الأسئلة

جامعة بنها
كلية الفنون التطبيقية
الفرقة الثانية لائحة قديمة
أقسام مختلفة

امتحان دور يناير ٢٠١٧
مادة: طبيعة
كود المادة (٢٥٠٢)
الزمن: ساعتان

أجب عن الأسئلة الآتية

١. أذكر الشروط التي وضعتها نظرية الحركة للغازات لتبسيط طريقة استنتاج قوانين الغاز المثالي مع كتابة القانون العام للغاز المثالي. **[10]**

---

٢. أكتب فكرة مبسطة عن معادلة الحالة مع رسم المنحنيات الأيزوثيرميه وكتابة البيانات علي الرسم. **[10]**

---

٣. 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]**

---

٤. غازان أحدهما له الخواص (P_1, V_1, T_1) والآخر له الخواص (P_2, V_2, T_2) أستنتج معادلة للضغط **P** عندما نجمع كلا الغازين في حجم قدرة **V** عند درجة حرارة **T**.
[10]

د . صـــــــــلاح حمـزة

نموذج إجابة

كلية الفنون التطبيقية

الفرقة الثانية أقسام مختلفة (لائحة قديمة)

مادة: الديناميكا الحرارية

د./ صلاح عيد ابراهيم حمزة

تاريخ الامتحان الخميس ٢٠١٧/٠١/١٢

---

١. أذكر الشروط التي وضعتها نظرية الحركة للغازات لتبسيط طريقة استنتاج قوانين الغاز المثالي مع كتابة القانون العام للغاز المثالي.

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

تتركب المادة سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية، من جزيئات غاية في الصغر وفي حالة حركة دائمة. هذه الحركة قد تكون حركة اهتزازية Oscillating motion كما في حالة جزيئات الأجسام الصلبة أو تكون حركة انتقالية Translating motion كما في حالة الغازات، حيث تتحرك جزيئات الغاز حركة حرة من نقطة إلى أخرى، في أي اتجاه شاءت لها الصدفة أن تتحرك فيه وبأي سرعة كانت. والواقع أن قوى التماسك Binding forces التي توجد بين جزيئات الجسم الصلب، تحول دون الحركة الانتقالية للجزيئات، أما في الغازات، فلا توجد قوى تماسك بين جزيئاتها، مما يجعل الجزيئات حرة Free ذات حركة انتقالية. ولهذا كان من اللازم دراسة نظرية الحركة للغازات حيث لا تدخل في الاعتبار الحجم الحقيقي الذي تشغله جزيئات الغاز، أو قوى التجاذب المتبادلة بينها. ولتبسيط الدراسة سنضع على الغازات التي نتصدى لدراستها في هذا الباب الشروط الآتية:

(i) قوى التأثير المتبادل بين الجزيئات تساوى صفر. معنى ذلك أن جزيئات الغاز تتحرك حركة حرة ومساراتها خطوط مستقيمة.

(ii) سنهمل أبعاد الجزئ أي سنعتبر الجزيء نقطة مادية.

الغاز الذي ينطبق عليه هذان الشرطان يعرف بالغاز المثالي. سنرى فيما بعد أن الغازات الحقيقية تختلف عن الغاز المثالي.

ولكن الغازات (مثل أي جسم آخر) تتكون من عدد هائل من الجزيئات موجودة دائما في حالة حركة عشوائية وتؤثر بينها قوى تأثير متبادل. كيف سنتصرف إذن: هل سنتتبع حركة كل جزيء على حدة؟ وهل سنأخذ في الاعتبار كل القوى التي تؤثر على كل جزيء من جانب جميع الجزيئات الأخرى؟ واضح بالطبع أن الدراسة لا يمكن بل مستحيلة بهذه الطريقة. لأننا إذا طبقنا قوانين الميكانيكا على هذا العدد الهائل من الجزيئات فكل جزيء ستكون له ثلاثة معادلات تصف حركته وبالتالي فعلينا حل عدد هائل من معادلات الحركة يساوى ثلاثة أضعاف عدد الجزيئات نفسها (لأن مكان الجزيء يتحدد بثلاثة إحداثيات). ولكن حل هذا العدد الهائل من معادلات الحركة (وحتى كتابته) مستحيلة لأن عدد الجزيئات في $1\,Cm^3$ من الغاز عند الظروف العادية يساوى 2.7×10^{19} وعدد معادلات الحركة سيكون ثلاثة أضعاف هذا العدد. إذن تتبع حركة كل جزيء على حدة مستحيلة نتيجة للعدد الهائل من الجزيئات.

ولكن هذا العدد الهائل الذي وقف عقبة في سبيلنا هو نفسه الذي سيحل المشكلة. فوجود عدد هائل من الجزيئات يدلنا على أنه ليس من الضروري تتبع حركة كل جزيء ولكن يكفى فقط أن نتكلم عن متوسط الكميات التي تحدد هذه الحركة. وكلما كان العدد كبيرا جدا كلما كانت الكمية قريبه من متوسطها. وعلى هذا الأساس ستكون دراستنا لحركة الجزيئات.

وأبسط حالة من حالات المادة الثلاثة هي الحالة الغازية لصغر قوى التأثير المتبادل بين الجزيئات ولأننا نستطيع إهمال هذه القوى عند بعض الظروف، ولهذا سندرس فقط نظرية الحركة للغازات.

قانون الغاز المثالي

الضغط حسب التعريف هو القوة التي تؤثر على وحدة المساحات. ومن وجهة نظر نظرية الحركة فإن ضغط الغاز على جدران الوعاء ينشأ من تصادم جزيئاته مع الجدران. ولكن بما أن الغاز لا يحتاج إلى طاقة خارجية لكي يحافظ على حركته إذن تصادم الجزيئات فيما بينها وبين الجدار تصادم مرن أي لا ينتج عنه فقد في الطاقة. ويمكن ببساطة إثبات أن ضغط الغاز المثالي يعطى بالمعادلة:-

$$P = \frac{1}{3} n m \overline{c^2} = \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2} n m \overline{c^2}\right) \qquad (1)$$

في المعادلة السابقة $\overline{c^2}$ هي متوسط مربع سرعة جزيئات الغاز، m كتلة الجزيء الواحد، n

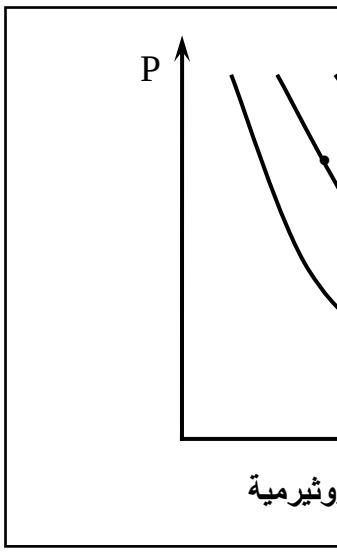
٢ أكتب فكرة مبسطة عن معادلة الحالة مع رسم المنحنيات الأيزوثيرميه وكتابة البيانات علي الرسم.

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

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 (١)



وثيرمية

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 (١) إلى النقطة (٢) يمثل تغيرا في حالة الغاز نتيجة للتمدد. معادلة الحالة للغاز المثالي يمكن إيجادها باستخدام المعادلة (٥) 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:

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

$$\therefore N = \frac{M}{\mu} N_o \qquad (٩)$$

بالتعويض في (٨) نحصل على التعبير المطلوب لمعادلة حالة الغاز المثالي:

$$PV = \frac{M}{\mu} N_o KT \qquad (١٠)$$

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

$$R = N_oK = 8.31 \ \ J/mol \cdot deg \qquad (١١)$$

ومنها فإن

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

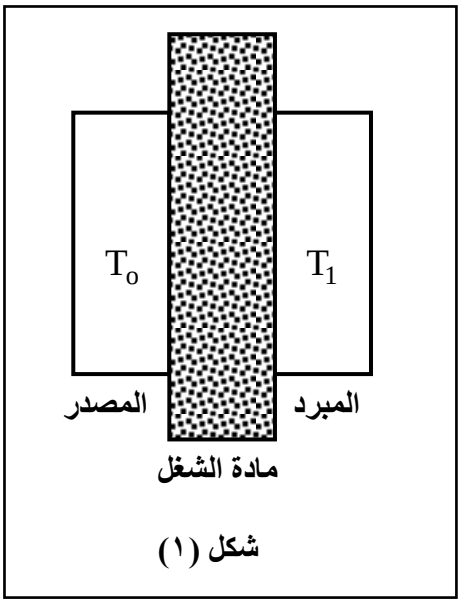
وإذا كانت كتلة الغاز تساوى الوزن الجزيئى له $(M = \mu)$ فإن معادلة الحالة تأخذ الصورة:

$$PV = RT \qquad (١٣)$$

٣. 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** ----------

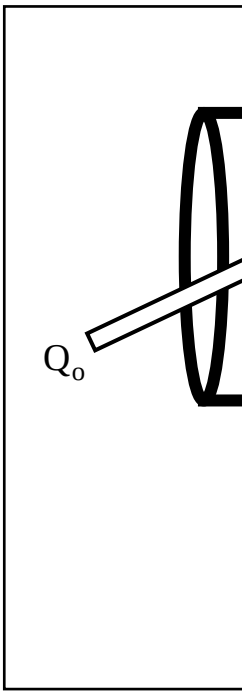
لتحويل الحرارة إلي شغل ميكانيكي يلزم نزع كمية حرارة من أي جسم ساخن. هذا يمكن أن يتم إذا جعلنا هذا الجسم يلامس جسم آخر له درجة حرارة أقل. ونتيجة للتوصيل الحراري ستنتقل الحرارة من جسم لآخر وفى النهاية تتساوى درجة حرارتهما. ولكن عملية التوصيل الحراري لن تكون مصحوبة بشغل ميكانيكي لأنه لن يحدث انتقال للأجسام 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 (١). لقد أصطلح العلماء على تسمية الجسم الساخن **بالمصدر** والجسم البارد **بالمبرد** والجسم الثالث **مادة الشغل**.



شكل (١)

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 (٢). 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، وخلال تلك الدورة، يكون الغاز قد حصل على كمية من الحرارة Q_o من المصدر وأعطى كمية حرارة Q_1 إلي المبرد.ونتيجة لامتصاص كمية الحرارة فإن الغاز يتمدد ويتحرك بالتبعية المكبس ويكون متصلا بذراع توصيل فيتحرك بالتبعية ذراع التوصيل ناقلا الحركة إلى الأجزاء المراد حركتها.



٤. **كفاءة الآلة الحرارية**

كفاءة الآلة حسب التعريف هي

$$\eta = \frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{كمية الحرارة المعطاة}}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_o} \qquad (1)$$

حيث أن Q_o هي كمية الحرارة التي امتصها الغاز من المصدر، W هي الشغل الذي بذله الغاز. وحيث أن الغاز يرجع إلى حالته الأولى أي بعد إتمامه دورة كاملة أي أن درجة حرارته تعود إلى قيمتها الأولى فإن التغير في الطاقة الداخلية خلال دورة كاملة يكون مساويا للصفر $dU = 0$. ومن القانون الأول للديناميكا الحرارية

$$dQ = (dU = 0) + dW \qquad (٢)$$

$$\therefore dQ = dW \qquad (٣)$$

وحيث أن الغاز أمتص كمية حرارة Q_o من المصدر وطرد كمية حرارة Q_1 إلي المبرد فإن

$$dQ = dW = Q_o - Q_1 \qquad (٤)$$

وبذلك تكون كفاءة الآلة:

$$\eta = \frac{W}{Q_0} = \frac{Q_o - Q_1}{Q_o} \qquad (5)$$

والهدف من تعريف كفاءة الآلة الحرارية هي المقارنة بين الآلات الحرارية المختلفة لتحديد أيها أكثر كفاءة. ومن الناحية الهندسية فإن الآلة التي تمتص حرارة وتعطى شغلا أكبر هي الآلة الأفضل والأوفر للطاقة. ونلاحظ أن كمية الحرارة Q_1 الملفوظة من النظام إلى الوسط غير مستغلة ولكن لا بد من خروجها حتى يعود النظام إلى حالته الأصلية صانعا دورة مغلقة.

٤. غازان أحدهما له الخواص (P_1, V_1, T_1) والآخر له الخواص (P_2, V_2, T_2) أستنتج معادلة للضغط P عندما نجمع كلا الغازين في حجم قدرة V عند درجة حرارة T

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

$$n = n_1 + n_2$$

$$\frac{PV}{RT} = \frac{P_1V_1}{RT_1} + \frac{P_2V_2}{RT_2}$$

$$P = \frac{T}{V}\left[\frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2}\right]$$