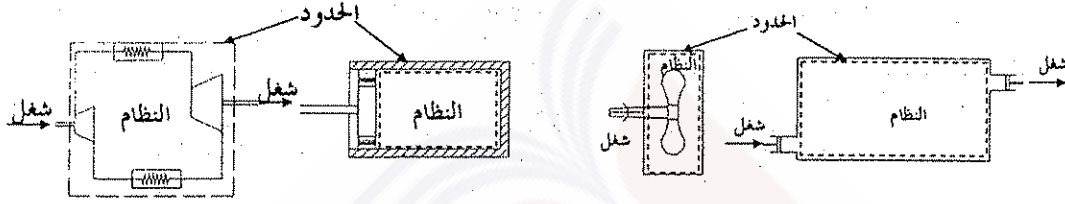


(1.3) - تعاريف ومفاهيم اساسية Fundamental Concepts & Definitions

(1.3.1) - النظام الترموديناميكي Thermodynamic System

هو كمية محدودة وثابتة من المادة داخل حيز محدود محاطة بغلاف (envelope)، يراد دراسة سلوكها. قد يكون النظام حقيقي او مثالي. الحقيقي هو كمية من المادة كغاز محصور بمكبس داخل اسطوانة. اما الثاني فهو نظام نظري لتسهيل المسائل الترموديناميكية، وهو غير موجود في الطبيعة، أي نظام افتراضي.



شكل (1.3) - النظام

يحاط النظام بحدود (Boundary)، قد تكون حقيقية ثابتة كجدران الاسطوانة والمكبس، كما في الشكل (1.3). او قد تكون الحدود وهمية متغيرة كالدخان المتحرك في الجو، او انضغاط او تمدد كمية من الغاز، حيث ينتقل الشغل والحرارة عبر الحدود. وكل ما يقع خارج حدود النظام هو المحيط (Surroundings) له تأثير مباشر في سلوك النظام، لانه يتبادل الطاقة معه، وبالتالي قد يتأثر بالتغيرات الحاصلة داخل النظام. ربما يشكل المحيط نفسه نظاماً آخر.

لحدود النظام خواص معينة تسمح او لا تسمح بتبادل الطاقة او المادة مع المحيط او الوسط المحيط (Surroundings) وهو الحيز المحيط بالنظام والذي يتأثر بالتغيرات التي تتم داخل النظام. لذلك وكما مبين في الشكل (1.4) تصنف الانظمة الى الانواع الآتية:

أ- النظام المغلق (غير مغزول) Closed System

هو النظام الذي لا تسمح حدوده بانتقال المادة داخل النظام، أي تبقى الكتلة ثابتة، لذلك يسمى بنظام الكتلة المحددة. ولكن يتم انتقال الطاقة (شغل او حرارة) عبر الحدود فقط، كغاز محصور بمكبس داخل اسطوانة. او كالمرجل البخاري في اثناء فترة بداية التشغيل للحصول على ضغط معين للبخار.

(1.3.2) - المساحة Area

أن مساحة الجسم هي الجزء المكشوف منها، وتحسب بحاصل ضرب الطول في العرض. وحدة المساحة (m^2) وفي حالة السطوح الدائرية كمساحة سطح المكبس، وعندما يكون (D) تمثل قطر الدائرة فإن المساحة (A) تساوي:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \dots\dots\dots(1.1)$$

(1.3.3) - الحجم (Volume)

حجم الجسم (أو المادة) هو مقدار ما يشغله من حيز ويساوي حاصل ضرب مساحته في ارتفاعه. وحدة الحجم هي (m^3) أو اللتر ($1 \text{ Liter} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$). وتظهر أهميته مثلاً عند قياس إزاحة المكبس داخل اسطوانة المحرك، أو بمعنى آخر عند قياس الحيز الذي يشغله المكبس أثناء تحركه خلال أحد الأشواط داخل الاسطوانة. فإذا كان (L) تمثل طول الشوط وأن (A) المساحة، فإن الحجم (V) يساوي:

$$V = A \times L \dots\dots\dots(1.2)$$
$$= m^2 \times m = m^3$$

عندما تتمدد المادة بزيادة حجمها، وعندما تتضغط يقل حجمها. أما الحجم النوعي (Specific Volume) فهو حجم وحدة الكتلة (m) رمزه (v) ويساوي:

$$v = \frac{V}{m} \dots\dots\dots(1.3)$$

أما النقل أو الوزن النوعي (Specific Gravity) فهو النسبة بين كثافة المادة إلى كثافة الماء.

(1.3.4) - الكثافة الكتلية Mass Density

هي كتلة وحدة الحجم. تبقى ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة والضغط. تسمى أختصاراً بالكثافة، يرمز لها بالحرف اليوناني ρ وحدتها (kg/m^3). هي مقلوب الحجم النوعي، وتساوي:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v} \dots\dots\dots(1.4)$$

وأن الحجم النوعي والكثافة غير مستقلتين عن بعضهما لأن الواحدة مقلوب الأخرى، لذا فإن الكثافة ليست بخاصية. إن كثافة الماء (1000 kg/m^3) والزئبق (13600 kg/m^3). وفي الترموديناميكس يستعمل الحجم بدلاً من الكثافة.

(1.3.5) - السرعة Velocity

هي معدل حركة جسم في خط مستقيم، وهي نوعان:

1. السرعة المنتظمة: وهي معدل حركة الجسم في خط مستقيم بحيث يثبت مقدارها في كل وحدة زمنية. ويمكن تقديرها بالمسافة التي يقطعها الجسم بحركة منتظمة في خط مستقيم في وحدة زمن. فإذا كان (L) يمثل الطول بوحدات المتر (m) و (t) تمثل الزمن بوحدة الثانية (s) فستكون السرعة (C) تساوي:

$$C = \frac{L}{t} \left(\frac{m}{s} \right) \dots \dots \dots (1.5)$$

2. السرعة المتغيرة: وهي تنشأ عندما تكون حالة الجسم متغيرة من لحظة إلى أخرى، أي أن المسافة التي يقطعها الجسم في أي وحدة زمنية لا تساوي نفس المسافة التي يقطعها الجسم في أي وحدة زمنية أخرى. لهذا يحسب غالباً متوسط سرعة الجسم.

(1.3.6) - التّعجيل Acceleration

وهو معدل تغير السرعة (C) في وحدة الزمن. رمزه (a) ووحدته (m/s²) ويساوي:

$$a = \frac{C}{t} = \frac{\frac{L}{t}}{t} = \frac{L}{t^2} \dots \dots \dots (1.6)$$

or

$$a_{aver} = \frac{C_2^2 - C_1^2}{t} \dots \dots \dots (1.7)$$

وتعجيل الجسم اما منتظماً عندما يكون التغير في سرعة الجسم منتظماً، واما متغيراً عندما يكون التغير في سرعة الجسم غير منتظم وفي الحالة الأخيرة يقاس متوسط قيمته، وهو كذلك أما موجب القيمة فيزيد سرعة الجسم المتحرك (تسارع) ويسمى بالتعجيل الموجب، واما سالبة القيمة فتدّ نقص سرعته ويسمى التباطؤ.

(1.3.7) - القوة Force

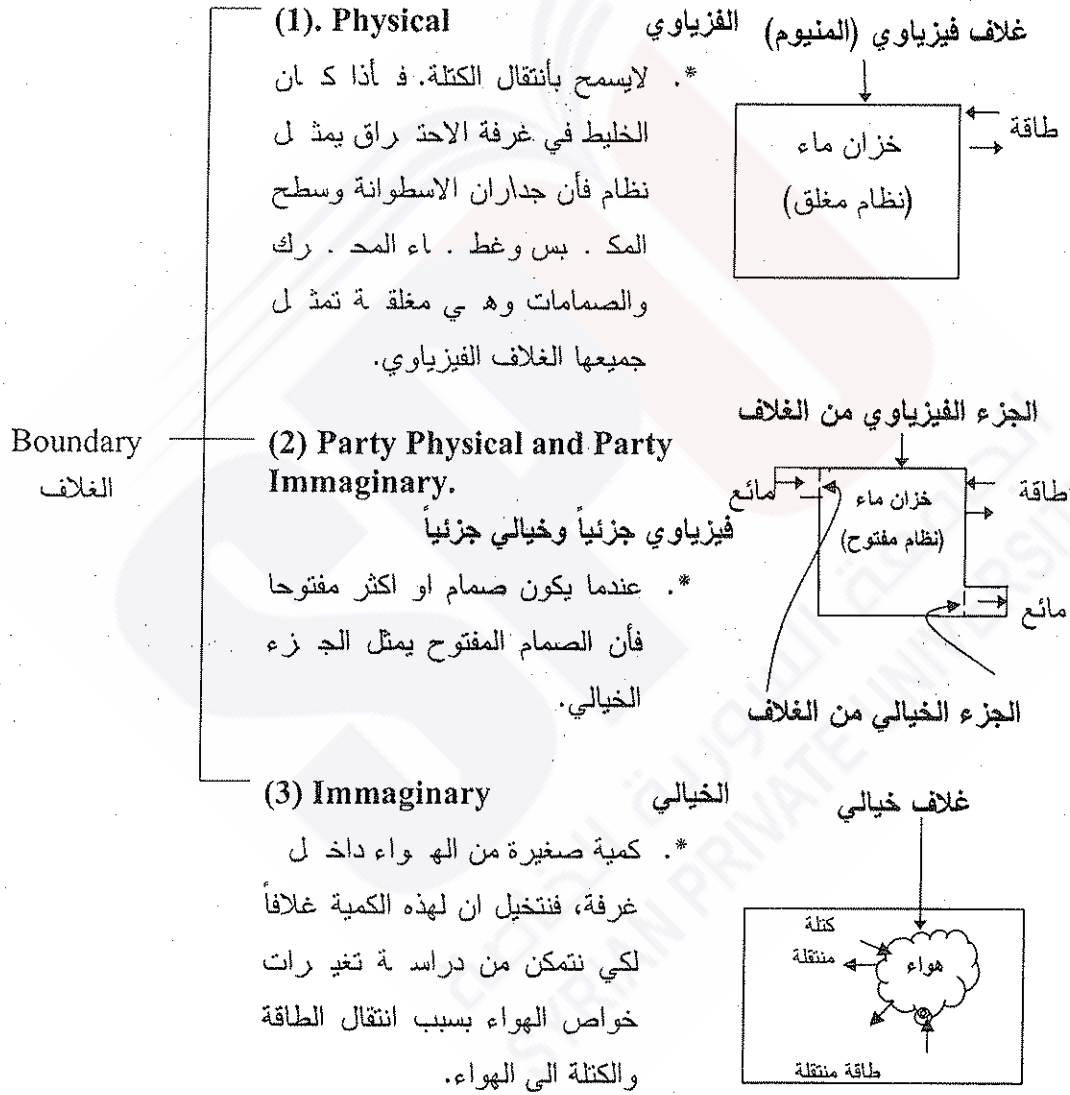
ان العلاقة بين القوة والحركة مبنية على قوانين الحركة الثلاث التي وضعت من قبل اسحق نيوتن. ينص القانون الاول على مايلي ((يستمر الجسم في حالة السكون او الحركة المنتظمة على خط مستقيم الا اذا اجبر على تغيير تلك الحالة بفعل قوة خارجية)).

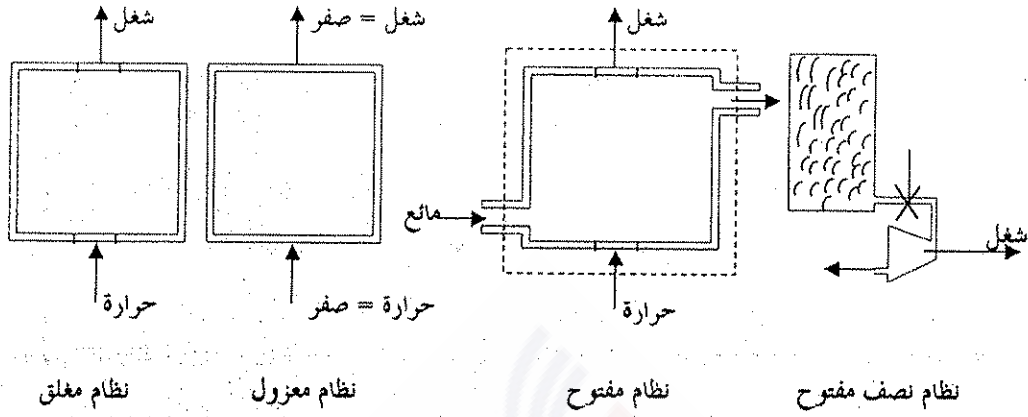
فمثلاً، ان سيارة واقفة على طريق افقي سوف تستمر باقية في حالة الوقوف ما لم تؤثر عليها قوة خارجية. ولو ان السيارة كانت تتحرك فباستخدام المكابح ستتباطأ السيارة وتتوقف. فمن قانون نيوتن الاول يمكن تعريف القوة كالتالي:

يمكن دراسة اجزائها (المرجل، المبادل الحراري، التوربين، المضخات ... الخ) كمنظومات مفتوحة، أي ان المائع يدخل ويخرج من كل واحدة من هذه المنظومات المصغرة المفتوحة.

هـ - غلاف النظام الترموديناميكي.

يمكن فهم الغلاف المحيط بالنظام الترموديناميكي من خلال المخطط التالي:





شكل (1.4) - أنواع الانظمة

ب- النظام المعزول Isolated System

لا تسمح حدوده بانتقال المادة او الطاقة، أي يبقى مجموع الطاقة فيه ثابتاً، لكونه لا يتأثر بالوسط المحيط. مثال الترمس الموضوع بداخله ماء بارد او ساخن.

ج- النظام المفتوح Open System

هو النظام الذي تسمح حدوده بانتقال المادة والطاقة (شغل او حرارة) بعملية جريانية. يسمي بنظام الحجم المحدد، كالماء في المرجل حيث يمتص حرارة ويفقد جزء من كتلته خلال التبخر. خليط الغازات في اسطوانة محرك احتراق داخلي يتخلص من الحرارة والغازات من خلال العادم. ان المادة يمكن ان تدخل او تخرج من خلال فتحات، اما الطاقة فتنتقل عبر الحدود. اذا كانت الكتلة بوحدة الزمن الداخلة والخارجة متساوية فإنها تبقى ثابتة وتسمى بعملية الجريان المستقر كما في التوربين او ضاغط الهواء.

د- انظمة اخرى

وهناك انظمة اخرى كالنظام الادياباتي الذي تنتقل فيه الكتلة والطاقة ما عدا الطاقة الحرارية تكون قيمتها صفر مثل التوربين البخاري المعزول التام. وهناك انظمة نصف مفتوحة تسمح بدخول او خروج الكتلة فقط مثل قنينة الغاز. في بعض الاحيان تكون المنظومة مغلقة في لحظة معينة ومفتوحة في لحظة اخرى. مثال ذلك اسطوانة محرك احتراق داخلي. تكون المنظومة الكلية (Total System) عادة كبيرة ومعقدة، وقد يمكن تجزئتها ومن ثم جمع اجزاء المنظومة المجزأة. مثال ذلك محطة القدرة الكهربائية المغلقة التي

- ((القوة هي أي شئ يسبب تحريك جسم من السكون، او يوقف جسماً عن الحركة، او يعجله او يبطأ او يحرف الجسم عن المسار المستقيم ويجعله يتحرك بمسار منحنى))، ومن انواعها هي:
- (1). قوى الشد مثل القوى التي تجذب طرفي قضيب من الحديد.
 - (2). قوى الضغط مثل التي تتولد على المكبس عند احتراق الوقود.
 - (3). قوى الجاذبية الناتجة من جذب الارض للجسم.
 - (4). قوة الاحتكاك، وهي القوة التي تقاوم الحركة بين جسمين متلاصقين . رمز القوة (F).

(1.3.8) - الكتلة Mass

هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة او عدد الجزيئات. رمزها (m) و وحدتها (kg). قيمتها لا تتغير بتغير المكان. فكتلة جسم الانسان ثابتة عند مستوى سطح البحر او في الاعماق او على قمة جبل او في الفضاء. وهي تقاس عادة لجسم معين بمدى تأثير قوة ما فيه حين يكون حر الحركة، فاذا أثرت قوة (F) على جسم ما بحيث يبدأ من السكون ليتحرك بتعجيل منتظم (a) فإن كتلة ه ذا الجسم (m) تساوي:

$$m = \frac{F}{a} \Rightarrow \frac{N}{m/s^2} = \frac{kg \cdot m/s^2}{m/s^2} = kg \dots \dots \dots (1.8)$$

أن محاولة جسم للمحافظة على حالة السكون أو الحركة المنتظمة تدعى القصور الذاتي (Inertia). وقد وجد بأن هذه الخاصية تعتمد على كتلة الجسم. الوحدة الدولية (SI) للكتلة هي الكيلو و غرام (kg)، معرفة بأنها كتلة اسطوانية مصنوعة من البلاتين والايريد ديوم (aridum-Platinum) محفوظة في (Severs) في فرنسا.

والوحدة الكبرى للكتلة هي الميكروغرام (Mg) (Megagramme) وتسميه بعض الدول بالطن المتري والطن (t) (tonne) ويساوي:

$$1Mg=1t=10^3 kg=10^6 g$$

(1.3.9) - التعجيل الارضي Acceleration du to gravity

هو المثال الثابت للتعجيل الثابت، رمزه (g). يعبر عن قوة تجاذب بين الارض والجسم. قيمته ثابتة عند مستوى سطح البحر وتبلغ (9.88m/s²). ويكون الفرق عند الانتقال من منطقة خط الاستواء الى القطب (5%) أي (9.78m/s²) عند خط الاستواء و(9.832m/s²). عند القطب ين. لكن قيمته تنخفض كثيراً كلما ابتعدنا عن مركز الارض حتى تنعدم تماماً في الفضاء.

عندما يسقط جسم من ارتفاع معين، يجذب نحو مركز الارض بقوة الجاذبية (Force Gravity). وتبدأ سرعته من السكون ثم تتزايد بتعجيل منتظم يساوي (9.81m/s²). يسمى

بالتعجيل الارضي. قيمته لا تتوقف على كتلة او حجم الجسم شرط اهمال تأثير قوة احتكاك اله واء بالجسم اثناء سقوطه.

لقد اثبت اسحق نيوتن في قانونه الثالث بأن قوة الجاذبية للجسم أي وزنه (W) تتناسب مع كتلته الجسم (m)، وعليه يكون:

$$W = m \times g \dots\dots\dots(1.9)$$

(1.3.10) - الوزن Weight

اذا وضع جسم ما على سطح معين فإن الضغط الذي يسلطه هو دالة الوزن. وإذا سقط جسم فإن قوة جذب نحو الارض دالة لوزنه. فالوزن هو التعبير عن قوة جذب الارض للجسم، هذه القوة تعمل ل شاقولياً الى الاسفل باتجاه مركز الارض وبما ان قوة الجذب او التعجيل الرض ي (g) تتغير ر كلفا ابتعدنا عن مركز الارض لذا فإن وزن جسم الانسان ينعدم في الفضاء لانعدام الجاذبية، عليه فإن قوة جذب الارض للجسم (F) او وزن الجسم (W) يساوي:

$$F = W = m \times g \Rightarrow kg \times m/s^2 = N \dots\dots\dots(1.10)$$

لا يمكن عد الوزن وحدة اساسية لعدم وجود قيمة ثابتة له. لناخذ مثلاً رجل الفضاء، كتلته على الارض (80kg) ووزنه يساوي (80×9.81=784.8N). وكتلته في الفضاء (80kg) لكنه سيكون في حالة فقدان الوزن لانعدام الجاذبية الارضية.

(1.3.11) - الزخم Momentum

سيارة تجارية ثقيلة تحتاج الى قوة دفع لتبدأ الحركة عندما تكون محملة بالكامل اكبر مما هي فارغة. ولايقاف سيارة الحمل التجارية يتطلب قوة كبح اكبر من سيارة صغيرة تسير بنفس السرعة. يقال للسيارة (الانقل) بأنها ذات كمية حركة او زخم اكبر من تلك الاخف.

يعتمد الزخم على الكتلة والسرعة. لذلك فإن جسمين لهما نفس الكتلة ولكنهما يتحركان بسرعتين مختلفتين سيظهران زخمين مختلفين. يقاس زخم الجسم بحاصل ضرب كتلته في سرعته، أي:

$$\text{Momentum} = m \times C \dots\dots\dots(1.11)$$

(1.3.12) - تغير الزخم-قانون نيوتن الثاني للحركة

ينص قانون نيوتن الثاني على ان ((يتناسب زخم الجسم طردياً مع القوة المؤثرة)). فاذا أثرت قوة (F) على جسم كتلته (m) لمدة (t) وغيّرت سرعتها من (C₁) الى (C₂) فان تغير الزخم يساوي:

$$\Delta \text{Momentum} = m(C_2 - C_1) \dots\dots\dots(1.12)$$

ومعدل تغير الزخم يساوي:

$$\Delta \text{Momentum} = \frac{m(C_2 - C_1)}{t} \dots\dots\dots(1.13)$$

وحساب قانون نويتن الثاني فإن:

$$F \propto \frac{m(C_2 - C_1)}{t} \dots\dots\dots(1.14)$$

$$\therefore \text{Acceleration (a)} = \frac{C_2 - C_1}{t}$$

$$\therefore F \propto ma \dots\dots\dots(1.15)$$

يمكن تعريف وحدة الـ (F) بأنها القوة المطلوبة لاعطاء وحدة الكتلة وحدة التعجيل. تدعى الوحدة الدولية (SI) للقوة نيوتن (N). وتعرف بأنها القوة المطلوبة لاعطاء كتلة مقدارها (1kg) تعجيلاً مقداره (1m/s²) لذلك:

$$1N = 1kg \times 1m/s^2$$

فإذا كانت (F) هي القوة، بالنيوتن، المطلوبة لاعطاء جسم كتلته (m)، بالكيلوغرام، تعجيلاً (a) بالـ (m/s²) فإن:

$$F = m \times a \quad \left(kg \times \frac{m}{s^2} = N \right) \dots\dots\dots(1.16)$$

أمثلة محلولة

(1.1)

أوجد مساحة سطح اعلى المكبس الي قطره (0.67mm)

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times (6.7)^2}{4} = 35.2 \text{ cm}^2$$

(1.2)

مكبس قطره (67mm) وطول شوطه (90mm) اوجد الحجم الذي يزيحه اثناء الشوط.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times (6.7)^2}{4} = 35.2 \text{ cm}^2$$

$$V = A \times L = 35.2 \times 9 = 316.8 \text{ cm}^3$$

(1.3)

أوجد متوسط سرعة المكبس (Sp)، اذا كان طول الشوط (200mm) ويؤدي (30) شوطا في الثانية.

$$Sp = \frac{L}{t} = \frac{0.2 \times 30}{1} = 6 \text{ m/s}$$

(1.4)

أثرت قوة ما على جسم في حالة سكون فأصبحت سرعته (3000m/min) بعد (5) ثواني من بدء الحركة. أحسب متوسط التعجيل.

$$a = \frac{C}{t} = \frac{3000/60}{5} = 10 \text{ m/s}^2$$

(1.5)

أحسب القوة بالنيوتن اللازمة لإنتاج تعجيل (0.2 m/s²) لكتلة (0.04kg).

$$F = m \times a = 0.04 \times 0.2 = 0.008 \text{ N}$$

(1.6)

أحسب كتلة جسم وزنه (180N) عندما يكون التعجيل الارضي (9.81 m/s²)

$$m = \frac{W}{g} = \frac{180}{9.81} = 18.35 \text{ kg}$$

(1.7)

وجد عملياً ان مقدار الجاذبية على سطح القمر يساوي ($\frac{1}{6}$) قيمته على سطح. ما هـ و وزن شخص كتلته (60kg) على سطح القمر.

$$W = m \times g_{\text{moon}} = 60 \times \frac{9.81}{6} = 98 \text{ N}$$

(18)

(1.8)

سيارة كتلتها (2t) تسير بسرعة (72km/h). أحسب زخم السيارة.

$$\text{Mometum} = m \times C = 2 \times 10^3 \times \frac{72 \times 10^3}{3600} = 40000 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(1.9)

عربة كتلتها (2) طن. تتعجل بانتظام من (27km/h) الى (72km/h) في (20s). احسب القوة المطلوبة (قوة الجذب). والشغل الكلي المنجز. ومعدل القدرة المتولدة في انتاج هذا التعجيل.

$$F = m \times a = m \times \frac{C_2 - C_1}{t} = 2000 \times \frac{\frac{72 \times 10^3}{3600} - \frac{27 \times 10^3}{3600}}{20} = 2000 \times \frac{20 - 7.5}{20} = 1.250 \text{ kN}$$

$$\text{المسافة المقطوعة (L)} = \left(\frac{C_1 + C_2}{2} \right) \times t = \left(\frac{7.5 + 20}{2} \right) \times 20 = 275 \text{ m}$$

$$W = F \times L = 1.25 \times 275 = 343.75 \text{ kJ}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{343.75}{20} = 17.187 \text{ kW}$$

(1.10)

عربة كتلتها (1500kg) تسير بسرعة (90km/h). اريد اختبار المكابح. وقد سلطت الكوابح لانتاج أقصى كبح. معامل الاحتكاك بين الاطارات والطريق هو (0.8). أحسب :

(1) قوة الكبح المسلطة (2) التباطؤ المنتج (3) كفاءة الكبح (4) الزمن المستغرق للتوقف.

$$(1) F = \mu W = \mu \times m \times g \\ = 0.8 \times 1500 \times 9.81 = 11.772 \text{ kN}$$

$$(2) a = \frac{F}{m} \quad (\text{لأن } F = ma) \\ = \frac{11772}{1500} = 7.848 \text{ m/s}^2$$

$$(3) \eta = \frac{a}{g} \times 100 = \frac{7.848}{9.81} \times 100 = 80\%$$

$$(4) C_1 = \frac{90 \times 1000}{3600} = 25 \text{ m/s}$$

لأن السيارة توقفت $C_2 = 0$

$$a = -7.484 \text{ m/s}^2 \quad \text{التعجيل}$$

$$F = m \cdot a = \frac{m(C_2 - C_1)}{t}$$

$$\therefore t = \frac{C_2 - C_1}{a} = \frac{0 - 25}{-7.484} = 3.185 \text{ s}$$

(19)

(1.4) التحليل البصري والتحليل المجهرى Macroscopic & Microscopic Analysis

التحليل البصري (الماكروسكوبي) هو تحليل خواص النظام كالضغط والحجم ودرجة الحرارة والتي هي خواص يمكن قياسها لتعطي وصفاً بصرياً. لناخذ مثلاً محتويات اسطوانة محرك احتراق داخلي كنظام، فانها تتحدد بأربعة مقادير او احداثيات او خواص هي:

1- التركيب: التحليل الكيماوي يبين ان الخليط قبل الاحتراق هو عبارة عن هواء ووقود بنسب معينة. وبعد الاحتراق سيتحول الى غاز العادم. إن الخليط وغاز العادم هي مركبات كيميائية توصف بمكونات النظام.

2- الضغط: ضغط الغاز بعد الاحتراق كبير جداً ثم ينخفض في نهاية شوط العادم. يمكن قياس التغيرات في الضغط بواسطة المانوميترات في المختبر.

3- الحجم: يتغير حجم الغاز تبعاً لتغير موضع المكبس داخل الاسطوانة. يمكن قياس التغير الحجمي بواسطة جهاز يربط مع المكبس.

4- درجة الحرارة: لا يمكن بدونها تكوين فكرة واضحة عن عمل المحرك، يمكن قياسها بسهولة كبقية الخواص المذكورة آنفاً.

يتضح ان هذا التحليل يتميز بـ ::

أ- لا يتضمن فرضيات خاصة بتركيب المادة.

ب- يحتاج الى بضع خواص يمكن تقديرها بالحواس او قياسها مباشرة.

يستعمل التحليل البصري من قبل المهندس لدراسة المكائن الحرارية والثرموديناميك الهندسي. اما التحليل المجهرى فهو تحليل سلوك ذرات وجزيئات المادة كتحليل الانشطار الذري لليورانيوم، لذا يستعمل في بعض دراسات الفيزياء النووية. بحسب مفهوم الثرموديناميك الاحصائي فان النظام يتكون من عدد لا يحصى من الجزيئات وفي حالة تفاعل وتصادم وتجاذب وتنافر. لذا فان هذا التحليل يتميز بـ ::

أ- وضع فرضيات خاصة بتركيب المادة، افتراض وجود الجزيئات.

ب- وصف كميات كثيرة من الجزيئات لا يمكن تقديرها بالحواس او قياسها مباشرة.

(1.5) - الخواص الترموديناميكية Thermodynamic Properties

تتعين حالة النظام من خلال خواصه التي تتميز بما يأتي:-

- 1- يمكن قياس بعضها، أي يجب ان تكون لها قيمة عددية عندما يكون المائع في حالة معينة، كالضغط (P) والحجم (V) ودرجة الحرارة (T). ويمكن حساب البعض الآخر رياضياً⁽¹⁾.
- 2- قيمة الخاصية مستقلة عن الاجراء للوصول الى الحالة، أي تعتمد على الحالة الابتدائية والنهائية. إن تحديد الحالة الجديدة يتطلب معرفة ما لا يقل عن خاصيتين تسمى بالاحداثيات الترموديناميكية، يعبر عنها بقاعدة الخاصيتين (Two Property Rule). لذا يمكن إيجاد قيمة أي احداثي (خاصية) بدلالة الاحداثيين الآخرين، فمثلاً ان العلاقة $[V = \emptyset (P, T)]$ تعني ان قيمة الحجم تعتمد على قيمة المتغيرين المستقلين (T, P) في آن واحد، فإذا تغير الـ (P) وبقيت الـ (T) ثابتة عندئذ سيتغير الحجم. ولكن قيمة (P) لا يشترط ان تعتمد على قيمة (T). فإذا كان $(dP)^{(2)}$ تمثل تغير متناهي الصغر في الضغط، فإن التغير الكلي بين الحالتين (1) و (2) هو:

$$\int_1^2 dP = P_2 - P_1 \quad \dots\dots (1.17)$$

في الانظمة المغلقة هناك الخاصية الترموديناميكية وفي الانظمة المفتوحة هناك الخاصية الترموديناميكية فضلاً عن الخاصية الميكانيكية.

1.5.1 الخواص المستقلة وغير المستقلة Independent & dependent Properties

إذا كانت اسطوانة تحتوي غاز مغلقة بمكبس حر الحركة فوقه، فسيغير الضغط تبعاً لتغير الانتقال، لذلك فالضغط يعد خاصية مستقلة، وإذا أضيفت حرارة الى غاز موجود في خزان فيسترداد درجة حرارته، لذلك تكون درجة الحرارة خاصية مستقلة (Independent) إذا الخواص المستقلة يمكن قياسها كـ (T,P)، اما الخواص التابعة فيمكن حسابها بدلالة الـ (T,P).

(1) هناك خواص ترموديناميكية اخرى سيرد ذكرها لاحقاً كالانثالبيا (H) والطاقة الداخلية (U) والانتروبي (S)، ناتجة عن القانون الاول والثاني. هذه الخواص تابعة، غير مستقلة، غير مركزة، غير شاملة، تحسب رياضياً، لانه لا يمكن مراقبتها مباشرة بالحواس كالضغط والحجم الذوعى ودرجة الحرارة، ومع ذلك فإنها خواص اساسية لهيكل الترموديناميكس.

(2) من الناحية الرياضية فإن (dP) هو مشتق تام (بالنسبة للخاصية) او مشتق صدحيح او كامل (Exact or Perfect Differential).

1.5.2 الخواص المركزة والشاملة Intensive & Extensive Properties

إذا أخذنا نظاماً في حالة توازن وقسمناه على قسمين متساويين في الكتلة، فإن بعض الصفات تبقى ثابتة لكل نصف من هذا النظام كالضغط ودرجة الحرارة والكثافة هذه الخواص تدعى بالضمنية أو المركزة أو المؤكدة (Intensive) وهي لا تعتمد على كتلة النظام.

أما الخواص التي تنتصف كالحجم والطول والمساحة والوزن والطاقة الداخلية، فإنها تدعى بالخواص غير الضمنية أو غير المركزة، أو غير المؤكدة أو الشاملة (Extensive) وهي تعتمد على كتلة النظام.

وإذا قسمت الخواص الشاملة على الكتلة أو على عدد مولات النظام، فتسمى بالقيمة النوعية لتلك الخاصية. وسيرمز للخواص الشاملة بالحروف الكبيرة، وللقيم النوعية المناظرة لها بحروف صغيرة. فإذا رمز للحجم الكلي للنظام بالحرف (V) فإن الحجم النوعي يرمز له بالحرف (v)، ولو كانت كتلة النظام هي (m) فإن:

$$v = \frac{V}{m} \quad \dots\dots (1.18)$$

والحجم النوعي هو مقلوب الكثافة، أي:

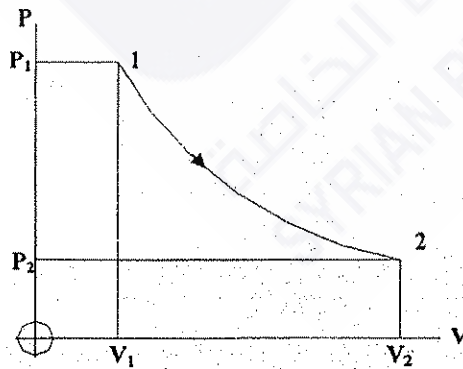
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{V/m} = \frac{1}{v} \quad \dots\dots (1.19)$$

ولما كانت كثافة مادة في حالة معينة لا تعتمد على مقدار الكتلة المأخوذة بالحساب فإن الكثافة مقدار مركز، ولذلك فالحجم النوعي مقدار مركز أيضاً.

وعند قسمة الخاصية الشاملة كالوزن (F) على شاملة أخرى كالمساحة (A)، فسينتج الضغط الذي هو خاصية مركزة. $\left(P = \frac{F}{A}\right)$

(1.6) - مخطط الحالة State Diagram

مخطط الحالة يبين الحالة الشاملة للنظام عند تغير بعض خواصه، فمثلاً مخطط حالة الضغط - الحجم الموضح في شكل رقم (1.5).



شكل (1.5) - مخطط الضغط-الحجم

حيث يمثل الضغط المحور الصادي والحجم المحور السيني. ويمكن رسم القيم المقابلة له اثنتين الخاصيتين على المخطط. أغلب المخططات تتكون من بعدين ومن هنا وبتطبيق قاعد الخاصةيتين وقوانين وجدول الخواص التي سندرسها لاحقاً يمكن حساب قيم الخواص الأخرى.

(1.7) - دالة الحالة ودالة المسار State, Path Function

خواص النظام كـ (T, V, P) تعتمد على الحالة الابتدائية والنهائية، لذلك تسمى بدالة الحالة. ولو كان التغير في هذه الخواص صغيراً جداً، لكنه محسوس، أي يحدث وي على عدد كاف من الجزيئات، لذلك يعد دالة حقيقية. تمثل رياضياً بتفاضل تام أو مضبوط (Exact Differential) أي (dT, dV, dP) ، يعبر عنها على مخطط الحالة بدوال نقطية.

فإذا تغير الحجم (V) تغيراً متناهياً في الصغر فيعبر عنه بتفاضل تام لدالة الحالة (V) ويكتب (dV) . وان تكامل تفاضل تام لدالة الحالة $\left(\int_{V_1}^{V_2} dV\right)$ يعطي الفرق بين قيمتي هذه الخاصية، أي:

$$\int_{V_1}^{V_2} dV = \Delta V = V_2 - V_1 \dots\dots\dots(1.20)$$

أما انتقال الشغل (W) أو الحرارة (Q) ، حتى لو كان كميات متناهية الصغر، فهما ليس من خواص النظام، لذلك يعتمدان على المسار، يمثل رياضياً بتفاضل غير تام، أو غير مضبوط أو ناقص (Inexact Differential)، أي (dW, dQ) ، لأن الشغل أو الحرارة هما نشاط خارجي أو إيجابي يؤدي إلى تغيير طاقة الجسم.

لذا فإن (dQ) أو (dW) تمثل كمية متناهية في الصغر للحرارة والشغل وان التكامل لا يعطي الفرق بين قيمتين ولكن يعطي كمية محدودة، أي:

$$\int_1^2 dQ = Q_{12} \text{ OR } Q \quad , \quad \int_1^2 dW = W_{12} \text{ OR } W \dots\dots\dots(1.21)$$

(1.8) - التوازن الترموديناميكي Thermodynamic Equilibrium

إذا كانت خواص نظام معزل مختلفة كالضغط ودرجة الحرارة والكثافة فإنها ستتغير مع الزمن وخلال هذه الفترة سنلاحظ الآتي:-

أ- عند إختلاف درجة الحرارة فستنقل الحرارة تلقائياً من الموقع الاعلى الى الادنى حتى تتساوى درجة حرارة النظام أي يتزن حرارياً.

ب- عند إختلاف الضغط، تتولد حركة وتيارات تنقل المادة من الجزء الاكثف الى الجزء الاقل كثافة، حتى تصبح الكثافة منتظمة وبالتالي يتزن النظام ميكانيكياً.

إن حالة التوازن تتحقق عندما يكون:

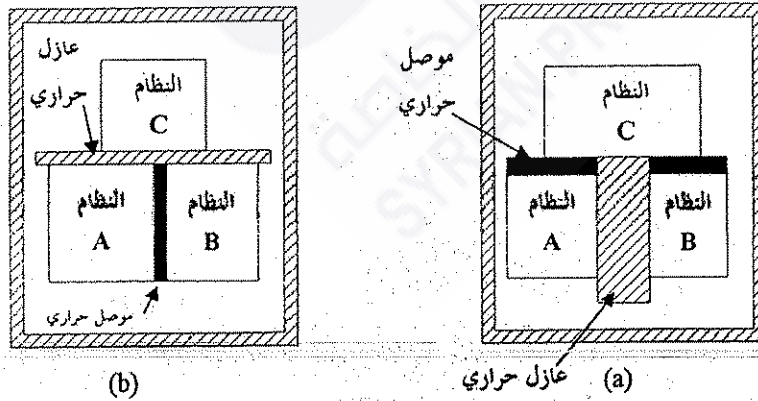
1- عزل النظام عن المحيط بحيث لا تنتقل حرارة او شغل عبر حدوده.

2- تساوي الضغط ودرجة الحرارة في كافة اجزاء النظام.

سوف نفترض في هذا الكتاب بأن النظام في حالة توازن عند بداية ونهاية الاجراء، وبهذا نستطيع تحديد الحالة الابتدائية والنهائية للخاصيتين. ومجمل القول فإن النظام يكون في حالة اتزان ترموديناميكي عندما تكون خواصه ثابتة.

نفترض وجود ثلاثة أنظمة (A) و (B) و (C) محاطة بجدار عازل (اديباتي) كما في الشكل (1.6). إن الشكل (1.6-a) يبين انه اذا كان (A) و (B) في حالة اتزان، فإن (C) سيكون في حالة اتزان مع (A) و (B) لوجود جدار موصل للحرارة. اما الشكل (1.6-b) فيبين انه اذا كان (A) و (B) في حالة اتزان مع (C) لوجود جدار اديباتي، فسيكون (A) و (B) في حالة اتزان مع بعضهما لوجود جدار موصل للحرارة.

هذه الحقيقة اكدها (ر. ه. فولر) وسماها بالقانون ال صفرى (The Zeroth Law) لاديناميكا الحرارية الذي ينص على انه: "إذا كان نظامان في حالة اتزان مع نظام ثالث، فسيكون النظامان في حالة اتزان مع بعضهما".



شكل (1.6) - القانون الصفرى

(1.9) - العملية والاجراء Process

يتحول النظام من حالة توازن الى حالة توازن اخرى عندما تتغير خواصه في اجراء معين. فلو
ازداد الضغط المسلط على غاز، فسيغير الحجم والكثافة ودرجة الحرارة الخ.
من الممكن ان تتغير خواص النظام مع بقاء خاصية او اكثر ثابتة. فمثلاً عند ثبوت درجة
الحرارة فيسمى الاجراء الايزوثيرمي، كالاسطوانة التي تسمح جودها بانتقال الحرارة، وعند ثبوت
كمية الحرارة فيسمى الاجراء اديباتي، مثل انفجار مفاجئ لعجلة الدراجة الهوائية او اثناء شوط القدرة
في اسطوانة محرك احتراق داخلي.

وعند عودة النظام الى حالته الاصلية، أي ان جميع خواصه في بداية ونهاية الاجراءات
متساوية، فانه يكون قد مر بدورة التي هي مجموعة اجراءات، كدورة كارنو التي سيرد ذكرها فيما
بعد، دورة محركات الاحتراق الداخلي او المحركات البخارية.

تتغير حالة النظام في العمليات الترموديناميكية التي يمكن تصنيفها كما يأتي:-

1- الاجراءات اللاجريانية (Non Flow) او الساكنة التي تكون في الانظمة المغلقة والتي لا تتغير
فيها الكتلة او الطاقة الحركية والكامنة.

2- الاجراءات الجريانية (Flow) او التدفقية التي تكون في الانظمة المفتوحة والتي تتغير فيها الطاقة
الحركية والكامنة وتقسّم الى:

أ- التدفق المستقر (Steady Flow)، لا تتغير فيه معدل جريان الكتلة.

ب- التدفق غير المستقر (Non Steady Flow)، تتغير فيه معدل جريان الكتلة. عمومًا يوضح
المخطط التالي تصنيف العمليات:

