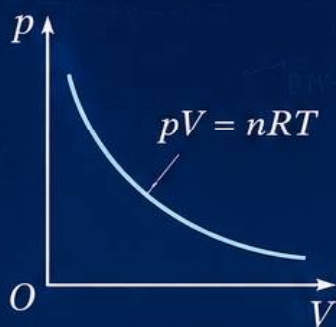


— CHUYÊN ĐỀ —

KHÍ LÝ TƯỞNG

VẬT LÝ 12



$$pV = nRT$$



$$T = t + 273,15 \text{ K}$$



BÁM SÁT TRIẾT LÝ
Chương trình GDPT
2018



8 DẠNG BÀI CHUYÊN SÂU
Từ cơ bản đến nâng cao,
hướng tới Olympic



BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI
Đào sâu bản chất lý thuyết,
kỹ năng mô hình hóa



TƯ DUY THỰC NGHIỆM
Gắn kết lý thuyết
với thực tiễn



**DÀNH CHO
HỌC SINH 12**
ÔN THI CHUYÊN, HSG, OLYMPIC



TÀI LIỆU CHẤT LƯỢNG CAO
Bản quyền bởi đội ngũ
PHYSICS TEAM



HỌC TẬP HIỆU QUẢ
Hệ thống bài tập vận dụng,
lời giải chi tiết



<https://physicsteam.vn>

CHUYÊN ĐỀ: KHÍ LÝ TƯỢNG

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	6
DẠNG 1: KHÍ LÝ TƯỢNG – BIẾN ĐỔI TRẠNG THÁI.....	7
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	7
1.1. Phương trình trạng thái khí lý tưởng	7
1.2. Các đẳng quá trình cơ bản.....	7
1.3. Mở rộng nâng cao dành cho HSG	7
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	7
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	9
♦ PT Bài 1: Nén khí đẳng nhiệt trong ống có cột thủy ngân	9
♦ PT Bài 2: Xác định nhiệt độ cực đại trong quá trình biến đổi tuyến tính.....	11
♦ PT Bài 3: Bình khí có van bảo hiểm (khối lượng khí thay đổi).....	13
♦ PT Bài 4: Sự thay đổi áp suất của khí trong bình kín theo nhiệt độ	15
♦ PT Bài 5: Biến thiên áp suất lốp xe theo nhiệt độ và ma sát	17
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	19
♦ PT Bài 6: Trạng thái đẳng nhiệt của khối khí trong quá trình nạp áp suất liên tục	19
♦ PT Bài 7: Xác định thông số trạng thái ban đầu qua lượng biến thiên đẳng nhiệt	20
♦ PT Bài 8: Phân tích sai số thực nghiệm của khí áp kế thủy ngân Torricelli.....	22
♦ PT Bài 9: Trạng thái cân bằng cơ - nhiệt của ống khí chìm trong nước	23
♦ PT Bài 10: Trạng thái cân bằng cơ - nhiệt của khối khí trong xilanh thẳng đứng.....	25
DẠNG 2: ĐỒ THỊ p-V, V-T, p-T.....	28
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	28
1.1. Hình dạng các đường đẳng quá trình.....	28
1.2. Ý nghĩa hình học của diện tích trên đồ thị (p, V).....	28
1.3. Mở rộng nâng cao dành cho HSG	28
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	28
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	30
♦ PT Bài 1: Biến đổi trạng thái của khí lý tưởng trên các đồ thị p-V, V-T và p-T.....	30
♦ PT Bài 2: Chuyển đổi hệ tọa độ cho chu trình ba quá trình	32
♦ PT Bài 3: Khai thác quá trình đa biến từ đồ thị đường thẳng trong hệ (V, T).....	33
♦ PT Bài 4: Tính công dựa trên diện tích hình phẳng trên đồ thị p-v	35
♦ PT Bài 5: Biện luận vị trí áp suất cực tiểu trên đồ thị chu trình	37
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	39
♦ PT Bài 6: Bài toán xác định công của khối khí bằng phương pháp hình học trên đồ thị.....	39
♦ PT Bài 7: Khai thác thông số chu trình từ cấu trúc đồ thị hình học V-T	40
♦ PT Bài 8: Xác định nhiệt độ cực đại của khối khí trong quá trình biến đổi tuyến tính p-V.....	42
♦ PT Bài 9: Xác định công của chu trình khí lý tưởng thông qua chuyển đổi hệ tọa độ đồ thị	45

♦ PT Bài 10: Tính công của khối khí lý tưởng thực hiện trong một chu trình kín	47
DẠNG 3: HỆ KHÍ – NHIỀU BÌNH – NỔI THÔNG	50
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	50
1.1. Bản chất của hệ bình nổi thông	50
1.2. Các định luật bảo toàn	50
1.3. Đặc điểm trạng thái cân bằng.....	51
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	51
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	52
♦ PT Bài 1: Trộn lẫn khí đơn nguyên tử và lưỡng nguyên tử.....	52
♦ PT Bài 2: Hệ bình nổi thông trong các môi trường nhiệt độ khác nhau.....	54
♦ PT Bài 3: Xác định áp suất cuối của hệ n bình nổi thông.....	56
♦ PT Bài 4: Bơm khí giữa hai bình với hiệu suất xác định	58
♦ PT Bài 5: Tính toán hệ thống bình chứa khí nén dự phòng.....	60
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	62
♦ PT Bài 6: Biến thiên áp suất bán phần do phản ứng chuyển đổi số mol hệ khí	62
♦ PT Bài 7: Khảo sát tỉ số thể tích của hệ bình chứa khí nén nổi thông	64
♦ PT Bài 8: Bài toán xác định áp suất hệ bình thông nhau có van chênh lệch áp suất	66
♦ PT Bài 9: Bài toán xác định độ dịch chuyển của giọt thủy ngân trong ống nổi hai bình cầu...	68
♦ PT Bài 10: Bài toán xác định áp suất cân bằng của hệ ba bình thông nhau biến đổi nhiệt độ.	70
DẠNG 4: KHÍ TRONG TRƯỜNG LỰC – ÁP SUẤT BIẾN THIÊN	72
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	72
1.1. Áp suất tại một điểm trong chất khí	72
1.2. Công thức áp suất khí quyển.....	72
1.3. Khối lượng riêng và mật độ phân tử theo độ cao	72
1.4. Mở rộng nâng cao dành cho HSG	72
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	72
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	74
♦ PT Bài 1: Thiết lập công thức áp suất khí quyển theo độ cao (mô hình đẳng nhiệt).....	74
♦ PT Bài 2: Khí lý tưởng trong ống quay tròn (lực quán tính ly tâm)	76
♦ PT Bài 3: Lực đẩy archimedes tác dụng lên bóng thám không ở độ cao lớn.....	77
♦ PT Bài 4: Phân bố mật độ phân tử khí trong máy ly tâm	79
♦ PT Bài 5: Độ chênh lệch áp suất trong tòa nhà chọc trời	81
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	83
♦ PT Bài 6: Mô hình áp suất khí quyển giảm theo độ cao (Công thức khí áp rút gọn).	83
♦ PT Bài 7: Trạng thái cân bằng của khinh khí cầu nạp khí nóng trong khí quyển phân tầng....	84
♦ PT Bài 8: Xác định độ dày khí quyển giả định của một hành tinh dựa trên trọng lực bề mặt.	86
♦ PT Bài 9: Khối khí trong ống nghiệm quay tròn đều trong mặt phẳng nằm ngang.	88
♦ PT Bài 10: Sự phân bố áp suất của khí urani hexaflorua bên trong máy tâm ly ly tâm tốc độ cao. ..	90

DẠNG 5: LIÊN HỆ VI MÔ – VĨ MÔ (MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ)	92
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	92
1.1. Các giả thuyết của mô hình động học phân tử.....	92
1.2. Công thức cơ bản của thuyết động học phân tử.....	92
1.3. Nhiệt độ và Động năng phân tử.....	92
1.4. Các loại tốc độ phân tử (Nâng cao cho HSG).....	92
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	92
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	94
♦ PT Bài 1: Tốc độ căn quân phương và động năng trung bình của phân tử khí	94
♦ PT Bài 2: Áp suất và mật độ phân tử trong môi trường chân không siêu cao.....	95
♦ PT Bài 3: Vận tốc trung bình của các loại phân tử trong hỗn hợp khí.....	97
♦ PT Bài 4: Phân tích số lần va chạm của phân tử khí lên thành bình.....	99
♦ PT Bài 5: Cơ chế khuếch tán khí qua màng mỏng xốp có các vi lỗ (màng khuếch tán).....	100
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	102
♦ PT Bài 6: Xác định tốc độ căn quân phương phân tử khí dựa trên áp suất và mật độ phân tử. ...	102
♦ PT Bài 7: Xác định động năng trung bình phân tử từ các thông số vĩ mô	104
♦ PT Bài 8: Xác định áp suất vĩ mô từ mô hình va chạm vi mô của phân tử khí	105
♦ PT Bài 9: Sự biến thiên vận tốc chuyển động nhiệt phân tử theo nhiệt độ tuyệt đối.....	107
♦ PT Bài 10: Hiện tượng rò rỉ nhiệt và cân bằng dòng phân tử trong chế độ khí loãng	109
DẠNG 6: HỆ KHÍ CÓ PISTON – Lò xo – CÂN BẰNG CƠ NHIỆT	112
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	112
1.1. Điều kiện cân bằng của Piston	112
1.2. Mối liên hệ giữa thông số trạng thái và biến dạng	112
1.3. Công của khối khí trong hệ Piston	112
1.4. Mở rộng nâng cao cho HSG.....	112
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI (CHIẾN LƯỢC CƠ - NHIỆT KẾT HỢP).....	112
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	113
♦ PT Bài 1: Piston ngăn đôi bình khí gắn hai lò xo khác nhau.....	113
♦ PT Bài 2: Dao động nhỏ của piston trong xi lanh cách nhiệt	115
♦ PT Bài 3: Nhiệt lượng cung cấp trong quá trình piston dịch chuyển thẳng đứng	117
♦ PT Bài 4: Biện luận trạng thái piston có ma sát trượt	119
♦ PT Bài 5: Mô phỏng chu trình nén trong xi lanh giảm chấn khí nén.....	120
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	122
♦ PT Bài 6: Tọa độ cân bằng mới của piston khi nung nóng một bên của xi lanh đặt nằm ngang ..	122
♦ PT Bài 7: Biến đổi trạng thái của khối khí liên kết hệ pittong – lò xo.....	124
♦ PT Bài 8: Công sinh ra trong quá trình giãn nở của hệ pít-tông – lò xo	126
♦ PT Bài 9: Sự dịch chuyển mức cân bằng cơ - nhiệt của piston ngăn đôi bình khí	128
♦ PT Bài 10: Khối khí trong ống nghiệm quay tròn đều trong mặt phẳng nằm ngang.....	130

DẠNG 7: KẾT HỢP NHIỆT HỌC + KHÍ LÝ TƯỞNG	133
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	133
1.1. Bản chất sự kết hợp	133
1.2. Các biểu thức nền tảng.....	133
1.3. Mở rộng nâng cao cho học sinh giỏi	133
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	133
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	134
♦ PT Bài 1: Đốt nóng khí trong bình có vách ngăn di động.....	134
♦ PT Bài 2: Xác định nhiệt dung mol trong quá trình biến đổi bất kỳ.....	136
♦ PT Bài 3: Dẫn nở khí trong môi trường có áp suất ngoài thay đổi.....	138
♦ PT Bài 4: Tính toán năng lượng trên một nửa chu trình biến đổi.....	140
♦ PT Bài 5: Phân tích nhiệt động lực học của túi khí an toàn trên ô tô.....	143
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	145
♦ PT Bài 6: Hiện tượng sương giá bám vào thành bình khí nén khi hạ nhiệt độ.....	145
♦ PT Bài 7: Xác định nhiệt lượng cung cấp cho khối khí trong quá trình đẳng tích.	146
♦ PT Bài 8: Sự biến thiên áp suất bên trong bình kín do giọt chất lỏng bay hơi hoàn toàn.....	148
♦ PT Bài 9: Xác định lượng khí thoát ra khi nung nóng một bình hở ở áp suất khí quyển.....	149
♦ PT Bài 10: Xác định công của khối khí trong quá trình dẫn nở đẳng áp	151
DẠNG 8: CHU TRÌNH NHIỆT – HIỆU SUẤT.....	154
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	154
1.1. Khái niệm Chu trình	154
1.2. Hiệu suất của động cơ nhiệt.....	154
1.3. Chu trình Carnot và Định luật II	154
1.4. Mở rộng nâng cao cho HSG.....	154
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....	154
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	156
♦ PT Bài 1: Tính hiệu suất chu trình otto (động cơ xăng 4 kỳ)	156
♦ PT Bài 2: So sánh hiệu suất chu trình carnot và chu trình đa giác	158
♦ PT Bài 3: Chu trình máy lạnh và hệ số làm lạnh	159
♦ PT Bài 4: Biện luận cực trị hiệu suất trong chu trình đa biến	161
♦ PT Bài 5: Phân tích hiệu suất nhà máy nhiệt điện chu trình hỗn hợp	163
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	165
♦ PT Bài 6: Xác định thông số nhiệt độ nguồn nóng của động cơ nhiệt lí tưởng.....	165
♦ PT Bài 7: Xác định hiệu suất chuyển hóa năng lượng của khối khí trong xi lanh.....	166
♦ PT Bài 8: Xác định hiệu suất năng lượng của động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình kín ...	168
♦ PT Bài 9: Xác định năng lượng tiêu thụ và nhiệt lượng thải ra nguồn lạnh của động cơ nhiệt ...	170
♦ PT Bài 10: Hiệu suất của chu trình động cơ đốt trong giả định.....	171

LỜI NÓI ĐẦU

Chào mừng các Thầy/Cô giáo và các em học sinh đến với **Physics 2018 series** - Bộ tài liệu chuyên sâu được nghiên cứu và phát triển độc quyền bởi đội ngũ **Physics Team**.

Chuyên đề **Khí lý tưởng - Vật lý 12** là một trong những mảng kiến thức có tính phân hóa mạnh nhất trong các kỳ thi học thuật. Bám sát triết lý của Chương trình Giáo dục Phổ thông 2018, tập tài liệu này được xây dựng với mục tiêu định hình lại phương pháp học Khí lý tưởng. **Physics 2018 series** tập trung vào việc phát triển **bản chất vật lý cốt lõi, năng lực mô hình hóa và tư duy thực nghiệm**.

Nội dung giáo trình được thiết kế theo cấu trúc tuyến tính đồng bộ, dẫn dắt học sinh đi từ các quy luật vĩ mô cơ bản, bản chất động học vi mô đến các hệ thống cơ nhiệt phức tạp và chu trình động cơ nhiệt qua **8 dạng bài chuyên sâu**:

- **Dạng 1:** Khí lý tưởng – Biến đổi trạng thái
- **Dạng 2:** Đồ thị p-V, V-T, p-T
- **Dạng 3:** Hệ khí – Nhiều bình – Nối thông
- **Dạng 4:** Khí trong trường lực – Áp suất biến thiên
- **Dạng 5:** Liên hệ vi mô – Vĩ mô (Mô hình động lực phân tử)
- **Dạng 6:** Hệ khí có Piston – Lò xo – Cân bằng cơ nhiệt
- **Dạng 8:** Kết hợp Nhiệt học + Khí lý tưởng
- **Dạng 8:** Chu trình nhiệt – Hiệu suất

Hệ thống 8 dạng bài này hướng tới việc giải quyết đa mục tiêu chiến lược:

- **Bồi dưỡng Học sinh giỏi đỉnh cao:** Cung cấp các công cụ tư duy cao cấp, đào sâu bản chất lý thuyết để chinh phục các kỳ thi từ cấp Trường, Tỉnh/Thành phố, và định hướng đến các kỳ thi Olympic và Học sinh giỏi Quốc gia.

- **Bứt phá điểm 9+, 10 thi Tốt nghiệp THPT:** Trang bị phương pháp giải quyết các câu hỏi định lượng phức tạp và các câu hỏi thực nghiệm phân hóa trong cấu trúc đề thi mới.

Để giúp học sinh chuyển hóa lý thuyết thành năng lực giải quyết vấn đề thực tế, cấu trúc của mỗi dạng toán được chuẩn hóa chặt chẽ theo các trụ cột:

- 1. Hệ thống lý thuyết cơ bản và chuyên sâu:** Mở rộng các mô hình vật lý tiên tiến và các "mốc nhiệt độ biên" dành riêng cho học sinh giỏi.

- 2. Phương pháp giải:** Gồm quy trình từng bước rõ ràng.

- 3. Hệ thống bài tập vận dụng mẫu:** Mỗi bài tập được trình bày qua tiến trình 4 bước độc quyền: *Đề bài* →  *Định hướng tư duy* →  *Hướng dẫn giải chi tiết* →  *lưu ý cho học sinh*.

- 4. Hệ thống bài tập Trắc nghiệm trả lời ngắn:** Điểm nhấn cốt lõi bám sát cấu trúc đề thi mới. Phần này giúp học sinh rèn luyện kỹ năng bấm máy, kiểm soát sai số và làm chủ tốc độ xử lý tình huống định lượng dưới áp lực phòng thi.

Hệ thống phát hành và bảo mật tự động tại: <https://physicsteam.vn>

DẠNG 1: KHÍ LÍ TỬ – BIẾN ĐỔI TRẠNG THÁI**1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU****1.1. Phương trình trạng thái khí lí tưởng**

Mối liên hệ giữa ba thông số trạng thái của một khối lượng khí xác định được biểu diễn qua phương trình Clapeyron:

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

Hoặc phương trình Mendeleev – Clapeyron:

$$pV = nRT = \frac{m}{M} RT$$

1.2. Các đẳng quá trình cơ bản

- Quá trình đẳng nhiệt (Định luật Boyle): $T = \text{const} \Rightarrow pV = \text{const}$. Đồ thị trong hệ (p, V) là đường Hyperbol.
- Quá trình đẳng áp (Định luật Charles): $p = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$. Đồ thị trong hệ (V, T) là đường thẳng đi qua gốc tọa độ.
- Quá trình đẳng tích (Định luật Gay-Lussac): $V = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{T} = \text{const}$. Đồ thị trong hệ (p, T) là đường thẳng đi qua gốc tọa độ.

1.3. Mở rộng nâng cao dành cho HSG

- Quá trình biến đổi không chuẩn (Quá trình đa biến): Là quá trình mà cả p, V, T đều thay đổi theo một quy luật xác định (ví dụ: $p = aV + b$ hoặc $pV^n = \text{const}$).
- Mật độ phân tử và Khối lượng riêng: * Khối lượng riêng: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$.

Mật độ phân tử: $n_0 = \frac{N}{V} = \frac{p}{kT}$ (với k là hằng số Boltzmann).

- Điều kiện thực tế: Hiểu rõ giới hạn của khí lí tưởng; khí thực chỉ tiến gần đến khí lí tưởng khi ở áp suất thấp và nhiệt độ cao.

2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI**Bước 1: Xác định đối tượng và trạng thái**

- Xác định khối lượng khí (hoặc số mol n) có thay đổi trong quá trình xét hay không.
- Liệt kê các thông số (p, V, T) ở trạng thái đầu (1) và trạng thái cuối (2).
- Lưu ý: Luôn đổi nhiệt độ sang thang Kelvin ($T = t^\circ\text{C} + 273$).

Bước 2: Nhận diện loại biến đổi

- Nếu có một thông số không đổi: Sử dụng định luật về đẳng quá trình tương ứng.
- Nếu cả ba thông số đều thay đổi: Sử dụng phương trình trạng thái tổng quát.
- Nếu có sự thay đổi về khối lượng khí (bơm thêm, thoát ra): Sử dụng phương trình Mendeleev – Clapeyron cho từng trạng thái.

Bước 3: Thiết lập phương trình liên hệ

- Lập tỉ số để triệt tiêu các hằng số không cần thiết: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.
- Trong các bài toán có hình học (piston di chuyển, cột thủy ngân): Biểu diễn V và p thông qua các đại lượng hình học (chiều dài cột khí l , tiết diện S , độ chênh lệch áp suất Δh).

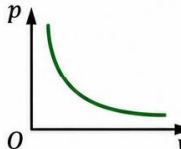
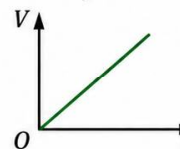
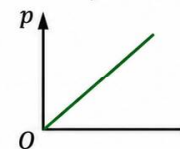
Bước 4: Giải và biện luận đồ thị

- Đối với yêu cầu vẽ lại đồ thị trong hệ tọa độ mới: Xác định tính chất quá trình (ví dụ: đẳng tích trong hệ (p, V) là đường thẳng song song trục Op) và các điểm nút trạng thái.
- Đối với bài toán tìm cực trị (T_{max}, p_{min}): Thiết lập hàm số giữa hai đại lượng và sử dụng đạo hàm hoặc bất đẳng thức để tìm cực trị.

Bước 5: Kiểm tra đơn vị và tính hợp lý

- Đảm bảo tính đồng nhất đơn vị (ví dụ: áp suất cùng đơn vị atm hoặc Pa , thể tích cùng đơn vị lít hoặc m^3).
- Kiểm tra kết quả có phù hợp với thực tế (ví dụ: nén khí thì áp suất phải tăng).

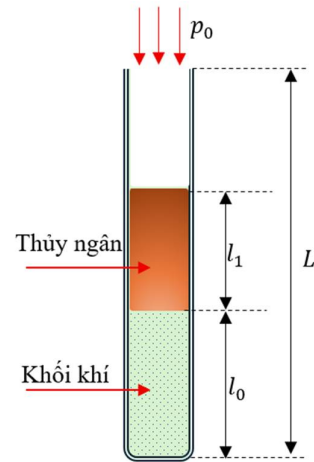
TÓM TẮT

1. CÔNG THỨC GỐC	2. BA ĐẲNG QUÁ TRÌNH		
$pV = nRT$ $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ p: áp suất (Pa) V: thể tích (m^3) T: nhiệt độ (K) n: số mol $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$	ĐẲNG NHIỆT $(T = \text{const})$ $pV = \text{const}$ Đồ thị $p-V$ là Hyperbol. 	ĐẲNG ÁP $(p = \text{const})$ $\frac{V}{T} = \text{const}$ Đồ thị $V-T$ là đường thẳng qua O. 	ĐẲNG TÍCH $(V = \text{const})$ $\frac{p}{T} = \text{const}$ Đồ thị $p-T$ là đường thẳng qua O. 
3. KHI GIẢI BÀI - Đổi nhiệt độ: $T = t + 273 \text{ (K)}$. - Nhận diện loại quá trình. - Áp dụng hệ thức tương ứng.	4. DỄ SAI NHẤT - Quên đổi sang Kelvin. - Nhầm loại quá trình. - Sai đơn vị áp suất, thể tích hoặc nhiệt độ.	5. GHI NHỚ $pV = nRT$  Mọi bài toán khí lý tưởng đều xuất phát từ công thức này.	

3. BÀI TẬP VẬN DỤNG

◆ PT | Bài 1: Nén khí đẳng nhiệt trong ống có cột thủy ngân

Một ống thủy tinh hình trụ dài $L = 50 \text{ cm}$, một đầu kín, một đầu hở, đặt thẳng đứng trong không khí. Ban đầu, ống được đặt sao cho miệng ống hướng lên trên, bên trong ống đang chứa một cột không khí dài $l_0 = 20 \text{ cm}$ được ngăn cách với bên ngoài bởi một cột thủy ngân dài $h = 15 \text{ cm}$. Áp suất khí quyển là $p_0 = 75 \text{ cmHg}$. Coi nhiệt độ không đổi trong suốt quá trình.



a) Tính áp suất của khối khí bên trong ống khi miệng ống hướng lên trên.

b) Người ta lật ngược ống một cách rất chậm để miệng ống hướng xuống dưới. Hãy biện luận để xác định xem thủy ngân có chảy ra ngoài không? Nếu không, hãy tính chiều dài mới l_1 của cột khí lúc này.

c) Giả sử khi miệng ống hướng xuống, người ta ấn ống thẳng đứng xuống một chậu thủy ngân sâu. Phải ấn ống đến độ sâu bao nhiêu (tính từ mặt thoáng đến miệng ống) để cột khí bên trong có chiều dài trở lại bằng l_0 ?

🌀 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

• **Bước 1** (Xác định áp suất): Khi miệng ống hướng lên, áp suất khí bằng áp suất khí quyển cộng với áp suất cột thủy ngân ($p_{up} = p_0 + h$). Khi miệng ống hướng xuống, áp suất khí bằng áp suất khí quyển trừ đi áp suất cột thủy ngân ($p_{down} = p_0 - h$).

• **Bước 2** (Biện luận chảy tràn): Sau khi tính được chiều dài mới của cột khí, cần kiểm tra điều kiện hình học:

$$l + h \leq L.$$

Nếu điều kiện này thỏa mãn thì cột thủy ngân vẫn nằm hoàn toàn trong ống và không chảy ra ngoài.

• **Bước 3** (Định luật Boyle – Mariotte): Vì nhiệt độ không đổi ($T = \text{const}$), ta luôn có $p_1 V_1 = p_2 V_2$. Với ống hình trụ, thể tích tỉ lệ thuận với chiều dài cột khí ($V = S \cdot l$).

• **Bước 4** (Hình học): Lưu ý mối liên hệ giữa chiều dài ống, chiều dài cột khí và cột thủy ngân trong từng trường hợp.

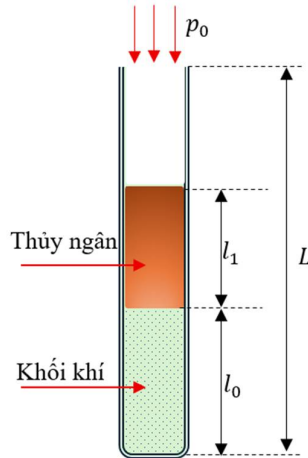
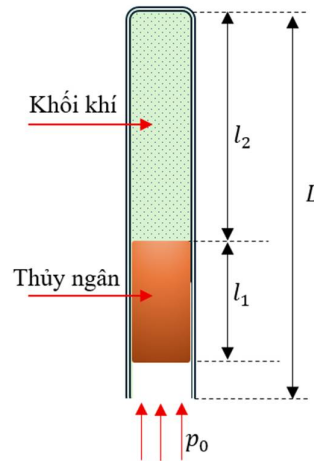
📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

a) **Áp suất khí miệng ống hướng lên (p_1):**

- Ở trạng thái 1:

$$p_1 = p_0 + h = 75 + 15 = 90 \text{ (cmHg)}.$$

- Chiều dài cột khí: $l_1 = l_0 = 20 \text{ cm}$.

b) Lật ngược ống miệng hướng xuống (Biện luận):**Ban đầu****Sau khi lật ống**

- Giả sử thủy ngân không chảy ra ngoài. Khi đó chiều dài cột khí là l_2 .

- Áp suất khí lúc này:

$$p_2 = p_0 - h = 75 - 15 = 60 \text{ (cmHg)}.$$

- Áp dụng định luật Boyle – Mariotte:

$$p_1 \cdot l_1 = p_2 \cdot l_2 \Rightarrow 90 \cdot 20 = 60 \cdot l_2$$

$$\Rightarrow l_2 = \frac{1800}{60} = 30 \text{ (cm)}.$$

- **Biện luận:** Để thủy ngân không chảy ra, tổng chiều dài ($l_2 + h$) phải nhỏ hơn hoặc bằng chiều dài của ống thủy tinh. Vì ống có chiều dài $L = 50 \text{ cm} (\geq 45 \text{ cm})$, thủy ngân sẽ nằm yên, vậy $l_2 = 30 \text{ cm}$.

c) Ấn ống thẳng đứng xuống chậu thủy ngân

- Mục tiêu là đưa khối khí về lại chiều dài ban đầu $l_3 = l_0 = 20 \text{ cm}$.

- Thể tích khối khí như cũ nên áp suất bên trong trở về giá trị ban đầu: $p_4 = 90 \text{ cmHg}$.

Độ sâu của mặt phân cách khí - lỏng (y):

Áp suất khối khí chính là áp suất tại mặt phân cách này. Ta có:

$$p_4 = p_0 + y \Rightarrow 90 = 75 + y \Rightarrow y = 15 \text{ cm}.$$

(Mặt phân cách nằm sâu 15 cm so với mặt thoáng).

- Khối khí bị nén lại chiếm 20 cm ở đáy ống. Phần còn lại của ống chứa đầy thủy ngân (do ta ấn chìm vào chậu). Chiều dài phần chứa thủy ngân trong ống là:

$$L - 20 = 50 - 20 = 30 \text{ cm}.$$

- Miệng ống nằm dưới mặt phân cách khí - lỏng một đoạn đúng bằng 30 cm.

$$x = y + 30 = 15 + 30 = 45 \text{ cm}.$$

Kết luận: Cần ấn ống đến độ sâu 45 cm so với mặt thoáng.

- **Đơn vị áp suất:** Trong các bài toán có cột thủy ngân, sử dụng đơn vị cmHg hoặc mmHg sẽ tiện lợi hơn rất nhiều so với Pa, vì áp suất cột thủy ngân đúng bằng chiều dài của nó (h).
- **Điều kiện cân bằng:** Hãy luôn vẽ hình và phân tích lực (áp suất) tại mặt ngăn cách giữa khí và thủy ngân. $p_{\text{trong}} = p_{\text{ngoài}}$ tại mặt ngăn cách là chìa khóa.
- **Quá trình chậm:** Cụm từ "lật chậm" hoặc "án chậm" ngầm định nhiệt độ khối khí luôn cân bằng với môi trường, tức là quá trình đẳng nhiệt.
- **Lỗi thường gặp:** Quên không cộng hoặc trừ áp suất khí quyển p_0 khi tính áp suất khối khí trong ống.

◆ PT | Bài 2: Xác định nhiệt độ cực đại trong quá trình biến đổi tuyến tính

Một khối lượng n mol khí lý tưởng thực hiện một quá trình biến đổi trạng thái từ (1) sang (2). Trên đồ thị $p - V$, quá trình này được biểu diễn bằng một đoạn thẳng nối hai điểm:

- Trạng thái (1): (p_1, V_1)

- Trạng thái (2): (p_2, V_2)

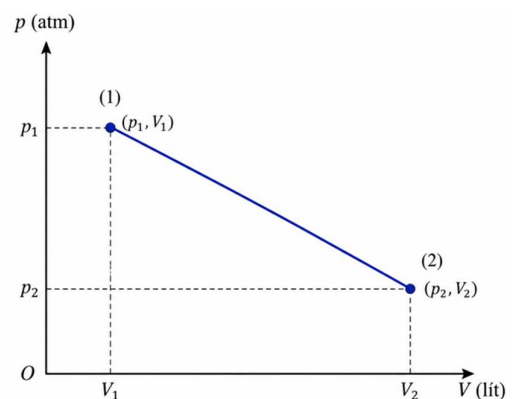
Biết rằng $p_2 < p_1$ và $V_2 > V_1$.

a) Thiết lập phương trình áp suất p theo thể tích V của khối khí trong quá trình này dưới dạng $p = aV + b$. Xác định các hệ số a, b theo p_1, V_1, p_2, V_2 .

b) Tìm biểu thức nhiệt độ T của khối khí theo thể tích V . Chứng minh rằng trong quá trình từ trạng thái (1) đến trạng thái (2), nhiệt độ đạt một giá trị cực đại.

c) Xác định thể tích V_0 và áp suất p_0 của khối khí tại thời điểm nhiệt độ đạt giá trị cực đại T_{max} .

d) Áp dụng số: Cho $n = 1$ mol; trạng thái (1) có $p_1 = 3$ atm, $V_1 = 2$ lít; trạng thái (2) có $p_2 = 1$ atm, $V_2 = 6$ lít. Tính giá trị T_{max} .



🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Hình học): Đoạn thẳng trên hệ tọa độ (p, V) có phương trình $p = aV + b$. Đây là hàm bậc nhất.
- **Bước 2** (Vật lý): Sử dụng phương trình trạng thái Clapeyron – Mendeleev: $pV = nRT \Rightarrow T = \frac{pV}{nR}$.
- **Bước 3** (Toán học): Thay $p = aV + b$ vào biểu thức T . Ta sẽ thu được hàm $T(V)$ là một hàm bậc hai (Parabol) có bề lõm hướng xuống dưới (vì hệ số $a < 0$).

• **Bước 4** (Cực trị): Tìm đỉnh của Parabol bằng cách sử dụng công thức $V_{\text{đỉnh}} = -\frac{b}{2a}$ hoặc dùng đạo hàm $\frac{dT}{dV} = 0$.

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

a) Thiết lập phương trình $p = aV + b$:

- Vì đồ thị là đoạn thẳng đi qua (V_1, p_1) và (V_2, p_2) :

+ Hệ số góc: $a = \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1}$ (Vì $p_2 < p_1$ và $V_2 > V_1 \Rightarrow a < 0$).

+ Thay vào (1): $p_1 = aV_1 + b \Rightarrow b = p_1 - aV_1 = p_1 - \frac{p_2 - p_1}{V_2 - V_1} V_1 = \frac{p_1 V_2 - p_2 V_1}{V_2 - V_1}$.

b) Biểu thức nhiệt độ $T(V)$:

- Từ $T = \frac{pV}{nR} = \frac{(aV+b)V}{nR} = \frac{aV^2 + bV}{nR}$.

- Vì $a < 0$, hàm số $T(V)$ là một Parabol mở xuống nên có giá trị cực đại tại đỉnh. Điều này chứng tỏ trong quá trình giãn nở, nhiệt độ đạt cực đại tại một trạng thái trung gian của quá trình.

c) Xác định V_0, p_0 tại T_{max} :

- Đạo hàm: $\frac{dT}{dV} = \frac{1}{nR} (2aV + b)$.

- $T = T_{\text{max}}$ khi $2aV_0 + b = 0 \Rightarrow V_0 = -\frac{b}{2a}$.

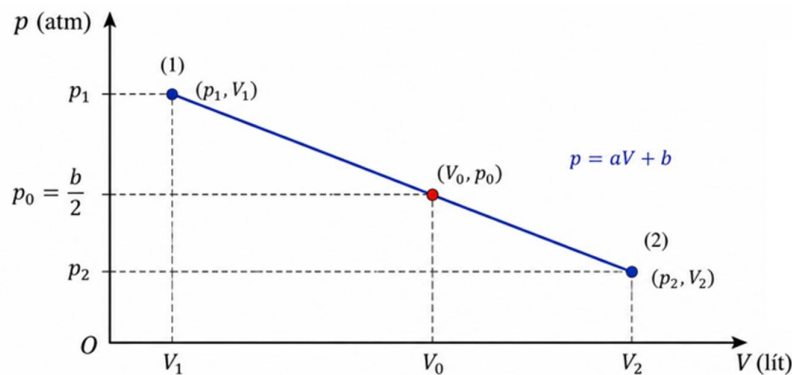
$$V_0 = -\frac{p_1 V_2 - p_2 V_1}{2(p_2 - p_1)}$$

- Thay V_0 vào phương trình áp suất: $p_0 = a\left(-\frac{b}{2a}\right) + b = \frac{b}{2}$.

Nhận xét: Tại điểm nhiệt độ cực đại:

$$p_0 = \frac{b}{2}.$$

Đây là hệ quả toán học của phương trình tuyến tính $p = aV + b$.



d) Áp dụng số:

- Đổi đơn vị: $p_1 = 3 \text{ atm}, V_1 = 2 \text{ l} \rightarrow p_1 V_1 = 6 \text{ (atm.l)}; p_2 = 1 \text{ atm}, V_2 = 6 \text{ l} \rightarrow p_2 V_2 = 6 \text{ (atm.l)}.$

Lưu ý: Trong thực tế, đồng hồ đo lốp chỉ áp suất dư (so với khí quyển). Khi áp dụng phương trình khí lý tưởng phải dùng áp suất tuyệt đối:

$$p_{td} = p_d + p_{khí\ quyển}$$

Trong bài toán này, để đơn giản hóa việc tính toán, các giá trị áp suất cho trước được coi là áp suất tuyệt đối.

- **Sai số nhiệt độ:** Sự chênh lệch chỉ 50°C đã có thể làm áp suất tăng thêm gần 17%. Đây là con số rất lớn trong kỹ thuật an toàn.
- **Giãn nở nhiệt của vật liệu:** Trong thực tế thể tích lốp có thể thay đổi theo nhiệt độ và áp suất, nên bài toán chính xác thường phức tạp hơn mô hình khí lý tưởng đơn giản.
- **Ứng dụng:** Bài toán này nhắc nhở các tài xế không nên bơm lốp quá căng khi chuẩn bị đi đường dài vào mùa hè.

4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN

◆ PT | Bài 6: Trạng thái đẳng nhiệt của khối khí trong quá trình nạp áp suất liên tục

Người ta dùng một cái bơm để đưa không khí ở áp suất khí quyển $p_0 = 1,0\text{ atm}$ vào một quả bóng da có dung tích không đổi $V = 2,5\text{ lít}$. Mỗi lần bơm đưa vào một lượng không khí có thể tích $V_0 = 125\text{ cm}^3$ khi còn ở áp suất khí quyển p_0 . Biết rằng trước khi bơm, bên trong quả bóng đã có sẵn không khí ở áp suất $1,0\text{ atm}$, và nhiệt độ của khối khí được giữ không đổi trong suốt quá trình bơm. Sau khi thực hiện đúng 12 lần bơm liên tiếp, áp suất không khí bên trong quả bóng bằng bao nhiêu atm?

Đáp số:

🌀 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Đồng bộ đơn vị thể tích): Đổi thể tích mỗi lần bơm từ cm^3 sang đơn vị lít (l) để đồng bộ với dung tích của quả bóng: $1\text{ lít} = 1000\text{ cm}^3$.
- **Bước 2** (Xác định trạng thái đầu): Gom toàn bộ lượng khí tham gia vào quá trình lúc sau về cùng trạng thái đầu (ở áp suất $p_0 = 1\text{ atm}$). Lượng khí này gồm: lượng khí có sẵn trong bóng ($V = 2,5\text{ l}$) và tổng lượng khí của 12 lần bơm bổ sung ($12 \cdot V_0$).
- **Bước 3** (Áp dụng định luật đẳng nhiệt): Sử dụng định luật Boyle - Mariotte cho toàn bộ khối khí khi bị nén gọn vào dung tích cố định của quả bóng ($V = 2,5\text{ l}$) ở áp suất cuối cùng p_2 .

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

- Thể tích không khí đưa vào bóng sau 12 lần bơm là:

$$\Delta V = 12 \cdot V_0 = 12 \cdot 125 = 1500\text{ cm}^3 = 1,5\text{ lít}$$

- Xét toàn bộ lượng khí ở trạng thái ban đầu khi đều ở áp suất $p_1 = 1,0 \text{ atm}$, tổng thể tích của khối khí này là:

$$V_1 = V + \Delta V = 2,5 + 1,5 = 4,0 \text{ lít}$$

- Khi toàn bộ khối khí này nằm gọn trong quả bóng, trạng thái cuối cùng có thể tích $V_2 = V = 2,5 \text{ lít}$ và áp suất là p_2 .

- Vì nhiệt độ không đổi, áp dụng định luật Boyle - Mariotte:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow 1,0 \cdot 4,0 = p_2 \cdot 2,5$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{4,0}{2,5} = 1,6 \text{ atm}$$

Vậy áp suất bên trong quả bóng sau khi bơm là **1,6 atm**.

Đáp số điền phiếu:

1	,	6	
---	---	---	--

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Lỗi thường gặp:** Lỗi sai phổ biến nhất của học sinh khi làm bài toán bơm khí là quên cộng lượng khí ban đầu vốn đã chiếm sẵn thể tích 2,5 l bên trong quả bóng. Nếu quên lượng khí này, học sinh sẽ lập phương trình sai thành: $1 \cdot 1,5 = p_2 \cdot 2,5 \Rightarrow p_2 = 0,6 \text{ atm}$ (áp suất sau khi bơm mà lại nhỏ hơn áp suất khí quyển ban đầu là phi vật lý).

- **Lưu ý:** Sau khi bơm thêm khí vào một bình có thể tích không đổi, áp suất cuối cùng luôn phải lớn hơn áp suất ban đầu. Nếu kết quả nhỏ hơn áp suất ban đầu thì chắc chắn có sai sót.

◆ PT | Bài 7: Xác định thông số trạng thái ban đầu qua lượng biến thiên đẳng nhiệt

Một khối khí lý tưởng thực hiện một quá trình biến đổi trạng thái mà nhiệt độ được giữ không đổi. Thực nghiệm ghi nhận: nếu áp suất của khối khí biến đổi một lượng $\Delta p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ thì thể tích tương ứng của khối khí biến đổi một lượng $\Delta V_1 = 3 \text{ lít}$; còn nếu áp suất biến đổi một lượng $\Delta p_2 = 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ thì thể tích tương ứng biến đổi một lượng $\Delta V_2 = 5 \text{ lít}$.

Thể tích ban đầu của khối khí này bằng bao nhiêu lít?

Đáp số:

--	--	--	--

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Nhận diện tính chất chuyển dịch trạng thái): Vì nhiệt độ khối khí không đổi, đây là quá trình đẳng nhiệt. Theo định luật Boyle – Mariotte, áp suất và thể tích tỉ lệ nghịch với nhau. Do đó, nếu áp suất tăng thì thể tích giảm và ngược lại.

- **Bước 2** (Thiết lập hệ phương trình biến thiên): Gọi p và V là áp suất và thể tích ban đầu. Thiết lập hai phương trình Boyle–Mariotte tương ứng với hai thí nghiệm: $(p + \Delta p)(V - \Delta V) = pV$.