

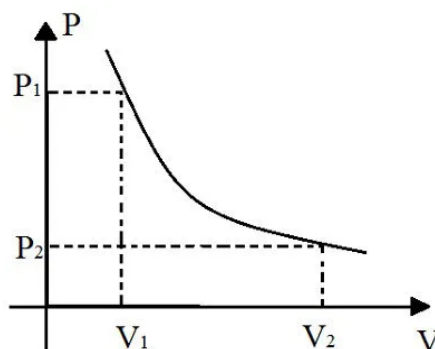
Introdução à termodinâmica

A termodinâmica é uma área da física que estuda as interações entre diferentes formas de energia e suas transformações. Entre os conceitos básicos dessa disciplina estão a temperatura, o calor, a pressão e o volume. A temperatura refere-se ao grau de agitação das moléculas e é medida em kelvin (K) no Sistema Internacional de Unidades (SI). O calor, por sua vez, é o fluxo de energia que se desloca do corpo mais quente para o corpo mais frio, sendo medido em joules (J) no SI. A pressão é definida como a força exercida por unidade de área; em gases, ela é resultante das colisões das moléculas do gás com as paredes do recipiente, e sua medida no SI é dada em pascal (Pa). O volume representa o espaço tridimensional ocupado por um sistema ou substância, medido em metros cúbicos (m³) no Sistema Internacional de Unidades. Por fim, as transformações termodinâmicas são mudanças de estado de um sistema que envolvem as variações de temperatura, pressão e volume, e que podem se diferenciar em 4 tipos:

Isotérmica: a temperatura do sistema permanece constante. Ao aumentar a pressão de uma massa de gás, ocorrerá uma diminuição do volume ocupado por ele e vice-versa, logo o produto entre essas duas grandezas permanecerá constante. Como o produto entre a pressão e o volume é constante, conclui-se que:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Gráfico:



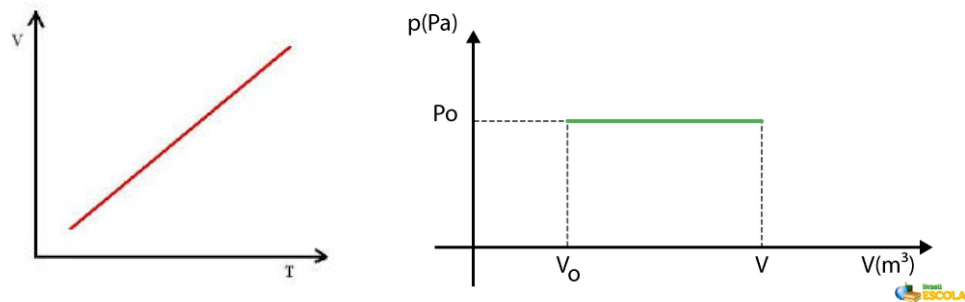
Isobárica: a pressão do sistema permanece constante; durante uma transformação isobárica, a temperatura e o volume são diretamente proporcionais, mantendo-se constante a pressão de um gás, o volume por ele ocupado aumentará de acordo com o aumento da temperatura desse gás. Lei de Gay-Lussac:

$$\frac{p_o \cdot V_o}{T_o} = \frac{p \cdot V}{T}$$

Como $p_o = p$, obtém-se:

$$\frac{V}{T} = \frac{V_o}{T_o}$$

Gráficos:



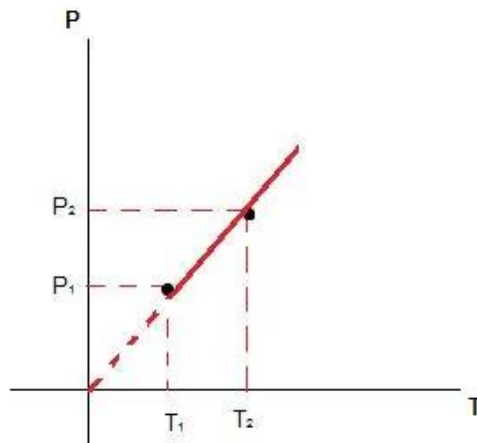
Isocórica (ou Isovolumétrica): O volume do sistema permanece constante; a alteração de pressão será diretamente proporcional à temperatura.

$$\frac{p_o \cdot V_o}{T_o} = \frac{p \cdot V}{T}$$

Como $V_o = V$, obtém-se:

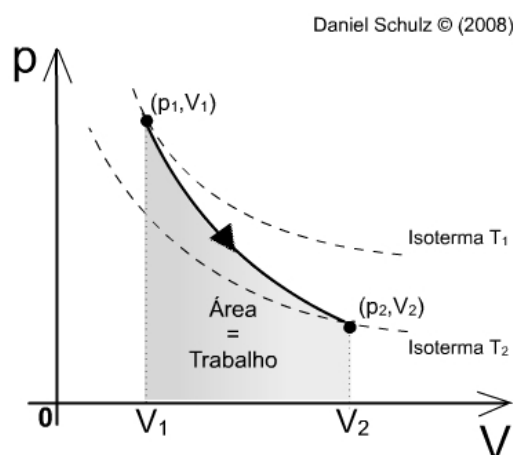
$$\frac{P}{T} = \frac{P_o}{T_o}$$

Gráfico:



Adiabática: não há troca de calor com o ambiente, embora o gás não estabeleça trocas de energia térmica com o sistema externo, durante o processo a pressão, o volume, a temperatura e a energia interna do gás variam, não permanecendo nenhuma dessas grandezas constante.

Gráfico:



Leis da termodinâmica

A Primeira Lei da Termodinâmica, também conhecida como Lei da Conservação da Energia, afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra, de modo que a quantidade total de energia em um sistema isolado permanece constante. Essa lei pode ser enunciada da seguinte maneira:

$$\Delta U = Q - W$$

Onde:

- ΔU é a variação da energia interna do sistema.
- Q é o calor adicionado ao sistema.
- W é o trabalho realizado pelo sistema.

A Segunda Lei da Termodinâmica é uma das leis fundamentais da física, descrevendo a tendência dos processos energéticos e a eficiência das máquinas térmicas. Essa lei pode ser enunciada de várias maneiras, todas implicando na irreversibilidade dos processos naturais e no aumento da entropia em um sistema isolado. O Enunciado de Clausius afirma que é impossível construir um dispositivo que opere em um ciclo e cuja única função seja transferir calor de um corpo frio para um corpo quente sem a realização de trabalho externo, indicando que o calor naturalmente flui de regiões de alta para baixa temperatura, a menos que haja intervenção externa. Já o Enunciado de Kelvin-Planck estabelece que é impossível construir uma máquina térmica que, operando em um ciclo, converta todo o calor absorvido de uma fonte térmica em trabalho, significando que todas as máquinas térmicas perdem uma parte do calor absorvido como calor residual, e, portanto, não podem ser 100% eficientes.

O conceito de entropia é fundamental para essa lei, sendo uma medida da desordem ou irreversibilidade de um sistema. Em processos naturais, a entropia tende a aumentar, refletindo uma tendência para a desordem. Em um sistema isolado, a entropia total sempre aumenta ou permanece constante (em processos reversíveis), nunca diminuindo, o que descreve a irreversibilidade dos processos naturais.

Modelo "GasLab Adiabatic Piston"

O modelo "GasLab Adiabatic Piston" no NetLogo simula o comportamento de algumas partículas de gás em um cilindro com um pistão. Esse pistão pode se mover verticalmente dentro do cilindro, alterando o volume do gás sem trocas de calor com o ambiente (o que é característico de uma transformação adiabática, não existe trocas de calor). O modelo é útil para estudar as leis da termodinâmica e o comportamento de gases em processos adiabáticos.

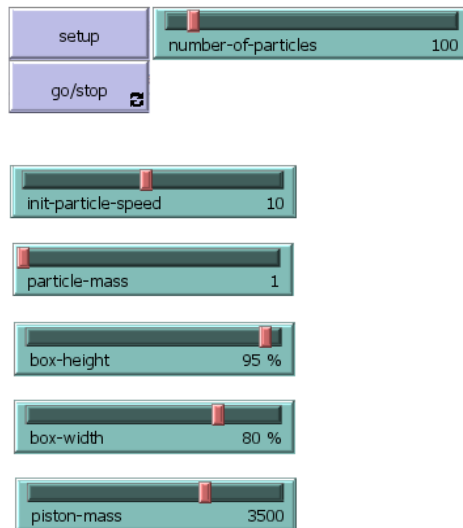
Componentes do Modelo:

1) Botões deslizadores:

- Number-of-particles: define o número de partículas de gás no sistema.
- Init-particle-speed: define a velocidade inicial das partículas de gás.
- Particle-mass: define a massa das partículas de gás.
- Box-height: define a altura inicial da caixa (cilindro).
- Box-width: define a largura da caixa (cilindro).
- Piston-mass: define a massa do pistão.

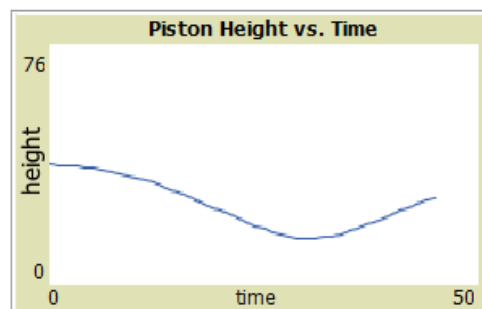
2) Botões:

- Setup: configura o modelo inicializando as partículas e o pistão.
- Go/stop: inicia ou para a simulação.

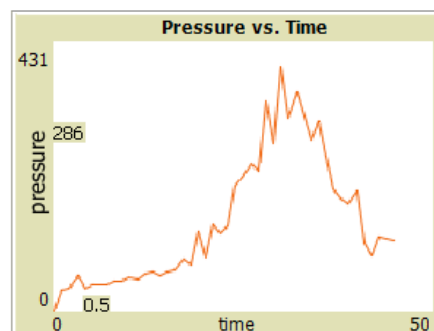


3) Gráficos:

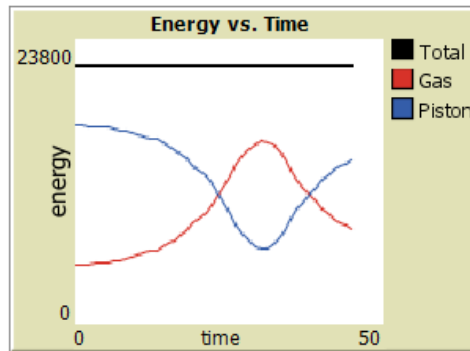
- Piston Height vs. Time: mostra a altura do pistão ao longo do tempo.



- Pressure vs. Time: mostra a pressão do gás ao longo do tempo.



- Energy vs. Time: mostra a energia total, do gás e do pistão ao longo do tempo.



4) Monitores:

- Average speed: mostra a velocidade média das partículas.
- Average energy: mostra a energia média das partículas.
- Total energy: mostra a energia total das partículas.
- Height: mostra a altura atual do pistão.
- Velocity: mostra a velocidade do pistão.
- Potential energy: mostra a energia potencial do pistão.
- Kinetic energy: mostra a energia cinética do pistão.
- Total energy: mostra a energia total do pistão.
- Total system energy: mostra a energia total do sistema (partículas + pistão).

| Particles | | Piston | | System | | |
|----------------|--------|----------|----|------------------|---------------------|-------|
| average speed | 11 | height | 28 | potential energy | 12015.3 | |
| average energy | 79.5 | velocity | 1 | kinetic energy | 1660.1 | |
| total energy | 7949.5 | | | total energy | 13675.5 | |
| | | | | | total system energy | 21625 |

5) Execução do Modelo

-Configurar o modelo: clique no botão setup para inicializar a simulação. Isso posiciona as partículas e o pistão conforme os parâmetros definidos.

-Iniciar a simulação: clique no botão go/stop para iniciar a simulação. As partículas de gás começarão a se mover e interagir com o pistão e entre si.

-Parar a simulação: clique novamente no botão go/stop para pausar a simulação.

Modelo “Gas Lab Free Gas”

O modelo "GasLab Free Gas" no NetLogo é uma ferramenta interativa para estudar o comportamento dos gases e suas propriedades fundamentais. Este modelo simula um sistema de partículas de gás em um recipiente fechado, onde você pode ajustar vários parâmetros iniciais e observar o comportamento das partículas.

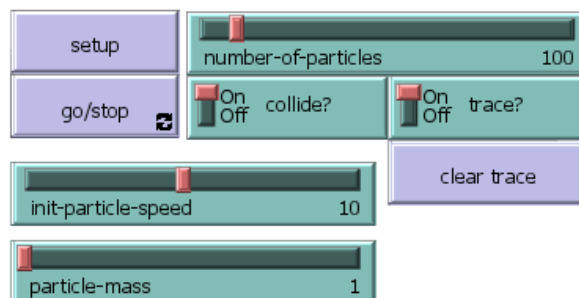
Componentes do Modelo

1) Botões deslizadores:

- Number-of-particles: controla o número de partículas de gás no sistema.
- Init-particle-speed: define a velocidade inicial das partículas.
- Particle-mass: ajusta a massa das partículas.
- Collide?: liga ou desliga as colisões entre partículas.
- Trace?: ativa ou desativa a marcação das trajetórias das partículas.

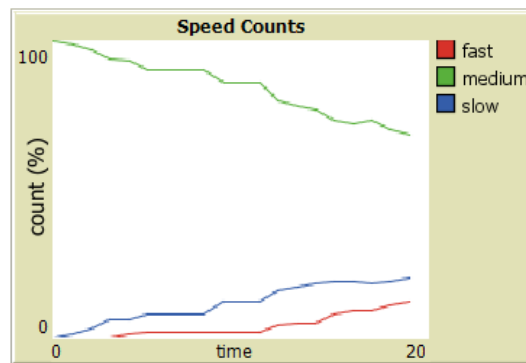
2) Botões:

- Setup: configura o modelo inicializando as partículas e o pistão.
- Go/stop: inicia ou para a simulação.

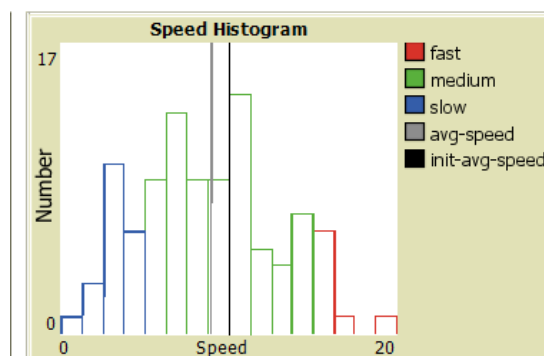


3) Gráficos:

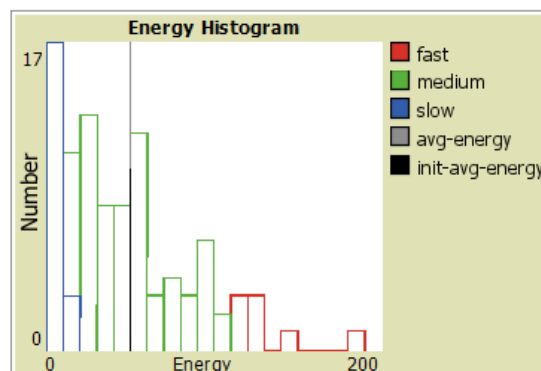
-Speed counts: este gráfico é usado para a contagem percentual das partículas classificadas por velocidade: rápidas (fast), médias (medium), e lentas (slow).



- Speed histogram: esse gráfico é usado para analisar quantas partículas estão em determinada velocidade (rápida:fast;médias:medium;lentas;slow). Também mostra a as velocidades iniciais e as velocidades médias das partículas.



-Energy histogram: este histograma é usado para mostrar a distribuição das energias das partículas, divididas em rápidas (fast), médias (medium) e lentas (slow). Também mostra a as velocidades iniciais e as velocidades médias das partículas.



4)Monitores:

-Average speed: mostra a velocidade média das partículas no sistema.

- Average energy:exibe a energia média das partículas no sistema.
- Percent fast:mostra a porcentagem de partículas classificadas como rápidas.
- Percent medium: exibe a porcentagem de partículas com velocidade média.
- Percent slow: mostra a porcentagem de partículas classificadas como lentas.

| | | |
|-----------------------|----------------------|--------------------|
| average speed 8.91 | average energy 50 | |
| percent fast 10 | percent medium 70 | percent slow 20 |

5)Execução do Modelo

- Iniciar a simulação: clique em "go/stop" para iniciar ou pausar a simulação.
- Resetar o modelo: clique em "setup" a qualquer momento para reiniciar a simulação com as configurações atuais.

Modelo “Gas Lab Isothermal Piston”

O modelo "GasLab Isothermal Piston" no NetLogo simula o comportamento de um gás em um recipiente com um pistão. Este modelo permite explorar como a pressão, o volume e a temperatura (que nesse caso é constante por ser uma transformação gasosa isotérmica) de um gás se relacionam, e observar a distribuição de velocidades e energias das partículas.

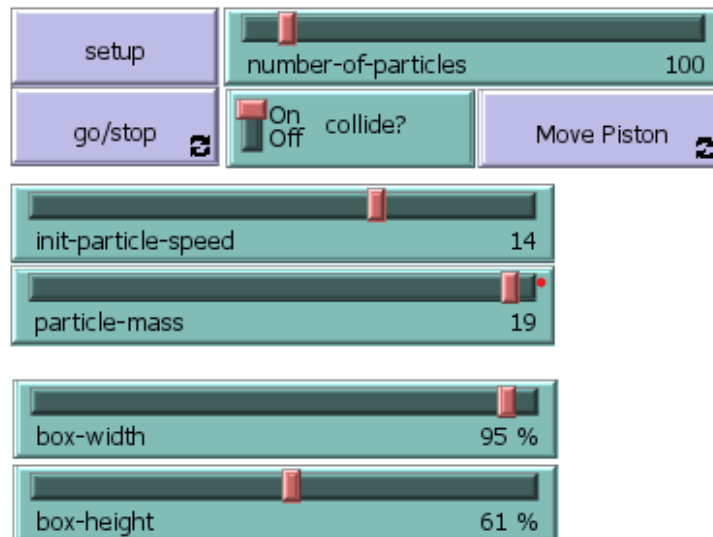
Componentes do Modelo

1) Botões Deslizadores:

- number-of-particles: controla o número de partículas de gás no sistema.
- init-particle-speed: define a velocidade inicial das partículas.
- particle-mass: ajusta a massa das partículas.
- box-width: ajusta a largura da caixa em que as partículas se movem.
- box-height: ajusta a altura da caixa em que as partículas se movem.

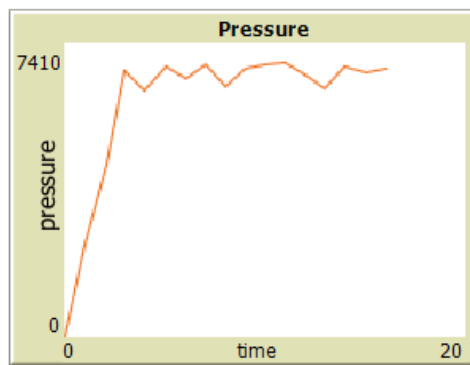
2) Botões:

- Setup: configura o modelo inicializando as partículas e o pistão.
- Go/stop: inicia ou para a simulação.
- Collide?: liga ou desliga as colisões entre partículas.
- Move Piston: Move o pistão

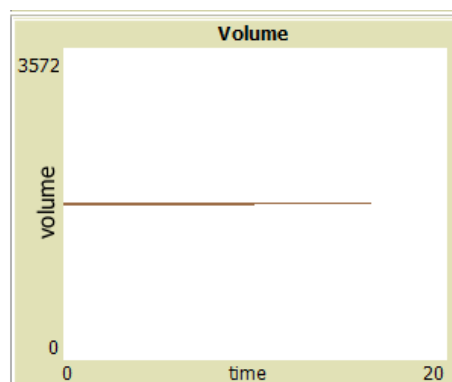


3) Gráficos:

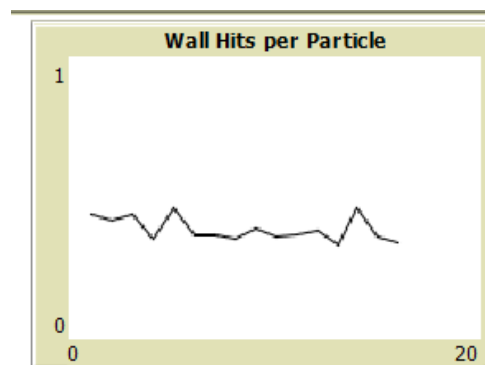
- Pressure: este gráfico mostra a evolução da pressão ao longo do tempo.



- Volume:este gráfico mostra a evolução do volume ao longo do tempo.

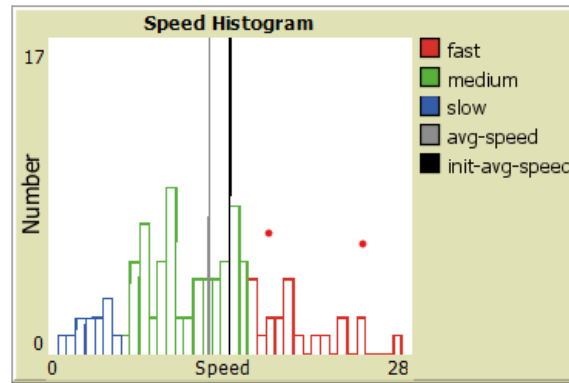


- Wall Hits per Particle:este gráfico mostra o número de colisões das partículas com as paredes ao longo do tempo.

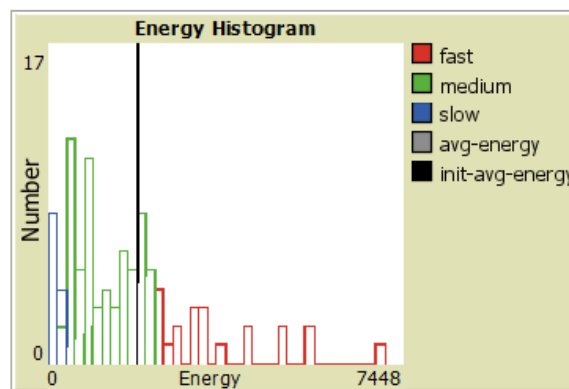


4) Histogramas:

- Speed histogram:este histograma mostra a distribuição das velocidades das partículas, classificadas como rápidas (fast), médias (medium) e lentas (slow).

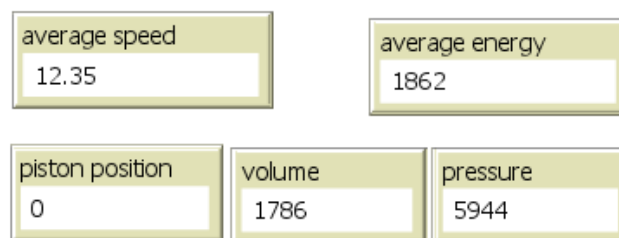


- Energy histogram: esse histograma mostra a distribuição das energias das partículas, divididas em rápidas (fast), médias (medium) e lentas (slow).



5) Monitores:

- Average speed: mostra a velocidade média das partículas no sistema.
- Average energy: mostra a energia média das partículas no sistema.
- Piston position: mostra a posição atual do pistão.
- Volume: mostra o volume da caixa.
- Pressure: mostra a pressão dentro da caixa.



6) Execução do Modelo

- Iniciar a simulação: clique em "go/stop" para iniciar ou pausar a simulação.
- Resetar o modelo: clique em "setup" a qualquer momento para reiniciar a simulação com as configurações atuais.

Modelo “Gas Lab Two Gas”

O modelo "GasLab Two Gas" no NetLogo é uma ferramenta que permite explorar o comportamento de dois tipos diferentes de gás em um mesmo recipiente. Este modelo possibilita o estudo de como diferentes massas, velocidades e números de partículas influenciam na termodinâmica do sistema.

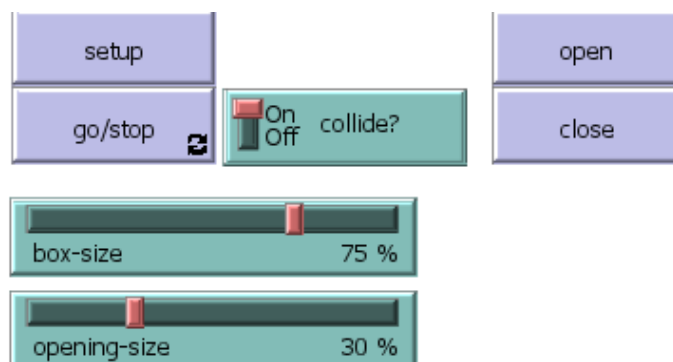
Componentes do Modelo

1) Botões Deslizadores:

- Box-size: ajusta o tamanho da caixa em que as partículas se movem.
- Opening-size: ajusta o tamanho da abertura entre os compartimentos.

2) Botões:

- Setup: configura o modelo inicializando as partículas nos dois compartimentos.
- Go/stop: inicia ou para a simulação.
- Collide?: liga ou desliga as colisões entre partículas.
- Open: abre a abertura entre os compartimentos.
- Close: fecha a abertura entre os compartimentos.

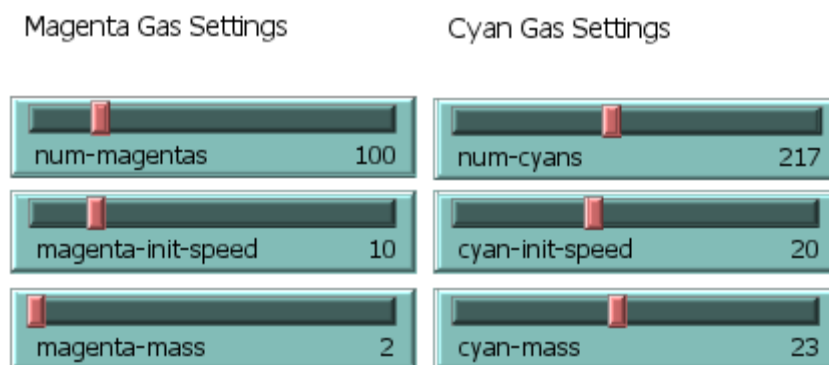


3) Configurações do Gás Magenta:

- Num-magentas: controla o número de partículas magenta.
- Magenta-init-speed: define a velocidade inicial das partículas magenta.
- Magenta-mass: ajusta a massa das partículas magenta.

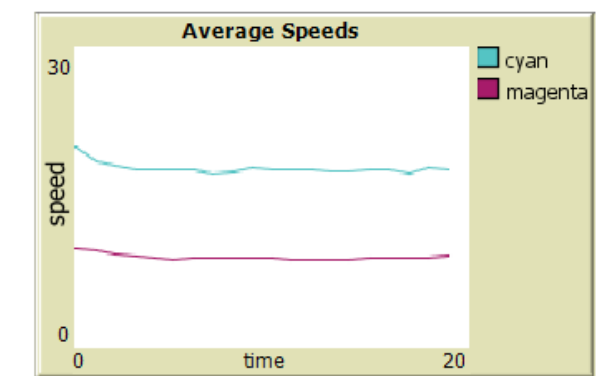
4) Configurações do Gás Ciano:

- Num-cyans: controla o número de partículas ciano.
- Cyan-init-speed: define a velocidade inicial das partículas ciano.
- Cyan-mass: ajusta a massa das partículas ciano.

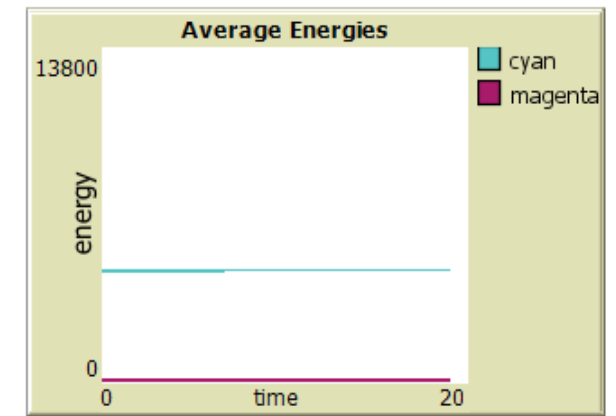


5) Gráficos:

- Average Speeds: este gráfico mostra a evolução da velocidade média das partículas magenta e ciano ao longo do tempo.



- Average Energies: este gráfico mostra a evolução da energia média das partículas magenta e ciano ao longo do tempo.



6) Monitores:

- Magentas in left chamber(câmara esquerda): mostra o número de partículas magenta no compartimento esquerdo.
- Cyans in right chamber(câmara direita): mostra o número de partículas ciano no compartimento direito.
- Average speed magenta: mostra a velocidade média das partículas magenta.
- Average speed cyan: mostra a velocidade média das partículas ciano.
- Average energy magenta: exibe a energia média das partículas magenta.
- Average energy cyan: exibe a energia média das partículas ciano.

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| magentas in left chamber 100 | cyans in right chamber 217 |
| average speed magenta 9.05 | average speed cyan 17.78 |
| average energy magenta 100 | average energy cyan 4600 |

- Max particle speed: mostra a velocidade máxima das partículas.

| |
|--------------------|
| max particle speed |
| 45.4 |

7) Execução do Modelo

- Iniciar a simulação: clique em "go/stop" para iniciar ou pausar a simulação.
- Resetar o modelo: clique em "setup" a qualquer momento para reiniciar a simulação com as configurações atuais.
- Abrir ou fechar a abertura: os botões "open" e "close" são para controlar a abertura entre os compartimentos e observar como isso afeta a distribuição das partículas.