RESOLUCIÓN PRÁCTICO 11

1- a) $2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g)$
Equilibrio Homogéneo

$$Kc = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$

b) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2\ HCl(g)$
Equilibrio Homogéneo

$$Kc = \frac{[HCl]^2}{[H_2]\,[Cl_2]}$$

c) $2\ H_2S(g) + 3\ O_2(g) \rightleftharpoons 2\ H_2O(g) + 2\ SO_2(g)$
Equilibrio Homogéneo

$$Kc = \frac{[H_2O]^2\,[SO_2]^2}{[H_2S]^2\,[O_2]^3}$$

d) $NH_4NO_2(s) \rightleftharpoons N_2(g) + 2\ H_2O(g)$
Equilibrio heterogéneo

$$Kc = [N_2]\,[H_2O]^2$$

e) $H_2(g) + FeO(s) \rightleftharpoons H_2O(g) + Fe(s)$
Equilibrio heterogéneo

$$Kc = \frac{[H_2O]}{[H_2]}$$

2- a) ¿Cuál es el valor de *Kc* para la reacción $SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + ½\ O_2(g)$?
Dato: $SO_2(g) + ½\ O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$ es *Kc* = 20.4 a 700 ºC

$$Kc = \frac{[SO_2][O_2]^{1/2}}{[SO_3]} = \frac{1}{20.4} = 49.02 \times 10^{-3}$$

b) ¿Cuál es el valor de *Kc* para la reacción $2\ SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\ SO_3(g)$?

$$Kc = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = (20.4)^2 = 416.16$$

c) *Kp* para el caso b).

$$Kp = \frac{P\,SO_3^{\,2}}{P\,SO_2^{\,2} \times PO_2} = \frac{[SO_3]^2\,(RT)^2}{[SO_2]^2(RT)^2 \times [O_2](RT)} = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\,[O_2]} \times (RT)^{-1}$$

$PV = nRT \rightarrow P = m/V \times RT$ m/V = Molaridad
$Kp = Kc\ (RT)^{\Delta n}$

$$Kp = (20.4)^2(0.082 \times 973)^{-1} = \mathbf{5.22}$$

3- $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2\ CO(g)\ \Delta H = 119.8\ kJ$

a) Añadir $CO_2(g) \rightarrow$ la reacción se desplaza hacia los productos de manera de consumir el $CO_2(g)$ y restablecer el equilibrio
b) Añadir $C(s) \rightarrow$ no afecta la reacción porque la concentración efectiva de un sólido puro es una constante, no importa cuánto sólido esté presente.
c) $C(s) + CO_2(g) +$ **calor** $\rightleftharpoons 2\ CO(g)\ \Delta H = 119.8\ kJ$
Aplico calor y la reacción se desplaza hacia los productos de manera de consumir calor.
d) Si disminuye el volumen, aumenta la presión del sistema y la reacción se desplaza hacia los reactivos, de manera de disminuir el número de moles gaseosos.
e) Adicionar un catalizador, no modifica la composición de la mezcla en equilibrio, por lo tanto, no afecta a la reacción.
f) Elimino $CO(g)$, la reacción se desplaza hacia los productos, de manera de producir $CO(g)$.

4- $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ es $Kc = 2.19 \times 10^{-10}$

i) $[COCl_2] = 5.00 \times 10^{-2}$ M, $[CO] = 3.31 \times 10^{-6}$ M, $[Cl_2] = 3.31 \times 10^{-6}$ M
Q = cociente de la reacción = $[CO]\,[Cl_2]/\,[COCl_2] = \dfrac{(3.31 \times 10^{-6})(3.31 \times 10^{-6})}{5.00 \times 10^{-2}}$

$Q = 2.19 \times 10^{-10}$
Q = Kc → **la mezcla está en equilibrio**

ii) $[COCl_2] = 3.50 \times 10^{-3}$ M, $[CO] = 1.11 \times 10^{-5}$ M, $[Cl_2] = 3.25 \times 10^{-6}$ M

$Q = [CO]\,[Cl_2]/\,[COCl_2] = \dfrac{(1.11 \times 10^{-5})(3.25 \times 10^{-6})}{3.5 \times 10^{-3}} = 1.03 \times 10^{-8}$ distinto a *Kc*

La mezcla NO está en equilibrio

iii) $[COCl_2] = 1.45$ M, $[CO] = [Cl_2] = 1.56 \times 10^{-6}$ M

$Q = [CO]\,[Cl_2]/\,[COCl_2] = \dfrac{(1.52 \times 10^{-6})^2}{1.45} = 1.68 \times 10^{-12}$ distinto a *Kc*

La mezcla NO está en equilibrio

b) ii) Q > *Kc* → la reacción transcurre hacia los reactivos para alcanzar el equilibrio.

	$COCl_2(g)$ ⇌	$CO(g)$ +	$Cl_2(g)$
t =0	3.5×10^{-3}	1.11×10^{-5}	3.25×10^{-6}
x reac	+X	-X	-X
eq	$(3.5 \times 10^{-3}+X)$	$(1.11 \times 10^{-5}-X)$	$(3.25 \times 10^{-6}-X)$

$Kc = [CO]\,[Cl_2]/\,[COCl_2] = \dfrac{(1.11 \times 10^{-5}-X)\,(3.25 \times 10^{-6}-X)}{(3.5 \times 10^{-3}+X)} = 2.19 \times 10^{-10}$

$(1.11 \times 10^{-5})(3.25 \times 10^{-6})-(3.5 \times 10^{-3})X-(1.11 \times 10^{-5})X+X^2=(2.19 \times 10^{-10})(3.5 \times 10^{-3})+(2.19 \times 10^{-10})X$

$X^2 - (1.44 \times 10^{-5})X + 3.53 \times 10^{-11} = 0$

$X = \dfrac{1.44 \times 10^{-5} \pm \sqrt{(-1.44 \times 10^{-5})^2 - 4(3.53 \times 10^{-11})}}{2} = 1.13 \times 10^{-5}$ M; 3.13×10^{-6} M

$X = 1.13 \times 10^{-6}$ M se descarta porque $[Cl_2]_{eq} = 3.25 \times 10^{-6} - 1.13 \times 10^{-5} = -8.05 \times 10^{-6} < 0$

$X = 3.13 \times 10^{-6}$ M

$[COCl_2]_{eq} = 3.5 \times 10^{-3} + 3.13 \times 10^{-6} = 3.50313 \times 10^{-3}$ M
$[CO]_{eq} = 1.11 \times 10^{-5} - 3.13 \times 10^{-6} = 7.97 \times 10^{-6}$ M
$[Cl_2]_{eq} = 3.25 \times 10^{-6} + 3.13 \times 10^{-6} = 1.2 \times 10^{-7}$ M

iii) Q < Kc → la reacción transcurre hacia los productos para alcanzar el equilibrio.

	$COCl_2(g)$ ⇌	$CO(g)$ +	$Cl_2(g)$
t =0	1.45	1.56×10^{-6}	1.56×10^{-6}
x reac	-X	+X	+X
eq	(1.45 - X)	$(1.56 \times 10^{-6}+X)$	$(1.56 \times 10^{-6}+X)$

$Kc = [CO]\,[Cl_2]/\,[COCl_2] = \dfrac{(1.56 \times 10^{-6}+X)\,(1.56 \times 10^{-6}+X)}{(1.45-X)} = 2.19 \times 10^{-10}$

$(1.56 \times 10^{-6})^2+(1.56 \times 10^{-6})X + (1.56 \times 10^{-6})X+X^2=(2.19 \times 10^{-10})(1.45) - (2.19 \times 10^{-10})X$

$X^2 + (3.120 \times 10^{-6})X + 3.151 \times 10^{-10} = 0$

$X = \dfrac{-3.120 \times 10^{-6} \pm \sqrt{(3.12 \times 10^{-6})^2 - 4(-3.151 \times 10^{-10})}}{2} = 1.62 \times 10^{-5}$ M; -1.94×10^{-5} M < 0

$X = 1.62 \times 10^{-5}$ M

$[COCl_2]_{eq} = 1.45 - 1.62 \times 10^{-5} = 1.45$ M
$[CO]_{eq} = 1.56 \times 10^{-6} + 1.62 \times 10^{-5} = 1.776 \times 10^{-5}$ M
$[Cl_2]_{eq} = 1.56 \times 10^{-6} + 1.62 \times 10^{-5} = 1.776 \times 10^{-5}$ M

5- a) $2\ NO\ (g) + 2\ H_2\ (g) \rightleftharpoons N_2\ (g) + 2\ H_2O\ (g)$.

t = 0	0.1	0.05	0	0.1
c × r	-2x	-2x	x	2x
eq	(0.1-2x)	(0.05-2x)	x	(0.1+2x)

$0.1 - 2x = 0.062$
$0.1 - 0.062 = 2x$
$x = 0.019$
$[H_2]_{eq}$ = 0.012 M
$[N_2]_{eq}$ = 0.019 M
$[H_2O]_{eq}$ = 0.138 M

b) $Kc = \frac{[N_2]\,[H_2O]^2}{[NO]^2\,[H_2]^2} = \frac{(0.019)\,(0.138)^2}{(0.062)^2(0.012)^2} =$ **653.68**

6. a) $C\ (s) + CO_2\ (g) \rightleftharpoons 2\ CO\ (g)$

t = 0	----	52.193	0
c × r	----	-x	2x
eq	----	(52.193-x)	(2x)

$Kp = 167.5 = \frac{(2x)^2}{(52.193 - x)} = (167.5)\,(52.193) - (167.5)x = 4x^2$

$4x^2 + (167.5)x - 874.33 = 0$
$x = \blacktriangleright 30.287$
$\blacktriangleright$ ~~- 72.16~~ < 0
$x = 30.287$ atm
PCO_2 = 52.193 – 30.287 = **21.906 atm**
PCO = 2(30.287) = **60.574 atm**

b) $Kp = Kc\ (RT)^{\Delta n}$
$Kc = \frac{Kp}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{167.5}{(0.08 \times 1273)} =$ **1.60**

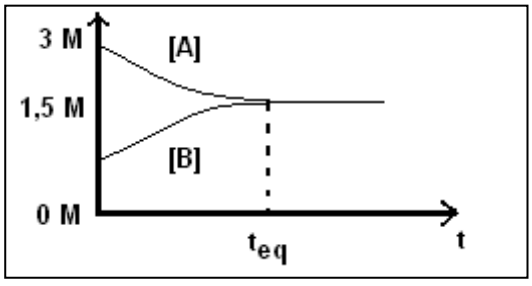
Resolución ejercicios Complementarios

7. a) $A\ (g) \rightleftharpoons B\ (g)$

t = 0	3	0
c × r	-x	x
eq	(3-x)	x

$Kc = 1 = \frac{[B]}{[A]}$

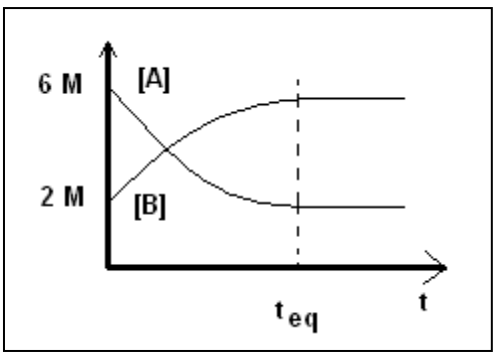
$Kc = 1 = \frac{x}{3-x}$
$3 - x = x$
$3 = 2x$
$x = 1.5$ M



b) $A\ (g) \rightleftharpoons B\ (g)$

t = 0	6	2
c × r	-x	x
eq	(6-x)	(2+x)

$Kc = 5 = \frac{[B]}{[A]}$



$Kc = 5 = \frac{(2+x)}{(6-x)}$
$30 - 5x = 2 + x$
$28 = 6x$
$X = 4.7$ M

c) En 1 L
$4.7\ M \times 1\ L =$ **4.7 moles de A**

8. $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2\ HI(g)$ $K = 50.53$

t =0 $1x10^{-2}$ $1x10^{-2}$ $2x10^{-3}$

$Q = \frac{[HI]^2}{[H]\,[I_2]} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{(1 \times 10^{-2})^2} = 0.04 < K$ Sí, se formara mas HI

$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2\ HI(g)$
t =0	0		0	(0.1/5) = 0.02
c x r	X		X	-2X
eq	X		X	(0.02 – 2X)

$K = \frac{[HI]^2}{[H]\,[I_2]} = 50.53 = \frac{(0.02-2X)^2}{X^2}$

$50.53\ (X2) = 4 \times 10^4 - (0.04)X - (0.04\ X) + 4\ X2$
$(46.53)\ X2 + (0.08)\ X - 4\ x10^4$

$X = -\frac{0.08 \pm \sqrt{(0.08)^2 - 4\ (46.53)\ (-4 \times 10^4)}}{2\ (46.53)} =$ **$2.2 \times 10^{-3} = X$** ; $-3.9 \times 10^{-3} < 0$

En Eq $[H_2] = [I_2] =$ **2.2×10^{-3}**

$M = n/V \rightarrow n =$ (**2.2×10^{-3}**) x 5

En el Eq n (H_2) = n (I_2) = 0.011 moles

$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2\ HI(g)$
t =0	1×10^{-3}	2×10^{-4}		0
c x r	- X	- X		2X
eq	(1×10^{-3})	(2×10^{-4})		2X

$50.23 = \frac{(2\ X)^2}{(1 \times 10^{-3} - X)(2 \times 10^{-4})} = (50.53 \times 10^{-3} - (50.53)X)\ (2 \times 10^{-4} - X) = 4\ X^2$

$1.0106 \times 10^{-5} - (10.106 \times 10^{-3})\ X - (50.53 \times 10^{-3})X + 50.53X^2 = 4\ X^2$

$(46.53)\ X^2 - (60.636 \times 10^{-3})X + 1.0106 \times 10^{-5} = 0$

$X = \frac{60.636 \times 10^{-3} \pm \sqrt{(-60.636 \times 10^{-3})^2 - 4\ (46.53)\ (1.0106 \times 10^5)}}{2\ (46.53)} = 1.107 \times 10^{-3}$; **$1.96 \times 10^{-4} = X$**

Descarto $X = 1.107 \times 10^{-3}$ porque $[H_2]$ en el equilibrio = $1 \times 10^{-3} - 1.107 \times 10^{-3} = -1.07 \times 10^{-4} < 0$

[HI] eq = $2\ (1.96 \times 10^{-4}) =$ **3.92×10^{-4}**

M = n/V $\rightarrow$ n = (**3.92×10^{-4}**) x 5 = 1.96×10^{-3} moles de HI en el equilibrio.

9. a) $2\ NOBr(g) \rightleftharpoons 2\ NO(g) + Br_2(g)$
$Kc = \frac{[NO]^2\,[Br_2]}{[NOBr]^2}$
$[NO] = m/PM.V = 3.08 / (14.006 + 15.999) \times 5 = 20.53 \times 10^{-3}$ M
$[Br_2] = 4.19 / 2\ (79.909) \times 5 = 5.24 \times 10^{-3}$ M
$[NOBr] = 3.22 / (14.006 + 15.999 + 79.909) \times 5 = 5.86 \times 10^{-3}$ M

Kc = (20.53 x10^{-3})2 (5.24 x10^{-3}) / (5.86 x10^{-3})2 = **64.32 x10^{-3}**

b) *Kp* = *Kc* $(RT)^{\Delta n}$ = (64.32 x10^{-3}) $(0.082 \times 373)^{3-2}$ = **1.97**

c) **PV = n R T→ P = n .R. T / V = m. R. T / PM. V**

P(NO) = (3.08)(0.082)(373) / (30.005) (5) = 0.628 atm
P (Br_2) = (4.19)(0.082)(373) / (159.818)(5) = 0.160 atm
P($NOBr_2$) = (3.22)(0.082)(373) / (109.914)(5) = 0.179 atm

$P_{TOTAL} = \Sigma P_{parciales}$ = 0.628 + 0.160 + 0.179 = 0.967 atm

10. a) PH_3BCl_3 (s) ⇌ PH_3 (g) + BCl_3 (g)

t =0	-	0	0
c x r	-	X	X
eq	-	X	X

Kp = 1.57
Kp = P PH_3 × P BCl_3 = X^2 = 1.57 → X = √1.57 = 1.253 atm
En el equilibrio P PH_3 = P BCl_3 = 1.253 atm
P.V = n.R.T
n PH_3 = n BCl_3 = P.V/R.T = (1.253)(0.5)/(0.082)(353) = 21.64 × 10^{-3} moles
n PH_3**BCl_3** = m / PM → m PH_3BCl_3 = (21.64 × 10^{-3}).(151.1667) = 3.27 g