**جامعة بنها** **الفرقة: الثانية (فيزياء)**
**كلية العلوم**
**دور يناير ٢٠١٥** **د./ صلاح عيد إبراهيم حمزة**
**نموذج إجابة مادة: ديناميكا حرارية** **تاريخ الامتحان: ٢٠١٥/١/١٢**

١) أ) عرف العملية العاكسة والغير عاكسة (مع ذكر مثالاً واحداً لكل منهما).

## العمليات العاكسة والغير عاكسة

جميع العمليات التي تحدث لأي مجموعة يمكن تقسيمها إلي نوعين الأول يعرف بالعمليات العاكسة والثاني يعرف بالعمليات الغير عاكسة. لتوضيح ذلك سندرس أولا العمليات التي توصل المجموعة إلي حالة الاتزان وهى كما سنرى عمليات غير عاكسة.

**العملية الغير عاكسة:** إذا وجدت مجموعة عند حالة اتزان حراري ثم أبعدت عنها وتركت لذاتها فإن التجربة تبين أن المجموعة ستعود تلقائيا لحالة الاتزان الحراري. ولكن إذا ما وصلت المجموعة لحالة الاتزان فإنها ستبقى فيها محافظة عليها طالما لم تؤثر عليها أي قوى خارجية. أي أن عملية رجوع المجموعة من حالة الاتزان إلي حالة عدم الاتزان لا تتم تلقائيا. لنوضح العملية الغير عاكسة بالأمثلة الآتية:

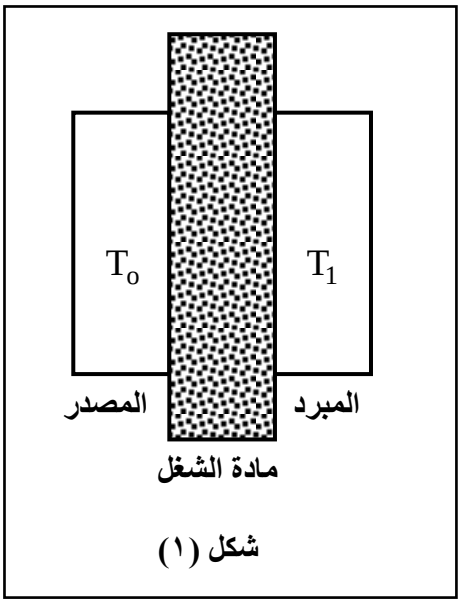
- عند تلامس جسمين لهما درجتي حرارة مختلفة (حالة عدم اتزان) نجد أن درجتي حرارتهما تتساوى بمرور الوقت تلقائيا (أي يصلان لحالة الاتزان). ولكن العملية العكسية لا تتم إلا إذا تدخلت قوى خارجية.
- الغاز تلقائيا يتوزع توزيعا منتظما داخل الوعاء المحتوى عليه وهذه هي حالة الاتزان. ولكن يستحيل على الغاز من تلقاء نفسه أن يتجمع في جزء من الوعاء أكثر من الأجزاء الأخرى.

**العملية العاكسة** هي ذلك التغير في حالة المجموعة الذي إذا تم في الاتجاه العكسي فإنه يعود بالمجموعة إلى حالتها الأولى مار بنفس الحالات التي مرت بها المجموعة أثناء التغير في الاتجاه الأمامي ولكن بترتيب عكسي وأثناء ذلك لا يحدث أي تغير في حالة الوسط المحيط بالمجموعة. مثل

- العمليات الميكانيكية التي لا يشارك فيها الاحتكاك

ب) يجب أن يتوفر في الآلة الحرارية ثلاثة أجزاء أساسية: مصدر حراري – مبرد – مادة الشغل. وضح مع الرسم دور كل منهم في عملية تحويل الطاقة الحرارية إلي طاقة ميكانيكية.

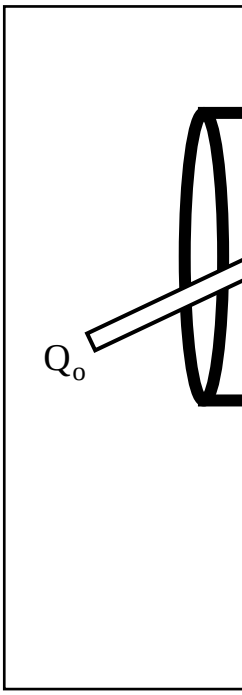
لتحويل الحرارة إلي شغل ميكانيكي يلزم نزع كمية حرارة من أي جسم ساخن. هذا يمكن أن يتم إذا جعلنا هذا الجسم يلامس جسم آخر له درجة حرارة أقل. ونتيجة للتوصيل الحراري ستنتقل الحرارة من جسم لآخر وفى النهاية تتساوى درجة حرارتهما. ولكن عملية التوصيل الحراري لن تكون مصحوبة بشغل ميكانيكي لأنه لن يحدث انتقال للأجسام 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.

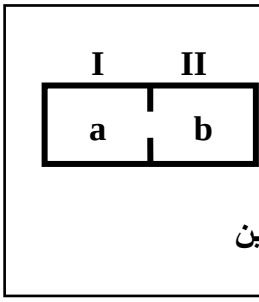
والآلة الحرارية هي آلة تعمل على تحويل الحرارة إلى شغل ميكانيكي وتتكون من اسطوانة معزولة الجوانب (ما عدا قاعدتها) ولها مكبس حر الحركة كما في شكل (٢). ويوجد بداخل الاسطوانة مادة الشغل والتي يمكنها أن تمتص أو تطرد حرارة. وتقوم مادة الشغل بعمل شغل وذلك بتمددها وتغير حجمها. فإذا فرضنا أن الآلة بدأت عملها 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.




٢) يزداد الإحتمال الإحصائى كلما كانت الجزيئات أكثر ترتيبا أي أنه يعتبر مقياسا للنظام. إشرح هذه العبارة موضحا كيفية توزيع عدد أربع جزيئات بين صندوقين.

كلنا يعلم ما هي طاقة الحركة وما هي كمية الحرارة ولكن لا نعرف ما معنى القول بأن الانتروبى لمجموعة ما يساوى قيمة معينة؟ للإجابة على هذا السؤال سنتعرض لما يعرف بالاحتمال الإحصائي للحالة. لندرس هذا المفهوم الجديد من الأمثلة الآتية:-

نفرض أن غاز مكون من جزيئين اثنين. ونفرض أننا استطعنا التمييز بينهما. لنطلق على الجزيء الأول (a) والثاني (b). لنضع هذا الغاز في وعاء مقسم إلى قسمين **I, II** كما في شكل (٤). لنفرض أن الغاز موجود كله في القسم الأول **I**. السؤال الآن هو: هل حالة الغاز هذه ستكون هي حالة الاتزان؟ أو بمعنى آخر: هل بمرور الوقت سيستمر وجود الغاز في القسم الأول **I** أم لا؟




واضح من التجربة أن حالة الغاز وهو موجود في القسم الأول ليست حالة الاتزان، لأننا بمرور الوقت يمكن أن نجد الغاز في إحدى الحالات الآتية:

١. الجزيء a في القسم **I** والجزيء b في القسم **II**.

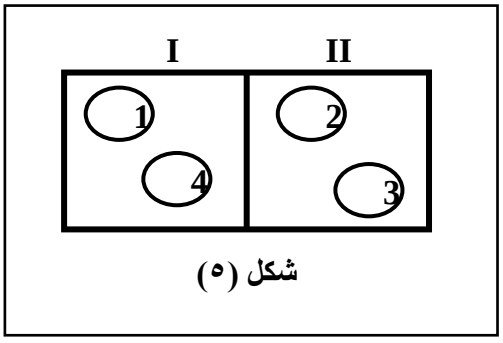
٢. الجزيء a في القسم **II** والجزيء b في القسم **I**.

٣. الجزيء a, b في القسم **I** والقسم **II** فارغ.

٤. الجزيء a, b في القسم **II** والقسم **I** فارغ.

ولكن أي من الحالات السابقة هي حالة الاتزان؟ هنا تدخل الاحتمالات.

ولكي نوضح أكثر ما هو المقصود بالاحتمال الديناميكي الحراري، دعنا نحسب عدد الطرق التي يتوزع بها أربع جزيئات من غاز ما بين صندوقين كما في شكل (٥). ويبين الجدول التالي جميع الاحتمالات الممكنة لهذه العملية:



**شكل (٥)**

| at **I** $n_1$ | at **II** $n_2$ | at **I** | at **II** | $\Omega = \frac{N!}{n_1!n_2!}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 4 | --- | 1, 2, 3, 4 | 1 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 2, 3, 4<br>1, 3, 4<br>1, 2, 4<br>1, 2, 3 | 1<br>2<br>3<br>4 | 3 | 1 |
| 6 | 3, 4<br>2, 4<br>2, 3<br>1, 4<br>1, 3<br>1, 2 | 1, 2<br>1, 3<br>1, 4<br>2, 3<br>2, 4<br>3, 4 | 2 | 2 |
| 4 | 4<br>3<br>2<br>1 | 1, 2, 3<br>1, 2, 4<br>1, 3, 4<br>2, 3, 4 | 1 | 3 |
| 1 | --- | 1, 2, 3, 4 | 0 | 4 |

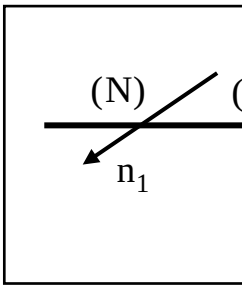
ويعرف **الاحتمال الإحصائي** لأي عملية بأنه **عدد الطرق الممكنة للوصول لحالة ما**. ويرمز له بالرمز $\Omega$. نلاحظ من الأمثلة السابقة أن هناك قواعد عامة مشتركة فيما بينها وهى:

١. الحالة الأكثر احتمالا (أي حالة الاتزان) هي الحالة التي يكون الاحتمال الإحصائي لها اكبر ما يمكن (العمود الأوسط في الجدول).

٢. الحالة الأكثر احتمالا (أي حالة الاتزان) هي الحالة التي تتوزع فيها الجزيئات بالتساوي على جميع الأقسام أي الحالة التي تنتشر فيها الجزيئات على الوعاء كله.

٣. الاحتمال الإحصائي $\Omega$ مقياس للنظام لأننا لاحظنا أن $\Omega$ تكبر كلما كانت الجزيئات اكثر ترتيبا أي أن $\Omega$ تزيد كلما زاد النظام.

لنفرض أن لدينا غاز يتكون من عدد هائل من الجسيمات والتي يمكن التمييز بينها. لنحسب عدد الطرق الممكنة التي يمكن توزيع عدد $n_1$ جسيم من العدد الكلى N ثم توزيع عدد $n_2$ جسيم من العدد المتبقي $(N - n_1)$ حتى يتم توزيع جميع الجسيمات.




عدد الطرق الممكنة لتوزيع $n_1$ جسيم من العدد الكلى N هو:

$$\Omega_1 = \frac{N!}{(N - n_1)!\ n_1!} \tag{19}$$

عدد الطرق الممكنة لتوزيع $n_2$ جسيم من العدد المتبقي $(N - n_1)$ هو:

$$\Omega_2 = \frac{(N - n_1)!}{(N - n_1 - n_2)!\ n_2!} \tag{٢٠}$$

ويكون عدد الطرق الكلى لتوزيع N من الجسيمات هو:

$$\Omega = \Omega_1 \cdot \Omega_2 \ \cdots$$

$$= \frac{N!}{(N - n_1)!\ n_1!} \cdot \frac{(N - n_1)!}{(N - n_1 - n_2)!\ n_2!} \ \cdots$$

$$= \frac{N!}{n_1!\ n_2!\ \ \cdots\ \ n_i!}$$

$$\Omega = N! \prod_i \frac{1}{n_i} \tag{٢١}$$