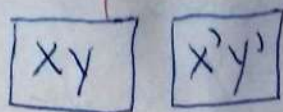
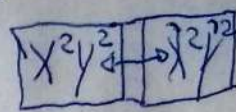
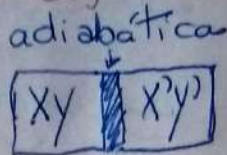


Monitoria do dia 17/09

- Equilíbrio Térmico, isotermas e escalas de temperatura



se não muda, estão em equilíbrio térmico.

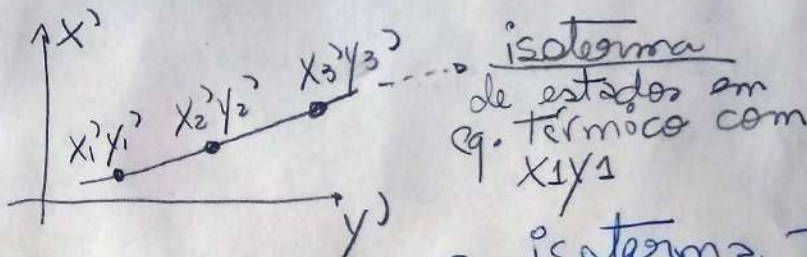
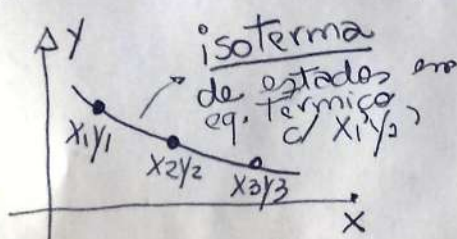


Eles trocam "algo" (calor) até que ambos estejam em equilíbrio térmico entre si.

Lei zero: dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si.

- Mas que variável "define" que dois sistemas estejam em equilíbrio térmico?

No sistema de Coordenadas XY há uma infinidade de sistemas que estão em equilíbrio térmico com um dado estado X_1, Y_1 (e vice-versa!).



Todo mundo que mora numa mesma isoterma tem algo em comum, que quantifica o fato delas todas estarem em equilíbrio térmico (ou seja, o fato de que elas tenham algo em comum): a temperatura. Ela pode ser quantificada.

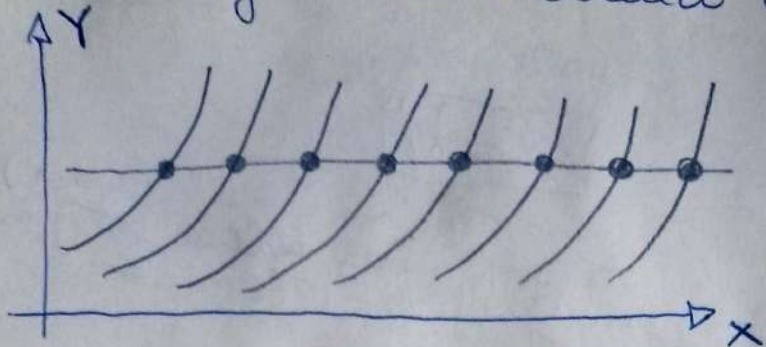
Definição operacional: Dados dois sistemas, a temperatura é a propriedade que fica igual nos dois sistemas quando eles são colocados em "contato" separados por uma parede diatérmica.

Notemos: essa definição é chique, mas não dá conta de todos os casos!

(Ex: não é apenas por condução que se transmite calor de um sistema pro outro. Há também a convecção e a radiação. Como isso se encaixa no problema do termômetro IR?).

$$\frac{4}{\pi} \frac{V_0}{d^2} (\beta - 3\alpha) \Delta T$$

Como definir uma escala $\Theta(x)$ de temperatura?



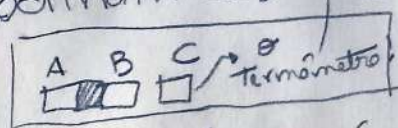
- Tome diversas curvas isotermas no espaço de coordenadas X, Y .
- Fixe Y e varie X , de modo que passemos por todas as isotermas.

• A chamada "Temperatura" associada a cada isoterma será então dada por uma função de X (em cada ponto de cruzamento).

Supondo que $T \propto AX$. Porque precisa ser assim? Porque não pode ser uma relação quadrática, exponencial, logarítmica ou qualquer outra coisa, a cargo da criatividade do cientista?

(Pensem nisso! Me parece que a resposta mais óbvia, operacionalmente falando, é que se o sistema (a ser usado como termômetro) não for assim, ele é um termômetro "ruim"!)

Dicas de quantidades termodinâmicas que são lineares com a temperatura:



• Gás ideal ($p \propto T$)

• Dilatação térmica: $\Delta L \propto T \rightarrow$ (mercúrio!)

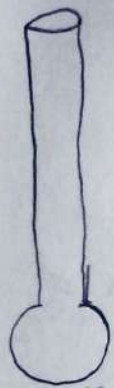
Após isso, o professor falou de escalas "artificiais" de Temperatura (Fahrenheit e ~~Celsius~~ Celsius) e da escala "natural" (a menos de uma constante multiplicativa), a escala Kelvin. Nesta, a menor temperatura possível é $T = 0$. Não há, portanto, temperaturas negativas.

(Isso é mesmo verdade? Em condições naturais, em certo sentido, sim. Mas a temperatura não é uma "coisa em si" e portanto, quando as circunstâncias são levadas ao extremo da artificialidade num laboratório, temperaturas "negativas" na escala Kelvin podem ser alcançadas. Enviarei a notícia da Nature a respeito.)

Agora, vamos resolver alguns exercícios a esse respeito.

Construindo um termômetro (numa escala artificial que eu quiser)

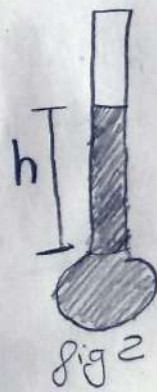
Pegue um tubo de vidro e um reservatório de volume V . Faça nesse reservatório um buraco da largura do tubo e une os dois (fig 1)



Arranje então um sistema físico que esteja à temperatura T_0 desejada (para coisa não ficar muito complicada, vamos fazer um termômetro em graus Celsius). Coloque em contato com o tubo + reservatório. Encha então o tubo com mercúrio até o reservatório encher.

Desse modo, qualquer temperatura superior irá fazer com que o mercúrio suba tubo acima. (Usar álcool talvez seja mais seguro...)

Coloquemos então o tubo em contato com a temperatura "alta" de nossa escala (ex: temperatura de ebulição da água). O mercúrio irá subir (de tempo pra que o sistema e o termômetro entrem em equilíbrio térmico!). Ele vai, então, até uma altura h do tubo (fig 2)



a) Continhas

Sabemos que h , nessa escala, representa um $\Delta T = 100^\circ\text{C}$. Dado um diâmetro d_0 do tubo cilíndrico e um coeficiente de dilatação térmica $\beta = 9 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, quanto o tubo irá subir para uma variação ΔT de temperatura?

Fórmula da dilatação: $\Delta h = \alpha h_0 \Delta T$

Se for volumétrico, $\Delta V = V_0 \beta \Delta T$, $\beta = 3\alpha$

Dilatação vidro: $\alpha = 9 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$

Dilatação mercúrio: $\beta = 1,8 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$

∴ Não basta ver como dilata o mercúrio! A esfera de vidro também irá dilatar, cabendo mais!

$$A = \pi R^2$$

$$V = 4/3 \pi R^3$$

$$\Delta V_{\text{vidro}} = V_0 \times 3\alpha \Delta T$$

$$\Delta V_{\text{merc}} = V_0 \beta \Delta T$$

que cabe no vidro dilata $V_0(1 + 3\alpha \Delta T)$

E o quanto expande de mercúrio é:

$$\Delta V_{\text{merc}} = V_0 \beta \Delta T$$

Apenas $\Delta V_{\text{merc}} - \Delta V_{\text{vidro}} = \pi r^2 h = \frac{\pi d_0^2}{4} h$ sobe tubo acima.

$$\text{Logo, } h = \frac{4V_0(\beta - 3\alpha)\Delta T}{\pi d_0^2}$$

$$V_0 = 0.2 \text{ cm}^3$$

b) Eu quero que, para $\Delta T = 100^\circ\text{C}$, o mercúrio suba 100cm. Quanto ele subirá a cada $T = 1^\circ\text{C}$ Qual deve ser o diâmetro do tubo?

$\therefore 1 \text{ cm por grau.}$

$$\therefore 1 = \frac{4V_0(\beta - 3\alpha) \times 100}{\pi d_0^2} \quad d_0^2 = \frac{4V_0(\beta - 3\alpha) \times 100}{\pi}$$

$$d_0 \approx 0.06241 \text{ m} = 6.241 \dots \text{ cm}$$