

CH 3400

Quá trình và thiết bị công nghệ hoá học I

**Lý thuyết đồng dạng và
phương pháp phân tích thứ nguyên**
Dimensional Analysis

Giảng viên: Nguyễn Minh Tân

Tan.nguyenminh@hust.edu.vn

Bộ môn QT-TB CN Hóa học & Thực phẩm

Trường Đại học Bách khoa Hà nội



Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

Các bước phát triển công nghệ mới



Phát triển nguyên lý sản xuất sản phẩm mới

Xác định các số liệu quá trình, tính chất nguyên liệu, đánh giá tác động môi trường, nghiên cứu tính kinh tế

Thiết kế dây chuyền thiết bị, thiết bị điều khiển quá trình, thiết kế thiết bị

Thiết kế mặt bằng, lắp đặt, vận hành

Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

I. Thuyết đồng dạng

1.1. Khái niệm về đồng dạng

- Phương trình vi phân mô tả diễn biến quá trình với dạng mô hình toán học
- Nghiệm của phương trình vi phân chứa các hằng số tích phân đặc trưng cho đối tượng cụ thể, được xác định nhờ các thực nghiệm và các điều kiện biên (điều kiện đơn trị):
 - + Kích thước hình học
 - + Điều kiện không gian
 - + Thời gian tồn tại quá trình
 - + Thông số vật lý của các chất tham gia quá trình
 - + Ảnh hưởng tương hỗ của môi trường xung quanh
- Phương pháp nghiên cứu quá trình và thiết bị bằng mô hình thực nghiệm gọi là phương pháp mô hình
- Lý thuyết đồng dạng dựa trên các mô hình



Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

Thuyết đồng dạng

Những điều kiện đồng dạng

Các hiện tượng đồng dạng nhau khi tỷ lệ của các đại lượng tương tự đặc trưng của chúng là đại lượng không đổi theo 4 điều kiện sau:

- + **Đồng dạng hình học:** hai vật đồng dạng về hình học khi kích thước tương ứng song song với nhau và có tỷ lệ không đổi
- + **Đồng dạng về thời gian:** Tỷ lệ giữa các khoảng thời gian mà những điểm hay những phân tử của hệ thống đồng dạng chuyển động theo những quỹ đạo đồng dạng hình học là một hằng số
- + **Đồng dạng vật lý:** Những thông số vật lý của hai điểm hay hai phân tử tương ứng trong hệ thống đồng dạng về không gian và thời gian có tỷ lệ giữa những đại lượng cùng loại là một hằng số
- + **Đồng dạng về điều kiện đầu và điều kiện biên:** những điều kiện đầu và điều kiện biên của hai hệ đồng dạng nhau cũng đồng dạng.



Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

I. Thuyết đồng dạng

Định số đồng dạng và chuẩn số đồng dạng

- **Hằng số đồng dạng** là tỉ lệ giữa hai đại lượng tương ứng của hai hệ khác nhau
- Tỉ lệ giữa hai đại lượng giống nhau tại hai điểm khác nhau của cùng một hệ thống gọi là **định số đồng dạng**
- Định số đồng dạng cấu tạo từ các đại lượng cùng loại gọi là **định số đơn hệ**
- Định số đồng dạng cấu tạo bởi các đại lượng khác nhau không cùng loại gọi là **chuẩn số đồng dạng**

Định luật Niu tơn

$$F = m \frac{dw}{d\tau}$$

Chuẩn số Niu tơn

$$\frac{F\tau}{m\omega} = idem$$



Các chuẩn số đồng dạng

- Lý thuyết đồng dạng cho phép biến đổi phương trình vi phân mô tả một quá trình thành một phương trình chuẩn số
- Các quá trình vận chuyển chất lỏng, truyền nhiệt, chuyển khối,... đều có thể được biểu thị qua chuẩn số đồng dạng
- Mỗi chuẩn số đồng dạng đều phản ánh một hiện tượng và mang tên người đã lập ra nó

Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

I. Thuyết đồng dạng

Các Định lý đồng dạng

- **Định lý 1:** Các chuẩn số đồng dạng tương ứng của các hiện tượng đồng dạng với nhau có cùng trị số

$$\frac{\frac{F_1 \tau_1}{m_1 w_1}}{\frac{F_2 \tau_2}{m_2 w_2}} = 1 \quad \text{hay} \quad \frac{\frac{F_1 \tau_1}{m_1 w_1}}{m_2 w_2} = 1$$

Rút ra

$$\frac{a_F a_\tau}{a_m a_w} = 1 = C$$

Chỉ số đồng dạng

Trong đó

$$\frac{F_1}{F_2} = a_F; \quad \frac{\tau_1}{\tau_2} = a_\tau; \quad \frac{w_1}{w_2} = a_w; \quad \frac{m_1}{m_2} = a_m$$

Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

I. Thuyết đồng dạng

Các Định lý đồng dạng

- **Định lý 2:** *Mỗi phương trình biểu thị cho mối liên hệ giữa các đại lượng đặc trưng cho một quá trình vật lý nào đó đều có thể viết dưới dạng một hàm của các chuẩn số đồng dạng*

$$f(K_1, K_2, K_3, \dots, K_n) = 0$$

Phương trình
chuẩn số

- **Định lý 3:** *Các hiện tượng được coi là đồng dạng với nhau nếu các điều kiện đơn trị đồng dạng với nhau và những chuẩn số xác định được cấu tạo từ chúng có trị số như nhau*

Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

Thứ nguyên và đơn vị

Thứ nguyên/Dimension: Thứ nguyên của một đại lượng là một tính chất vật lý mà đại lượng đó mô tả/ *A measure of a physical quantity*

Đơn vị/Unit: Đơn vị đo lường là bất kỳ một đại lượng vật lý, hay tổng quát là một khái niệm, nào có thể so sánh được, ở điều kiện tiêu chuẩn (thường không thay đổi theo thời gian) dùng để làm mốc so sánh cho các đại lượng cùng loại trong đo lường/A way to assign a *number* to that dimension.

Có 7 loại thứ nguyên cơ bản/ There are seven **primary dimensions** :

- | | | |
|-------------------------------------|---|-------|
| 1. Mass/khối lượng | m | (kg) |
| 2. Length/Chiều dài | L | (m) |
| 3. Time/Thời gian | t | (sec) |
| 4. Temperature/nhiệt độ | T | (K) |
| 5. Current/ Dòng điện | I | (A) |
| 6. Amount of Light/ lượng ánh sáng | C | (cd) |
| 7. Amount of matter/ Lượng vật chất | N | (mol) |

Tất cả thứ nguyên dẫn xuất đều có thể được tạo bởi các tổ hợp của các thứ nguyên cơ bản



Thuyết đồng dạng & Phương pháp phân tích thứ nguyên

Thứ nguyên và đơn vị

Thứ nguyên của tốc độ

$$[v] = \frac{\text{đoạn đường}}{\text{thời gian}} = LT^{-1}$$

Thứ nguyên của gia tốc

$$[a] = \frac{\text{vận tốc}}{\text{thời gian}} = LT^{-2}$$

Thứ nguyên của lực

$$[F] = \text{khối lượng} * \text{gia tốc} = MLT^{-2}$$

Thứ nguyên của công

$$[A] = \text{lực} * \text{đoạn đường đi} = ML^2T^{-2}$$

