

## PRINCIPIOS DE TERMODINÁMICA GUÍA PRÁCTICA No. 3 – PARCIAL 3

Procesos Termodinámicos – Sustancias Puras – Primera Ley	Grupo No.

Integrante 1:	Identificación:
Integrante 2:	Identificación:
Integrante 3:	Identificación:

### Desarrollo del formato

- Objetivos:** Fortalecer las competencias en la comprensión, análisis y aplicación de los principios de la termodinámica a sistemas reales, mediante la caracterización del comportamiento termodinámico de sustancias puras y evaluación de la aplicación de la Primera Ley de la Termodinámica, usando las herramientas de los simuladores PhET y tablas termodinámicas, para determinar trabajo, calor, cambios de energía interna y propiedades de estado bajo diferentes procesos.
- Resultados de aprendizaje:** Al finalizar la actividad, el estudiante será capaz de: Determinar el intercambio de calor y trabajo en sistemas cerrados, según los procesos que sufren los sistemas (isobáricos, isotérmicos, isocóricos y politrópicos). Vincular la estructura, los cambios de fase y las formas de asociación de la materia, teniendo en cuenta el cálculo de propiedades medibles (PVT). Conectar las propiedades termoquímicas derivadas (calores específicos, entalpías de cambio de fase, etc.), de acuerdo con las nociones de estado, proceso y equilibrio termodinámico.
- Procedimiento:** Lea atentamente cada uno de los pasos (incisos) descritos a continuación y siga las instrucciones para la elaboración del informe, todo debe quedar documentado en las hojas examen, y papel milimetrado, que deben entrar junto con el presente formato que deben imprimir y adjuntar a la entrega del parcial.

#### A. Ingresar a los simuladores PhET:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_all.html)

Reconocimiento del simulador: Identificar las cuatro sustancias disponibles (Neón, Argón, Oxígeno, Agua). Reconocer las variables controlables: Temperatura/Volumen (pistón)/Calor aplicado/Número de partículas. Reconocer variables observables: Presión/Cambios de fase/Distribución de velocidades/Estado de agregación/Temperatura. Describir la Relación entre temperatura y presión y la Relación entre volumen (expansión/compresión) y presión.

**Experimento A1 – Presión y Temperatura (P–T).** Para cada sustancia, debe: Mantener el volumen constante, Aumentar la temperatura en intervalos regulares (recomendado: cada 20–25 K), Registrar la presión del sistema en cada incremento, Capturar mínimo 10 puntos de datos por sustancia para un total de 40 datos. Identificar y registrar en cada caso la ubicación de la sustancia en el diagrama de fase, registrar la información en tablas incluyendo el estado de la sustancia en el diagrama de fase.

**Experimento A2 – Presión y Volumen bajo compresión/expansión (P–V).** Para cada sustancia, debe: Reducir el volumen paso a paso (compresión), posteriormente, Aumentar el volumen paso a paso (expansión), Registrar la presión y la temperatura en cada caso, Calcular el volumen del recipiente con los datos de P-T y la ayuda de las tablas termodinámicas o las ecuaciones de modelamiento según corresponda. Capturar mínimo 10 datos por sustancia, para compresión y para expansión, con un total de 80 datos. Identificar y registrar en cada caso la ubicación de la sustancia en el diagrama de fase, registrar la información en tablas incluyendo el estado de la sustancia en el diagrama de fase.

**Manipulación de variables y ejecución.** Para cada sustancia, debe: Mantener la sustancia seleccionada, Usar el control de calor para ajustar temperatura, Mover el pistón para modificar el volumen, Verificar que el número de partículas sea constante. Tomar lecturas de presión y temperatura cuando el sistema se encuentre estabilizado. No tomar datos mientras las partículas estén en transición brusca, para evitar errores.

**Toma de datos y tabulación.** Se deben construir tres tablas por sustancia:

**Tabla 1 – Presión y Temperatura [volumen constante]**

No. Experimento	T (K)	P (Unidades del simulador)	P (Pa)	Fase	Observaciones
-----------------	-------	----------------------------	--------	------	---------------

**Tablas 2 y 3 – Presión y Volumen [Compresión] y [Expansión]**

No. Experimento	P (Unidades del simulador)	P(Pa)	T (K)	V (calculado m <sup>3</sup> )	Fase	Observaciones
-----------------	----------------------------	-------	-------	-------------------------------	------	---------------

**Cálculos termodinámicos.** Complementar la información del simulador con: **Para el experimento A1 (P–T):** Deducir el comportamiento [ley de Gay-Lussac], Calcular la pendiente ( $\Delta P/\Delta T$ ) para encontrar la función, Comparar  $P_1/T_1 = P_2/T_2$

**Para experimento A2 (P–V):** Calcular el producto  $P \cdot V$  para comprobar constancia o desviaciones.

**Análisis energético:** Desde el comportamiento observado y las fases, Estimar los cambios cualitativos de energía interna, Identificar los tipos de procesos isotérmicos, isobáricos o politrópicos aproximados. Si la sustancia cambia de fase, explicar qué ocurre con  $U$ .

**Construcción de gráficas.** Para cada sustancia realizar tres gráficas con los datos de los experimentos 1 y 2, Analizar si es lineal, Determinar la ecuación de la recta o Identificar curvatura o tipo hipérbola, Determinar la ecuación de la función en cada caso, Verificar cómo es el comportamiento compresión vs expansión. Cual sustancia muestra mayor sensibilidad a la temperatura, Cual sustancia es la más compresible.

**B.** Ingresar a los simuladores PhET:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html)

**Experimento B1 - Trabajo mecánico a T constante:** Calcular el trabajo realizado por el gas o sobre el gas según corresponda, al cambiar el volumen a temperatura constante para cada uno de los gases [liviano y pesado], Elegir un gas (liviano o pesado), Mantener el número de partículas constante. Fijar la temperatura a un valor constante (justificar elección). Definir una secuencia de volúmenes:  $V_0, V_1, \dots, V_{10}$  (10 mediciones mínimas). Cambiar el volumen por pasos regulares (por ejemplo: incrementos o disminuciones del 5–10% o en unidades fijas del simulador), En cada paso medir y registrar la presión estabilizada  $P_i$  inmediatamente después del cambio de volumen. Calcular las variaciones del volumen  $\Delta V_i = V_{i+1} - V_i$  (como un delta según corresponda), Calcular el trabajo de cada paso:  $W_i = P_i \Delta V_i$ . (Si se desea un valor más riguroso, usar  $P$  en el punto medio o integrar con trapezios, teniendo en cuenta que la instrucción inicial pide producto  $P \Delta V$  a T constante. Determinar el trabajo total  $W_{\text{total}} = \sum_i W_i$ . Repetir todo el procedimiento para el otro gas.

**Toma de datos y tabulación.** Se debe construir una tabla por sustancia [liviano y pesado]:

**Tablas 4 y 5**

No	V <sub>i</sub> (Unidades del simulador)	V <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	P <sub>i</sub> (Unidades del simulador)	P <sub>i</sub> (Pa)	$\Delta V_i$ (m <sup>3</sup> )	W <sub>i</sub> = P <sub>i</sub> $\Delta V_i$ (J)	Observaciones
----	--	-------------------------------------	---	---------------------	-----------------------------------	---	---------------

**Construcción de gráficas:** Para cada sustancia construir dos gráficas: I. presión como función del cambio de volumen teniendo en cuenta que puede ser expansión o compresión según haya realizado los experimentos. II. Trabajo como función del cambio de volumen.

**Análisis de datos:** Verificar la aproximación del comportamiento de los gases a la ley de Boyle. Comparar el comportamiento de las dos sustancias [liviano y pesado], discutir sobre la sensibilidad de la Presión frente a cambio de

volumen  $\Delta V$ . Explicar las diferencias físicas relacionadas con masa molecular y velocidad promedio. Indicar fuente o fuentes de error y limitaciones del método aplicado para la determinación del trabajo de expansión o compresión.

**Experimento B2 - Determinación del cambio de la energía interna con calor específico:** Ingrese al simulador: [https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_all.html)

Obtener la variación de la energía interna por calentamiento a volumen constante y, a partir de las mediciones, estimar la función calor específico a volumen constante  $C_v(T)$  para cada gas [liviano y pesado]. Tenga en cuenta que: Para un gas ideal la variación de energía interna por mol entre  $T_1$  y  $T_2$  es

$$\Delta U = n \int_{T_1}^{T_2} C_v(T) dT.$$

Si  $C_v$  es casi constante en el rango,  $\Delta U \approx nC_v\Delta T$ . En procesos a volumen constante. Midiendo el calor suministrado o la variable que el simulador relacione con energía interna, se puede estimar  $C_v$ . O viceversa. Seleccionar un gas de las dos opciones y fijar el volumen. Registrar y cuantificar el volumen en unidades del sistema internacional. Realizar calentamientos aumentando la temperatura en pasos (10 mediciones mínimas). Registrar  $T_i$  tal y como el simulador indique para cada incremento de calor. Usando la relación  $\Delta U = Q$  a  $V$  constante y obtener el valor de la energía interna con base en la energía cinética del sistema tenga en cuenta que el simulador registra los valores de la velocidad de las partículas. Estimar  $\Delta U$  comparando propiedades internas provistas en el simulador. Calcular para cada intervalo  $\Delta U_i = U_{i+1} - U_i$  y  $\Delta T_i = T_{i+1} - T_i$

Estimar  $C_{v,i}$  (valor promedio entre  $T_i$  y  $T_{i+1}$ ) como:  $C_{v,i} \approx \frac{\Delta U_i}{n \Delta T_i} (\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1})$ . Si se trabaja con moles y  $C_v$  por

unidad de masa:  $c_{v,i} \approx \frac{\Delta U_i}{m \Delta T_i} (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1})$ . Repetir para los 10 incrementos y construir la serie  $C_v(T)$ .

**Toma de datos y tabulación.** Se debe construir una tabla por sustancia [liviano y pesado]:

**Tablas 6 y 7**

No	Ti (Unidades del simulador)	Ti (K)	Ui (J)	$\Delta T_i$ (K)	$\Delta U_i$ (J)	n (mol)	Cvi	Observaciones
----	--------------------------------------	-----------	-----------	---------------------	---------------------	------------	-----	---------------

**Construcción de gráficas:** Para cada sustancia construir dos gráficas: I. Calor específico  $C_v$  como función de la temperatura [puntos experimentales y curva suavizada/interpolada]. II. Cambio de la energía interna  $\Delta U$  como función de la temperatura, como bono adicional pueden construir la gráfica del comportamiento del calor como función de la temperatura. Realizar comparación entre el comportamiento del gas liviano y pesado:  $C_v(T)$  en una figura adicional como análisis de los experimentos.

**Análisis de datos:** Identificar si  $C_v$  es aproximadamente constante o varía significativamente con T. Comparar valores experimentales con valores teóricos (para gases ideales monatomicos  $C_v \approx \frac{3}{2}R$ , diatómicos a temperatura moderada  $C_v \approx \frac{5}{2}R$ , etc.) — discutir desviaciones. Discutir implicaciones físicas (grados de libertad, excitación rotacional/vibracional). Señalar fuentes de error (resolución del simulador, pasos demasiado grandes, conversión de unidades, suposición de gas ideal). Recuerde consignar en las hojas de examen todos los cálculos paso a paso realizados, los diagramas, tablas y demás apuntes necesarios para el desarrollo de la actividad. Anotar las consideraciones tenidas en cuenta para la toma de datos, para la toma de decisiones y para la realización de los cálculos y las conclusiones.