كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : فيزياء احصائية

المحاضرة: الثانية/نظري/كتابة

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

أساسيات في الترموديناميك :

يعتمد علم الترموديناميك (التحريك الحراري) على دراسة تحولات الطاقة الانتقالية (الطاقة الداخلية) الذي يرمز لها بالرمز u إلى حرارة التي يرمز لها بالرمز Q وعمل يرمز له بالرمز w وهو علم تجريبي يأخذ قرأته من المتحولات الجهرية المتمثلة بالضغط p والحجم V ودرجة الحرارة المطلقة T وعدد المولات n شرط أساسي وذلك بافتراض أن الجملة مكوناتها متعادلة كهربائياً وغير متفاعلة مع بعضها البعض.

(الجملة الماكروسكوبية)

إذاً علم الترموديناميك لا يهتم بالتركيب الداخلي للمادة المتألفة في الجملة (البنية الميكروسكوبية) وهو يدرس الجمل الترموديناميكية الواقعة في حالة التوازن فقط دون الاهتمام إلى الطريق الذي تسلكه الجملة للانتقال من حالة توازن إلى حالة أخرى
وكذلك الأمر لدراسة حدوث هذا الانتقال والمدة الزمنية لحدوثه.

تعريف حالة التوازن :

هي الحالة التي تبقى فيها المتحولات الجهرية للجملة مثال: الضغط p والحجم V والحرارة المطلقة T وعدد المولات n ثابتة مع الزمن وعندما تكون أحد هذه المتحولات متغيرة مع الزمن أي غير ثابت مع مرور الزمن فنقول هذه الجملة غير متوازنة

الغاز المثالي :

هو الغاز الذي تكون جزيئاته متعادلة كهربائياً وخاملة كيميائياً ويمكن اعتبارها بمثابة نقطة هندسية حجمها مهمل مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز ويوصف الغاز المثالي بالمعادلة :

$$P \cdot V = nRT$$

R : ثابت الغازات العامة ، n : عدد المولات

T : درجة الحرارة المطلقة

نعبر عنها بعدد الجزيئات : $= N.k.T$

k : ثابت بولتزمان

بالنسبة للغاز الحقيقي :

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

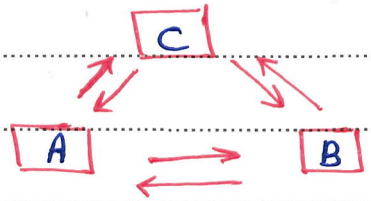
وهي معادلة الغازات الحقيقية فان - دير فالس

a, b ثوابت تتعلق بطبيعة الغاز الحقيقي .

المبادئ الأساسية في الترموديناميك :

1- المبدأ الصفري (مبدأ) التوازن الحراري :

وينص هذا المبدأ على أنه إذا وجدت جملتين A و B كل منهما في حالة توازن حراري مع جملة ثالثة C فيكونان هاتين الجملتين A و B في حالة توازن حراري فيما بينهما



TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

تعطى كمية الحرارة المتبادلة: $Q = m.c.\Delta t$

Δt: درجة الحرارة العادية ، m: الكتلة

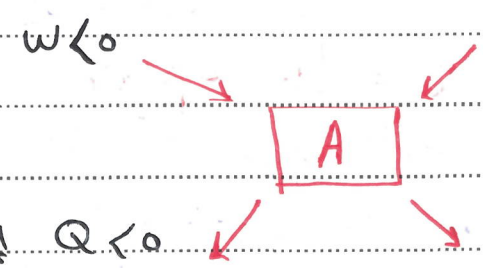
c: السعة الحرارية للجسم وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة.

وتعطى درجة حرارة التوازن الحراري لمجموعة أجسام مادية على تماس مع بعضها البعض

$$t^{(°c)} = \frac{\sum m_i c_i t_i}{\sum m_i c_i}$$

المبدأ الأول في الترمودينامياك: مبدأ انحفاظ الطاقة:

ينص على أن الطاقة الكلية للجملة المعزولة تبقى ثابتة أي محفوظة فإذا اعتبرنا كمية الحرارة Q والعمل W هما شكلين من أشكال الطاقة فتكون الطاقة أكبر من الصفر إذا قدمت من قبل الوسط الخارجي للجملة وسالبة إذا كانت خارجة من الجملة إذا قدمت الجملة حرارة للوسط الخارجي.



عموماً الطاقة الإجمالية للجملة

$$E_T = E_k + E_p + U$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

E_k: الطاقة الحركية ، E_p: الطاقة الكامنة

u: الطاقة الداخلية

بقوة

بالنسبة للجملة المعزولة لاتتأثر الجاذبية الأرضية

$$E_T = u$$

وتكون عندئذ الطاقة الكلية مساوية لطاقة الداخلية

يمكن التعبير عن المبدأ الأول في الترموديناميك بالقول أن مقدار التغير في طاقة الجملة يساوي مجموع ماتتبادله هذه الجملة مع الوسط الخارجي من حرارة وعمل سواء بأخذ أو إعطاء حرارة.

وعندما تتلقى الجملة حرارة تعمل على زيادة طاقتها الداخلية وعلى العمل الذي تقدمه الجملة للوسط

$$Q = u + w$$

يمكن أن نعبر عن المبدأ الأول في الترموديناميك بالصيغة التفاضلية:

$$\delta Q = du + \delta w$$

بالنسبة للجملة الغازية يمكن أن نكتب

$$\delta Q = du + pdv$$

مفهوم الانتروبية أو المبدأ الثاني في الترموديناميك:

الانتروبية S هو تحول ترموديناميكي يضاف لجملة لتحولات الحرية السابقة $(p, V, T, \dots)$ ويعبر عن الازاحة الحرارية للجملة (الإزاحة: هو عبارة عن معيار لمدى عشوائية أو فوضوية الجملة وهو مقدار موجب دوماً

تقاس الانتروبية بـ $\left[\frac{J}{k^\circ}\right]$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

عندما تنتهي $T \to T_{max}$ فإن $S \to S_{max}$

نعبر عن هذا الشكل

$$S(T \to T_{max}) \longrightarrow S_{max}$$

لقد توصل كلاوزيوس تجريبياً بإدخال مفهوم تزايد الانتروبية أي أن $(ds \geq 0)$ إلى وضع صيغة رياضية للمبدأ الثاني في الترموديناميك حيث اعتبر أن مقدار تزايد انتروبية جملة مغلقة ds يفوق مقدار الطاقة الحرارية المخصصة لرفع درجة حرارتها درجة مئوية واحدة أي أن انتروبية الجملة المعزولة في حالة ازدياد مستمر ويمكن أن نعبر عن ذلك بالشكل التالي:

$$ds \geq \frac{\delta Q}{T} > 0 \quad *$$

اشارة المساواة تعبر عن التحولات العكوسة وبهذا الشكل يمكن صياغة المبدأ الأول في الترموديناميك بدلالة معطيات المبدأ الثاني بالشكل التالي:

من العلاقة *:

$$\delta Q = T ds$$

$$\delta Q = du + p dv$$

$$\Rightarrow T ds = du + p dv$$

$$du = T ds - p dv$$

ونلاحظ من هذه العلاقة أن الطاقة الداخلية تابعة لمتحول انتروبية والحجم

$$u = u(s, v)$$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

المبدأ الثالث في الترموديناميك: مبدأ نرنست الخاص بحالة التوازن عند درجة الصفر المطلق أو بالقرب من درجة الصفر المطلق:

يصف هذا المبدأ حالة الجملة المتوازنة بالقرب من درجة الصفر المطلق بدلالة الانتروبية وينص على أن الانتروبية جملة مغلقة تسعى للصفر عندما تسعى درجة حرارته للصفر المطلق ويعبر عن ذلك:

$$ds(T \longrightarrow 0k^{\circ}) \longrightarrow 0$$

يفيد هذا المبدأ في التعرف على الخواص الحرارية والبنيوية للمادة بالقرب من درجة الصفر المطلق والتي تكون في حالة توازن حراري.

قانون بولتزمان وتطابقه مع المبدأين الثاني والثالث في الترموديناميك:

نعلم بالميكانيك الكلاسيكي أن دراسة حركة جسم كتلته m تعني بالضرورة إمكانية تعيين موضعه (x, y, z) بالفراغ وسرعته v وتسارعه a في اللحظة t من الحركة وبالتالي إمكانية معرفة قيمة واتجاه محصلة القوى المؤثرة فيه وإمكانية التنبؤ بالمسار الذي يسلكه هذا الجسم والمسارات المحتملة للجسيمات المتصادمة أن تطبيق مثل هذه الدراسة الكلاسيكية على كل جزيء على حدى من جزيئات المادة المكونة لجملة الترموديناميكية هو أمر بالغ الصعوبة وضرب من المستحيل لأن مول واحد من المادة يحتوي على عدد أفوكادرو من الجزيئات N_A من مرتبة 10^{23} لذا كان البحث عن بديل أمر بالغ الأهمية وكان الميكانيك الاحصائي هو البديل المناسب.

يعتمد الميكانيك الاحصائي في الأساس على معطيات النظرية الحركية للغازات باعتبار أن نصيب درجة الحرية الواحدة للجزيء من الطاقة هي $\frac{1}{2}kT$ فنقوم بدراسة الجملة الترموديناميكية الواقعة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

في حالة التوازن دراسة إحصائية باستخدام القوانين الأساسية في المد ويتعامل مع الوزن الاحصائي للجملة W باعتبار يمثل عدد الحالات المجهرية الممكنة للجملة المتوازنة بما أن حالة التوازن الترموديناميكية للجملة مقترنة بانتروبية عظمى وبوزن إحصائي:

S_{max} و W_{max} ← وزن إحصائي

قد اقترح بولتزمان قانون يعبر عن حالة توازن الترموديناميكي للجملة بالصيغة على النحو التالي:

$$S_{max} = k . Ln . W_{max} \quad **$$

$k = 1,38.10^{-23}\ J.K^{-1}$ ثابت بولتزمان

بما أن الانتروبية هي عبارة عن متحول ترموديناميكي والوزن الإحصائي فيعتبر قانون بولتزمان هي العلاقة الوحيدة التي تربط بين علم الترموديناميك الكلاسيكي و الميكانيك الاحصائي.

إذا اعتبرنا أن احتمال تواجد الجملة في إحدى حالاتها المجهرية هو عبارة عن $w = \frac{1}{W_{max}}$ وأن هذا الاحتمال $0 < w < 1$

(احتمال تواجد جملة ترموديناميكية في إحدى حالاتها المجهرية)

يمكن كتابة صيغة بولتزمان السابقة (علاقة **) بالشكل:

$$S_{max} = -k \ln . w$$

أنواع الجمل وشروط التوازن:

الترموستات أو الخزان الحراري:

هو نظام الذي تبقى درجة حرارته ثابتة بحيث أن اكتسب أو فقد كمية

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

محددة من الحرارة لا يغير من درجة حرارته.

أنواع الجمل:

الجملة المعزولة:

نقول عن الجملة أنها معزولة أي لا تبادل الطاقة والمادة مع الوسط المحيط أي يكون عدد الجزيئات ثابت و لا تبادل الطاقة إذاً:

$$N = const \Rightarrow dN = 0$$

$$Q = const \Rightarrow \delta Q = 0$$

$$V = const$$

بالتالي التغير في الطاقة الداخلية $du = 0$ بذن الجملة لا تبادل حرارة مع الوسط الخارجي فأن

$$\Rightarrow u = const$$

شرط التوازن للجملة المعزولة:

انتروبية أعظمية $S = S_{max}$

أو وزنها أحصائي أعظمي W_{max}

الجملة المغلقة:

حيث تبقى درجة حرارتها ثابتة وتبادل طاقة حرارية دون أن تتبادل المادة مع الوسط المحيط.

$$N = const \Rightarrow dN = 0$$

$$\delta Q \neq 0 \; ; T = const.$$

شرط التوازن لهذه الجملة:

أن تكون طاقة الحرة $F = F_{min}$

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

الجملة المفتوحة:

هي الجملة التي تبقى درجة حرارتها ثابتة وتتبادل المادة مع الوسط المحيط والطاقة

$$dN \neq 0 \quad ; \quad \delta Q \neq 0$$

$$dV \neq 0.$$

شرط توازن هذه الجملة: هو أن يكون تابع جيبس في حدوده الدنيا

$$G = G_{min} \text{ (تابع جيبس)}$$

الجملة الكظوم: (الجملة الأديباتيكية: مشتقة من كلمة يونانية تعني عدم السماح بالمرور)

لا تسمح بتبادل الحرارة فقط

$$\delta Q = 0 \quad ; \quad Q = const.$$

التوابع الترموديناميكية:

تابع الطاقة الداخلية u:

$$u = F + Ts \quad ; \quad u(F, s)$$

تابع هلمولتز للطاقة الحرة $F(T, V)$

$$F = G - pV$$

تابع الإنتالبية: $I(s, p)$

$$I = u + pV$$

تابع طاقة جيبس: $G(T, p)$

$$G = I - Ts$$

انتهت المحاضرة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة