

# Clase 25 29 Septiembre 2021

Título de la nota

29/09/2021

Exp. Isob.  $O_2$

1 mol  $O_2$  sist. cerrado

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

expansión se lleva a cabo a un 50%  
del volumen inicial  $p = 2 \text{ atm}$

1) predicciones

$n_1 \rightarrow n_2 = \text{cte}$  sist. cerrado

$p_1 \rightarrow p_2 = \text{cte}$  isobárico

$T_1 \rightarrow T_2$      $T_2 > T_1$

$V_1 \rightarrow V_2$      $V_2 > V_1$

$$\Delta H = + \quad \Delta U = +$$

$$\Delta S = + \quad q = + \text{ endo}$$

$$q = \Delta H \quad w = +$$

$$q > w$$

$$\Delta U = q - w$$

2)

$P$ (atm)	$V$ (L)	$T$ (K)
2	12.3	300
2	18.45	450

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{(1 \cancel{\text{mol}}) \left( \frac{0.082 \cancel{\text{atmL}}}{\cancel{\text{molK}}} \right) (300 \cancel{\text{K}})}{2 \cancel{\text{atm}}} = 12.3 \text{ L}$$

$$\begin{aligned}V_2 &= V_1 + V_1(0.5) \\ &= 12.3\text{L} + 12.3\text{L}(0.5) \\ &= 18.45\text{L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_2 &= \frac{V_2 T_1}{V_1} = \frac{18.45\text{L} (300\text{K})}{12.3\text{L}} \\ &= 450\text{K}\end{aligned}$$

Modelo perfecto referencia

O<sub>2</sub> Diatómico  $\bar{C}_p$  y  $\bar{C}_v = \text{ctes}$

$$\bar{C}_p = 7/2R$$

$$\bar{C}_v = 5/2R$$

$$\Delta H = n \bar{C}_p \Delta T$$

$$= (1 \text{ mol}) \left( \frac{7}{2} (8.314 \text{ J/molK}) (450 - 300) \text{ K} \right)$$

$$\Delta H = 4364.85 \text{ J}$$


---

$$\Delta U = n \bar{C}_V \Delta T$$

$$= 1 \text{ mol} \left[ \frac{5}{2} (8.314 \text{ J/molK}) \right] (450 - 300) \text{ K}$$

$$= 3117.75 \text{ J}$$


---

$$ds = \frac{dq}{T}$$

$$q = \Delta H$$

$$\int_1^2 ds = \int_{T_1}^{T_2} \frac{n C_p dT}{T}$$

$$\Delta S = n \bar{C}_p \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T}$$

$$= n \bar{C}_p \ln \frac{T_2}{T_1} = \cancel{(\text{mol})} \left( \frac{\text{J}}{\cancel{\text{mol}} \text{K}} \right) = \text{J/K} \quad \checkmark$$

$$\Delta S = 1 \text{ mol} \left[ \frac{7}{2} (8.314 \text{ J/mol K}) \right] \ln \frac{450 \text{ K}}{300 \text{ K}}$$

$$= 11.79 \text{ J/K}$$

$$\Delta U = q - w \quad q = \Delta H$$

$$w = \Delta H - \Delta U = 4364.85 \text{ J} - 3117.75 \text{ J} \\ = 1247.09 \text{ J}$$

$$W = P \Delta V$$

$$= 2 \text{ atm} (18.45 - 12.3) \text{ L}$$

$$= (12.3 \text{ atm}) \left( \frac{1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{\text{atm}} \right) \left( \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} \right)$$

$$= 1246.29 \text{ J}$$

Cálculo de variables

Exp. ó comp. perfecta (1)

Exp. ó comp. perfecta (2)

Ideal como función de T

Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados					
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes					
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
	R (J/molK)	8.314			
$C_v$ (J/molK)	20.785		Expansión	Temperatura	aumenta
$C_p$ (J/molK)	29.099			Volumen	aumenta
Elegir tipo de gas		Diatómico			



Expansión	
$\Delta H$ (J)	4364.850
$\Delta U$ (J)	3117.750
$\Delta S$ (J/K)	11.799
q (J)	4364.850
w (J)	1246.297
w (J)	1247.100

q	>	0	Endotérmico
w	>	0	Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0	Aumento de entropía

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

# Modelo perfecto $\bar{C}_p$ y $\bar{C}_v$ Tablas

Cálculo de variables

Exp. ó comp. perfecta (1)

Exp. ó comp. perfecta (2)

Ideal como función de T

Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados					
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes					
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
	R (J/molK)			8.314	
$C_v$ (J/molK)	20.850				Temperatura <b>aumenta</b>
$C_p$ (J/molK)	29.170		Expansión		
Especificar el gas empleado		Oxígeno			Volumen <b>aumenta</b>



Expansión		
$\Delta H$ (J)	4375.500	
$\Delta U$ (J)	3127.500	
$\Delta S$ (J/K)	11.827	
q (J)	4375.500	
w (J)	1246.297	
w (J)	1248.000	
q	> 0	Endotérmico
w	> 0	Aumento de volumen
$\Delta S$	> 0	Aumento de entropía

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

Cálculo de variables Exp. ó comp. perfecta (1) Exp. ó comp. perfecta (2) Ideal como función de T Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados					
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes					
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
	R (J/molK)	8.314			
$C_v$ (J/molK)	20.785		Expansión	Temperatura	aumenta
$C_p$ (J/molK)	29.099				
Elegir tipo de gas	Diatómico		Volumen	aumenta	



Expansión		
$\Delta H$ (J)		4364.850
$\Delta U$ (J)		3117.750
$\Delta S$ (J/K)		11.799
q (J)		4364.850
w (J)		1246.297
w (J)		1247.100
q	>	0 Endotérmico
w	>	0 Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0 Aumento de entropía

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIIME PE-200419

Cálculo de variables Exp. ó comp. perfecta (1) Exp. ó comp. perfecta (2) Ideal como función de T Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados					
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes					
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
	R (J/molK)	8.314			
$C_v$ (J/molK)	20.850		Expansión	Temperatura	aumenta
$C_p$ (J/molK)	29.170				
Especificar el gas empleado	Oxígeno		Volumen	aumenta	



Expansión		
$\Delta H$ (J)		4375.500
$\Delta U$ (J)		3127.500
$\Delta S$ (J/K)		11.827
q (J)		4375.500
w (J)		1246.297
w (J)		1248.000
q	>	0 Endotérmico
w	>	0 Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0 Aumento de entropía

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIIME PE-200419

Cálculo de variables Exp. ó comp. perfecta (1) Exp. ó comp. perfecta (2) Ideal como función de T Gr

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados					
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes					
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
	R (J/molK)	8.314			
$C_v$ (J/molK)	29.099	Expansión		Temperatura	aumenta
$C_p$ (J/molK)	37.413			Volumen	aumenta
Elegir tipo de gas		Triatómico			



Expansión	
$\Delta H$ (J)	5611.950
$\Delta U$ (J)	4364.850
$\Delta S$ (J/K)	15.170
q (J)	5611.950
w (J)	1246.297
w (J)	1247.100

q	>	0	Endotérmico
w	>	0	Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0	Aumento de entropía

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

Cálculo de variables Exp. ó comp. perfecta (1) Exp. ó comp. perfecta (2) Ideal como función de T Gráfica p v

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados					
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes					
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
	R (J/molK)	8.314			
$C_v$ (J/molK)	22.670	Expansión		Temperatura	aumenta
$C_p$ (J/molK)	39.260			Volumen	aumenta
Especificar el gas empleado		Ozono			



Expansión	
$\Delta H$ (J)	5889.000
$\Delta U$ (J)	3400.500
$\Delta S$ (J/K)	15.919
q (J)	5889.000
w (J)	1246.297
w (J)	2488.500

q	>	0	Endotérmico
w	>	0	Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0	Aumento de entropía

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

Cálculo de variables Exp. ó comp. perfecta (1) Exp. ó comp. perfecta (2) Ideal como función de T Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto en sistemas cerrados				
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes				
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$	
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000
	R (J/molK)	8.314		
$C_v$ (J/molK)	20.785		Expansión	Temperatura
$C_p$ (J/molK)	29.099			aumenta
Elegir tipo de gas	Diatómico		Volumen	aumenta

Expansión	
$\Delta H$ (J)	4364.850
$\Delta U$ (J)	3117.750
$\Delta S$ (J/K)	11.799
q (J)	4364.850
w (J)	1246.297
w (J)	1247.100

q	>	0	Endotérmico
w	>	0	Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0	Aumento de entropía



Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

Cálculo de variables Exp. ó comp. perfecta (1) Exp. ó comp. perfecta (2) Ideal como función de T Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento ideal en sistemas cerrados				
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes				
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$	
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000
	R (J/molK)	8.314		
			Temperatura	aumenta
			Volumen	aumenta
Especificar el gas empleado	Oxígeno		a	b
			c	d
$C_p$ como función de T (cal/molK)			6.713	-8.79e-7
			4.17e-6	-2.54

$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$	
(300-2500)K	
Expansión	

$\Delta H$ (J)	4500.531
$\Delta U$ (J)	3253.431
$\Delta S$ (J/K)	12.148
q (J)	4500.531
w (J)	1246.297
w (J)	1247.100



q	>	0	Endotérmico
w	>	0	Aumento de volumen
$\Delta S$	>	0	Aumento de entropía

$$\overline{C_p} = a + bT + cT^2 + dT^3$$

$$= \frac{\text{cal}}{\text{molK}}$$

$$a = \frac{\text{cal}}{\text{molK}}$$

$$b = \frac{\text{cal}}{\text{molK}^2}$$

$$c = \frac{\text{cal}}{\text{molK}^3}$$

$$d = \frac{\text{cal}}{\text{molK}^4}$$

Modelo ideal.

$$\int_1^2 du = n \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$\Delta u = n \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2 + dT^3) dT$$

$$\Delta u = n \left[ a \int_{T_1}^{T_2} dT + b \int_{T_1}^{T_2} T dT + c \int_{T_1}^{T_2} T^2 dT + d \int_{T_1}^{T_2} T^3 dT \right]$$

$$\Delta H = n \left[ a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{d}{4}(T_2^4 - T_1^4) \right]$$

$$\Delta H = 1 \text{ mol} \left[ \frac{6.713 \text{ cal}}{\text{mol K}} (450 - 300) \text{ K} - \frac{8.79 \times 10^{-6} \text{ cal}}{2 \text{ mol K}^2} (450^2 - 300^2) \text{ K}^2 + \frac{4.17 \times 10^{-6} \text{ cal}}{3 \text{ mol K}^3} (450^3 - 300^3) \text{ K}^3 - \frac{2.54 \times 10^{-9} \text{ cal}}{4 \text{ mol K}^4} (450^4 - 300^4) \text{ K}^4 \right]$$

$$= (1074.69 \text{ cal}) \left( \frac{4.186 \text{ J}}{\text{cal}} \right) = 4497.22 \text{ J}$$

$$\bar{C}_V = \bar{C}_P - R \quad \frac{\text{cal}}{\text{molK}} = a$$

$$\bar{C}_V = (a - R) + bT + cT^2 + dT^3$$

$$R = \left( \frac{8.314 \text{ J}}{\text{molK}} \right) \left( \frac{1 \text{ cal}}{4.186 \text{ J}} \right) = \frac{1.9861 \text{ cal}}{\text{molK}}$$

$$\int_1^2 dU = n \bar{C}_V \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$\Delta U = n \int_{T_1}^{T_2} \left[ (a-R) + bT + cT^2 + dT^3 \right] dT$$

$$\Delta U = n \left[ (a-R) \int_{T_1}^{T_2} dT + b \int_{T_1}^{T_2} T dT + c \int_{T_1}^{T_2} T^2 dT + d \int_{T_1}^{T_2} T^3 dT \right]$$

$$\Delta U = n \left[ (a-R)(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{d}{4}(T_2^4 - T_1^4) \right]$$

$$\Delta U = 1 \text{ mol} \left[ (6.716 - 1.9861)(450 - 300) - \frac{8.79 \times 10^{-7}}{2} (450^2 - 300^2) + \frac{4.17 \times 10^{-6}}{3} (450^3 - 300^3) - \frac{2.54 \times 10^{-9}}{4} (450^4 - 300^4) \right]$$

$$= (777.67 \text{ Cal}) \left( \frac{4.186 \text{ J}}{\text{cal}} \right) = 3255.35 \text{ J}$$

$$\int_1^2 ds = \frac{dq}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{n C_p dT}{T}$$

$$\Delta S = n \left[ a \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + b \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + c \int_{T_1}^{T_2} \frac{T dT}{T} + d \int_{T_1}^{T_2} \frac{T^2 dT}{T} \right]$$

$$= n \left[ a \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + b \int_{T_1}^{T_2} dT + c \int_{T_1}^{T_2} T dT + d \int_{T_1}^{T_2} T^2 dT \right]$$

$$= n \left[ a \ln \frac{T_2}{T_1} + b(T_2 - T_1) + \frac{c}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{d}{3}(T_2^3 - T_1^3) \right]$$

$$= \cancel{\text{mol}} \left[ \frac{\text{cal}}{\cancel{\text{mol}} \text{K}} + \frac{\text{cal}}{\cancel{\text{mol}} \text{K}^2} \text{K} + \frac{\text{cal}}{\cancel{\text{mol}} \text{K}^3} \text{K}^2 + \frac{\text{cal}}{\cancel{\text{mol}} \text{K}^4} \text{K}^3 \right] = \frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

$$\Delta S = 1 \text{ mol} \left[ 6.715 \ln \frac{450}{300} - 8.79 \times 10^{-7} (450 - 300) + \frac{9.17 \times 10^{-6} (450^2 - 300^2)}{2} - \frac{2.54 \times 10^{-9} (450^3 - 300^3)}{3} \right]$$

$$= \left( 2.9 \frac{\text{cal}}{\text{K}} \right) \left( \frac{4.186 \text{ J}}{\text{cal}} \right) = 12.147 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Cálculo de variables

Exp. ó comp. perfecta (1)

Exp. ó comp. perfecta (2)

Ideal como función de T

Gráfica p vs V

Proceso isobárico en gases de comportamiento ideal en sistemas cerrados						
Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes						
Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$			
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	Expansión	
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450		
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000		
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000		
	R (J/molK)	8.314				
Especificar el gas empleado		Oxígeno	Expansión	Temperatura	aumenta	
Cp como función de T (cal/molK)				Volumen	aumenta	
Cp=a+bT+cT <sup>2</sup> +dT <sup>3</sup> (300-2500)K		Expansión	a	b	c	d
			6.713	-8.79e-7	4.17e-6	-2.54e-9
$\Delta H$ (J)	4500.531					
$\Delta U$ (J)	3253.431					
$\Delta S$ (J/K)	12.148					
q (J)	4500.531					
w (J)	1246.297					
w (J)	1247.100					
q	>	0	Endotérmico			
w	>	0	Aumento de volumen			
$\Delta S$	>	0	Aumento de entropía			

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

$$W = \Delta H - \Delta U$$

$$= 4500.531 \text{ J} - 3253.43 \text{ J}$$

$$= 1247.1 \text{ J}$$

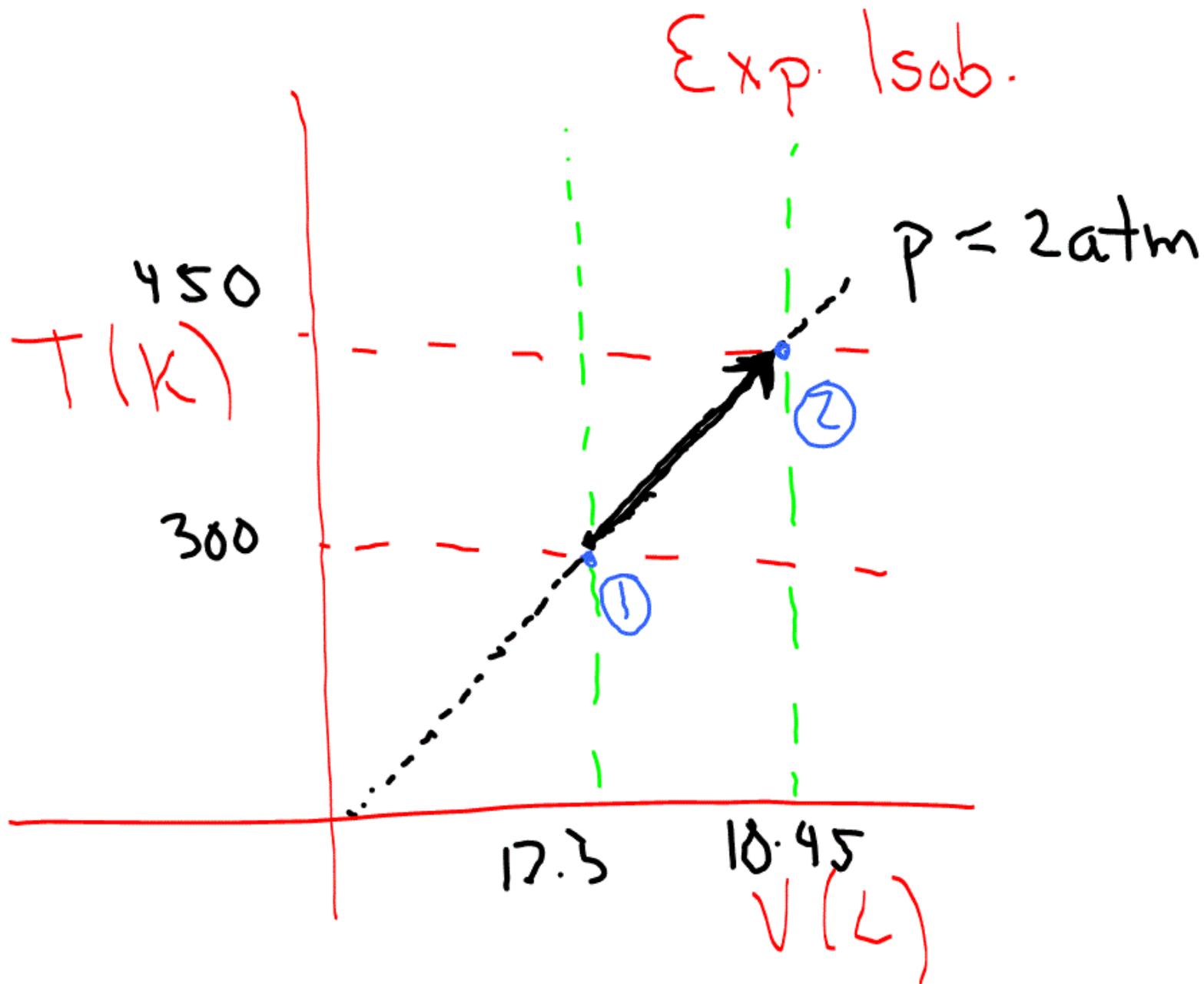
$$W = p \Delta V$$

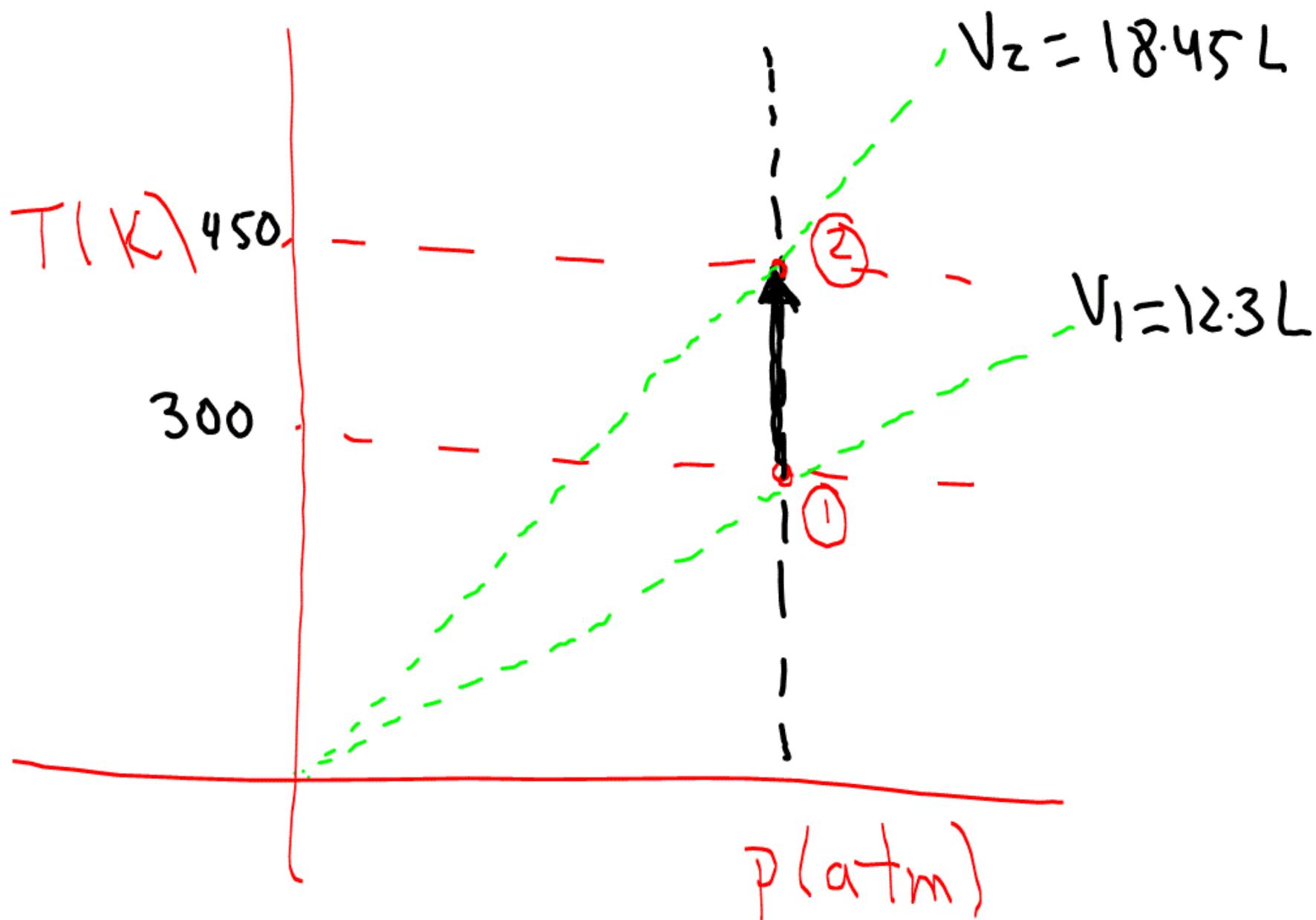
$T$  vs  $V$  ,  $T$  vs  $P$  ,  $P$  vs  $V$

$S$  vs  $T$

$H$  vs  $T$

$U$  vs  $T$





Cálculo de variables

Exp. ó comp. perfecta (1)

Exp. ó comp. perfecta (2)

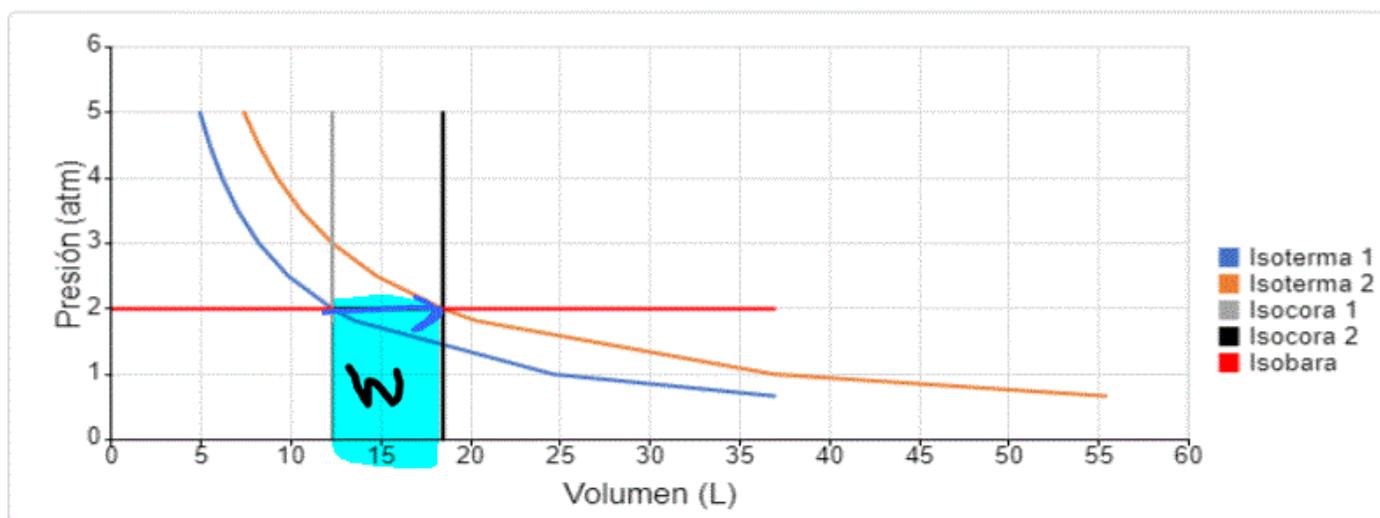
Ideal como función de T

Gráfica p vs V

### Proceso isobárico en gases de comportamiento perfecto ó ideal en sistemas cerrados

Instrucción: Insertar en las celdas de color amarillo los valores correspondientes

Calculando $V_1$		proceso	Calculando $V_2$		Expansión
$p_1$ (atm)	2.000	→	$p_2$ (atm)	2.000	
$V_1$ (L)	12.300	→	$V_2$ (L)	18.450	
$T_1$ (K)	300.000	→	$T_2$ (K)	450.000	
$n_1$ (mol)	1.000	→	$n_2$ (mol)	1.000	
$R$ (atmL/molK)	0.082				



Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020

Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE-200419

