

CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VỀ KHÍ NÉN

I. NHỮNG ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA KHÍ NÉN

II. PHẠM VI ỨNG DỤNG

III. ƯU, KHUYẾT ĐIỂM

IV. CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ

V. CẤU TRÚC CƠ BẢN HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG KHÍ NÉN

VI. BÀI TẬP CHƯƠNG 1

I. ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA KHÍ NÉN

a. **Khí nén** là một phần của lưu chất với **không khí** hoặc các loại khí khác được **nén lại**.

Pneumatics: xuất phát từ tiếng Hy Lạp là Pneuma có nghĩa là **khí, gió** hoặc **hơi thở**.

b. **Điều khiển khí nén** được thiết kế với mục đích **hướng dòng chảy** của **khí nén** theo các mạch để **điều khiển cơ cấu chấp hành** (chuyển động **tịnh tiến** hay **quay**).

c. **Các dòng chảy** dưới dạng **năng lượng khí nén** sẽ điều khiển cơ cấu chấp hành thực hiện chuyển động **tịnh tiến** hay **quay**.

II. PHẠM VI ỨNG DỤNG

Dây chuyền tự động sản xuất, lắp ráp thiết bị điện tử: ti vi, tủ lạnh, vi mạch..

Dây chuyền sản xuất, chế biến thực phẩm: chế biến thịt, sữa

Dây chuyền tự động: sản xuất dược phẩm, hoá chất, nước giải khát,....

Dây chuyền tự động: đóng gói, vận chuyển, ...

Dây chuyền tự động: cấp phôi, gá đặt...

Xem Video minh họa:

<https://drive.google.com/drive/folders/1XsQ6cl1ZsaAr5FJ9K1coeKkAWtXSKO1u?usp=sharing>

III. ƯU, KHUYẾT ĐIỂM

1. Ưu điểm:

- Có sẵn và trong thiên nhiên, có thể được lưu trữ dễ dàng trong thể tích lớn.
- Truyền động đơn giản, hiệu suất cao, chi phí thấp.
- Không gây ô nhiễm môi trường.
- Phần tử khí nén có tuổi thọ cao do đó hệ thống làm việc ổn định
- Có khả năng truyền tải năng lượng đi xa do độ nhớt động học của khí nén nhỏ và tổn thất trên đường dẫn thấp.

2. Nhược điểm:

- Kích thước lớn hơn so với hệ thống thủy lực có cùng công suất.
- Lực truyền tải trọng thấp
- Tính nén được của khí ảnh hưởng tới chất lượng làm việc của hệ thống.
- Do vận tốc của các cơ cấu chấp hành khí nén lớn nên dễ xảy ra va đập ở cuối hành trình.
- Do khí xả ra qua các cửa tạo nên âm thanh khá ồn.
- Việc điều khiển theo quy luật vận tốc cho trước và dừng lại ở vị trí trung gian cũng khó thực hiện được chính xác như đối với các hệ thống khác.

3. So sánh truyền động: Thủy lực (2) - Khí nén (3) - Điện (4)- Cơ (5)

TIÊU CHUẨN	THỦY LỰC	KHÍ NÉN	ĐIỆN TỬ	CƠ HỌC
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Mang năng lượng	Dầu	Khí nén	Electron	Trục; bánh răng; xích
Truyền năng lượng	Ống dẫn, đầu nối	Ống dẫn, đầu nối	Dây điện	Trục, bánh răng
Tạo ra năng lượng hoặc chuyển đổi thành dạng năng lượng khác	Bơm, xi lanh truyền lực, động cơ thủy lực	Máy nén khí, xi lanh truyền lực, động cơ khí nén.	Máy phát điện, động cơ điện, pin, ắc quy	Trục, bánh răng, đai truyền, xích truyền.
Các đại lượng cơ bản	Áp suất p (400bar), lưu lượng Q (m ³ /h)	Áp suất p (6 bar), Lưu lượng Q (m ³ /h)	Hiệu điện thế U, cường độ dòng điện I	Lực F, mômen xoắn M, vận tốc v, số vòng quay n.
Công suất	Rất tốt, áp suất đến khoảng 400 bar, kết cấu gọn nhỏ, giá cả phù hợp.	Tốt bị giới hạn bởi áp suất làm việc khoảng 6 bar.	Tốt, trọng lượng động cơ điện có cùng công suất lớn hơn 10 lần so với động cơ thủy lực. Sự đóng mở của các tiếp điểm thuận lợi van đảo chiều.	Tốt, bởi vì không có chuyển đổi năng lượng. Bị giới hạn trong lĩnh vực điều khiển và điều chỉnh.

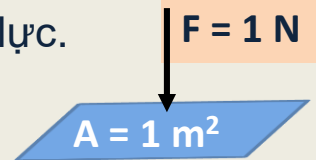
TIÊU CHUẨN	THỦY LỰC	KHÍ NÉN	ĐIỆN TỬ	CƠ HỌC
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Độ chính xác vị trí (hành trình)	Rất tốt ,bởi vì dầu không có độ đàn hồi.	Ít tốt hơn bởi vì khí nén có độ đàn hồi.	Tốt, độ trễ nhỏ.	Rất tốt, khả năng ăn khớp truyền động.
Hiệu suất	Vừa phải, tổn thất thể tích, ma sát ở truyền động, chuyển đổi năng lượng, tổn thất áp suất van	Tính chất khí nén có ảnh hưởng trong quá trình truyền tải	Vừa phải.	Tổn thất lớn.
Khả năng tạo ra chuyển động thẳng	Đơn giản bởi xilanh truyền lực.	Đơn giản.	Thông qua động cơ.	Đơn giản thông qua trục.
Khả năng ứng dụng	Chuyển động thẳng ở các máy sản xuất.	Lắp ráp. Dây chuyền tự động.	Truyền động quay. Tịnh tiến.	Truyền động khoảng cách ngắn.

IV. CÁC ĐẠI LƯỢNG

4.1 Áp suất khí nén

Áp suất khí nén: **p** là lực **F [N]** tác động trên diện tích **A [m²]** bề mặt chịu lực.

$$p = \frac{F}{A} \quad [\text{N/m}^2]$$



1. Theo hệ SI: đơn vị áp suất là **pascal**, viết tắt là **Pa**: **1 Pa = 1N/1m²**

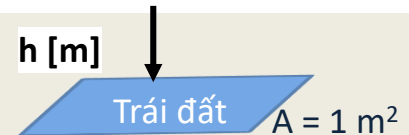
Áp suất khí quyển p_e :

$$m = V \cdot \rho_n \rightarrow m = A \cdot h \cdot \rho_n \rightarrow p = \frac{F}{A} = \frac{A \cdot h \cdot \rho_n \cdot g}{A} = h \cdot \rho_n \cdot g$$

- Chiều cao cột khí quyển h [m]
- Khối lượng riêng không khí $\rho_n = 1,29 \text{ kg/m}^3$,
- Gia tốc trọng trường: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$p_e = 1,013 \cdot 10^5 [\text{Pa}] = 1 \text{ atm}$$

Trọng lực khí quyển $F = m \cdot g$



2. Hệ Metric:

Độ lớn của áp suất khí quyển bằng áp suất của cột thủy ngân trong ống Tô-ri-xe-li.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg.}$$

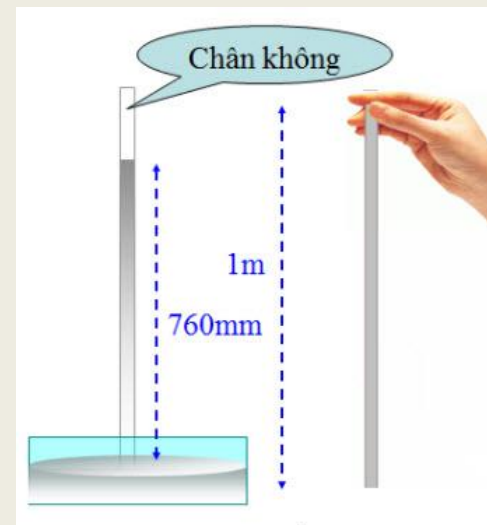
1 Bar = 100 000 Pa và hơi thấp hơn so với áp suất khí quyển trung bình trên Trái đất tại mặt nước biển.

$$1 \text{ atm} = 1 \text{ bar.}$$

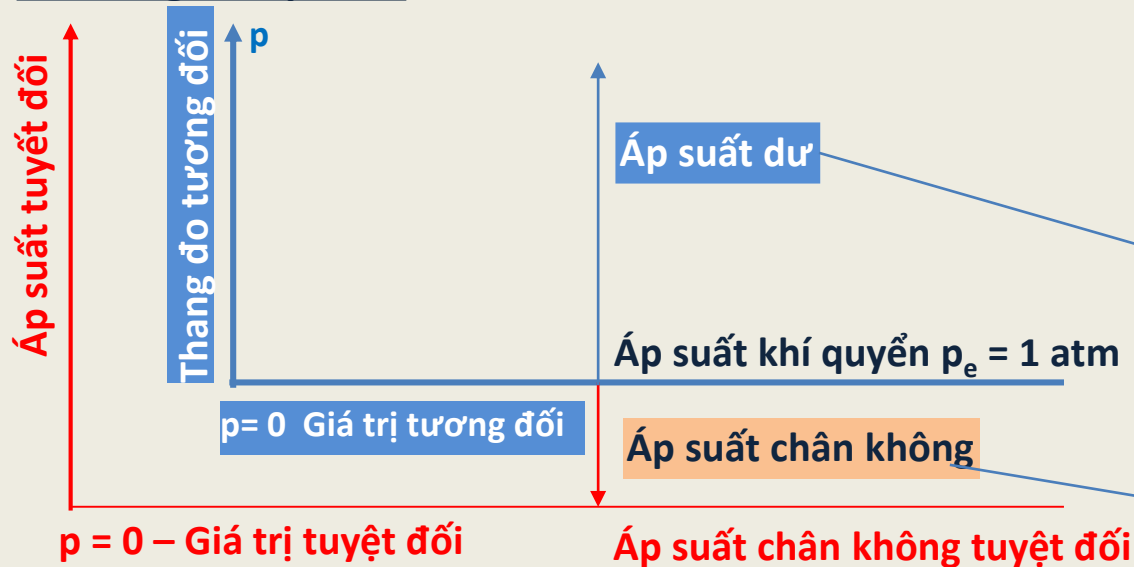
3. Hệ thống Imperial System-hệ Anh (pound, inch):

Pound (0,45336 kg)-force per square inch (6,4521 cm²). Ký hiệu lbf/in² (psi).

$$1 \text{ bar} = 14.50 \text{ psi}$$



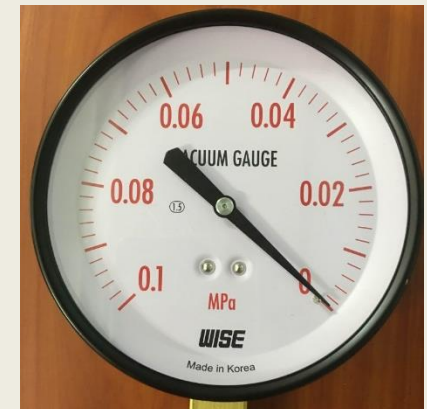
4. Thang đo áp suất



Thang đo áp suất dư



Thang đo áp suất chân không



5. Các thang đo áp suất thông dụng:

Trong kỹ thuật: khi khối lượng $m=1 \text{ kg}$ đặt trên diện tích 1 cm^2 , gọi là **áp suất kỹ thuật**, viết tắt là **1at**.

$$1 \text{ at} = 0.981 \cdot 10^5 \text{ pa}$$

hoặc viết tắt là $1 \text{ at} = 1 \text{ KG/cm}^2 = 1 \text{ kgf/cm}^2$.

$$F = m (1\text{kg}) \cdot g (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$A = 1 \text{ cm}^2$$

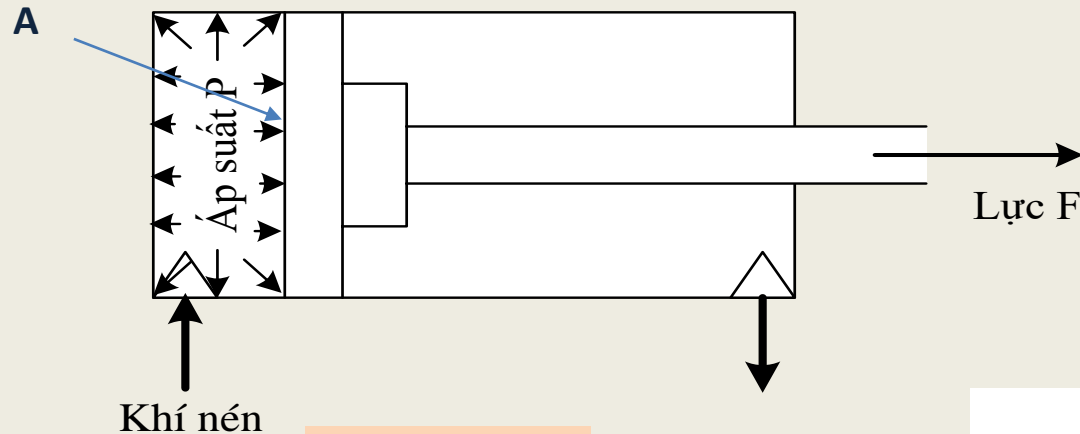
Thông thường :

- $1 \text{ bar} = 1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = \text{KG/cm}^2$
đọc là ki lô gram lực (force) trên cm^2

- $1 \text{ bar} = 1 \text{ atm} = 14.50 \text{ psi} = 1 \text{ at}$
- $1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ Mpa} = 760 \text{ mmHg}$

4.2 Lực

Khí nén tác dụng **lực F** với giá trị bằng **áp suất p** tác dụng lên bề mặt nhân với **diện tích A** chịu lực.



$$F = p \cdot A \quad [\text{N}]$$

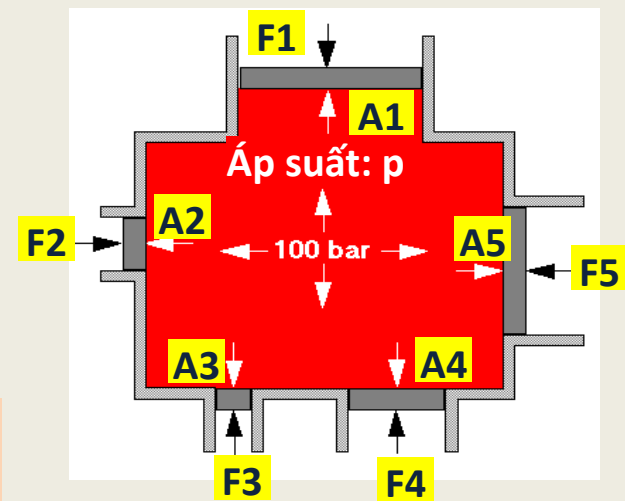
Trong đó:

F : Lực đẩy của pittông (N).

A : Diện tích pittông (m²).

p : Áp suất khí nén cấp lên xy lanh (Pa).

Định luật Pascal: “Áp suất khí nén sẽ được truyền đi theo mọi hướng bằng nhau”.



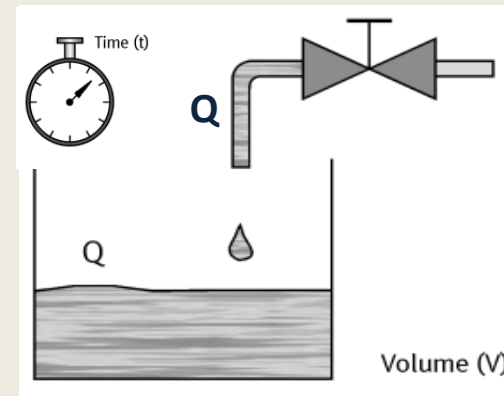
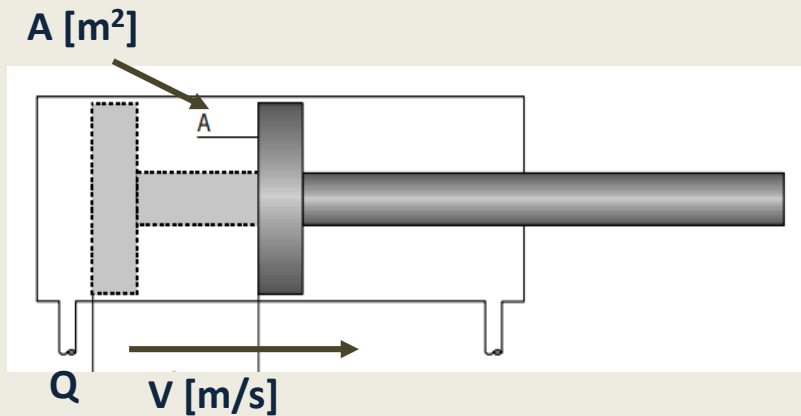
$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_3}{A_3} = \frac{F_4}{A_4} = \frac{F_5}{A_5}$$

4.3 Lưu lượng Q

Lưu lượng được định nghĩa là **lượng không khí** lưu động trong một **đơn vị thời gian**, lượng không khí này có thể đo theo **thể tích** hoặc **trọng lượng**.

$$Q = A \cdot v \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$Q = \frac{V}{t} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$



- | | |
|----------------------|-------------------------|
| A – Tiết diện chảy | $[\text{m}^2]$ |
| v - Vận tốc chảy khí | $[\text{m/s}]$ |
| t - Thời gian | $[\text{s}]$ |
| V - Thể tích | $[\text{m}^3]$ |
| Q - Lưu lượng | $[\text{m}^3/\text{s}]$ |

Lít hoặc dm^3 trên giây: l/s hoặc dm^3/s , Mét khối trên phút : m^3/ph .

4.4 Thành phần và đại lượng cơ bản không khí – dầu

	N ₂	O ₂	Ar	CO ₂	H ₂	Ne.10 ⁻³	He.10 ⁻³	Kr.10 ⁻³	X.10 ⁻⁶
Thể tích%	78,08	20,95	0,93	0,03	0,01	1,8	0,5	0,1	9
Khối lượng%	75,51	23,01	1,286	0,04	0,001	1,2	0,07	0,3	40

Nr	Tên đại lượng	ký hiệu	giá trị	đơn vị	ghi chú
1	Khối lượng riêng khí	ρ_n	1,293	kg/m³	Trạng thái tiêu chuẩn: T = 273 K p_a = 1,013 bar
	Dầu thủy lực	ρ_t	900	kg/m³	T=297 K
	Nước	ρ_t	1000	kg/m³	
2	Hằng số khí	R	287	J/kg.K	
3	Nhiệt lượng riêng	c_p c_v	1,004 0,717	kJ/kg.K kJ/kg.K	khí áp suất hằng số khí thể tích hằng số
4	Độ nhớt động	η	17,17.10 ⁻⁶	Pa.s	ở trạng thái tiêu chuẩn
5	Độ nhớt động học	ν	13,28.10 ⁻⁶	m ² /s	ở trạng thái tiêu chuẩn

4.5 Độ ẩm không khí

Khí quyển là khí hỗn hợp của hơi nước và không khí. Theo định luật Dalton, áp suất toàn phần của khí hỗn hợp là tổng của các áp suất riêng phần.

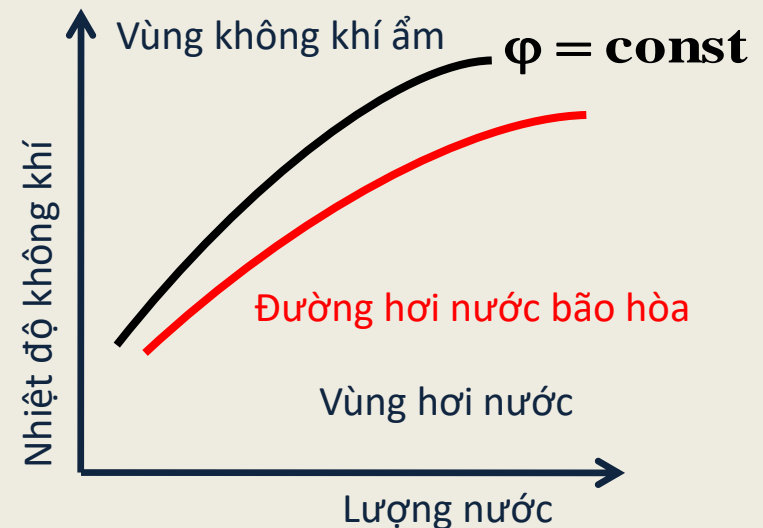
Lượng hơi nước chứa nhiều nhất trong 1 kg không khí gọi là **lượng ẩm bão hòa x1 [g/kg]**

Lượng hơi nước thực tế chứa trong 1 kg không khí (cùng nhiệt độ) gọi là **lượng ẩm tuyệt đối x [g/kg]**.

Độ ẩm tương đối không khí biểu thị dưới dạng % của **lượng ẩm tuyệt đối x** và **lượng ẩm bão hòa x1**:

$$\text{Độ ẩm tương đối } \varphi = \frac{\text{lượng ẩm tuyệt đối x [g/kg]}}{\text{lượng ẩm bão hòa x1 [g/kg]}} \cdot 100 \%$$

Quá trình nung nóng, sấy khô và làm lạnh không khí trong các thiết bị làm lạnh sẽ làm thay đổi giá trị các đại lượng như hơi nước chứa trong không khí, độ ẩm.. Được thể hiện trong **biểu đồ Mollier**.



4.6 Các định luật về chất khí

Định luật khí lý tưởng: Xác định quan hệ giữa **áp suất, thể tích và nhiệt độ**.

Khi áp dụng các định luật này, chỉ sử dụng áp suất và nhiệt độ tuyệt đối: $p_{\text{abs}} = 1,013 \text{ bar}$, $T_n = 273 \text{ K}$.

$$p_1 \cdot V_1 \cdot T_2 = p_2 \cdot V_2 \cdot T_1$$

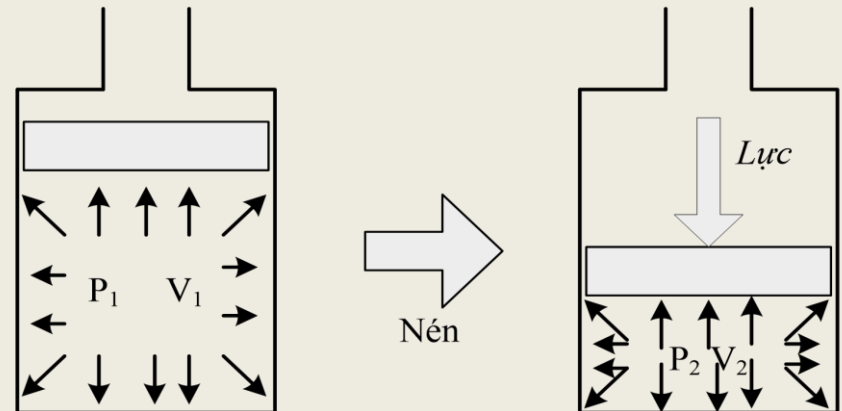
Phương trình tổng quát:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \text{Hằng số}$$

a. Đẳng nhiệt

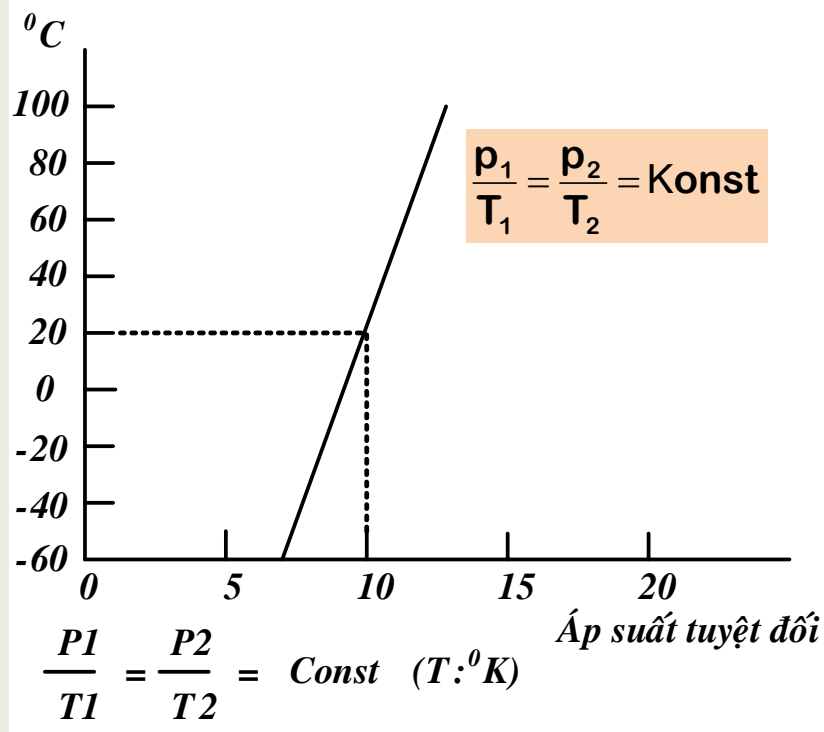
Định luật Boyle: “Tích giữa áp suất tuyệt đối và thể tích của khối khí luôn là hằng số nếu nhiệt độ của khí không thay đổi”. $T = \text{const}$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$



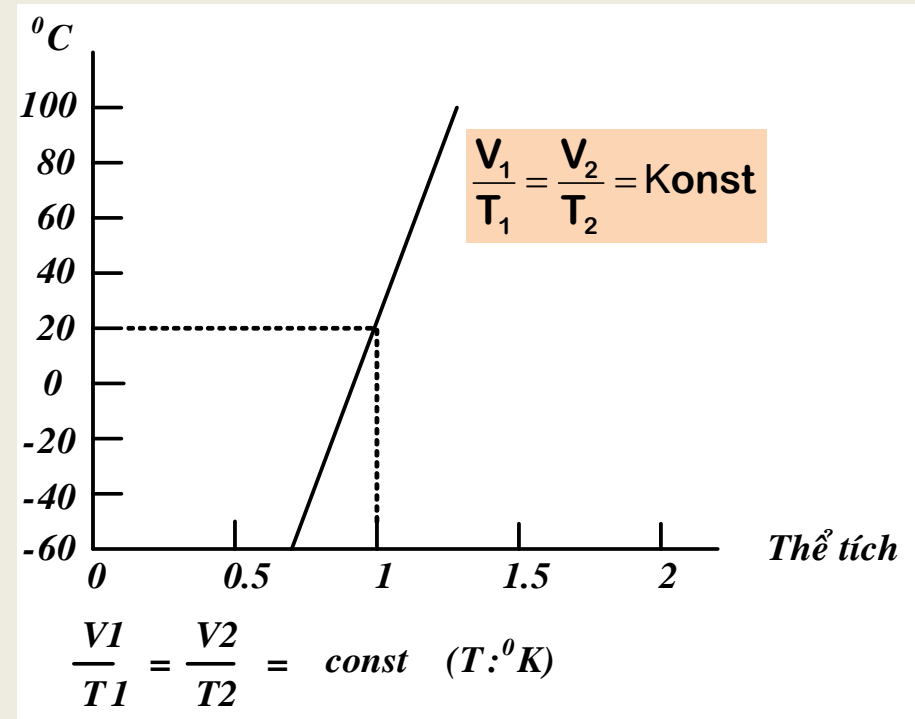
b. Đẳng tích

Định luật Gay-Lussac: “Áp suất tuyệt đối của khí tỷ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của nó” (thể tích khí không đổi, $V = \text{const}$).



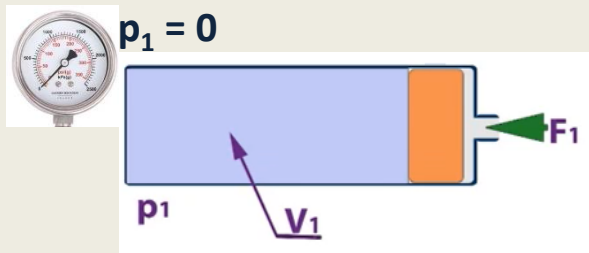
c. Đẳng áp

Định luật Charles: “Nếu áp suất của khối khí không đổi thì thể tích sẽ tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối”.
 $p = \text{const}$.

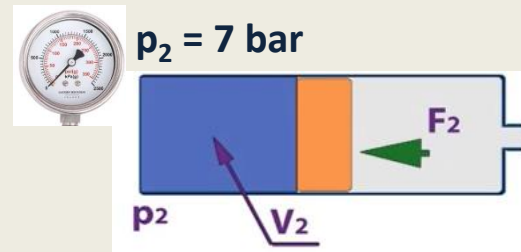


d. Tỉ số nén

Ví dụ minh họa: Nén 4m^3 áp suất khí quyển vào bình chứa có thể tích bằng $0,5\text{m}^3$ bằng máy nén khí (giả thiết quá trình nén, nhiệt độ khí không đổi). Hãy cho biết kim đồng hồ áp kế chỉ giá trị trước (p_1) và sau khi nén (p_2) là bao nhiêu?



$p_1 = 1 \text{ atm} = 1 \text{ bar}$ - áp suất khí quyển
 $V_1 = 4 \text{ m}^3$ - Thể tích trước khi nén



$p_2 = ?? \text{ bar}$ - áp suất sau khi nén ?
 $V_2 = 0,5 \text{ m}^3$ - Thể tích sau khi nén

Phương trình đẳng nhiệt: $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

$$\text{Tỉ số nén } i = \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{4 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3} = 8$$

Áp suất nén $p_2 = p_1 \cdot i \Rightarrow$ Áp suất nén $p_2 = 1 \text{ bar} \times 8 = 8 \text{ bar}$ (Áp suất giá trị tuyệt đối)

Thang đo áp suất dư:

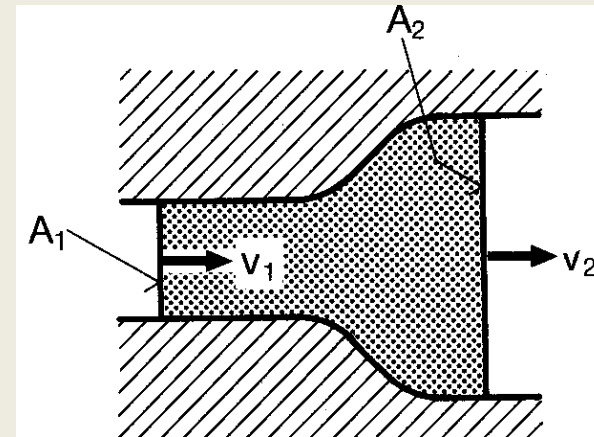
Áp kế p_1 chỉ giá trị 0

áp kế p_2 chỉ giá trị ($8 \text{ bar} - 1 \text{ atm} = 7 \text{ bar}$) là 7 bar.

4.7 Phương trình dòng chảy

Lưu lượng Q chảy trong đường ống từ vị trí 1 đến vị trí 2 là không đổi. Lưu lượng Q của chất lỏng qua mặt cắt S của ống bằng nhau trong toàn ống (điều kiện liên tục).

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = \text{Hằng số}$$



4.8 Lưu lượng và tổn thất áp suất khí nén qua khe hở (trong các loại van)

a. Lưu lượng khí nén qua khe hở (trong các loại van):

$$q_v = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_1}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Trong đó:

α

Hệ số lưu lượng

ε

Hệ số giãn nở

$$A_1 = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

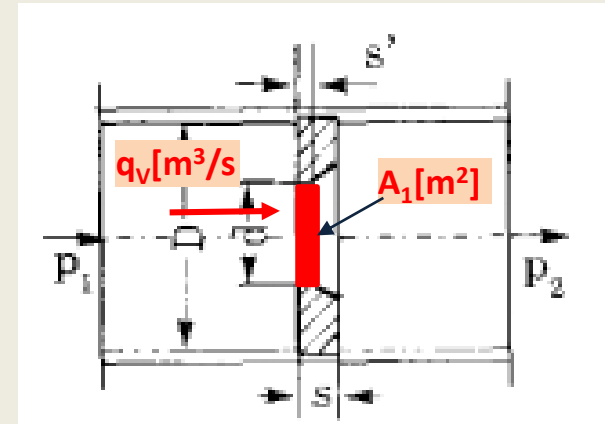
Diện tích mặt cắt khe hở [m²]

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

Áp suất trước và sau khe hở [N/m²]

ρ_n

Khối lượng riêng không khí [kg/m³]



b. Tổn thất áp suất khí nén qua khe hở (trong các loại van)

Tổn thất áp suất trong các loại van Δp_v (trong các loại van đảo chiều, van áp suất, van tiết lưu ...) tính theo:

$$\Delta p_v = \vartheta_v \cdot \frac{\rho_1}{2} \cdot w^2$$

w - vận tốc qua khe hở [m/s]

ϑ_v - hệ số cản, đại lượng đặc trưng cho van

4.9 Các đại lượng cơ bản: Hệ SI

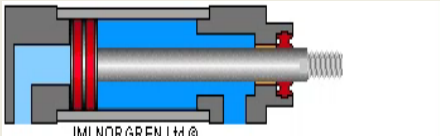
Đại lượng			Đơn vị
Ký hiệu	Tên gọi		
	Tiếng Anh	Tiếng Việt	
l	Length	Chiều dài	m
m	Mass	Khối lượng	Kg
t	Time	Thời gian	S
T	Temperature	Nhiệt độ	K
F	Force	Lực	N
A	Area	Diện tích	m ²
V	Volume	Thể tích	m ³
q _v	Volumetric flow rate	Lưu lượng	m ³ /s
q _B	Air consumption	Khí tiêu thụ	l/min
q _n	Nominal flow rate	Lưu lượng danh định	l/min
p	Pressure	Áp suất	bar(Pa)
p _{abs}	Absolute pressure	Áp suất tuyệt đối	bar(Pa)
p _{amb}	Ambient pressure	Áp suất môi trường	bar(Pa)
p _e	Excess or vacuum pressure	Áp suất dư hoặc chân không	bar(Pa)
Δp	Differential pressure	Chênh lệch áp suất	bar(Pa)
p _n	Standard pressure	Áp suất tiêu chuẩn	P _n = 101325 Pa
A	Piston surface	Diện tích mặt Pittông	m ²
A'	Annular surface (ring area)	Diện tích vành khăn	m ²
d	Piston rod diameter	Đường kính cần Pittông	m
D	Cylinder diameter	Đường kính trong Xilanh	m
F _{eff}	Effective piston force	Lực tác dụng bởi pittông	N
F _F	Force of retract spring	Lực phản hồi bởi lò xo	N
F _R	Friction force	Lực ma sát	N
s	Stroke length	Khoảng tác dụng(của pittông)	cm
n	Revolutions per minute	Tốc độ quay (cho động cơ)	1/min (rpm)
v	Velocity of piston	Vận tốc của Pittông	m/s

V. CẤU TRÚC CƠ BẢN HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG KHÍ NÉN

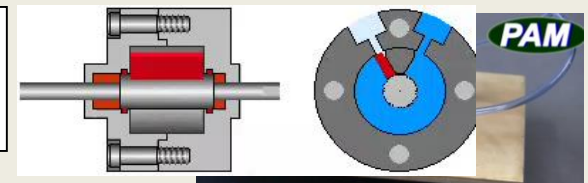
1. Hệ thống điều khiển tự động **khí nén- khí nén**

2. Cấu trúc cơ bản hệ thống điều khiển tự động **điện - khí nén**

Chuyển động tịnh tiến



Chuyển động quay Hút chân không



ĐỐI TƯỢNG ĐIỀU KHIỂN
(Cơ cấu chấp hành - Actuator)

NGUỒN KHÍ NÉN

NGUỒN ĐIỆN

THIẾT BỊ ĐIỀU KHIỂN

PHẦN TỬ ĐIỀU KHIỂN
(Cơ cấu tác động (OUTPUT))

PHẦN TỬ XỬ LÝ TÍN HIỆU (PROCESSING)

PHẦN TỬ NHẬN TÍN HIỆU (INPUT)

VI. BÀI TẬP VẬN DỤNG CHƯƠNG 1

1. Ví dụ tính toán:

1.1 Nén $V_0 = 6[\text{m}^3]$ áp suất khí quyển vào bình chứa có thể tích bằng $V_1 = 0.5 [\text{m}^3]$ bằng máy nén khí (giả thiết quá trình nén, nhiệt độ khí không đổi). Hãy tính áp suất khí nén trong bình (áp suất dư)? $1 \text{ atm} = 10^5 [\text{Pa}]$

1. 2. Một máy nén khí có lưu lượng hút $Q = 3\text{m}^3/\text{min}$, nén vào bình chứa có thể tích $0,5\text{m}^3$. Hãy tính thời gian cần thiết để bình được nạp đầy khí nén có áp suất $P = 6 \text{ bar}$ và nhiệt độ là $T = 293 \text{ K}$. Biết rằng, khí quyển ở điều kiện tiêu chuẩn ($P_n = 1,013 \text{ bar}$ và $T = 273\text{K}$).

1.3 Trong một ống kín $V_1 = 60 \text{ dm}^3$, áp suất $p_{1\text{abs}} = 700 \text{ kPa}$ ($7 \text{ bar}/101.5 \text{ psi}$), nhiệt độ $T_1 = 280 \text{ K}$ (7°C). Khi nhiệt độ tăng lên $T_2 = 300 \text{ K}$ (27°C) thì áp suất mới trong ống là bao nhiêu?

2. Giải thích các ứng dụng thực tế:

2.1 Trình bày, giải thích nguyên lý của dụng cụ sau: Nhiệt kế thủy ngân, Kinh khí cầu và Nồi áp suất dựa vào định luật khí ?

3. Câu hỏi tham khảo thêm:

3.1 Trong quá trình đẳng nhiệt của một khối khí lý tưởng, thể tích của khối khí giảm đi 3 lít thì áp suất của nó tăng lên 5 lần. Thể tích ban đầu của khối khí là bao nhiêu lít?

3.2 Một quả bóng cao su có thể tích $V = 4 \text{ lít}$ có áp suất trong bóng là $p = 2 \text{ atm}$. Mỗi lần bơm đưa được 100 cm^3 không khí ở áp suất khí quyển vào bóng. Bơm chậm để nhiệt độ không đổi và ban đầu trong bóng có không khí ở áp suất khí quyển, (biết áp suất khí quyển là 1 atm) số lần cần bơm của bóng là bao nhiêu?