- خواص المادة النقية
- معادلة الحالة للغاز المثالي (معادلة كلابيرون)
- قوانين الغازات المثالية

خواص المادة النقية

المادة النقية: هي المادة التي لا يتغير تركيبها الكيميائي.

فالماء على سبيل المثال هو مادة نقية، والهواء مثلاً يعتبر مادة نقية على الرغم من أنه خليط من عدة غازات ولكن تركيبه الكيميائي متجانس، أما خليط الزيت والماء فليس مادة نقية لان الزيت لا يذوب في الماء.

أطوار المادة النقية:

توجد ثلاث أطوار أساسية للمادة النقية، وهي (صلب، سائل، غازي) وتمر المادة بعدة حالات ضمن هذه الاطوار.

السائل المضغوط: هو السائل الذي ليس تبخره وشيكاً.

فإذا سخنا الماء إلى الدرجة 40 على سبيل المثال، فإن الماء يبدأ بالتمدد مع ارتفاع درجة حرارته ويزداد حجمه النوعي ويكون بحالة السائل المضغوط، وإذا استمرت عملية التسخين ترتفع درجة حرارة الماء حتى تصل إلى الدرجة 100 ولكن إضافة أي مقدار من الحرارة بعد ذلك سيبدأ الماء بالتبخر، لذلك سنعرف السائل المشبع.

السائل المشبع: هو السائل الذي يوشك أن يتبخر.

عند حدوث التبخر، تستمر هذه العملية حتى نصل إلى حالة البخار المشبع: وهو البخار الذي يوشك ان يتكاثف، وتسمى الحالة التي تقع بين السائل المشبع والبخار المشبع، بالبخار الرطب.

معادلة الحالة للغاز المثالي (معادلة كلابيرون)

هي معادلة تربط باراميترات الغاز المثالي (p,v,t) مع بعضها عند الانتقال من حالة متوازنة إلى حالة متوازنة أخرى.

$$P\upsilon = R\,T$$
$$PV = m\,R\,T$$

P : الضغط (Pa).

T : درجة الحرارة (K).

υ : الحجم النوعي (m^3/kg).

V : الحجم الكلي(m^3).

M : كتلة الغاز(kg).

R: ثابت الغازات (J/kg.K) ، تختلف قيمته من غاز لآخر ويعطى بالعلاقة:

$$R = \frac{Ru}{M}$$

Ru: ثابت الغازات العام وقيمته تساوي 8314 J/Kmol.K أو 8.314 KJ/Kmol.K

M: الكتلة المولية.

قوانين الغازات المثالية

قوانين الغازات المثالية: هي قوانين تربط بين باراميترات الحالة.

الغاز المثالي: هو غاز افتراضي (وهمي) غير موجود تهمل فيه قوى التأثير المتبادل بين جزيئاته ويهمل حجم جزيئاته بالنسبة لحجم الغاز الكلي وتكون حرارته النوعية ثابتة.

يمكن أن نعتبر أنّ جميع الغازات الحقيقية غازات مثالية عند درجات الحرارة العالية والضغوط المنخفضة لذلك تخضع لثلاثة قوانين بسيطة. وتربط هذه القوانين العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة والضغط.

1- **قانون بويل ماريوت:**

عند درجة حرارة ثابتة، يتناسب حجم كمية معينة من غاز تناسباً عكسياً مع ضغطها.

$$T=\text{Const} \quad \Longrightarrow \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$

مثال (1):

عينة من غاز مثالي حجمه 5 L تحت ضغط 15 atm عند درجة حرارة ثابتة، احسب حجم هذا الغاز إذا صار ضغطه 3 atm.

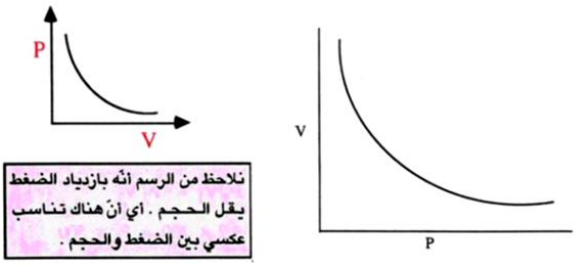
الحل:

$P_1=15\ atm \qquad V_1=5\ L \qquad P_2=3\ atm \qquad V_2=?$

بما أن العملية تتم بثبات درجة الحرارة، فحسب قانون بويل ماريوت نجد:

$$T=\text{Const} \quad \Longrightarrow \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{P_1}{P_2} = 5 \times \frac{15}{3} = 25 \ L$$



2- **قانون غي لوساك:**

عند ثبوت الضغط يتناسب حجم كمية معينة من غاز ما تناسباً طردياً مع درجة الحرارة.

$$P=\text{Const} \quad \Longrightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$

مثال (2):

بالون حجمه 2L عند درجة حرارة 25° ، وضع في الخارج بدرجة حرارة (-30°C) ، كم سيصبح الحجم اذا كان الضغط ثابت؟

الحل:

T_1=25°C V_1= 2L V_2= ? L T_2= -30° C

بما أن العملية تتم بثبات الضغط، فحسب قانون غي لوساك نجد:

$$P = Const \quad \Rightarrow\Rightarrow\Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$

$$V_2 = V_1 \times \frac{T2}{T1} = 2 \times \frac{243}{298} = 1.63 \ L$$

3- **قانون تشارل:**

عند ثبوت الحجم يتناسب ضغط كمية معينة من غاز تناسباً طردياً مع درجة الحرارة.

$$\upsilon = Const \quad \Rightarrow\Rightarrow\Rightarrow \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

- قانون أفوغادرو:

ينص على أنّ: الحجوم المتساوية لجميع الغازات المثالية عند نفس درجة الحرارة و نفس الضغط تحتوي على عدد متساو من الجزيئات (أو الذرات) ولها ذات الحجم.

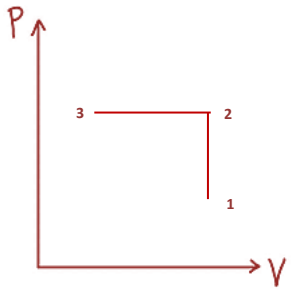
حجم أي غاز في الشرطين النظاميين هو 22.4 L.

مسألة:

يسخن 25 kg من الهواء بثبات الحجم ($V_1 = 20\ m^3$)، (T_1=20°C)، حتى درجة حرارة (T_2=250°C)، ثم يبرد بثبات الضغط حتى درجة الحرارة الأولية (T_1= T_3=20°C)، علماً أن ثابت الغاز للهواء يساوي 287 J/Kg.K.

1- مثل العمليات الترموديناميكية على مخطط (P-V).
2- احسب الضغط والحجم للحالة النهائية (نقطة 3).
3- احسب العمل وكمية الحرارة المشاركة في العمليات الترموديناميكية.

الحل:



$V_1 = 20\ m^3$

T_1=20°C +273= 293 k

T_2=250°C+273= 523 k

T_1= T_3=20°C = 293 k

R= 287 J/Kg.k

- **العملية (2-1)**: تسخين بثبات الحجم ($V = constant$). تظهر كخط **رأسي** مستقيم يتجه للأعلى (زيادة الضغط).
- **العملية (3-2)**: تبريد بثبات الضغط ($P = constant$). تظهر كخط **أفقي** مستقيم يتجه لليسار (نقصان الحجم).

2- بما أن العملية (2-1) تتم بثبات الحجم فإن $V_1 = V_2 = 20\ m^3$

حساب P_1 باستخدام معادلة الحالة للغاز المثالي:

$$P_1 = \frac{m.R.T_1}{V_1} = \frac{25 \times 287 \times 293}{20} = 1.05 \times 10^5 \quad Pa$$

حساب P_2 باستخدام معادلة الحالة للغاز المثالي:

$$P_2\ V_2 = m.R.T_2$$

$$P_2 = \frac{m.R.T_2}{V_2} = \frac{25 \times 287 \times 523}{20} = 1.87 \times 10^5 \quad Pa$$

وبما أن العملية (3-2) تتم بثبات الضغط فإن $P_2 = P_3 = 1.87 \times 10^5$ Pa

حساب V_3 باستخدام معادلة الحالة للغاز المثالي:

$$P_3 V_3 = m.R.T_3$$

$$V_3 = \frac{m.R.T_1}{P_3} = \frac{25 \times 287 \times 293}{1.87 \times 10^5} = 11.2 \quad m^3$$

طريقة ثانية: بما أن العملية تتم بثبات الضغط، فحسب قانون غي لوساك نجد:

$$P = Const \;\;\gg\;\; \frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2}$$

$$V_3 = V_2 \times \frac{T_3}{T_2} = 20 \times \frac{293}{523} = 11.2 \quad m^3$$

$$\begin{aligned} W_{1-3} &= W_{1-2} + W_{2-3} \\ &= 0 + P_2 (V_3 - V_2) \\ &= 0 + 1.87 \times 10^5 (11.2 - 20) \\ &= -16.45 \times 10^5 \ J \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{0\ 1-3} &= W_{0\ 1-2} + W_{0\ 2-3} \\ &= -V_1 (P_2 - P_1) + 0 \\ &= -20 (1.87 \times 10^5 - 1.05 \times 10^5) + 0 \\ &= -16.4 \times 10^5 \ J \end{aligned}$$

تدل الإشارة السالبة في العمل على أن العمل مَبذول على الجملة (أي أن الوسط المحيط هو من قام بضغط الغاز)، وبما أن الحجم انخفض فهذا يعني حدوث عملية انضغاط.

في قوانين الترموديناميك، عندما ينقص حجم الغاز تكون قيمة العمل سالبة لأن الغاز استقبل طاقة حركية من الوسط ولم يبذلها هو.

$$\begin{aligned} q_{1-3} &= q_{1-2} + q_{2-3} \\ &= m\,C_v.\,\Delta T + m\,C_p.\,\Delta T \\ &= 25 \times 717 \times (523-293) + 25 \times 1004 \times (293-523) \\ &= -1.65 \times 10^5 \ J/Kg \end{aligned}$$