

# Một câu hỏi từ thực tế: Điều gì xảy ra với không khí khi bơm xe?

Khi bơm xe đạp, một loạt các thông số của lượng không khí bị nén đều thay đổi cùng lúc:

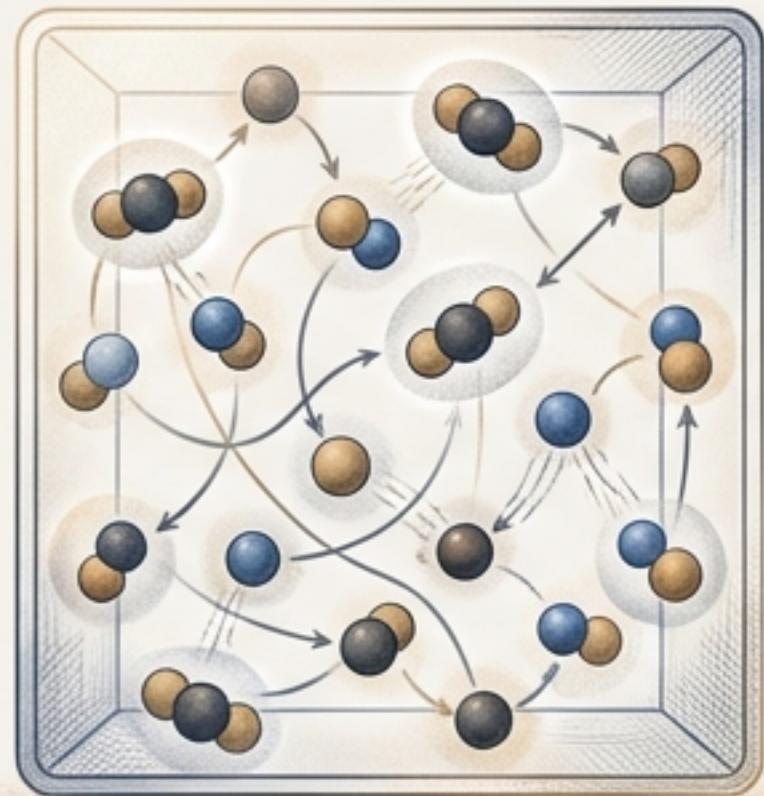
- **Thể tích (V)** trong ống bơm giảm.
- **Áp suất (p)** tăng lên để đẩy không khí vào lốp.
- **Nhiệt độ (T)** của ống bơm và khí bên trong cũng tăng lên.

## Khi cả ba thông số p, V, T cùng thay đổi, chúng tuân theo một quy luật chung nào?

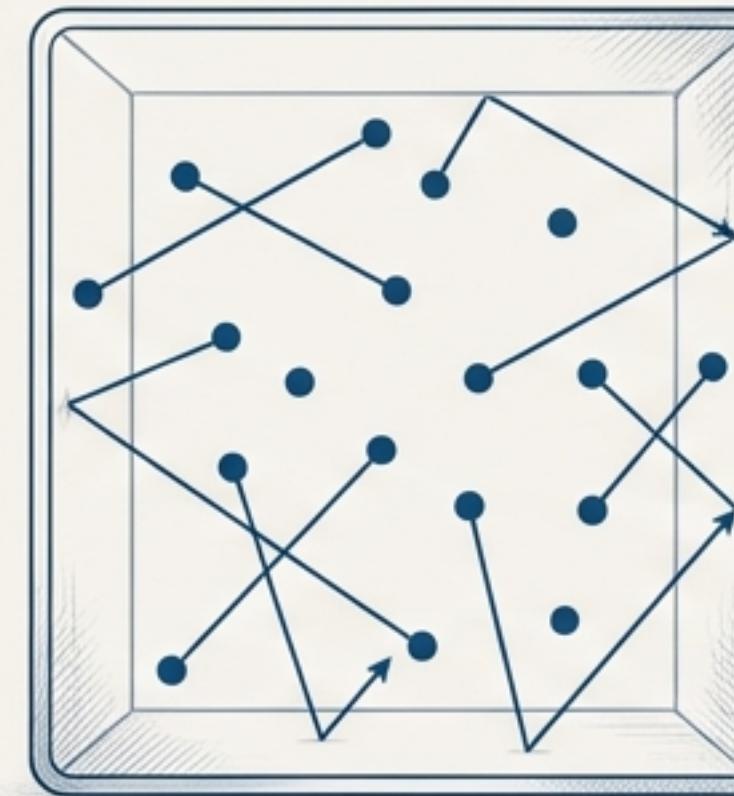


# Để tìm ra quy luật, ta cần một mô hình đơn giản hóa: Khí lí tưởng.

## KHÍ THỰC



## KHÍ LÍ TƯỞNG



Các chất khí trong thực tế (khí thực) như oxygen, nitrogen, carbon dioxide,... có tương tác phức tạp giữa các phân tử. Các định luật Boyle và Charles mô tả chính xác hành vi của chúng ở điều kiện nhiệt độ và áp suất thông thường. Tuy nhiên, ở áp suất rất lớn hoặc nhiệt độ rất thấp, các khí thực không còn tuân theo các định luật này một cách chính xác. Để xây dựng một phương trình tổng quát, các nhà khoa học đã xây dựng một khái niệm gọi là “khí lí tưởng”.

**Khí lí tưởng** là chất khí tuân theo đúng các định luật Boyle và Charles trong mọi điều kiện.

# Bằng chứng thực nghiệm: Tại sao mô hình ‘khí lí tưởng’ lại hữu ích?

Hãy xem xét tích số pV của một số loại khí khác nhau ở nhiệt độ 0 °C. Theo định luật Boyle, nếu khí là lí tưởng, tích số này phải là một hằng số.

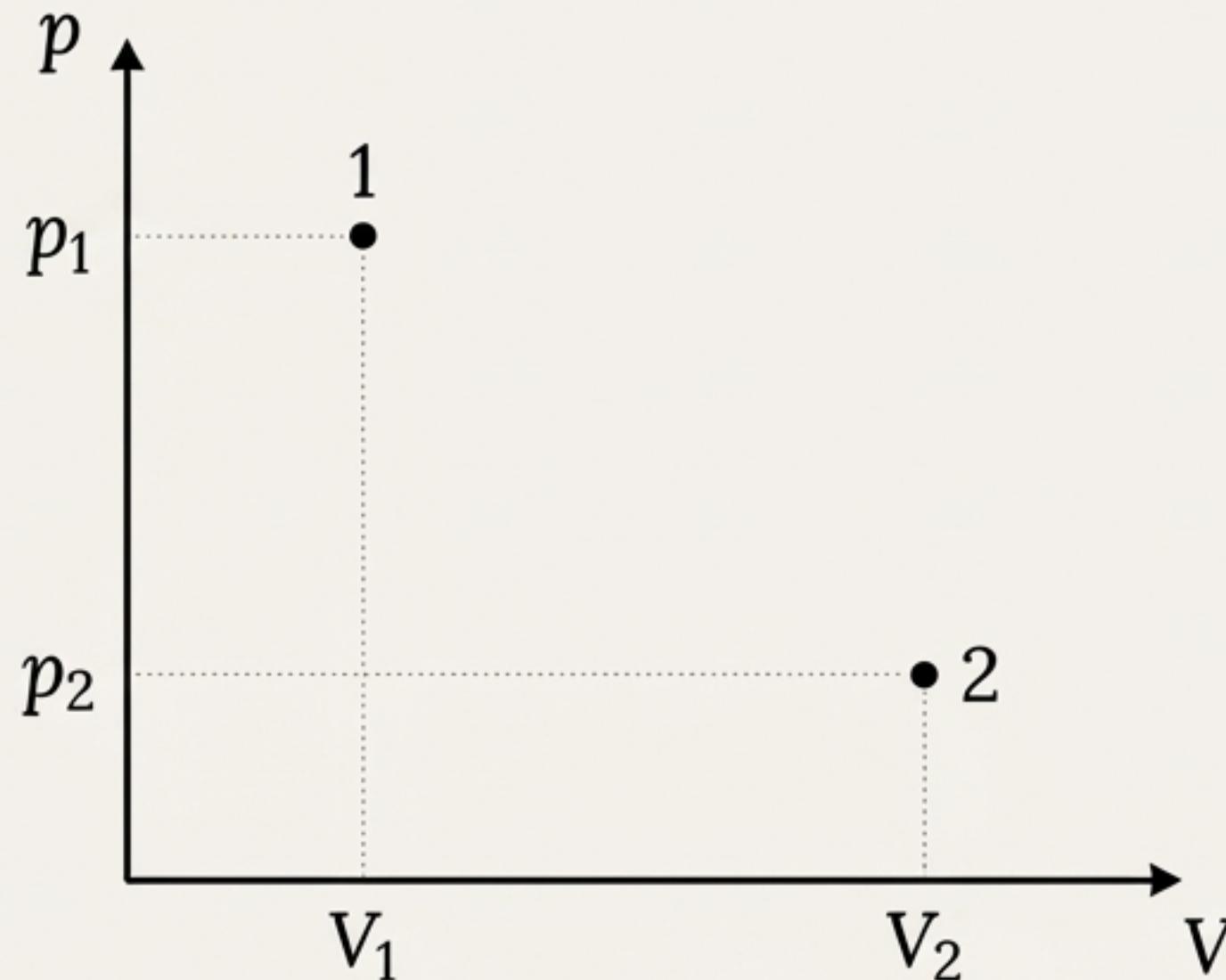
Tích pV của một số loại khí ứng với các áp suất khác nhau (ở 0 °C)

p (at)	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Không khí
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
100	1,0690	0,9941	0,9730	0,9720
1000	1,7200	1,7355	1,9920	2,0685

**Ở áp suất thấp** (khoảng 1 at), các khí thực như hydrogen, oxygen, nitrogen và không khí có tích pV gần như không đổi và bằng nhau. **Chúng hoạt động rất giống khí lí tưởng.** Khi áp suất tăng cao, **sự sai khác trở nên rõ rệt.**

# Bắt đầu cuộc điều tra: Xây dựng phương trình trạng thái

Xét một khối khí lí tưởng chuyển từ trạng thái 1 ( $p_1, V_1, T_1$ ) sang trạng thái 2 ( $p_2, V_2, T_2$ ). Làm thế nào để tìm ra mối liên hệ giữa các thông số này?



Ta sẽ **không đi trực tiếp** từ (1) đến (2). Thay vào đó, ta sẽ thực hiện quá trình qua một trạng thái **trung gian (1')** theo hai bước đơn giản đã biết:

1. **Bước 1:** Đẳng nhiệt (Nhiệt độ  $T_1$  không đổi).
2. **Bước 2:** Đẳng tích (Thể tích  $V_2$  không đổi).

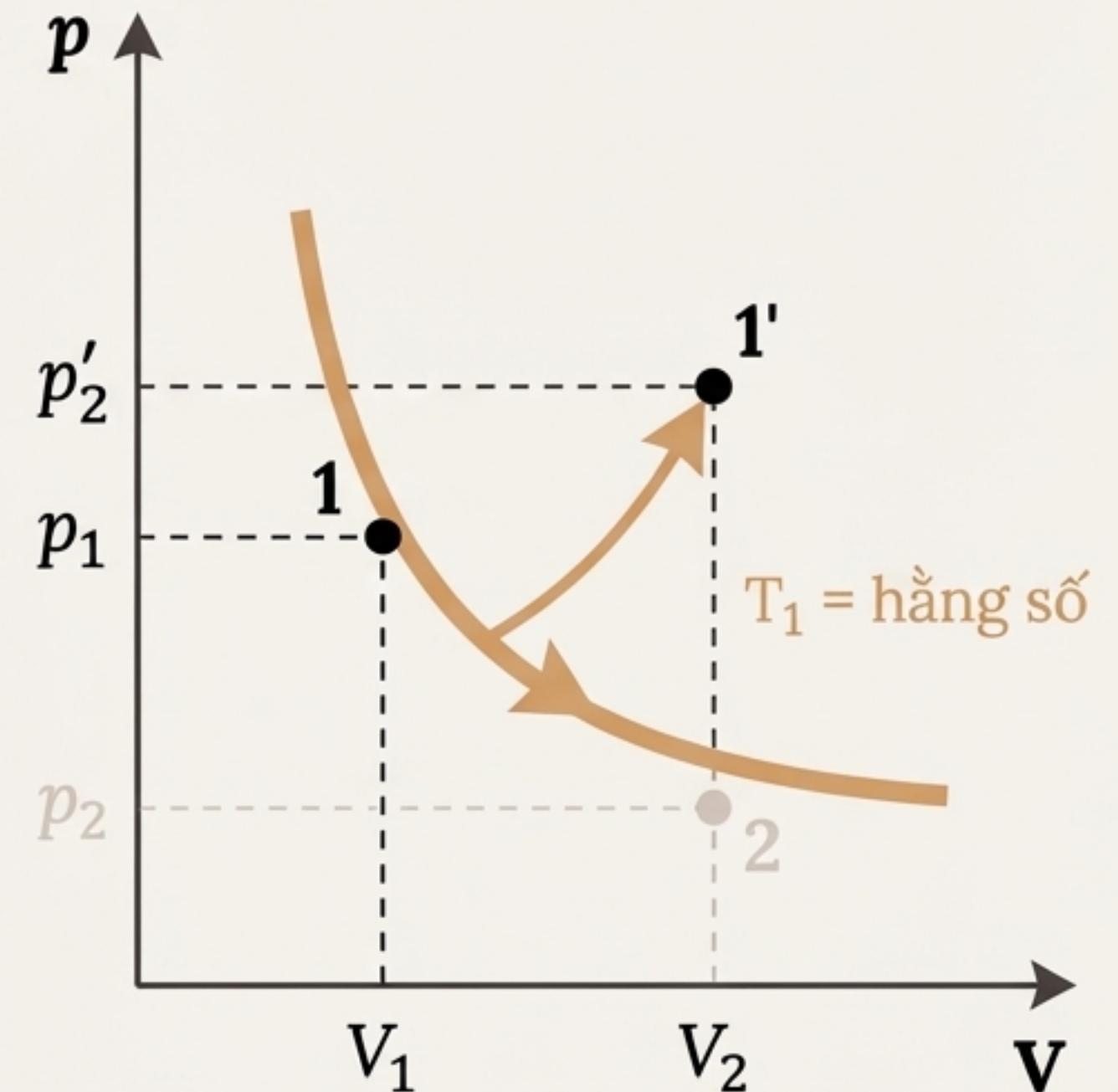
# Bước 1: Từ (1) đến (1') - Quá trình Đẳng nhiệt

Ta nén hoặc dãn khí từ trạng thái 1 ( $p_1, V_1, T_1$ ) đến trạng thái trung gian 1' ( $p'_2, V_2, T_1$ ) trong khi giữ nhiệt độ không đổi ở  $T_1$ .

Đây là một quá trình đẳng nhiệt.

Áp dụng định luật Boyle cho quá trình này:

$$p_1 V_1 = p'_2 V_2 \quad (\text{Phương trình 1})$$



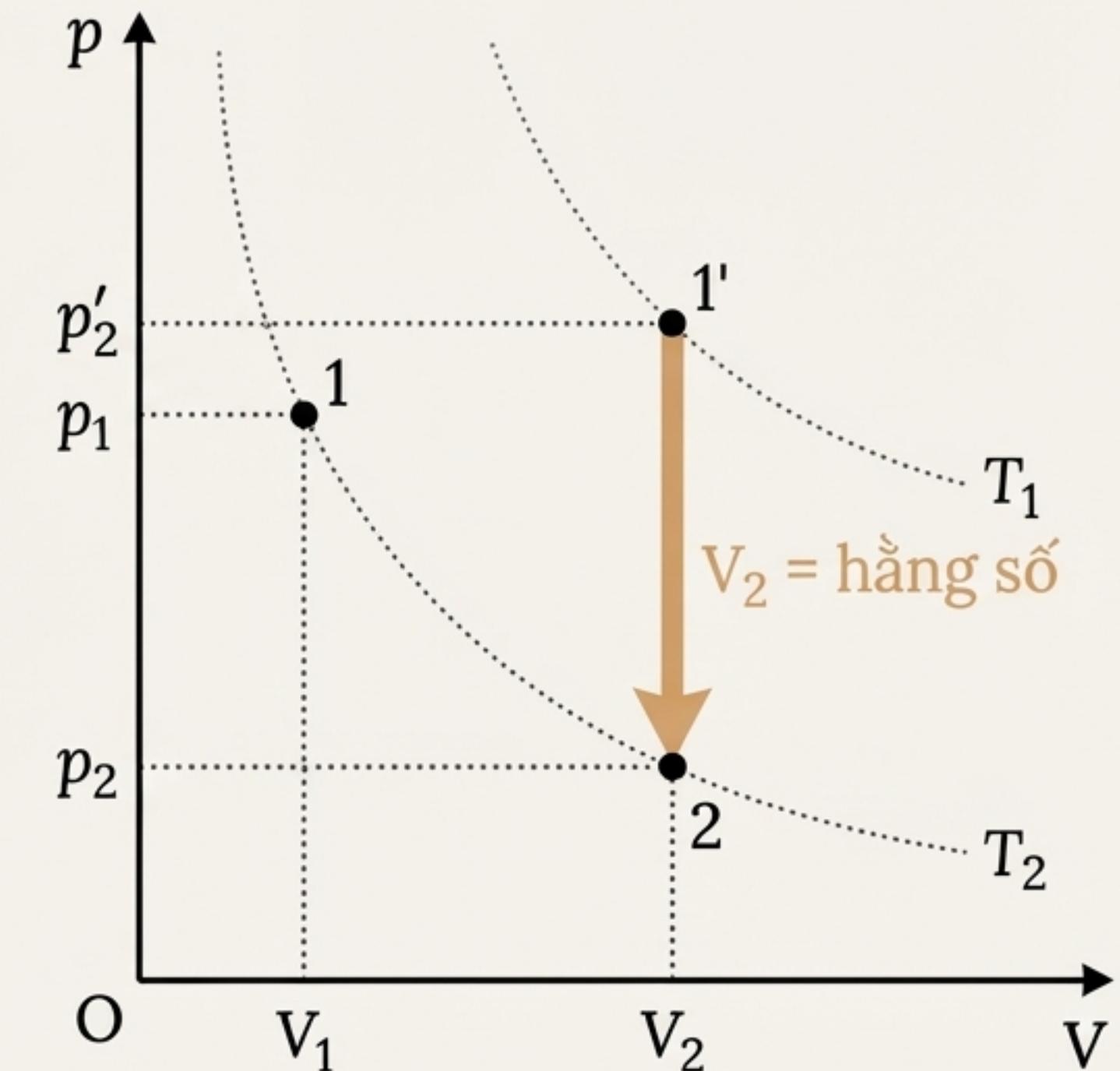
## Bước 2: Từ (1') đến (2) - Quá trình Đẳng tích

Từ trạng thái trung gian 1' ( $p'_2, V_2, T_1$ ), ta thay đổi nhiệt độ của khí đến  $T_2$  trong khi giữ thể tích không đổi ở  $V_2$  để đạt đến trạng thái cuối cùng 2 ( $p_2, V_2, T_2$ ).

Đây là một quá trình đẳng tích.

Áp dụng định luật Charles (hoặc Gay-Lussac) cho quá trình này:

$$\frac{p'_2}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (\text{Phương trình 2})$$



# Kết hợp các manh mối: Lời giải xuất hiện

Ta có hai phương trình từ hai bước của quá trình. Cả hai đều chứa thông số áp suất trung gian  $p'_2$ .

Từ (Phương trình 1):

$$p'_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

Từ (Phương trình 2):

$$p'_2 = \frac{p_2 T_1}{T_2}$$

1. Vì cả hai vế phải đều bằng  $p'_2$ , ta có thể đặt chúng bằng nhau:

$$\frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{p_2 T_1}{T_2}$$

2. Sắp xếp lại các biến số (nhóm các thông số của trạng thái 1 về một vế và trạng thái 2 về vế còn lại):

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Chúng ta đã tìm ra mối liên hệ toán học trực tiếp giữa trạng thái đầu và trạng thái cuối!

# Phương trình Trạng thái của Khí lí tưởng

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Phương trình này cho thấy rằng đối với một lượng khí lí tưởng xác định, biểu thức  $pV/T$  là một hằng số.

$$\frac{pV}{T} = \text{hằng số}$$

Đây được gọi là **Phương trình trạng thái của khí lí tưởng** (hay phương trình Clapeyron). Nó liên kết ba thông số trạng thái của một khối khí và cho phép chúng ta dự đoán một thông số nếu biết những thông số còn lại qua một quá trình biến đổi.

# Hướng tới một phương trình phổ quát hơn

Giá trị hằng số  $\frac{pV}{T}$  phụ thuộc vào lượng khí (khối lượng hoặc số mol khí).

Để có một phương trình áp dụng cho bất kỳ lượng khí nào, ta sử dụng khái niệm **mol**.

Số mol khí ( $n$ ) được tính bằng:  $n = \frac{m}{M}$  (với  $m$  là khối lượng khí,  $M$  là khối lượng mol).

Thực nghiệm cho thấy hằng số  $\frac{pV}{T}$  tỉ lệ thuận với số mol  $n$ .

$$\frac{pV}{nT} = R$$

R là một hằng số cho TẤT CẢ các khí lí tưởng, được gọi là **hằng số khí lí tưởng**.

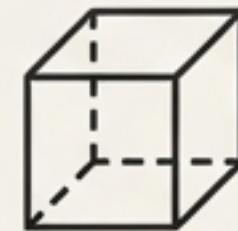
$$R \approx 8,31 \text{ J/(mol.K)}$$

# Phương trình Trạng thái Phổ quát

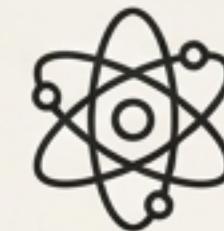
$$pV = nRT$$



'p': Áp suất  
(Pa)



'V': Thể tích  
(m<sup>3</sup>)



'n': Số mol khí  
(mol)



'R': Hằng số khí  
lí tưởng  
(8,31 J/mol.K)



'T': Nhiệt độ  
tuyệt đối (K)

Đây là một trong những phương trình cơ bản và quan trọng nhất trong vật lí và hóa học.

# Từ phương trình tổng quát đến các quá trình đặc biệt: Đẳng tích

**Logic:** Phương trình trạng thái  $\frac{pV}{T} = \text{hằng số}$  là công cụ vô cùng mạnh mẽ. Từ đó, ta có thể suy ra các định luật cho các quá trình đặc biệt.

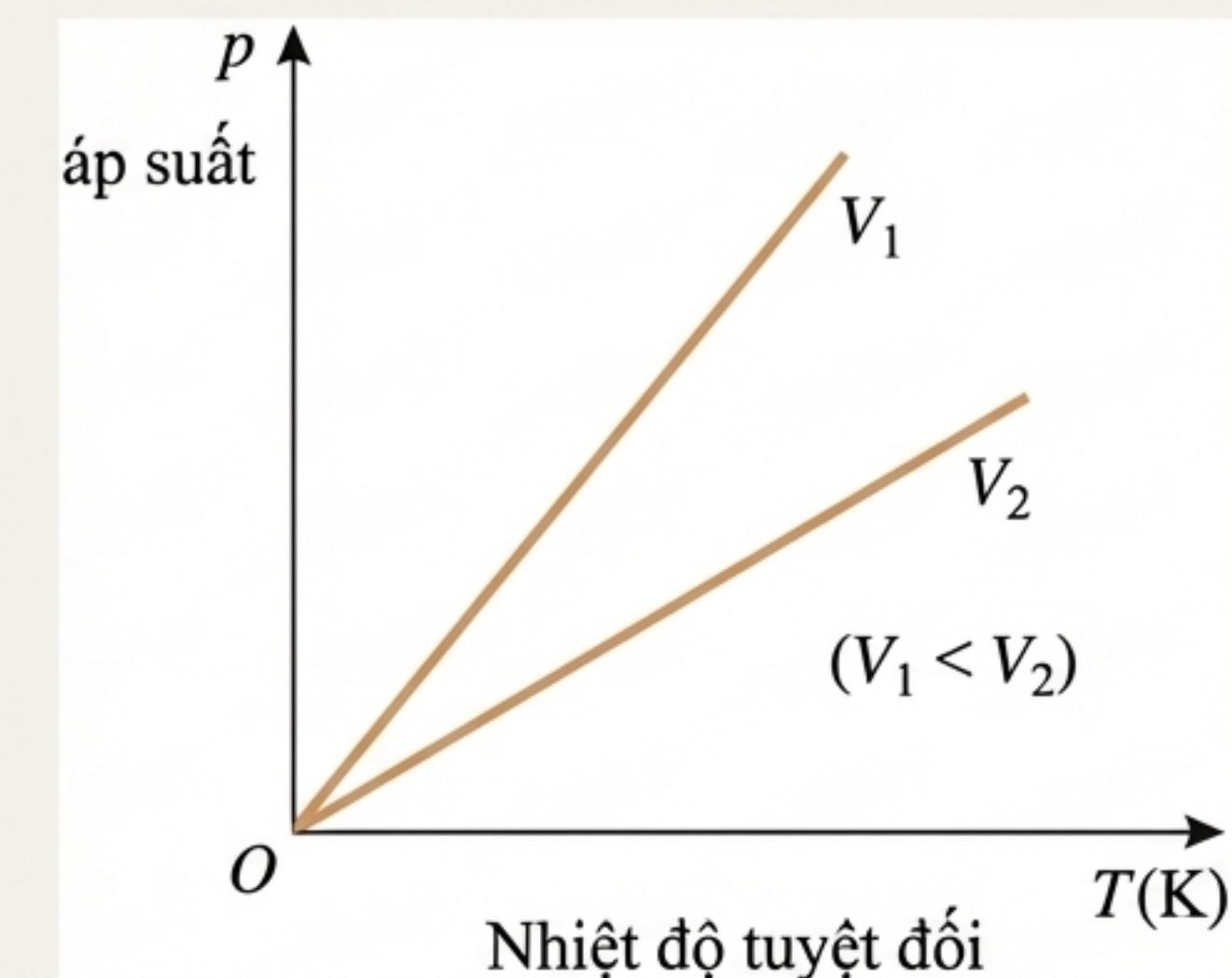
## Case Study: Quá trình đẳng tích ( $V = \text{hằng số}$ )

Nếu thể tích  $V$  không đổi, ta có thể rút gọn phương trình:

$$\frac{p}{T} = \frac{\text{hằng số}}{V} = \text{hằng số mới}$$

Do đó:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của áp suất vào nhiệt độ khi thể tích không đổi được gọi là đường đẳng tích.

# Ứng dụng trong thực tế: Áp suất lốp xe khi trời nóng



## Scenario:

- Một chiếc lốp ô tô được bơm căng đến áp suất 2,3 bar ở nhiệt độ 25 °C.
- Khi xe chạy nhanh, lốp xe nóng lên làm cho nhiệt độ không khí bên trong tăng lên 50 °C.
- Coi thể tích của lốp xe gần như không đổi. Áp suất của không khí trong lốp xe lúc này là bao nhiêu?

## Analysis:

Đây là một quá trình đẳng tích. Áp dụng:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

**Lưu ý quan trọng:** Luôn đổi nhiệt độ sang Kelvin!

- $T_1 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$
- $T_2 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$

$$p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 2,3 \cdot \frac{323}{298} \approx 2,5 \text{ bar}$$

## Conclusion:

Áp suất trong lốp xe đã tăng lên đáng kể chỉ vì nhiệt độ.

# Một lời cảnh báo từ Vật lí: Nguy cơ nổ bình xịt

Tại sao người ta đưa ra khuyến cáo  
“Không được ném bình vào lửa  
ngay cả khi đã dùng hết”?

- Một bình xịt, ngay cả khi đã dùng hết, vẫn chứa một lượng khí ở bên trong.
- Vỏ bình có thể tích không đổi. Khi ném vào lửa, nhiệt độ ( $T$ ) của khí bên trong tăng đột ngột.
- Theo quá trình đẳng tích ( $\frac{p}{T} = \text{hằng số}$ ), áp suất ( $p$ ) bên trong bình cũng sẽ tăng lên cực lớn.
- Khi áp suất vượt quá giới hạn bền của vỏ bình, nó sẽ phát nổ.



# Bài tập vận dụng 1: Nén khí trong xilanh

Trong xilanh của một động cơ có 0,5 lít hỗn hợp khí ở áp suất 1 atm và nhiệt độ 47 °C. Pit-tông nén hỗn hợp khí chỉ còn 0,05 lít và áp suất tăng lên 15 atm. Tìm nhiệt độ của hỗn hợp khí ở trạng thái nén.

## 1. Tóm tắt trạng thái:

- \* Trạng thái 1:  $p_1 = 1 \text{ atm}$ ,  $V_1 = 0,5 \text{ lít}$ ,  $T_1 = 47 + 273 = 320 \text{ K}$
- \* Trạng thái 2:  $p_2 = 15 \text{ atm}$ ,  $V_2 = 0,05 \text{ lít}$ ,  $T_2 = ?$

## 2. Áp dụng phương trình trạng thái:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1}$$

## 3. Biến đổi để tìm $T_2$ :

## 4. Thay số và tính toán:

$$T_2 = \frac{15 \cdot 0,05 \cdot 320}{1 \cdot 0,5} = 480 \text{ K}$$

Nhiệt độ của hỗn hợp khí sau khi nén là 480 K (hoặc 207 °C).

## Bài tập vận dụng 2: Mối liên hệ với khối lượng riêng

Tăng đồng thời nhiệt độ và áp suất của một khối khí lí tưởng từ 27 °C và 100 kPa lên 177 °C và 300 kPa. Hỏi khối lượng riêng của khối khí tăng hay giảm bao nhiêu lần?

### 1. Tóm tắt trạng thái:

- \* Trạng thái 1:  $T_1 = 27 + 273 = 300$  K,  $p_1 = 100$  kPa
- \* Trạng thái 2:  $T_2 = 177 + 273 = 450$  K,  $p_2 = 300$  kPa

### 2. Liên hệ với khối lượng riêng ( $\rho$ ):

- \* Khối lượng riêng  $\rho = m / V$ , suy ra  $V = m / \rho$ .

### 3. Thay vào phương trình trạng thái:

- \*  $p(m/\rho) / T = \text{hằng số} \Rightarrow p / (\rho T) = \text{hằng số}$
- \* Do đó:  $p_1 / (\rho_1 T_1) = p_2 / (\rho_2 T_2)$

### 4. Tính tỉ số khối lượng riêng:

- \*  $\rho_2 / \rho_1 = (p_2 / p_1) * (T_1 / T_2)$
- \*  $\rho_2 / \rho_1 = (300/100) * (300/450) = 3 (2/3) = 2$

**Khối lượng riêng của khối khí tăng lên 2 lần.**