

Фракційна перегонка за допомогою ректифікаційної колони с Cobra SMARTsense



Студенти вивчають фракційну перегонку алканів за допомогою ректифікаційної колони.

Chemistry

Industrial Chemistry

Petrochemistry



Рівень складності

середній



Розмір групи

-



Час підготовки

20 хвилини



Час виконання

45+ хвилини

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/64eb4a390669c60002a311d4>

PHYWE



Загальна інформація

Опис

PHYWE



Під час дистиляції відбувається розділення суміші речовин, що складається з декількох компонентів, які необхідно відокремити.

Компоненти розділяються шляхом нагрівання до певних температур (при яких певний компонент випаровується), аналогічно до будь-якої дистиляції.

Фракційна дистиляція - це розділення суміші речовин на складові. Оскільки компоненти також називаються фракціями, цей тип дистиляції також називається фракційною.

На відміну від (простої) дистиляції, в суміші речовин присутні більше двох компонентів.

Додаткова інформація (1/2)

PHYWE

Попередні знання



Студенти та учні повинні бути знайомі з основами термодинаміки (ентальпія, збереження енергії) та основами дистиляції.

Науковий принцип



Дистиляція розділяє суміш рідин на основі їх різних температур кипіння. При фракційній дистиляції ректифікаційна колона з барботажними тарілками має додаткову розділювальну здатність.

На кожній тарілці встановлюється рівновага між рідкою і газоподібною фазами, що розділяє різні компоненти.

Додаткова інформація (2/2)

PHYWE

Мета навчання



Студенти та учні вивчають принцип фракційної дистиляції (розділення суміші з більш ніж двома компонентами). Кожна тарілка барботажної колони має значний ефект розділення під час дистиляції.

Завдання



- Визначте режим роботи ректифікаційної колони на двоступеневій тарілчастій колоні з барботажною тарілкою.
- Перегоніть суміш трьох н-алканів спочатку з повним зворотним холодильником, а потім без зворотного холодильника.
- Дослідіть і порівняйте вихідну суміш і головні продукти

Інструкції з техніки безпеки

PHYWE



До цього експерименту застосовуються загальні інструкції щодо безпечного проведення експериментів на уроках з природничих наук

Правила роботи з небезпечними речовинами наведено у відповідних паспортах безпеки. Використовуйте засоби індивідуального захисту.

Під час роботи з хімічними речовинами слід використовувати захисні рукавички, захисні окуляри та відповідний одяг.

Теорія (1/3)

PHYWE



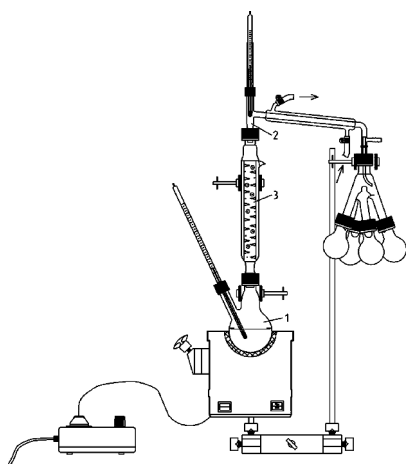
Фракційна перегонка сирової нафти

Розділення вуглеводневих сумішей є фундаментальною процедурою нафтохімічної промисловості. Чим ширше рознесені температури кипіння, тим кращий успіх процесу розділення. Ефект розділення можна покращити, якщо після першої стадії дистиляції (випаровування - конденсація) проводити подальші перегонки, в яких конденсат відповідної попередньої перегонки знову випаровується і конденсується.

Цей процес виконується безперервно в промисловості і в лабораторії в ректифікаційних колонах, які можуть бути виконані у вигляді тарілчастих або насадочних дистиляційних колон. Колони з бульбашковою (барботажною) тарілкою дозволяють безперервно відводити конденсат з довільних ступенів розділення; насадочні колони менш складні і, отже, дешевші.

Теорія (2/3)

PHYWE



Типова дистиляція

Під час дистиляції рідина спочатку випаровується в колбі і переходить з рідкої фази в газову.

У дистиляційному апараті пара потім переходить назад у рідку фазу через конденсор. Рідину, що утворюється, можна зібрати в посудину.

Колонка в цьому експерименті має дві тарілки, а це означає, що можна отримати дві фракції. Це будуть змішані фракції.

Фракції можна дослідити за допомогою вимірювання густини або вимірювання показника заломлення за допомогою рефрактометра

Теорія (3/3)

PHYWE



Фракційна дистиляція

Під час фракційної перегонки в колбі також утворюється паро-рідинна суміш. Пара піднімається і потрапляє в першу барботажну тарілку. Ця бульбашкова тарілка містить кілька проходів.

Випарені фракції піднімаються, охолоджуються і повертаються в рідкий стан на тарілках. Певна кількість компонента накопичується на дні (рівновага між рідкою і газоподібною фазами).

На кожній тарілці встановлюється рівновага між паровою і рідкою фазами.

Це є причиною того, що барботажні тарілки мають значний ефект розділення під час дистиляції з повним зворотним холодильником (конденсором).

Обладнання (1/2)

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	Cobra SMARTsense Thermocouple - Датчик для вимірювання температури -200 ... +1200 °C (Bluetooth + USB)	12938-01	4
2	measureAPP безкоштовне програмне забезпечення для вимірювання для всіх кінцевих пристроїв	14581-61	1
3	Імерсійний датчик, NiCr-Ni, тефлон, 300°C	13615-05	4
4	Нагрівач для круглих колб, 250мл	49542-93	1
5	Затискач для нагрівача	49557-01	1
6	Стабілізатор напруги, 230 В, з фазовим модулятором	32286-93	1
7	Основа штатива, демонстраційна	02007-55	1
8	Штативний стрижень, нерж. ст., l=1000 мм	02034-00	2
9	Штативний стрижень, нерж. ст., l=1000 мм	02034-00	2
10	Прямокутний затискач	37697-00	7
11	Універсальний затискач	37715-01	7

Обладнання (2/2) - основні частини

PHYWE

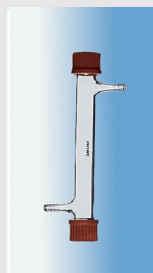
- **Колонка з бульбашковими тарілками:** Пристрій для розділення паро-рідинної суміші під час дистиляції
- **Головна (напірна) колонка:** Пристрій для вимірювання верхньої температури і зняття головного компонента
- **Охолоджуюча оболонка:** Пристрій для охолодження газоподібного продукту
- **Ділильна воронка:** Пристрій для збору дистиляту після конденсації в охолоджуючій оболонці



Колонка з бульбашковими тарілками



Головна (напірна) колонка



Охолоджуюча оболонка



Ділильна воронка

PHYWE



Підготовка та виконання роботи

Підготовка (1/5)

PHYWE

Для вимірювання значення температури необхідні Cobra SMARTsense і додаток measureAPP. Додаток можна безкоштовно завантажити з App Store - QR-коди дивіться нижче. Перевірте, чи активовано Bluetooth на Вашому пристрої (планшеті, смартфоні).



measureAPP
для операційних систем Android



measureAPP
для операційних систем iOS



measureAPP
для планшетів / ПК з Windows 10

Підготовка (2/5)

PHYWE



Зберіть експериментальну установку відповідно до рис. ліворуч

- Змішайте по 70 мл н-пентану, н-гексану та н-гептану ("модель нафти") у склянці
- Налийте розчин у круглодонну колбу об'ємом 250 мл з "моделлю нафти"
- Покладіть в колбу кілька киплячих каменів
- Вставте два штативні стрижні в основу штатива.
- Закріпіть нагрівальну мантию для круглодонної колби на лівому штативному стрижні
- Помістіть колонку з бульбашковими тарілками в колбу і закріпіть колонку на стрижні.

Підготовка (3/5)

PHYWE



- Помістіть головну колонку із запірним краном у колонку з бульбашковими тарілками
- Закріпіть датчик температури в головній колонці (рис. ліворуч)
- Помістіть конденсор (холодильник) у головну колонку (рис. праворуч)
- Закріпіть на штативному стрижні за допомогою хомута головну колонку і конденсор.
- З'єднайте головну колонку з охолоджуючою оболонкою
- З'єднайте охолоджуючу оболонку та ділільну воронку (лійку)
- Помістіть 4 датчики термопари Cobra SMARTsense Thermocouple у відстійник, тарілка 1, тарілка 2 і головну колонку.

Підготовка (4/5) - Підключення SMARTsense

PHYWE



Cobra SMARTsense - Термопара

У цьому експерименті ви познайомитеся з датчиком температури Cobra SMARTsense (Cobra SMARTsense - Thermocouple). Ви можете записати показання за допомогою додатку measure App.

Увімкніть датчик і відкрийте measure App. Виберіть там датчик Cobra SMARTsense - термопара (Cobra SMARTsense - Thermocouple).

Перейдіть до вікна з аналоговим дисплеєм (шкала з стрілкою). Якщо Ви зараз нагріваєте, Ви можете побачити температуру.

Температура подається в одиницях вимірювання "Цельсій", після числа просто скорочено "°C".

Підготовка (5/5) - Підключення SMARTsense

PHYWE

- Підключіть чотири температурні датчики до програми measureApp на Вашому мобільному пристрої.
- Датчик температури, який знаходиться в "відстійнику", повинен бути підключений до каналу "T1". Датчик в першій тарілці колонки повинен бути визначений як "T2".
- Датчик у другій тарілці повинен бути підключений до каналу "T3", а датчик у верхній частині колонки повинен бути підключений до каналу "T4".



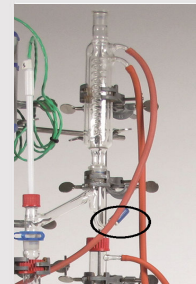
Детальна інформація на веб-сторінці PHYWE:

[Посилання на інформацію](#)

Виконання роботи (1/3)

PHYWE

- Запірний кран ділильної воронки закритий, запірний кран головної колони також повинен залишатися закритим. Увімкніть охолодження і нагрійте "відстійник" нагрівальною мантиєю. Відрегулюйте потужність нагріву за допомогою регулятора живлення таким чином, щоб суміш закипала рівномірно (встановіть регулятор приблизно на 7-8 позицію). Слідкуйте за температурою в "піддоні", в двох тарілках і в головній частині колони на екрані планшета. Коли суміш кипить, а температури в обох тарілках і в головці колонки постійні, зачекайте ще принаймні 30 хвилин для досягнення теплової рівноваги для повного рефлюксу.



Запірний кран на головній колонці

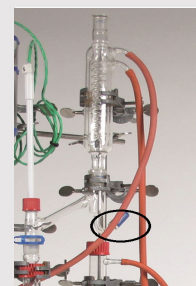


Запірний кран на воронці

Виконання роботи (2/3)

PHYWE

- Запірний кран головної колонки повинен відкритися.
- Запірний кран воронки повинен залишатися закритим.
- Зачекайте, поки у воронці буде близько 30 мл рідини.
- Закрийте запірний кран на головній колонці і зупиніть нагрівання.
- Поставте під воронку посудину.
- Відкрийте запірний кран на лійці і наберіть близько 30 мл рідини в посудину.
- Використовуйте цю рідину для досліджень (наприклад, вимірювання щільності або показника заломлення)



Запірний кран на головній колонці

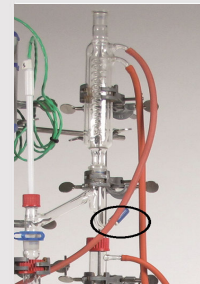


Запірний кран на воронці

Виконання роботи (3/3) - без рефлюксу

PHYWE

- Запірний кран ділільної воронки закритий, але запірний кран головної колонки повинен залишатися відкритим (без рефлюксу).
- Увімкніть охолодження і нагрійте "відстійник" за допомогою нагрівальної мантиї. Відрегулюйте потужність нагріву за допомогою регулятора живлення таким чином, щоб суміш закипала рівномірно (встановіть регулятор приблизно на налаштування 7-8).
- Контролюйте температуру в "відстійнику", в двох тарілках і в головній колонці на екрані планшета.
- Зачекайте, поки в лійці сконденсується 30 мл рідини. Закрийте запірний кран на ручці колонки і припиніть нагрівання.
- Використовуйте рідину у воронці для подальших досліджень.



Запірний кран на головній колонці



Запірний кран на воронці

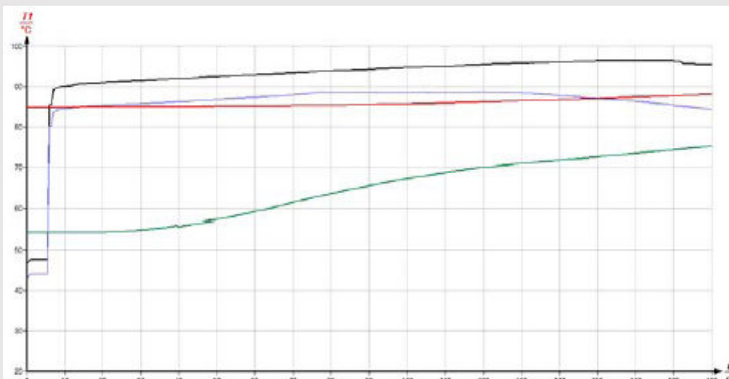
PHYWE

Оцінка



Оцінка (1/10) - Перегонка без зворотного холодильника

PHYWE



Зміна температур кипіння без зворотного потоку ("відстійник": червона лінія; тарілка 1: чорна лінія; тарілка 2: синя лінія; головна колонка: зелена лінія).

Зауваження:

- Під час перегонки без зворотного потоку склад сумішей постійно змінюється з часом, відповідно змінюється і кількість конденсату, що відводиться з колони.
- У всіх трьох місцях (тарілка 1, тарілка 2, головна колонка) кількість низькокиплячих компонентів зменшується, а висококиплячих - збільшується.

Оцінка (2/10) - Перегонка без зворотного холодильника

PHYWE

Модель колони з бульбашковими піддонами (тарілками)



- Якщо температуру в перегінній колбі підвищити, температура в колбі швидко зростає. Через деякий час рідина починає кипіти. Пери (рідини) піднімаються вгору і конденсуються на дні колони.
- Через кілька хвилин після початку кипіння на першій барботажній тарілці можна побачити паро-рідинну суміш. Частина парів продовжує підніматися і таким чином досягає другої бульбашкової тарілці, де також збирається паро-рідинна суміш.
- Не вся пара конденсується на тарілці, але частина продовжує підніматися догори. Тут також визначається температура. Ця температура піднімається останньою, як показано на рисунку на попередній сторінці.

Оцінка (3/10) - Перегонка без зворотного холодильника

PHYWE



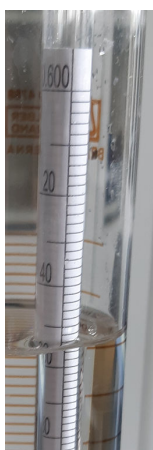
Подальші методи оцінки

- Для якісного визначення кількісного співвідношення сумішей можна виконати вимірювання густини. Для цього підійде ареометр зі шкалою 0,6 - 0,8 г/мл (потрібно достатньо рідини, ареометр повинен плавати в рідині). Використовуйте для цього великий мірний циліндр).
- Для кількісної оцінки використовують газовий хроматограф. Інтеграція різних піків на хроматограмі дає кількісне співвідношення окремих компонентів

Оцінка (4/10) - Перегонка без зворотного холодильника

PHYWE

Вимірювання густини рідини



Вимірювання густини за допомогою ареометра (з рідиною в мірному циліндрі)

- Вимірювання густини вихідної суміші: **0,655 г/мл.**
- Густина розрахована: **0,656 г/мл.**

Довідкові значення:

$$C_5 = 0.626 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

$$C_6 = 0.659 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

$$C_7 = 0.684 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

Оцінка (5/10) - Перегонка з повним зворотним холодильником

PHYWE

Модель колони з бульбашковими піддонами (тарілками)



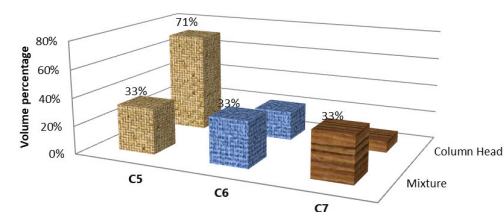
- Якщо температуру в перегінній колбі підвищити, температура в колбі швидко зростає. Через деякий час рідина починає кипіти. Пари (рідини) піднімаються вгору і конденсуються на дні колони під дією повного зворотного холодильника.
- На кожній тарілці колони завжди існує рівновага між паровою і рідкою фазами, навіть під час повного процесу дистиляції. На кожній тарілці в газоподібний стан переходить і конденсується однакова кількість компонента.
- Таким чином, температура кипіння на кожній тарілці залишається постійною протягом певного часу.

Оцінка (6/10) - Порівняння з рефлюксом та без нього

PHYWE

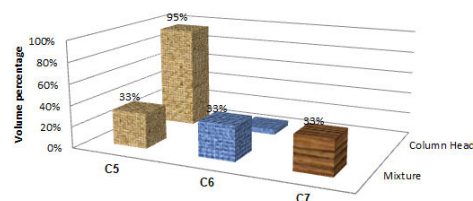
Ця оцінка може бути виконана за допомогою газової хроматографії і підтверджує результат вимірювання густини. Вимірювання густини показує значне збільшення C_5 — фракції в насадці (в порівнянні з дистиляцією з повним зворотним холодильником і без зворотного холодильника)

Fractional - no Reflux



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

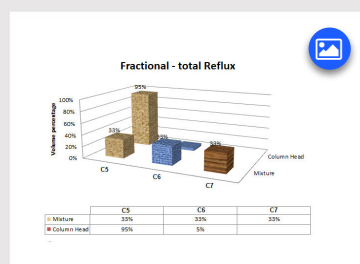
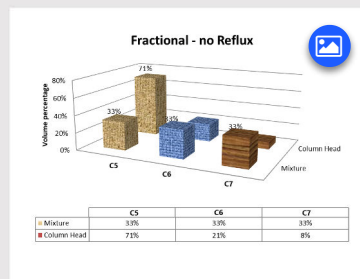
Fractional - total Reflux



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

Оцінка (7/10) - Порівняння з рефлюксом та без нього

PHYWE



- Без рефлюксу:** н-пентан став основним компонентом (близько 50%) в нижній тарілці (тарілка 1) колони, але також присутні н-гексан і н-гептан. У головній частині колони конденсується н-пентан (близько 70%), а також н-гексан і н-пентан
З рефлюксом: н-пентан став основним компонентом (близько 50%) в нижній тарілці (тарілка 1) колони, але також присутні н-гексан і н-гептан.
З рефлюксом: У насадці колони конденсується майже чистий н-пентан (близько 95%) з домішками н-гексану (близько 5%)
- Оцінка показує, що навіть з двома барботажними (бульбашковими) тарілками можна досягти значного ефекту розділення під час дистиляції з повним зворотним холодильником.**

Оцінка (8/10)

PHYWE



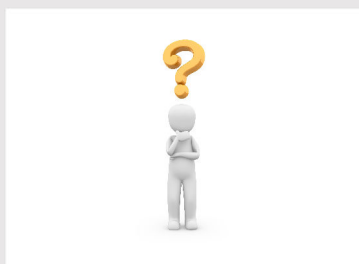
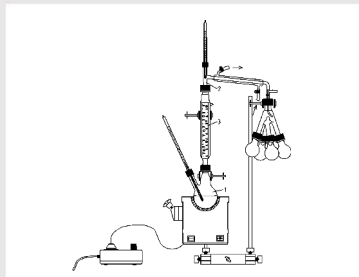
У чому перевага барботажного піддону (бульбашкової тарілки)

- ☐ Значний ефект розділення під час дистиляції
- ☐ Дозволяє збирати фракції під час дистиляції
- ☐ Підвищує температуру кипіння компонентів
- ☐ Знижує температуру кипіння компонентів

✓ Перевірка

Оцінка (9/10)

PHYWE



Який компонент має найвищу температуру кипіння?

☐ C₆ (Гексан)

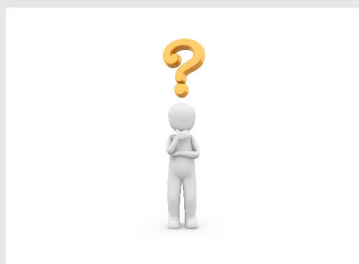
☐ C₅ (Пентан)

☐ C₇ (Гептан)

☒ Перевірка

Оцінка (10/10)

PHYWE



Під час перегонки з повним зворотним холодильником, яка частка вмісту на дні тарілки 2 (тарілка під головною колонкою)?

☐ C₅ (Пентан) > C₆ (Гексан) > C₇ (Гептан)

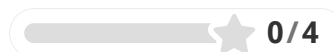
☐ C₅ (Пентан) < C₆ (Гексан) < C₇ (Гептан)

☐ C₅ (Пентан) > C₇ (Гептан) > C₆ (Гексан)

☒ Перевірка

Слайд	Оцінка / Всього
Слайд 28: Перевага бульбашкового лотка	0/2
Слайд 29: Різні температури кипіння	0/1
Слайд 30: Співвідношення фракцій	0/1

Підсумкова оцінка



Показати відповідь



Повторити