

# Clase 55 25 Noviembre 2020

Título de la nota

25/11/2020

$$p_c = \frac{RT_c}{\bar{V}_c - b} - \frac{a}{\bar{V}_c^2} \quad a = 3p_c \bar{V}_c^2$$

$$p_c = \frac{RT_c}{\bar{V}_c - b} - \frac{3p_c \bar{V}_c^2}{\bar{V}_c^2} \quad b = \frac{1}{3} \bar{V}_c$$

$$\bar{V}_c = 3b$$

$$p_c = \frac{RT_c}{3b - b} - 3p_c$$

$$p_c = \frac{RT_c}{2b} - 3p_c$$

$$4p_c = \frac{RT_c}{2b}$$

$$b = \frac{RT_c}{8p_c} \quad \left( \frac{\cancel{\text{atm L/mol}} \cancel{\text{K}}}{\cancel{\text{atm}}} \right) \text{K}$$

=  $\frac{\text{L}}{\text{mol}}$

$$p_c = \frac{RT_c}{\bar{V}_c - b} - \frac{a}{\bar{V}_c^2}$$

$$b = \frac{1}{3} \bar{V}_c$$

$$3b = \bar{V}_c$$

$$p_c = \frac{RT_c}{3b - b} - \frac{a}{(3b)^2}$$

$$p_c = \frac{RT_c}{2b} - \frac{a}{9b^2}$$

$$p_c = \frac{9b^2 RT_c - 2ab}{18b^3}$$

$$18b^3 p_c = 9b^2 RT_c - 2ab$$

$$a = \frac{-18b^3 p_c + 9b^2 RT_c}{2b}$$

$$a = -9b p_c + \frac{9b}{2} RT_c$$

$$a = -9 \left( \frac{RT_c}{8pc} \right)^2 pc + \frac{9}{2} \frac{RT_c}{8pc} RT_c$$

$$a = -\frac{9 R^2 T_c^2}{64 pc^2} pc + \frac{9 R^2 T_c^2}{16 pc}$$

$$a = -\frac{9 R^2 T_c^2}{64 pc} + \frac{36 R^2 T_c^2}{64 pc}$$

$$a = \frac{27 R^2 T_c^2}{64 pc}$$

$$\frac{\left( \text{atm} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K} \right)^2 (\text{K})^2}{\text{atm}}$$

$$= \frac{\text{atm} \cdot \text{L}^2}{\text{mol}^2} \quad \checkmark$$

$$p = \frac{nRT}{v-nb} - \frac{an^2}{v^2}$$

$$\left( p + \frac{an^2}{v^2} \right) = \frac{nRT}{v-nb}$$

$$\frac{pv^2 + an^2}{v^2} = \frac{nRT}{v-nb}$$

$$(pv^2 + an^2)(v-nb) = v^2 nRT$$

$$(pv^2 + an^2)(v - nb) = v^2 nRT$$

$$pv^3 - pv^2 nb + an^2 v - an^3 b = v^2 nRT$$

$$pv^3 - pv^2 nb - v^2 nRT + an^2 v - an^3 b = 0$$

$$\underline{pv^3 - v^2(pnb + nRT) + v an^2 - an^3 b = 0}$$

$$v^3 - v^2 \left( nb + \frac{nRT}{P} \right) + v \frac{an^2}{P} - \frac{an^3 b}{P} = 0$$

$$V^3 - V^2 \left( nb + \frac{nRT}{P} \right) + V \frac{an^2}{P} - \frac{a^3nb}{P} = 0$$

$$L^3 - L^2 \left( \frac{\text{mol L.}}{\text{mol}} + \frac{\cancel{\text{mol}}(\cancel{\text{atm}}\cancel{\text{L}}/\cancel{\text{mol}}\cancel{\text{K}})(\cancel{\text{K}})}{\cancel{\text{atm}}} \right)$$

$$L^3 - L^2 (L) + L \left( \frac{\cancel{\text{atm}}\cancel{\text{L}}^2}{\cancel{\text{mol}}^2} \text{mol}^2 \right)$$

$$L^3 - L^3 + L(L^2)$$

$$L^3 - L^3 + L^3 - \frac{(\cancel{\text{atm}}\cancel{\text{L}}^2/\cancel{\text{mol}}^2)(\cancel{\text{mol}}^3)\left(\frac{\cancel{\text{L}}}{\cancel{\text{mol}}}\right)}{\cancel{\text{atm}}}$$

$$L^3 - L^3 + L^3 - L^3 = 0$$

$O_2$ 

Tablas

$$a = \left( \frac{1.378 \cancel{\text{bar}^2}}{\text{mol}^2} \right) \left( \frac{1 \text{ atm}}{1.01325 \cancel{\text{bar}}} \right) = 1.36011$$

$$b = \frac{0.03183 \text{ L}}{\text{mol}}$$

a  
b dependiente de  $\bar{V}_c$

---

a  
b independiente de  $\bar{V}_c$



Propiedades Físicoquímicas de sustancias		
Nombre	oxígeno	
Masa Molar	31.999	g/mol
Temperatura Crítica	154.600	K
Presion Crítica	49.800	atm
Volumen Crítico	0.0734	L/mol
Punto ebullición	90.200	K
Punto de fusión	54.400	K
<b>Cp (cal/mol K)</b>	6.713e+0	a
<b>Cp=a+bT+cT<sup>2</sup>+dT<sup>3</sup></b>	-8.790e-7	b
<b>(300-2500)K</b>	4.170e-6	c
	-2.544e-9	d
<b>Constantes de Antonio</b>	15.4075	A
<b>LN(p)=A-(B/(T+C))</b>	734.5500	B
<b>T=K</b>	-6.4500	C
<b>p=mmHg</b>		



Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020  
 Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME  
 PE-200419

Reiniciar

Imprimir

Enviar

## Obtención de a y b de Van der Waals

Modelo

$$p = \frac{RT}{(\bar{V}-b)} - \left[ \frac{a}{\bar{V}^2} \right]$$

R (atmL/molK)

0.082

Modelo

$$a = 3pc\bar{V}_c^2 \quad b = \frac{\bar{V}_c}{3}$$

a	atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup>	0.80490
b	L/mol	0.02447

Independiente de volumen crítico

Modelo

$$a = \frac{27R^2T_c^2}{64pc} \quad b = \frac{RT_c}{8pc}$$

a	atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup>	1.36145
b	L/mol	0.03182



Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020  
 Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME  
 PE-200419

Calcular el  $V$  real en un sistema cerrado que se encuentra a 320K

6 atm 2 moles de  $O_2$

Contrastar vs modelo ideal

$$V = \frac{nRT}{P}$$

Volumen real (tablas) Mezclado Vol real dependiente de Vc Vol real Independiente de Vc

**Obtención de ecuación cúbica del volumen tipo Van der Waals**

Introducir los valores en las celdas de color amarillo

T (K)	320.000
n (mol)	2.0000
p (atm)	6.0000
a (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	1.3601
b (L/mol)	0.0318
R (atmL/molK)	0.0820

V <sup>3</sup>	V <sup>2</sup>	V	Cte
1	-8.810267	0.906733	-0.057668

V ideal (L) 8.7467



9  
b Tablas

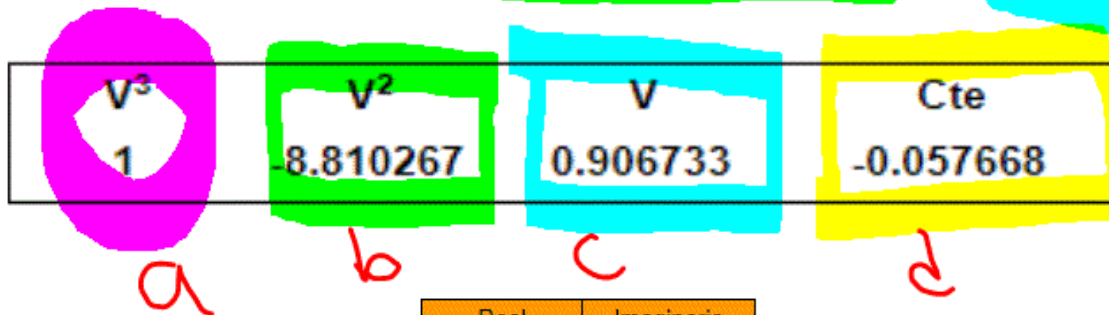
**Resolución de volumen cúbico tipo  $AV^3+BV^2+CV+D=0$**

A=	1	
B=	-8.81027	
C=	0.90673	
D=	-0.05767	
Expresión	4	decimales

	Real	Imaginaria	
V <sub>1</sub> =	8.70689		+8.7069
V <sub>2</sub> =	0.05169	0.06286080809i	+0.0517+0.0629j
V <sub>3</sub> =	0.05169	-0.06286080809i	+0.0517-0.0629j

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira UNAM FES Zaragoza 2020  
Con apoyo del programa DGAPA-UNAM-PAPIME PE-200419

$$V^3 - V^2 \left( nb + \frac{nRT}{P} \right) + \frac{V a n^2}{P} - \frac{a n^3 b}{P} = 0$$



	Real	Imaginaria	
$v_1 =$	8.70689		+8.7069
$v_2 =$	0.05169	0.06286080809i	+0.0517+0.0629j
$v_3 =$	0.05169	-0.06286080809i	+0.0517-0.0629j

Volumen real (tablas)

Mezclado

Vol real dependiente de Vc

Vol real Independiente de Vc

### Obtención de ecuación cúbica del volumen tipo Van der Waals

Introducir los valores en las celdas de color amarillo

T (K)	320.000
n (mol)	2.0000
p (atm)	6.0000
a (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	0.8040
b (L/mol)	0.0244
R (atmL/molK)	0.0820

V <sup>3</sup>	V <sup>2</sup>	V	Cte
1	-8.795467	0.536000	-0.026157

V ideal (L)	8.7467
-------------	--------



Dependiente  
de  
 $\bar{V}_c$

### Resolución de volumen cúbico tipo $AV^3+BV^2+CV+D=0$

A=	1	
B=	-8.79547	
C=	0.53600	
D=	-0.02616	
Expresión	4	decimales

	Real	Imaginaria	
V <sub>1</sub> =	8.73444		+8.7344
V <sub>2</sub> =	0.03051	0.04542806777	+0.0305+0.0454j
V <sub>3</sub> =	0.03051	-0.04542806777	+0.0305-0.0454j

Volumen real (tablas)

Mezclado

Vol real dependiente de  $V_c$ Vol real independiente de  $V_c$ 

### Obtención de ecuación cúbica del volumen tipo Van der Waals

Introducir los valores en las celdas de color amarillo

T (K)	320.000
n (mol)	2.0000
p (atm)	6.0000
a (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	1.3614
b (L/mol)	0.0310
R (atmL/molK)	0.0820

$V^3$	$V^2$	V	Cte
1	-8.808667	0.907600	-0.056271

V ideal (L)	8.7467
-------------	--------



Independiente  
de  
 $V_c$

### Resolución de volumen cúbico tipo $AV^3+BV^2+CV+D=0$

A=	1	
B=	-8.80867	
C=	0.90760	
D=	-0.05627	
Expresión	4	decimales

	Real	Imaginaria	
$V_1=$	8.70515		+8.7051
$V_2=$	0.05176	0.06152362519i	+0.0518+0.0615j
$V_3=$	0.05176	-0.06152362519i	+0.0518-0.0615j

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira UNAM FES Zaragoza 2020

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

$$T > T_c$$

$$P < P_c$$

$$320\text{ K} > 154.6\text{ K}$$

$$6\text{ atm} < 49.8\text{ atm}$$

gas ideal ✓



Volumen real (tablas)

Mezclado

Vol real dependiente de Vc

Vol real Independiente de Vc

**Obtención de ecuación cúbica del volumen tipo Van der Waals**

Introducir los valores en las celdas de color amarillo

T (K)	150.000
n (mol)	2.0000
p (atm)	6.0000
a (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	1.3614
b (L/mol)	0.0310
R (atmL/molK)	0.0820

V <sup>3</sup>	V <sup>2</sup>	V	Cte
1	-4.162000	0.907600	-0.056271



V ideal (L) 4.1000

**Resolución de volumen cúbico tipo  $AV^3+BV^2+CV+D=0$** 

A=	1	
B=	-4.16200	
C=	0.90760	
D=	-0.05627	
Expresión	4	decimales

	Real	Imaginaria	
V <sub>1</sub> =	3.93499		+3.9350
V <sub>2</sub> =	0.11351	0.03763382883i	+0.1135+0.0376j
V <sub>3</sub> =	0.11351	-0.03763382883i	+0.1135-0.0376j

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira UNAM FES Zaragoza 2020

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

Volumen real (tablas)

Mezclado

Vol real dependiente de Vc

Vol real Independiente de Vc

**Obtención de ecuación cúbica del volumen tipo Van der Waals**

Introducir los valores en las celdas de color amarillo

T (K)	90.000
n (mol)	2.0000
p (atm)	6.0000
a (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	1.3614
b (L/mol)	0.0310
R (atmL/molK)	0.0820

V <sup>3</sup>	V <sup>2</sup>	V	Cte
1	-2.522000	0.907600	-0.056271



V ideal (L) 2.4600

**Resolución de volumen cúbico tipo  $AV^3+BV^2+CV+D=0$** 

A=	1	
B=	-2.52200	
C=	0.90760	
D=	-0.05627	
Expresión	4	decimales

	Real	Imaginaria	
V <sub>1</sub> =	2.10319		+2.1032
V <sub>2</sub> =	0.07865	0	+0.0787
V <sub>3</sub> =	0.34016	0	+0.3402

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira UNAM FES Zaragoza 2020

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

Volumen real (tablas)    Mezclado    Vol real dependiente de  $V_c$     Vol real independiente de  $V_c$

### Obtención de ecuación cúbica del volumen tipo Van der Waals

Introducir los valores en las celdas de color amarillo

T (K)	320.000
n (mol)	2.0000
p (atm)	55.0000
a (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	1.3614
b (L/mol)	0.0310
R (atmL/molK)	0.0820

$V^3$	$V^2$	V	Cte
1	-1.016182	0.099011	-0.006139



V ideal (L)	0.9542
-------------	--------

### Resolución de volumen cúbico tipo $AV^3+BV^2+CV+D=0$

A=	1	
B=	-1.01618	
C=	0.09901	
D=	-0.00614	
Expresión	4	decimales

	Real	Imaginaria	
$V_1=$	0.91534		+0.9153
$V_2=$	0.05042	0.06453046002	+0.0504+0.0645j
$V_3=$	0.05042	-0.06453046002	+0.0504-0.0645j

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira UNAM FES Zaragoza 2020

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

$$T > T_c$$

$$P > P_c$$

Fluido Super.

$O_2 + N_2$  aire artificial.

$$y_{O_2} = 0.19$$

$$y_{N_2} = 0.81$$

$$a_M = \sum_{i=1}^n \left[ y_i (a_i)^{1/2} \right]^2$$

$$b_M = \sum_{i=1}^n y_i b_i$$

$$\overline{T}_{CM} = \sum_{i=1}^n y_i T_{ci}$$

$$\overline{V}_{CM} = \sum_{i=1}^n y_i \overline{V}_{ci}$$

$$p_{CM} = \sum_{i=1}^n y_i p_{ci}$$

Volumen real (tablas)

Mezclado

Vol real dependiente de  $V_c$ Vol real Independiente de  $V_c$ 

### Obtención de propiedades reales en un gas ó de mezclado binario y ternario

Componente	M (g/mol)	m (g)	$p_c$ (atm)	$T_c$ (K)	$V_c$ (L/mol)	$n_i$
Oxígeno	32.00	22.00	49.80	154.60	0.0734	0.6875
Nitrógeno	28.00	82.00	33.54	126.26	0.0901	2.9286
	44.00	0.00	41.90	369.80	0.2030	0.0000
<b>n total</b>						<b>3.6161</b>

Componente	Dependiente de $V_c$		$R$ (atmL/molK)	Independiente de $V_c$		$y$
	$a$ (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	$b$ (L/mol)	$y_i$	$a$ (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	$b$ (L/mol)	
Oxígeno	0.8049	0.0245	0.1901	1.3614	0.0318	1.0000
Nitrógeno	0.8168	0.0300	0.8099	1.3483	0.0386	
	5.1800	0.0677	0.0000	9.2583	0.0905	

Dependiente de $V_c$				
$a_M$ (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	$b_M$ (L/mol)	$p_{cM}$ (atm)	$T_{cM}$ (K)	$V_{cM}$ (L/mol)
0.8146	0.0290	36.6314	131.6481	0.0869
Independiente de $V_c$				
$a_M$ (atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup> )	$b_M$ (L/mol)	$p_{cM}$ (atm)	$T_{cM}$ (K)	$V_{cM}$ (L/mol)
1.3508	0.0373	36.6314	131.6481	0.0869



Dr. Juan Carlos Vázquez Lira UNAM FES Zaragoza 2019

## Obtención de a y b de Van der Waals

Modelo

$$P = \frac{RT}{(\bar{V}-b)} - \left[ \frac{a}{\bar{V}^2} \right]$$

R (atmL/molK)

0.082

$N_2$

Modelo

$$a = 3pc\bar{V}_c^2 \quad b = \frac{\bar{V}_c}{3}$$

a	atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup>	0.81629
b	L/mol	0.03002



Independiente de volumen crítico

Modelo

$$a = \frac{27R^2T_c^2}{64pc} \quad b = \frac{RT_c}{8pc}$$

a	atmL <sup>2</sup> /mol <sup>2</sup>	1.34828
b	L/mol	0.03859

Dr. Juan Carlos Vázquez Lira 2020  
Con apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME  
PE-200419

