

**ESTUDIO DEL EFECTO  
DE LA TEMPERATURA  
SOBRE  
LA VELOCIDAD DE REACCIÓN**

## OBJETIVOS

1. Analizar el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción.
2. Calcular la energía de activación.
3. Determinar tiempos parciales de reacción.
4. Calcular  $k_1/k_2$  a partir de la media aritmética de los cocientes de los tiempos parciales.
5. Determinar el orden de reacción respecto del agua oxigenada **y la constante aparente.**

¿Cómo influye CUALITATIVAMENTE  
la temperatura sobre  
la velocidad de una reacción?

¿Cómo influye CUANTITATIVAMENTE  
la temperatura sobre  
la velocidad de una reacción?

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

A factor de frecuencia

$E_a$  energía de activación.

$$k = A e^{-E/RT}$$

¿Cómo podemos determinar la energía de activación?

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$$

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

¿Es necesario conocer  $k_1$  y  $k_2$ ?

¿Cómo vamos a determinar en esta experiencia  $k_1/k_2$ ?

Midiendo tiempos parciales de reacción

¿Qué es el tiempo parcial de reacción?

¿Cómo están relacionadas las constantes de velocidad a dos temperaturas con los tiempos parciales a esas temperaturas?

$$f(c_1, c_2, \dots, c^0_1, c^0_2, \dots) = k_1 t_1$$

$$f(c_1, c_2, \dots, c^0_1, c^0_2, \dots) = k_2 t_2$$

$$k_1 t_1 = k_2 t_2$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{t_{p2}}{t_{p1}}$$

Las concentraciones  
iniciales,  $c^0_1$ ,  $c^0_2$ ,  
y parciales,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  
de los reactivos  
son las mismas  
a las dos temperaturas

¿Qué condiciones  
tienen que cumplirse  
para que se cumpla esta  
ecuación?

¿Qué reacción vamos a estudiar?



¿Cuál es su ecuación de velocidad?

$$v = k [\text{HI}]^a [\text{H}_2\text{O}_2]^b$$

a orden parcial del HI

b orden parcial del  $\text{H}_2\text{O}_2$

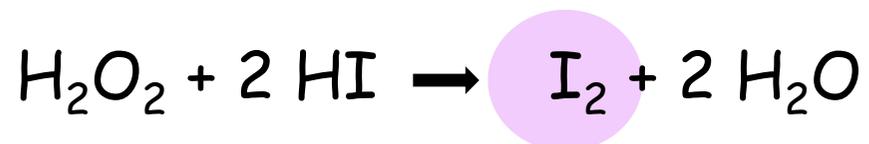
¿Qué parámetros cinéticos se determinan?

$$v = k' [\text{H}_2\text{O}_2]^b \quad k' = k [\text{HI}]^a = \text{cte.}$$

¿Cómo se mantiene constante  $[\text{HI}]$ ?



¿De qué componente de la reacción vamos a seguir su evolución y por qué?



I<sub>2</sub>+almidón



¿Cómo vamos a seguir la evolución de la concentración de I<sub>2</sub>?



¿Cuál es el tiempo parcial de esta reacción?

¿Cómo determinaremos el tiempo en que se consume una fracción de agua oxigenada?



$$n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{reac}} = n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

¿Hemos cubierto los objetivos?

1. Analizar el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción.

¿Qué sucede a la velocidad cuando aumentamos la temperatura?

¿Cómo lo observaremos?

## 2. Calcular la energía de activación.

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{t_{p2}}{t_{p1}}$$

## 3. Determinar tiempos parciales de reacción.

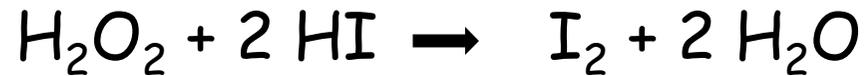
$t_p$  = tiempo en que se consume una fracción de agua oxigenada

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{reac}} = n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

## 4. Calcular $k_1/k_2$ a partir de la media aritmética de los cocientes de los tiempos parciales.

Determinamos tiempos parciales a dos temperaturas.

## 5. Determinar el orden de reacción respecto del agua oxigenada y la constante aparente.



$$v = k' [\text{H}_2\text{O}_2]^b$$

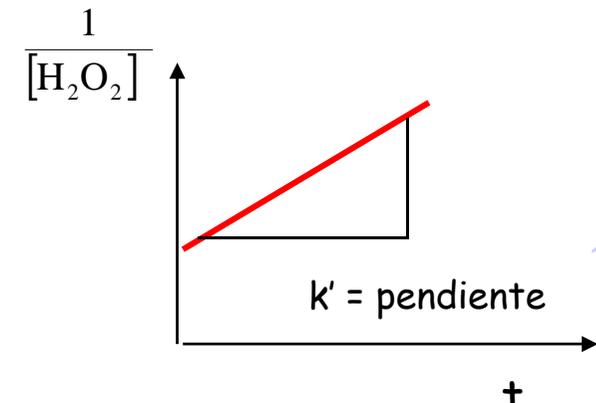
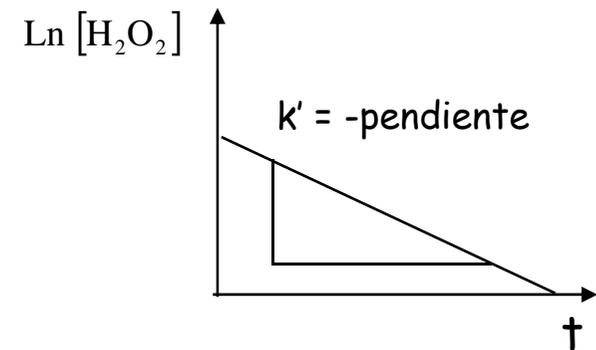
$$k' = k [\text{HI}]^a = \text{cte.}$$

$$-\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = k' [\text{H}_2\text{O}_2]^a$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}_2}^0 - n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{react}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{react}} = n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 1 \\ \ln \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]}{[\text{H}_2\text{O}_2]_0} = -k't \\ \\ a = 2 \\ \frac{1}{[\text{H}_2\text{O}_2]} - \frac{1}{[\text{H}_2\text{O}_2]_0} = k't \end{array} \right.$$



11

# PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

## DISOLUCIONES

SE PREPARAN UNA VEZ PARA LAS DOS TEMPERATURAS

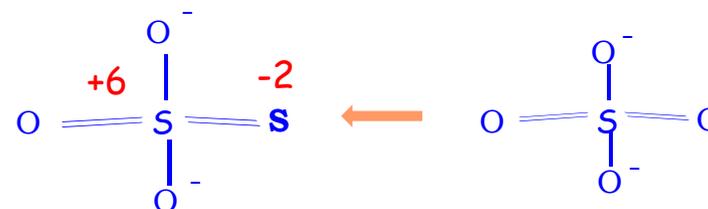
1) 250 mL de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.1 M

2) 100 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 2 vol., por dilución de la de 110 vol.

¿Dónde se guarda la disolución de tiosulfato?

¿porqué?

¿Alguna precaución con la disolución de agua oxigenada?



12

## DISOLUCIONES

SE PREPARA DOS VECES UNA PARA CADA TEMPERATURA

3) 30 mL de  $H_2SO_4$ : 10 mL de  $H_2SO_4$  sobre 20 mL de agua

4) 500 mL de KI del 0.1 % en peso, 0.5 g en 500 mL de agua.

¿Dónde y cómo se  
prepara la disolución  
de ácido sulfúrico?

¡¡¡OJO !!!

¡¡¡ MUY EXOTÉRMICA !!!



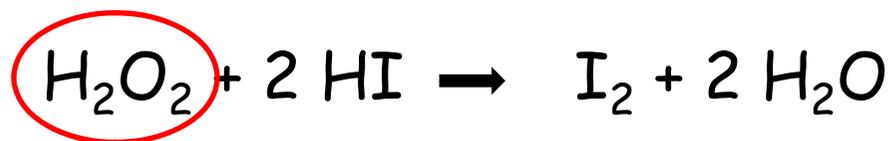
10 mL ÁCIDO

20 mL AGUA

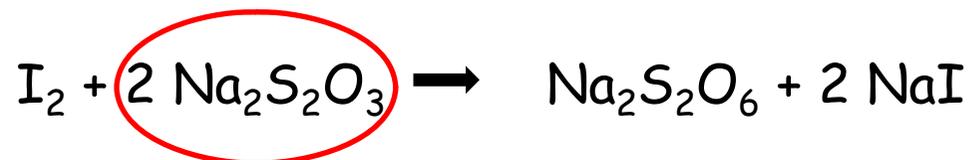
¿Porqué se prepara una vez las disoluciones de tiosulfato y agua oxigenada y dos las de sulfúrico y KI?

$$\left. \begin{aligned} f(c_1, c_2, \dots, c^0_1, c^0_2, \dots) &= k_1 t_1 \\ f(c_1, c_2, \dots, c^0_1, c^0_2, \dots) &= k_2 t_2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} k_1 t_1 &= k_2 t_2 \\ \boxed{\frac{k_1}{k_2} = \frac{t_{p2}}{t_{p1}}} \end{aligned}$$

14



$$[\text{HI}] = \text{cte}$$



$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = n_{\text{H}_2\text{O}_2}^0 - n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{react}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{react}} = n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

¿Dónde tiene lugar la reacción? ¿Porqué?

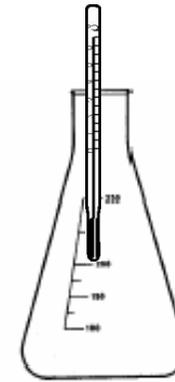
Baño termostático

¿A qué temperatura? ¿Cómo se mide?

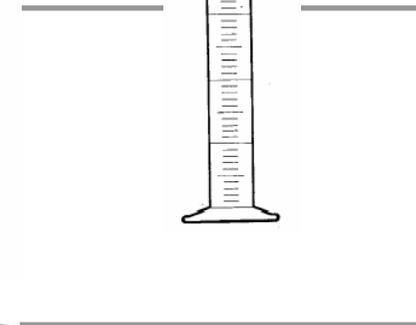
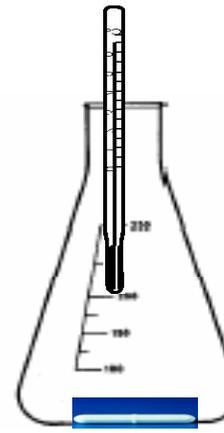
12 °C y 25 °C

¿Porqué comenzamos a 10 °C?

¿Qué disoluciones se introducen en el baño termostático y en que recipientes?

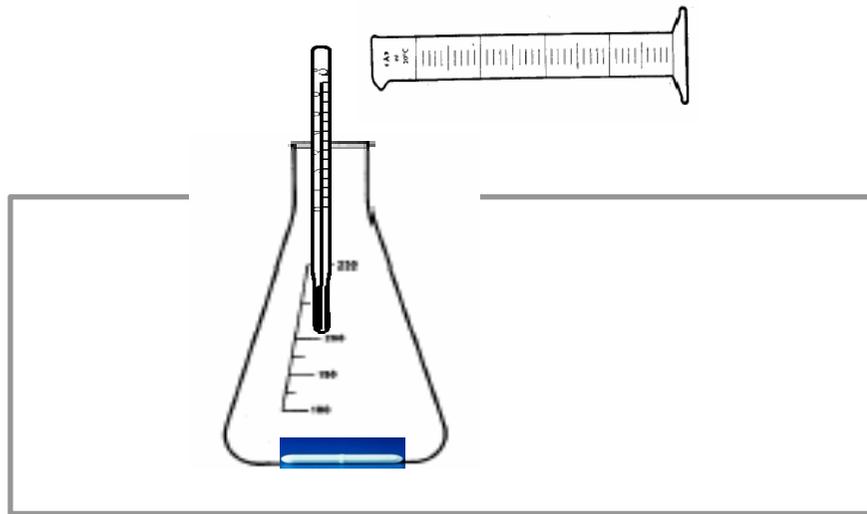


imán



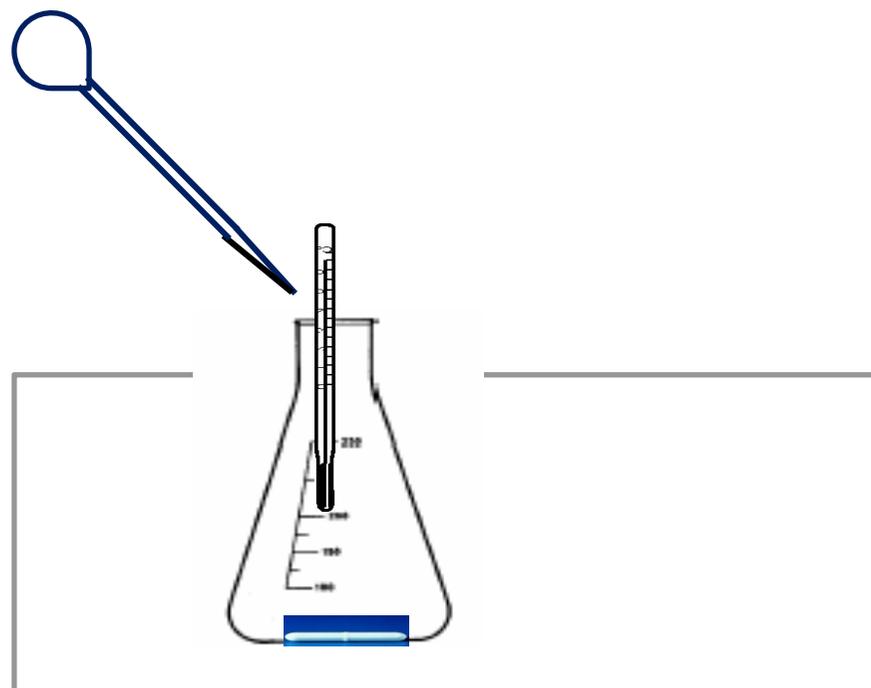
¿Cuándo se añade el ácido, el almidón y el agua oxigenada? ¿En qué orden?

El ácido cuando se ha enfriado



¿A continuación?

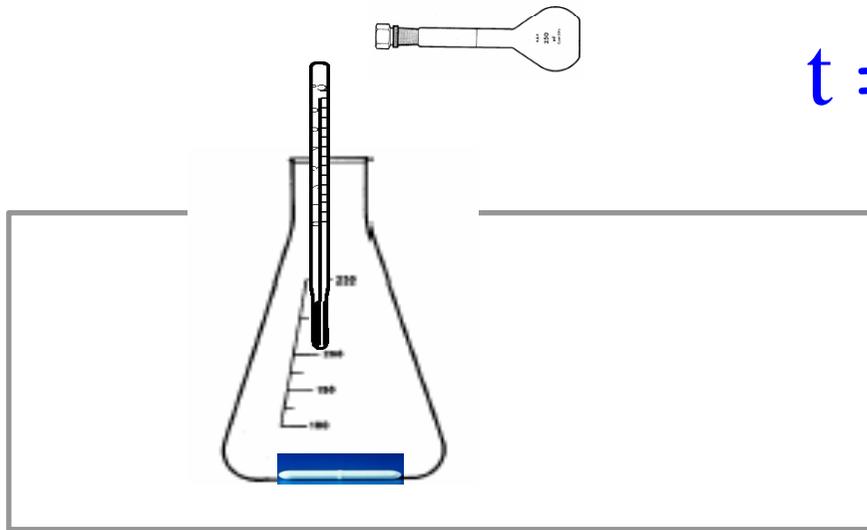
Unas gotas de almidón



¿A continuación?

25 mL de agua oxigenada en un matraz aforado.

NO introducir el matraz en el baño



$t = 0$

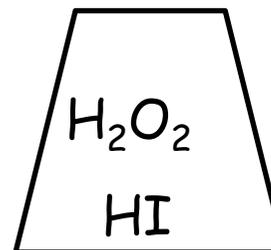
Al añadir el  
agua oxigenada

¿Cuándo comienza la reacción?

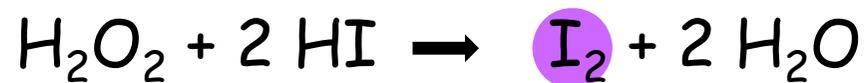
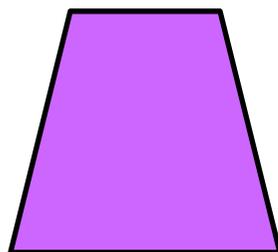
¿Cuándo se conecta el cronómetro?

¿De qué color son los reactivos?

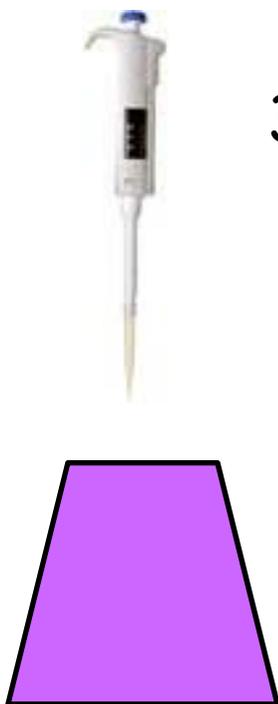
INCOLOROS



¿De qué color se vuelve el medio de reacción cuando ha comenzado la reacción? ¿Porqué?



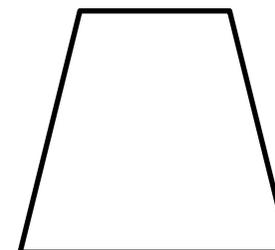
¿Qué hacemos cuando la disolución se ha vuelto violeta?



3 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

¿Con qué se mide el volumen de tiosulfato añadido?

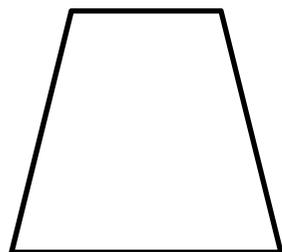
¿Porqué se añaden 3 mL de tiosulfato?



¿Qué sucede al añadir el tiosulfato? ¿Porqué?

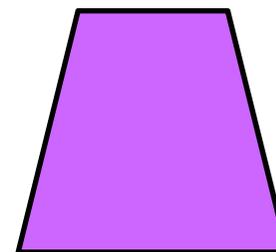


Una vez añadido los 3 mL de tiosulfato y la disolución se ha vuelto incolora ¿Qué sucederá?



.....

¿Porqué?



t

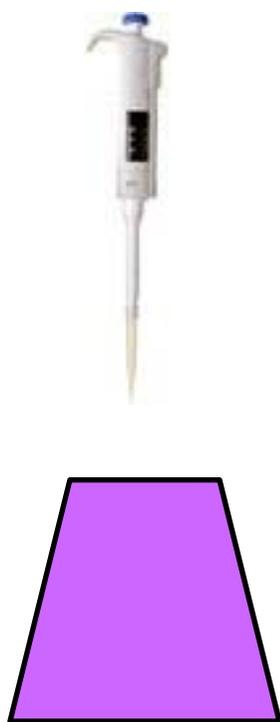
SE HA CONSUMIDO EL TIOSULFATO

¿Cuándo anotamos el tiempo? ¿Cuándo añadimos el tiosulfato o cuando estese ha consumido?

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{reac}} = n_{\text{I}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$t = t_p$$

## ¿Qué hacemos a continuación?



3 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Añadir una nueva alícuota de tiosulfato

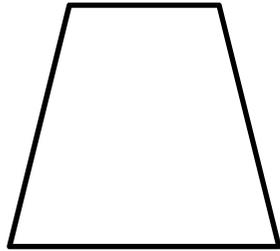


.....

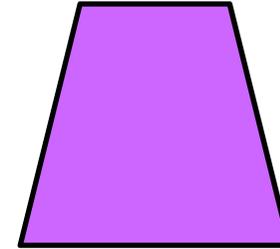
## ¿Qué sucede al añadir el tiosulfato?



¿Hasta cuando será incolora?



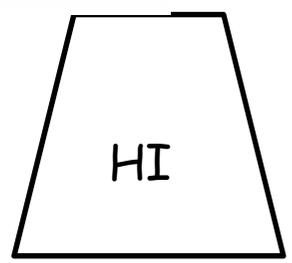
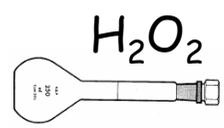
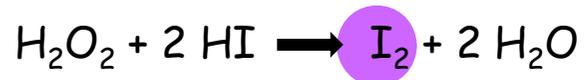
• • • • •



$$t = t_{p_2}$$

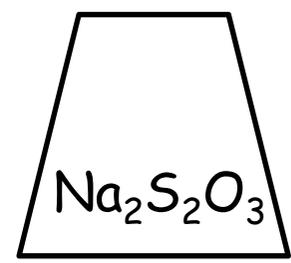
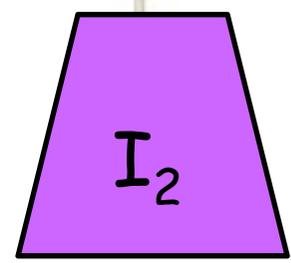
¿Cuántas alícuotas de tiosulfato añadimos?

12 a 10 °C

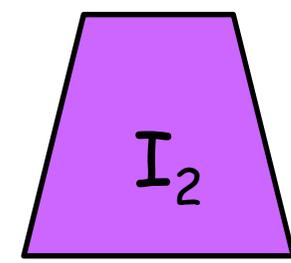


$t = 0$

...

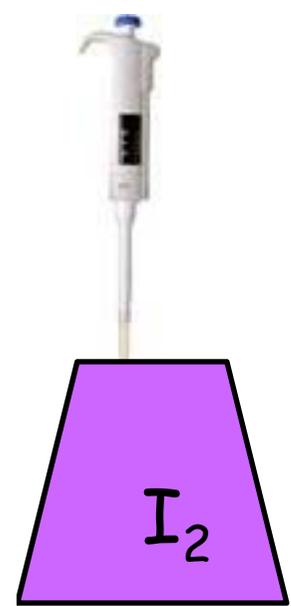


...

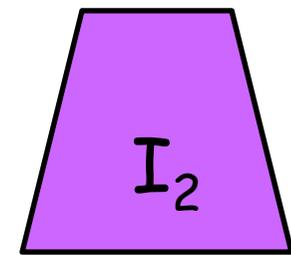


$t = tp_1$

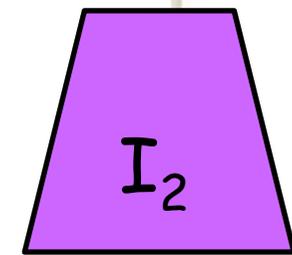
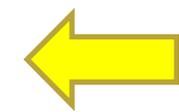
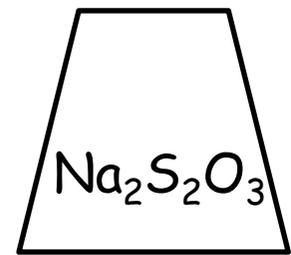
⋮



...



...



¿Qué hacemos al terminar la experiencia?

¿A qué temperatura hay que poner el baño?

25 °C

¿Qué nuevas disoluciones hay que preparar?

3) 30 mL de  $H_2SO_4$ : 10 mL de  $H_2SO_4$  sobre 20 mL de agua

4) 500 mL de KI del 0.1 % en peso, 0.5 g en 500 mL de agua.

¿Cuántas alícuotas de tiosulfato hay que añadir?

16

¿Porqué más alícuotas que a la otra temperatura?

¿Podemos realizar los cálculos y cubrir los objetivos?

2. Calcular la energía de activación.

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{t_{p2}}{t_{p1}}$$

### 3. Determinar tiempos parciales de reacción.

		10 °C		20 °C				
$V_{\text{tio}}(\text{mL})$	$t_1(\text{mm:ss})$	$t_1(\text{s})$	$\Delta t_1(\text{s})$	$t_2(\text{mm:ss})$	$t_2(\text{s})$	$\Delta t_2(\text{s})$	$t_1/t_2$	$[\text{H}_2\text{O}_2]\text{M}$

  
 Calcular y ver que tendencia tienen

¿ $\Delta t$ , serán siempre iguales, para cada temperatura?

¿Qué implicaría el que fueran siempre iguales?

$$v = cte$$

¿Lo será?

¿Porqué solo se prueba si el orden respecto al agua oxigenada es uno y dos?

¿Porqué no se prueba si el orden es cero?

¿Qué implicaría que fuera de orden cero?  
 $b = 0$

$$v = k' [H_2O_2]^b = k' = cte$$

Sabemos que  $\Delta t$  no será constante pero  
¿aumentará o disminuirá?

$$v = k' [H_2O_2]^b$$



## 5. Determinar el orden de reacción respecto del agua oxigenada y la constante aparente.

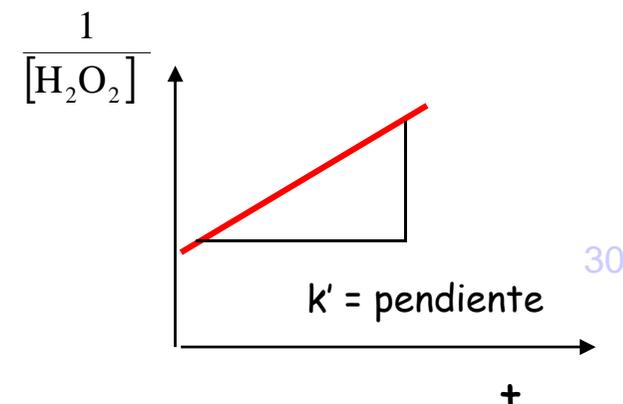
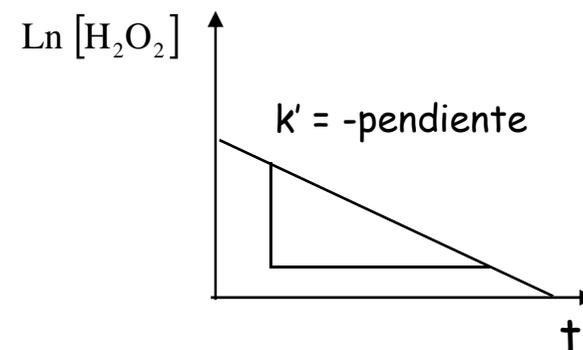


$$v = k' [\text{H}_2\text{O}_2]^b$$

$$k' = k [\text{HI}]^a = \text{cte.}$$

$$-\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = k' [\text{H}_2\text{O}_2]^a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 1 \\ \ln \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]}{[\text{H}_2\text{O}_2]_0} = -k't \\ \\ a = 2 \\ \frac{1}{[\text{H}_2\text{O}_2]} - \frac{1}{[\text{H}_2\text{O}_2]_0} = k't \end{array} \right.$$



**NECESITAMOS**

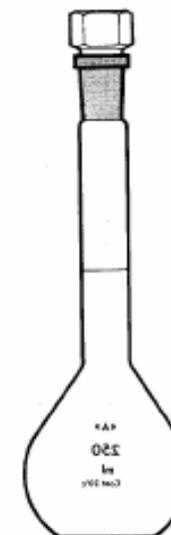
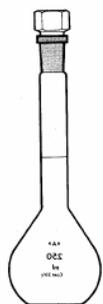
**CONOCER**

**$[\text{H}_2\text{O}_2]$**

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_t = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}_2}}{V_{\text{total}}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}_2}^0 - n_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\text{react}}}{V_{\text{total}}}$$

$$= \frac{n_{\text{H}_2\text{O}_2}^0 - \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}^{\text{añadido}}}{V_{\text{total}}}$$

$$= \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]V_{\text{H}_2\text{O}_2} - \frac{1}{2} [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3] \sum V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{V_{\text{KI}} + V_{\text{H}_2\text{O}_2} + V_{\text{H}_2\text{SO}_4} + \sum V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}$$



Alicuotas  
de 3 mL  
Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.1 M



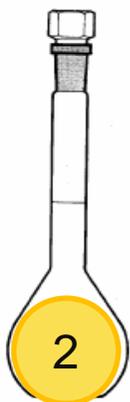
25 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
2 vol

**CALCULAR y UTILIZAR LAS  
CONCENTRACIONES REALES**

¿Cómo prepararemos 100 mL de agua oxigenada de 2 Volúmenes a partir de agua oxigenada de 100 Volúmenes?



H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 100 Volúmenes



100 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
2 Volúmenes

$$n_1 = n_2$$

$$[H_2O_2]_1 V_1 = [H_2O_2]_2 V_2$$

$$[H_2O_2] = 2 \frac{\text{Volúmenes} / 22.4L / \text{mol}}{1L}$$

= cte Volúmenes

$$\text{Volúmenes}_1 V_1 = \text{Volúmenes}_2 V_2$$