

XI OLIMPIADA METROPOLITANA DE QUÍMICA

Examen final – Problemas abiertos

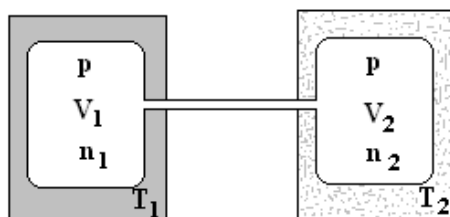
Instrucciones:

Este fue el último examen aplicado como parte de la XI Olimpiada Metropolitana de Química. La duración del examen fue de tres horas. Los alumnos del nivel B solamente tienen que resolver los primeros tres problemas; los del nivel A tienen que resolverlos todos. Se permite el uso de calculadora científica no programable.

Niveles A y B

PROBLEMA 1. FISICOQUÍMICA.

Dos tanques de gas con volúmenes V_1 y V_2 respectivamente, se encuentran conectados mediante un tubo de volumen despreciable. Uno de los tanques se encuentra inmerso en un baño de temperatura T_1 , mientras que el segundo tanque se encuentra en un baño con temperatura T_2 . La temperatura de los baños se mantiene constante y en los valores indicados.



Para las siguientes condiciones:

$$V_1 = V_2 = 10 \text{ L}$$

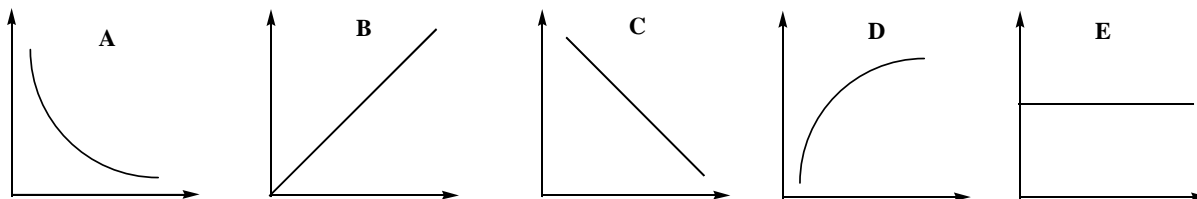
$$T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$n_T = 1 \text{ mol (Cantidad de sustancia total de gas)}$$

El gas es ideal.

1. Calcula la presión de equilibrio del sistema. Recuerda que $R = 0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
2. Calcula la cantidad de gas (en mol) en cada uno de los tanques.
3. ¿En cuál de los tanques será mayor la velocidad media de las moléculas de gas?
4. ¿Cuál sería la forma aproximada de la gráfica obtenida al trazar n_1/n_2 contra T_1/T_2 ?



5. Si ahora suponemos que $T_1 = T_2$ y variamos los volúmenes, ¿cuál sería la forma de la gráfica obtenida al trazar n_1/n_2 contra V_1/V_2 ? (Considera las mismas opciones que para la pregunta anterior).

PROBLEMA 2. QUÍMICA ANALÍTICA.

La espectrofotometría es una técnica analítica en la que se determina la concentración de una sustancia midiendo la cantidad de luz que ésta absorbe. Se hace pasar un haz de luz monocromática, con una longitud de onda determinada, a través de una celda que contiene una disolución de la muestra. El espectrofotómetro mide la cantidad de luz emitida y la compara con la cantidad de luz que atraviesa la muestra; con ello se obtiene una magnitud llamada *transmitancia*, T .

$$T = I / I_0$$

donde I es la intensidad de la luz que atraviesa la muestra e I_0 es la intensidad original del haz luminoso. Se define la absorbancia, A , como el logaritmo del inverso de T :

$$A = \log(1/T)$$

Se ha encontrado que la absorbancia es directamente proporcional a la concentración del soluto y a la longitud de la celda. A esta relación se le llama *Ley de Beer*.

$$A = \epsilon l C$$

donde l es la longitud de la celda en cm, C es la concentración molar del soluto, y ϵ es una constante que se nombra como *constante de absortividad molar*; ϵ depende solamente del soluto y cambia cuando cambia la longitud de onda de medida.

Cuando se trata de una mezcla, la absorbancia total se puede calcular como la suma de las contribuciones por separado de cada uno de los solutos presentes en la mezcla.

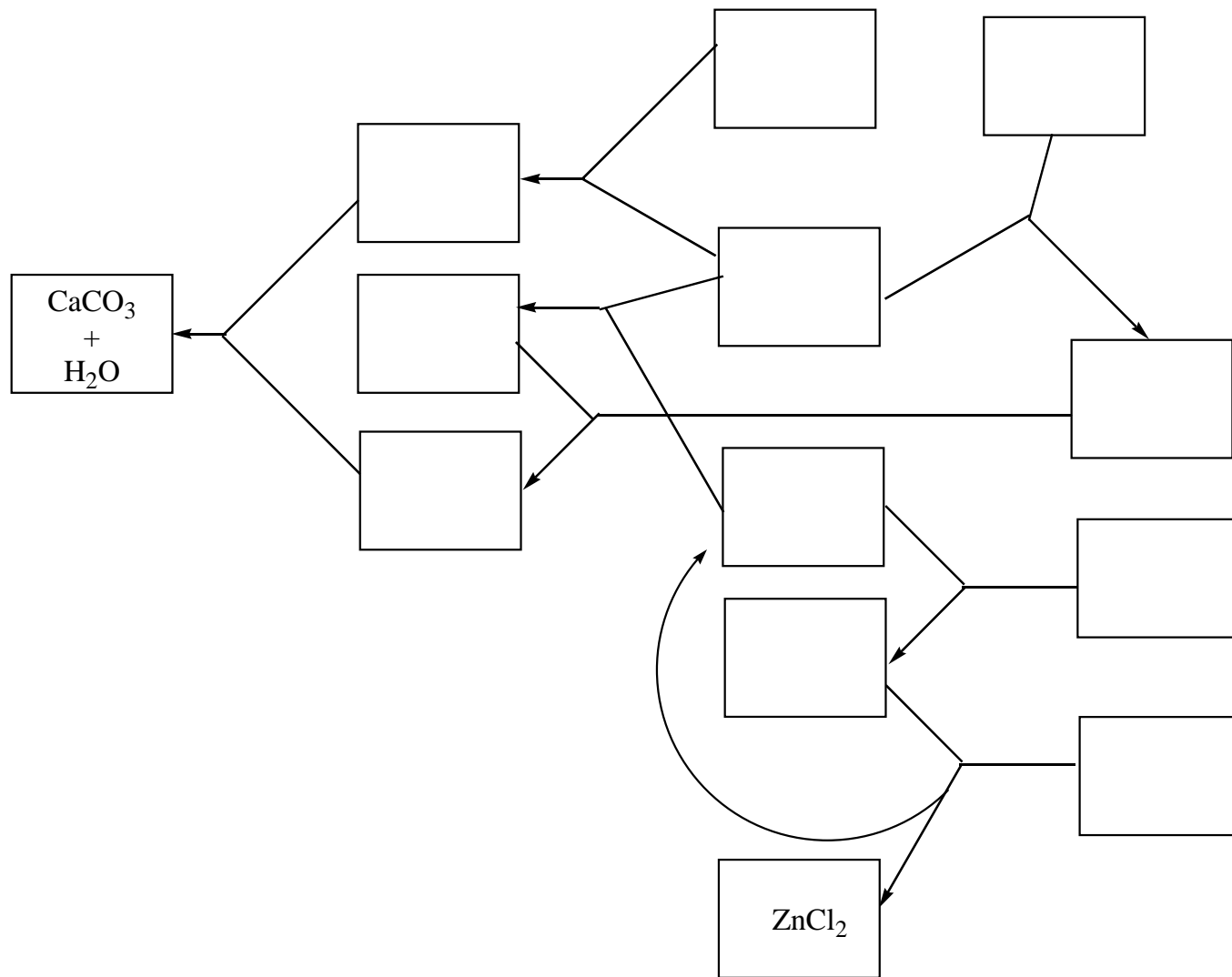
1. ¿Cuáles son las unidades de ϵ ?

De aquí en adelante manejaremos una longitud de celda $l = 1$ cm.

2. Se encontró que la *transmitancia* de una disolución de KMnO_4 0.0100 M era de **0.096** a una longitud de onda de 666 nm, y de **0.870** a 412 nm. Por otro lado, se midió la *transmitancia* de una disolución 0.0100 M de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a las mismas longitudes de onda, obteniéndose valores de **0.790** y **0.140**, respectivamente. Calcula el valor de ϵ para cada caso.
3. Se tiene una mezcla que contiene KMnO_4 y $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en concentraciones desconocidas. Se encontró que la *absorbancia* (A) de la disolución a una longitud de onda de 666 nm es de **0.794** y a 412 nm la *absorbancia* (A) es de **0.725**. Calcula la concentración de cada componente.

PROBLEMA 3. QUÍMICA INORGÁNICA.

Escribe en cada recuadro la fórmula de la sustancia correspondiente. Las flechas representan reacciones: la punta o puntas de cada flecha representan el o los productos de la reacción; mientras que los orígenes de cada flecha representan los reactivos. *Cada recuadro contiene solamente una sustancia* (con excepción del de $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ que ya está dado).



PROBLEMA 4. QUÍMICA ORGÁNICA (SOLAMENTE NIVEL A).

Mayte -delegada organizadora de la Olimpiada Metropolitana de Química- encargó a su codelegado, Víctor, que le consiguiera seis compuestos orgánicos y los colocara en sendos frascos. Para que no ocurriera el clásico problema de los frascos no etiquetados, Mayte le insistió machaconamente que no olvidara etiquetarlos. Obedientemente, Víctor etiquetó cada frasco y escribió en cada etiqueta la fórmula del compuesto correspondiente. ¡Cuál sería su sorpresa al darse cuenta de que todas las fórmulas eran iguales! Los seis compuestos tienen la fórmula C_3H_6O . En un intento desesperado por salvar su reputación, Víctor etiquetó los frascos con las letras de la **A** a la **F** y realizó algunas pruebas de identificación. Tu misión, si decides aceptarla, es ayudarle a Víctor a interpretar los resultados de las pruebas.

- El compuesto **A** fue el único en reaccionar con el reactivo de Tollens (plata amoniacal) produciendo un característico espejo de plata en el tubo de ensaye.
- El compuesto **C** es el único con actividad óptica, al desviar la luz polarizada hacia la derecha.
- Al mezclar el compuesto **D** con una disolución de bromo en tetracloruro de carbono, se observó la decoloración del bromo. Después de esto ya no se hicieron pruebas con este compuesto.
- El compuesto **B** reaccionó con el reactivo de Lucas (cloruro de zinc en ácido clorhídrico), produciendo una emulsión blancuzca después de calentar ligeramente la mezcla y pasados cinco minutos del tratamiento.
- Los compuestos **E** y **F** dieron resultados negativos al realizarles todas las pruebas anteriores.
- Iván, que pasaba por ahí, sintió el olor característico del compuesto **E** y le dijo a Víctor: "¿Cómo no lo reconoces? Si se trata de un compuesto con gran importancia industrial: en 1998 se produjeron en México más de veinticuatro mil toneladas de este compuesto. Se utiliza como disolvente de esmaltes y barnices, entre otros".
- Adicionalmente, Iván informó a Víctor que descartara los siguientes compuestos pues dos de ellos son inestables y el otro de plano no existía en el inventario del laboratorio:



Preguntas:

1. Escribe las estructuras de los compuestos **A-F** y los *nombres sistemáticos* de cuatro de ellos. Marca con asteriscos los centros quirales.
2. Escribe la ecuación de la reacción del compuesto **A** con el reactivo de Tollens. Considera que la fórmula del reactivo de Tollens es $Ag(NH_3)_2NO_3$.
3. Escribe la reacción del compuesto **D** con el bromo. Escribe todos los productos formados, *incluyendo estereoisómeros*.
4. ¿Cuál es el producto de la reacción de Lucas con el compuesto **B**?
5. ¿Qué otra(s) prueba(s) hubiera(n) permitido identificar al compuesto **E**?

RESPUESTAS

PROBLEMA 1. FISICOQUÍMICA.

1. $n_1 + n_2 = 1 \Rightarrow n_1 = 1 - n_2$

$$pV_2 = n_2RT_2 \Rightarrow n_2 = \frac{pV_2}{RT_2}$$

$$pV_1 = n_1RT_1 \Rightarrow pV_1 = (1 - n_2)RT_1 \Rightarrow pV_1 = \left(1 - \frac{pV_2}{RT_2}\right)RT_1 \Rightarrow pV_1 = RT_1 - \frac{pV_2T_1}{T_2}$$

$$10p = (0.082)(273.15) - \frac{(10)(273.15)p}{373.15} \quad \left(\text{L atm} = (\text{L atm K}^{-1})(\text{K}) - \frac{\text{L K atm}}{\text{K}} \right)$$

$$10p = 22.40 - 7.32p \Rightarrow p = \frac{22.40}{17.32} = 1.19 \text{ atm}$$

2. $n_2 = \frac{(1.29 \text{ atm})(10 \text{ L})}{(0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(373.15 \text{ K})} = 0.42 \text{ mol} \Rightarrow n_1 = 1 \text{ mol} - 0.42 \text{ mol} = 0.58 \text{ mol}$

3. En el tanque de mayor temperatura.

4. $\frac{pV_1}{R} = n_1T_1$ y $\frac{pV_2}{R} = n_2T_2 \Rightarrow n_1T_1 = n_2T_2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow$ Gráfica A, al aumentar la relación

entre la cantidad de sustancia aumenta la relación entre las temperaturas teniendo el mismo valor, pero se grafica $\frac{n_1}{n_2} = f\left(\frac{T_1}{T_2}\right)$, entonces se grafica el valor contra su inverso

5. $\frac{p}{T_1R} = \frac{n_1}{V_1}$ y $\frac{p}{T_2R} = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow \frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow$ Gráfica B, al aumentar la relación entre la cantidad de sustancia aumenta la relación entre los volúmenes teniendo el mismo valor.

PROBLEMA 2. QUÍMICA ANALÍTICA.

1. $\epsilon = A / lC \Rightarrow \text{L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

2. $\epsilon_{\text{KMnO}_4}^{666 \text{ nm}} = \frac{1.0177}{(1)(0.01)} = 101.77 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$\epsilon_{\text{KMnO}_4}^{412 \text{ nm}} = \frac{0.0604}{(1)(0.01)} = 6.05 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$\epsilon_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}^{666 \text{ nm}} = \frac{0.1024}{(1)(0.01)} = 10.24 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$\epsilon_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}^{412 \text{ nm}} = \frac{0.8539}{(1)(0.01)} = 85.39 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

3. $\lambda = 666 \text{ nm} \Rightarrow A_{\text{KMnO}_4} + A_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = lC_1\epsilon_1 + lC_2\epsilon_2 = 0.794 \Rightarrow 101.77C_1 + 10.24C_2 = 0.794$

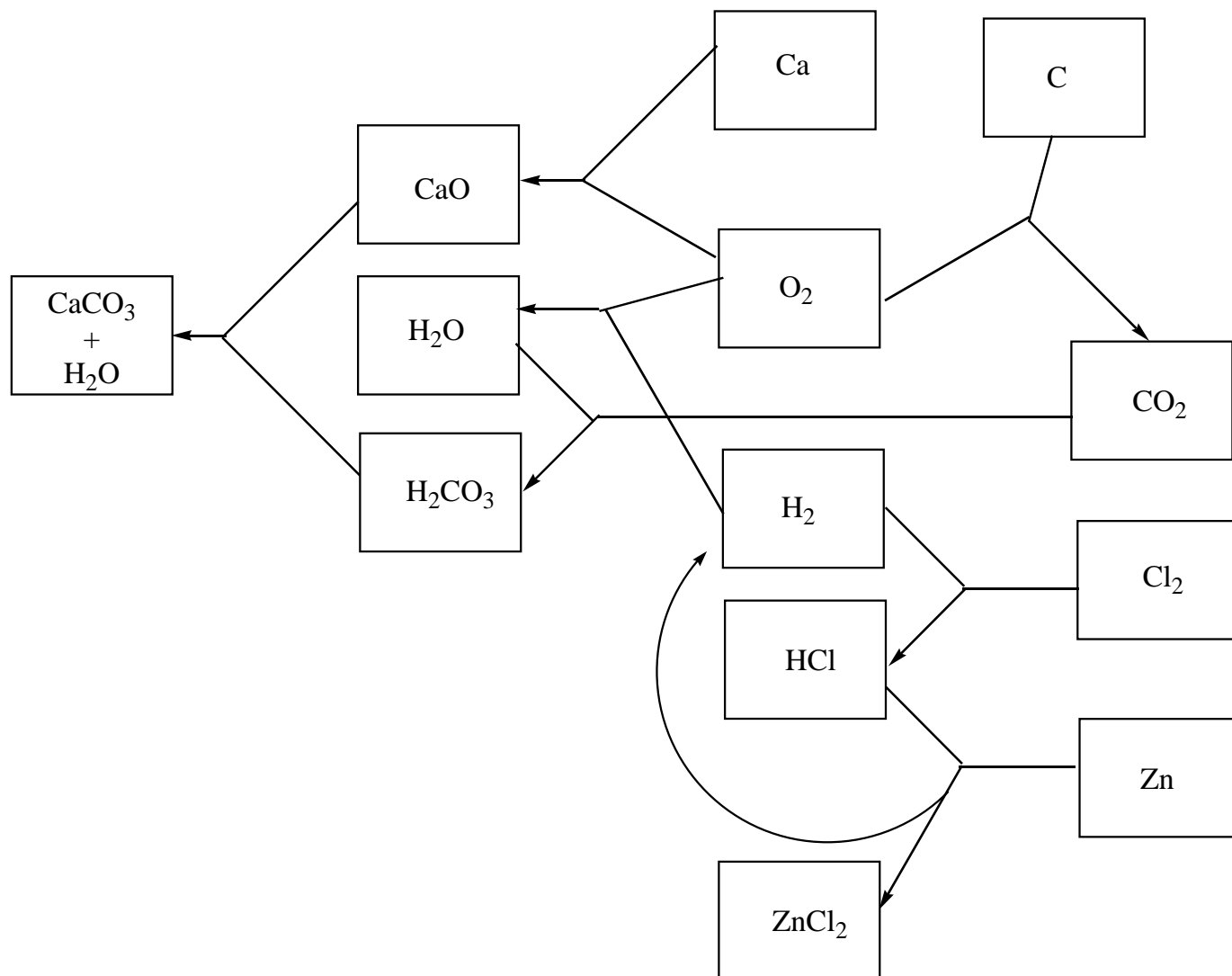
$\lambda = 412 \text{ nm} \Rightarrow A_{\text{KMnO}_4} + A_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = lC_1\epsilon_1 + lC_2\epsilon_2 = 0.725 \Rightarrow 6.05C_1 + 85.39C_2 = 0.725$

Resolviendo el sistema de 2 ecuaciones con dos incógnitas:

$C_1 = 6.99 \times 10^{-3} \text{ M} = [\text{KMnO}_4]$

$C_2 = 7.99 \times 10^{-3} \text{ M} = [\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7]$

PROBLEMA 3. QUÍMICA INORGÁNICA.

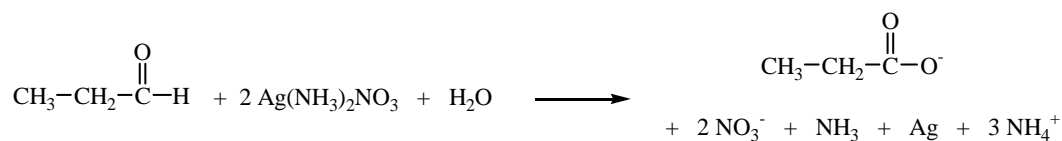


PROBLEMA 4. QUÍMICA ORGÁNICA (SOLAMENTE NIVEL A).

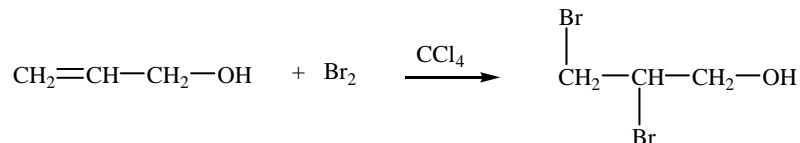
1.

<p>A) Prueba para aldehídos.</p> $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(=O)-H}$ <p>Propionaldehído (Propanal)</p>	<p>B) Prueba para alcoholes.</p> $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\ \\ \text{H}_2\text{C} \end{array} \triangle \text{CH-OH}$ <p>Ciclopropanol</p>	<p>C) Actividad óptica</p> <p>(<i>R</i>)-2-Metil-oxirano o (<i>S</i>)-2-Metil-oxirano [(<i>R</i>)- o (<i>S</i>)- Óxido de propileno]</p>
<p>D) Prueba para dobles enlaces.</p> $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{-OH}$ <p>Alcohol alílico (2-Propanol)</p>	<p>E) Disolvente de esmaltes.</p> $\text{CH}_3\text{-C(=O)-CH}_3$ <p>Acetona (2-Propanona)</p>	<p>F)</p> $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C-CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C-O} \end{array}$ <p>Oxetano</p>

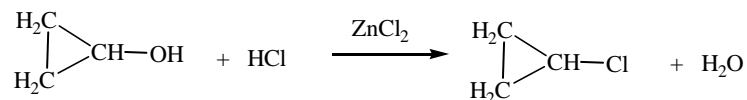
2.



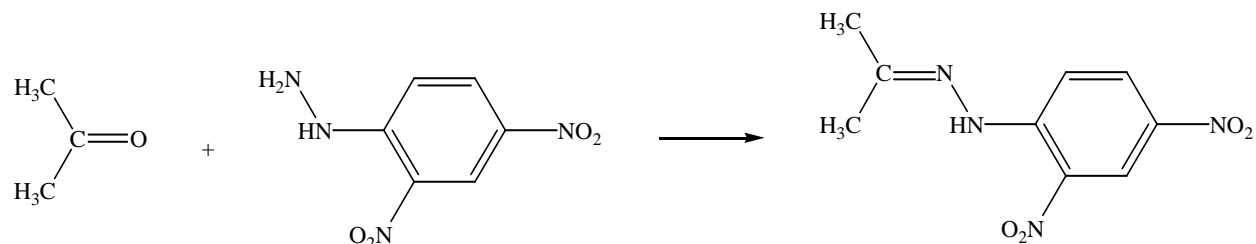
3.



4.



5. La reacción con la 2,4-dinitrofenilhidracina para la formación de la hidrazona correspondiente que es un sólido insoluble de color amarillo-rojo.



También puede ser la prueba del yodoformo, al reaccionar las metil-cetonas con yodo e hidróxido de sodio (hipoyodito de sodio) da un precipitado amarillo de yodoformo.

