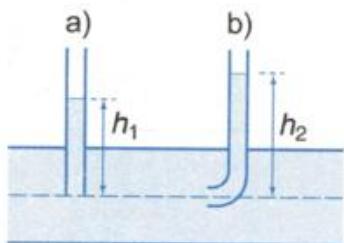


# 43

## ỨNG DỤNG CỦA ĐỊNH LUẬT BÉC-NU-LI

**C1** Đo áp suất tĩnh, áp suất động của một dòng chảy như thế nào?



Hình 43.1

Ống a đo áp suất tĩnh. Ống b đo áp suất toàn phần.

*Chứng minh công thức (43.1)*

Kí hiệu  $p, v$  là áp suất và vận tốc tại tiết diện  $S$ ;  $p', v'$  là áp suất và vận tốc tại tiết diện  $s$ .

Phương trình Béc-nu-li :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = p' + \frac{1}{2} \rho v'^2 \quad (43.2)$$

Hệ thức giữa vận tốc và tiết diện :

$$\frac{v'}{v} = \frac{S}{s} \quad (43.3)$$

Từ (43.2) rút ra :

$$\Delta p = p - p' = \frac{1}{2} \rho (v'^2 - v^2) \quad (43.4)$$

Từ (43.3) rút ra  $v' = \frac{S}{s} v$  và thay vào (43.4)

$$\Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2 \left( \frac{S^2}{s^2} - 1 \right)$$

Suy ra biểu thức của vận tốc

$$v = \sqrt{\frac{2s^2 \Delta p}{\rho(S^2 - s^2)}}$$

Tương tự, từ  $v = \frac{s}{S} v'$  thay vào (43.4) ta tính được  $v'$ .

### 1. Đo áp suất tĩnh và áp suất toàn phần

Để đo áp suất tĩnh và áp suất toàn phần của một dòng chảy, người ta dùng các dụng cụ như trên Hình 43.1.

**a) Đo áp suất tĩnh :** Đặt một ống hình trụ hở hai đầu, sao cho miệng ống song song với dòng chảy (Hình 43.1a). Áp suất tĩnh tỉ lệ với độ cao của cột chất lỏng trong ống (bằng  $\rho gh_1$ ).

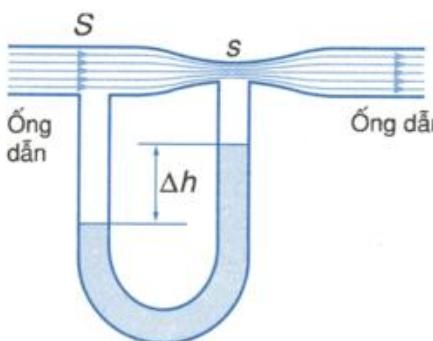
**b) Đo áp suất toàn phần :** Dùng một ống hình trụ hở hai đầu, một đầu được uốn vuông góc. Đặt ống sao cho miệng ống vuông góc với dòng chảy (Hình 43.1b). Áp suất toàn phần tỉ lệ với độ cao của cột chất lỏng trong ống (bằng  $\rho gh_2$ ).

### 2. Đo vận tốc chất lỏng. Ống Ven-tu-ri

Dựa trên nguyên tắc đo áp suất tĩnh nói ở trên, người ta tạo ra ống Ven-tu-ri dùng để đo vận tốc chất lỏng trong ống dẫn (Hình 43.2). Ống Ven-tu-ri được đặt nằm ngang, gồm một phần có tiết diện  $S$  và một phần có tiết diện  $s$  nhỏ hơn. Một áp kế hình chữ U, có hai đầu nối với hai phần ống đó, cho biết hiệu áp suất tĩnh  $\Delta p$  giữa hai tiết diện. Biết hiệu áp suất  $\Delta p$  và các diện tích tiết diện  $S, s$ , ta có thể tính được vận tốc  $v$  tại tiết diện  $S$  theo công thức sau :

$$v = \sqrt{\frac{2s^2 \Delta p}{\rho(S^2 - s^2)}} \quad (43.1)$$

trong đó  $\rho$  là khối lượng riêng của chất lỏng.



Hình 43.2 Sơ đồ ống Ven-tu-ri

### 3. Đo vận tốc của máy bay nhờ ống Pi-tô

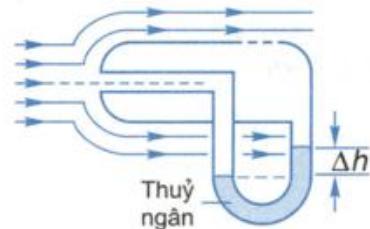
Máy bay bay trong không khí với vận tốc  $v$  tương đương với máy bay đứng yên trong không khí có vận tốc  $v$ .

Dụng cụ đo vận tốc của máy bay gọi là ống Pi-tô (Hình 43.3), được gắn vào cánh máy bay. Dòng không khí bao quanh ống như hình vẽ. Vận tốc chảy vuông góc với tiết diện  $S$  của một nhánh ống chữ  $U$ . Nhánh kia thông ra một buồng có các lỗ nhỏ ở thành bên để cho áp suất của buồng bằng áp suất tĩnh của dòng không khí bên ngoài. Độ chênh của hai mức chất lỏng trong ống chữ  $U$  cho phép ta tính được vận tốc của dòng không khí tức là vận tốc của máy bay.

Áp dụng phương trình Béc-nu-li ta tìm được công thức tính vận tốc sau :

$$v = \sqrt{\frac{2\rho g \Delta h}{\rho_{KK}}} \quad (43.5)$$

trong đó  $\rho$  là khối lượng riêng của chất lỏng trong ống chữ  $U$ ,  $\Delta h$  là độ chênh mực chất lỏng của hai nhánh,  $\rho_{KK}$  là khối lượng riêng của không khí bên ngoài,  $g$  là gia tốc trọng trường.

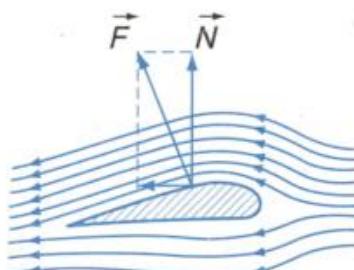


Hình 43.3 Ống Pi-tô

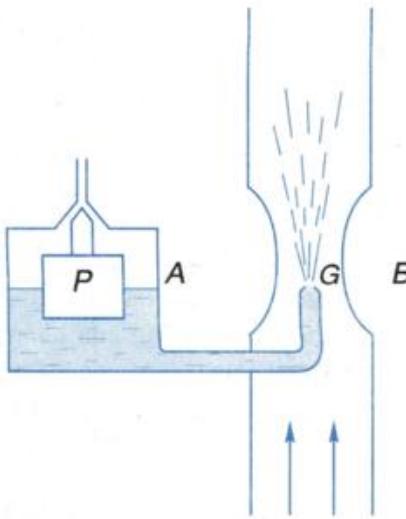
### 4. Một vài ứng dụng khác của định luật Béc-nu-li

#### a) Lực nâng cánh máy bay

Cánh máy bay có tiết diện dạng như Hình 43.4. Để nghiên cứu tác dụng của không khí lên cánh máy bay, ta coi máy bay đứng yên và không khí chuyển động thành dòng theo chiều ngược lại với cùng vận tốc. Ta nhận thấy ở phía trên, các đường dòng xít vào nhau hơn so với ở phía dưới cánh. Vận tốc dòng không khí ở phía trên lớn hơn vận tốc ở phía dưới cánh. Do vậy, áp suất tĩnh ở phía trên nhỏ hơn áp suất tĩnh ở phía dưới tạo nên một lực nâng máy bay. Trong thực tế cánh máy bay còn được đặt chêch lên trên tạo nên lực nâng lớn hơn.



Hình 43.4 Lực nâng cánh máy bay



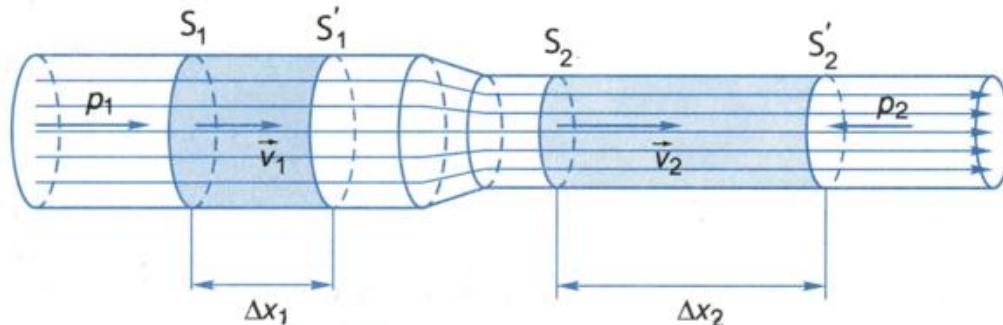
Hình 43.5 Nguyên tắc cấu tạo của bộ chế hòa khí

**b) Bộ chế hòa khí** (cacbuarato) là một bộ phận trong các động cơ đốt trong dùng để cung cấp hỗn hợp nhiên liệu – không khí cho động cơ. Trong buồng phao A, xăng được giữ ở mức ngang với miệng vòi phun G (giclo) nhờ hoạt động của phao P. Ống hút không khí có một đoạn thắt lại tại B. Ở đó áp suất giảm xuống, xăng bị hút lên và phân tán thành những hạt nhỏ trộn lẫn với không khí tạo thành hỗn hợp đi vào xilanh.

### 5. Chứng minh phương trình Béc-nu-li đối với ống nằm ngang

Giả sử có một chất lỏng không nhớt, không chịu nén, chảy ổn định trong một ống dòng nằm ngang. Ta hãy chứng minh phương trình Béc-nu-li đối với ống này :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{hằng số} \quad (43.6)$$



Hình 43.6

Xét một phần chất lỏng nằm giữa hai tiết diện  $S_1$  và  $S_2$  của ống dòng. Ta đã biết ở bài 34 định lí động năng phát biểu như sau : độ biến thiên động năng của một vật bằng công của các ngoại lực tác dụng lên vật đó.

$$\Delta E_d = A \quad (43.7)$$

Ta áp dụng định lí này cho phần chất lỏng nói trên. Trước hết ta tính  $\Delta E_d$ . Sau thời gian  $\Delta t$ , hệ chiếm phần ống dòng nằm giữa hai mặt  $S'_1$  và  $S'_2$ . Sự biến đổi động năng chỉ liên quan đến phần đầu  $S_1 S'_1$  và phần cuối  $S'_2 S_2$ , còn phần giữa  $S'_1 S_2$  thì không thay đổi gì. Ta có :

$$\Delta E_d = \frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2 \quad (43.8)$$

trong đó  $\Delta V = S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t$  do chất lỏng không chịu nén. Số hạng thứ hai ở vế phải có dấu – vì đây là phần động năng bị mất đi.

Công A do các ngoại lực thực hiện trên hệ được tính như sau :

- Ở đầu  $S_1$ , áp suất  $p_1$  hướng theo chiều dòng chảy gây nên áp lực  $F_1 = p_1 S_1$ . Công do  $F_1$  thực hiện là

$$A_1 = F_1 \Delta x_1 = p_1 S_1 v_1 \Delta t = p_1 \Delta V$$

- Ở đầu  $S_2$ , áp suất  $p_2$  hướng ngược chiều dòng chảy gây nên áp lực  $F_2 = -p_2 S_2$ . Công do  $F_2$  thực hiện là

$$A_2 = F_2 \Delta x_2 = -p_2 S_2 v_2 \Delta t = -p_2 \Delta V$$

Vậy công A bằng :

$$A = A_1 + A_2 = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V \quad (43.9)$$

Thay các công thức (43.8) và (43.9) vào công thức (43.7), ta được :

$$p_1 \Delta V - p_2 \Delta V = \frac{1}{2} \rho \Delta V v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \Delta V v_1^2$$

Chia hai vế cho  $\Delta V$  và sắp xếp lại, ta có :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Ta viết lại được như sau :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{hằng số} \quad (43.10)$$

Đây là công thức cần tìm của định luật Béc-nu-li, phát biểu như sau :

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

Chú ý :

Trường hợp ống dòng không nằm ngang, ta có công thức tổng quát của định luật Béc-nu-li như sau :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = \text{hằng số} \quad (43.11)$$

trong đó  $y$  là tung độ của điểm đang xét. Số hạng thứ ba là do tính đến thế năng. Ta không chứng minh công thức này mà chỉ áp dụng trong các bài toán.

## CÂU HỎI

1. Đặt hai tờ giấy cho hai mặt song song gần nhau và thổi cho luồng khí qua khe giữa hai tờ giấy. Hiện tượng gì xảy ra ? Giải thích.
- 2\*. Hãy áp dụng phương trình Béc-nu-li để tìm ra công thức (43.5).
- 3\*. Tại sao nói định luật Béc-nu-li là một ứng dụng của định luật bảo toàn năng lượng ?

## BÀI TẬP

1. Mỗi cánh máy bay có diện tích là  $25 \text{ m}^2$ . Biết vận tốc dòng không khí ở phía dưới cánh là  $50 \text{ m/s}$  còn ở phía trên cánh là  $65 \text{ m/s}$ , hãy xác định trọng lượng của máy bay. Giả sử máy bay bay theo đường nằm ngang với vận tốc không đổi và lực nâng máy bay chỉ do cánh gây nên. Cho biết khối lượng riêng của không khí là  $1,21 \text{ kg/m}^3$ .
2. Một người thổi không khí với tốc độ  $15 \text{ m/s}$  ngang qua miệng một nhánh ống chữ  $U$  chứa nước. Hỏi độ chênh mực nước giữa hai nhánh là bao nhiêu ?



## BÀI ĐỌC THÊM

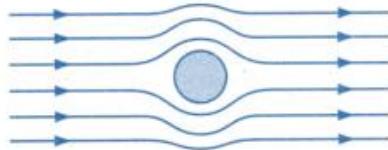
### HIỆU ỨNG MÁC-NÚT

Quan sát một trận đá bóng, ta thấy có khi một cầu thủ giải sút phạt góc dùng kĩ thuật sút quả bóng làm cho đường bay của quả bóng uốn cong đi và bay vào gôn. Tại sao lại có thể làm như vậy được? Ta có thể giải thích điều này bằng hiệu ứng Mác-nút, do Mác-nút (Gustav Magnus) nghiên cứu năm 1850 như sau.

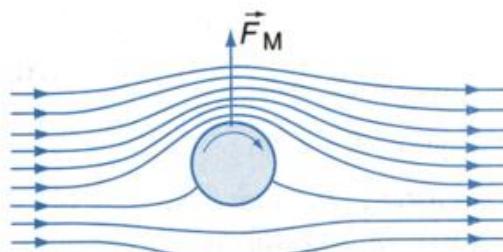
Khi nghiên cứu chuyển động của quả bóng trong không khí, ta có thể coi như quả bóng đứng yên còn không khí chuyển động đối với quả bóng theo chiều ngược lại.

a) Trường hợp quả bóng không xoay, do tính đối xứng dòng không khí chuyển động quanh quả bóng không tạo ra một lực nào tác dụng lên quả bóng (Hình 43.7a).

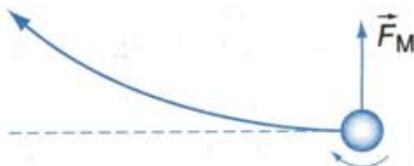
b) Nếu quả bóng xoay tròn thì ở phía đường dòng cùng chiều với chiều quay của quả bóng, vận tốc của các phân tử không khí tăng lên, còn ở phía đối diện vận tốc của các phân tử không khí giảm đi. Như thế có sự chênh lệch áp suất tĩnh và xuất hiện lực  $\vec{F}_M$  của dòng không khí tác dụng lên quả bóng như vẽ trên Hình 43.7b. Hình 43.7c mô tả đường bay của quả bóng bị đá xoáy. Hiệu ứng Mác-nút gây ra lực  $\vec{F}_M$  đẩy quả bóng và uốn cong đường bay của nó. Trong các môn thể thao khác như bóng bàn, bóng chày, gôn... ta cũng thấy hiệu ứng Mác-nút.



a) Các đường dòng bao quanh quả bóng luôn luôn cách đều nhau ở cả hai phía. Không có một lực nào tác dụng lên quả bóng.



b) Lực do hiệu ứng Mác-nút tác dụng lên quả bóng.



c) Đường bay của quả bóng bị uốn cong do hiệu ứng Mác-nút.

Hình 43.7