

## الفصل الأول - عموميات . مفاهيم أساسية

مقدمة:

الترموديناميك يعني علم الحركة الحرارية، فهو فرع من الفيزياء يهتم بالحرارة ودرجة الحرارة وعلاقتها بالطاقة والعمل. يدرس تحول الطاقة بين شكلين الحرارة والعمل. للترموديناميك مبدآن أساسيان وضعا تجريبياً، ولم يتم حتى الآن نقض أي منهما.

### مفهوم درجة الحرارة (Temperature)

يستخدم مفهوم درجة الحرارة منذ القدم للدلالة على ظواهر فيزيولوجية، أو فيزيائية حيث:  
- تبيّن الظواهر الفيزيولوجية الإحساس بالسخونة، أو البرودة،

- بينما تبيّن الظواهر الفيزيائية التغير في بعض المقادير الفيزيائية المقاسة المرافق لزيادة الحرارة، وهذا أدى إلى ظهور مفهوم المقدار الحراري.

إنّ درجة الحرارة عبارة عن قيمة تقيس الطاقة الحركية لجملة مكونة من جزيئات، ذرات، .....

بينما تدل الحرارة على الطاقة المتبادلة مع الجملة، فعند تماس جسمين أحدهما بارد، والآخر ساخن فإنّ الجزيئات الأكثر تهيّجاً (حرارياً) تحرض الجزيئات الأقل تهيّجاً مسببة سخونة للجسم البارد.

إذاً درجة الحرارة تصف حالة الجسم، بينما الحرارة تصف الطاقة التي يتبادلها هذا الجسم.

مقارنة بين درجة الحرارة والحرارة:

الحرارة (Heat)	درجة الحرارة (Temperature)
هي طاقة تنتقل من جسم لآخر بسبب اختلاف درجات الحرارة.	ليست طاقة.
تدل على الطاقة المنتقلة من جسم لآخر (كلّما كانت الحرارة الممتصة أكبر كلّما ارتفعت درجة الحرارة).	مقدار فيزيائي يقيس السخونة أو البرودة. وتحدد اتجاه انتقال الحرارة من الساخن إلى البارد.
تقيس الطاقة التي تحويها جزيئات المادة.	تتعلق بسرعة حركة جزيئات المادة.
الحرارة قادرة على إنجاز عمل.	تُستخدم فقط لقياس الحرارة.

### المقدار الحراري (the thermal quantity):

المقدار الحراري عبارة عن خاصية فيزيائية  $x$  تتغير قيمتها مع تغير درجة الحرارة وتُستخدم من أجل تعيين قيمة درجة الحرارة،

### السلم الحراري (The thermal scale)

السلم الحراري عبارة عن علاقة محددة بين المقدار الحراري  $x$  و درجة الحرارة، ونذكر منها:

### السلم المئوي (The centigrade temperature scale)

ويعين بالعلاقة الخطية التالية:  $x = a + b t$  حيث  $a$  و  $b$  عبارة عن ثابتين يتم تعيينهما من خلال اختيار نقطتين مرجعيتين تدعيان بالنقطتين الثابتتين، يتم تقسيم السلم بينهما إلى مئة تدريجة متساوية.

### سلم سيلزيوس (The Celsius temperature scale)

نرمز عادة لدرجة الحرارة بالرمز  $t$  أو  $\theta$ . ووحدة القياس هي  $^{\circ}\text{C}$ .

### السلم المطلق أو سلم كيلفن (The absolute (Kelvin) temperature scale)

يُعطي هذا السلم درجة الحرارة المطلقة  $T$ ، وواحدتها الكيلفن K (درجة Kelvin) ويكون:

$$T = \theta + 273$$

$\theta$  هي درجة الحرارة مقاسة بـ  $^{\circ}\text{C}$ .

### سلم فهرنهايت (The Fahrenheit temperature scale)

عبارة عن سلم خطي يعتمد درجة انصهار الجليد ( $32^{\circ}\text{F}$ )، ودرجة غليان الماء ( $212^{\circ}\text{F}$ ):

$$T_{(F)} = \frac{9}{5} \theta_{(C)} + 32$$

### سلم رانكين (The Rankine temperature scale)

هو عبارة عن السلم المطلق الموافق لسلم فهرنهايت

$$T_{(R)} = T_{(F)} + 460$$

### مفهوم الضغط (The Pressure)

الضغط هو نسبة القوة الموزعة بانتظام والمؤثرة بشكل عمودي على السطح على مساحة هذا السطح.

إنّ قيمة مجموع قوى الضغط التي يؤثر بها مائع ساكن على جميع جدران الوعاء الذي يحويه تساوي وزن المائع وذلك مهما كان شكل هذا الوعاء.

### علاقة أساسية في الهيدروستاتيك (Essential relations in hydrostatic)

نستطيع أن نحسب فرق الضغط بين نقطتين A و B من سائل ساكن غير قابل للانضغاط، درجة حرارته، وكتلته الحجمية (النوعية) ثابتتان، وتسارع الجاذبية الأرضية  $g$  متجانس، من خلال العلاقة:

$$\Delta P = P_B - P_A = \rho g h$$

حيث  $h$  عبارة عن الارتفاع الذي يفصل بين النقطتين A و B.

- يكون ضغط السائل عند السطح الفاصل بين الهواء، والسائل مساوياً للضغط الجوي.

### واحدات قياس الضغط (The units of pressure)

ليكن لدينا أنبوب مملوء بالزئبق وموضوع ضمن وعاء يحوي الزئبق، يرتفع عمود الزئبق ضمن الأنبوب ويستقر عند ارتفاع قدره  $H_0 = 76 \text{ cm}$ . بتطبيق المعادلة الأساسية في الهيدروستاتيك نجد أن الضغط الجوي النظامي يساوي إلى:

$$P_{\text{atm}} = \rho_{\text{Hg}} \cdot g \cdot H_0 \cong 1,013 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}$$

$$\Rightarrow 760 \text{ mm}_{\text{Hg}} = 101,3 \text{ [kPa]}$$

كما أنّه:

تستخدم بالنسبة للضغوط المرتفعة واحدة البار bar حيث:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

يمكن أيضاً التعبير عن الضغط بواحدة الضغط الجوي حيث:

$$1 \text{ atm} \approx 101,3 \text{ kPa}$$

## الجملة الترموديناميكية (Thermodynamic system)

### الجملة (system):

هي عبارة عن جزء من المحيط المدروس الذي تم اختياره لإجراء الدراسة. توصف من خلال بنيتها (كمية وطبيعة المادة) ومن خلال المجال الهندسي الذي تشغله.

حدود الجملة (the boundary of system): هي السطح الحقيقي أو التخيلي الذي يفصل الجملة عن الوسط المحيط بها (حدود حقيقية مثل سائل موجود ضمن وعاء) (حدود وهمية مثل الدخان المتحرك في الجو). ملاحظة: نرسم الحدود الحقيقية على شكل خط مستمر، بينما نعبر عن الحدود الوهمية بخط متقطع.

### تصنيف الجمل (Classification of systems)

يتم تصنيف الجمل إلى:

الجملة المفتوحة (Open system): تتبادل الطاقة، والمادة مع الوسط المحيط بها.

الجملة المغلقة (Closed system): تتبادل الطاقة مع الوسط المحيط بها.

الجملة المعزولة (Isolated system): لا يوجد انتقال في الطاقة، أو المادة بينها، وبين الوسط المحيط بها.

الجملة نصف المفتوحة: تسمح بدخول أو خروج الكتلة (مثل أسطوانة الغاز).

جملة مغلقة في لحظة معينة ومفتوحة في لحظة أخرى: مثل أسطوانة محرك الاحتراق الداخلي.

كما يمكن أن نميز:

### الجملة المتجانسة (Homogeneous system):

تكون لجميع مركباتها نفس الطبيعة في جميع النقاط.

### الجملة متعددة الأطوار (Heterogeneous system):

تحتوي على الأقل على طورين (مثلاً ماء سائل + جليد) حيث تتغير صفات الجملة بشكل مفاجئ عند الانتقال عبر السطح الفاصل بين الطورين.

## حالات التوازن (Equilibrium states)

حتى تكون الجملة الترموديناميكية متوازنة فإنها يجب أن تحقق التوازن الحراري، والميكانيكي، والكيميائي.

التوازن الميكانيكي (Mechanical equilibrium): عندما الجملة لا تتحرك في وضعيتها الحرة.

التوازن الحراري (Thermal equilibrium): وهذا يوصل إلى:

والذي ينص على أنّ zero law of thermodynamics: المبدأ صفر في الترموديناميك

الجملتان الترموديناميكيتان المتوازنتان حراريًا مع جملة ترموديناميكية ثالثة تكونان متوازنتين حراريًا فيما بينهما.

التوازن الكيميائي (chemical equilibrium): يتحقق عند عدم حصول تحول في المادة نتيجة لوجود تفاعل كيميائي في داخل الجملة، أو عند حدودها.

التوازن الترموديناميكي (Thermodynamic equilibrium): يتحقق عندما تحقق الجملة التوازن الميكانيكي، والحراري، والكيميائي.

في الجملة المتوازنة ترموديناميكياً تكون جميع الجمل الجزئية المكونة لها متوازنة ترموديناميكياً فيما بينها.

لكن عندما تكون الجمل الجزئية المكونة للجملة الترموديناميكية متوازنة ترموديناميكياً، فليس بالضرورة أن تكون الجملة ككل متوازنة ترموديناميكياً. وهذا مانسمية بالتوازن المحلي (الموضعي).

## العملية الترموديناميكية (thermodynamic process):

هي مجموعة تغيّرات الحالة للجملة المدروسة في أثناء انتقالها من حالة توازن معينة إلى حالة توازن أخرى. ويمكن أن تكون متوازنة، أو غير متوازنة.

العملية المتوازنة (Equilibrium processes): عبارة عن مجموعة من العمليات المتوازنة المتتالية التي يمكن الحصول عليها نتيجة للتغيّرات اللامتناهية في الصغر في الضغط، ودرجة الحرارة، أي أنه يجب أن تتم العملية ببطء شديد. وهي حالة مثالية للعمليات الحقيقية.

## الحالة (state)

متغيرات الحالة (أو المقادير المميزة للحالة): هي المتغيرات التي تصف الجملة

تابع الحالة

تكون المقادير التي لاتتعلق بطبيعة العملية؛ وإنما فقط بالحالة البدائية، والحالة النهائية للجملة المتوازنة توابع حالة.

المقادير المميزة للحالة (State variables)

وهي: كمية المادة، والحجم، والضغط، ودرجة الحرارة.

كمية المادة (The amount of material)

نعبر عنها إما عن طريق الكتلة  $m$  (masse) وواحدتها kg، أو بواسطة عدد المولات  $n$  (The mole amounts).

حيث:

$$m = n \cdot M$$

حيث  $M$  هي الكتلة المولية (Molar mass) وواحدتها:  $\text{kg.kmol}^{-1}$ .

الحجم (The volume)  $V$ : هو الحيز الذي تشغله الجملة، ولا يكون للشكل الهندسي الذي يشغله الحجم أية أهمية في الترموديناميك.

الحجم النوعي (The specific volume) بأنه عبارة عن حجم واحدة الكتل، وواحدته  $\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$ .

$$v = \frac{V}{m}$$

الكتلة الحجمية (النوعية) (Mass Density) هي عبارة عن كتلة واحدة الحجم وتقدر بـ  $\text{kg.m}^{-3}$ .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

الضغط (the Pressure)  $P$ : عبارة عن قيمة فيزيائية تساوي إلى نسبة القوة الموزعة بانتظام والمؤثرة بشكل عمودي على السطح على مساحة هذا السطح.

درجة الحرارة (the Temperature)  $T$ .

المقادير المميزة للحالة الحرارية (thermal properties of state)

نسمي الحجم والضغط ودرجة الحرارة بالمقادير المميزة للحالة الحرارية، وهي تحدد الحالة الترموديناميكية للجملة بدقة.

تصنيف المقادير المميزة للحالة

المتغيرات الشاملة (Extensive properties): تكون قيمة المتغير الشامل في الجملة تساوي مجموع القيم في الجمل الجزئية (مثل: الكتلة، الحجم).

المتغيرات المركزة (Intensive properties): (مثل: الكتلة الحجمية، الضغط، درجة الحرارة، كيميائي.....).  
إن القيمة العددية للمتغير المركز لاتساوي إلى مجموع القيم في الجمل الجزئية.

المقادير المميزة النوعية (specific): هي المتغيرات الشاملة منسوبة إلى وحدة الكتلة. نرمل لها بأحرف صغيرة.

قانون الحالة (Equation of state): هو العلاقة التي تربط بين  $P, V, T, n$  للمادة.

المصدر (المنبع) الحراري (thermal source).

هو الوسط الخارجي الذي يقع على تماس مع الجملة، ولايتبادل معها سوى الحرارة، ونمىز بين المصدر البارد، والمصدر الساخن.

الآلة الحرارية (thermal machine)

الآلة الحرارية هي الآلة التي تسمح بتحويل الطاقة الحرارية إلى عمل وبالعكس.

المحرك الحراري (Thermal engine)

المحرك الحراري هو الآلة التي تنجز دورة و تقوم بإنتاج عمل ( $W < 0$ ).

آلات التبريد (The refrigeration)

تكون عكس المحرك الحراري؛ فهي تستهلك عمل من أجل نقل الحرارة من مصدر بارد إلى مصدر ساخن.



جامعة  
المنارة  
MANARA UNIVERSITY