

# Destilación fraccionada con la columna de bandeja de burbujas con CobraSMARTsense



Los estudiantes examinan la destilación fraccionada de alcanes con una columna de bandeja de burbujas.

Química

Química Industrial

Petroquímica



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

20 minutos



Tiempo de ejecución

45+ minutos



## Información para el profesor

### Aplicación



En la destilación hay una mezcla de sustancias con varios componentes que se quiere separar.

Los componentes se separan por calentamiento a determinadas temperaturas (a las que se evapora un determinado componente), de forma análoga a cualquier destilación.

La destilación fraccionada es la separación de una mezcla de sustancias en sus componentes. Dado que los componentes también se denominan fracciones, este tipo de destilación también se llama fraccionada.

A diferencia de la destilación (simple), hay más de dos constituyentes en la mezcla de sustancias.

## Información adicional para el profesor (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Conocimiento previo

Los estudiantes deben estar familiarizados con los fundamentos de la termodinámica (entalpía, conservación de la energía) y los fundamentos de la destilación.



### Principio

La destilación separa una mezcla de líquidos en función de sus diferentes temperaturas de ebullición. En la destilación fraccionada, la columna de bandeja de burbujas tiene una capacidad de separación adicional.

En cada bandeja se establece un equilibrio entre la fase líquida y la gaseosa y se separan los diferentes componentes.

## Información adicional para el profesor (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Objetivo

Los estudiantes aprenden

- el principio de una destilación fraccionada (separación de una mezcla con más de dos componentes)
- Cada bandeja de una columna de bandejas de burbujas tiene un importante efecto de separación durante una destilación.

Los estudiantes determinarán:

- El modo de funcionamiento de una torre de fraccionamiento en una columna de bandeja de burbujas de dos etapas.
- Destilar una mezcla de tres n-alcános primero con reflujo total y luego sin reflujo.
- A continuación, examinarán y compararán la mezcla inicial y los productos principales



### Tareas

## Instrucciones de seguridad

**PHYWE**  
excellence in science

Para este experimento se aplican las instrucciones generales para la experimentación segura en las clases de ciencias. Utilizar el equipo de protección personal.

Cuando se manipulen productos químicos, se deberán utilizar guantes de protección adecuados, gafas de seguridad y ropa apropiada. Consultar el manual para obtener instrucciones de seguridad detalladas.

Para las frases H y P, consultar la ficha de datos de seguridad del producto químico correspondiente.

## Principio (1/3)

**PHYWE**  
excellence in science

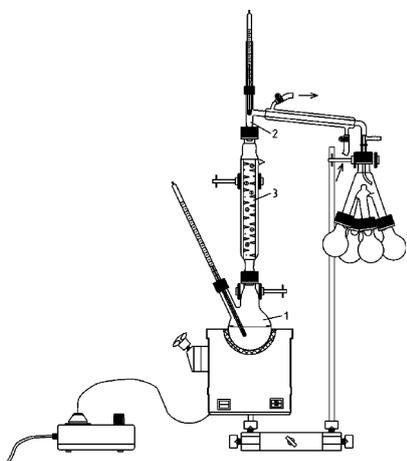
Destilación fraccionada del petróleo crudo

La separación de mezclas de hidrocarburos es un proceso fundamental de la industria petroquímica. Cuanto más separados estén los puntos de ebullición, mejor será el éxito de la separación. El efecto de la separación puede mejorarse si después de la primera etapa de destilación (vaporización - condensación) se llevan a cabo otras destilaciones en las que se vaporiza y condensa el condensado de la destilación anterior.

Este proceso se lleva a cabo de forma continua en la industria y en el laboratorio en columnas de fraccionamiento, que pueden realizarse como columnas de bandeja de burbujas o columnas de destilación empaquetadas. Las columnas de bandejas de burbujas permiten la eliminación continua del condensado de los pasos de separación arbitrarios; las columnas empaquetadas son menos complejas y, por lo tanto, menos costosas.

## Principio (2/3)

**PHYWE**  
excellence in science



Destilación típica

Durante la destilación, el líquido se evapora primero en el matraz y pasa de la fase líquida a la gaseosa.

En el aparato de destilación, el vapor se transfiere de nuevo a la fase líquida a través del condensador. El líquido que se forma puede recogerse en un recipiente.

La columna de este experimento tiene dos bandejas, lo que significa que se pueden obtener dos fracciones. Estas serán fracciones mixtas.

Las fracciones pueden analizarse mediante la medición de la densidad o midiendo el índice de refracción con un refractómetro.

## Principio (3/3)

**PHYWE**  
excellence in science



Destilación fraccionada

Durante la destilación fraccionada, también se forma una mezcla de vapor y líquido en el matraz. El vapor asciende y entra en la primera bandeja de burbujas. Esta bandeja de burbujas contiene varios pasajes.

Las fracciones vaporizadas suben, se enfrían y vuelven al estado líquido en las bandejas. Una cierta cantidad de un componente se acumula en el fondo (equilibrio entre la fase líquida y la gaseosa).

En cada bandeja se establece un equilibrio entre las fases de vapor y líquido.

**Esta es la razón por la que las bandejas de burbujas tienen un efecto de separación sustancial durante una destilación con reflujo total.**

## Material (1/2)

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	Cobra SMARTsense - Termopar, -200 ... +1200 °C (Bluetooth + USB)	12938-01	4
2	Varilla de acero inoxidable, 18/8, 1000 mm	02034-00	2
3	measureAPP - el software de medición gratuito para todos los dispositivos y sistemas operativos	14581-61	1
4	Sonda de inmersión NiCr-Ni,teflón, 300 °C	13615-05	4
5	Funda calefactora para matraz redondo con capacidad para 250ml y voltaje de 230 V	49542-93	1
6	Pinza de soporte para funda calefactora	49557-01	1
7	REGULADOR DE POTENCIA, 230 V	32286-93	1
8	Base soporte DEMO	02007-55	1
9	Varilla de acero inoxidable, 18/8, 1000 mm	02034-00	2
10	Doble nuez	37697-00	7
11	Pinza universal	37715-01	7
12	COLUMNA FRACCIONAMIENTO D.CAMPANA	35914-15	1
13	MATRAZ 250ML,2 BOCA,GL25/12-18/8	35843-15	1
14	PIEZA DE ADAPTACION,EN19/26-25/12	35800-05	1
15	PIEZA DE COLUMNA NS 19	35919-01	1
16	Condensador Dimroth	MAU-26525500	1
17	Camisa de refrigeración, GL 25/8	MAU-27225000	1
18	Embudo de goteo, 50 ml, GI 18	MAU-27222000	1
19	TAPAS D.UNION, GL 18, 10 UNID.	41230-03	1
20	JUNTA P.GL18, PERFOR. 8MM,J.DE 10	41240-03	1
21	MANGUITO DE TEFLON N2 19, 10 UD.	43616-00	1
22	PINZA P.UNIONES,PLASTICO, EN 19	43614-00	2
23	Manguera de conexión, d int = 6 mm, l = 1 m	39282-00	10
24	TUBO DE ENPALME,EN29/32-GL18/8	35678-02	1
25	MANGUITO DE TELFON, NS 29, 10 UD	43617-00	1
26	Embudo, vidrio, diámetro superior 50mm	34457-00	1
27	Cilindro graduado, 100 ml	36629-00	1
28	PIPETAS DE PASTEUR, 250 PZS.	36590-00	1
29	CAPUCHONES DE GOMA, 10 U.	39275-03	1
30	TUBO D.CRIS.C.TAP.D.GOLPE 15ML,10	33621-03	1
31	V.D.PRECIP.,ALTO,BORO 3.3, 600ml	46029-00	1
32	Varilla de vidrio, BORO 3.3, l = 200 mm, d = 5 mm	40485-03	1
33	Marcador de laboratorio, color negro, resistente al agua	38711-00	1
34	Piedrecitas para fácil ebullición, 200 g	36937-20	1
35	Silicona Molykote, 50 g	31863-05	1
36	PENTANO,EBULL.34-36 GR C 250 ML	31707-25	1
37	HEXAN,NORMAL,PURIS. 100 ML	31369-10	1
38	N-HEPTANO EXTRA PURO 250 ML	31366-25	1
39	V.D.PRECIP.,BAJO,BORO 3.3,100ml	46053-00	1

## Material (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

- **Columna de la bandeja de burbujas:** Dispositivo para la separación de una mezcla de vapor y líquido durante la destilación
- **Columna de la cabeza:** Dispositivo de medición de la temperatura superior y de extracción del componente de la cabeza
- **Chaqueta de refrigeración:** Dispositivo de refrigeración del producto gaseoso
- **Función de separación:** Dispositivo de recogida del destilado tras la condensación en la camisa de refrigeración



Columna de bandejas de burbujas



Cabeza de columna



Chaqueta de refrigeración



Embudo de separación

**PHYWE**  
excellence in science

## Montaje y ejecución

## Montaje (1/5)

**PHYWE**  
excellence in science

Para medir el valor de la temperatura se necesita el Cobra SMARTsense y measureAPP. La aplicación puede descargarse de forma gratuita en la App Store; consultar a continuación los códigos QR. Comprobar si el Bluetooth está activado en el dispositivo (tablet, smartphone).



measureAPP für Android  
Betriebssysteme



measureAPP für iOS  
Betriebssysteme



measureAPP für Tablets / PCs mit  
Windows 10

## Montaje (2/5)

**PHYWE**  
excellence in science

### Montaje de la columna de la bandeja burbujeante

Realizar el montaje experimental según la Fig. izquierda

- Mezclar cada uno de los 70 ml de n-pentano, n-hexano y n-heptano ("modelo de aceite") en un vaso de precipitados
- Llenar la solución en un matraz de fondo redondo de 250 ml con el "modelo de aceite".
- Poner algunas piedras hirviendo en el frasco
- Colocar dos barras de soporte en la base de apoyo.
- Fijar el manto de calentamiento para el matraz de fondo redondo en la varilla izquierda
- Poner la columna de la bandeja de burbujas en el matraz y fijar la columna en la varilla.

## Montaje (3/5)

**PHYWE**  
excellence in science



### Montaje del condensador y del embudo

Realizar el montaje experimental según la Fig. izquierda

- Poner la cabeza de la columna, con la llave de paso, en la columna de la bandeja de burbujas
- Fijar un sensor de temperatura en la cabeza de la columna (lado izquierdo en la imagen)
- Colocar el condensador en la cabeza de la columna (lado derecho en la imagen)
- Fijar la cabeza de la columna y el condensador con una abrazadera en la varilla.
- Combinar el cabezal de la columna con la camisa de refrigeración
- Conectar la camisa de refrigeración y el embudo de separación

## Montaje (4/5)

**PHYWE**  
excellence in science



Cobra SMARTsense - Termopar

### Conectando el SMARTsense

#### Preparación:

En este experimento conocerán el sensor de temperatura Cobra SMARTsense. Podrán registrar las lecturas con la aplicación "Measure App".

Encender el sensor y abrir la aplicación de medición. Seleccionar allí el sensor de temperatura ("SMARTsense - termopar").

Ir a la ventana con la pantalla analógica (la escala con la aguja). Si calienta, se podrá ver la temperatura.

La temperatura se da en la unidad "Celsius", después de un número simplemente abreviado como "°C".

## Montaje (5/5)

**PHYWE**  
excellence in science

### Conectando el SMARTsense

- Conectar las cuatro sondas de temperatura con measureApp en el dispositivo móvil.
- La sonda de temperatura, que se coloca en el "sumidero", debe conectarse al canal "T1". La sonda en la primera bandeja de la columna debe definirse como "T2"
- La sonda de la segunda bandeja debe conectarse a la "T3" y la sonda de la parte superior de la columna debe conectarse como "T4"



Encontrarán información en la página web de PHYWE:

[Enlace a la información](#)

## Ejecución (1/3)

**PHYWE**  
excellence in science

### Con reflujo (total)

- La llave de paso del embudo de goteo está cerrada y la llave de paso del cabezal de la columna también debe permanecer cerrada
- Encender la refrigeración y calentar el "sumidero" con la manta calefactora.
- Ajustar la potencia de calentamiento con el regulador de potencia de manera que la mezcla hierva uniformemente (poner el regulador en la posición 7 a 8 aproximadamente).
- Controlar la temperatura en el "sumidero", en las dos bandejas y en la cabeza de la columna en la pantalla de la tablet.
- Cuando la mezcla esté en ebullición y las temperaturas de las dos bandejas y en la cabeza de la columna sean constantes, esperar al menos otros 30 minutos para alcanzar el equilibrio térmico para el reflujo total



Llave de paso en la columna de la cabeza



Llave de paso en el embudo de caída

## Ejecución (2/3)

**PHYWE**  
excellence in science

### Con reflujo (total)

- La llave de paso de la cabeza de la columna debe abrirse.
- La llave de paso del embudo debe permanecer cerrada.
- Esperar hasta que el embudo contenga unos 30 ml de líquido.
- Cerrar ahora la llave de paso del cabezal de la columna y detener el calentamiento.
- Poner un recipiente debajo del embudo.
- Abrir la llave de paso del embudo y recoger unos 30 ml del líquido en el recipiente.
- Utilizar este líquido para exámenes (por ejemplo, medición de la densidad o del índice de refracción)



Llave de paso en la columna de la cabeza



Llave de paso en el embudo de caída

## Ejecución (3/3)

**PHYWE**  
excellence in science

### Sin reflujo

- La llave de paso del embudo de goteo está cerrada, pero la llave de paso del cabezal de la columna debe permanecer abierta (sin reflujo).
- Encender la refrigeración y calentar el "sumidero" con la manta calefactora. Ajustar la potencia de calentamiento con el regulador de potencia de manera que la mezcla hierva uniformemente (ajustar el regulador aproximadamente en la posición 7 a 8).
- Controlar la temperatura en el "sumidero", en las dos bandejas y en la cabeza de la columna en la pantalla de la tablet.
- Esperar hasta que se condensen 30 ml de líquido en el embudo. Cerrar la llave de paso en la mano de la columna y dejar de calentar.
- Utilizar el líquido del embudo para realizar otros exámenes.



Llave de paso en la columna de la cabeza

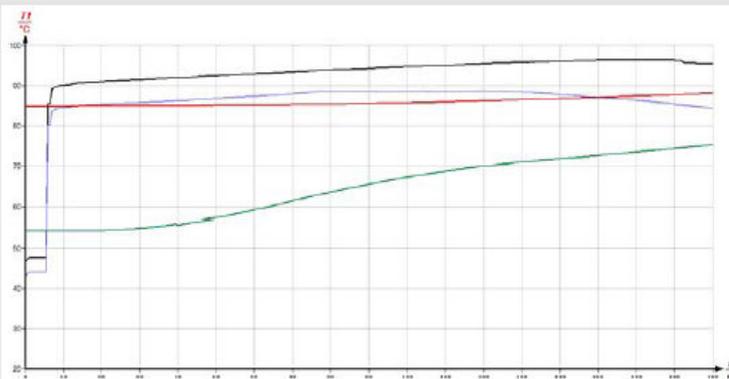


Llave de paso en el embudo de caída



# Resultados

## Resultados (1/10)



Cambio de los puntos de ebullición sin reflujo ("sumidero": línea roja; bandeja 1: línea negra; bandeja 2: línea azul; cabeza de columna: línea verde).

### Notas:

- Durante la destilación sin reflujo, las composiciones de las mezclas cambian permanentemente con el tiempo y la cantidad de condensado que se retira de la columna.
- En los tres lugares (bandeja 1, bandeja 2, cabeza de columna) las cantidades de los componentes de menor ebullición disminuyen y las de los componentes de mayor ebullición aumentan.

## Resultados (2/10)

**PHYWE**  
excellence in science



Modelo de columna con bandeja de burbujas

### Destilación sin reflujo

- Si se aumenta la temperatura en el matraz de destilación, la temperatura en el matraz aumenta rápidamente. Al cabo de poco tiempo, el líquido comienza a hervir. Los vapores (del líquido) suben a la parte superior y se condensan en el fondo de la columna.
- A los pocos minutos de iniciarse la ebullición, se observa una mezcla de vapor y líquido en la primera bandeja de burbujas. Una parte de los vapores sigue subiendo y llega así a la segunda bandeja de burbujas, donde también se acumula una mezcla de vapor y líquido.
- Tampoco todo el vapor se condensa en esta bandeja de burbujas, sino que una parte sigue subiendo a la parte superior. Aquí también se determina la temperatura. Esta temperatura sube en último lugar, como muestra la figura de la página anterior.

## Resultados (3/10)

**PHYWE**  
excellence in science



Otros métodos de evaluación

### Destilación sin reflujo

- Se puede realizar una medición de la densidad para determinar cualitativamente la relación de cantidad de las mezclas. Un hidrómetro con una escala de 0,6 - 0,8 g/ml es adecuado para este fin (se necesita suficiente líquido, el hidrómetro debe flotar en el líquido. Utilizar para ello una probeta grande).
- Para una evaluación cuantitativa, utilizar un cromatógrafo de gases. La integración de los diferentes picos en el cromatograma da la relación cuantitativa de los componentes individuales

## Resultados (4/10)

**PHYWE**  
excellence in science

### Medición de la densidad



Medición de la densidad con un hidrómetro (con líquido en una probeta)

### Destilación sin reflujo

- Medición de la densidad de la mezcla inicial: **0,655 g/ml**.
- Cálculo de la densidad: **0,656 g/ml**.

Valores literarios:

$$C_5 \text{ de } 0.626 \frac{g}{ml}$$

$$C_6 \text{ de } 0.659 \frac{g}{ml}$$

$$C_7 \text{ de } 0.684 \frac{g}{ml}$$

## Resultados (5/10)

**PHYWE**  
excellence in science



Modelo de columna con bandeja de burbujas

### Destilación a reflujo total

- Si se aumenta la temperatura en el matraz de destilación, la temperatura en el matraz aumenta rápidamente. Al cabo de poco tiempo, el líquido comienza a hervir. Los vapores (del líquido) suben a la parte superior y se condensan en el fondo de la columna bajo reflujo total.
- En cada bandeja de la columna existe siempre un equilibrio entre las fases de vapor y líquido, incluso durante el proceso completo de destilación. En cada bandeja pasa al estado gaseoso la misma cantidad de componente que se condensa.
- Por lo tanto, el punto de ebullición en cada bandeja se mantiene constante después de un cierto tiempo.

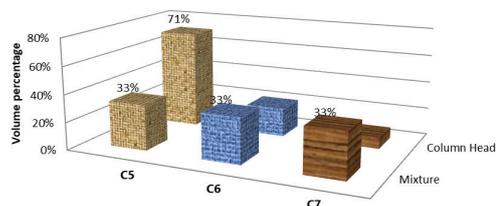
## Resultados (6/10)


 PHYWE  
 excellence in science

### Comparación con y sin reflujo

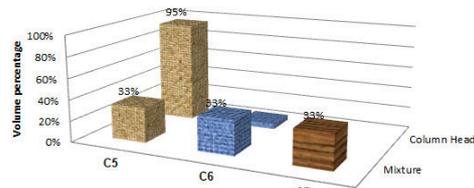
Esta evaluación puede realizarse mediante cromatografía de gases y confirma el resultado de la medición de la densidad. La medición de la densidad muestra un aumento significativo de la  $C_5$ -fracción en la columna de cabeza (en comparación con la destilación con reflujo total y sin reflujo)

#### Fractional - no Reflux



	C5	C6	C7
Mixture	33%	33%	33%
Column Head	71%	21%	8%

#### Fractional - total Reflux

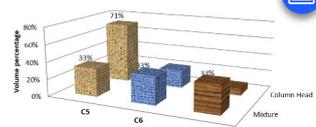


	C5	C6	C7
Mixture	33%	33%	33%
Column Head	95%	5%	

## Resultados (7/10)

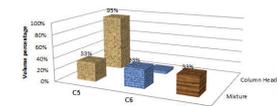

 PHYWE  
 excellence in science

#### Fractional - no Reflux



	C5	C6	C7
Mixture	33%	33%	33%
Column Head	71%	21%	8%

#### Fractional - total Reflux



	C5	C6	C7
Mixture	33%	33%	33%
Column Head	95%	5%	

### Comparación con y sin reflujo

- Sin reflujo:** n-Pentano se ha convertido en el componente principal (alrededor del 50%) en la bandeja inferior (bandeja 1) de la columna, pero también están presentes el n-hexano y el n-heptano. En la cabeza de la columna se ha condensado n-pentano (alrededor del 70%) y también n-hexano y n-pentano
- Con reflujo:** El n-Pentano se ha convertido en el componente principal (alrededor del 50%) en la bandeja inferior (bandeja 1) de la columna, pero el n-hexano y el n-heptano también están presentes.
- Con reflujo:** En la cabeza de la columna se ha condensado n-pentano casi puro (alrededor del 95%) con una traza de n-hexano (alrededor del 5%)
- La evaluación muestra que incluso con sólo dos bandejas de burbujas se puede conseguir un efecto de separación sustancial durante una destilación con reflujo total.**

## Resultados (8/10)

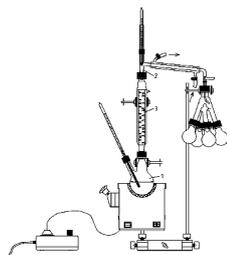
PHYWE  
excellence in science

¿Cuál es la ventaja de una bandeja de burbujas?

- Efecto de separación significativo durante una destilación
- Permite recoger fracciones durante una distribución
- Reduce la temperatura del punto de ebullición de los componentes
- Aumenta la temperatura del punto de ebullición de los componentes

Verificar

## Resultados (9/10)

PHYWE  
excellence in science

Cuál es el componente con mayor punto de ebullición

- C<sub>5</sub> (Pentano)
- C<sub>7</sub> (Heptano)
- C<sub>6</sub> (Hexano)

Verificar

## Resultados (10/10)

PHYWE  
excellence in science

Durante la destilación a reflujo total, ¿cuál es la proporción de los componentes en el fondo de la bandeja 2 (la bandeja bajo la columna de cabeza)?

C<sub>5</sub> (Pentano) > C<sub>6</sub> (Hexano) > C<sub>7</sub> (Heptano)

C<sub>5</sub> (Pentano) < C<sub>6</sub> (Hexano) < C<sub>7</sub> (Heptano)

C<sub>5</sub> (Pentano) > C<sub>7</sub> (Heptano) > C<sub>6</sub> (Hexano)

Verificar



Diapositiva

Puntuación/Total

Diapositiva 28: Ventajas de la bandeja de burbujas

0/2

Diapositiva 29: Diferentes puntos de ebullición

0/1

Diapositiva 30: Proporción de fracciones

0/1

Puntuación total



Mostrar soluciones

Reintentar