الأسئلة

جامعة بنها
كلية الفنون التطبيقية
الفرقة الثانية
قسم طباعة المنسوجات

امتحان دور يناير 2016
مادة: طبيعة
كود المادة (2502)
الزمن: ساعتان

أجب عن الأسئلة الآتية

1. أكتب فكرة مبسطة عن معادلة الحالة مع رسم المنحنيات الأيزوثيرميه وكتابة القانون العام للغاز المثالي. [15]

---

2. أثبت أن الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت C_P أكبر من مثيلتها تحت حجم ثابت C_V بمقدار R. [15]

---

3. أكتب ما تعرفه عن الآلة الحرارية وكيفية عملها والأجزاء الأساسية بها مع التركيز علي دور مادة الشغل في نقل الطاقة الحرارية من المصدر إلي المبرد [15]

د. ضياء حمزة

نموذج إجابة

كلية الفنون التطبيقية

الفرقة الثانية (طباعة منسوجات)

مادة: الديناميكا الحرارية

د./ صلاح عيد ابراهيم حمزة

تاريخ الامتحان الأربعاء 2016/01/13

---

1. أكتب فكرة مبسطة عن معادلة الحالة مع رسم المنحنيات الأيزوثيرميه وكتابة القانون العام للغاز المثالي.

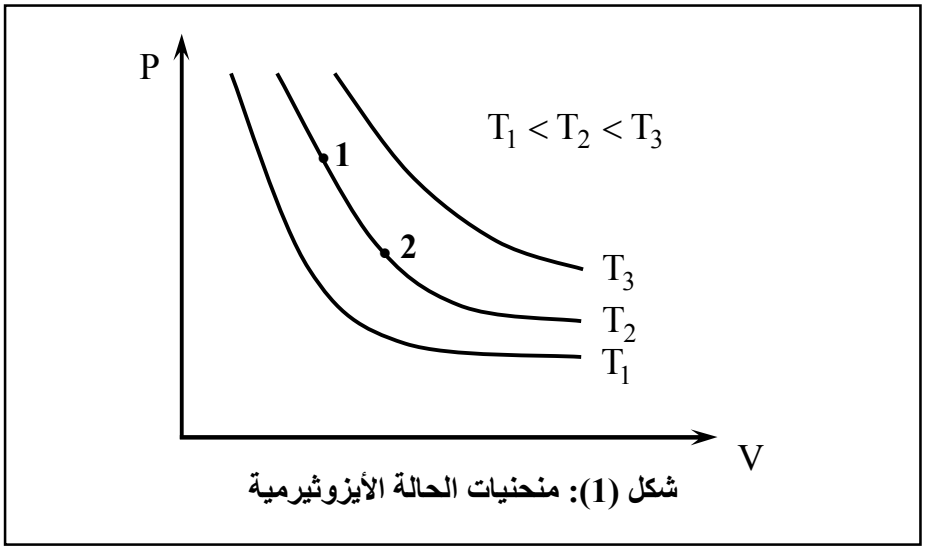
---------- **Solution** ----------

معادلة حالة الغاز المثالي

معادلة حالة الغاز هي المعادلة التي تربط بين المتغيرات التي تحدد حالة الغاز مثل الضغط P ودرجة الحرارة T والحجم V. وهذه المتغيرات ليست مستقلة عن بعضها وكل متغير منها يعتمد على الاثنين الآخرين. إذن معادلة حالة الغاز هي

$$P = f(V,T) \qquad (7)$$

أي أن حالة الغاز تتحدد بمعرفة متغيرين فقط والمتغير الثالث يحدد بمعرفة الاثنين الآخرين. ولدراسة العمليات التي تتم في الغازات تستخدم الطريقة البيانية لوصف حالة الغاز. فترسم منحنيات تبين اعتماد أحد المتغيرات على المتغير الثاني مع تثبيت المتغير الثالث مثل علاقة الضغط والحجم عند ثبوت درجة الحرارة (منحنيات أيزوثيرمية) كما في شكل (1)



شكل (1): منحنيات الحالة الأيزوثيرمية

وكل منحنى له درجة حرارة ثابتة تختلف عن درجة حرارة المنحنى الآخر. لنأخذ أي منحنى. كل نقطة على هذا المنحنى تمثل حالة من حالات الغاز. والانتقال من نقطة إلى أخرى على المنحنى يمثل تغيرا في حالة الغاز نتيجة لعملية ما. فمثلا الانتقال من النقطة (1) إلى النقطة (2) يمثل تغيرا في حالة الغاز نتيجة للتمدد. معادلة الحالة للغاز المثالي يمكن إيجادها باستخدام المعادلة (5) كما يلي:

$$P = nKT$$

وحيث أن $n = \frac{N}{V}$ فإن

$$PV = NKT \qquad (8)$$

العلاقة (8) تحتوى على العدد N وهو مقدار صعب تعيينه، لنحاول استبداله بمقدار آخر، مثل كتلة الغاز M. لهذا سنضطر إلى استخدام مفهوم الجرام–جزئ. حسب التعريف **واحد جرام – جزئ من المادة هو كتلة بالجرامات تساوى عدديا الوزن الجزيئى لهذه المادة**. نعلم أنه إذا أخذنا واحد جرام–جزئ من مواد مختلفة فإنها تحتوى على عدد متساوي من الجزيئات. هذا العدد يعرف بعدد أفوجادرو لنرمز له بالرمز N_o ($N_o = 6.02 \times 10^{23}$). نفرض أن كتلة الغاز M ويحتوى على عدد N من الجزيئات وأن الوزن الجزيئى له μ وبالتالي فإن:

$$\frac{M}{\mu} = \frac{N}{N_o}$$

$$\therefore\ N = \frac{M}{\mu} N_o \qquad (9)$$

بالتعويض في (8) نحصل على التعبير المطلوب لمعادلة حالة الغاز المثالي:

$$PV = \frac{M}{\mu} N_o K T \qquad (10)$$

هذه المعادلة تحتوى على ثابتين عامين هما عدد أفوجادرو N_o وثابت بولتزمان K. وحاصل ضربهما $N_o K$ يعطى ثابت جديد سنرمز له بالرمز R ويطلق عليه الثابت العام للغازات:

$$R = N_o K = 8.31\ \ J/mol \cdot deg \qquad (11)$$

ومنها فإن

$$PV = \frac{M}{\mu} R T \qquad (12)$$

وإذا كانت كتلة الغاز تساوى الوزن الجزيئى له $(M = \mu)$ فإن معادلة الحالة تأخذ الصورة:

$$PV = R T \qquad (13)$$

2. أثبت أن الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت C_P أكبر من مثيلتها تحت حجم ثابت C_V بمقدار R.

---------- Solution ----------

السعة الحرارية هي كمية الحرارة المعطاة (أو المأخوذة) للغاز لتغيير درجة حرارته درجة واحدة. والحرارة النوعية هي كمية الحرارة المعطاة (أو المأخوذة) لجرام واحد من الغاز لتغيير درجة حرارته درجة واحدة. أما الحرارة النوعية الجزيئية فهي نفس الحرارة النوعية ولكن بالنسبة لكتلة من الغاز تساوى واحد جرام- جزئ ويرمز لها بالرمز C.

لنأخذ واحد جرام-جزئ من الغاز. كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارته بمقدار dT هي

$$dQ = C\,dT$$

$$\therefore \quad C = \frac{dQ}{dT} \tag{12}$$

واضح من البند السابق أن كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة الغاز تتوقف على ما إذا كان الغاز يبذل شغلا أم لا (يغير حجمه أم لا). فإذا أعطى الغاز كمية حـــرارة dQ وحافظنـــا على حجمه ثابت فإن الحرارة النوعية تعرف بالحرارة النوعية تحت حجم ثابت ويرمـــز لهـــا بالرمز C_V:

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V \tag{13}$$

وإذا أعطى الغاز كمية حرارة dQ وحافظنا على ضغطه ثابت فإن الحرارة النوعيـــة تعـــرف بالحرارة النوعية تحت ضغط ثابت ويرمز لها بالرمز C_P:

$$C_P = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_P \tag{14}$$

ولكن في حالة ثبات حجم الغاز $(V = \text{const.})$ فإن الغاز لا يبذل شغل وبالتالي فإن

$$dQ = dU + (P\,dV = 0) \tag{15}$$

ومنه

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_V \Rightarrow \quad dU = C_V\,dT \tag{16}$$

وعليه يصبح القانون الأول للديناميكا الحرارية بصفة عامة في الصورة:

$$dQ = C_V\,dT + P\,dV \tag{17}$$

أي أن كمية الحرارة المعطاة للغاز تستخدم في رفع درجة حرارته بمقدار dT (تغيير طاقتـــه الداخلية) وفى تغيير الحجم بالمقدار dV (بذل شغل).

لنحاول إيجاد العلاقة بين C_P , C_V **للغاز المثالي.** بما أن الطاقة الداخلية لواحد جرام جزئ من الغاز المثالي تساوى

$$U = \frac{3}{2}RT$$

فإن

$$C_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_V = \frac{3}{2}R \qquad (18)$$

بتفاضل المعادلة (17) بالنسبة لدرجة الحرارة مع الحفاظ على الضغط ثابت نجد أن

$$\left(\frac{dQ}{dT}\right)_P = C_V\left(\frac{dT}{dT}\right)_P + P\left(\frac{dV}{dT}\right)_P$$

$$C_P = \frac{3}{2}R + P\left(\frac{dV}{dT}\right)_P \qquad (19)$$

من معادلة الغاز المثالي $PV = RT$ نحصل على

$$P\left(\frac{dV}{dT}\right)_P = R \qquad (20)$$

بالتعويض في (19)

$$C_P = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R \qquad (21)$$

وبالتالي فإن الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت C_P أكبر من مثيلتها تحت حجم ثابت بمقـــدار R أي أن

$$C_P - C_V = R \qquad (22)$$

لنرمز للنسبة بين C_P إلي C_V بالرمز γ حيث:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} \qquad (23)$$

فإذا اعتبرنا أن $R = 2\ Cal/mol \cdot deg$ فإن

$$C_V = 3\ \text{Cal/mol}\cdot\text{deg}\,, \qquad C_P = 5\ \text{Cal/mol}\cdot\text{deg} \tag{24}$$

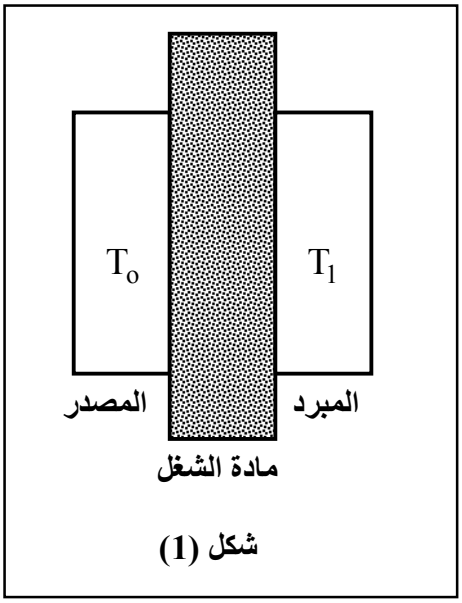
$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1.66 \tag{25}$$

بالطبع هذه النتائج صالحة للتطبيق على الغازات أحادية الذرة فقط.

3. أكتب ما تعرفه عن الآلة الحرارية وكيفية عملها والأجزاء الأساسية بها مع التركيز علي دور مادة الشغل في نقل الطاقة الحرارية من المصدر إلي المبرد

---------- **Solution** ----------

لتحويل الحرارة إلي شغل ميكانيكي يلزم نزع كمية حرارة من أي جسم ساخن. هذا يمكن أن يتم إذا جعلنا هذا الجسم يلامس جسم آخر له درجة حرارة أقل. ونتيجة للتوصيل الحراري ستنتقل الحرارة من جسم لآخر وفى النهاية تتساوى درجة حرارتهما. ولكن عملية التوصيل الحراري لن تكون مصحوبة بشغل ميكانيكي لأنه لن يحدث انتقال للأجسام أثناء العملية. أي أن انتقال الحرارة عن طريق التلامس بين جسمين لهما درجتي حرارة مختلفة لا ينتج عنه شغل ميكانيكي. إذن يلزم جسم ثالث يأخذ الحرارة من الجسم الساخن ويوصلها إلي الجسم البارد وأثناء ذلك يبذل شغلا ميكانيكيا كما في شكل (1). لقد أصطلح العلماء على تسمية الجسم الساخن **بالمصدر** والجسم البارد **بالمبرد** والجسم الثالث **مادة الشغل**.

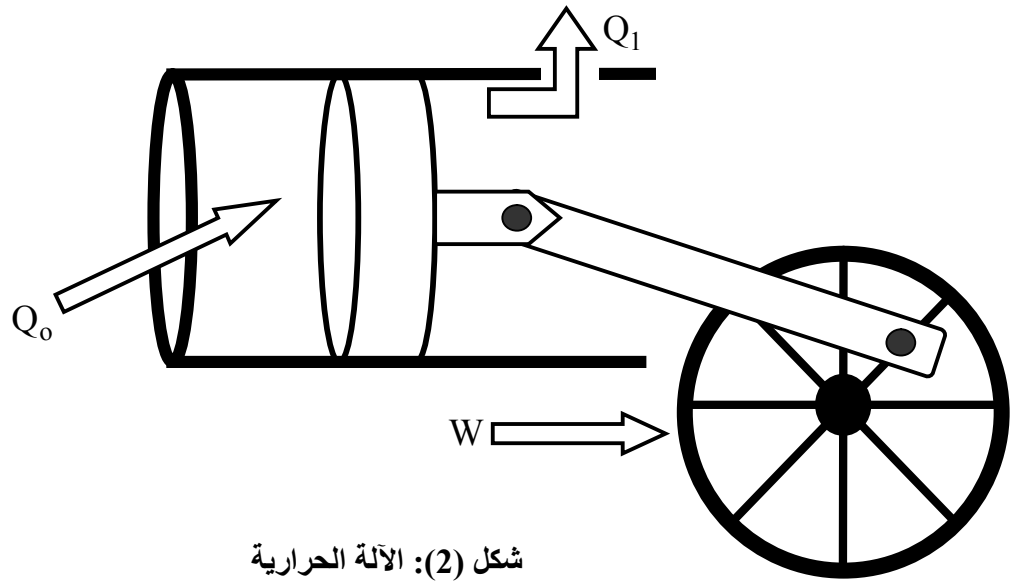


شكل (1)

ولما كانت عملية نزع الحرارة من جسم عن طريق ملامسته لجسم آخر درجة حرارته أقل لا ينتج عنها شغل ميكانيكي إذن أفضل طريقة للحصول على شغل ميكانيكي أثناء انتقال الحرارة من المصدر إلى المبرد هي أن يتم انتقال الحرارة من المصدر إلي مادة الشغل ثم انتقال الحرارة من مادة الشغل إلي المبرد بدون فارق بين درجتي حرارتهما. معنى ذلك أنه عندما تأخذ مادة الشغل الحرارة من المصدر يجب أن تكون درجتا حرارتهما متساوية وكذلك عندما تنقل مادة الشغل الحرارة إلى المبرد يجب أن تكون درجتا حرارتهما متساوية. إذا لم يتحقق ذلك فإن التوصيل الحراري سيؤدى الى فقد للطاقة وعدم الاستفادة بها كشغل ميكانيكي.

والآلة الحرارية هي آلة تعمل على تحويل الحرارة إلى شغل ميكانيكي وتتكون من اسطوانة معزولة الجوانب (ما عدا قاعدتها) ولها مكبس حر الحركة كما في شكل (2). ويوجد بداخل الاسطوانة مادة الشغل والتي يمكنها أن تمتص أو تطرد حرارة. وتقوم مادة الشغل بعمل شغل وذلك بتمددها وتغير حجمها. فإذا فرضنا أن الآلة بدأت عملها عند درجة الحرارة العظمى فإن درجة الحرارة تنخفض بالتدريج نتيجة لتمدد مادة الشغل حتى تصل إلى درجة الحرارة الصغرى، ثم ترتفع ثانية نتيجة لانكماش مادة الشغل حتى تصل إلى درجة الحرارة العظمى وتعود مادة الشغل إلى حالتها الابتدائية. وعندئذ يقال أن الغاز قد أتم دورة كاملة، من المصدر وأعطى Q_o وخلال تلك الدورة، يكون الغاز قد حصل على كمية من الحرارة إلي المبرد.ونتيجة لامتصاص كمية الحرارة فإن الغاز يتمدد ويتحرك Q_1 كمية حرارة

بالتبعية المكبس ويكون متصلا بذراع توصيل فيتحرك بالتبعية ذراع التوصيل نـــاقلا الحركـــة إلى الأجزاء المراد حركتها.



شكل (2): الآلة الحرارية