



XXVI OLIMPIADA IBEROAMERICANA DE QUÍMICA

México, del 22 al 29 de octubre de 2022

Examen – Experimental con vídeo

Nombre:	Código de país:
----------------	------------------------

Instrucciones generales para el Examen Experimental

1. Este examen práctico contiene **30 páginas** para 2 problemas experimentales. Hay una Tabla Periódica de los Elementos en la última página de este cuaderno. No separe las páginas. Durante el examen puede utilizar el reverso del cuaderno como borrador.
2. Puede consultar el vídeo experimental cuantas veces deseé durante el período de examen.
3. Este examen experimental tiene una duración de ... horas. El vídeo tiene una duración de 9:50 minutos y estará disponible durante todo el examen.
4. Inicie la prueba cuando se dé la señal de empezar.
5. Todas las respuestas deben escribirse con bolígrafo (**nunca con lápiz**).
6. Escriba su nombre y código de identificación en la cabecera de la primera hoja del cuaderno de respuestas. Adicionalmente, cada estudiante recibirá un código que deberá escribir en cada una de las hojas del cuaderno de respuestas.
7. Debe usar solamente el material que se le ha suministrado y su calculadora no programable.
8. Debe escribir todas las respuestas en los espacios destinados para ello en los recuadros del cuaderno de respuestas. **Todo lo que escriba fuera de los recuadros del cuaderno de respuestas o en las páginas del cuaderno de preguntas, no será evaluado.**
9. Escriba los cálculos relevantes en los recuadros apropiados, cuando sea necesario. La puntuación total sólo se dará a las respuestas correctas cuando se muestren los cálculos.
10. Se dará un aviso 30 minutos antes de finalizar el tiempo previsto para la prueba.
11. Cuando escuche la señal de fin de la prueba deberá parar de trabajar inmediatamente, porque el problema que esté resolviendo puede ser anulado.
12. Al concluir el examen, debe entregar todas las hojas al supervisor del examen.
13. No está autorizado a salir del aula de examen sin permiso. Si precisa alguna asistencia (calculadora rota, sanitario entre otros.), levante la mano y espere a ser atendido.
14. **Es esencial que entregue el enunciado del examen con su nombre y código y asegúrese que todas las páginas estén rotuladas.**

Constantes y ecuaciones

Constantes

Constante de Boltzmann	$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Constante de Plank	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Constante general del estado gaseoso	$R = 8.314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$

Ecuaciones

Ecuación de conversión de temperatura de Celsius a Kelvin $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$

Ecuación de Eyring

$$k = \frac{k_B T}{h} e^{\frac{\Delta S^{\ddagger}}{R}} e^{-\frac{\Delta H^{\ddagger}}{RT}}$$

k = constante de rapidez

$\Delta S^{\ddagger}$ = entropía de activación

$\Delta H^{\ddagger}$ = entalpía de activación

T = temperatura absoluta

Ecuación de Eyring linearizada

$$\ln \frac{k}{T} = \ln \frac{k_B}{h} + \frac{\Delta S^{\ddagger}}{R} - \frac{\Delta H^{\ddagger}}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

k = constante de rapidez

$\Delta S^{\ddagger}$ = entropía de activación

$\Delta H^{\ddagger}$ = entalpía de activación

T = temperatura absoluta

Ecuación de Nernst

$$E = E^{\circ} + \frac{0.059}{n} \log \frac{[Ox]}{[Red]}$$

E = diferencia de potencial de reducción

n = número de electrones

intercambiados en la reacción

$[Ox]$ = concentración de cantidad de oxidante en mol/L

$[Red]$ = concentración de cantidad de reductor en mol/L

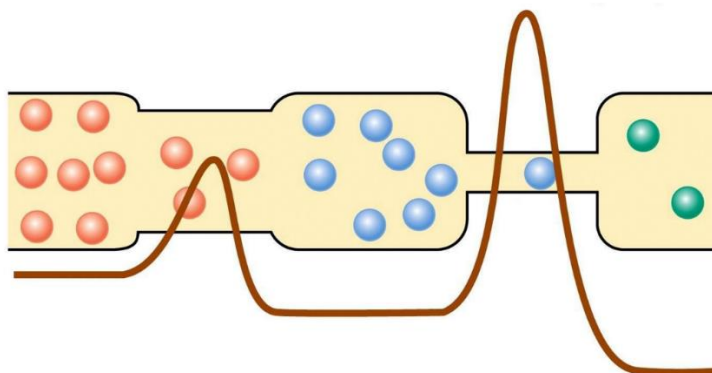
Problema experimental 1. LA IMPORTANCIA DE LA CINÉTICA QUÍMICA PARA DETERMINAR EL MECANISMO DE UNA REACCIÓN DE SUSTITUCIÓN

18 % del Total										
PREGUNTA	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
PUNTOS	5	5	10	5	5	20	20	10	5	5
Puntaje										
PREGUNTA	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	TOTAL
PUNTOS	5	5	5	5	5	5	5	5	15	145
Puntaje										

Modelos teóricos de la cinética química

Mecanismo de reacción

Un mecanismo de reacción consiste en una serie de reacciones elementales que da lugar a una reacción global, y el cual debe ser consistente con la estequiometría de la reacción global o neta, también debe ser consistente con la ecuación de rapidez experimental. Un proceso elemental (PE) es una transformación química por la que, en una sola etapa, se reagrupan los átomos de una o varias moléculas. Los PE suelen ser unimoleculares o bimoleculares, un choque efectivo de tres o más moléculas es altamente improbable (la molecularidad es el número de moléculas involucradas en la formación del estado de transición en un proceso elemental). A diferencia de lo que ocurre con la reacción global, en la ecuación de rapidez de los PE, los exponentes de las concentraciones son los mismos que los coeficientes estequiométricos. Existen especies químicas intermedias, que no son reactivos ni productos, que se producen en un proceso elemental y se consumen en otro. Éstas no pueden aparecer en la ecuación de velocidad global. Si un PE transcurre mucho más lento que los demás, tal PE constituye la etapa determinante de la velocidad de la reacción global, como se muestra en el siguiente esquema.



Coordenada de reacción

Teoría de colisiones y del estado de transición

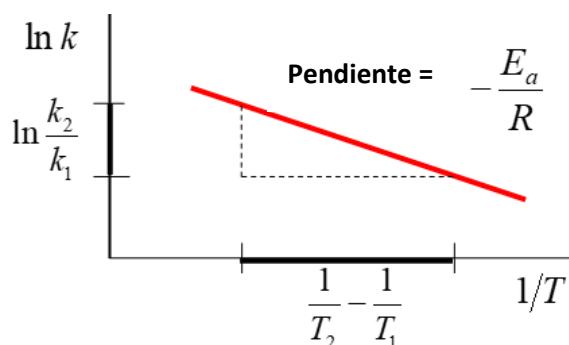
En estado gaseoso, las moléculas chocan entre sí. La frecuencia de colisiones es del orden de 10^{30} colisiones/segundo. Sin embargo, si todas las colisiones produjesen reacción, las

velocidades de reacción serían altísimas, del orden de $10^6 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$; pero en la realidad son mucho menores. Sólo los choques entre moléculas que alcanzan cierta energía cinética producen reacción química y presentan una buena orientación entre las moléculas son efectivos. En los choques efectivos se forma una especie hipotética, el complejo activado, que está en un estado transitorio llamado estado de transición que da lugar a los reactivos o a los productos. La diferencia de energía entre el estado de transición y los reactivos es la energía de activación.

Para determinar la energía de activación en una reacción, se analiza la variación de la constante de rapidez con la temperatura y se hace un análisis con el uso de la ecuación de Arrhenius ($k = Ae^{-E_a/RT}$) en su forma lineal:

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A$$

A continuación, se muestra un ejemplo de la tendencia esperada y como encontrar la energía de activación con la pendiente en una gráfica con los datos en las coordenadas de Arrhenius.



Para poder tener evidencia de un posible mecanismo, es muy útil analizar el cambio de entalpía ($\Delta H^\ddagger$) y de entropía de activación. Con la energía de activación en reacciones en disolución se encuentra que hay una relación con $\Delta H^\ddagger$, la cual es:

$$E_a \approx \Delta H^\ddagger + RT$$

Sin embargo, para tener un valor más exacto, es mejor usar los mismos valores de la dependencia de la constante de rapidez con la temperatura en un análisis mediante la ecuación de Eyring (Henry Eyring (1901 – 1981) químico teórico quien nació en Chihuahua, México quien se nacionalizó estadounidense):

$$k = \frac{k_B T}{h} e^{\frac{\Delta S^\ddagger}{R}} e^{-\frac{\Delta H^\ddagger}{RT}}$$

donde $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, y $R = 8.314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ son las constantes de Boltzmann, de Planck y de los gases ideales respectivamente. La forma lineal de la ecuación de Eyring es:

$$\ln \frac{k}{T} = \ln \frac{k_B}{h} + \frac{\Delta S^\ddagger}{R} - \frac{\Delta H^\ddagger}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

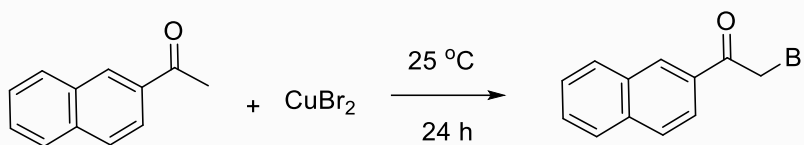
Las magnitudes de los parámetros de activación $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$ proporcionan información sobre la diferencia entre las entropías y las entalpías entre el complejo activado en el estado de transición con los reactivos. En el complejo activado, algunos enlaces se podrían debilitar o incluso romper lo que puede bajar su energía de formación en relación con los reactivos, por lo que regularmente los valores de $\Delta H^\ddagger$ serán positivos, ya que un valor de cero o negativo significaría que se forman enlaces más fuertes (o simplemente se forman más enlaces) en el complejo activado, comparado con los reactivos. Un ejemplo de lo anterior, son las reacciones vía radicales.

En el caso de $\Delta S^\ddagger$, nos puede dar idea del desorden producido o perdido al alcanzar el estado de transición (debido a que esta propiedad mide los arreglos posibles). Un valor negativo de la entropía de activación implica una disminución de los grados de libertad traslacional y rotacional, lo que indica la combinación de dos moléculas (es decir, un mecanismo concertado). Mientras que un valor positivo, implica un incremento en los grados de libertad traslacional y rotacional, lo que indica la creación de más moléculas (mecanismo disociativo). Esta información es muy útil cuando se desea proponer mecanismos de reacción a partir de los parámetros cinéticos.

Para obtener los parámetros $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$ se grafica $\frac{\ln k}{T}$ como función de $\frac{1}{T}$ donde se debe obtener una recta cuya pendiente da la entalpía de activación y cuya intersección permite estimar la entropía de activación.

Parte 1. Obtención del 2-(Bromoacetil)naftaleno

Para obtener el sustrato para determinar la cinética de la reacción de sustitución, se lleva a cabo la siguiente transformación:



Los pasos por seguir en la técnica descrita (*referencia 1*), son los siguientes:

En un matraz de fondo redondo provisto de una barra magnética cubierta con teflón, agregue bromuro de cobre (II) (1.2 mmol) a una disolución de 2-acetilnaftaleno (1.0 mmol) en acetato de etilo (10 mL).

Paso 1. Colocar el matraz en un agitador magnético, adaptar un refrigerante de agua (para evitar un accidente si hay proyecciones) y dejar bajo agitación magnética la mezcla de reacción a temperatura ambiente durante 24 horas.

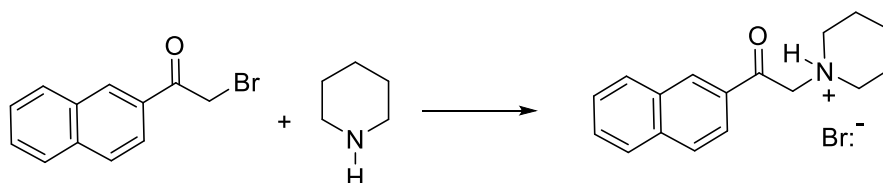
Paso 2. Seguir el avance de la reacción por un análisis por cromatografía en capa fina (cromatoplasmas de gel de sílice con indicador de fluorescencia).

Paso 3. Separar el producto por medio de una filtración al vacío.

Paso 4. Eliminar el disolvente por evaporación a presión reducida para obtener el producto. El rendimiento de la reacción reportado fue del 99%.

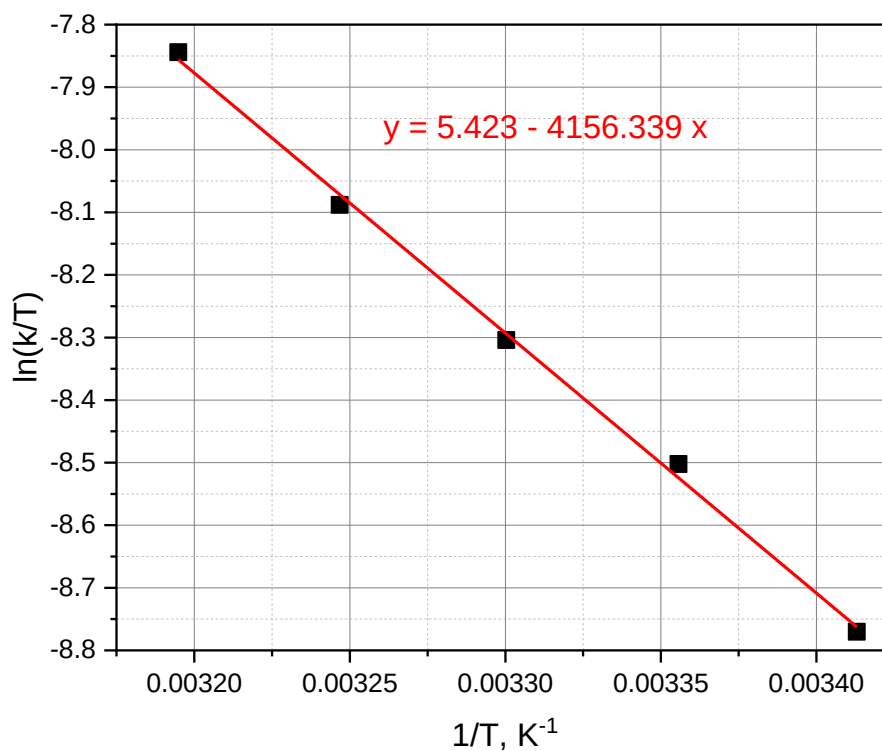
Parte 2. Reacción de sustitución

Para la siguiente reacción se han observado las siguientes constantes de rapidez a diferentes temperaturas (*referencia 2*):



T (K)	293	298	303	308	313
$k \times 10^2$ ($\text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$)	4.55	6.05	7.50	9.46	12.27

Con estos valores se obtuvo el siguiente gráfico, en el cual se indica la ecuación de ajuste.



Gráfica 1. Variación de la constante de equilibrio en función de la temperatura.

Tomando en cuenta la ecuación de Eyring y los datos de la gráfica1, determinar los valores de entalpía y entropía del estado de transición para la reacción del 2-(Bromoacetyl)naftaleno con la piperidina.

Para la misma reacción, pero utilizando ahora anilina como (amina)nucleófilo, los valores calculados fueron $\Delta H^\ddagger = -111.4 \text{ kJ mol}^{-1}$ y $\Delta S^\ddagger = -234.4 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$.

CUESTIONARIO

Parte 1. Obtención del 2-(Bromoacetil)nataleno

De acuerdo con los pasos establecidos en el procedimiento, considere lo siguiente

1.1 ¿Qué equipo de los indicados en el anexo 1 utilizaría para llevar a cabo el paso 2?

5 puntos		RESPUESTA EQUIPO 1
----------	--	----------------------------------

1.2 Tomando en cuenta los reactivos y condiciones de reacción, ¿para qué se utiliza el bromuro de cobre(II)?

5 puntos		RESPUESTA Catalizador
----------	--	-------------------------------------

1.3 Con base en la respuesta del inciso (1.2), ¿a través de qué mecanismo ocurre la reacción de bromación de la metilcetona? ¿iónico? ¿vía radicales?

10 puntos		RESPUESTA Por radicales libres
-----------	--	--

1.4 ¿Qué equipo de los indicados en el anexo 1 utilizaría para llevar a cabo el paso 3?

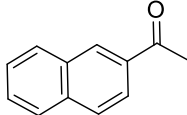
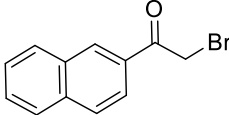
5 puntos		RESPUESTA Equipo 4
----------	--	----------------------------------

1.5 ¿Qué equipo de los indicados en el anexo 1 utilizaría para llevar a cabo el paso 4?

5 puntos		RESPUESTA Equipo 8
----------	--	----------------------------------

1.6 La técnica descrita para sintetizar el 2-(Bromoacetil)nataleno indica que se obtiene el producto con un rendimiento del 99 % (*referencia 1*). ¿Cuánta masa del producto se obtuvo?

20 puntos

		RESULTADO	
	CuBr_2		
MASA MOLAR: 170.21 g/mol	MASA MOLAR: 223.35 g/mol	MASA MOLAR: 249.11 g/mol	
1 mmol	1.02 mmol		
0.1702 g	0.2278 g	90 %	
		2-acetilnftaleno	2-(Bromoacetil)nataleno
0.17021 g	0.22335 g	0.17021 g	0.2491 g
x	0.2278 g	y	100 %
			90 %
x = 0.1736 g		y = 0.22419 g	
Reactivo limitante: 2-acetilnftaleno			
		MASA DEL PRODUCTO 0.22419 g	

Parte 2. Reacción de sustitución

1.7 Escriba los cálculos a través de los cuales se determinan los valores de $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$, de acuerdo con los valores de la tabla y con base al modelo de Eyring y los valores de la gráfica 1.

$$\ln \frac{k}{T} = \ln \frac{k_B}{h} + \frac{\Delta S^\ddagger}{R} - \frac{\Delta H^\ddagger}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

De la forma lineal de la ecuación de Eyring, tenemos que el valor de la pendiente es:

$$m = -\frac{\Delta H^\ddagger}{R}$$

Y la ordenada al origen

$$b = \ln \frac{k_B}{h} + \frac{\Delta S^\ddagger}{R}$$

De la ecuación de ajuste obtenida de los datos experimentales

$y = 5.423 - 4156.339 x$, la cual puede reescribirse como:

$$\ln \frac{k}{T} = 5.423 - 4156.339 \left(\frac{1}{T} \right)$$

Por lo que el valor de $\Delta H^\ddagger$ se calcula como:

$$\Delta H^\ddagger = -mR = -\left(8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \right) (-4156.339 \text{ K}^{-1}) = 34555.80245 \frac{\text{J}}{\text{mol}} = 34.56 \text{ kJ/mol}$$

Para la entropía de activación, tenemos:

$$b = \ln \frac{k_B}{h} + \frac{\Delta S^\ddagger}{R}$$

Despejando:

$$\begin{aligned} \Delta S^\ddagger &= R \left(b - \ln \frac{k_B}{h} \right) = \left(8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \right) \left(5.423 - \ln \frac{1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}}{6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}} \right) \\ &= -152.45 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \end{aligned}$$

10 puntos entalpía del estado de transición

10 puntos entropía del estado de transición

1.8 Comparando los valores de $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$ con piperidina y con anilina, ¿con cuál amina se favorece la reacción?

A) Piperidina

B) Anilina

10 puntos		RESPUESTA Piperidina
-----------	--	------------------------------------

Al comparar los valores con piperidina y anilina:

PIPERIDINA	ANILINA
$\Delta H^\ddagger = 34.6 \text{ kJ mol}^{-1}$	$\Delta H^\ddagger = 111.4 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta S^\ddagger = -152.4 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$\Delta S^\ddagger = -234.4 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

1.9 ¿Cuál es la razón por la cual se favorece la reacción con su respuesta del inciso (1.8) del mejor nucleófilo?

A) El mejor nucleófilo tiene un ácido conjugado fuerte.

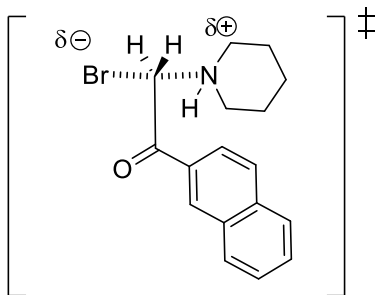
B) El mejor nucleófilo tiene un átomo de N con hibridación sp^2

C) El mejor nucleófilo tiene un átomo de N con hibridación sp^3 y que está unido a un grupo fenilo

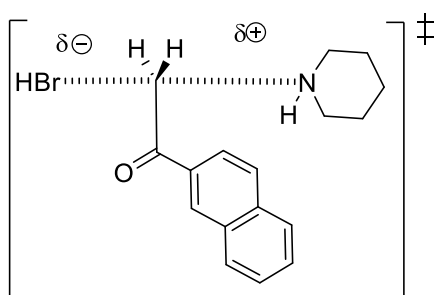
D) El mejor nucleófilo tiene un átomo de N con hibridación sp^3 y que no está unido a un grupo fenilo

5 puntos		RESPUESTA D
----------	--	---------------------------

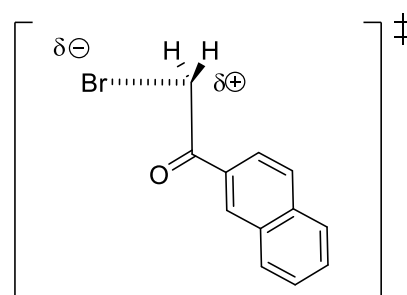
1.10 Con base en los datos de $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$ para piperidina, y tomando en cuenta el postulado de Hammond, ¿cuál de los siguientes estados de transición sería el que mejor se ajusta a estos valores?



A



B



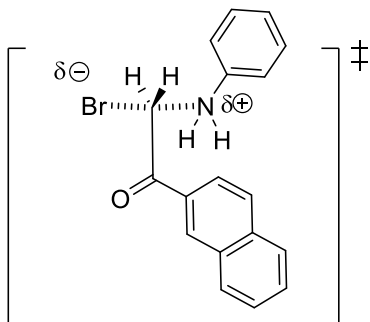
C

5 puntos

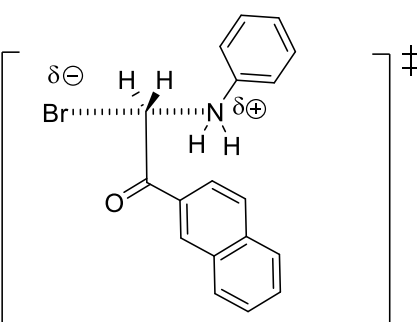
RESPUESTA

A

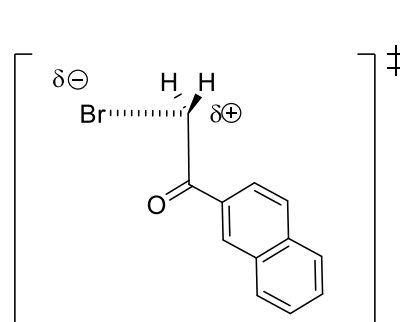
1.11 Con base en los datos de $\Delta H^\ddagger$ y $\Delta S^\ddagger$ para anilina, y tomando en cuenta el postulado de Hammond, ¿cuál de los siguientes estados de transición sería el que mejor se ajusta a estos valores?



A



B



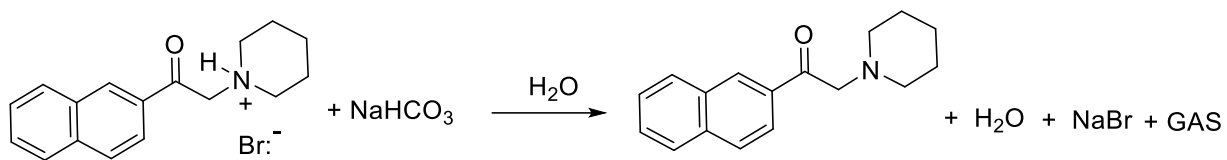
C

5 puntos

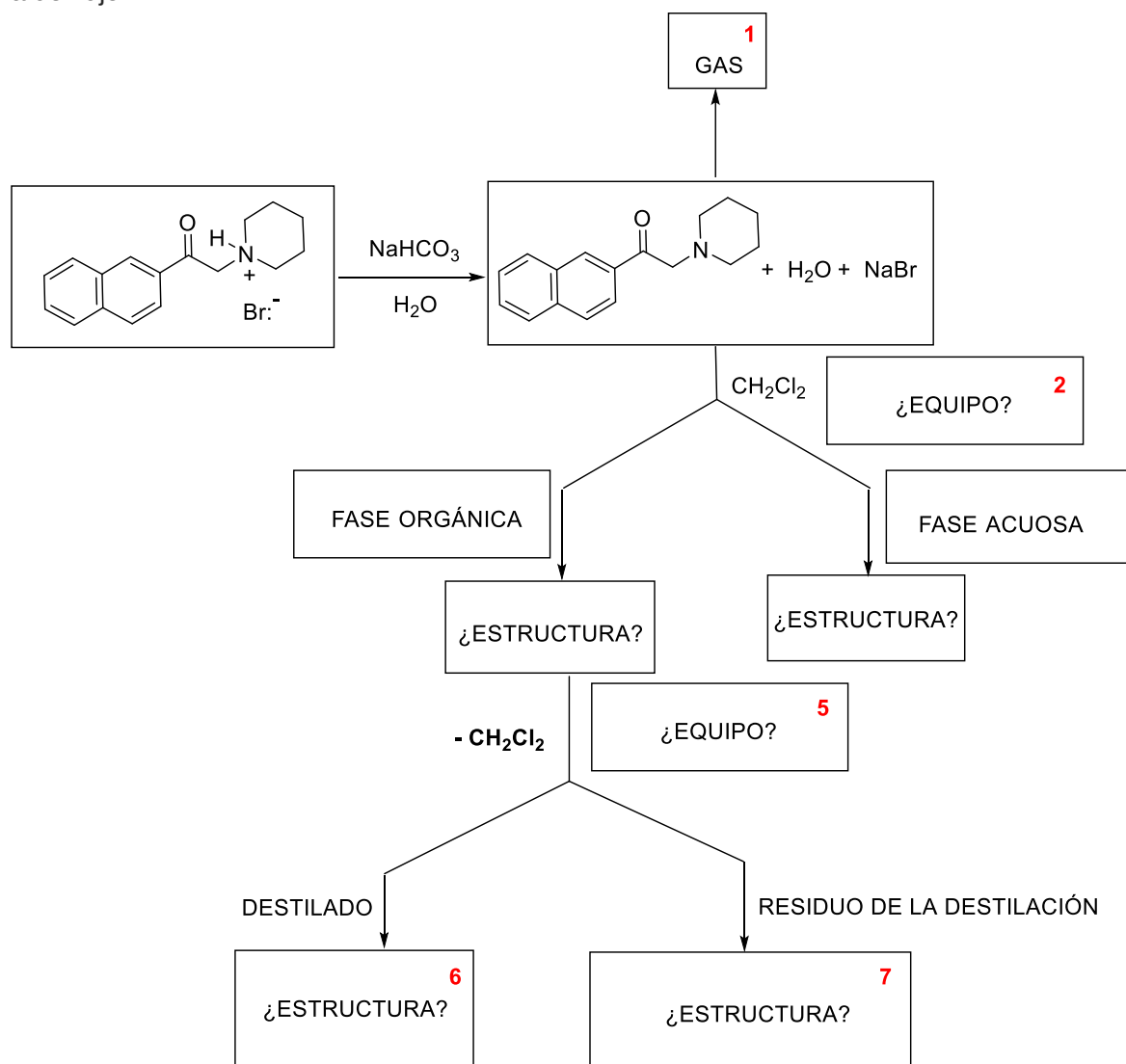
RESPUESTA

B

Se lleva a cabo la siguiente reacción:



El hidrobromuro (bromhidrato) de la 1-(2-naftalenil)-2-(1-piperidinil)etanona se hace reaccionar con el bicarbonato de sodio en medio acuoso y a pH ácido se desprende un gas. La 1-(2-naftalenil)-2-(1-piperidinil)etanona se aísla por medio de una extracción líquido-líquido. Considere el siguiente diagrama de flujo:



Preguntas:

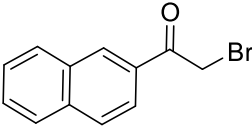
1.12 ¿Qué gas se desprende?

5 puntos	RESPUESTA CO ₂
-----------------	---

1.13 ¿Cuál equipo del Anexo 1 utilizaría para llevar a cabo la extracción de la 1-(2-naftalenil)-2-(1-piperidinil)etanona?

5 puntos	RESPUESTA Equipo 13
-----------------	-----------------------------------

1.14 ¿Cuál es la estructura del compuesto que se encuentra en la fase orgánica?

5 puntos	RESPUESTA 
-----------------	---

1.15 ¿Cuál es la estructura del compuesto que se encuentra en la fase superior?

5 puntos	RESPUESTA NaBr
-----------------	------------------------------

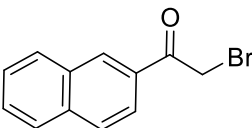
1.16 ¿Cuál equipo del Anexo 1 utilizaría para llevar a cabo la purificación de la 1-(2-naftalenil)-2-(1-piperidinil)etanona?

5 puntos	RESPUESTA Equipo 8 (Equipo 5)
-----------------	--

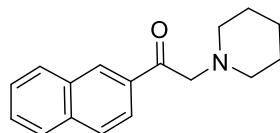
1.17 ¿Cuál es la estructura del compuesto en el destilado?

5 puntos	RESPUESTA CH_2Cl_2
-----------------	---

1.18 ¿Cuál es la estructura del compuesto en el residuo?

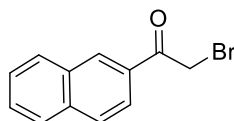
5 puntos	RESPUESTA 
-----------------	---

1.19 Se realiza un análisis por cromatografía en capa fina. Se utilizan cromatoplasmas de gel de sílice sobre un soporte de vidrio y provistas con el indicador de fluorescencia verde ($\lambda = 254 \text{ nm}$). Se desarrolla la cromatoplasma (eluyente hexano:acetato de etilo 9:1) y empleando luz UV se observan las siguientes manchas. En el dibujo de la cromatoplasma, coloque la letra que responda al compuesto determinado, en función de su polaridad (momento dipolo μ en Debye).



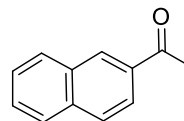
A

$\mu = 3.6 \text{ D}$



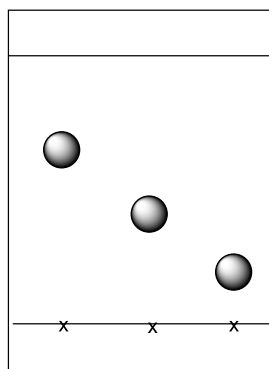
B

$\mu = 4.89 \text{ D}$



C

$\mu = 3.18 \text{ D}$



RESPUESTAS

C	A	B
---	---	---

5 puntos cada una

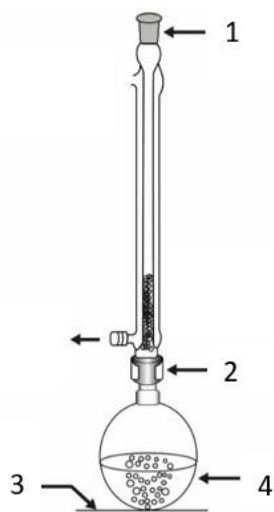
Una respuesta incorrecta anula a una respuesta correcta

Total 15 puntos

ANEXO 1

Equipo 1

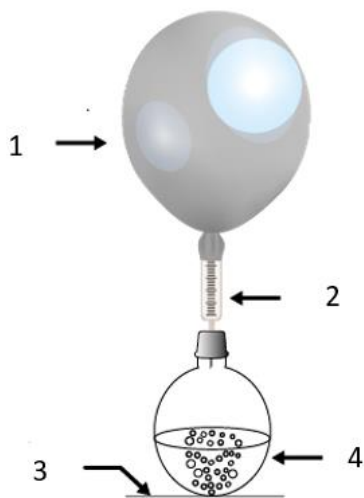
Equipo para llevar a cabo una reacción con agitación magnética.
El refrigerante se utiliza como precaución para evitar proyecciones



1. Junta esmerilada abierta
2. Pinza de tres dedos
3. Agitador magnético
4. Parrilla de calentamiento con agitación magnética

Equipo 2

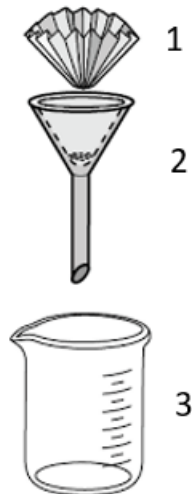
Equipo para llevar a cabo una reacción con agitación magnética bajo atmosfera inerte (N_2 o Ar)



1. Globo con N_2 o Ar
2. Jeringa
3. Parrilla de calentamiento con agitación magnética
4. Matraz de fondo redondo provisto con un agitador magnético

Equipo 3

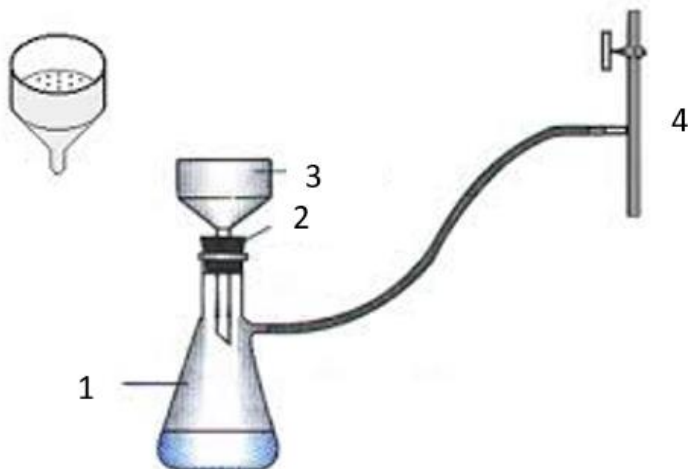
Aislamiento por filtración por gravedad



1. Papel filtro de pliegues
2. Embudo cónico
3. Vaso de precipitados

Equipo 4

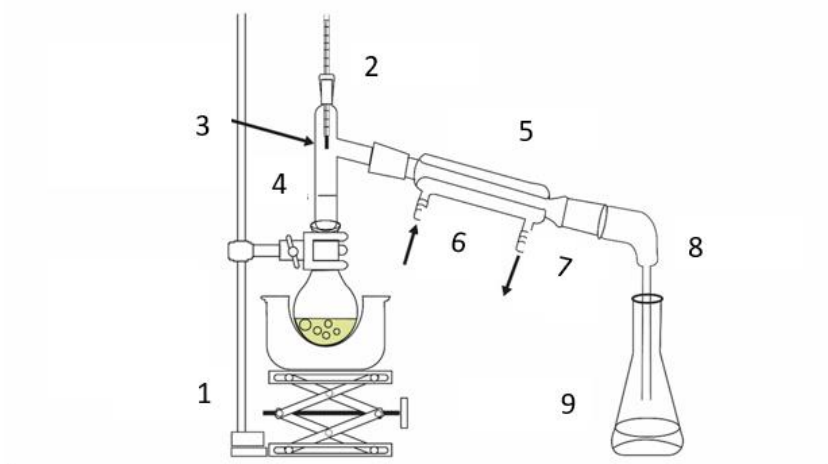
Aislamiento por filtración al vacío



1. Matraz kitazato
2. Tapón
3. Buchner
4. Línea de vacío

Equipo 5

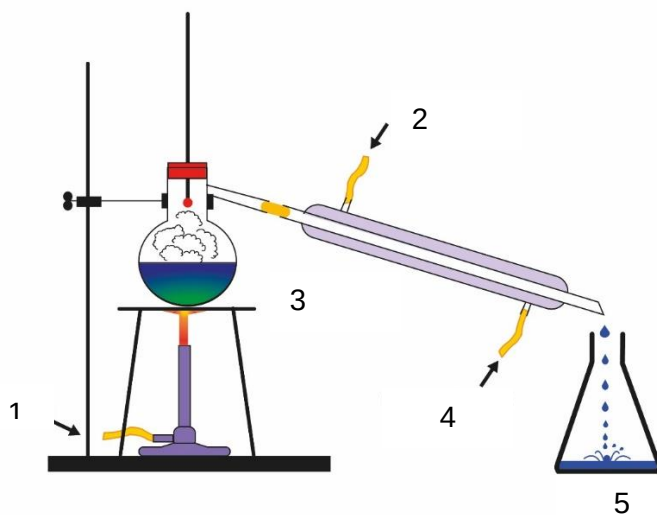
SISTEMA PARA LLEVAR A CABO UNA DESTILACIÓN SIMPLE



1. Sistema de calentamiento de matraz redondo
2. Termómetro
3. T de destilación
4. Vapores
5. Refrigerante
6. Salida de agua
7. Entrada de agua
8. Colector de destilación
9. Destilado

Equipo 7

Sistema para realizar una destilación simple



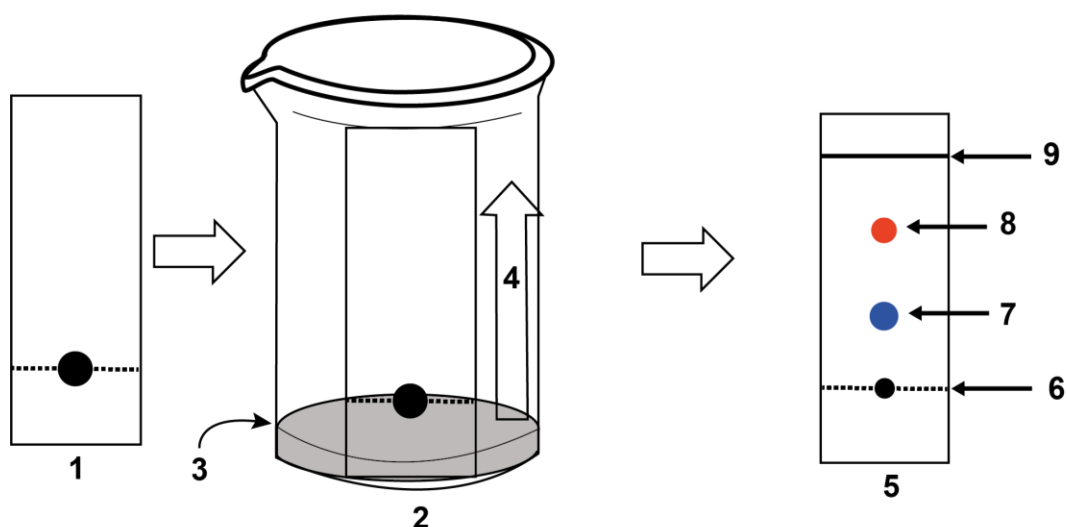
1. Gas
2. Salida de agua
3. Éster impuro
4. Entrada de agua
5. Destilado

Equipo 8
Equipo rotavapor



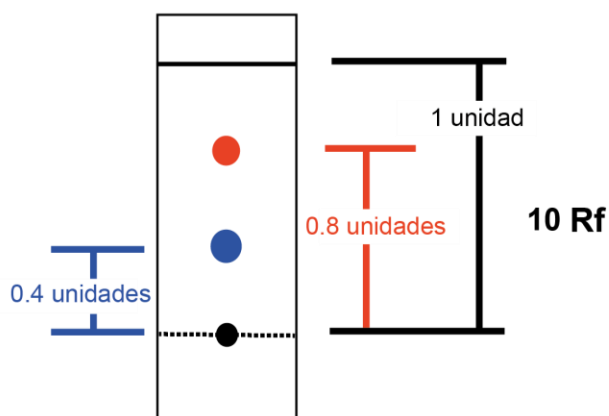
Equipo 9

Material para realiza un análisis por cromatografía en capa fina



1. Cromatoplaça
2. Cámara de elución. Eluyente (fase móvil) presente
3. Eluyente
4. Por acción capilar, el eluyente migra hacia la parte superior de la cromatoplaça.
5. Cromatoplaça ya desarrollada
6. molécula más polar
7. molécula con polaridad media
8. Molécula menos polar
9. Línea de disolvente
10. Rf

Determinación de los valores de Rf



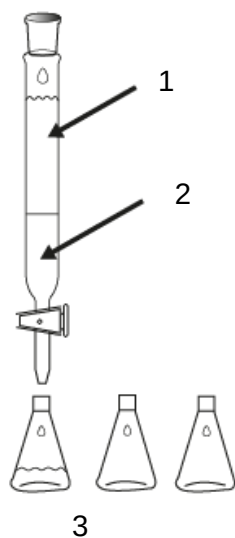
$$Rf = \frac{\text{Distancia que recorre la molécula}}{\text{Distancia que recorre el disolvente}}$$

$$Rf = 0.4$$

$$Rf = 0.8$$

Equipo 10

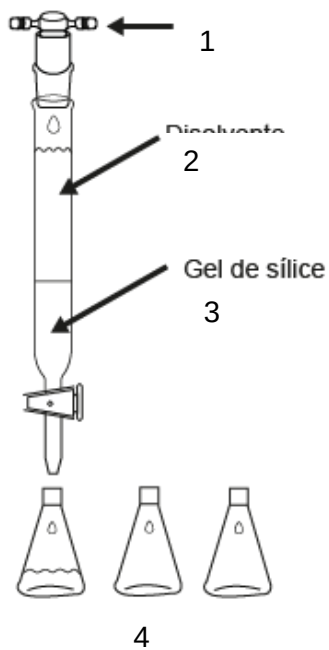
Material para realizar una separación por cromatografía en columna



1. Disolvente
2. Gel de sílice
3. Fracciones

Equipo 11

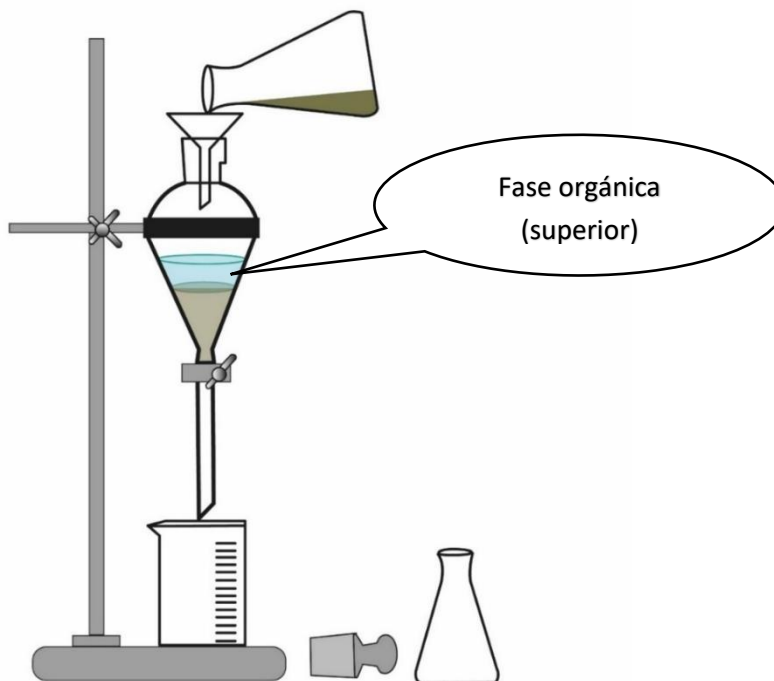
Material para realizar una separación por cromatografía en columna flash (rápida)



1. Presión
2. Disolvente
3. Gel de sílice
4. Fracciones

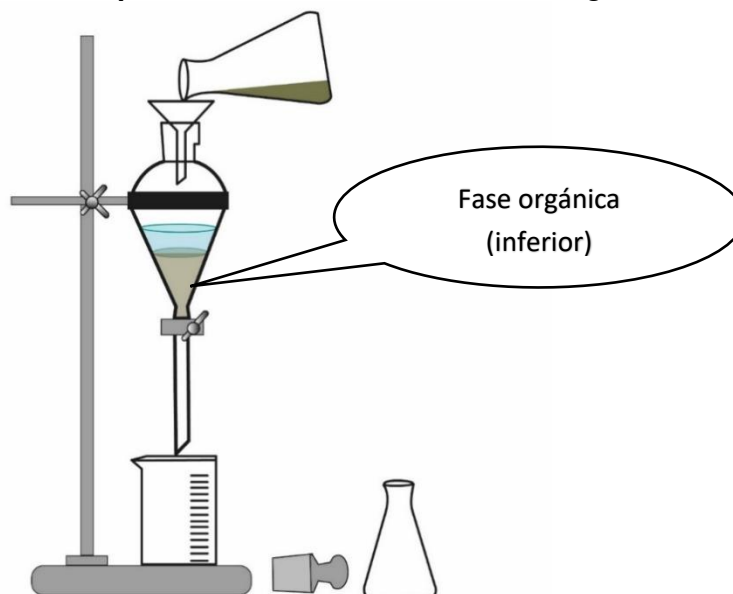
Equipo 12

Material de vidrio para realizar una extracción líquido-líquido (agua:diclorometano). Diclorometano, densidad 1.327 g/mL



Equipo 13

Material de vidrio para realizar una extracción líquido-líquido (agua:acetato de etilo). Diclorometano, densidad 1.327 g/mL



Problema experimental 2. Azúcares reductores

12 % del Total					
PREGUNTA	2.1	2.2	2.3	2.4	TOTAL
PUNTOS	72	10	9	9	100
Puntaje					

Los azúcares reductores, como la glucosa y la fructosa, son carbohidratos de alto valor energético, indispensables para la dieta humana. Se encuentran en forma natural en muchos alimentos, como la miel, también pueden obtenerse por hidrólisis de la sacarosa.

La gran importancia de estos carbohidratos conduce a profundizar en sus características químicas y desarrollar métodos de identificación y cuantificación más eficientes.

La determinación de azúcares reductores se realiza en la actualidad por diferentes métodos, tanto espectroscópicos como cromatográficos y, desde luego, por el tradicional método de Fehling; muy poco se han utilizado otros métodos electrométricos. En todos los casos, se menciona la dificultad de la química de los azúcares pues se presentan diversos equilibrios y problemas de cinética química.

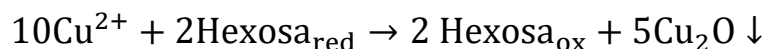
El método de Fehling es empleado como método oficial en diversas normas, pero tiene la dificultad de que, por un lado, no se habla de estequiometría definida, sino que se aplica con un llamado “factor de Fehling” o con tablas de equivalencia que no presentan una relación lineal. Hoy día, el trabajo de químicos mexicanos ha permitido conocer con precisión la estequiometría de la reacción de Fehling en las condiciones originales.

En esta ocasión, tu trabajo consiste en determinar la calidad de tres muestras de miel (M1, M2 y M3) con base en su contenido de azúcares reductores libres con el método de Fehling modificado, pues la determinación del punto de equivalencia se hará por el valor del potencial en dicho punto de equivalencia.

Método de Fehling

El método se fundamenta en la oxidación de los grupos aldehídos y la reducción de una sal de cobre (II) a óxido de cobre (I) en medio complejante alcalino. El punto de equivalencia o final de la titulación puede determinarse mediante un método electrométrico empleando un electrodo de cobre y otro de Ag/AgCl o con una solución indicadora de azul de metileno.

La reacción entre las hexosas reductoras y el ion cúprico es la siguiente:



Antes de realizar la determinación de azúcares reductores es necesario estandarizar el reactivo de Fehling A para alcanzar la precisión requerida. La estandarización puede realizarse con EDTA o con una solución patrón neutra de sacarosa invertida. Para este examen experimental, ya se realizó la estandarización y se cuenta con una concentración de iones cobre(II) de 0.02026 mol/L.

Preparación de soluciones

Disolución de Fehling A (sulfato de cobre)

Transferir entre 50.0 g y 70.0 g de sulfato de cobre pentahidratado a un matraz volumétrico de 1000 mL, disolver con agua desionizada y llevar a volumen con el mismo disolvente.

Disolución de Fehling B (tartrato doble de sodio y potasio)

En un vaso de precipitados de 1000 mL disolver entre 300.12 y 346.0 g de tartrato de sodio y potasio y entre 80 y 100 g de hidróxido de sodio con agua desionizada. Enfriar la solución y transferirla cuantitativamente a un matraz volumétrico de 1000 mL, completar el volumen con agua desionizada o destilada.

Procedimiento

Todas las muestras fueron tratadas con el mismo procedimiento que se muestra en el video. El único cambio es la masa inicial, m , de la muestra.

2.1 Con base en lo presentado en el video y en las gráficas proporcionadas, completa la información requerida en la siguiente tabla:

Muestra	m (g)	V_{PEq} (mL)	mol Cu(II)	mol Az Red al PEq	concentración de Az Red en DM (mol/L)	concentración de Az Red en SM (g/L)	% de Az Red en M
M1	40.0602	12.6	0.00203	$4.05 \cdot 10^{-4}$	0.0321	578	72.1
	2puntos	4 p	2puntos	3puntos	4 puntos	5 puntos	4puntos
M2	42.3385	13.1	0.00203	$4.05 \cdot 10^{-4}$	0.0309	556	65.7
	2puntos	4 p	2puntos	3puntos	4 puntos	5 puntos	4puntos
M3	40.1088	13.5	0.00203	$4.05 \cdot 10^{-4}$	0.0300	540	67.3
	2puntos	4 p	2puntos	3puntos	4 puntos	5 puntos	4puntos

En donde:

m = masa de la muestra

V_{PEq} = volumen gastado en el punto de equivalencia

mol Az Red al PEq = cantidad de azúcares reductores al punto de equivalencia

concentración de Az Red en DM (mol/L) = concentración de azúcares reductores en la disolución diluida de la muestra

concentración de Az Red en SM (g/L) = concentración de azúcares reductores en la disolución de la muestra

% de Az Red en M = porcentaje de azúcares reductores en la muestra de miel

2.2 ¿A qué se debe el cambio de color al mezclar las disoluciones de Fehling A y B (en el video va de 5:50 a 5:56 minutos)?

- A) Al cambio de temperatura
- B) No hay cambio de color, es una ilusión óptica
- C) A una reacción ácido-base
- ☒ D) A una reacción de complejación
- E) A una reacción redox

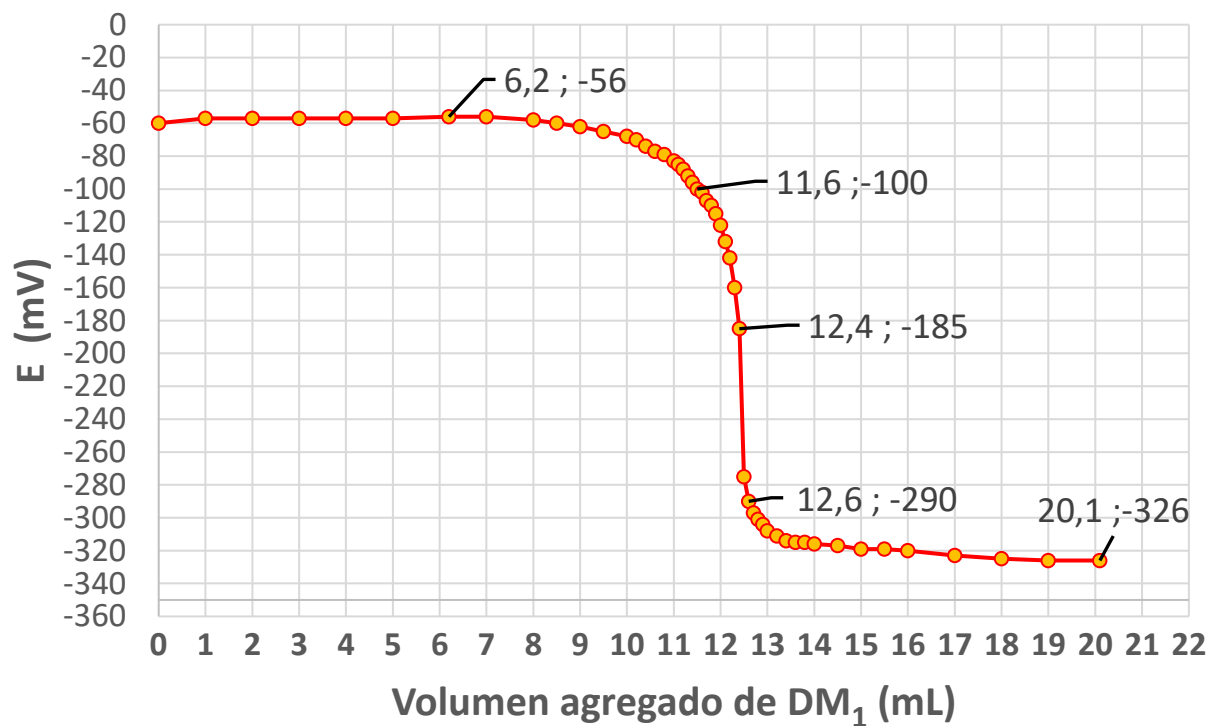
2.3 Si el contenido de azúcares reductores se relaciona con el dulzor de la miel, el orden de las mieles analizadas de la más dulce a la menos dulce es:

- ☒ A) M1, M3, M2
- B) M1, M2, M3
- C) M3, M2, M1
- D) M2, M3, M1
- E) M2, M1, M3
- F) M3, M1, M2
- G) Todas tienen el mismo dulzor

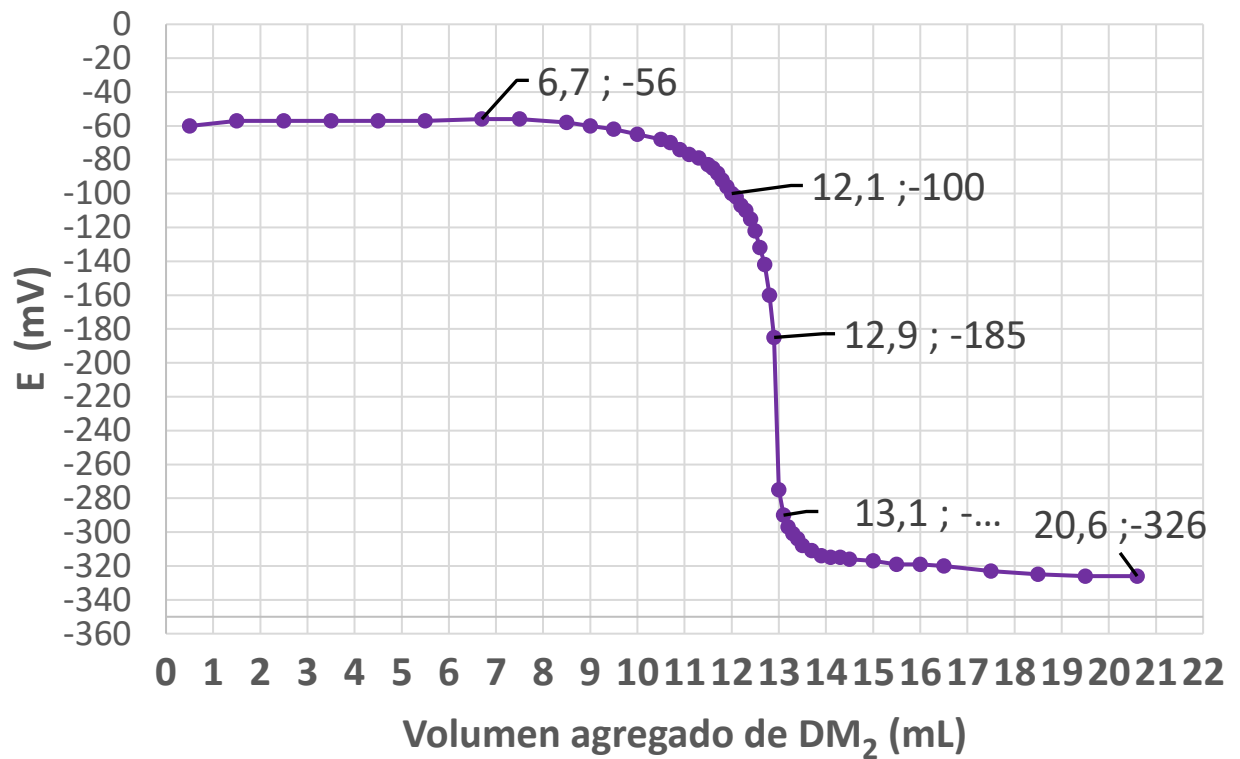
2.4 ¿Por qué el Cu^{2+} no se reduce a Cu^0 ?

- A) Porque la temperatura no es lo suficientemente alta
- B) Porque no puede producirse un metal en la reacción redox en medio acuoso
- C) Porque el pH no lo permite
- ☒ D) Porque el medio estabiliza al Cu(I)
- E) Porque todo anfolito es inestable

Valoración de Fehling



Valoración de Fehling



Valoración de Fehling

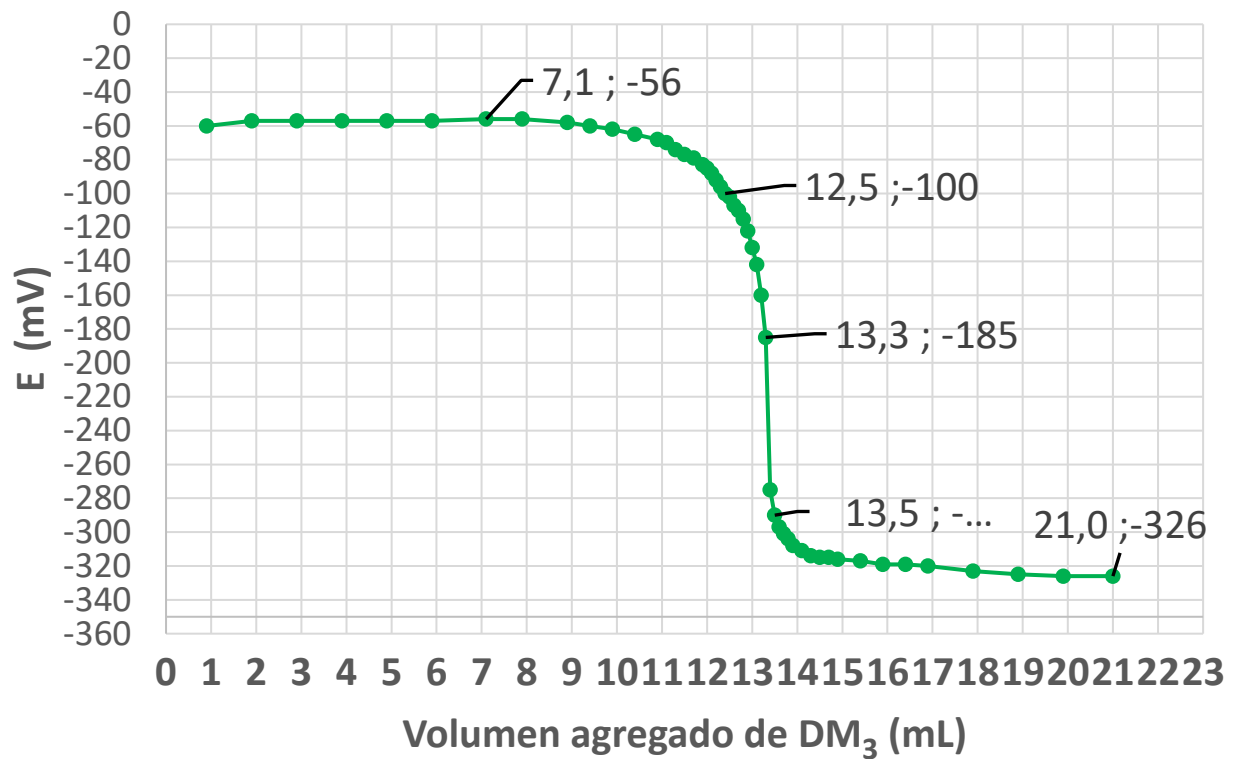


Tabla Periódica de los elementos

1 H 1.01																	18 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) A. Raghunath, A. Manjula, P. Sowjanya, J. Nishant, *European Journal of Medicinal Chemistry*, **2015**, 100, 18-23. CAS Method Number 3-119-CAS-14836341.
- 2) T. B. Shab, A. N. Soni, S. R. Patel, *J. Prakt. Chem.*, **1982**, 324, 158-162.