

# Revisão de Férias: processos adiabáticos

July 2024

## 1 O que é um processo adiabático?

Em termodinâmica, um processo adiabático é todo aquele onde não há troca de calor com o meio externo (com algumas exceções discutidas no fim da revisão). Geralmente, isso implica que o processo tem de ser razoavelmente rápido, para não dar tempo da troca de calor ser significativa; mas tomando o cuidado para ele continuar reversível.

Para um gás que segue um processo adiabático, temos que:

$$pV^\gamma = p_0V_0^\gamma$$

Onde  $\gamma$  é o coeficiente de expansão adiabático, dado por

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}.$$

Exemplos de processos adiabáticos são usar desodorante e certos momentos de um motor a explosão.

## 2 Trabalho no processo adiabático

Como no processo adiabático não há troca de calor, a primeira lei nos dá:

$$\Delta U = 0 - W \Rightarrow W = -\Delta U.$$

Portanto, o trabalho realizado por um gás que expande adiabaticamente entre  $(V_0, p_0)$  e  $(V, p)$  é:

$$W = -\left(\frac{pV}{\gamma - 1} - \frac{p_0V_0}{\gamma - 1}\right).$$

Repare que na fórmula acima usamos o fato de que:

$$U = \frac{pV}{\gamma - 1} = \frac{nRT}{\gamma - 1}$$

Cuja demonstração é um bom exercício para o leitor.

### 3 Entropia no processo adiabático

Em um processo adiabático, não há troca de calor. Além disso, um processo adiabático é reversível. Portanto, usando a definição de entropia:

$$dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T} = \frac{0}{T} = 0$$

Em todos os instantes do processo. Logo, um gás que passa pelo processo adiabático não muda sua entropia (i.e. num diagrama  $TS$ , o processo adiabático é uma linha vertical). Por isso, ele também é chamado de processo *isentrópico*.

### 4 O processo adiabático no diagrama $pV$

Na Figure 1, está representado um processo adiabático, em verde, e um processo isotérmico, em vermelho. Perceba que a adiabática é uma curva, como a

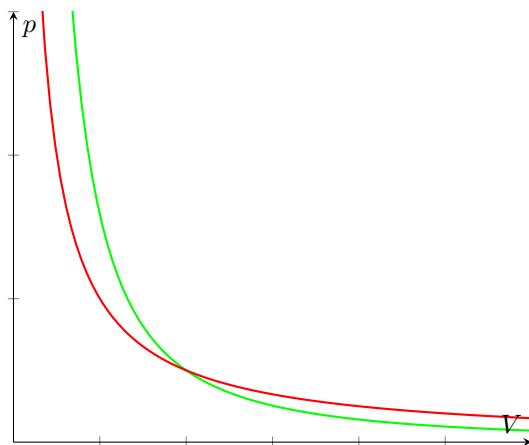


Figure 1: Adiabática em verde e isoterma em vermelho

isoterma, mas é mais inclinada. Como consequência, uma adiabática consegue cruzar uma isoterma, ao passo que nenhuma adiabática consegue cruzar outras adiabáticas nem uma isoterma outras isotermas.

Quando você for desenhar trechos de curvas adiabáticas no futuro, exagere na inclinação, para não confundir com as isotermas.

### 5 O que realmente é um processo adiabático?

Existe uma definição de “adiabático” relacionada à mecânica e à quântica, que acaba sendo muito importante. Grosso modo, ela diz que se os parâmetros de um sistema mudam muito mais devagar que a escala de tempo natural do sistema,



Figure 2: Gás em uma metade

então ele está sofrendo um processo adiabático. De cara, essa definição *parece* muito diferente da definição da termodinâmica, e, por isso, não é explorada a fundo nessa revisão. Entretanto, ela tem duas consequências relevantes, a saber, sobre processos na atmosfera e sobre expansões livres.

**Atmosfera:** As massas de ar da atmosfera são realmente imensas. Isso significa que os movimentos de subida e de descida delas são muito vagarosos, realmente - sendo mais preciso, levam um tempo proporcional ao tamanho  $L$  da massa de ar. Mas o tempo de relaxamento térmico delas, que dita quanto tempo leva até entrarem em equilíbrio térmico com o meio, é muito, muito maior: proporcional a  $L^2$ . Assim, a escala de tempo natural do movimento delas, por mais que muito grande, continua muito mais rápida que a taxa de mudança dos parâmetros das massas. Portanto, massas de ar na atmosfera seguem processos adiabáticos.

**Expansões livres:** Imagine um gás contido em uma metade de um reservatório isolante rígido, como na Figure 2. Retiramos a separação; o que acontece com o gás? A princípio, como ele não troca calor com nada, você poderia pensar que ele expande adiabaticamente até encher todo o reservatório e fim de papo. Pensemos com mais cuidado: certamente, ele não troca calor. Mas também não faz trabalho! Afinal, o recipiente é rígido. Assim, pela primeira lei, ele deve conservar a energia interna, isto é, manter a temperatura do início. Logo, o ponto inicial e o ponto final da expansão podem ser conectados por uma isoterma, e não por uma adiabática! É claro que ele não segue o caminho da isoterma, pois é um processo irreversível, mas certamente começa e termina sobre a mesma isoterma.

Mas por que não é adiabático? Acontece que, mesmo não trocando calor com o meio externo, a mudança dos parâmetros do sistema (no caso, o aumento de volume), não é muito mais lento que o tempo característico do gás (ditado pela velocidade do som). A parede foi removida de repente, e o gás enche o recipiente num piscar de olhos, praticamente tão rápido quanto a velocidade do som. Assim, não se encaixa na nossa definição mais técnica de processo adiabático, e concluímos que expansões livres *não* são processos adiabáticos. Uma explicação mais simples é: esse processo é irreversível, e processos adiabáticos necessariamente são reversíveis.