كلية : التربية للعلوم الصرفة

القسم : علوم الفيزياء

المرحلة: الثانية

أستاذ المادة : د. سندس عبد الرزاق طارش

اسم المادة باللغة العربية : الثرموداينمكس

اسم المادة باللغة الإنكليزية : Thermodynamics

اسم المحاضرة الاولى باللغة العربية : مفاهيم اساسية في الثرموداينمكس

اسم المحاضرة الاولى باللغة الإنكليزية : Basic concepts in thermodynamics

مقدمة: Introduction

موضوع الحرارة والديناميكا الحرارية هو علم يهتم بدراسة الظواهر الفيزيائية التي يتم فيها انتقال الطاقة الحرارية بين الاجسام التي تتواجد عند درجات حرارة مختلفة. وقد درسنا في علم الميكانيك مفهوم العجلة والسرعة والقوة والطاقة. سنقوم في هذه المحاضرات بدراسة مفهوم درجة الحرارة Temperature والطاقة الحرارية Heat energy والطاقة الداخلية Internal energy من وجهة نظر الجوهرية Macroscopic viewpoint اي دراسة التغير الذي يحدث على الغاز من خلال ملاحظة التغيير في الضغط Pressure و الحجم Volume ودرجة الحرارة Temperature. كما يمكن دراسة وفهم الظواهر الحرارية من وجهة نظر جوهرية. كما سنتناول دراسة قوانين الديناميكا الحرارية والتي تربط بين التدفق الحراري Heat flow والشغل Work والطاقة الداخلية Internal energy للنظام .

علم الديناميكا الحرارية Thermodynamic

هو علم تجريبي يهتم بدراسة كل ما هو متعلق بدرجة الحرارة والطاقة الحرارية. يستخدم علم الديناميكا الحرارية في التطبيقات الهندسية في تصميم المحركات ومولدات الطاقة الكهربائية واجهزة التبريد والتكييف ويدخل هذا العلم في التطبيقات الصناعية المختلفة.

يتطلب هذا العلم دراستين:

وجهة النظر الجوهرية Macroscopic viewpoint

تتضمن المكونات والصفات V, P,T وتتصف هذه الكميات بصفات عامة هي:

1- لاتشمل على اي افتراضات خاصة بتركيب المادة

2- غالبا ماتكون مقدرة باشياء محسوبة

3- يمكن قياسها بسهولة

اهم صفة بين الاحداثيات الثلاثة هو ان كل واحد منهم دالة للاحداثيين الاخريين :

$P = f(V,T)$ $V = f(PT)$ $T = f(P,V)$

نستنتج انه في حالة ثبوت اي اثنين في الاحداثيات الثرموديناميكية يجب ان يثبت الاحداثي الثالث منهما.

من اجل استيعاب مبادئ الثرموديناميكس يجب اولا الالمام بالمفاهيم والتعاريف الاساسية التي يتردد استخدامها في هذا الموضوع .

النظام System: هو الجزء المحدد من المادة التي توجه اليه الدراسة . وينقسم الى قسمين نظام حقيقي ونظام مثالي.

النظام الحقيقي هو اي نظام طبيعي يستخدم في التجربة او للاغراض العلمية الاخرى مثلا اي كمية من المادة (صلبة او سائلة او غازية) تعرف بالنظام الحقيقي وكذلك السائل في المسعر والغاز او البخار المحصور في اسطوانة مغلفة وكذلك القطعة الصلبة كالجليد او الحديد يمكن اعتبارها نظام حقيقي ، الكرة الارضية وغلافها الجوي هي نظام حقيقي.

النظام المثالي: هو اي نظام نظري نتعامل معه في الورقة والقلم لغرض تسهيل المسائل الثرموداينميكية ان مثل هذا النظام غير موجود في الطبيعة مثلا الغاز المثالي.

المحيط Surrounding: هو الجزء الذي يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة ويمكن ان يكون **حقيقي** او وهمي .

انواع الانظمة الثرموديناميكية:

1- النظام المفتوح Open System

وهو النظام الذي يسمح بتبادل كل من المادة الطاقة والكتلة مع المحيط وعليه فان مثل هذا النظام تكون كتلته غير ثابتة دائما. هناك امثلة يومية عديدة على مثل هذا الكيان مثل الماء في الغلاية يمتص الطاقة الحرارية ويفقد جزءا من كتلته من خلال التبخر، الصاروخ الطائر تقل كتلته نتيجة تخلصه من فضلات احتراق الوقود.

2- النظام المغلق Closed System

هو النظام الذي تبقى كتلته ثابتة دائما، ان مثل هذا النظام له حدود لا تسمح باجتياز الكتلة بل بتبادل الشغل والحرارة فقط بين النظام ومحيطه . مثال على ذلك الزئبق الموجود في المحرار، الغاز الموجود في المحرار الغازي والغاز المحصور في منطاد.

3- النظام المعزول Isolated System

هو النظام الذي لايسمح بتبادل الكتلة اوالطاقة مع المحيط ، اي له حدود عازلة لا يسمح بتبادل الطاقة باي شكل من الاشكال ويمكن اعتبار الكون مثال على النظام المعزول.

الجدار الاديباتيكي Adiabatic Wall

هو الجدار الذي لايسمح بنفوذ الحرارة من خلاله ، فالنظام المعزول يمثل هذا الجدار لايسمح بدخول الحرارة منه واليه.

الكون Universe

هو مجموع النظام والمحيط معا.

التوازن الحراري Thermal Equilibrium

اذا كان لنظام ما احداثياته الثرموداينمكية P، V، T وبقية هذه الاحداثيات ثابتة مادامت الظروف الخارجية ثابتة فان النظام يكون في حالة توازن حراري وان حدوث التوازن يعتمد على الانظمة على الانظمة الخارجية او المجاورة وطبيعة الجدران ما بين النظام والمحيط فاذا كانت عذه الجدران عازلة للحرارة تسمى جدران اديباتيكية واذا كانت هذه الجدران موصلة للحرارة تسمى جدران داياثرمية.

التوازن الثرموداينمكي او التوازن الحراري الديناميكي Thermodynamic Equilibrium

يقال ان النظام متوازن ثرموداينمكيا عندما يكون متوازنا حراريا وميكانيكيا وكيميائيا، فلو كان لدينا نظام معزول (غير متوازن) فان خواصه مثل الضغط ودرجة الحرارة، الكثافة تميل للتغير مع

الزمن كما انها تتغير من جزء الى اخر وبعد مرور فترة زمنية كافية تستقر خواص النظام على قيم ثابتة ويصبح النظام متوازن، وخلال الفترة الزمنية التي تسبق الاستقرار نلاحظ مايلي:

1- اذا كانت اجزاء النظام بدرجات حرارة متفاوتة فان النظام غير متوازن حراريا ونتيجة لذلك تنتقل الحرارة من موقع ذو الدرجة الحرارية العالية الى موقع ذو الدرجة الحرارية الاوطا وتستمر العملية الى ان يصبح النظام متوازن حراريا.
2- اذا كان هنالك اختلاف في الضغط في اماكن مختلفة ضمن حدود النظام المائع فان ذلك يعني ان هناك اجزاء منضغطة واخرى مخلخلة مما يؤدي الى توليد حركة وتيارات تنقل المادة من الجزء الاكثف الى الجزء الاقل كثافة الى ان يحدث توازن ميكانيكي.
3- اذا كان النظام يحتوي في البداية على مواد او عناصر قابلة للتفاعل الكيمياوي فان النظام يعتبر غير مستقر كيمياويا مالم تنتهي التفاعلات ويكون الناتج متوازن كيمياويا.

العملية الثرموديناميكية Thermodynamic Process

هي اي تحول للنظام من حالة توازن الى اخرى عبر فترة زمنية. او هي اي تغير في الخواص الثرموديناميكية للنظام، فعندما تتغير خواص (متغيرات) النظام فان حالة النظام تتغير ايضا وعندها يقال ان النظام يعاني عملية ثرموديناميكية فمثلا لو ازداد الضغط المسلط على النظام غازي محصور فان ذلك يرافقه تغير في خواص اخرى مثل الحجم، الكثافة، درجة الحرارة ،....الخ . عندما تستقر هذه الخواص يصل النظام الى حالة توازن جديدة حيث يمكن اجراء اي عملية ثرموديناميكية بتثبيت خاصية او اكثر من خواص النظام وترك بقية الخواص تتغير لتاخذ قيم جديدة ، فمثلا هنالك عمليات يبقى خلالها حجم النظام ثابتا واخرى تتم تحت ضغط ثابت او تحت درجة حرارة ثابتة ....

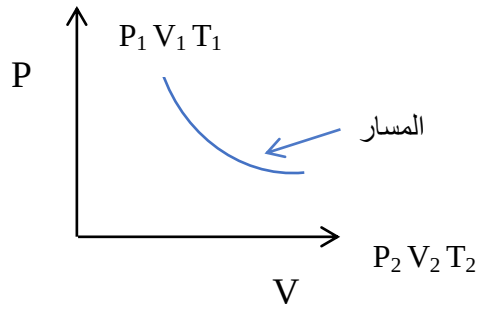
تصنيف العمليات الثرموديناميكية Thermodynamic process classification

1- العملية الاديباتيكية او الكاظمة Adiabatic Process

هي العملية التي تحدث دون ان يتم خلالها دخول او خروج حرارة من النظام ، اي تبقى خلالها كمية الحرارة في النظام ثابتة. فالعملية التي تحدث لنظام مغلف بعازل جيد يمنع تسرب الحرارة من او الى النظام هي عملية اديباتيكية. مثال على ذلك التضاغط والتخلخل الذي يرافق مرور الموجات الصوتية خلال الهواء ، انفجار مفاجئ لعجلة الدراجة الهوائية ، ضربة المكبس داخل اسطوانة الاحتراق الداخلي . ويعبر عن العملية الاديباتيكية رياضيا كالتي:

$Q_1 = Q_2 \rightarrow d = 0$

حيث Q كمية الحرارة



شكل 1: يوضح العملية الاديباتيكية

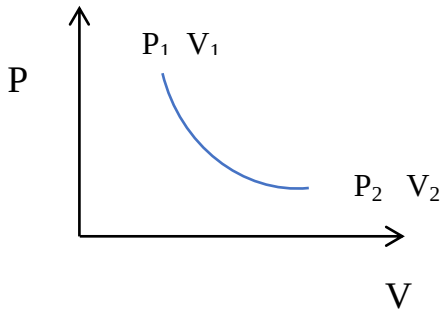
ا

2- العملية الايزوثرمية Isothermal process

هي العملية التي تحدث للنظام دون ان تتغير درجة حرارته. في مثل هذه العملية يجب ان يكون غلاف النظام موصل جيد للحرارة بحيث يسمح لخروج الحرارة او دخولها عندما يحصل زيادة او نقصان في درجة حرارة النظام خلال حدوث العملية. ان اغلب العمليات التي تتم ببطء تعتبر عمليات ايزوثرمية. ويعبر عن العملية الايزوثرمية رياضيا كالتي:

$$T_1 = T_2$$

$$dT = T_1 - T_2 = 0$$



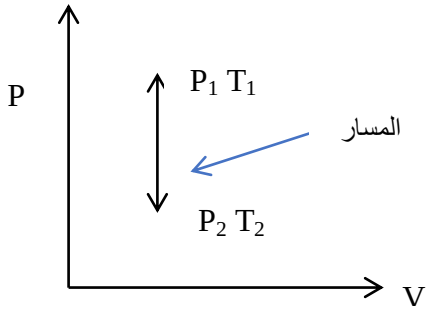
شكل 2 : يوضح العملية الايزوثرمية

العملية الايزوكوريكية Isochoric process

هي العملية التي تحدث تحت حجم ثابت

$V_1 = V_2$

$dv = V_2 - V_1$



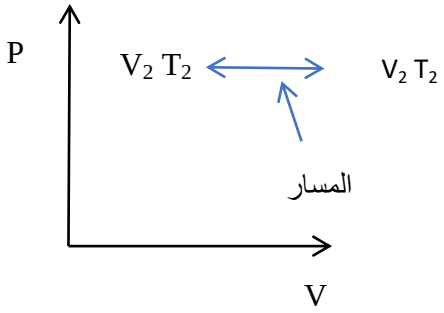
شكل 3: يوضح العملية الايزوكوركية

العملية الايزوباركية Isobaric process

هي العملية التي تحدث تحت ضغط ثابت

$P_1 = P_2$

$dp = P_1 - P_2$



شكل 4 : يوضح العملية الايزوباركية

العملية الدورية : هي عدد من العمليات يمر بها النظام ثم يعود الى حالته الابتدائية وهنا يكون النظام قد مر خلال دورة كاملة. هذه العملية تتكرر دوريا بحيث يمر النظام في كل دورة بسلسلة من العمليات التي تنقله من حالة معينة وتعود به بعد انتهاء الدورة الى نفس الحالة مثل دورة كارنو.

في العمليات الدورية يمتص النظام حرارة و في كل دورة ينجز النظام شغلا على المحيط ، فاذا كان عدد الدورات كبيرا فان مجموع الشغل الناتج يكون كبيرا يمكن الاستفادة منه في مكائن الاحتراق الداخلي والآلات البخارية .

تقسم العمليات الدورية الى نوعين:

1- **العمليات اللاعكسية Irreversible process**

هي عملية تحدث باتجاه ولايمكن عكسها من دون ترك تغيرات دائمة في المحيط . ان جميع العمليات الطبيعية التي تجري ذاتيا هي عمليات لاعكسية , مثلا تنتقل الحرارة من الجسم الساخن الى الجسم البارد , تسقط الاجسام من الاعلى الى الاسفل وتهب الرياح من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطئ .

2- **العمليات العكسية Reversible process**

هي العملية التي يمكن بعد اتمام انجازها اعادة النظام الى نفس الشروط التي كان عليها قبل العملية دون ترك اي اثر على المحيط. لا شك ان العملية العكسية لا وجود لها في الطبيعة ولكن لغرض الاقتراب من العملية العكسية يجب توفر الشروط الاتية .

a) ان تتم العملية بغاية البطء

b) ان لا يرافق العملية ضياع في الطاقة مثل الضياع الذي يصاحب اللزوجة والاحتكاك والمقاومة.

c) ان لا يختلف ضغط ودرجة حرارة النظام عما هو في المحيط خلال كل مراحل العملية بشكل محسوس .

هنالك عدة عمليات يمكن اجراءها بشكل معكوس يقترب ولكن لا يمكن ان تصل الى الحالة المثالية كما في الامثلة التالية:

1- الجليد ينصهر اذا امتص كمية من الحرارة ليتحول الى ماء والذي بدوره يتحول الى جليد عند سحب نفس المقدر من الحرارة .

2- يمكن اعتبار كل العمليات الاديباتيكية والايزوثرمية التي تنجز بصورة متناهية في البطء هي عمليات عكسية.

3- شحن وتفريغ بعض انواع المتسعات .

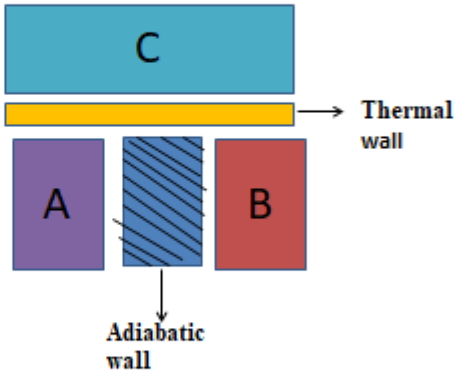
4- البندول الحر عندما يتحرك في غرفة مفرغة من الهواء ومعلقا بنقطة ارتكاز خالية من الاحتكاك .

قوانين الثرموديناميك الاساسية :

القانون الصفري للديناميكا الحرارية The zero law of thermodynamics

ينص على انه اذا وجد نظام A مع نظام B في حالة توازن حراري ، وكان النظام B في حالة توازن حراري مع نظام ثالث C ، فان النظامان A و C يكونان في حالة توازن حراري مع بعضهما البعض .

وقد سمي بالقانون الصفري للديناميكا الحرارية لانه من المسلمات البديهية حيث يعتبر هذا القانون الاساس لفكرة الثيرمومتر الذي هو اداة تستخدم لقياس درجات الحرارة .



شكل 5 : يوضح القانون الصفري للديناميكا الحرارية

ا

القانون الاول للثرموداينمكس The first law of thermodynamics

ينص على ان الطاقة لاتفنى ولاتستحدث ولكن يمكن تحويلها من شكل الى اخر . ويعبر عنه بالعلاقة الرياضية الاتية:

$$U = Q - W$$

حيث ان :

U : الطاقة الداخلية للنظام

Q : كمية الحرارة الداخلة الى النظام

W : الشغل المنجزء من قبل النظام

يعتبر القانون الاول في الثرموديناميكس صيغة خاصة من قانون حفظ الطاقة لانه يتعامل مع الطاقة التي تنتقل عبر حدود النظام مثل الحرارة والشغل .وهذين النوعين من الطاقة يتواجدان فقط عند الدخول الى النظام او الخروج منه .