



MECÂNICA DOS SÓLIDOS

DEFORMAÇÕES

Prof. Dr. Daniel Caetano

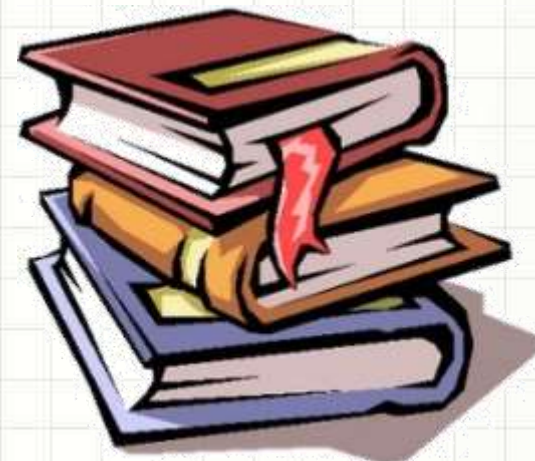
2019 - 1

Objetivos

- Conhecer os tipos de deformação e deslocamentos
 - Saber estimar valor da deformação nas formas normal/axial e por cisalhamento
 - Calcular o efeito da variação térmica como deformação das estruturas
-
- **Atividade Aula 9 – SAVA!**
 - **Pós-Aula 09 – SAVA**
 - **Pré-Aula 10 – SAVA**



Material de Estudo



Material

Acesso ao Material

Apresentação

<http://www.caetano.eng.br/>
(Mecânica dos Sólidos – Aula 9)

Material Didático

-

Minha Biblioteca

-

Biblioteca Virtual

Resistência dos Materiais (Hibbeler, 7ª, cap. 2)

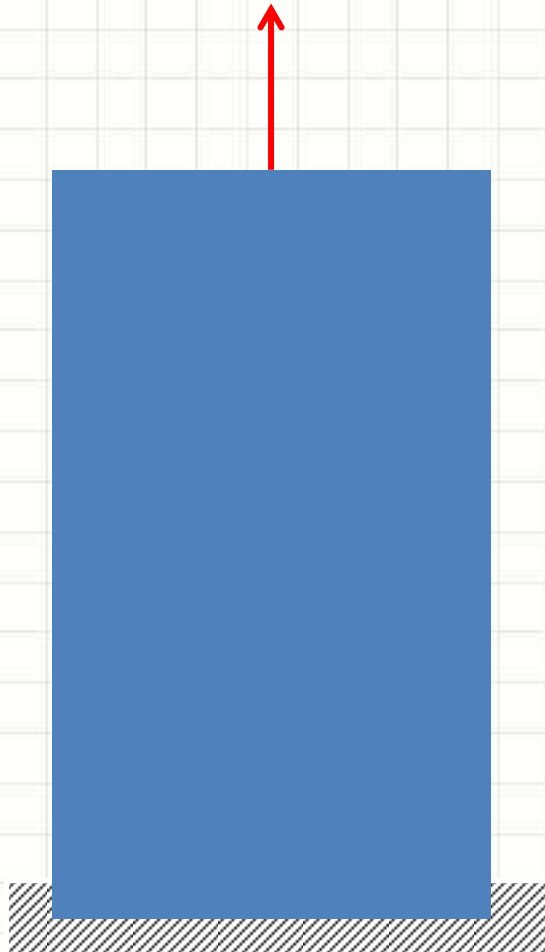
LEMBRETE: CONSULTAR O “DEPOIS” DA AULA 9 NO SAVA!
LEMBRETE: CONSULTAR O “ANTES” DA AULA 10 NO SAVA!



RETOMANDO:

TENSÕES NORMAIS

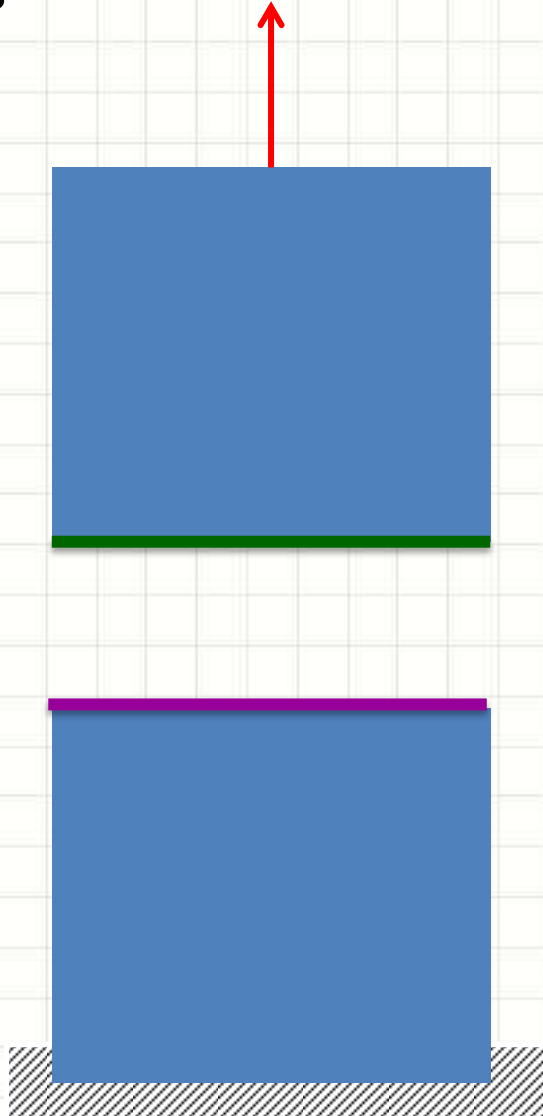
Força Axial



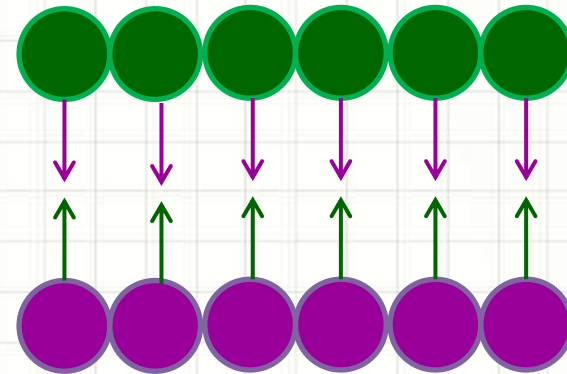
Esforço Solicitante

- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos

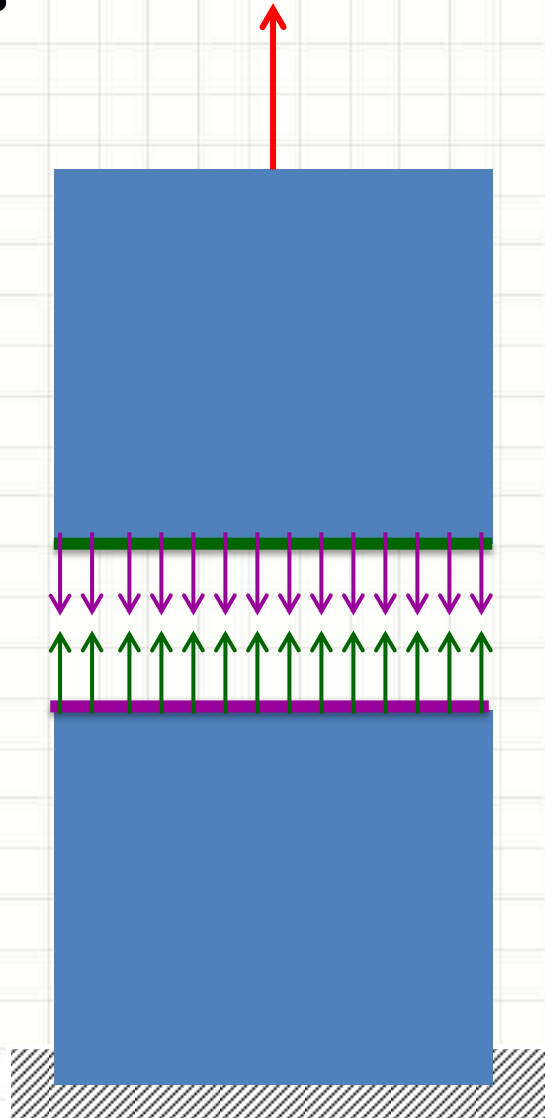
Força Axial x Tensão Normal



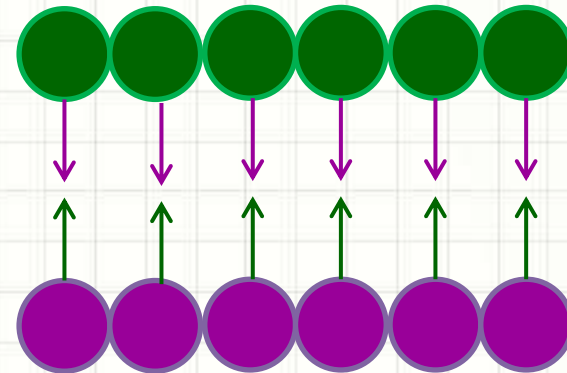
- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos



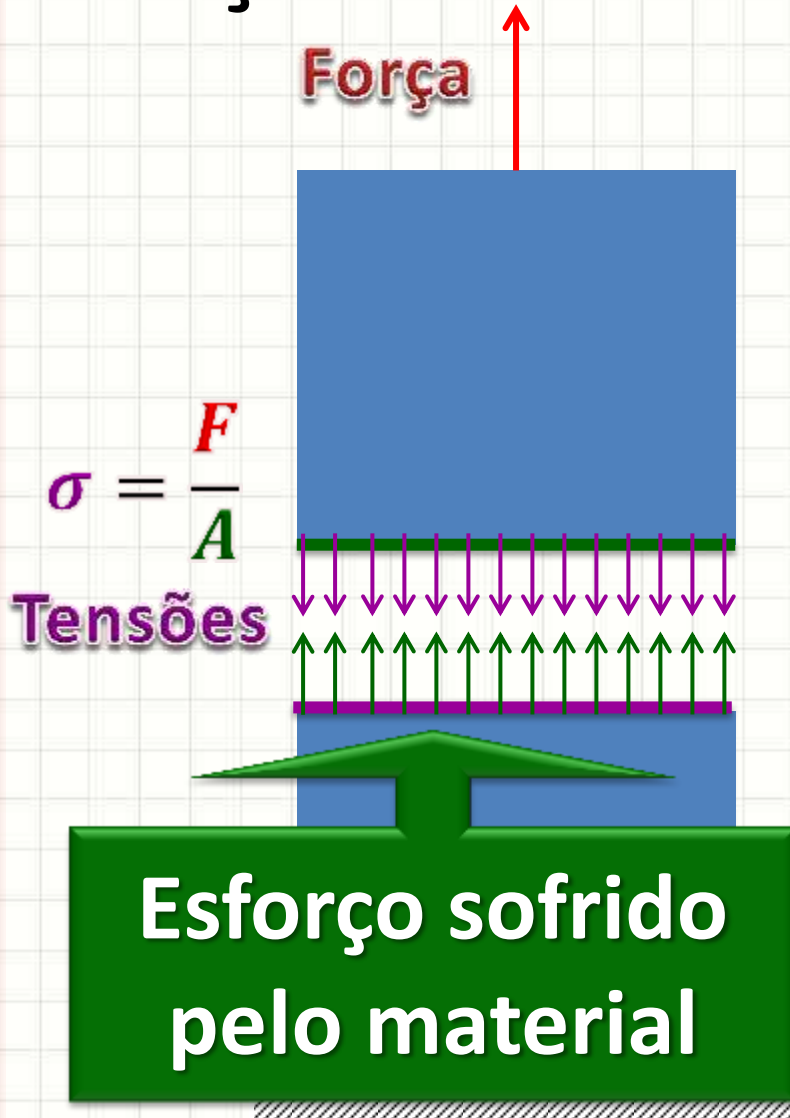
Força Axial x Tensão Normal



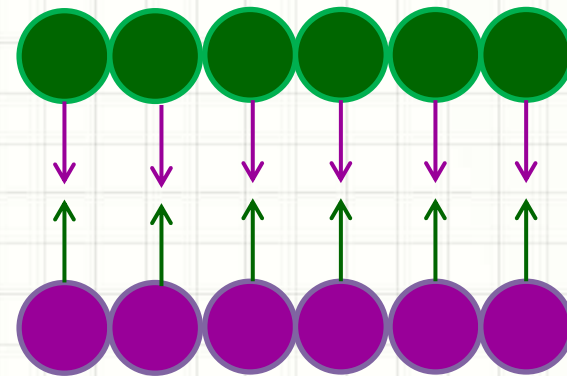
- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos



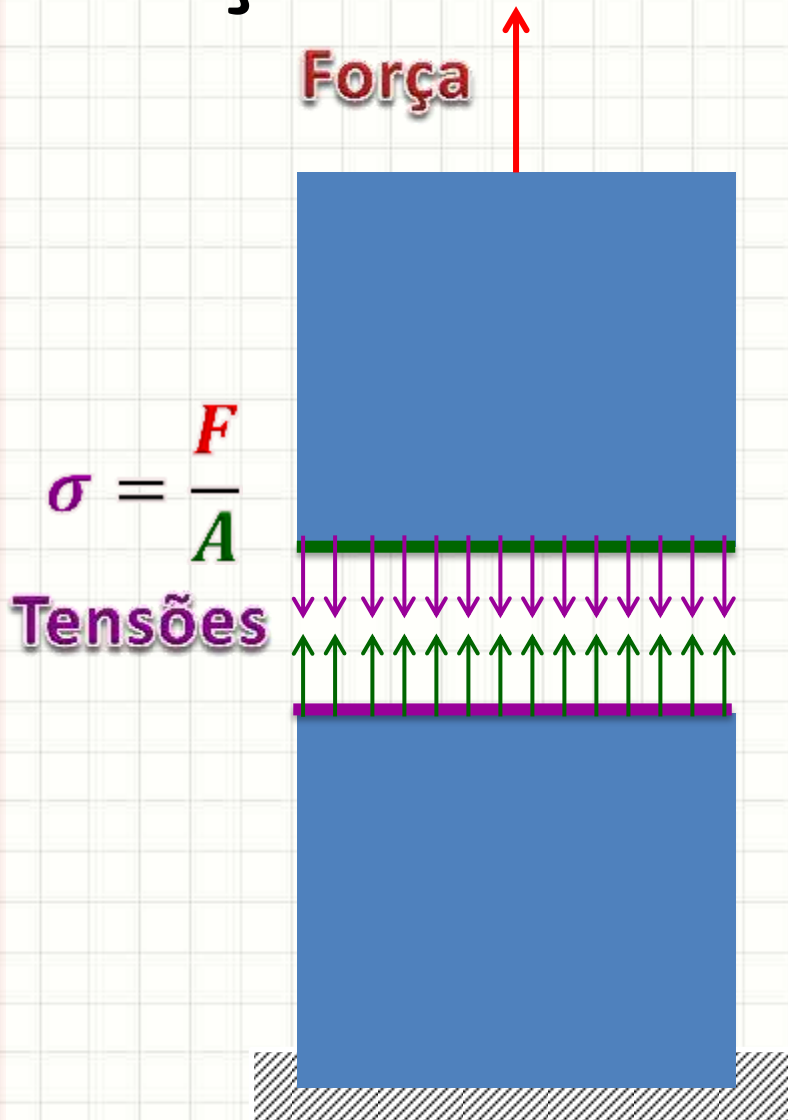
Força Axial x Tensão Normal



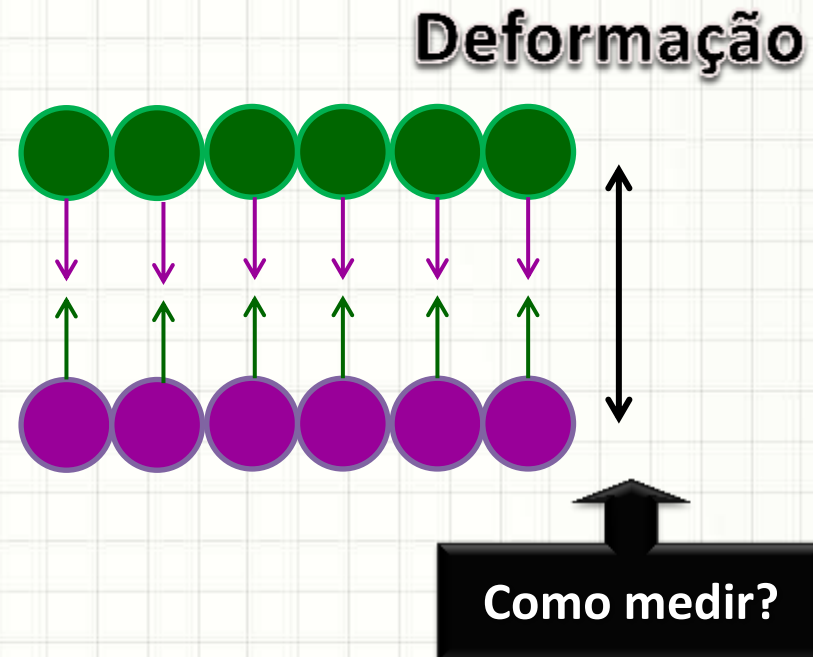
- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos



Força Axial x Tensão Normal



- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos

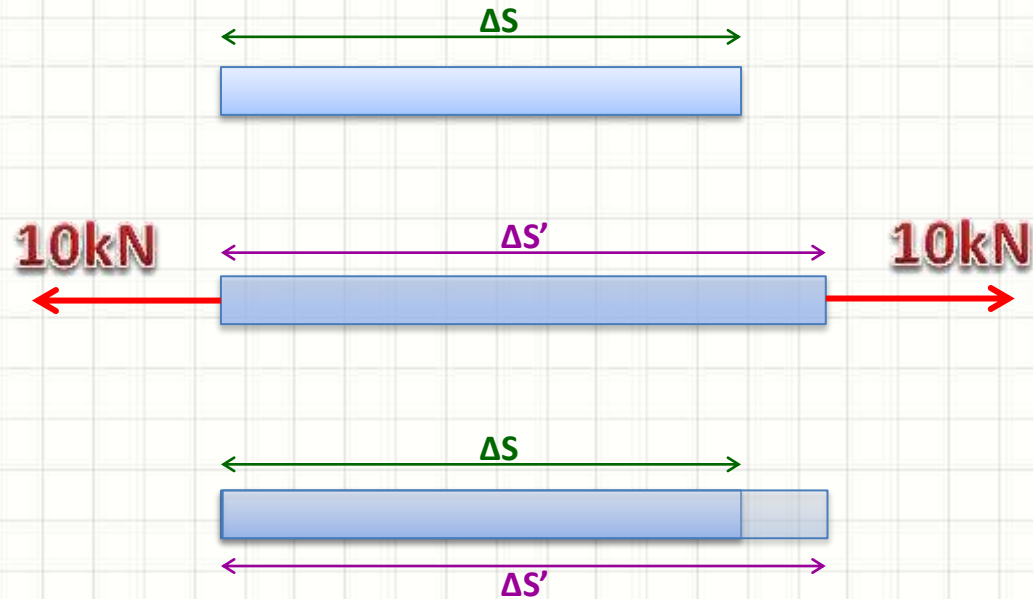




DEFORMAÇÕES NORMAIS (OU LONGITUDINAIS)

Deformação Normal Média

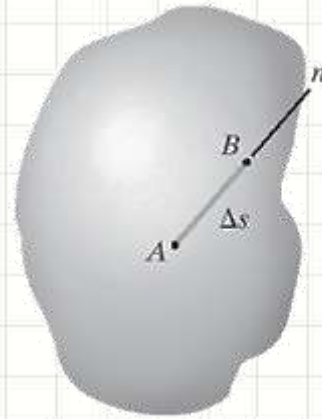
- Deformação da reta por unidade de comprimento



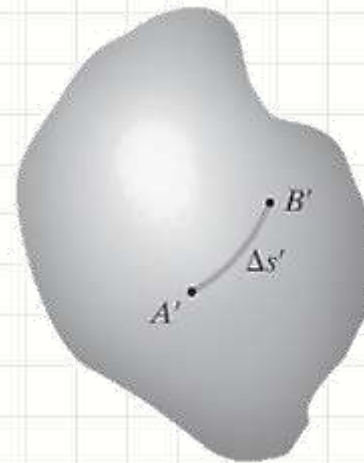
$$\epsilon_{méd} = \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} \quad [\epsilon_{méd}] = m/m$$

Deformação Normal

- Deformação da reta por unidade de comprimento
 - Se aplica a corpos no geral



Indeformado

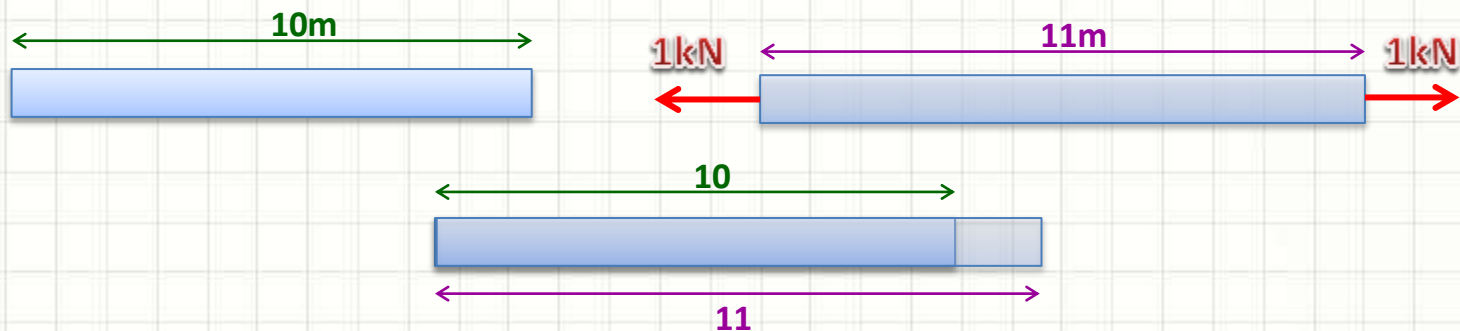


Deformado

$$\epsilon = \lim_{B \rightarrow A \text{ ao longo de } n} \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s}$$

Exemplo

- Uma barra de 10 metros, ao ser tracionada uniformemente por uma força de 1kN, fica com comprimento 11 metros. Qual a deformação normal desse corpo?



$$\epsilon_{méd} = \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} = \frac{11 - 10}{10}$$

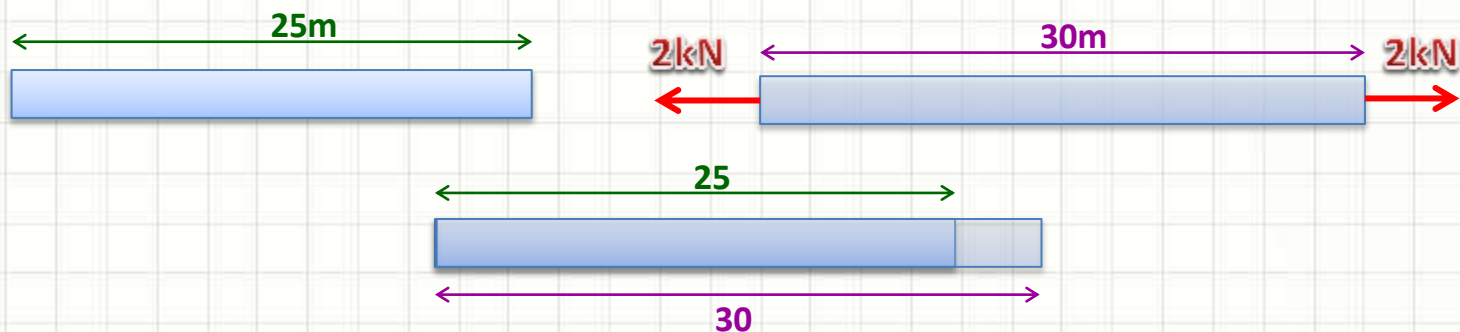
$$\epsilon_{méd} = 0,1 \text{ m/m}$$

Exercício

- Uma barra de 25 metros, ao ser tracionada uniformemente por uma força de 2kN, fica com comprimento 30 metros. Qual a deformação normal desse corpo?

Exercício

- Uma barra de 25 metros, ao ser tracionada uniformemente por uma força de 2kN, fica com comprimento 30 metros. Qual a deformação normal desse corpo?



$$\epsilon_{méd} = \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} = \frac{30 - 25}{25}$$

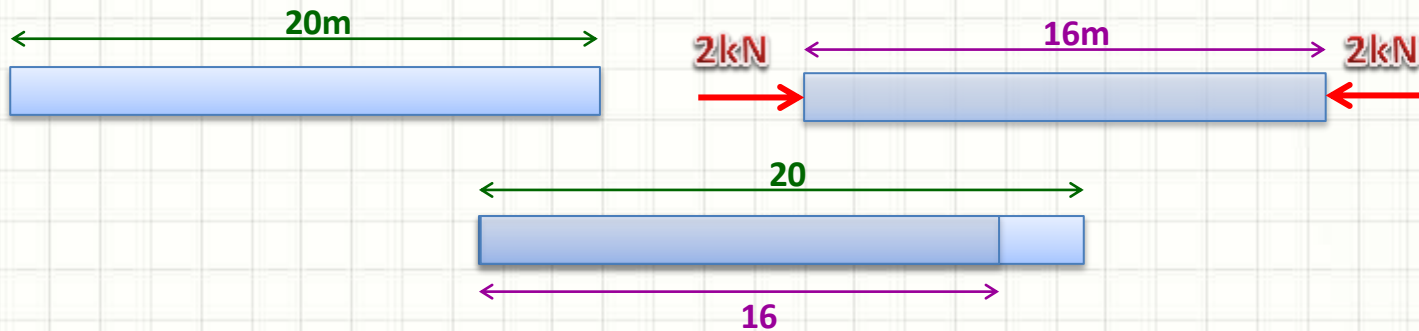
$$\epsilon_{méd} = 0,2 \text{ m/m}$$

Exercício

- Uma barra de 20 metros, ao ser **comprimida** uniformemente por uma força de 2kN, fica com comprimento 16 metros. Qual a deformação normal desse corpo?

Exercício

- Uma barra de 20 metros, ao ser **comprimida** uniformemente por uma força de 2kN, fica com comprimento 16 metros. Qual a deformação normal desse corpo?



$$\epsilon_{méd} = \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} = \frac{16 - 20}{20}$$

$$\epsilon_{méd} = -0,2 \text{ m/m}$$

Encurtamento

Exercício

- Uma tração de 5kN aplicada em uma barra causa uma deformação $\epsilon = 0,05\text{m/m}$. Se a barra livre de esforços tiver um comprimento de 19m, quantos metros ela terá durante a aplicação de uma tração de 5kN?

Exercício

- Uma tração de 5kN aplicada em uma barra causa uma deformação $\epsilon = 0,05\text{m/m}$. Se a barra livre de esforços tiver um comprimento de 19m, quantos metros ela terá durante a aplicação de uma tração de 5kN?



$$\epsilon_{méd} = \frac{\Delta S' - \Delta S}{\Delta S} = \frac{L - 19}{19} = 0,05 \Rightarrow L = (19 \cdot 0,05) + 19 \quad \boxed{L = 19,95 \text{ m}}$$

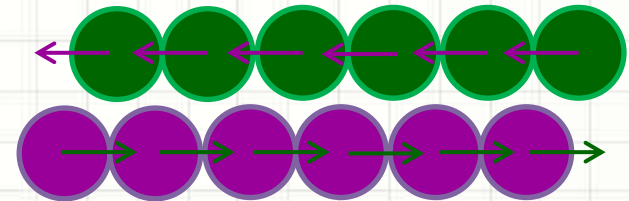
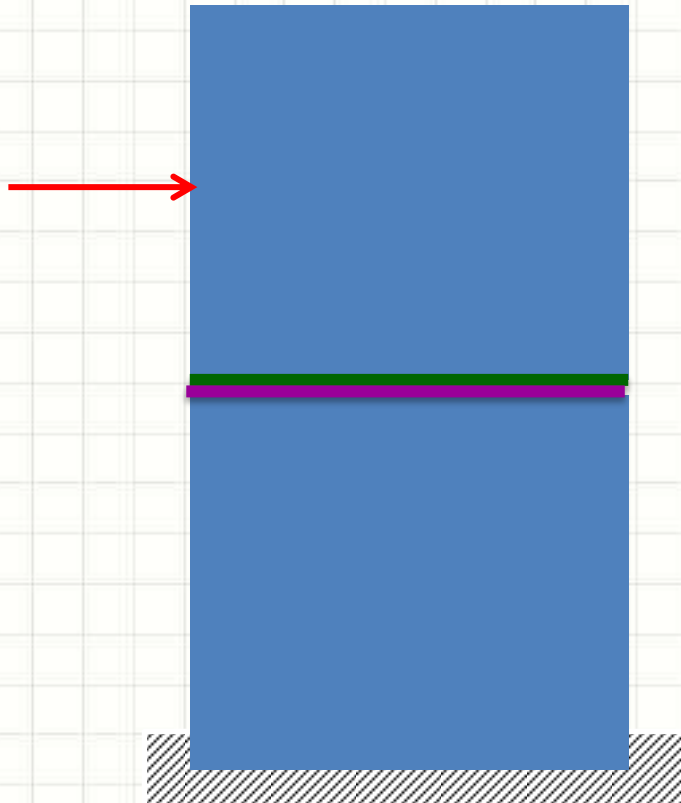


RETOMANDO:

TENSÕES CISALHANTES

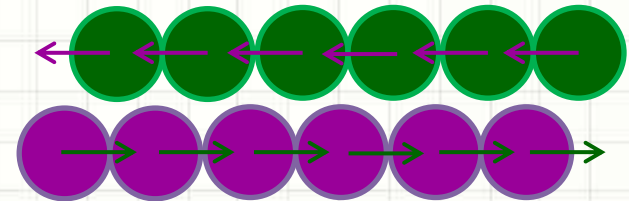
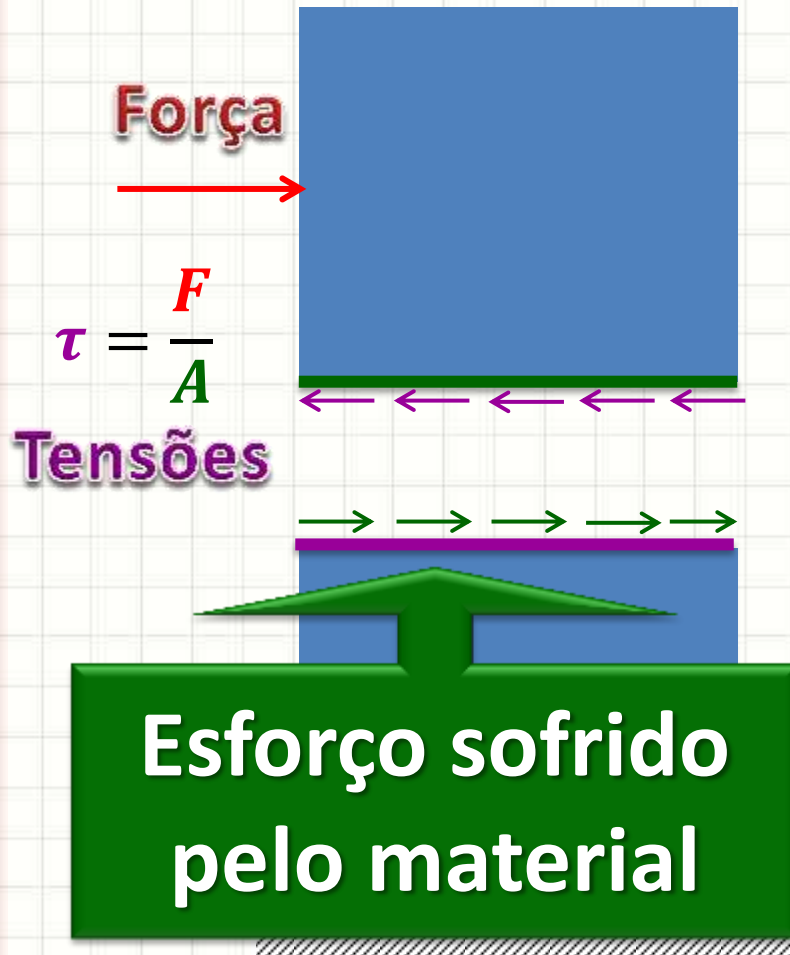
Força Cortante x Tensão de Cisalhamento

- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos



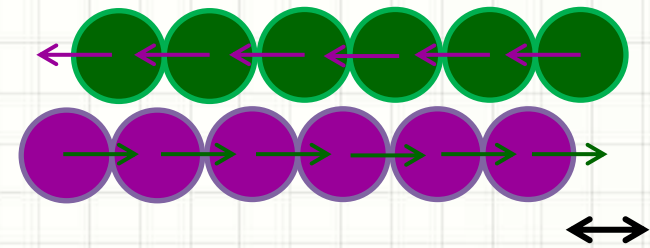
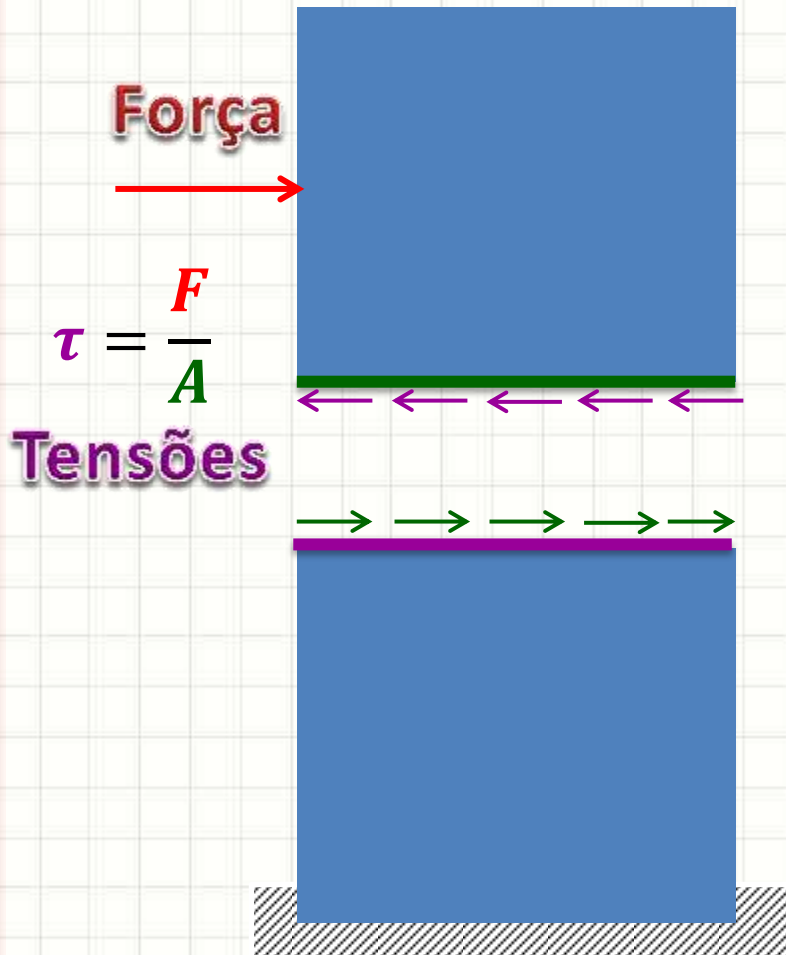
Força Cortante x Tensão de Cisalhamento

- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos



Força Cortante x Tensão de Cisalhamento

- Corpo Sólido: ligações atômicas mantêm os átomos unidos



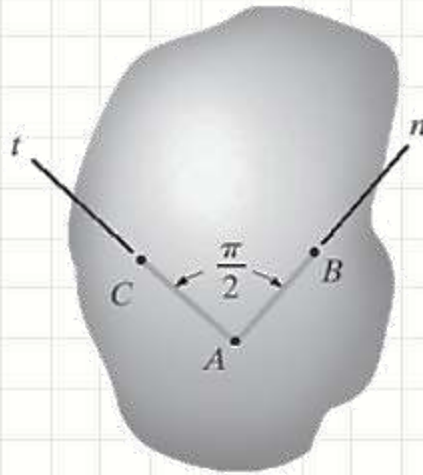
Como medir?



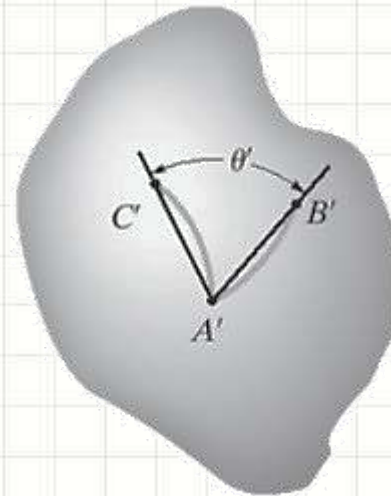
DEFORMAÇÕES POR CISALHAMENTO

Deformação por Cisalhamento

- Em geral, mudam a forma do corpo



Indeformado



Deformado

$$\gamma_{nt} = \frac{\pi}{2} - \lim_{\substack{B \rightarrow A \text{ ao longo de } n \\ C \rightarrow A \text{ ao longo de } t}} \theta' \quad [\gamma_{nt}] = \text{rad}$$



DEFORMAÇÕES NA PRÁTICA

Deformações no Espaço

- Deformações em todos os graus de liberdade
- Translações em x , y e z

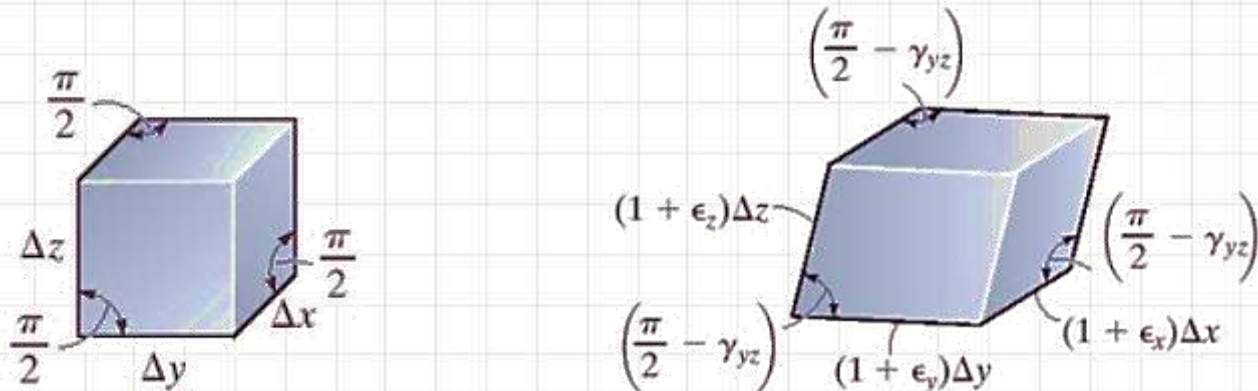
– $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$

Mudanças no Volume

- “Rotações” nos planos xy , yz e xz

– $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$

Mudanças na Forma



Deformações Práticas

- Em problemas de estruturas...
 - “Pequenas deformações”
 - $\varepsilon \ll 1$
 - $\gamma \approx 0$
- Podemos usar aproximações:
 - $\text{sen } \gamma = \gamma$
 - $\text{cos } \gamma = 1$
 - $\text{tg } \gamma = \gamma$

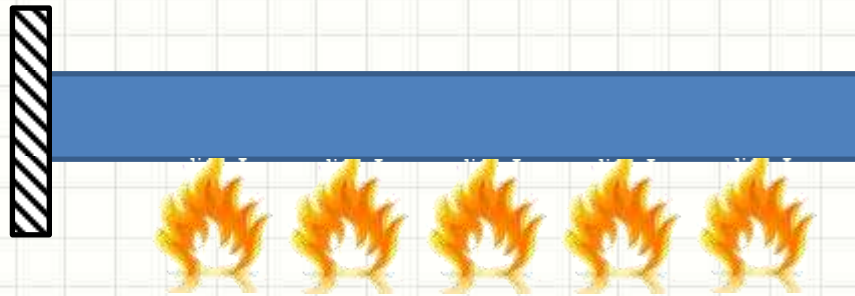




DEFORMAÇÃO TÉRMICA

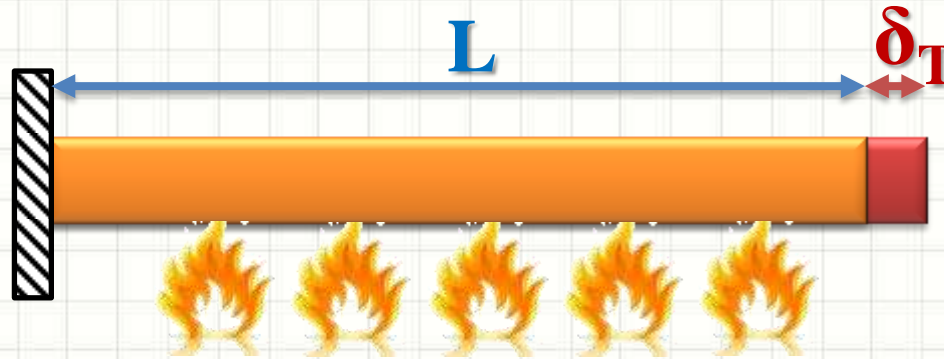
Deformação Térmica

- Aumento de Temperatura



Deformação Térmica

- Aumento de Temperatura



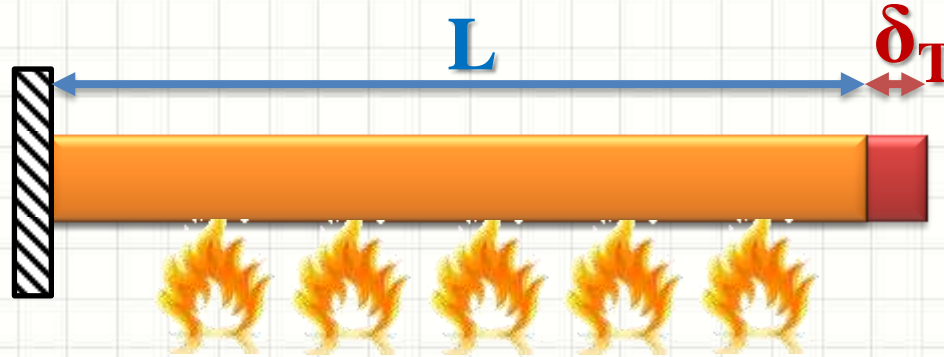
- Dilatação térmica
- Podemos calcular δ_T , se ΔT for constante

α : coeficiente linear de expansão térmica

$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

Deformação Térmica

- Aumento de Temperatura



$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

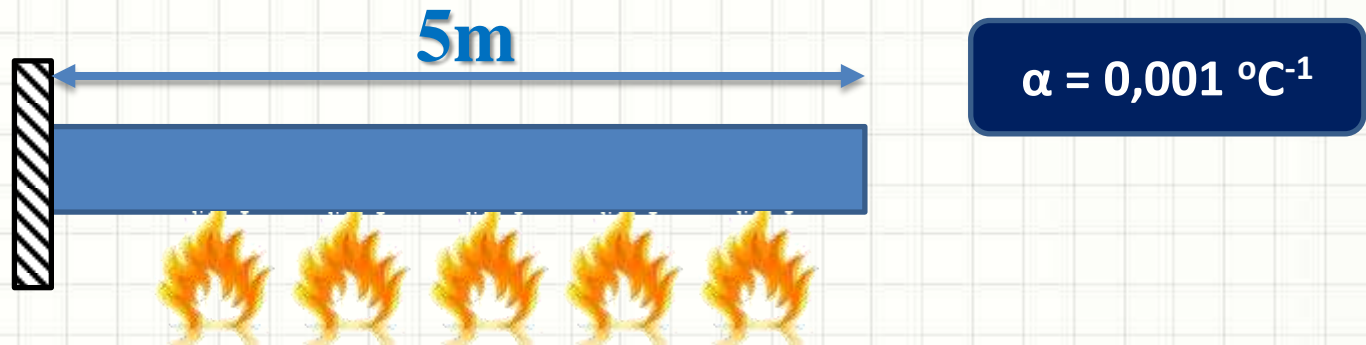
- Se ΔT é variável, $\Delta T = \Delta T(x)$

$$\delta_T = \int_0^L \alpha \cdot \Delta T(x) \cdot dx$$



Exemplo

- Calcule o tamanho final da barra
 - De 20°C para 30°C



$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 0,001 \cdot (30 - 20) \cdot 5 \quad \delta_T = 0,05m$$

$$L_{final} = L + \delta_T$$

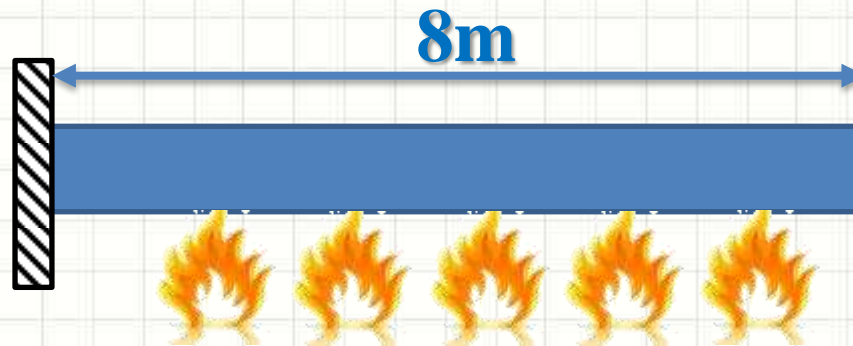
$$L_{final} = 5,05m$$

Exercício

- Uma barra de **8 metros**, construída de um material com coeficiente linear de dilatação térmica $\alpha = 0,005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, foi **aquecida de 5°C** . Qual o tamanho final da barra?

Exercício

- Uma barra de **8 metros**, construída de um material com coeficiente linear de dilatação térmica $\alpha = 0,005 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, foi **aquecida de 5°C** . Qual o tamanho final da barra?



$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 0,005 \cdot 5 \cdot 8 \quad \delta_T = 0,2m$$

$$L_{final} = L + \delta_T$$

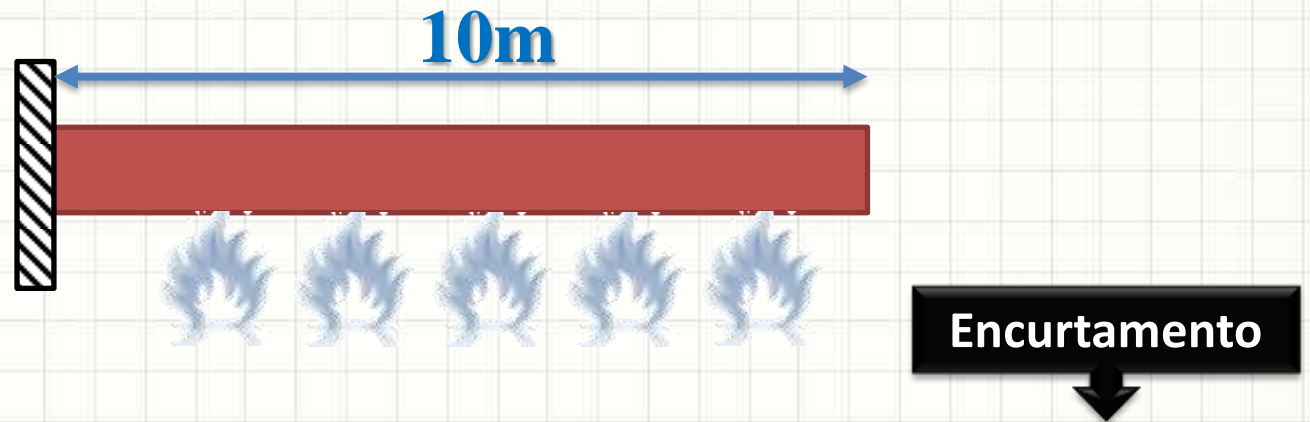
$$L_{final} = 8,2m$$

Exercício

- Uma barra de **10 metros**, construída de um material com coeficiente linear de dilatação térmica $\alpha = 0,002 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, foi **resfriada de 20°C**. Qual o tamanho final da barra?

Exercício

- Uma barra de **10 metros**, construída de um material com coeficiente linear de dilatação térmica $\alpha = 0,002 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, foi **resfriada de 20°C** . Qual o tamanho final da barra?



$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 0,002 \cdot -20 \cdot 10 \quad \delta_T = -0,4m$$

$$L_{final} = L + \delta_T$$

$$L_{final} = 9,6m$$

Exercício

- Uma barra de **10 metros**, após aquecida, ficou com **12,5 metros**. Sabendo que seu coeficiente linear de dilatação térmica $\alpha = 0,002 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, qual foi a variação de temperatura?

Exercício

- Uma barra de **10 metros**, após aquecida, ficou com **12,5 metros**. Sabendo que seu coeficiente linear de dilatação térmica $\alpha = 0,002 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, qual foi a variação de temperatura?

$$\delta_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L \Rightarrow (12,5 - 10) = 0,002 \cdot \Delta T \cdot 10$$

$$\Rightarrow 2,5 = 0,02 \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta T = 125^\circ\text{C}}$$



CONCLUSÕES

Resumo

- Deformações
 - Normais e por Cisalhamento
 - Deformam: volume e forma
 - Permitem calcular configuração final do corpo
- Temperatura: também deforma o corpo
- **TAREFA:** Exercícios Aula 9
- Aula online e leitura do livro
- Propriedade mecânica dos materiais
 - Relação entre tensões e deformações

SAVA9/10!



PERGUNTAS?

Exercício para casa

- Leia os exemplos 2.1 a 2.4 do Hibbeler, 7ª ed.
- Considerando que a força P deslocou o ponto C 10mm para baixo, determine a deformação normal nos cabos CE e BD :

