

LÝ THUYẾT TRUYỀN KHỐI

HẤP THU

Câu 1: Hấp thu là gì? Phân loại quá trình hấp thu theo những tiêu chí nào? Phạm vi ứng dụng.

❖ **Khái niệm:** Hấp thu là quá trình hòa tan có chọn lọc một hay nhiều cấu tử trong hỗn hợp khí vào trong chất lỏng → Dung để tách các cấu tử khí bằng dung môi.

- Cấu tử được tách gọi là cấu tử bị hấp thu;
- Dung môi hòa tan là tác nhân hấp thu;
- Khí không hòa tan gọi là khí trơ;

❖ **Phân loại:**

- Theo bản chất hóa học:
 - + Hấp thu hóa học: có phản ứng giữa chất bị hấp thu và dung môi.
 - + Hấp thu vật lý: không có phản ứng giữa chất bị hấp thu và dung môi.
- Theo chiều chuyển động của chất bị hấp thu (khí):
 - + Khí → lỏng: Hấp thu.
 - + Lỏng → Khí: Nhả hấp thu.
- Thường 2 quá trình tiến hành đồng thời (thuận nghịch).
- Theo chiều chuyển động của 2 pha: $\begin{cases} \text{Xuôi chiều} \\ \text{Ngược chiều} \\ \text{Chéo chiều} \end{cases}$
- Theo tính chọn lọc:
 - + Tuyệt đối: hòa tan cấu tử này mà không hòa tan cấu tử khác (lý thuyết).
 - + Tương đối: hòa tan nhiều cấu tử này, hòa tan ít cấu tử khác (quá trình thực tế).
- Theo áp suất làm việc $\begin{cases} \text{Áp suất thấp} \\ \text{Áp suất thường} \\ \text{Áp suất cao} \end{cases}$
- Theo nhiệt độ $\begin{cases} \text{Đẳng nhiệt} \\ \text{Đa biến nhiệt} \end{cases}$

❖ **Phạm vi ứng dụng:**

- Xử lý khí thải (CO_2 , NO_x , SO_x , CO , ...).
- Tiến hành các quá trình công nghệ.
VD: hấp thu SO_3 vào nước để sản xuất H_2SO_4 ; hấp thu O_2 vào nước để xử lý nước thải; ...
- Thu hồi cấu tử quý.
- Tái sinh dung môi sạch (nhả hấp thu).

Câu 2: Khi lựa chọn dung môi hấp thu cần tuân theo những tiêu chí nào?

- Độ chọn lọc cao: chỉ hòa tan với một số cấu tử, còn những cấu tử khác không hòa tan hoặc hòa tan rất ít.
- Độ nhớt nhỏ (giảm trở lực, tăng hệ số truyền khối); nhiệt dung riêng nhỏ (tiết kiệm nhiệt năng khi hoàn nguyên dung môi).
- Có nhiệt độ sôi khác xa với nhiệt độ sôi của cấu tử hòa tan (dễ dàng hoàn nguyên thông qua chưng cất) → Dễ tái sinh.
- Không tạo kết tủa, không bay hơi trong quá trình hấp thu.
- Ít độc hại với con người, không ăn mòn thiết bị.
- Rẻ, dễ kiếm, nguồn cung ổn định.

Câu 3: Lượng dung môi tiêu hao riêng, lượng dung môi tiêu hao riêng tối thiểu là gì? Cách xác định.

❖ Khái niệm:

– Lượng dung môi tiêu hao riêng (hệ số góc đường làm việc): là lượng dung môi làm sạch 1 kmol khí trơ.

$$l = \frac{L_{tr}}{G_{tr}} = \frac{Y_V - Y_R}{X_R - X_V}$$

– Lượng dung môi tiêu hao riêng tối thiểu: là lượng dung môi tiêu hao riêng khi động lực quá trình bằng 0.

$$l_{min} = \frac{Y_V - Y_R}{X^* - X_V}$$

với X^* : nồng độ pha lỏng cực đại ứng với nồng độ ra của pha lỏng cân bằng với nồng độ vào của pha khí.

❖ Xác định: bằng 3 cách

– Theo chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật:

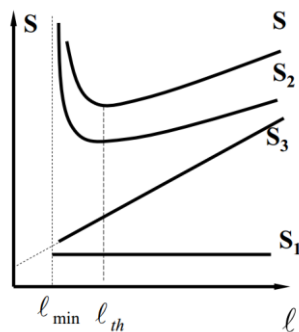
Tổng chi phí $S = S_1 + S_2 + S_3 \rightarrow \text{Min}$

với S_1 : chi phí dung môi;

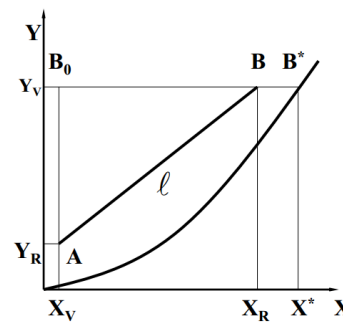
S_2 : chi phí đầu tư;

S_3 : chi phí gián tiếp;

\Rightarrow Khá chính xác, nhưng khó thực hiện.



– Cho trước hệ số dư dung môi $\alpha \rightarrow$ tính l theo l_{min}



– Theo công thức kinh nghiệm: $\alpha = \frac{l}{l_{min}} = 1,2 \div 1,5$: hệ số dư dung môi;

Câu 4: Các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình hấp thu.

❖ **Nhiệt độ:** Khi nhiệt độ tăng \rightarrow hằng số Henry tăng [$k_H = f(T)$] \rightarrow độ hòa tan khí trong lỏng giảm \rightarrow hấp thu giảm.

❖ **Áp suất:** Khi áp suất tăng \rightarrow hằng số Henry giảm [$k_H = f(T)$] \rightarrow hấp thu tốt hơn.

\rightarrow Khi tiến hành quá trình hấp thu ở áp suất cao thì trở lực tăng, bề dày thiết bị tăng, thiết bị phải kín, tăng công suất điện, ... \Rightarrow Hấp thu thường tiến hành ở áp suất thường.

❖ **Chiều chuyển động của 2 pha:** động lực quá trình hấp thu khi tiến hành ngược chiều lớn hơn động lực quá trình khi tiến hành xuôi chiều: $\Delta_{ngược} > \Delta_{xuôi}$

❖ **Chiều cao thiết bị:** khi chiều cao thiết bị tăng \rightarrow nhiệt lượng tăng (hấp thu là quá trình tỏa nhiệt) \rightarrow nhiệt tỏa ra làm tăng nhiệt độ \rightarrow động lực quá trình giảm \rightarrow hấp thu kém.

\Rightarrow Để quá trình hấp thu diễn ra tốt nên tiến hành ở nhiệt độ thấp, áp suất cao và tiến hành ngược chiều.

CHUNG CẤT

Câu 1: Chung là gì? Các phương pháp phân loại quá trình chung. Các phương pháp chung và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp.

❖ **Khái niệm:** Chung là quá trình tách hỗn hợp lỏng thành các cấu tử riêng biệt dựa vào độ bay hơi tương đối khác nhau.

❖ Phân loại:

- Theo số cấu tử: $\begin{cases} 2 \text{ cấu tử: etanol – nước; aceton – nước, ...} \\ \text{nhiều cấu tử: dầu mỏ, tinh dầu, ...} \end{cases}$
- Theo áp suất:
 - + Áp suất thường: dễ thực hiện.
 - + Áp suất thấp: nhiệt độ sôi của hỗn hợp giảm \rightarrow thường dùng để chưng các hợp chất dễ bị biến tính nhiệt hoặc nhiệt độ sôi quá cao.
 - + Áp suất cao: tách các hỗn hợp không hóa lỏng được ở nhiệt độ thường.
- Theo số bậc: 1 bậc; nhiều bậc.
- Theo phương pháp cấp nhiệt: trực tiếp; gián tiếp.
- Theo thiết bị sử dụng: tháp chêm, tháp mâm, tháp màng.

❖ Các phương pháp chưng & phạm vi ứng dụng:

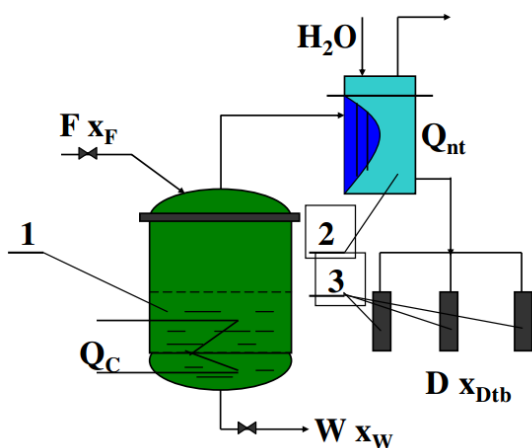
- Chưng đơn giản: dùng để tách hỗn hợp có các cấu tử có độ bay hơi tương đối rất khác nhau \rightarrow tách sơ bộ hoặc làm sạch các cấu tử khỏi tạp chất.
- Chưng bằng hơi nước trực tiếp: dùng để tách các hỗn hợp gồm các chất khó bay hơi và tạp chất không bay hơi \rightarrow ứng dụng trong trường hợp chất được tách không tan vào nước.
- Chưng chân không: dùng trong trường hợp cần hạ thấp nhiệt độ sôi của cấu tử. Ví dụ như trường hợp các cấu tử trong hỗn hợp dễ bị phân hủy ở nhiệt độ cao hay trường hợp các cấu tử có nhiệt độ sôi quá cao.
- Chưng cất: là phương pháp phổ biến nhất dùng để tách hoàn toàn hỗn hợp các cấu tử dễ bay hơi có tính chất hòa tan một phần hoặc hòa tan hoàn toàn vào nhau.

Câu 2: Phân biệt chưng cất và cô đặc.

- ❖ Giống nhau: đều tiến hành ở nhiệt độ sôi và hỗn hợp hơi – lỏng (chuyển di chuyển từ pha lỏng vào pha hơi).
- ❖ Khác nhau:
 - Chưng: cấu tử A, B đều bay hơi nhưng nồng độ khác nhau.
 - Cô đặc: chỉ có dung môi bay hơi, chất tan không bị bay hơi.

Câu 3: Trình bày sơ đồ nguyên lý, ưu – nhược điểm, biện pháp khắc phục và phạm vi sử dụng của quá trình chưng 1 bậc.

❖ Sơ đồ nguyên lý:



(1): nồi đun; (2): thiết bị ngưng tụ; (3): sản phẩm;

- Cho nguyên liệu vào nồi đun, cấp nhiệt để đun sôi hỗn hợp.
- Hơi bay lên được ngưng tụ thành sản phẩm đỉnh.
- Chưng đến nồng độ cần thiết, ngưng lại, tháo sản phẩm đáy rồi tiến hành lại theo mẻ (quá trình gián đoạn).

❖ **Ưu điểm**: đơn giản; vốn đầu tư thấp; công nghệ linh động,...

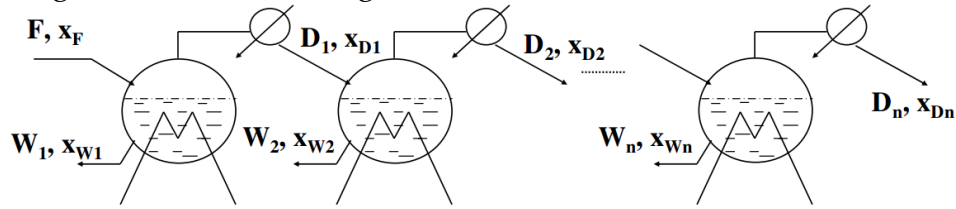
❖ **Nhược điểm**:

- Nồng độ sản phẩm thu được thấp, không đều.
- Hiệu suất, năng suất thấp.
- Tốn nhân công, chi phí năng lượng.
- Khó cơ giới hóa, tự động hóa.

❖ Khắc phục:

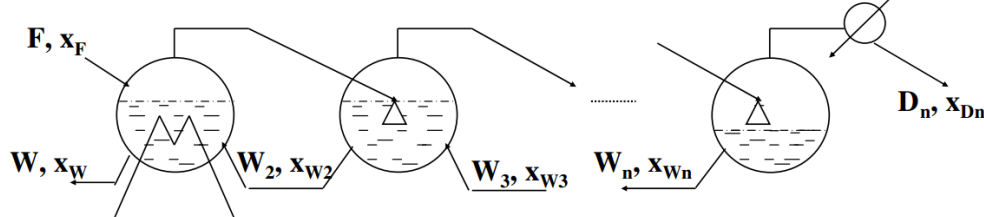
- Thực hiện ghép song song \rightarrow năng suất cao.

- Sử dụng lại sản phẩm đáy (bã) → hiệu suất cao.
- Lắp lại chưng đơn giản nhiều lần → nồng độ cao.



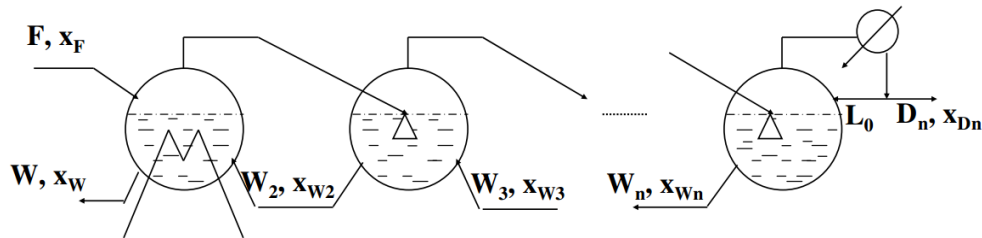
→ **Nhược điểm:** tốn kém thiết bị, năng lượng, nước làm nguội; nhiều sản phẩm trung gian.

⇒ **Cải tiến** { dd có nhiệt độ giảm dần → dùng lỏng bậc sau ngưng tụ lỏng bậc trước.
 hơi có nhiệt độ giảm dần → dùng hơi bậc trước đun nóng bậc sau.



→ **Nhược điểm:** ở bậc cuối đầu vào gồm lỏng và hơi, đầu ra chỉ có hơi → bị khô.

⇒ **Cải tiến:** chia lỏng ngưng tụ thành 2 phần lỏng hồi lưu và lỏng ngưng tụ thành sản phẩm đỉnh.



→ **Nhược điểm:** tốn bơm, tiêu tốn năng lượng, chiếm diện tích nhiều.

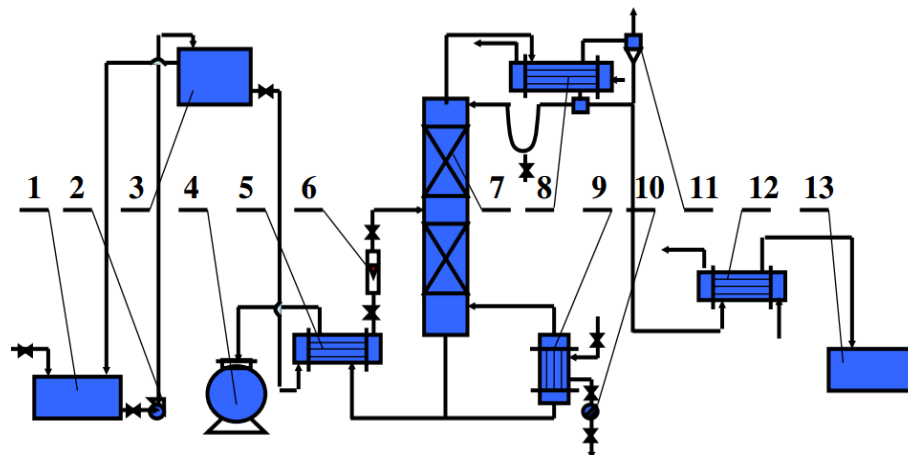
⇒ **Cải tiến:** chồng các bậc lên nhau → không tiêu tốn bơm, tiết kiệm diện tích.

❖ Phạm vi sử dụng:

- Khi nhiệt độ sôi của 2 cấu tử khác xa nhau.
- Đối với sản phẩm có độ tinh khiết không cao.
- Tách sơ bộ hỗn hợp nhiều cấu tử với năng suất nhỏ, độ bay hơi tương đối cao.

Câu 4: Trình bày sơ đồ cấu tạo (chú thích đầy đủ) và nguyên lý hoạt động của hệ thống chưng cất liên tục hệ 2 cấu tử.

❖ Sơ đồ cấu tạo:

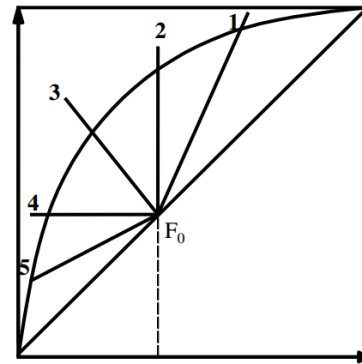
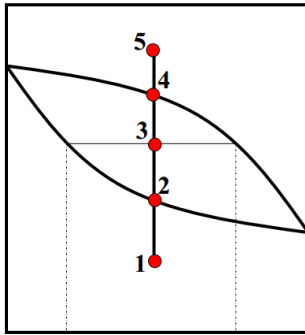


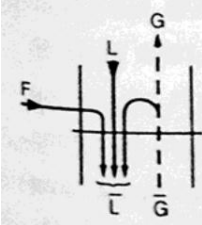
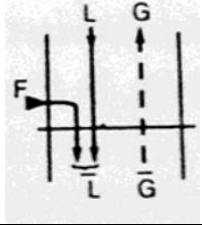
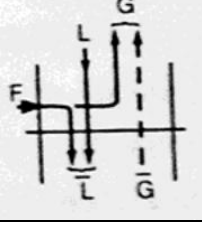
- 1 – Bồn chứa nguyên liệu;
- 2 – Bơm;
- 3 – Thùng cao vị;
- 4 – Thùng chứa sản phẩm đáy;
- 5 – Thiết bị gia nhiệt nguyên liệu;
- 6 – Lưu lượng kế;
- 7 – Tháp chưng luyện;
- 8 – Thiết bị ngưng tụ hồi lưu;
- 9 – Thiết bị đun sôi đáy tháp;
- 10 – Tháo nước ngưng;
- 11 – Tách khí không ngưng;
- 12 – Làm lạnh sản phẩm đỉnh;
- 13 – Bồn chứa sản phẩm đỉnh;

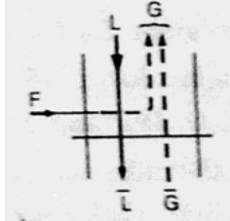
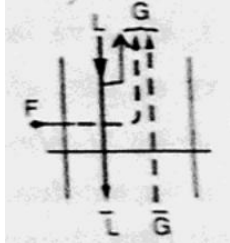
❖ **Nguyên lý hoạt động:**

- Nguyên liệu được bơm vào thùng cao vị (bơm dư, phần dư chảy tràn lại bồn chứa nguyên liệu) → Khi không sử dụng bồn cao vị thì sử dụng bơm để bơm nguyên liệu, nên gắn nhiều bơm để tránh việc bơm gặp trục trặc.
- Thùng cao vị: tạo ra lưu lượng ổn định.
- Sau đó nguyên liệu đi qua thiết bị gia nhiệt (nguyên liệu đi trong ống, sản phẩm đáy ngoài vỏ) → tận dụng sản phẩm đáy để đun nóng nguyên liệu.
- Nguyên liệu sau khi được gia nhiệt đi vào tháp chưng cất → hơi đi từ dưới lên, lỏng chảy từ trên xuống theo các ống chảy chuyển → nồng độ các cấu tử thay đổi theo chiều cao của tháp, nhiệt độ sôi cũng thay đổi tương ứng với sự thay đổi nồng độ → xảy ra quá trình truyền khối (một phần cấu tử dễ bay hơi di chuyển từ pha lỏng vào pha hơi và một phần ít hơn di chuyển ngược lại).
- Hơi đi lên, qua thiết bị ngưng tụ → hơi đi ngoài vỏ, nước làm nguội đi trong ống → sau đó được hoàn lưu để tránh làm khô tháp.
- Lỏng đi từ trên xuống → sản phẩm đáy.

Câu 5: Trình bày ảnh hưởng của trạng thái nhập liệu đến quá trình chưng cất.



STT	Trạng thái nhập liệu		L, L'	G, G'	q	$\frac{q}{q-1}$
1	Lỏng chưa sôi		$L = RD$ $L' = RD + F + \epsilon F$	$G = (R + 1)D$ $G' = G + \epsilon F$	$q > 1$	> 1
2	Lỏng bão hòa		$L = RD$ $L' = RD + F$	$G = (R + 1)D$ $G' = G$	$q = 1$	∞
3	Hh lỏng hơi		$L = RD$ $L' = RD + \beta F$	$G = (R + 1)D$ $G' = G - (1 - \beta)F$	$1 > q > 0$	< 0

4	Hơi bão hòa		$L = RD$ $L' = RD$	$G = (R + 1)D$ $G' = G - F$	$q = 0$	0
5	Hơi quá nhiệt		$L = RD$ $L' = RD - vF$	$G = (R + 1)D$ $G' = G + vF$	$q < 0$	$1 > \frac{q}{q-1} > 0$

Câu 6: Nêu các khái niệm liên quan chỉ số hồi lưu và cách xác định chúng? Chỉ số hồi lưu ảnh hưởng như thế nào đến quá trình chưng cất.

❖ **Chỉ số hồi lưu (R):** là lượng lỏng hồi lưu ứng với 1 kmol sản phẩm đỉnh → xác định bằng 3 phương pháp.

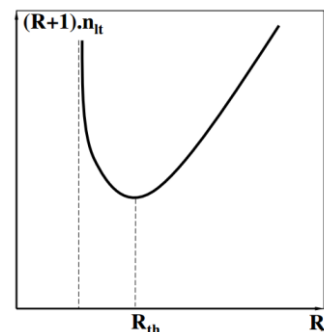
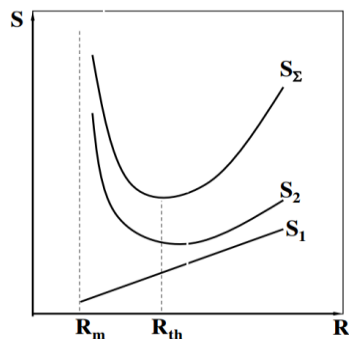
– Xác định theo chỉ tiêu kinh tế – kỹ thuật: tổng chi phí của quá trình chưng cất là nhỏ nhất.

$$S_{\min} = S_1 + S_2 + S_3$$

với S_1 : chi phí vận hành; S_2 : chi phí đầu tư; S_3 : chi phí gián tiếp;

– Xác định theo chỉ tiêu thể tích tháp nhỏ nhất: $V \sim (R + 1) \cdot n_{lt}$

→ Lập bảng R, n_{lt} , V → Vẽ đồ thị.



– Xác định theo công thức kinh nghiệm với $R = 1,3R_{\min} + 0,3$ hoặc $R/R_{\min} = 1,1 \div 3$

❖ **Chỉ số hồi lưu tối thiểu (R_{\min}):** là chỉ số hồi lưu ứng với động lực quá trình bằng 0 (đường làm việc cắt đường cân bằng) và số mâm lý thuyết là ∞ → xác định bằng 2 cách.

– Xác định bằng công thức: $R_{\min} = \frac{x_D - y_F^*}{y_F^* - x_F}$

– Xác định bằng đồ thị:

+ Vẽ đường cân bằng, đường nhập liệu $y = \frac{q}{q-1}x - \frac{x_F}{q-1}$ (nếu nhập liệu lỏng sôi thì đường nhập liệu là đường thẳng đứng).

+ Tìm giao điểm F^* giữa đường cân bằng và đường nhập liệu.

+ Nối D (x_D ; x_D) với giao điểm F^* → cắt nhau tại $y_0^* = \frac{x_D}{R_{\min} + 1}$

❖ **Chỉ số hồi lưu tối ưu ($R_{\text{tối ưu}}$):** là chỉ số hồi lưu dùng để thiết kế ứng với chi phí thấp nhất.

⇒ **Kết luận:** chỉ số hồi lưu là đại lượng có ảnh hưởng khá lớn đến quá trình chưng cất → Ảnh hưởng tới chi phí vận hành, chi phí đầu tư và chất lượng sản phẩm.

- Khi R tăng → lượng nước ngưng tụ tăng → tăng chi phí bơm nước, xử lý nước.
- Khi R tăng → lượng hơi nước sử dụng tăng → tăng chi phí nhiên liệu cho thiết bị, ...
- Khi R tăng → đường kính thiết bị tăng, số mâm lý thuyết giảm → tăng chi phí đầu tư (thuê/mua đất, lắp đặt và mua sắm thiết bị, ...).

TRÍCH LY LỎNG – LỎNG

Câu 1: Trích ly lỏng – lỏng là gì? Cho ví dụ. Phân loại và ứng dụng.

❖ **Khái niệm:** Là quá trình tách các cấu tử của hỗn hợp lỏng bằng một dung môi không tan trong dung môi ban đầu. Trong đó:

- Cấu tử được tách (C): cấu tử bị trích ly.
- Dung môi sử dụng (S – B): tác nhân/chất trích ly.
- Dung môi + cấu tử bị trích ly: pha chiết (E).
- Dung dịch đầu + cấu tử trích ly: pha rafinat (R).

VD: $F (H_2O + CH_3COOH) + S (C_6H_6) \rightarrow R (H_2O) + E (CH_3COOH + C_6H_6)$

❖ **Phân loại:**

- Theo số cấu tử: $\begin{cases} 1 \text{ cấu tử} \\ \text{nhiều cấu tử} \end{cases}$
- Theo chiều chuyển động: $\begin{cases} \text{cùng chiều} \\ \text{ngược chiều} \\ \text{giao chiều} \end{cases}$
- Theo số bậc: $\begin{cases} 1 \text{ bậc} \\ \text{nhiều bậc} \end{cases}$

❖ **Ứng dụng:** Trích ly lỏng – lỏng được dùng để tách hỗn hợp lỏng khi không tách được bằng chưng cất.

- Hỗn hợp đẳng phí. Ví dụ: Etanol – nước.
- Hỗn hợp có nhiệt độ sôi cao, nhưng dễ bị phân hủy ở nhiệt độ này. Ví dụ: Tinh dầu.
- Hỗn hợp tách được bằng chưng cất, nhưng chi phí cao. Ví dụ: nước – acid acetic.
- Hỗn hợp tách được bằng chưng cất, nhưng chi phí cao. Ví dụ: nước – acid acetic.

Câu 2: Ưu điểm và nhược điểm của trích ly. Những yêu cầu nào trong việc lựa chọn dung môi? Yêu cầu nào ưu tiên nhất?

❖ **Ưu điểm:** Tách được các hỗn hợp lỏng mà chưng cất không tách được. Thường tiến hành ở điều kiện đẳng nhiệt nên bỏ qua phần cân bằng năng lượng.

❖ **Nhược điểm:**

- Dung môi: Tốn chi phí mua dung môi và khó tách hết dung môi ra khỏi sản phẩm.
- Phức tạp. Ví dụ: Trích ly xong lại phải chưng cất → tách dung môi.

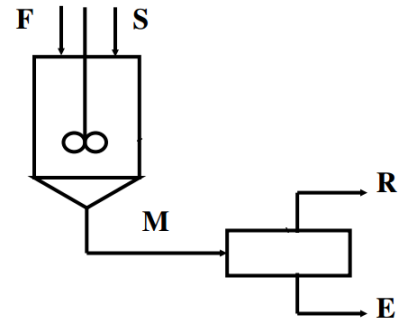
❖ **Yêu cầu trong việc lựa chọn dung môi:** Chọn dung môi là việc đầu tiên và phải đúng → Độ chọn lọc là ưu tiên nhất.

- Độ chọn lọc cao.
- Hệ số phân bố lớn.
- Tính không hòa tan của dung môi.
- Dễ tái sinh.
- Ít độc hại, rẻ tiền, dễ kiếm, ổn định.

Câu 3: Trình bày sơ đồ nguyên lý trích ly 1 bậc? CBVC trên đồ thị Δ và xy. Ưu điểm, nhược điểm, cách khắc phục và phạm vi ứng dụng.

❖ Sơ đồ nguyên lý:

- Cho F, xF cùng dung môi S, yS vào thùng khuấy để phân tán pha.
- Khuấy mạnh, thời gian đủ lớn, coi như quá trình đạt cân bằng.
- Cho vào thiết bị phân ly tách thành 2 lớp R và E.
- Lấy dịch chiết E tách thu B và hoàn nguyên dung môi S.



❖ Cân bằng vật chất: Cho F, xF, e (xR). Tính S, E, yE, R, giới hạn quá trình.

• Giản đồ tam giác đều:

- $F + S = M = R + E \rightarrow \begin{cases} \text{FSM} \\ \text{MRE} \end{cases}$ lập thành quy tắc đòn bẩy.

- Quy tắc đòn bẩy cho FSM: $\frac{F}{MS} = \frac{S}{MF} = \frac{M}{FS}$

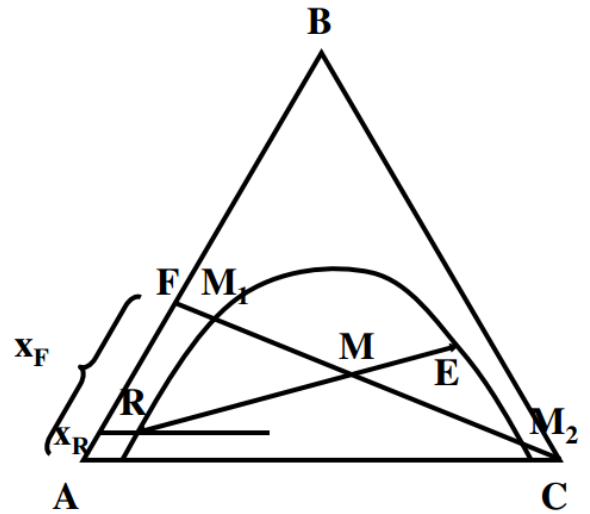
- Lượng dung môi: $S = F \cdot \frac{\overline{MF}}{\overline{MS}}$

- Quy tắc đòn bẩy cho MRE: $\frac{E}{RM} = \frac{M}{RE} = \frac{R}{EM}$

- Lượng dịch chiết: $E = M \cdot \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}} = (F + S) \cdot \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}}$

- Lượng pha Rafinat: $R = M - E$

- Lượng chất chiết được: $G_B = y_E \cdot E$



- Để trích ly được thì $M \in M_1M_2$: $S_{\min} \leq S \leq S_{\max}$ khi $\begin{cases} M \equiv M_1 : S_{\min} = F \cdot \frac{\overline{M_1F}}{\overline{M_1S}} \\ M \equiv M_2 : S_{\max} = F \cdot \frac{\overline{M_2F}}{\overline{M_2S}} \end{cases}$

- Giới hạn quá trình trích ly: $x_F < x_F^* \rightarrow$ Để trích ly được vùng $x_F \geq x_F^*$ cần giảm nhiệt độ.

• Giản đồ xy: Dung dịch và dung môi hoàn toàn không tan $\rightarrow \tan \varphi = -\frac{F}{S} \Rightarrow S = -\frac{F}{\tan \varphi}$

❖ Ưu điểm: Đơn giản, công nghệ linh động, vốn đầu tư thấp.

❖ Nhược điểm: $\begin{cases} \text{Chất lượng không đều} \\ \text{Hiệu suất thấp, năng suất không cao, độ thu hồi thấp} \\ \text{Khó cơ giới hóa, khó tự động hóa} \end{cases}$

❖ Phạm vi sử dụng: Tách sơ bộ hỗn hợp có thể hoàn tan lớn nhưng với hiệu suất không cao.

❖ Khắc phục: Để tăng độ thu hồi tiến hành trích ly nhiều bậc.

Câu 4: Trình bày sơ đồ nguyên lý quá trình trích ly nhiều bậc giao dòng (chéo dòng)? Cân bằng vật chất và xác định bậc trên giản đồ Δ và xy. Ưu điểm, nhược điểm, phạm vi ứng dụng và cách khắc phục.

❖ Sơ đồ nguyên lý:

Dung dịch đầu cho vào bậc 1, pha Rafinat bậc 1 đi vào bậc 2, ra khỏi bậc 2 đi vào bậc 3, ... Dung môi được cho vào mỗi bậc → Tiến hành cho đến khi đạt yêu cầu thì tách sản phẩm ra.

❖ **Cân bằng vật chất:** Cho F , x_F , x_R . Tính n , S , E , y_E .

• Giản đồ tam giác đều:

– Bậc I: Nối FS, chọn $\frac{F}{S_1} = k_1 = 1 \rightarrow M_1 \rightarrow$ Tìm R_1 ,

E_1 dựa vào: $F + S_1 = R_1 + E_1$ và đường cong phụ.

– Bậc II: Nối R_1S , chọn $\frac{R_1}{S_2} = k_2 = 1 \rightarrow M_2 \rightarrow$ Tìm

R_2 , E_2 dựa vào: $F + S_2 = R_2 + E_2$ và đường cong phụ, ...

– Tương tự cho đến khi $R_i \leq R_{\text{cho trước}} \rightarrow$ Số tia là số bậc n .

→ Lượng dung môi cần dùng: $S = \sum S_i = F + R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1}$

→ Lượng chất trích được: $G = \sum y_i E_i \approx y_E E$

• Giản đồ xy: Khi dung môi và dung dịch ban đầu không tan.

– Bậc I: Chọn $\frac{F}{S_1} = k_1 = \tan \varphi_1 \rightarrow$ Nối FA cắt đường cân bằng được x_1 .

– Bậc II: Chọn $\frac{R_1}{S_2} = k_2 = \tan \varphi_2 \rightarrow$ Nối R_1B cắt đường cân bằng được x_2 .

– Nối đến khi $x_n \leq x_R \rightarrow$ Số tia vẽ được là số bậc n .

❖ **Ưu điểm:** Cấu tử cần trích được trích ra khỏi dung dịch ban đầu tối ưu hơn so 1 bậc.

❖ **Nhược điểm:** $\begin{cases} \text{Nhiều sản phẩm trung gian} \\ \text{Tồn thùng chứa} \\ \text{Khó sử dụng} \end{cases}$

❖ **Cách khắc phục:** Để thu được một sản phẩm tiến hành nhiều bậc ngược chiều.

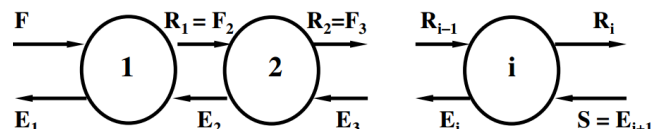
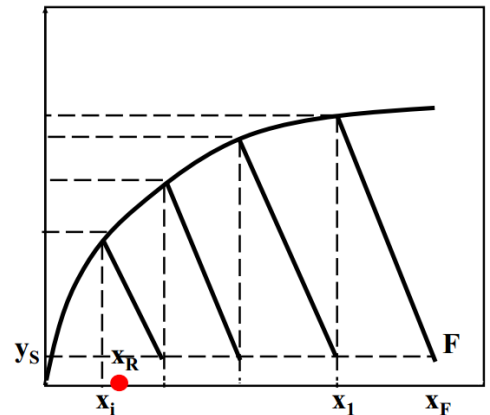
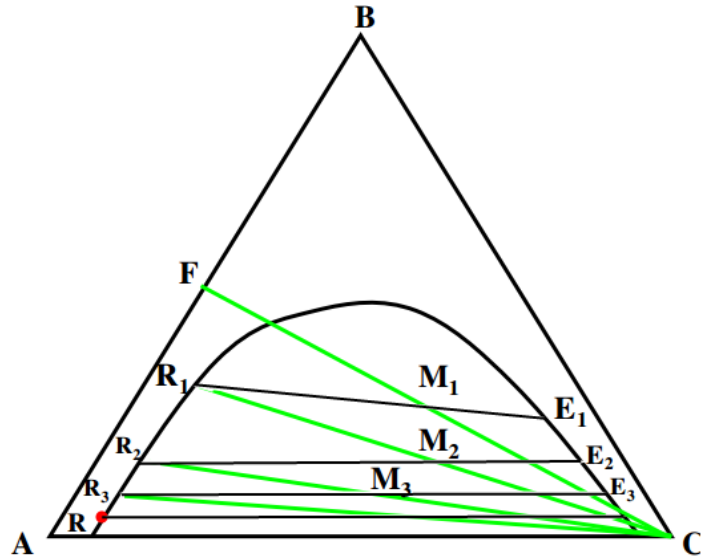
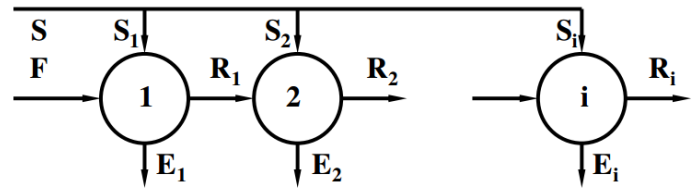
❖ **Phạm vi sử dụng:** Phần lớn các dung dịch có thể trích.

Câu 5: Trình bày sơ đồ nguyên lý quá trình trích ly nhiều bậc ngược chiều. CBVC trên giản đồ Δ và xy.
Ưu nhược điểm, phạm vi sử dụng và cách khắc phục.

❖ Sơ đồ nguyên lý:

– Nhập liệu tiếp xúc dịch chiết $E_1 \rightarrow$ nồng độ cao hơn.

– Đầu ra tiếp xúc $S \rightarrow$ chiết triệt để hơn.



❖ **Cân bằng vật chất:** Cho F, x_F, x_R . Tính n, E_1, y_E, S .

• Giản đồ tam giác đều:

– Do quá trình ngược chiều: $F - E_1 = R_1 - E_2 = R_2 - E_3 = \dots = R_n - S = P$

– Bậc I: Nối FS, chọn $\frac{F}{S} = k_1 = 1 \rightarrow M \rightarrow$ Nối RM cắt đường cân bằng tại E_1 , từ E_1 xác định R_1 bằng đường cong phụ.

– Bậc II: Nối PR_1 cắt đường cân bằng tại E_2 , từ E_2 xác định R_2 bằng đường cong phụ, ...

– Nối đến khi tia PR_n nằm dưới hoặc trùng tia PR ban đầu thì dừng \rightarrow Số tia là số bậc n .

\rightarrow Lượng dung môi: $S = k_1.F$

\rightarrow Lượng chất trích được:

$$E_1 = G = F \left(1 + \frac{\overline{MF}}{\overline{MS}} \right) \frac{\overline{RM}}{\overline{RE}} \approx E.y_E$$

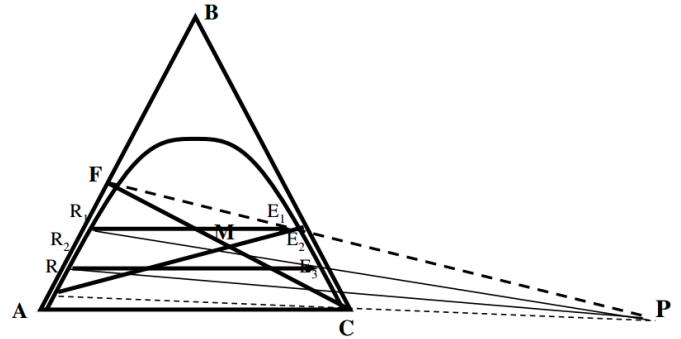
• Giản đồ xy: Dùng khi dung môi và dung dịch ban đầu không tan vào nhau.

Từ $(x_F; y_1)$ vẽ bậc tam giác lần lượt giữa đường 45° và đường cân bằng cho đến khi $x_n \leq x_R \rightarrow$ Số Δ vẽ được là số bậc.

❖ **Ưu điểm:** { Thu 1 sản phẩm
trích được đến nồng độ mong muốn
tăng nồng độ thu hồi bậc cuối

❖ **Nhược điểm:** Phức tạp.

❖ **Phạm vi sử dụng:** phần lớn dung dịch đều có thể trích.



SẤY VẬT LIỆU

Câu 1: Trình bày khái niệm sấy, tác nhân sấy. Phân loại & phạm vi ứng dụng. Phân biệt sấy với cô đặc.

❖ **Khái niệm:**

– Sấy: là quá trình tách ẩm ra khỏi vật liệu bằng cách cấp nhiệt cho ẩm bay hơi (làm khô vật liệu).
– Tác nhân sấy: là môi trường cấp nhiệt để tách ẩm khỏi vật liệu. VD: không khí nóng, khói lò, khí tro, chất lỏng, ...

❖ **Phân loại:**

– Theo nguyên lý làm việc: { Gián đoạn (phổ biến)
Liên tục (công nghiệp)
Bán liên tục

– Theo chiều chuyển động của tác nhân với vật liệu: { Xuôi chiều
Ngược chiều
Chéo chiều

– Theo tác nhân sấy: { Khí tro
Khói lò
Không khí nóng

– Theo phương pháp cấp nhiệt và tách ẩm: { Đối lưu
Dẫn nhiệt
Bức xạ

- Theo áp suất làm việc: $\begin{cases} \text{chân không} \\ \text{khí quyển} \end{cases}$
- Theo trạng thái vật liệu trong thiết bị sấy: $\begin{cases} \text{Cố định} \\ \text{Xáo trộn} \\ \text{Lơ lửng} \end{cases}$
- Theo thiết bị sử dụng: $\begin{cases} \text{Tủ sấy, hầm sấy} \rightarrow \text{Vật liệu cố định} \\ \text{Băng tải, thùng quay} \rightarrow \text{Vật liệu xáo trộn} \\ \text{Tầng sôi, phun, thổi khí} \rightarrow \text{Vật liệu lơ lửng} \end{cases}$
- Theo trạng thái ẩm trong vật liệu: $\begin{cases} \text{Sấy thăng hoa} \\ \text{Sấy đối lưu} \end{cases}$

❖ Phạm vi ứng dụng:

- Giảm trọng lượng \rightarrow giảm công chuyên chở \rightarrow giảm chi phí, giảm giá thành. VD: sấy cát;
- Tăng độ bền cơ học của vật liệu. VD: sấy gỗ, gạch, gốm sứ, ...
- Tăng độ bền sinh học. VD: Sấy lúa, thực phẩm, ...
- Tăng giá trị cảm quan. VD: Sấy trà, cà phê, ...

❖ Phân biệt sấy và cô đặc:

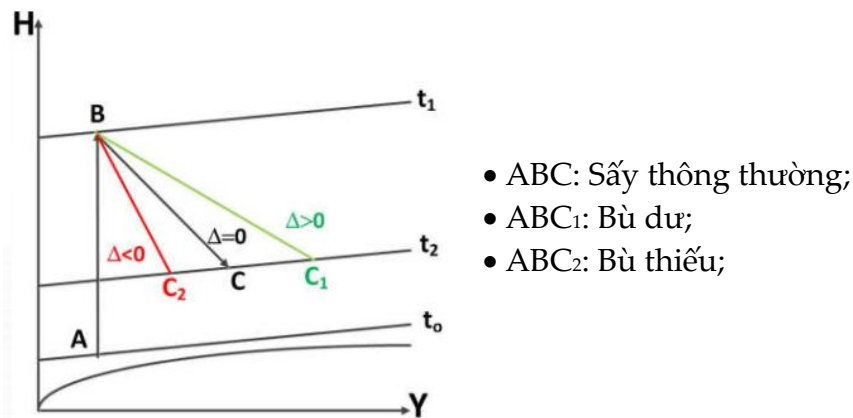
	Sấy	Cô đặc
Giống nhau	<ul style="list-style-type: none"> – Dùng nhiệt tách dung môi ra khỏi vật liệu. – Làm tăng nồng độ nguyên liệu. 	
Khác nhau	<ul style="list-style-type: none"> – Vật liệu ở trạng thái bất kỳ thường là rắn. – Tiến hành ở nhiệt độ bất kỳ. 	<ul style="list-style-type: none"> – Luôn ở dạng dung dịch. – Tiến hành ở nhiệt độ sôi.

Câu 2: Động lực quá trình sấy là gì? Thế sấy là gì?

- Động lực quá trình sấy là sự chênh lệch độ ẩm ở trong lòng vật liệu và trên bề mặt vật liệu. Sấy xảy ra khi áp suất hơi trên bề mặt vật liệu lớn hơn áp suất riêng phần hơi nước của tác nhân sấy.
- Động lực quá trình luôn thay đổi trong suốt quá trình sấy, có thể tính động lực quá trình theo áp suất, nhiệt độ, độ ẩm tương đối, độ ẩm tuyệt đối, thế sấy \rightarrow động lực trung bình log.
- Thế sấy: là một đại lượng tính bằng chênh lệch nhiệt độ bầu khô và bầu ướt, đặc trưng cho khả năng cấp nhiệt bốc hơi của không khí. $\varepsilon = T_k - T_u$

Câu 3: Phân biệt sấy lý thuyết và sấy thực tế.

- Sấy lý thuyết: nhiệt lượng tổn thất chung được bù lại hoàn toàn bằng nhiệt lượng của nước trong vật liệu ẩm mang vào và nhiệt do calorifer bổ sung.
- Sấy thực tế: lượng nhiệt bổ sung chung và lượng nhiệt tổn thất chung là không bằng nhau.

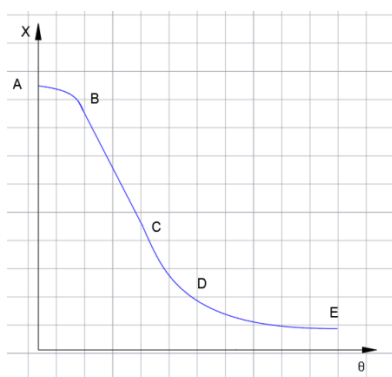


Câu 4: Đường cong sấy là gì? Đường cong tốc độ sấy là gì? Được xây dựng như thế nào và ứng dụng.

❖ **Đường cong sấy:** là đường biểu diễn độ ẩm của vật liệu sấy theo thời gian sấy.

→ Xây dựng dựa vào thí nghiệm sấy: lập bảng số liệu từ thí nghiệm sấy

STT	Thời gian	Khối lượng	X (kg ẩm/kg VL khô)
0	t_0	m_0	$X_i = \frac{m_i - m_k}{m_k}$ <p>với m_k: khối lượng vật liệu khô tuyệt đối;</p>
1	t_1	m_1	
2	t_2	m_2	
...	
$n-1$	t_{n-1}	m_{n-1}	
n	t_n	m_n	

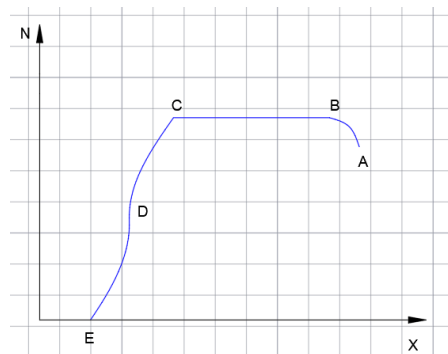


- AB: Đốt nóng vật liệu $\begin{cases} T_{VL} \rightarrow T_u \\ N \uparrow \end{cases}$
- BC: Sấy đẳng tốc $\begin{cases} N_c = \text{const} \\ T_{VL} = T_u \end{cases}$ (X và θ tuyến tính);
- CDE: Sấy giảm tốc $\begin{cases} T_{VL} \rightarrow T_u \\ N \downarrow \text{tới } 0 \end{cases}$

❖ **Đường cong tốc độ sấy:** là đường biểu diễn

tốc độ sấy theo độ ẩm vật liệu.

→ Xây dựng bằng cách lấy đạo hàm đường cong sấy được đường cong tốc độ sấy.



Câu 5: Ẩm là gì? Nêu các liên kết giữa ẩm với vật liệu. Vật liệu sấy được chia thành mấy loại?

❖ **Khái niệm:** Ẩm là dung môi bất kỳ (thường là nước) tồn tại ở dạng hơi.

❖ Các **liên kết giữa ẩm với vật liệu:** 3 loại liên kết

– Liên kết hóa học: bền, không tách được bằng sấy.

+ Liên kết ẩm dưới dạng tinh thể ngậm nước. VD: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; ...

+ Liên kết ẩm dưới dạng $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

– Liên kết hóa lý: khá bền, tách được bằng sấy NHƯNG không tách được hoàn toàn, chỉ tách được đến độ ẩm cân bằng.

+ Liên kết hấp phụ: do lực Van der Waals, lực tĩnh điện, lực điện trường, ... hấp phụ lên bề mặt vật liệu đơn lớp hoặc đa lớp.

+ Liên kết thẩm thấu: do chất tan làm tăng áp suất thẩm thấu trên bề mặt vật liệu → Loại liên kết này chỉ có trong dung dịch.

+ Liên kết mao dẫn: do lực mao dẫn phụ thuộc vào sức căng bề mặt, đường kính mao quản.

– Liên kết cơ lý: liên kết yếu, tách được bằng cơ sấy, cơ học (vắt, ép, ly tâm, ...).

+ Ẩm dính ướt (do lực dính ướt).

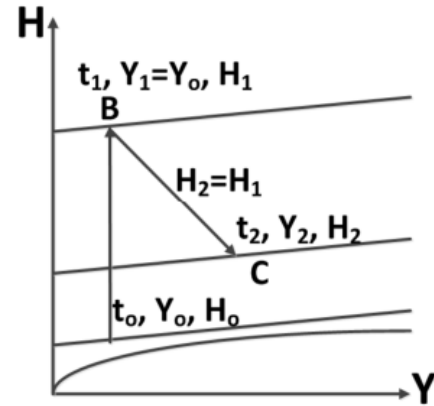
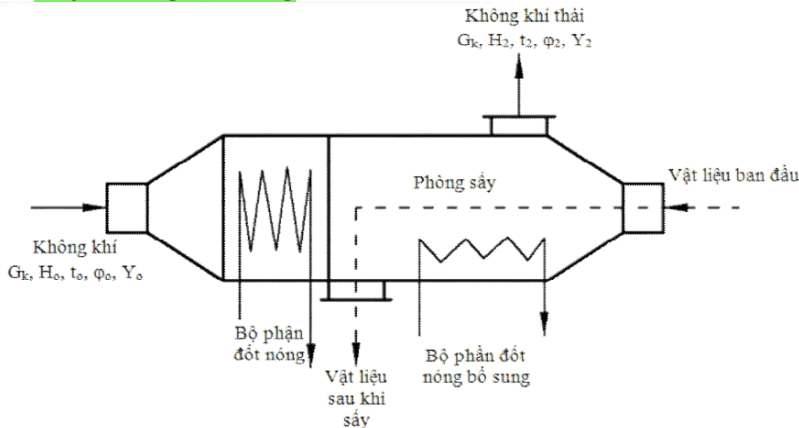
+ Ẩm tự do (dễ tách ra hơn ẩm dính ướt).

❖ **Phân loại vật liệu sấy:**

- Vật liệu keo: có tính hoàn nguyên (khi sấy thể tích co lại, khi hút ẩm trở lại trạng thái ban đầu).
- Vật liệu xốp: không có tính hoàn nguyên (khi sấy trở nên giòn, dễ vỡ; khi hút ẩm không trở lại trạng thái ban đầu).
- Vật liệu keo xốp (tồn tại chủ yếu trong thực tế): có cả tính chất của vật liệu keo (khi độ ẩm cao) và tính chất của vật liệu xốp (khi độ ẩm thấp).

Câu 6: Trình bày các phương thức sấy. Ưu, nhược điểm và phạm vi sử dụng. Biểu diễn phương thức sấy lên giản đồ không khí ẩm.

❖ **Sấy thông thường:**



– Ưu điểm: Thiết kế đơn giản calorifer và buồng sấy riêng.

– Nhược điểm: Chỉ gia nhiệt tác nhân sấy 1 lần ở calorifer. Muốn tăng nhiệt tác nhân sấy tăng nhiệt độ cao:

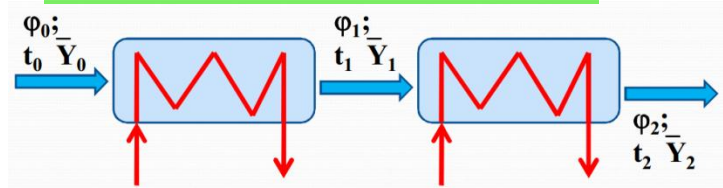
- + Khí thường có hệ số trao đổi nhiệt thấp.
- + Dễ biến tính nhiệt.
- + Thường dùng hơi nước gia nhiệt → Muốn nhiệt độ cao → Áp suất phải cao.

– Cách khắc phục:

- + Tăng diện tích bề mặt truyền nhiệt: lắp thêm cánh.
- + Tăng Δt_{\log} : thiết kế ngược chiều.

– Phạm vi ứng dụng: Các vật liệu chịu được nhiệt độ cao. Không đòi hỏi cao các đặc tính sản phẩm. VD: Sấy cát,...

❖ **Sấy có bổ sung nhiệt trong buồng sấy**: Lắp thêm bộ phận cấp nhiệt trong buồng sấy.

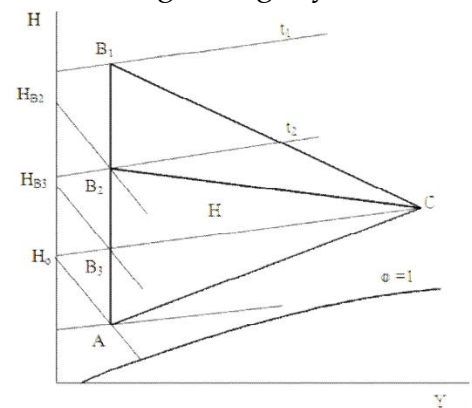


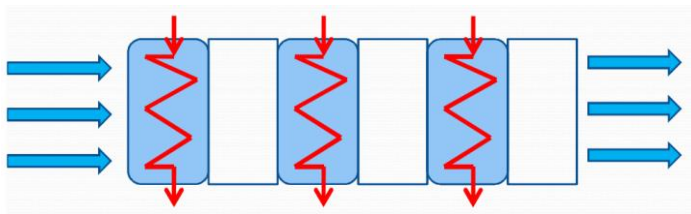
– Ưu điểm: Nhiệt độ tối đa khi sấy thấp hơn so với chỉ cấp nhiệt một lần. Giảm được lượng nhiệt cần cấp ở calorifer.

– Nhược điểm: Thiết bị phức tạp.

– Phạm vi ứng dụng: Các vật liệu không chịu được nhiệt độ cao.

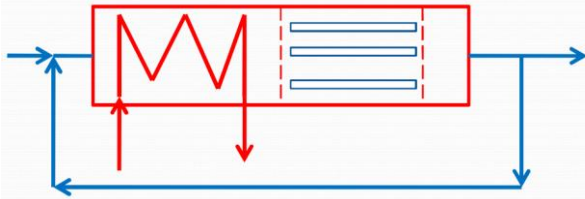
❖ **Sấy có đốt nóng không khí giữa các buồng sấy**: Chia buồng sấy ra làm nhiều khu vực sấy, trước mỗi buồng sấy có một bộ phận đốt nóng.





- **Ưu điểm:** Nhiệt độ cao nhất trong buồng sấy thấp hơn, chỉ cấp nhiệt một lần.
- **Nhược điểm:** Thiết bị phức tạp.
- **Phạm vi ứng dụng:** Vật liệu không chịu được nhiệt độ cao.

❖ **Sấy có tuần hoàn khí thải:** Khí thải được tuần hoàn lại 1 phần để hòa trộn với dòng không khí khô.



- **Ưu điểm:**
 - + Có thể điều chỉnh độ ẩm của không khí.
 - + Lưu lượng dòng khí trong buồng sấy lớn hơn → Tốc độ dòng khí lớn hơn → Nu (hệ số trao đổi nhiệt) lớn hơn.
- **Nhược điểm:** Thiết bị phức tạp.
- **Phạm vi ứng dụng:** Các vật liệu không chịu độ được điều kiện độ ẩm không khí nhỏ và nhiệt độ cao.

❖ **Sấy trực tiếp bằng khói lò:**

- Sấy bằng khói lò được sử dụng khi vật liệu sấy cho phép sấy ở nhiệt độ cao và không phải yêu cầu giữ vệ sinh.
- Khói lò sử dụng làm tác nhân sấy thường chứa một lượng tro và bụi nhất định nên phải được làm sạch trước khi đưa vào buồng sấy.
- Nhiệt độ khói lò rất cao nên phải trộn khói lò với không khí lạnh để điều chỉnh nhiệt độ về nhiệt độ thích hợp.
- **Ưu điểm:** tiết kiệm nhiên liệu, giảm chi phí thiết bị (do không dùng thiết bị đun nóng gián tiếp ở calorifer như khi sấy bằng không khí nóng).

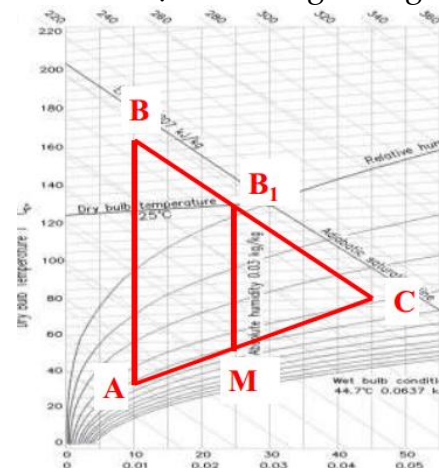
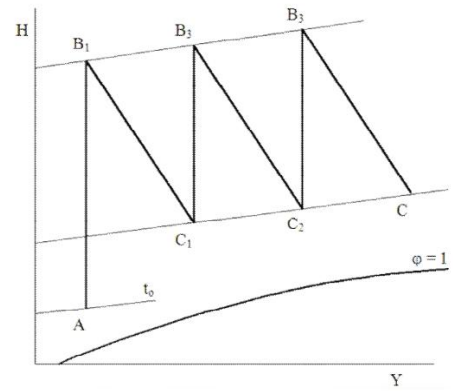
⇒ **Kết luận:** các phương thức sấy đều {
 Tiêu hao nhiệt như nhau
 Giảm nhiệt độ sấy
 Thiết bị phức tạp hơn

Câu 7: Tốc độ sấy được đặc trưng thông qua những đại lượng nào? Làm thế nào để xác định chúng?

– **Tốc độ sấy:** $N = \frac{dW}{S.d\theta}$ (kg ẩm/m².s)

– Tốc độ sấy **phụ thuộc:**

- + Bản chất của vật liệu: cấu trúc, thành phần hóa học, đặc tính liên kết ẩm,...
- + Hình dạng vật liệu: kích thước, bề dày,... → Diện tích bề mặt riêng của vật liệu càng lớn thì sấy càng nhanh.
- + Độ ẩm đầu, độ ẩm cuối và độ ẩm tới hạn của vật liệu.
- + Độ ẩm, nhiệt độ và tốc độ của không khí.



- + Chênh lệch nhiệt độ đầu và nhiệt độ cuối của không khí sấy, nhiệt độ cuối càng cao thì nhiệt độ trung bình của không khí càng cao → tốc độ sấy tăng. Nhiệt độ cuối cùng không nên quá cao vì không sử dụng nhiệt triệt để.
- + Cấu tạo thiết bị sấy, phương thức sấy và chế độ sấy.