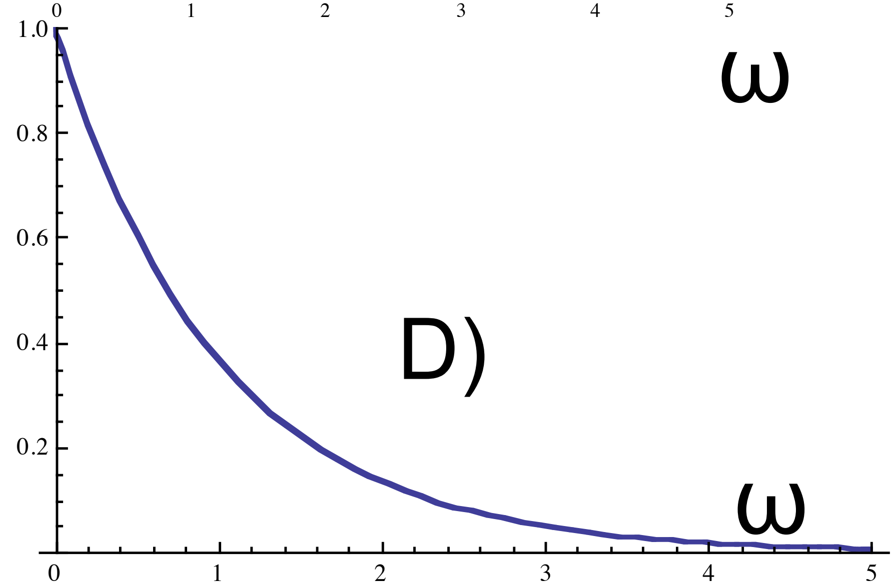
A. vai a zero
B. se aproxima de valor constante não nulo
C. vai a infinito
D. Impossível saber!

Qual o gráfico de $A = \dfrac{1}{\sqrt{\left(\omega_0^2 - \omega^2\right)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$



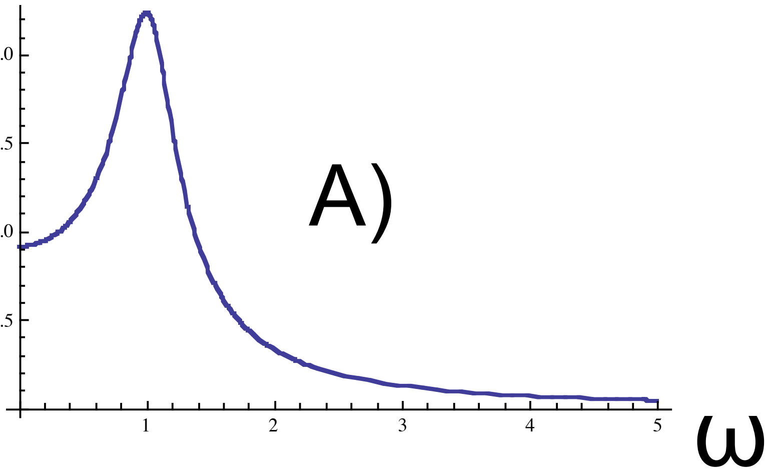


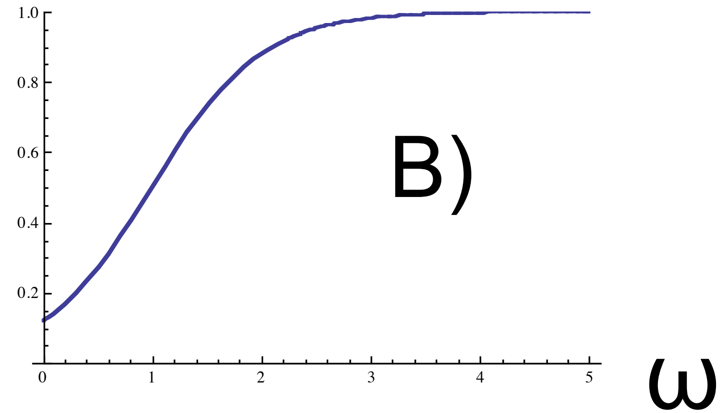


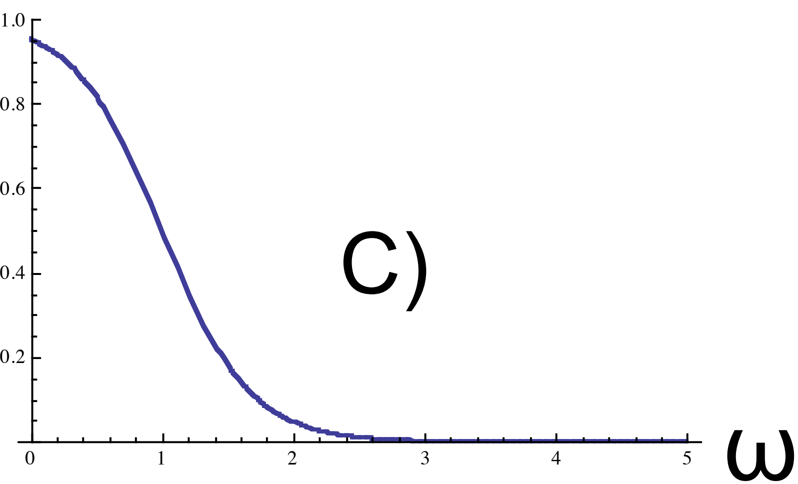


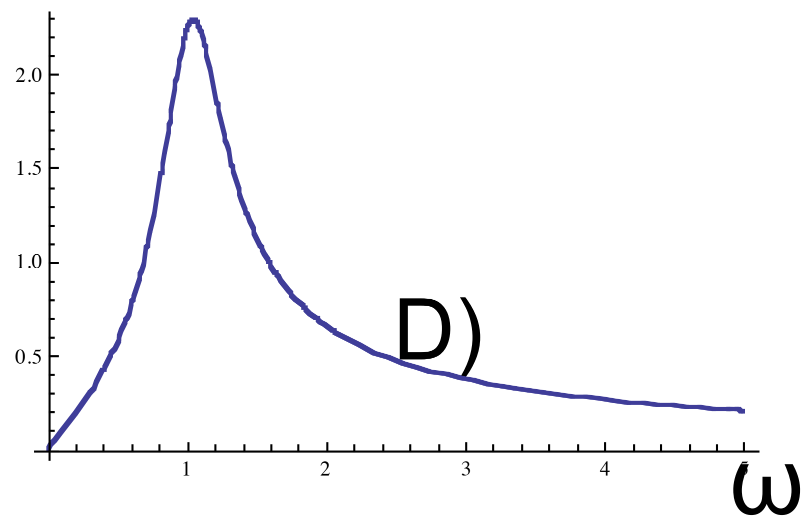
E) Nenhum deles parece correto?!

Qual o gráfico de $$A = \frac{1}{\sqrt{\left(\omega_0^2 - \omega^2\right)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$$





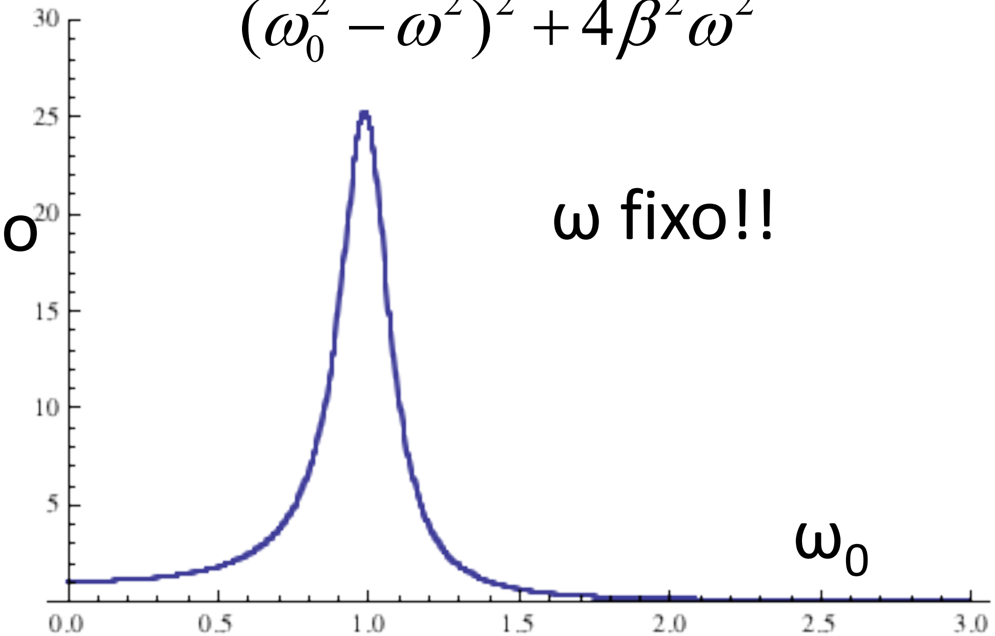




E) Nenhum deles parece correto?!

Se temos um oscilador amortecido e forçado, e aumentamos o amortecimento, β, (deixando todo o resto fixo) o que acontece com a curva mostrada?

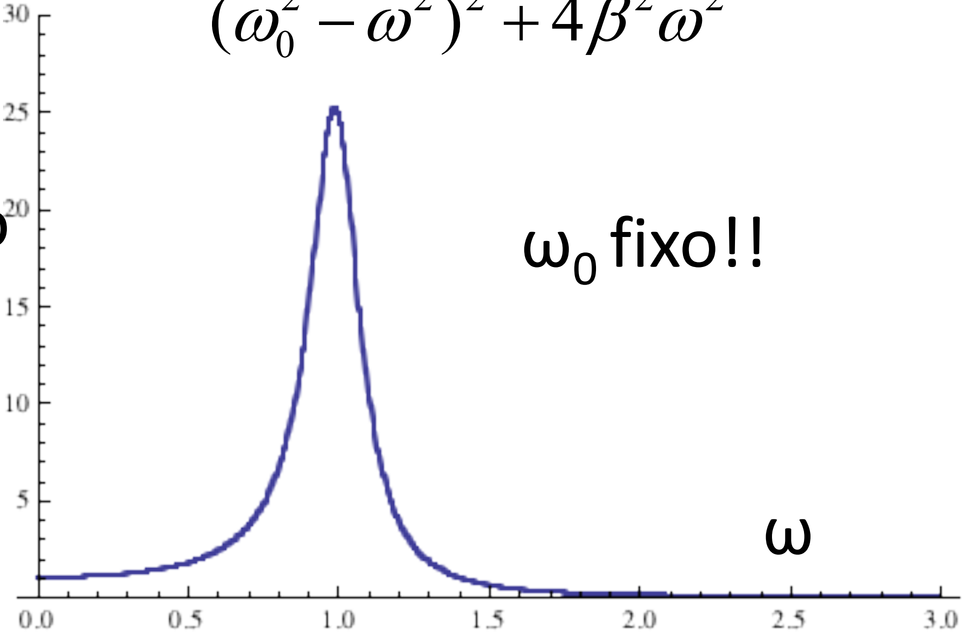
$$A^2 = \frac{{f_0}^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}$$



A) Se desloca para a ESQUERDA, e o valor máximo aumenta.
B) Se desloca para a ESQUERDA, e o valor máximo diminui.
C) Se desloca para a DIREITA, e o valor máximo aumenta.
D) Se desloca para a DIREITA, e o valor máximo diminui.
E) Nenhum destes???

Se temos um oscilador amortecido e forçado, e aumentamos o amortecimento, β, (deixando todo o resto fixo) o que acontece com a curva mostrada?

$$A^2 = \frac{{f_0}^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}$$



ω_0 fixo!!

A) Se desloca para a ESQUERDA, e o valor máximo aumenta.
B) Se desloca para a ESQUERDA, e o valor máximo diminui.
C) Se desloca para a DIREITA, e o valor máximo aumenta.
D) Se desloca para a DIREITA, e o valor máximo diminui.
E) Nenhum destes???

$$L\frac{d^2Q}{dt^2} + R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0$$

Na equação diferencial de um circuito RLC, que quantidade é análoga ao termo inercial (massa) do oscilador mecânico?

A) R, resistência
B) L, indutância
C) C, capacitância

Desafio: A que as outras quantidades são análogas?

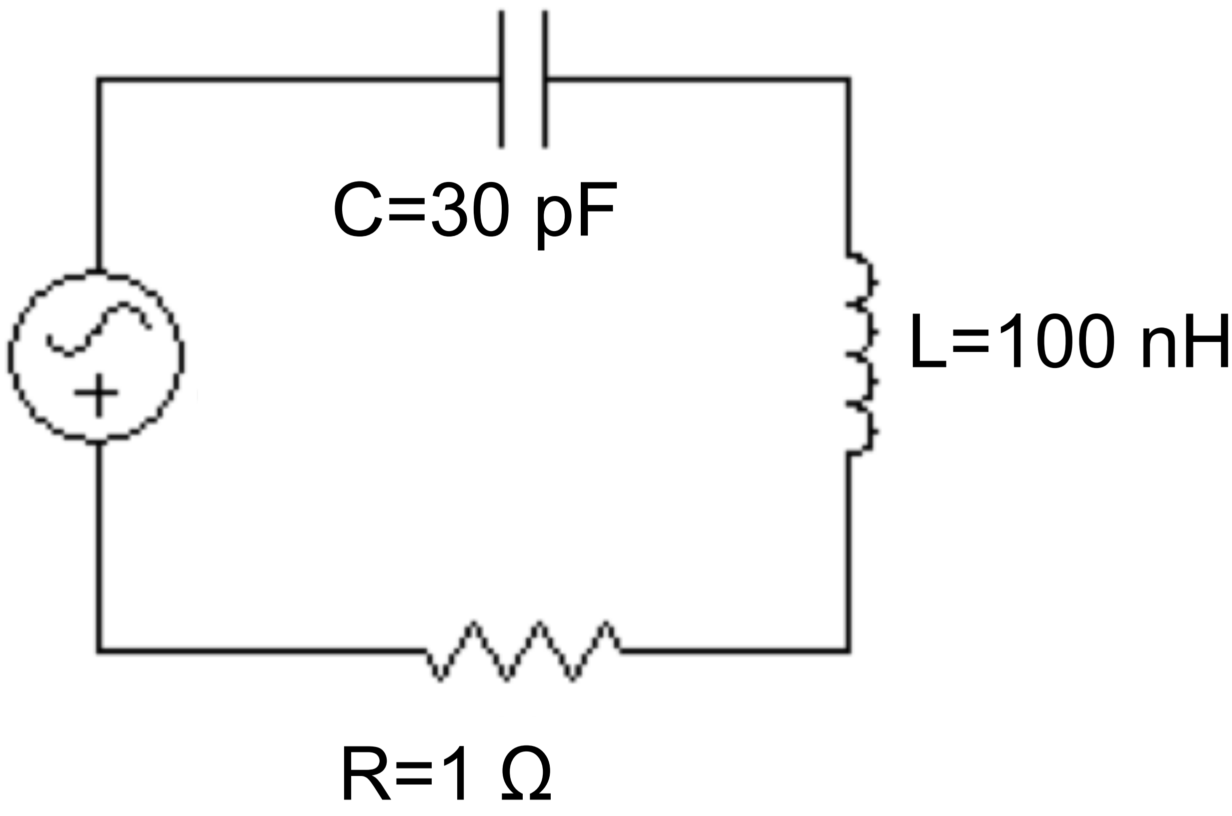
$$L\frac{d^2Q}{dt^2} + R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0$$

Quanto vale ω_0?

A) C
B) 1/C
C) $1/\sqrt{C}$
D) 1/LC
E) $1/\sqrt{LC}$

$$L\frac{d^2Q}{dt^2}+R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=a_0e^{i\omega t}$$

Se ligarmos uma fonte de voltagem AC ao circuito abaixo, para qual frequência da fonte teremos carga máxima fluindo através do circuito?



Nossa solução particular é: $x_p(t) = Ce^{i\omega t}$

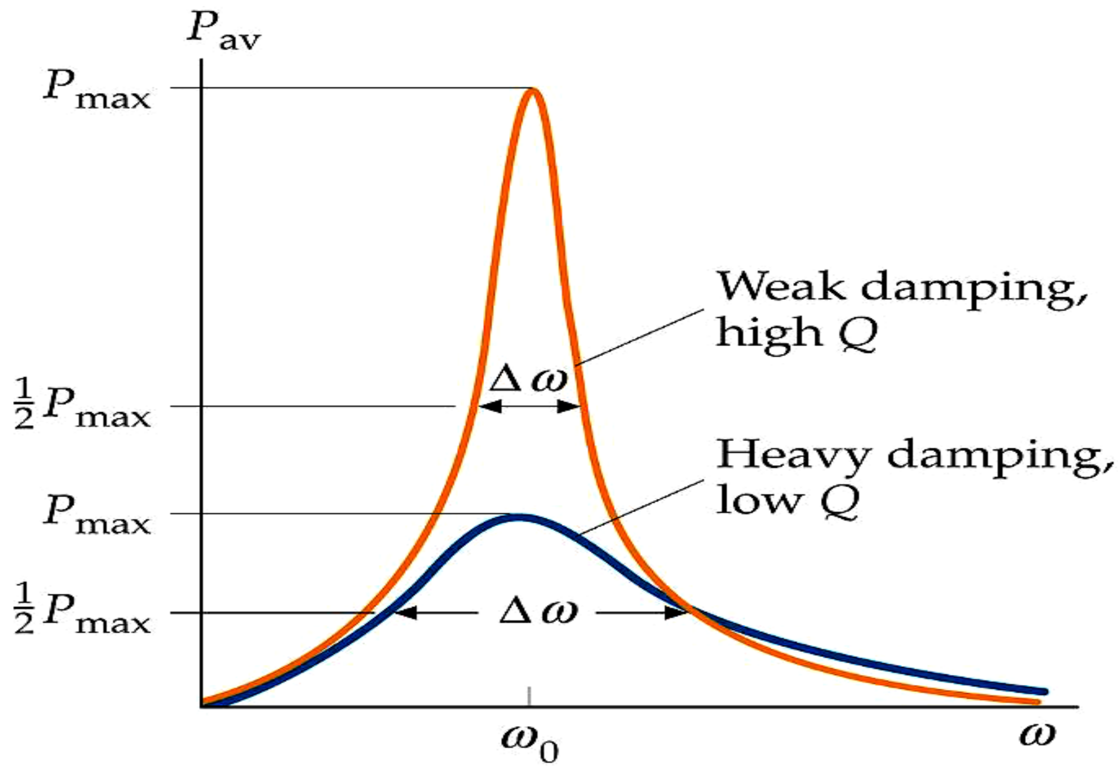
com $C = \dfrac{f_0}{(\omega_0^2 - \omega^2) + 2\beta\omega i} = Ae^{-i\delta}$

Logo $\delta = \tan^{-1} \dfrac{2\beta\omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)}$

Na ressonância, isto significa que a fase entre x e F é:

A) 0
B) 90°
C) 180°
D) Infinita
E) Indefinida/???

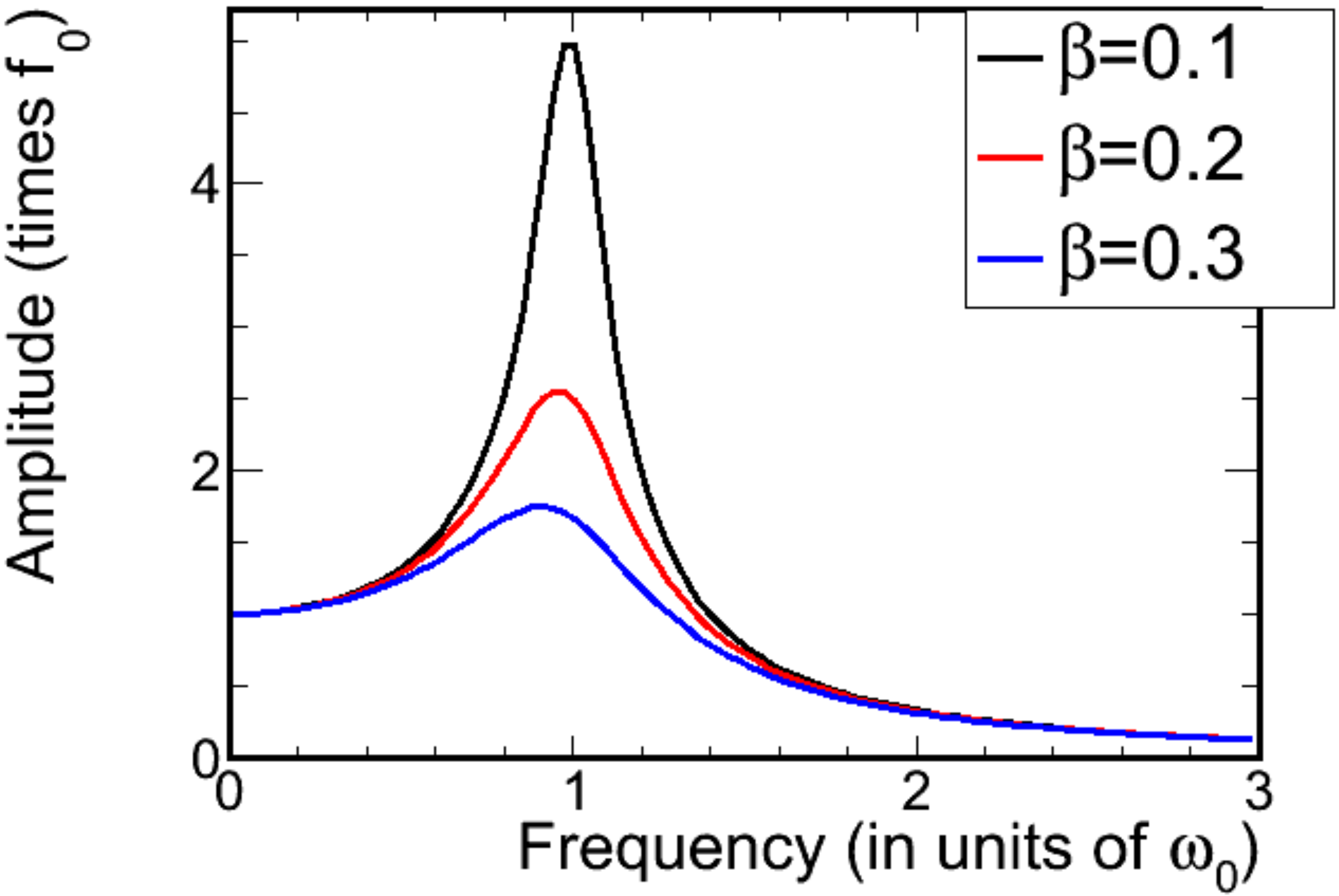
Oscilações Forçadas & Ressonância



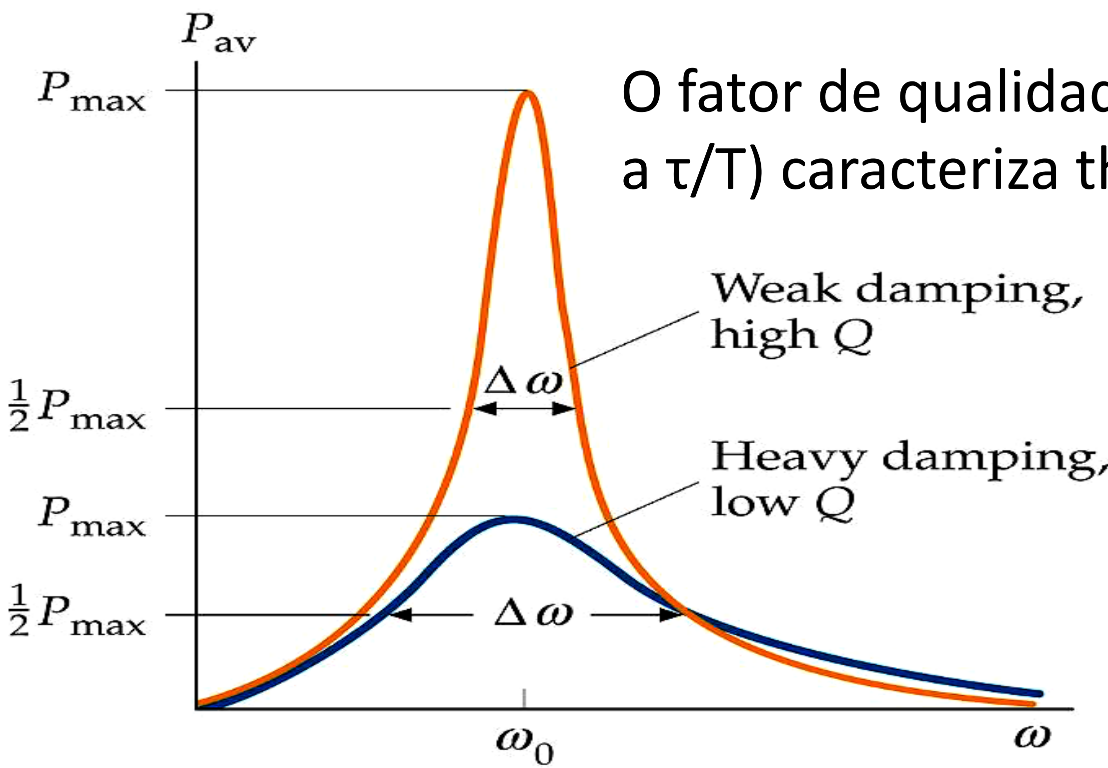
O fator de qualidade Q caracteriza a largura do pico

$$Q=\omega_0/2\beta \quad \text{(proportional to } \tau/T\text{)}$$

Damped Driven Oscillations



Oscilações Forçadas & Ressonância



O fator de qualidade $Q=\omega_0/2\beta$ (proporcional a τ/T) caracteriza the sharpness of the peak

Qual o valor (muito) aproximado para o Q de um oscilador harmônico simples mostrado em sala?

A) muito menor que 1 B) da ordem de 1

C) muito maior que 1

A voz humana pode quebrar um copo de vinho se a pessoa cantar precisamente a nota que tem a frequência de ressonância do vidro?

A) Certamente. Eu mesmo poderia fazê-lo
B) Um cantor de ópera altamente treinado poderia ser capaz de fazê-lo
C) Não. Humanos não conseguem cantar com volume ou a frequência precisa o suficiente. Esta é apenas uma lenda urbana.

Myth Busters video
http://dsc.discovery.com/videos/mythbusters-adam-savage-on-breaking-glass.html