



# CINÈTICA QUÍMICA I QUÍMICA 2N BATX

## EXERCICIS

ALBA LÓPEZ VALENZUELA

TRADUCCIÓ: EDUARD CREMADES

1. Escriu l'equació de velocitat de les següents reaccions:

a)  $\text{NO(g)} + \text{O}_3\text{(g)} \longrightarrow \text{NO}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$ , si sabem que la reacció és de primer ordre respecte a cada reactiu;

b)  $2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$ , si sabem que és de primer ordre respecte al  $\text{O}_2$  i de segon ordre respecte al  $\text{CO}$ .

*Solució:* a)  $v = k[\text{NO}][\text{O}_3]$ ; b)  $v = k[\text{CO}]^2[\text{O}_2]$

2. La reacció:  $\text{A} + 2\text{B} \longrightarrow 2\text{C} + \text{D}$  és de primer ordre respecte a cadascun dels reactius.

a) Escriu l'equació de la velocitat.

b) Indica l'ordre total de la reacció.

c) Indica les unitats de la constant de velocitat.

*Solució:* a)  $v = k[\text{A}][\text{B}]$ ; b) 2; c)  $\text{L mol}^{-1} \text{s}^{-1}$

3. A una hipotètica reacció química,  $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{C}$ , li correspon la següent equació de velocitat:

$v = k[\text{A}][\text{B}]$ . Indica:

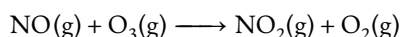
a) L'ordre de la reacció respecte a A.

b) L'ordre total de la reacció.

c) Les unitats de la constant de velocitat.

*Solució:* a) 1; b) 2; c)  $\text{L mol}^{-1} \text{s}^{-1}$

4. La destrucció de la capa d'ozó és deguda entre d'altres a la següent reacció:



La velocitat de reacció que s'ha obtingut en tres experiments en els quals s'ha variat les concentracions inicials dels reactius ha estat la següent:

Experiment	$[\text{NO}]_0 \text{ (M)}$	$[\text{O}_3]_0 \text{ (M)}$	Velocitat inicial (mol/Ls)
1	$1.0 \times 10^{-6}$	$3.0 \times 10^{-6}$	$6.6 \times 10^{-5}$
2	$1.0 \times 10^{-6}$	$9.0 \times 10^{-6}$	$1.98 \times 10^{-4}$
3	$3.0 \times 10^{-6}$	$9.0 \times 10^{-6}$	$5.94 \times 10^{-4}$

a) Determina els ordres parcials.

b) Determina l'ordre total de la reacció.

c) Determina l'equació de la velocitat.

d) Calcula el valor de la constant de velocitat i les seves unitats.

*Solució:* a)  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 1$ ; b) 2; c)  $v = k[\text{NO}][\text{O}_3]$ ; d)  $2.2 \times 10^7 \text{ L mol}^{-1} \text{s}^{-1}$

5. S'estudia la cinètica de la següent reacció química en fase gasosa,  $\text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \longrightarrow 2\text{NO}_2\text{(g)}$ , i s'obté que, a certa temperatura, mantinguda constant, la velocitat inicial de la reacció depèn de les concentracions com ve il·lustrat a la taula.

Experiment	$v \text{ (mol L}^{-1} \text{s}^{-1})$	$[\text{NO}]_0 \text{ (mol L}^{-1})$	$[\text{O}_2]_0 \text{ (mol L}^{-1})$
1	0.028	0.020	0.010
2	0.056	0.020	0.020
3	0.224	0.040	0.020
4	0.014	0.010	0.020

a) Determina els ordres parcials i l'ordre global de la reacció.

b) Calcula el valor de la constant de velocitat i les seves unitats.

c) Escriu l'equació cinètica.

*Solució:* a)  $\alpha = 2$ ,  $\beta = 1$ , O.T. = 3; b)  $k = 7000 \text{ L}^2/\text{mol}^2\text{s}$ ; c)  $v = 7000[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$

6. Per a la reacció  $A + B \longrightarrow \text{Productes}$ , s'han realitzat quatre experiències en les quals es determinen les velocitats inicials de reacció per a diferents concentracions de reactius. Els resultats es mostren a la següent taula:

Experiment	$[A]_0$ (mol/L)	$[B]_0$ (mol/L)	$v$ (mol/Ls)
1	1.0	0.5	$1.2 \times 10^{-3}$
2	2.0	1.0	$9.6 \times 10^{-3}$
3	1.0	1.0	$2.4 \times 10^{-3}$
4	2.0	0.5	$4.8 \times 10^{-3}$

- a) Indica els ordres parcials de la reacció i l'ordre global.  
 b) Escribeu l'equació de la velocitat.  
 c) En quines unitats es mesura la constant de velocitat?  
 d) Quant valdria la velocitat de reacció si les concentracions inicials fossin 1.5 mol/L per a A i per a B?

*Solució:* a)  $\alpha = 2$ ,  $\beta = 1$ , O.G. = 3; b)  $v = k[A]^2[B]$ ; c)  $L^2/\text{mol}^2 \text{ s}$  d)  $8.1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

7. Per a la reacció  $A + B \longrightarrow \text{Productes}$ , s'han realitzat tres experiències en les quals partint de certes concentracions inicials d'A i B, es van obtenir els valors de velocitat de reacció que s'indiquen a la taula.

Experiment	$[A]$ (mol/L)	$[B]$ (mol/L)	$v$ (mol/L min)
1	0.020	0.010	$1.2 \times 10^{-5}$
2	0.020	0.020	$4.8 \times 10^{-5}$
3	0.040	0.010	$1.2 \times 10^{-5}$

- a) Ordres parcials respecte a A i B.  
 b) Ordre global de la reacció.  
 c) Equació de la velocitat.  
 d) El valor i les unitats de la constant de velocitat.  
 e) La velocitat de reacció quan les concentracions inicials d'A i B són 0.030 M.

*Solució:* a)  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 2$ ; b) O.G. = 2; c)  $v = k[B]^2$ ; d) 0.12 L/mol min; e)  $1.08 \times 10^{-4} \text{ mol/L min}$

8. Per a una reacció genèrica  $A + B \longrightarrow \text{Productes}$ , s'han realitzat tres experiments dels quals s'han obtingut aquests valors de velocitat de reacció:

Experiment	$[A]$ (mol/L)	$[B]$ (mol/L)	$v$ (mol/L min)
1	2.00	1.00	$2.00 \times 10^{-3}$
2	0.50	1.00	$0.50 \times 10^{-3}$
3	1.00	2.00	$4.00 \times 10^{-3}$

Indica els ordres parcials respecte a A i a B i l'ordre global de reacció.

*Solució:* a)  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 2$ , O.G. = 3

9. S'ha estudiat una reacció química que obeeix al tipus  $aA + bB \longrightarrow \text{Productes}$ . Després de diversos assajos es coneix que la velocitat es duplica en duplicar la concentració d'A i es redueix a la quarta part en reduir a la meitat la concentració de B.

- a) Calcula l'ordre de reacció global.  
 b) Com és la seva equació de velocitat?  
 c) Quant s'ha d'augmentar la concentració d'A per a quadruplicar la velocitat de la reacció?, i la de B per a aconseguir el mateix objectiu?

*Solució:* a) O.G. = 3; b)  $v = k[A][B]^2$ ; c) 4 cops, 2 cops.

10. La reacció de formació del fosgen ( $\text{COCl}_2$ ) és  $\text{CO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \longrightarrow \text{COCl}_2\text{(g)}$  i té l'equació de velocitat:  $v = k[\text{CO}][\text{Cl}_2]^2$ . Explica com variarà la velocitat de reacció en els següents casos:

- Si es duplica la concentració de clor.
- Si es duplica la concentració de monòxid de carboni.
- Si es duplica la concentració d'ambdós reactius.
- Si es redueix a la meitat la concentració d'ambdós reactius.

*Solució:* a)  $v = 4v_0$ ; b)  $v = 2v_0$ ; c)  $v = 8v_0$ ; d)  $v = \frac{1}{8}v_0$

11. [EBAU, Extremadura 2020] Per a la reacció  $2\text{A(g)} + \text{B(g)} \longrightarrow \text{C(g)} + \text{D(g)}$  es van obtenir els següents resultats:

Experiment	$[\text{A}]_0 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$	$[\text{B}]_0 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$	$v \text{ (mol L}^{-1} \text{s}^{-1}\text{)}$
1	0.7	0.4	0.15
2	1.4	0.4	0.60
3	1.4	0.8	1.20

- Escriu l'expressió de la velocitat indicant l'ordre global de la reacció.
- Calcula el valor i les unitats de la constant de velocitat.

*Solució:* a)  $v = k[\text{A}]^2[\text{B}]$ , O.G.=3; b)  $0.77 \text{ L}^2/\text{mol}^2\text{s}$

12. [EBAU, Extremadura 2019] Per a la reacció  $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{C}$  es van obtenir els següents resultats:

Experiment	$[\text{A}]_0 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$	$[\text{B}]_0 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$	$v \text{ (mol L}^{-1} \text{s}^{-1}\text{)}$
1	0.2	0.2	$X$
2	0.4	0.2	$2X$
3	0.2	0.4	$4X$

- Calcula l'ordre global de la reacció i escriu l'equació de velocitat.
- Determina el valor i les unitats de la constant de velocitat si  $X = (1.5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1})$ .

*Solució:* a) O.G.=3,  $v = k[\text{A}][\text{B}]^2$ ; b)  $0.1875 \text{ L}^2/\text{mol}^2\text{s}$

13. Per a la reacció  $\text{A} + 2\text{B} + \text{C} \longrightarrow \text{D} + 2\text{E}$  es van trobar experimentalment les velocitats en funció de les concentracions dels reactius que es mostren a la taula.

Experiment	$[\text{A}] \text{ M}$	$[\text{B}] \text{ M}$	$[\text{C}] \text{ M}$	$v \text{ de formació de D (M/min)}$
I	2.0	2.0	2.0	2.0
II	2.0	1.0	2.0	2.0
III	4.0	4.0	2.0	8.0
IV	2.0	4.0	1.0	1.0

- Troba els ordres parcials de cada reactiu i l'ordre global.
- Escriu l'equació de velocitat.
- ♣ En l'experiment II, quina és la velocitat de formació de E (en M/min)?
- Troba el valor de la constant de velocitat i les seves unitats.

*Solució:* a)  $\alpha = 2, \beta = 0, \gamma = 1$ , O.G.=3; b)  $v = k[\text{A}]^2[\text{C}]$ ; c)  $v_D = \frac{1}{2}v_E \rightarrow v_E = 4.0$ ; d)  $0.25 \text{ L}^2/\text{mol}^2\text{min}$

14. [EBAU, Extremadura 2017] L'equació de velocitat d'una reacció química és:  $v = k[A]^\alpha$ , sent  $\alpha$  l'ordre de reacció.

a) Amb les dades següents, determina el valor d' $\alpha$ :

[A] (M)	$v$ (M s <sup>-1</sup> )
0.2	$1.2 \times 10^{-2}$
0.4	$4.8 \times 10^{-2}$

b) Calcula el valor i les unitats de la constant de velocitat.

*Solució:* a)  $\alpha=2$ ; b) 0.3 L/mols

15. [EBAU, Extremadura 2018] Per a una reacció entre les substàncies A i B s'han obtingut els següents resultats, a temperatura constant:

[A] (M)	[B] (M)	$v$ (M s <sup>-1</sup> )
0.12	0.045	$6.5 \times 10^{-4}$
0.24	0.090	$2.6 \times 10^{-3}$
0.72	0.090	$7.8 \times 10^{-3}$

Considerant que l'equació de velocitat és  $v = k[A]^\alpha[B]^\beta$ , determina:

a) Els valors d' $\alpha$  i  $\beta$  i indica quin és l'ordre global de la reacció.

b) La constant de velocitat i les seves unitats.

*Solució:* a)  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 1$ , O.G.=2; b) 0.12 L mol<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>

.....Equació d'Arrhenius .....

Datos:  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

16. Per a la reacció  $A(g) \longrightarrow B(g) + C(g)$ , se sap que la seva energia d'activació és 140 kJ mol<sup>-1</sup>, i la seva constant de velocitat val 0.34 s<sup>-1</sup>, a 300 °C. a) Calcula el factor de freqüència i les seves unitats; b) Raona l'ordre de la reacció i calcula la concentració inicial d'A(g) si la velocitat de reacció és 0.68 mol L<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>.

*Solució:* a)  $2 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ ; b) ordre 1, 2 M

17. Per a la reacció de formació de l'HI a 400 °C a partir d'H<sub>2</sub> i I<sub>2</sub> l'energia d'activació és 197.8 kJ mol<sup>-1</sup>. Calcula l'augment que experimentarà la velocitat d'aquesta reacció en passar de 400 °C a 500 °C.

*Solució:*  $v_2 = 100v_1$

18. Calcula l'energia d'activació per a una reacció la velocitat de la qual es quadruplica en passar de 290 K a 312 K.

*Solució:*  $E_a = 47.4 \text{ kJ/mol}$

19. Per a la reacció  $2 \text{ NO}_2(g) \longrightarrow 2 \text{ NO}(g) + \text{O}_2(g)$  s'han obtingut les següents dades relatives a la constant de velocitat:

T (K)	k (mol/L) <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup>
375	1.60
430	7.50

a) Calcula l' $E_a$ .

b) En vista de les unitats de  $k$ , indica de quin ordre és la reacció.

*Solució:* a)  $E_a = 37.7 \text{ kJ/mol}$ ; b) ordre 2

20. [EBAU, Extremadura 2017] Per a una reacció de primer ordre, la constant de velocitat a 100 °C es multiplica per deu en incrementar la temperatura en 50 °C.

a) Troba el valor de l'energia d'activació de la reacció.

b) Raona les unitats que tindrà la constant de velocitat d'aquesta reacció.

Dades:  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

*Solució:* a)  $E_a = 60.4 \text{ kJ/mol}$ ; b) s<sup>-1</sup>

21. [EBAU, Extremadura 2020] La constant de velocitat d'una reacció té un valor de  $0.25 \text{ s}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ . Sabent que la constant de velocitat es duplica a  $35^\circ\text{C}$ , calcula:

- a) l'energia d'activació ( $E_a$ );
- b) el factor de freqüència ( $A$ );
- c) l'ordre global de la reacció.

Dades:  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Solució: a)  $E_a = 52.9 \text{ kJ/mol}$ ; b)  $A = 4.68 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$ ; c) ordre 1

22. [Grau en Química, UNEX] En la reacció entre  $\text{NO}_2(\text{g})$  i  $\text{CO}_2(\text{g})$ , l'energia d'activació val  $27.44 \text{ kcal mol}^{-1}$  i la constant de velocitat a  $327^\circ\text{C}$  és  $0.385 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . Calcula: a) La temperatura a la qual la constant valdrà  $16.11 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ; b) el factor de freqüència i c) la constant de velocitat a  $373^\circ\text{C}$ .

Solució: a)  $T = 443^\circ\text{C}$ ; b)  $A = 3.73 \times 10^9 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ; c)  $k = 2 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

23. [EBAU, Extremadura 2019] A  $25^\circ\text{C}$  la constant de velocitat d'una reacció val  $0.035 \text{ s}^{-1}$ . Aquesta reacció té una energia d'activació de  $40.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

- a) Determina el valor de la constant de velocitat a  $75^\circ\text{C}$ .
- b) Raona quin serà l'ordre de la reacció mitjançant la informació disponible.

Dades:  $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Solució: a)  $k = 0.37 \text{ s}^{-1}$ ; b) ordre 1

24. [Grau en Química, UNEX] La velocitat de la hidròlisi del teixit de múscul del peix és el doble a  $2.2^\circ\text{C}$  que a  $-1.1^\circ\text{C}$ . Calcula l'energia d'activació per a aquesta reacció. Tindrà aquest fet alguna relació amb l'emmagatzematge del peix?

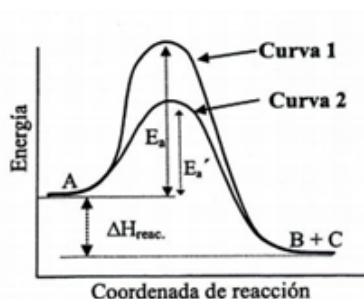
Solució: a)  $E_a = 130.7 \text{ kJ/mol}$

..... **Diagrames energètics** .....

25. En una determinada reacció del tipus  $A + B \longrightarrow \text{Productes}$ , l' $E_a$  de la reacció directa és  $145 \text{ kJ/mol}$ , i la  $\Delta H$ ,  $76 \text{ kJ/mol}$ . Es tracta d'una reacció exotèrmica o endotèrmica? Quant valdrà l' $E_a$  de la reacció inversa?

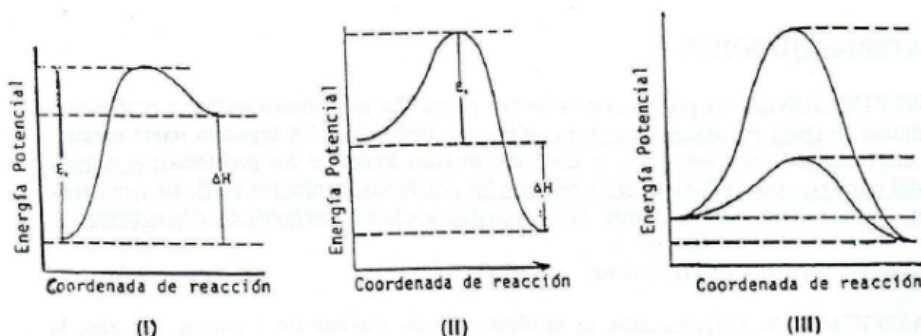
Solució:  $E'_a = 69 \text{ kJ/mol}$

26. Què li ocorrera a la velocitat d'una reacció si s'incrementa l'energia d'activació?, i si se n'eleva la temperatura?
27. Considerant el diagrama d'energia que es mostra, per a la reacció  $A \longrightarrow B + C$ , contesta raonadament a les següents preguntes:
- a) Quina pot ser la causa de la diferència entre la corba 1 i la 2?
  - b) Per a quina de les dues corbes la reacció transcorre a major velocitat?
  - c) Què li ocurrerà a les constants de velocitat de reacció si se n'augmenta la temperatura?
  - d) La reacció és exotèrmica o endotèrmica?



28. A partir de les gràfiques energia-coordenada de reacció, raona:

- Quines són reaccions exotèrmiques i quines endotèrmiques?
- Respecte a I i II, quina té major energia d'activació i quina major entalpia de reacció.
- A la gràfica III, es representa una corba de reacció sense catalitzar i la corba de la reacció catalitzada. Assenyalat quina és quina, dibuixa les entalpies de reacció sense catalitzar  $\Delta H$  i catalitzada  $\Delta H'$  i les energies d'activació sense catalitzar  $E_a$  i catalitzada  $E'_a$ .



29. Les següents dades descriuen quatre reaccions químiques del tipus:  $A + B \longrightarrow C + D$

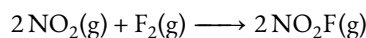
Reacció	$E_a$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$\Delta G$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	$\Delta H$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
1	1	-2	0.2
2	0.5	5	-0.8
3	0.7	0.7	0.6
4	1.5	-0.5	-0.3

Es desitja saber:

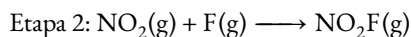
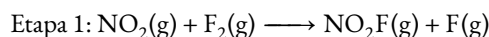
- Quina és la reacció més ràpida?
- Quina o quines d'aquestes reaccions són espontànies?
- Quina o quines són endotèrmiques?
- Quins valors de la taula podrien modificar-se per la presència d'un catalitzador en qualsevol de les situacions anteriors?

..... **Mecanismes de reacció** .....

30. La següent reacció entre el diòxid de nitrogen i el fluor:



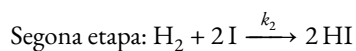
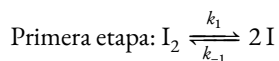
Es porta a terme en dues etapes elementals:



Experimentalment, es va obtenir que l'equació de velocitat del procés és:  $v = k[\text{NO}_2][\text{F}_2]$

Quina és l'etapa determinant del procés?

31. ♣ El mecanisme de reacció  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{HI}(\text{g})$  transcorre en dues etapes:



Sabent que  $k_2 \ll k_1$  y  $k_{-1}$ , determina la seva equació cinètica.

*Solució:*  $v = k[\text{H}_2][\text{I}_2]$

## Integració de l'equació cinètica

Integració de l'equació cinètica		
$[A] = [A]_0 - kt$	$[A] = [A]_0 \cdot e^{-kt}$	$[A] = \frac{[A]_0}{(1 + [A]_0 kt)}$
Ordre 0	Ordre 1	Ordre 2

32. ♣ La descomposició de la substància A segueix una cinètica de segon ordre, la constant de la qual val  $k = 0.82 \text{ mol}^{-1} \text{ L s}^{-1}$ . Si  $[A]_0 = 0.5 \text{ mol/L}$ , obté  $[A]$  quan hagin transcorregut 3 s.

*Solució:*  $[A] = 0.224 \text{ mol/L}$

33. ♣ Pel procés  $R \longrightarrow S + T$ ,  $k$  val  $0.025$ . Si  $[R]_0 = 0.8 \text{ mol/L}$ , calcula  $[R]$  al cap de 20 s per a les següents cinètiques referides a aquesta substància: a) ordre 0, b) ordre 1, c) ordre 2.

*Solució:* a)  $[A] = 0.3 \text{ mol/L}$ ; b)  $[A] = 0.49 \text{ mol/L}$ ; c)  $[A] = 0.57 \text{ mol/L}$

34. Raona la veracitat de les següents afirmacions:

- Les unitats de la velocitat de reacció depenen de cada tipus de reacció.
- La velocitat de reacció pot mesurar-se en  $\text{mol/Ls}$ .
- La velocitat de reacció no té unitats.
- La velocitat d'una reacció augmenta amb el temps.
- La constant cinètica,  $k$ , té sempre les mateixes unitats, independentment de l'ordre de reacció.
- Que l'ordre parcial d'un reactiu sigui 0 indica que la velocitat no depèn de la concentració d'aquest reactiu.
- Si l'ordre parcial d'un reactiu és negatiu, vol dir que la velocitat és inversament proporcional a la concentració d'aquest reactiu.
- Si una reacció és de segon ordre respecte a un reactiu significa que, si dupliquem la concentració d'aquest reactiu, també es duplica la velocitat de la reacció.
- L'equació de velocitat no pot dependre de 3 o més reactius.
- El complex activat de l'estat de transició té menor energia que els reactius i productes.
- Per a una reacció exotèrmica, l'energia d'activació de la reacció directa és menor que l'energia d'activació de la reacció inversa.
- L'acció d'un catalitzador no influeix en la velocitat de reacció.
- Un inhibidor actua disminuint l'energia d'activació d'un procés.
- Si en una reacció afegim un catalitzador l'entalpia de reacció disminueix.
- Si en una reacció afegim un inhibidor la reacció es fa més espontània.
- Si en una reacció afegim un catalitzador l'energia d'activació augmenta.
- Si afegim un catalitzador podem aconseguir obtenir més quantitat de producte.
- Si en una reacció afegim un catalitzador s'arriba més de pressa a l'equilibri.
- Un catalitzador actua baixant l'entalpia dels productes i fent la reacció més exotèrmica.
- La temperatura no influeix en la velocitat.
- Una reacció a  $200 \text{ K}$  és més lenta que una a  $300 \text{ K}$ .
- La pressió només influeix en reaccions en fase gasosa.
- En una reacció en la qual intervenen diverses etapes, l'etapa determinant és la més ràpida.
- Un intermedi de reacció és aquell que apareix en alguna de les etapes, però no en la reacció global.
- En una reacció reversible, les constants  $k_1$  i  $k_{-1}$  són idèntiques.
- En un procés reversible,  $A \rightleftharpoons B$ , i a més a més, endotèrmic, l'energia d'activació del procés directe ( $A \longrightarrow B$ ) és menor que l'energia d'activació del procés invers ( $B \longrightarrow A$ ).