

Software Design Document

Luís Fernando de Moraes Santos e Thiago de Oliveira Galvão

1 Objetivo

O trabalho tem como principal objetivo a análise e simulação de fenômenos termodinâmicos cíclicos envolvendo o princípio de funcionamento básico de uma Máquina de Carnot. O projeto pretende, também, construir um diagrama $P \times V$ relativo ao ciclo estudado que esteja em concordância com a simulação física feita usando o módulo vpython.

2 Metodologia Teórica (Overview)

A base teórica essencial será feita sob a Termodinâmica para gases ideais, isto é, desconsiderando quaisquer interações entre partículas e estas com volume desprezível em primeira aproximação. O gás considerado será o Hélio e, portanto, um gás monoatômico, com apenas 3 graus de liberdade referentes a translação das moléculas do gás. Este gás estará confinado em um recipiente cilíndrico de volume inicial conhecido, bem como a sua taxa de variação com o tempo.

As fases de expansão e contração do volume do gás se darão mediante um êmbolo móvel, com realização de trabalho pelo gás e sob o gás.

Um processo termodinâmico cíclico é aquele em o estado inicial e final do gás são os mesmos. O Ciclo de Carnot é um tipo canônico desse processo, constituído por 4 processos em um mesmo ciclo, a saber: uma expansão isotérmica, uma expansão adiabática, uma contração isotérmica e uma contração adiabática.

Sabemos da Termodinâmica que a função de estado chamada de Energia interna de um gás monoatômico varia ponto a ponto de um diagrama $P \times V$ segundo a equação I:

$$U = \frac{3}{2}pV \quad (I)$$

Mas sabemos também que todo gás ideal obedece a seguinte relação:

$$pV = nRT \quad (II)$$

Ou seja:

$$U = \frac{3}{2}nRT \quad (III)$$

A energia interna desses gases só depende da temperatura em cada ponto e, como temos a Equação dos Gases gerais, podemos descrever a evolução do gás segundo suas variáveis de estado:

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} \quad (IV)$$

Sendo assim, determinando um volume inicial V_0 , bem como a temperatura inicial T_0 , podemos determinar como a pressão irá variar nesse processo com o volume aumentando a uma taxa constante e com a temperatura fixa – essa é a primeira parte do ciclo, uma expansão isotérmica!

A segunda parte se trata de uma expansão adiabática, isto é, uma expansão abrupta onde não há troca de calor entre o sistema e a vizinhança. Nesse ponto, a taxa de expansão do volume com o tempo aumenta consideravelmente e, como a temperatura não está mais constante, temos que recorrer a Equação de Poisson para determinar como a pressão evolui nesse processo em cada ponto:

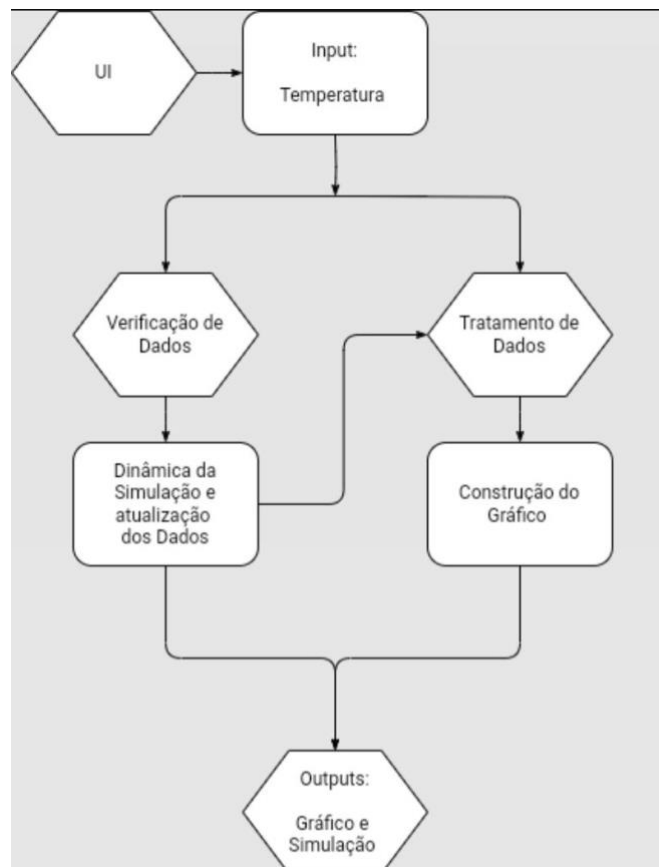
$$P_0 V_0^\gamma = P V^\gamma (V)$$

Onde γ é o Expoente de Poisson e, para um gás monoatômico, vale $\frac{5}{3}$.

Veja que, dados P e V em cada ponto, temos informação, também, da temperatura em cada ponto!

Essa expansão adiabática dura o suficiente para que o volume final seja o máximo permitido pelo recipiente contendo o gás e, então, inicia-se o terceiro estágio do processo, caracterizado pela contração isotérmica, cuja descrição do fenômeno é inteiramente análoga à da primeira parte. Idem para o quarto estágio – contração adiabática – com relação ao segundo.

3 Flowchart



4 Equipe

O trabalho pode ser dividido, essencialmente, em duas partes: simulação em vpython (front-end) e tratamento de dados para plotagem do gráfico (back-end). Dado que a equipe contém dois integrantes a divisão de tarefas torna-se simples:

- Front-end: Thiago de Oliveira Galvão
- Back-end: Luís Fernando de Moraes Santos

5 Milestones e Linha do Tempo

Como o projeto é constituído por duas partes principais, a simulação usando o vpython e a descrição do gráfico, sendo a segunda dependente da primeira, o grupo tomou a decisão de estabelecer, em primeiro momento, a codificação do ambiente da simulação e o estudo da ferramenta de construção de gráficos oriunda do próprio vpython, definindo o prazo de 1 mês para tal empreendimento:

26/09 – 26/10: codificação do ambiente da simulação, construção dos objetos, animação do êmbolo e partículas. Estudo da ferramenta de construção de gráficos.

Sendo que:

26/09 – 06/10: Construção dos objetos (recipiente, êmbolo, moléculas do gás etc.)

06/10 – 26/10: Animação e introdução da física (êmbolo se movendo, partículas colidindo com as paredes do recipiente etc.)

26/10 – 26/11: Codificação do gráfico representativo de um diagrama $P \times V$ do ciclo de Carnot, introduzindo a física e sincronizando com a animação.

Sendo que:

26/10 – 16/11: codificação da lógica de cada processo, determinando pontos nos quais o processo atinge um novo estágio.

16/11 – 26/11: resolução de eventuais bugs e melhorias/aperfeiçoamentos no código/projeto.

6 Bibliografia

Os conhecimentos utilizados para o desenvolvimento do projeto podem ser encontrados em qualquer livro texto que trate de termodinâmica de gases ideais. A equipe deixa como sugestão um bom livro com respeito a esse tema:

- ***Física Básica***, vol. 2 Moysés Nussenzweig, Editora Edgard Blucher, 2000.