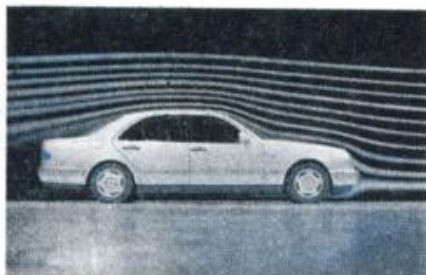


SỰ CHẢY THÀNH DÒNG CỦA CHẤT LỎNG VÀ CHẤT KHÍ ĐỊNH LUẬT BÉC-NU-LI



Ô tô trong phòng thí nghiệm của hãng sản xuất. Người ta tạo ra những luồng khí thổi vào ô tô để nghiên cứu hình dạng thích hợp của ô tô.



Hình 42.1

Khói bốc từ các que hương chảy thành dòng ở đoạn đầu, sau đó thành cuộn xoáy.

1. Chuyển động của chất lỏng lí tưởng

Chuyển động của chất lỏng có thể chia làm hai loại chính : chảy ổn định (hay chảy thành dòng) và chảy không ổn định (hay chảy cuộn xoáy).

Ta chỉ xét chất lỏng chảy thành dòng. Thông thường để chất lỏng chảy ổn định (thành dòng) thì vận tốc dòng chảy là nhỏ.

Chất khí cũng có thể chảy thành dòng. Trong một số trường hợp ta có thể coi chất khí chảy thành dòng có những tính chất giống như chất lỏng chảy thành dòng và áp dụng chung các kết quả.

Chất lỏng thoả mãn điều kiện chảy thành dòng và không nén được gọi là chất lỏng lí tưởng.

2. Đường dòng. Ống dòng

Khi chất lỏng chảy ổn định, mỗi phần tử của chất lỏng chuyển động theo một đường nhất định, gọi là *đường dòng*, các đường dòng không giao nhau.

Thí nghiệm Hình 42.2 cho thấy hình ảnh của dòng chảy ổn định quanh một hình trụ tròn. Ảnh chụp ô tô trong phòng thí nghiệm ở đầu bài học cũng cho ta hình ảnh của đường dòng. Vận tốc của phần tử chất lỏng (gọi tắt là vận tốc của chất lỏng) tại một điểm có phương tiếp tuyến với đường dòng tại điểm đó và hướng theo dòng chảy. Tại các điểm khác nhau trên đường dòng, vận tốc của chất lỏng có thể khác nhau nhưng tại một điểm nhất định trên đường dòng thì vận tốc của chất lỏng không đổi.

Ống dòng là một phần của chất lỏng chuyển động có mặt biên tạo bởi các đường dòng. Một ống như thế có tác dụng như một ống thật vì một phần tử chất lỏng chuyển động bên trong ống dòng không thể chạy ra ngoài ống được. Trong những điều kiện nhất định, các ống dẫn nước, dẫn dầu... có thể coi là ống dòng.

Ở những đoạn ống dòng thẳng, các đường dòng được biểu diễn bằng các đường song song. Trong dòng chảy của chất lỏng, ở nơi có vận tốc càng lớn thì các đường dòng càng xít nhau.

3. Hệ thức giữa tốc độ và tiết diện trong một ống dòng. Lưu lượng chất lỏng

Xét một phần ống dòng giữa hai mặt S_1 và S_2 . Một phần tử chất lỏng khi đi qua S_1 có tốc độ v_1 . Sau khoảng thời gian Δt , phần tử đó dịch chuyển được một đoạn $v_1\Delta t$. Như vậy, sau khoảng thời gian Δt có một thể tích chất lỏng bằng $S_1v_1\Delta t$ đi vào trong phần ống dòng đó. Cũng trong thời gian Δt đó, một thể tích chất lỏng từ trong đi ra khỏi phần ống dòng này. Gọi v_2 là tốc độ của các phần tử chất lỏng khi đi qua mặt S_2 . Thể tích chất lỏng đi qua mặt S_2 là $S_2v_2\Delta t$. Do chất lỏng không nén được, thể tích chất lỏng đi vào phải bằng thể tích chất lỏng đi ra khỏi phần ống dòng. Ta có :

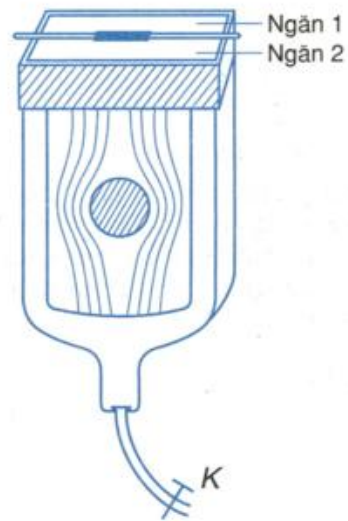
$$S_1v_1\Delta t = S_2v_2\Delta t \quad (42.1)$$

hay :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad (42.2)$$

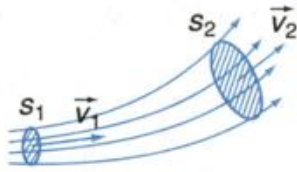
Vậy trong một ống dòng, tốc độ của chất lỏng tỉ lệ nghịch với diện tích tiết diện của ống.

Thí nghiệm minh hoạ đường dòng



Hình 42.2

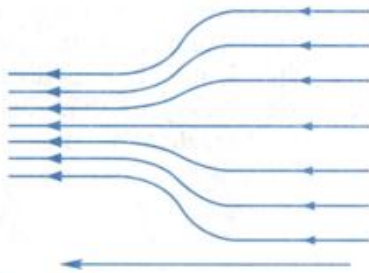
Thí nghiệm dòng chảy ổn định quanh một hình trụ tròn, dẹt nằm giữa hai tấm kính ép sát nhau. Ngăn 1 chứa nước, ngăn 2 chứa nước màu. Nhờ các lỗ nhỏ phía dưới các ngăn, nước cùng với các dòng nước màu chảy vào khe giữa hai tấm kính cho ta hình ảnh của các đường dòng. Khoá K dùng để điều chỉnh tốc độ dòng chảy thoát ra ngoài.



Hình 42.3 Ống dòng

Nơi ống hẹp, vận tốc chất lỏng lớn hơn vận tốc nơi ống rộng. Ở nơi ống hẹp, các đường dòng xít nhau. Ở nơi ống rộng, các đường dòng cách xa nhau hơn.

C1 Khi một chất lỏng chuyển động trong một ống dòng nằm ngang (Hình 42.4) thì áp suất p ở các điểm khác nhau có còn bằng nhau nữa hay không ?



Hình 42.4 Ống dòng nằm ngang

ρ có đơn vị là kg/m^3

v có đơn vị là m/s

ρv^2 có đơn vị là

$$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{m}^2}$$

$$= \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \text{ (đơn vị áp suất)}$$

Người ta nói rằng ρv^2 có thứ nguyên của áp suất.

Từ (42.2), ta có

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = A \quad (42.3)$$

Đại lượng A có giá trị như nhau ở mọi điểm trong một ống dòng và được gọi là *lưu lượng chất lỏng*. Trong hệ đơn vị SI, lưu lượng được tính bằng m^3/s .

Khi chảy ổn định, lưu lượng chất lỏng trong một ống dòng là không đổi.

4. Định luật Béc-nu-li cho ống dòng nằm ngang

Từ bài 41 ta đã biết rằng, trong chất lỏng đứng yên, thì ở những điểm trên cùng một mặt phẳng nằm ngang, áp suất p là như nhau

$$p = \text{hằng số}$$

Béc-nu-li (Daniel Bernoulli, 1700 – 1782, nhà bác học người Thụy Sĩ) đã thiết lập phương trình liên hệ giữa áp suất p và vận tốc v tại các điểm khác nhau trên một ống dòng như sau :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{hằng số} \quad (42.4)$$

ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.

Đây là *định luật Béc-nu-li*, được phát biểu như sau :

Trong một ống dòng nằm ngang, tổng áp suất tĩnh và áp suất động tại một điểm bất kì là một hằng số.

Từ phương trình (42.4) suy ra rằng áp suất tĩnh p tại các điểm khác nhau của ống dòng nằm ngang phụ thuộc vào vận tốc tại điểm ấy. Ở chỗ nào vận tốc v lớn (ống dòng có tiết diện nhỏ) thì áp suất tĩnh p nhỏ. Chỗ nào tốc độ nhỏ thì áp suất tĩnh lớn

Trong phương trình (42.4), số hạng $\frac{1}{2} \rho v^2$ có thứ

nguyên của áp suất, người ta gọi đó là *áp suất động* để phân biệt với áp suất p tác dụng lên thành bình gọi là *áp suất tĩnh*. Tại một điểm trên đường dòng, tổng áp suất tĩnh và áp suất động gọi là *áp suất toàn phần*. Vậy phương trình (42.4) có nghĩa là áp suất toàn phần tại mọi điểm trên ống dòng nằm ngang là như nhau.

CÂU HỎI

1. Thế nào là sự chảy ổn định ?
2. Thế nào là đường dòng, ống dòng ?
3. Quan sát dòng nước chảy chậm từ vòi nước xuống dưới, ta thấy nước bị "thắt lại", tức là ở gần vòi tiết diện dòng nước lớn hơn tiết diện ở phía dưới. Tại sao ?
4. Phát biểu định luật Béc-nu-li.

BÀI TẬP

1. Chọn câu sai.

- A. Trong một ống dòng nằm ngang, nơi nào có tốc độ lớn thì áp suất tĩnh nhỏ, nơi nào có tốc độ nhỏ thì áp suất tĩnh lớn.
 - B. Định luật Béc-nu-li áp dụng cho chất lỏng và chất khí chảy ổn định.
 - C. Áp suất toàn phần tại một điểm trong ống dòng nằm ngang thì tỉ lệ bậc nhất với vận tốc dòng.
 - D. Trong một ống dòng nằm ngang, nơi nào các đường dòng càng nằm xít nhau thì áp suất tĩnh càng nhỏ.
2. Lưu lượng nước trong một ống nằm ngang là $2 \text{ m}^3/\text{phút}$. Hãy xác định tốc độ của chất lỏng tại một điểm của ống có bán kính 10 cm .
 3. Tiết diện động mạch chủ của người là 3 cm^2 , tốc độ máu từ tim ra là 30 cm/s . Tiết diện của mỗi mao mạch là $3 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2$; tốc độ máu trong mao mạch là $0,05 \text{ cm/s}$. Hỏi người phải có bao nhiêu mao mạch ?
 4. Một ống nước nằm ngang có đoạn bị thắt lại. Biết rằng áp suất bằng $8,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ tại một điểm có vận tốc 2 m/s và tiết diện ống là S . Hỏi tốc độ và áp suất tại nơi có tiết diện $\frac{S}{4}$ bằng bao nhiêu ?