

تطبيقات على القانون الأول: Applications of the First Law

ينطبق القانون الأول للثرموداينمك على جميع الأنظمة مهما كانت معقدة. ومن الأنظمة المألوفة لنا هو جسم الإنسان الذي يفقد طاقة داخلية باستمرار، إذ تفقد معظم هذه الطاقة على شكل حرارة يفقدها الجسم إلى المحيط ويمثل الشغل الذي يبذله الجسم جزءاً من هذه الطاقة. وبناءً على ما تقدم يمكن صياغة القانون الأول ليناسب الجسم كما يأتي:

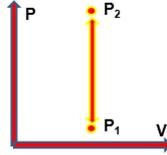
$$\text{الشغل المبذول} + \text{الحرارة المفقودة} = \text{النقص في الطاقة الداخلية}$$

العمليات الحرارية: Thermal Processes

١. العملية ذات الحجم الثابت: Isochoric Process

في هذا التغير يبقى حجم الغاز ثابتاً ($V=\text{constant}$) أثناء التغير ويمثل الرسم البياني بخط مستقيم رأسي. حيث أن

$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= nRT_1 \\ P_2 V_2 &= nRT_2 \\ V_1 &= V_2 = V \end{aligned}$$



بقسمة المعادلة الأولى على الثانية وترتيبهما نحصل

$$P_1 V / P_2 V = nRT_1 / nRT_2$$

$$P_1 / P_2 = T_1 / T_2$$

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

ومن القانون الأول في الثرموداينمك

$$dQ = dU + P dV$$

$$V = \text{constant}$$

$$dV = 0$$

$$P dV = 0$$

أي أن الشغل المبذول في حالة التغير ثابت الحجم يساوي صفر وهذا واضح من الدليل البياني للغاز حيث أن المساحة تحت المنحنى في هذه الحالة يساوي صفر. وبذلك فإن

$$dQ = dU$$

أي أن كمية الحرارة التي تعطى للغاز تحت حجم ثابت تساوي التغير في الطاقة الداخلية للغاز.

من تعريف الحرارة النوعية

$$dQ = mc_V dT$$

حيث m كتلة الغاز وعلية فان الطاقة الداخلية تساوي

$$dU = mc_V(T_2 - T_1)$$

اي أن التغير في الطاقة الداخلية هي دائماً كمية الحرارة التي تعطى أو تؤخذ من النظام (الغاز) عند ثبوت حجمه.

٢. العملية ذات الضغط الثابت: **Isobaric Process**

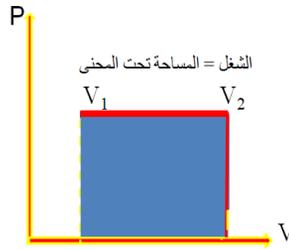
هو التغير الذي يحدث للغاز مع ثبوت ضغطه ويمثل الدليل البياني للغاز بخط مستقيم أفقي ومعادلة الغاز هي:

$$P = \text{constant}$$

$$PV_1 = nRT_1$$

$$PV_2 = nRT_2$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$



والشغل الذي يبذله الغاز عند تغير حجمه من V_1 إلى V_2 هو

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P(V_2 - V_1)$$

وباعتبار C_p هي الحرارة النوعية للغاز عند ثبوت ضغطه أي أنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد غرام من الغاز واحد درجة مئوية عند ثبوت ضغط الغاز

$$dQ = mC_p dT$$

٣. العملية الأديباتيكية: **Adiabatic Process**

هي العملية التي تحدث للنظام، بحيث لا تدخله ولا تخرج منه حرارة. ويمكن أن يتم ذلك إما

١. بإحاطة النظام بمادة عازلة حرارياً (كالفلين).

٢. بالقيام بالعملية بسرعة كبيرة بحيث نضمن عدم انتقال حرارة من النظام أو إليه. وذلك لان انتقال الحرارة عملية بطيئة نسبياً.

وبتطبيق القانون الأول للثرموداينمك على هذه العملية نحصل على

$$Q=0$$

$$\Delta U = -\Delta W$$

ومن هنا نرى انه في العملية الأدياباتية يكون التغير في طاقة النظام الداخلية مساوياً للقيمة المطلقة للشغل. فإذا كان الشغل **سالِباً**، كما هي الحال عندما يضغط النظام، فإن U_2 اكبر من U_1 وبذلك فإن الطاقة الداخلية للنظام **تزداد**. أما عندما يكون الشغل **موجباً**، كما هي الحال عند تمدد النظام، فإن U_2 اقل من U_1 وبذلك فإن الطاقة الداخلية للنظام **تقل**. والجدير بالذكر إن زيادة الطاقة الداخلية للنظام يصاحبها عادة ارتفاع في درجة حرارة النظام.

٤. العملية ايزوثيرمية: Isothermal Process

هي العملية التي تحدث للغاز مع الاحتفاظ بدرجة الحرارة ثابتة أي $T = \text{Constant}$. ولحدوث هذا التغير يوضع الغاز في اسطوانة جيدة التوصيل للحرارة مع تغير حجم الغاز ببطء لإعطاء فرصة لحدوث تبادل حراري بين الغاز والوسط الخارجي.

١ - فعند تمدد الغاز فإنه يبذل شغل بواسطة الغاز (شغل موجب).

فإذا فرضنا عدم حدوث تبادل حراري بين الغاز والوسط المحيط فإن الطاقة الداخلية للغاز تقل بمقدار الشغل المبذول ومن ثم تقل درجة الحرارة للغاز. ولكي نحافظ على درجة حرارة الغاز ثابتة فإنه يسمح للغاز بامتصاص كمية من الحرارة من الوسط الخارجي مساوية للشغل الذي بذله الغاز وبالتالي تظل طاقة الغاز الداخلية ثابتة وكذلك درجة الحرارة.

٢ - حالة انكماش الغاز فإنه يبذل شغل على الغاز (شغل سالب).

فإذا فرضنا عدم حدوث تبادل حراري بين الغاز والوسط المحيط فإن الشغل المبذول لضغط الغاز سوف يكون على حساب زيادة في الطاقة الداخلية للغاز أي يحدث زيادة في درجة الحرارة للغاز. ولكي نحافظ على درجة حرارة الغاز ثابتة فإنه يسمح للغاز بطرد كمية من الحرارة إلى الوسط الخارجي مساوية لقيمة الشغل المبذول على الغاز حتى تظل طاقة الغاز الداخلية ثابتة وكذلك درجة الحرارة.

وحيث أن درجة حرارة الغاز ثابتة فان العلاقة بين حجم الغاز وضغطه هي

$$PV=nRT=Constant$$

وتمثل بيانيا كما في الشكل ادناه

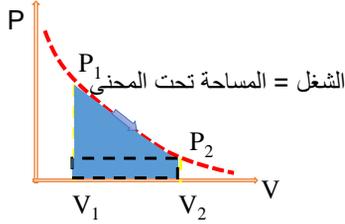
$$dT=0$$

بما ان الطاقة الداخلية للغاز هي دالة لدرجة الحرارة لذلك فان

$$dU=0$$

$$dQ=dW$$

أي أن كمية الحرارة المكتسبة في حالة تمدد الغاز أو المطرودة في حالة انكماشه تساوى الشغل المبذول بواسطة الغاز في الحالة الأولى والشغل المبذول على الغاز في الحالة الثانية ويكون



$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = Q$$

وحيث ان

$$PV=P_1 V_1 = P_2 V_2 = nRT = constant$$

$$\begin{aligned} W &= \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV \\ &= \int_{V_1}^{V_2} \frac{constant}{V} dV = constant \ln \frac{V_2}{V_1} \end{aligned}$$

$$W = P_1 V_1 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = P_2 V_2 \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

$$W = nRT \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

وهذه المعادلة تمثل معادلة الحالة في حالة التغير الأيزوثرمي.

العملية: Process

هي أي تغير يحدث على النظام ويحدث تغيير في الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم (الإحداثيات التيرموديناميكية).

٥. التمدد الحر: **Free Expansion**

يمكن توضيح التمدد الحر كما يلي، فإذا تصورنا انه لدينا وعاء بجدران صلبة ومغطاة بعازل حراري، ولنفترض أننا قسمنا الوعاء إلى قسمين بحاجز رقيق، بحيث أن احد القسمين يحتوي غازاً والآخر مفرغ من أي مادة. ثم لنفترض أن الحاجز الرقيق انكسر في هذه الحالة يبدأ الغاز بالتدفق من أحد القسمين إلى الآخر ويحدث له ما يسمى **بالتمدد الحر**. وحيث أن الوعاء معزول حرارياً فإن هذه العملية هي أدياباتيكية، وبذلك فإن $Q=0$. وحيث أن جدران الوعاء صلبة فأنة لا يبذل شغل خارجي على النظام، وبذلك $W=0$ و بتطبيق القانون الأول للثرموداينمك نحصل على

$$\Delta U=0$$

$$U_1=U_2$$

وبذلك نستنتج انه في التمدد الحر فان الطاقة الداخلية الابتدائية تساوي الطاقة الداخلة النهائية، ويجب الانتباه أن التمدد الحر ليس له قيمة عملية وذلك لصعوبة الحصول عليه.

أمثلة محلولة

٩. يشغل غرام واحد من الماء حجم 1cm^3 في الضغط الجوي. عندما يتم غلي هذه الكمية من الماء، يصبح 1671cm^3 من البخار. احسب التغير في الطاقة الداخلية لهذه العملية.

الحل: يعتمد السؤال على انه عند الغليان تثبت درجة الحرارة والضغط كذلك لدينا القانون الاول في الثرموداينمك.

$$\Delta E= \Delta Q- \Delta W$$

$$Q= m L_v= (1 \times 10^{-3}\text{kg}) \times (2.26 \times 10^6\text{J/kg}) \\ = 2260 \text{ J}$$

$$W=P(V_f - V_i) \\ = (1.013 \times 10^5\text{N/m}^2) \times [(1671-1)10^{-6}\text{m}^3]$$

$$W=169 \text{ J}$$

$$\Delta U=Q-W=2260-169=2091\text{J}$$

١٠. احسب الشغل الذي يبذله غاز محصور داخل اسطوانة إذا تغير حجمه من 4m^3 إلى 6m^3 ، وكان الضغط ثابتا ويساوي $6 \times 10^4 \text{Pa}$ ؟

الحل: وباستخدام المعادلة

$$\begin{aligned} W &= \int_{V_1}^{V_2} P dV \\ &= P(V_2 - V_1) \\ &= 6 \times 10^4 (6 - 4) \\ &= 1.2 \times 10^5 \text{J} \end{aligned}$$

١١. واحد مول من غاز محفوظ عند صفر درجة مئوية عند تمدده من 3.0L إلى 10.0L . احسب

١. مقدار الشغل المبذول بواسطة الغاز اثناء عملية التمدد.

٢. الطاقة الحرارية المنتقلة للمحيط في هذه العملية.

٣. إذا عاد الغاز إلى حجمة الاصلى في عملية ايزوبرك (isobaric). احسب الشغل المبذول بواسطة الغاز.

$$1. W = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) = \frac{0.1 \text{mol} \times 8.31 \text{J}}{\text{mol.K}} (273\text{K}) \ln \left(\frac{10}{3} \right) = 2.7 \times 10^3 \text{J}$$

2. From First Law

$$\Delta U = Q - W$$

$$0 = Q - W$$

$$Q = W$$

$$Q = 2.7 \times 10^3 \text{J}$$

3. The work in the isobaric process is

$$W = P(V_f - V_i) = \frac{nRT_i}{V_i} (V_f - V_i)$$

$$W = \frac{(0.1 \text{mol})(8.31 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})(273\text{K})}{10 \times 10^{-3} \text{m}^3} \times (3 \times 10^{-3} \text{m}^3 - 10 \times 10^{-3} \text{m}^3)$$

$$W = -1.6 \times 10^3 \text{J}$$