

الفصل الاول

الحرارة وخواص المادة

المقدمة

لدراسة اية ظاهرة في فرع من فروع الفيزياء نبدأ بعزل منطقة محددة او جزء صغير من تلك المادة عن الاوساط المحيطة بها، والجزء الذي يعزل ويتم التركيز عليه يدعى بالنظام (SYSTEM) اما الاشياء التي تكون خارج النظام والتي لها تاثير مباشر على سلوكه فتعرف بالاوساط المحيطة (SURROUNDING) وعند اختيار نظام معين فان الخطوة التالية هي وصفه بواسطة كميات تمكنا من وصف سلوك هذا النظام او تفاعله مع الاوساط المحيطة به او السلوك و التفاعل معاً.

وعلى العموم ولوصف النظام توجد وجهتا نظر هما:

١- وجهة النظر العيانية (MACROSCOPIC POINT OF VIEW):-

من الكميات العيانية التي يمكن قياسها او الاحداثيات العيانية منها الحجم والضغط ودرجة الحرارة وهي كلها ظاهرية يمكن تحسسها ووصفها ظاهرياً وتتصف الكميات العيانية بما يلي:-

أ- لاتشمل على أي افتراضات خاصة بتركيب المادة .

ب- غالباً ما تكون مقدرة باشياء محسوسة .

ج- يمكن قياسه بسهولة .

٢- وجهة النظر المجهرية (MICROSCOPIC POINT OF VIEW)

وتوصف من وجهة نظر الميكانيك الاحصائي . يتكون أي نظام من عدد هائل من الجزيئات (N) كل منها قادر على ان يتواجد في مجموعة من الحالات التي طاقتها $E_1, E_2, E_3, \dots, E_i$ وتتفاعل هذه الجزيئات مع بعضها عن طريق التصادمات او بواسطة قوى تاثيرها لمدى محدد فقط ويمكن ان نتصور هذا النظام من الجزيئات معزولاً . وقد طبقت نظرية الاحتمالات مع افتراض ان حالة الاتزان هي الحالة التي يكون لها اكبر احتمال . ويشمل النظام المجهري على الخصائص التالية:-

أ- تشمل بنظر الاعتبار تركيب الممتدة مثل وجود الجزيئات

ب- وجود كميات عديدة مميزة

الحرارة (HEAT):- هي احدى اشكال الطاقة والتي ترافق حركة الذرات او الجزيئات او أي جسم يدخل في تركيب المادة . وبالإمكان الحصول على الحرارة عن طريق التفاعلات الكيميائية كالاحتراق والتفاعلات النووية وغيرها . ويمكن ان تنتقل بين الجسام عن طريق الأشعاع والحمل والتوصيل، ولا يمكن للحرارة ان تنتقل بين جسمين الا اذا كانت درجة حرارتهما مختلفة .

درجة الحرارة (TEMPERATURE):- هي كمية فيزيائية عيانية تعتبر مقياس لدرجة سخونة الجسم . وتقاس وفق موازين الحرارة التي يمكن معايرتها لأظهار تدرجات مختلفة لدرجة الحرارة . والسلمان المقبولان دوليا هما سلم درجة الحرارة المطلقة ودرجة الحرارة السيليزية.

وتسمى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء المقطر درجة مئوية واحدة (بالسعة)

أسس قياس درجة الحرارة:-

لقد استخدمت العديد من العلاقات ما بين درجة الحرارة والخواص الفيزيائية في بناء مناسب لدرجة الحرارة وهذا البناء او الجهاز تم تعريفه باسم المحرار ويعرف الحرار .

وان بناء أي مقياس لدرجة الحرارة يعتمد على عدة عوامل تعتمد على الاختيارات التالية:

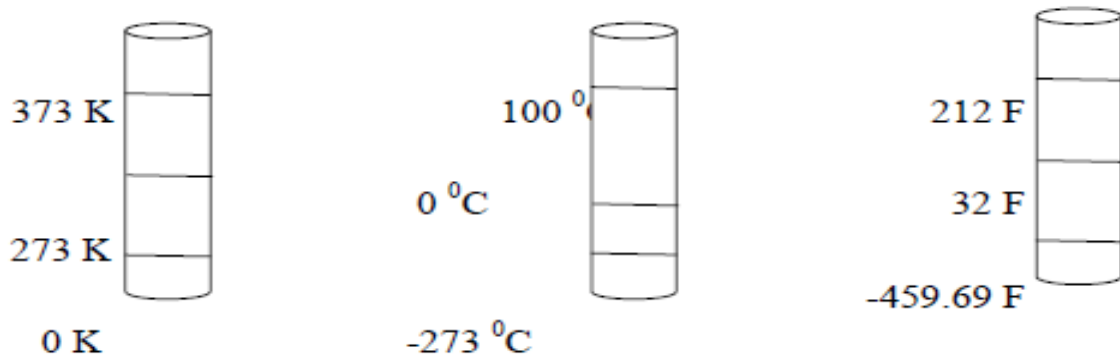
- ١ . اختيار المادة الحرارية المناسبة
- ٢ . اختيار الصفة المحرارية المناسبة لتلك المادة
- ٣ . افتراض ان الصفة المحرارية المختارة تتغير مع درجة الحرارة
- ٤ . اختيار المقدار المناسب لدرجة الحرارة التي يراد قياسها باستمرار

مقاييس درجة الحرارة:

١ . المقياس المئوي (السيليزي) $^{\circ}\text{C}$

٢ . المقياس الكلفيني K

٣ . المقياس الفهرنهايتي F



التشكل (1) يوضح مخطط مبسط للمقاييس الثلاثة

ملاحظة:- هذه المقادير مقاسة تحت الضغط الاعتيادي

تحويل الدرجات من مقياس الى آخر :-

1. التحويل من المقياس السيليزي الى المقياس الفهرنهايتي او بالعكس كما في المعادلة

$$F = \frac{9}{5} \times C + 32 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$C = \frac{5}{9} \times (F - 32) \quad \dots\dots\dots(2)$$

2. التحويل من المقياس السيليزي الى المقياس المطلق وبالعكس

$$K = 273 + C \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$C = K - 273 \quad \dots\dots\dots(4)$$

3. التحويل من المقياس المطلق الى المقياس الفهرنهايتي وبالعكس

$$F = \frac{9}{5} (K - 273) + 32 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$K = 273 + \frac{5}{9} (F - 32) \quad \dots\dots\dots(6)$$

مثال

جد قيمة درجة الحرارة التي تتساوى عندها الدرجة السيليزية مع الدرجة الفهرنهايتية ؟

الحل / كما في المعادلات

$$C = \frac{5}{9} \times (F - 32)$$

$$9C = 5F - 160 ; \text{If } C = F; 9f = 5f - 160; 4F = -160 ; C = F = - 40$$

الحرارة وخواص المادة

النقطة الثلاثية للماء:

هي النقطة الثابتة القياسية للمحرار وللحصول عليها يقطر الماء النقي تماما وعندما يطرده جميع الهواء يختم الوعاء ويوضع خليط تجميد في الفجوة الداخلية للوعاء فيكون طبقة من الجليد حول الفجوة . وعند تبديل خليط التجميد ببيصلة المحرار تنوب طبقة رقيقة من الجليد حولها . وبمرور الوقت تتواجد الحالات الثلاث: صلب سائل بخار في حالة توازن وعندها يكون النظام في الدرجة الثلاثية .

انواع المحارير :

اسم المحرار	نوع الخاصية التي يعتمد عليها المحرار
المحرار الزئبقي	طول عمود الزئبق
المحرار المزدوج الحراري	ق.د.ك
المحرار المقاومة الكهربائية	المقاومة الكهربائية
المحرار الغازي ذو الحجم الثابت	ضغط الغاز
المحرار الغازي ذو الضغط الثابت	حجم الغاز

المحارير الغازية:

تمتاز الغازات عن السوائل بشدة حساسيتها للحرارة فهي تتمدد ضعف السوائل. كما ان لتمدد الوعاء الذي يحتوي الغاز له تأثير بسيط يكاد يهمل وتمتاز الغازات بان تغير كل من ضغطها وحجمها منتظمين . كما وان الغازات تمتاز ببقائها على شكلها الغازي ضمن مدى واسع من درجات الحرارة ولذلك تستخدم المحارير الغازية في معايرة المحارير الاخرى

يوجد نوعان من المحارير الغازية

١. المحرار الغازي ذو الحجم الثابت

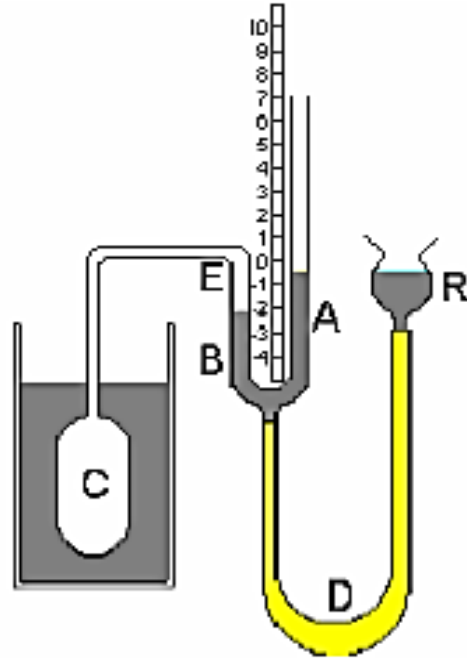
٢. المحرار الغازي ذو الضغط الثابت

تركيب المحرار الغازي ذو الحجم الثابت

١- يتكون المحرار من بصيلة يوضع فيها الغاز وعادة تكون مصنوعة من البلاتين

٢- انبوية شعيرية: تتصل هذه البصيلة بعمود الزئبق عن طريق انبوية شعيرية

٣- مانوميتر (مقياس زئبقي) والشكل (٢) يوضح تركيب الجهاز



المشكل (٢) المحرار الغازي ذو الحجم الثابت

في هذا المحرار يحفظ حجم الغاز ثابتا وذلك بالتحكم في ارتفاع عمود الزئبق الذي يلامس طرف مؤشر صغير في الفراغ اعلى (A) وذلك برفع خزان الزئبق . ويقاس الفرق بين ارتفاعي عمود الزئبق (A) و (B) عندما تحاط البصيلة بالنظام المراد قياس درجة الحرارة وكذلك عندما تحاط البصيلة بالماء عند النقطة الثلاثية .

ولأيجاد درجة حرارة نظام معين تخمر لبصيلة في جليد مجروش ثم يعين الفرق بين ارتفاعي عمود الزئبق وليكن (h_{100}) . ثم يخمر بعد ذلك بالوسط المراد قياس درجة حرارته وتعين الفرق بين ارتفاعي عمود الزئبق وليكن (h) . تم تستخدم العلاقة

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{h - h_0}{h_{100} - h_0}$$

ومنها يمكن الحصول على درجة حرارة الوسط المراد قياسه

او بصيغة اخرى

$$t = \frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100$$

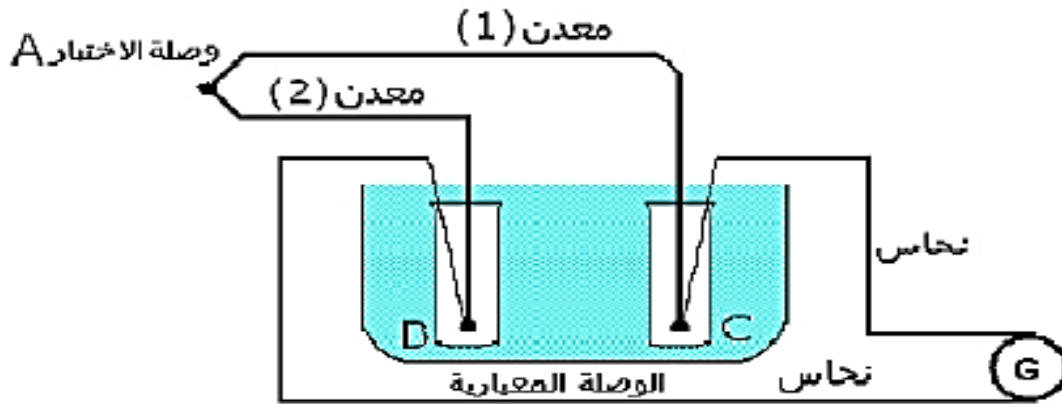
حيث ان P_0 الضغط الجوي و P_t الضغط عند الدرجة المراد قياسها و P_{100} الضغط عند الجليد المجروش

عدم دقة قراءة المحرار الغازي ذو الحجم الثابت؟

ج/ بسبب التمدد والتقلص الذي يحدث في البصلة ، اضافة الى الاختلاف الحاصل بين درجتى حرارة الغاز المحصور في البصلة و الغاز المحصور في الاتيوية الزجاجية الموصلة الى المانومتر

محرار المزدوج الحراري:

اكتشف هذا المحرار من قبل العالم (سيبك) ١٨٢١ اساس هذا المحرار هو عندما يتصل فلزان مختلفان على شكل دائرة فان ق.د.ك تتولد عندما ترتفع درجة حرارة احدى نقطتي الاتصال بينما تحفظ الاخرى باردة ، وعادة تكون النقطة الباردة في نقطة الجليد.



الشكل (٣) يوضح محرار المزدوج الحراري

ولقد وجد العلماء ان (ق.د.ك) المتولدة في هذه الدائرة تعتمد على

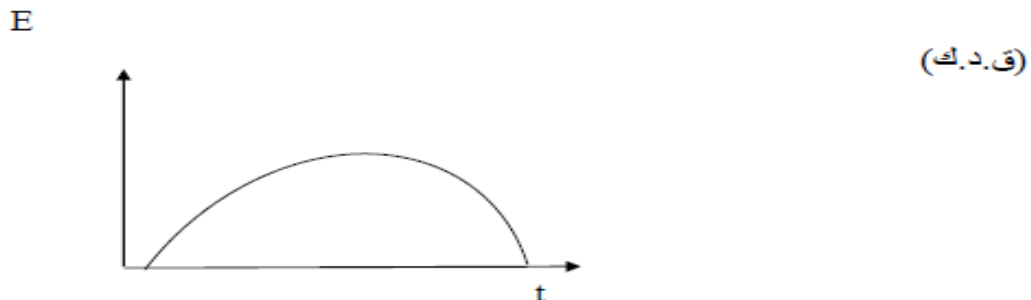
١- طبيعة المعادن المستخدمة في تكوين المزدوج

٢- الفرق في درجات الحرارة بين نقطتي الاتصال

ان (ق.د.ك) الناشئة في دائرة المزدوج الحراري تعتمد على درجة الحرارة كما في العلاقة الآتية:-

$$E = A+B+Ct^2+Dt$$

حيث ان A,B,C,D ثوابت تعتمد على طبيعة المادة المعادن المستخدمة ويمكن تمثيل هذه العلاقة بيانيا لأي مزدوج حراري كما مبين في الشكل



مميزات محرار المزدوج الحراري :

١. يقيس مديات واسعة من درجات الحرارة عندما نختر المعادن المناسبة في صناعته.
٢. سرعة وصوله الى حالة التوازن الحراري مع الجسم او الوسط المراد قياس درجة حرارته لصغر كتلته وسعته الحرارية.
٣. سهل البناء ورخيص التكاليف.
٤. مناسب للاستعمال للاغراض الصناعية العامة.

عيوب محرار المزدوج الحراري :

١. ليس مضبوطا على مدى واسع من درجات الحرارة .
٢. يستخدم مزدوجات حرارية مختلفة لمديات مختلفة من درجات الحرارة .
٣. يجب معايرة كل جهاز على انفراد لمختلف المزدوجات الحرارية.

تأثير تغيير درجة الحرارة على حالات المادة:

الطاقة الداخلية: هي جميع انواع الطاقات التي يمكن ان تمتلكها الذرات او الجزيئات المكونة للمادة. كالطاقة الحركية ، الاهتزازية، النووية، الكيميائية

الطاقة الحرارية : اذا انتقلت الطاقة من جسم درجة حرارته عالية (الطاقة الاهتزازية للذرات عالية) جسم درجة حرارته منخفضة (الطاقة الاهتزازية للذرات اقل) ونتيجة فرق درجة الحرارة بينهما تسمى هذه الطاقة بالطاقة الحرارية.

انواع التمدد الحراري:

1. تمدد الاجسام الصلبة :

أ- التمدد الطولي:- التغيير الحاصل في ابعاد الجسم نتيجة التغيير في درجة الحرارة.

اما بالنسبة لمعامل التمدد الطولي فيعرف : مقدار الزيادة الحاصلة في طول المادة لوحة الطول نتيجة تغير درجة الحرارة بمقدار درجة حرارية واحدة . ويعتمد على نوعية المادة المستخدمة وان قيمها ليست ثابتة تماما ولكنها تتغير بصورة بطيئة مع تغير درجة الحرارة.

$$\Delta L = \alpha_0 L_0 \Delta T \quad (1)$$

$$\Delta L = L_1 - L_0 \quad (2)$$

$$\Delta T = T_1 - T_0 \quad (3)$$

نعوض (2),(3) في (1) نجد ان

$$L_1 - L_0 = \alpha_0 L_0 (T_1 - T_0) \quad (4)$$

$$L_1 = L_0 (1 + \alpha_0 \Delta T) \quad (5)$$

$$\text{Or } \alpha_0 = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad (C^{-1}), (F^{-1}), (K^{-1}) \quad (6)$$

ب- التمدد السطحي: هو التغيير في مساحة سطح المادة نتيجة التغيير في درجة الحرارة

اما بالنسبة لمعامل التمدد السطحي: هو مقدار الزيادة في مساحة المادة لوحة المساحة نتيجة تغير درجة الحرارة بمقدار درجة حرارية واحدة .

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T$$

(7)

OR :

$$A_1 = A_0 (1 + \beta \Delta T)$$

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T} \quad (C^{-1}), (F^{-1}), (K^{-1})$$

يكون مقدار التغيير في وحدة الطول الناتج عن تأثير تغيير درجة الحرارة للمادة متساويا في جميع الاتجاهات بشرط ان تكون المادة الصلبة متجانسة الخواص .

ج- التمدد الحجمي: هو التغيير في حجم المادة اذا تغيرت درجة الحرارة بنفس طريقتي التمدد الطولي والسطحي

اما بالنسبة لمعامل التمدد الحجمي: هو مقدار الزيادة في حجم المادة الصلبة نتيجة تغير درجة الحرارة بمقدار درجة حرارية واحدة .

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} \quad (C^{-1}), (F^{-1}), (K^{-1})$$

ثانيا : تمدد السوائل

الموائع بصورة عامة لا تملك شكلا محددًا ولذلك فإن التمدد الحراري الميم هو التمدد الحجمي ، حيث يتغير حجم السائل عندما تتغير درجة حرارته بحيث يزداد حجم السائل بصورة عامة اذا ارتفعت درجة حرارته ، ويشذ عن هذه الحالة بعض السوائل مثل الماء الذي يقل حجمه اذا ارتفعت حرارته (0-4) سيليزي

معامل التمدد الحجمي

$$\psi = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$$

ثالثا : تمدد الغازات

يتغير حجم الغازات تغيرا كبيرا اذا تغيرت درجة حرارته عند ثبوت الضغط المسلط عليه ، وان قيمة معامل التمدد الحجمي للغازات يكاد يكون ثابتا

$$\Phi = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$$

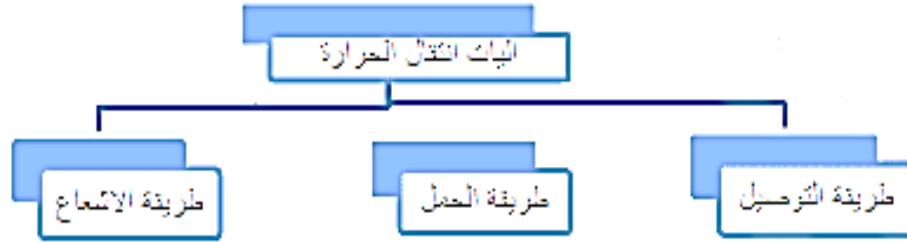


ان الإشارة الى حجم الغاز عند درجة الحرارة (0 °C) ضروري جدا لأن معامل التمدد الحجمي كبير جدا . اذا كانت V_1, V_2 تمثل حجم الغاز عند T_1, T_2 فانه لايسح تطبيق المعادلة ($V_2 = V_1(1 + \Phi \Delta T)$) بل يجب الى ان يشار القيم V_1, V_2 نسبة الى V_0 عند (0 °C) أي نسبة الى الظروف القياسية

$$V_2 = V_0(1 + \Phi T_2)$$

$$V_1 = V_0(1 + \Phi T_1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \Phi T_2}{1 + \Phi T_1}$$



طريقة التوصيل

ان انتقال الحرارة بين الاجسام يعني انتقال الطاقة الحرارية من الجزء الساخن الي الجزء البارد. فاذا عرفنا ان الحركة الاهتزازية لجسيمات المادة تمثل معظم الطاقة الحرارية في المادة ، فان جسيمات الجزء الساخن تكون ذات سعة اهتزازية اكبر من جسيمات الجسم البارد ونتيجة لتصادم الجسيمات مع الجسيمات المجاورة لها تنتقل اليها جزءا من الطاقة الحرارية وعندها يتوقف انتقال الحرارة.

كيف يتم انتقال الحرارة في الأجسام الصلبة ؟

يتم بواسطة التصادمات الجزيئية وتسمى هذه الطريقة لانتقال الحرارة في الاجسام الصلبة بالتوصيل ، وتكون المعادن جيدة التوصيل الحراري وبصورة عامة تكون الموصلات الكهربائية الجيدة موصلات حرارية جيدة لأن اليكترونات التكافؤ تتحرك بحرية تامة تقريبا خلال المعادن حاملة معها الحرارة الي اجزاء المعدن المختلفة.

يعرف الحمل على انه طريقة انتقال الحرارة من مكان الى اخر خلال السوائل والغازات وذلك بحركة جزيئات مادة الوسط نفسها من مكان الى آخر على عكس حركة جزيئات المادة الصلبة خلال عملية التوصيل الحراري والتي لا تتضمن حركة الجزيئات من مكان الى آخر اذ تنتقل الحرارة من جزيء الى آخر بالاتصاف. ومن امثلة انتقال الحرارة بالحمل هو تدفئة الغرفة في الشتاء بواسطة المدفئة. اذ تمتص جزيئات الهواء او السائل كمية من الحرارة من الجزء الساخن فيتمدد الهواء أي تقل كثافته فينتقل الى الجية الأخرى (الى الاعلى) لتمتزج هذه الجزيئات مع جزيئات الهواء الأقل طاقة حرارية فتكتسبها كمية من الحرارة التي انتصتها. ان انتقال المادة (غاز او سائل) من المنطقة ذات الدرجة الحرارية العالية الى المنطقة ذات الدرجة الحرارية الواحدة يولد تيارا يسمى **تيار الحمل الحراري** يعرف بانه كمية الحرارة المكتسبة او المفقودة من قبل السطح الملاصق للغاز او السائل خلال وحدة الزمن.

اعتمادا على الطريقة التي يتولد بها تيار الحمل فانه يكون بصورة عامة على نوعين هما

1. **تيار الحمل الطبيعي:** اذا كان ناتجا عن تغير كثافة الوسط.
2. **تيار الحمل الاضطرابي:** اذا كان ناتجا عن تأثير اصطناعي كاستخدام المروحة او المضخة وتعد طريقة الحمل من الطرق الفعالة لانتقال الحرارة وتشكيل تيارات الحمل الجوانبية في المناطق الساحلية والجبلية وعند خط الاستواء والقطبين وفي المناطق المدارية

تنتقل الحرارة دائما من الجزء الساخن الى الجزء البارد ويعرف **التيار الحراري** كمية الحرارة (dQ) المنتقلة لمقطع في المادة خلال فترة زمنية (dt)

$$H = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{cal/sec}) \text{ or } (\text{J/sec}) \quad \text{التيار الحراري المنتقل بالحمل}$$

$$H = \frac{dQ}{dt} \quad (\text{cal/sec}) \text{ or } (\text{J/sec})$$

وجد عمليا ان التيار الحراري (H) يتناسب طرديا مع مساحة المقطع العرضي والميل الحراري (dT/dx)

$$H \propto A \frac{dT}{dx}$$

$$H = AK_L A \frac{dT}{dx}$$

$$dQ/dt = K_L A dT/dx$$

$$dQ \cdot dx = K_L A \cdot dt \cdot dT$$

$$\int_0^Q dQ \int_0^L dx = A K \int_0^t dt \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$QL = A \cdot K_L (T_2 - T_1)t$$

$$Q = \frac{K A (T_2 - T_1)t}{L} \quad \text{Cal}$$

حيث ان K_L هو معامل التوصيل الحراري وحداته ($\text{J/sec} \cdot \text{m} \cdot \text{K}$) او ($\text{W/m} \cdot \text{K}$)

سلك معدني طوله (1.5 م) ومساحته (2 سم²) وضع الطرف الاول في وسط درجة حرارته (100 م⁰) والطرف الآخر في وسط درجة حرارته (صفر م⁰) جد كمية الحرارة المنتقلة خلال السلك 2- التيار الحراري 3- الميل الحراري بزمان مقداره (10 دقائق) علما ان

$$(K_L=0.2 \text{ cal/m secK})$$

الحل/

$$1. Q = \frac{K A(T_2-T_1)t}{L}$$

$$Q = \frac{0.2 \times (100-0) \times 20 \times 10 \times 60}{150}$$

$$= 160 \text{ cal}$$

$$2. \frac{dT}{dx} = \frac{(100-0)}{150} = 0.667 \text{ } ^\circ\text{C/cm}$$

$$3. H = AK_L A \frac{dT}{dx} = \frac{0.2 \times 100 \times 2}{150} = 0.27 \text{ Cal/sec}$$

طريقة الاشعاع

الاشعاع هو الأتبعات المتواصل للطاقة من الاجسام المختلفة الي الاجسام الأخرى الأقل درجة حرارة ماهو الا طاقة تنبعث من الأجسام الساخنة وتنتقل بسرعة الضوء خلال الفضاء فينعكس جزء من الطاقة ويمتص الجزء الآخر من قبل الاجسام التي تسقط عليها . ان امتصاص الأشعة الكهرومغناطيسية يؤدي الي تحويلها الي طاقة حرارية وترتفع حرارة الجسم.

لو فرضنا ان جزء الطاقة التي من قبل الجسم تساوي (a) والجزء الذي ينعكس يساوي (r) فلن:

$$a+r=1 \text{ وفي حالة التوازن}$$

الحراري التي تبقى درجة حرارة الجسم عندها ثابتة، فلن الجسم يتبع كمية من الطاقة الحرارية مساويا الي الكمية التي يمتصها أي ان القابلية الإشعاعية (e) في حالة التوازن الحراري يكون :

$$e = a$$

وتعتمد كل من القابلية الإشعاعية والقابلية الامتصاصية على طبيعة الجسم وعلى الطول الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة. ويطلق على الجسم الذي يمتص جميع الأشعاع الساقط عليه بالجسم الأسود، ومن المؤكد ان الجسم الأسود متبع جيد للحرارة متلما هو موصل جيد للحرارة واتعاعية الجسم الأسود تكون اكبر من انعكاسية الاجسام العادية ، وبصورة عامة تكون الجسام ذات الامتصاصية الحرارية الجيدة متبعات حرارية جيدة. ان كمية الاشعاع الحراري (R) التي تنبعث من وحدة المساحة من سطح اسود في الثانية الواحدة تعطى بالعلاقة التالية قانون ستيفان – بولتزمان

$$R = T^4 \sigma$$

تمثل T درجة الحرارة الجسم المتبع بالدرجات الكلفينية و σ كمية ثابتة تساوي $5.5 * 10^{-8} \text{ J/m}^2 \cdot \text{s.k}^4$

ويمكن اعادة قانون ستيفان – بولتزمان للجسم غير الأسود بالصيغة التالية: $R=eaT^4$

اما كمية الحرارة المنبعثة (ΔQ) من الجسم الساخن الي الاجسام الأخرى الأقل درجة حرارة فانه يمكن كتابتها بالصيغة التالية

$$\Delta Q = \sigma A(T_1^4 - T_0^4)t$$

لا تمثل t الزمن بالتانية. وتعرف هذه المعادلة بقانون ستيفان ومن شرط استخدام هذا القانون هو ان تكون كل من T_1, T_0 مقاسة بالدرجات الكلفينية والفرق بينهما ليس قليلا.

$$Q = (KA \Delta T)t/L$$

كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل

$$H = KA \Delta T$$

كمية الحرارة المنتقلة بالحمل

$$Q = \sigma A \Delta Tt$$

كمية الحرارة المنتقلة بالاشعاع

الحرارة وخواص المادة

الفصل الثاني

الحرارة وتأثيرها

ان رفع درجة حرارة الجسم تعني تزويدها بالطاقة الحرارية وخفض درجة حرارة الجسم تعني سحب مقدار من الطاقة الحرارية. ولكي تتمكن تحديد الحرارة التي يفقدها الجسم او يكتسبها يجب معرفة الأمور التالية:-

١- كتلة المادة.

٢- مقدار التغير في درجة الحرارة.

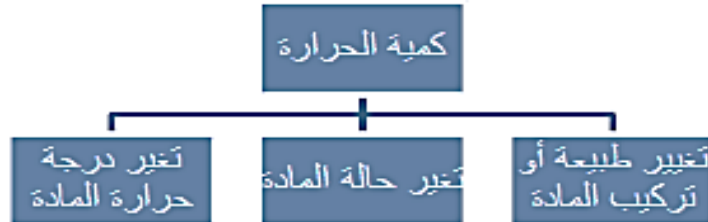
٣- الحرارة النوعية.

ملاحظة:- تمتص المادة كمية من الطاقة في العمليات (الغليان، الأنصهار، التسامي) من دون زيادة أو ارتفاع في درجة الحرارة كذلك في عملية (التكاثف، الأجماد) وتحرر طاقة مع بقاء درجة الحرارة للمادة ثابتة؟

الاستنتاج:- يمكن الاستنتاج من هذه العمليات

١- عند رفع درجة حرارة الجسم تزداد الطاقة الحركية أو الاهتزازية لذرات او جزيئات المادة ويؤدي الى رفع درجة حرارتها وكذلك عند انخفاض درجة حرارة الجسم تنخفض الطاقة الحركية أو الاهتزازية للذرات.

٢- اسباب ثبوت درجة حرارة الجسم في حالة اعطاء الحرارة الكاملة. فخلال عملية (الغليان، الأنصهار، التسامي، التكاثف، الأجماد) جميعها لا تؤدي الى زيادة أو نقصان في درجة حرارة المادة بل تبقى درجة الحرارة ثابتة طيلة هذه العمليات



كمية الحرارة:-

يمكن تحديد كمية الحرارة (Q) التي يكتسبها او يفقدها الجسم خلال عمليات التسخين والتبريد أو عملية التحويل في حالة المادة أو عملية التبادل الحراري باستخدام قانون حفظ الطاقة: هنالك عدة حالات تعتمد عليها حسابات كمية الحرارة :

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

١- تغير درجة حرارة المادة وثبوت تغير حالتها:-

عند تسخين مادة او تبريدها علما ان كتلتها (m) تزداد او تقل درجة حرارتها بمقدار (ΔT) لذلك نكتسب او تفقد كمية من الحرارة بفرض عدم حدوث تغير في الطور

$$Q = m c \Delta T$$

حيث ان كتلة الجسم = m
الحرارة النوعية للمادة = c
التغير في درجة الحرارة = ΔT
٢- تغيير حالة المادة:-

كمية الحرارة (Q) التي يجب تزويدها للمادة خلال عملية تحويل المادة (الغليان، الانصهار، التسامي) أو التي يجب سحبها من المادة (التكاثف، الأجماد) من دون ان تتسبب في زيادة أو نقصان في درجة الحرارة تعطى بالعلاقة التالية

$$Q = ml$$

حيث أن الحرارة الكامنة للغليان، الانصهار، التسامي، التكاثف، الأجماد

المكافئ الميكانيكي للحرارة

تعتبر الحرارة شكل من أشكال الطاقة يمكن تحويلها إلى كافة ميكانيكية أو بالعكس من تطبيقات تحويل الحرارة إلى شغل (الماكينة البخارية) أما تحويل الشغل إلى حرارة فأنها تتضمن أي عملية فيها احتكاك.

المكافئ الميكانيكي: هو عامل تحويل ما بين الطاقة الحرارية والميكانيكية وحداته جول / سرعة
J/cal

$$W = J Q$$

$$1 \text{ cal} = 4.816 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ k cal} = 4816 \text{ Joule}$$

الحرارة النوعية للمواد (C) :

هي كمية الحرارة التي يجب ان تتساب الي او من وحدة الكتلة من المادة لتغير درجة حرارتها بمقدار درجة حرارة واحدة.

$$C = \frac{\Delta Q}{m \Delta T} \quad \left(\frac{J}{Kg.K} \right) \text{ وحداتها}$$

ملاحظة:- ان رفع او خفض الطاقة الداخلية لجزيئات المادة يعني رفع او خفض درجة الحرارة. وبالتالي السماح للطاقة الحرارية بالانتساب الي او من المادة.
السعة الحرارية:

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مادة ما درجة حرارية واحدة وتقاس بـ J/K

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة النوعية × التغير في درجة الحرارة

$$Q = mc (T_2 - T_1)$$

٣- تغير طبيعة أو تركيب المادة:-

تشمل حالات التغير المغناطيسية أو الكهربائية أو تغيرات تركيب المادة والتي تحدث عند تغير درجة حرارة المادة.

ملاحظة: تناقص السعة الحرارية والحرارة النوعية لجميع المواد بانخفاض درجة الحرارة وتصل الي قيمة الصفر عند درجة حرارة الصفر المطلقة.

مثال 1 /

سخنت قطعة من النحاس كتلتها (100 غم) الى درجة حرارة (100 م°) ونقلت الى مسعر نحاسي جيد العزل كتلته (50 غم) تحتوي على (200 غم) من الماء عند درجة حرارة (10 م°) جد القيمة النهائية لدرجة حرارة الماء مع العلم ان الحرارة النوعية للماء تساوي $4.2 \times 10^3 \text{ J/Kg.K}$ وللمسعر وقطعة النحاس تساوي $0.4 \times 10^3 \text{ J/Kg.K}$

$$Q = mc \Delta T / \text{الحل}$$

$$\Delta T \text{ لقطعة النحاس} = (100 - T_2) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T \text{ للماء والمسعر} = (T_2 - 10) \text{ } ^\circ\text{C}$$

كمية الحرارة التي فقدتها قطعة النحاس

$$Q = 100 \times 0.4 \times 10^3 \times (100 - T_2)$$

$$Q = mc \Delta T$$

كمية الحرارة التي اكتسبتها قطعة النحاس + الماء

$$Q = 50 \times 0.4 \times 10^3 \times (T_2 - 10) + 200 \times 4.2 \times 10^3 \times (T_2 - 10)$$

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

$$100 \times 0.4 \times 10^3 \times (100 - T_2) = 50 \times 0.4 \times 10^3 \times (T_2 - 10) + 200 \times 4.2 \times 10^3 \times (T_2 - 10)$$
$$T_2 = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

مثال 2 /

كوب من النحاس كتلته (0.1 كغم) ودرجة حرارته (20 م°) مليء بالماء الساخن كتلته (0.2 كغم) ودرجة حرارته (80 م°). احسب درجة حرارتهما بعد حصول الأثران الحراري؟

$$Q_{cu} = Q_w$$

/ الحل

$$(mc \Delta T)_{cu} = (mc \Delta T)_w$$

$$0.1 \times 390 \times (T - 20) = 0.2 \times 4186 \times (80 - T)$$

$$66976 - 837.2 - 39T - 780$$

$$T = 77.33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

مثال 3 /

احسب الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 2 غم من الثلج درجة حرارته (-20 م°) الى ماء عند درجة حرارة (25 م°)

/الحل

$$Q = m [C_{ice} \Delta T_1 + L + C_w \Delta T_2]$$

$$= 2.0 \times 10^{-3} [2 \times 10^3 (0 - (-20)) + 33.5 \times 10^4 + 4186 (25 - 0)]$$

$$Q = 959.3 \text{ J}$$

مثال/4

مالمسرة التي يجب ان تتحرك بها طلقة درجة حرارتها الأبتدائية (30 م⁰) وذلك ليتم اذابتها بالكامل عند اصطدامها بصفحية من الفولاذ ؟ علما ان درجة حرارة الأذابة(430م⁰) والحرارة النوعية لمادتها C=0.31 cal/g.c والحرارة الكامنة للأصهار L=5.0 cal/g

الحل/

نعتبر ان الطاقة الحركية للرصاص قد تحولت الى طاقة رفعت درجة الحرارة الى 430 م⁰ وكذلك الى طاقة اذابة أي ان

$$K=Q_1+Q_2$$

$$Q_1=mc(T_2 - T_1)$$

$$=m \times 0.031 (430 - 30) = 12.4 m \text{ cal/g}$$

$$Q_2 = mL = 5m \text{ cal/g}$$

$$\frac{1}{2} mv^2 = m(12.5+5) \text{ cal/g}$$

$$v^2 = 34.8 \times 4.186 \text{ J} \times (1/10^{-3} \text{ Kg})$$

$$= 145672.8 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v = 381 \text{ m/s}$$

مثال/5

مسعر من النحاس كتلته (320 غم) يحوي تلجا كتلته (60 غم) ودرجة حرارته صفرا . ارسل تيارا بخاريا حرارته (100م⁰) وكتلته (15 غم) داخل المسعر. ماهي الدرجة النهائية للمسعر ومحتوياته؟ علما ان $C_w=1 \text{ cal/g}$, $L_{\text{steam}}=539 \text{ cal}^{\circ}\text{g}$, $C_{\text{can}}=0.093$, $L_w=80 \text{ cal/g}$

الحل /

$$Q_{\text{ice}} + Q_{\text{can}} = Q_{\text{steam}} \dots \dots \dots (1)$$

$$Q_{\text{ice}} = m[L + C(T - 0)] = 60[80 + 19T - 0] \\ = (4800 + 60T) \text{ cal} \dots \dots \dots (2)$$

$$Q_{\text{can}} = mc\Delta T = 320 \times 0.093(T - 0) \\ = 29.76 T \text{ cal} \dots \dots \dots (3)$$

$$Q_{\text{steam}} = mL + mc\Delta T \\ 15 \times 539 + 15 \times 1 \times (100 - T) = 7985 - 15T \dots \dots \dots (4)$$

بتعويض كل من (2,3,4) في المعادلة (1) نجد ان

$$4800 + 60T + 29.76T = 7985 - 15T$$

$$T = 45.7^{\circ}\text{C}$$

مفهوم الطور:-

الجزء او القسم المتجانس من النظام معين مفصول عن بقية الأجزاء بحدود واضحة بصفاتها الترموديناميكية وتختلف الأطوار عن بعضها باختلاف طريقة تركيب جزيئاتها يكون الطور مفصولا عن الأجزاء الأخرى للنظام بواسطة سطوح فاصلة ومحددة.

النظام المتجانس:-

هو النظام الذي تتماثل خواصه في أي جزء منه او تتغير بصورة مستمرة من دون ظهور انقطاعات او تغييرات فجائية في النظام.
هناك ثلاث اطوار مميزة للمادة:-

1- الطور الصلب (البلوري):

يتميز بالترتيب الطويل المدى لذراته او جزيئاته في الأبعاد الثلاثة. إذ يمتد هذا الترتيب الى مسافات اكبر بالآلاف او مئات المرات من قطر الجزيئة.

2- الطور السائل:

يتميز بعدم وجود الترتيب البلوري المميز للطور الصلب (البلوري). حيث يمتلك ترتيب قصير المدى، إذ نجد نوعا من الترتيب بين الجزيئات المجاورة للحيز المحدود الذي تشغله الجزيئات. وسرعان ما ينعدم هذا الترتيب بين الجزيئات المجاورة للحيز المحدود الذي تشغله الجزيئة، وسرعان ما ينعدم هذا الترتيب إذا ابتعدنا عن الجزيئة.

3- الطور الغازي للمادة:

يشترك هذا الطور مع السوائل في خاصية الترتيب البلوري.
ملاحظة: يوجد في المواد الصلبة الطور الزجاجي (اللابلوري) الذي يشبه الحالة السائلة من حيث الترتيب القصير المدى لجزيئاته والذي غالبا ما يوصف بالسائل الذي تجمد فجأة.
تحولات الطور:

تنتقل المادة من طور الى آخر وغالبا ماتتغير حالتها ويعتمد هذا التحول على تغييرات في التركيب المشترك للذرات او الجزيئات وكذلك في الخواص الترموديناميكية.
وهناك صنفان من التحولات

الصنف الأول:(ذو المرتبة الاولى)

حيث يكون التحول مصحوبا بامتصاص او تحرير قدر من الطاقة الحرارية وتغير في الحجم والطاقة الداخلية مع تبوت الضغط ودرجة الحرارة ومن الامثلة هذا التحول عمليات الأتجماد والانتصهار والتبخر والتسامي.
الصنف الثاني (ذو المرتبة الثانية)

يتضمن التحولات التي يصاحبها تغير طفيف في الحجم والطاقة الداخلية ويكون مصحوبا بامتصاص او تحرير قدر من الطاقة الحرارية ومن الامثلة هذا التحول تحول الحديد من الحالة الغيرومغناطيسية الى الحالة البارامغناطيسية وبالعكس. ان طاقة كبس الحرة للنظام هي التي تحين استقراره النسبي وتحدد الاتجاه الذي يمكن ان يتغير به النظام. وتعرف طاقة كبس الحرة بالعلاقة

$$G = H - TS \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان

G: طاقة كبس الحرة
S: الأنتالبي H: الأنتروبي
T: درجة الحرارة المطلقة

ولحدوث أي عملية تحول يجب ان يكون هنالك تغير في طاقة كبس

$$\Delta G = G_2 - G_1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ويمكن ان تكون + او - او صفراً

القانون الأول في الترموداينمك:

يعرف على ان الطاقة تكون دائما محفوظة، أي لا يمكن استحداثها او افنائها ولكن يمكن تحويلها من شكل الى آخر.

فلو تصورنا ان حجما معيناً من غاز (V_1) في درجة حرارة (T_1) وتحت ضغط (P_1) موجود في مكبس ، فاذا ضغط الغاز الى حجم (V_2) وانخفضت درجة حرارته الى (T_2) فان الضغط سيزداد الى (P_2) .

ان الانتقال من الحالة الاولى (V_1, T_1, P_1) الى الحالة الجديدة (V_2, T_2, P_2) يمكن ان تتم بعدة طرق منها:

أ- زيادة الضغط ثم خفض درجة الحرارة

ب- خفض درجة الحرارة اولا ثم زيادة الضغط المسلط على الغاز تانياً.

ان عملية انجاز الشغل وسحب كمية من الحرارة سوف يغير من الطاقة الداخلية للغاز

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W$$

ان اشارة ΔQ تكون موجبة اذا اضيفت الحرارة الى الغاز وسالبة اذا سحبت منه الحرارة. و اشارة ΔW تكون موجبة اذا انجز الغاز شغلا اضافيا وسالبا اذا انجز الشغل على الغاز فان صافي التغيير في الطاقة الداخلية ΔE هو دائما نفسه، أي ان كلا من ΔQ و ΔW يتغير ولكن مجموع تغيرهما يكون ثابتا

تطبيقات على القانون الاول في الترموداينمك :

يمكن حساب الشغل المبذول الذي ينجزه نظام ليتمدد ضد محيطه ويبقى فيها الضغط ثابتا بينما

$$\text{الشغل المبذول} + \text{الحرارة المفقودة} = \text{النقص في الطاقة الداخلية}$$

يتغير الحجم من V_i الى V_f من العلاقة التالية

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

$$W = P \int_{V_i}^{V_f} dV = P(V_f - V_i)$$

ان تحول السائل الى بخار يحتاج الى كمية من الحرارة (Q) تعطى بالعلاقة التالية

$$Q = Ml$$

حيث ان L تمثل الحرارة الكامنة للتبخر، ان هذه الحرارة ستؤدي الى تغيير في الطاقة الداخلية للنظام

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

حيث ان U_1, U_2 تمثلان الطاقة الداخلية للبخر والسائل على التوالي وعند تطبيق القانون الاول على

$$Q = P(V_f - V_i) + (U_2 - U_1)$$

هذه العملية نحصل على

تجربة مبادلات جول:

يتركب الجهاز من مسعر اسطوانى مثبت بجدرانه الواح معدنية يتحرك بينها بحرية مجموعة من المبادلات تتصل بمحور رأس مثبت فينهايته اسطوانة ملفوف حولها خيط يمر طرفيه على بكرتين ويتدلى من كل طرف ثقل وزنه (mg). ويوضع ماء بالمسعر وتقلس درجة حرارته بواسطة ترمومتر حساس . اذا ترك الثقلان يسقطان مسافة (L cm) دار المحور الراسي داخل المسعر محركا المبادلات التي تحرك الماء بين الألواح التالينة والأخرى المتحركة فيتحول بذلك الشغل الميكانيكي الى طاقة حرارية بسبب الاحتكاك الحادث بين طبقات الماء المختلفة . ويتكرر رفع الأثقال وتركها تسقط.

تمكن جول من تحويل كميات مختلفة من الطاقة الميكانيكية وكذلك من حساب كميات الحرارة التي يكتسبها المسعر ومحتوياته نتيجة لذلك وجد ان العلاقة خطية بين الشغل الميكانيكي W وكمية الحرارة المتولدة H.

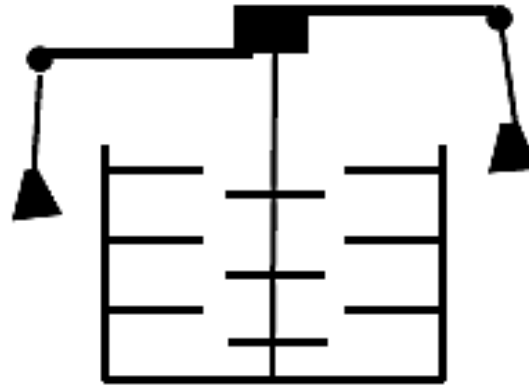
$$W = J.H$$

حيث J هو مقدار ثابت عبارة عن ميل الخط المستقيم الذي يربط العلاقة بين W, H وقد اسماه جول المكافئ الميكانيكي للحرارة كما وجد ان قيمته تساوي 4,18 جول/سعره. وقد حسب جول الطاقة الميكانيكية من طاقة الموضع للأثقال الساقطة اذ ان في كل مرة سقوط من الكتلتين تتحول كمية من الطاقة الميكانيكية قدرها (2mgL) erg الى سعرات داخل الماء. فإذا تكرر رفع وإسقاط الكتل n من المرات وتسبب عنها رفع في درجة حرارة المسعر ومحتوياته T درجات مئوية فان:

$$2mgL.n \text{ (erg)} = \text{الطاقة الميكانيكية}$$

$$\text{والطاقة الجارية المكافئة} = M.T \text{ سعره.}$$

حيث M هو المكافئ المائي للمسعر ومحتوياته.



الشكل (1) يوضح تجربة مبادلات جول

مثال/6

اوجد قيمة التخيير في الطاقة الداخلية لنظام يتكون من (1غم) من الماء المقطر يتحول الى بخار تحت الضغط الجوي الاعتيادي في درجة حرارة (100 م°) عندما (1 سم³) من الماء المقطر يشغل (1671 سم³) في حالة البخار تحت نفس الضغط وان الحرارة الكامنة للتبخير تساوي (540 سعره /غم)

الحل/

$$Q = mL$$

$$= 1 * 540$$

$$= 540 \text{ cal}$$

$$W = P(V_f - V_i)$$

$$= 1 * 10^5 (1671 - 1) * 10^{-6}$$

$$= 167 \text{ joule}$$

الحرارة وخواص المادة

الفصل الثالث

الغازات

الغاز المثالي :- هو الغاز الذي تكون جزيئاته متناهية في الصغر ، تامة المرونة، ينعدم بينها الاحتكاك لأنها لا تؤثر في بعضها البعض بأية قوى. إن الغاز المثالي غير موجود في الحقيقة.

الغاز الحقيقي :- هو الغاز الذي جزيئاته صغيرة ومتباعدة عن بعضها البعض. وعند الظروف الاعتيادية من ضغط ودرجة حرارة تقترب خواص الغاز الحقيقي من خواص الغاز المثالي.

النظرية الحركية للغازات :-

- 1- تتكون الغازات من جزيئات متناهية في الصغر (كتلة نقطية) أي انها تسلك كتلة ولا تملك حجم.
- 2- إهمال القوى المؤثرة بين جزيئات الغاز ، ساعدا لحظة التصادم.
- 3- تكون حركة الجزيئات عشوائية ومستمرة وبخطوط مستقيمة بين التصادمات
- 4- تكون جزيئات الغاز تامة المرونة ، وكذلك التصادم بين الجزيئات يكون مرنا.
- 5- درجة حرارة الغاز هي المقياس لمتوسط الطاقة الحركية التي تمتلكها جزيئاته نتيجة لحركتها

عدد أفوكادرو :-

تحتوي الحجم المتساوية للغازات جميعها على نفس عدد الجزيئات بشرط ان تكون تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة. لذلك فإن عدد أفوكادرو من جزيئات الغاز تشغل نفس الحجم تحت نفس الظروف من ضغط ودرجة حرارة

$$N_A = 6.022 \times 10^{26} \text{ particle/ kg. mole}$$

$$N = n N_A$$

حيث أن:

عدد جزيئات الغاز N

عدد المولات: n

عدد أفوكادرو: N_A

قانون الغاز: يعتمد قانون الغاز على ثلاث متغيرات هي الضغط ودرجة الحرارة وعدد الجزيئات في وحدة الحجم .

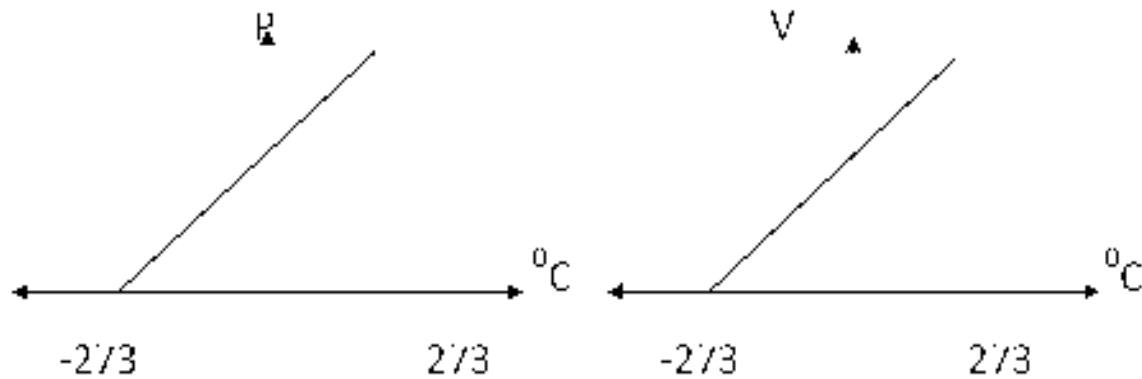
عند تسخين كمية من غاز محبوس في وعاء مغلق (الحجم ثابت) فإن ضغطها سوف يزداد زيادة خطية مع درجة الحرارة.

الشكل (1) يوضح أن امتداد الخط المستقيم سيقطع محور درجة الحرارة عند (-3، 273 م⁰) عند ثبات حجم الغاز فإن

$$P \propto T$$

$$P = \text{const. } T \quad \dots\dots\dots(1)$$

أما عند تسخين نفس الكمية من الغاز تحت ضغط ثابت فإن حجمه سيتغير خطياً مشابهاً إلى التغير السابق وسنحصل على علاقة خطية بين حجم الغاز ودرجة الحرارة



الشكل (1 - أ - ب) يبين العلاقة بين الضغط - الحجم ودرجة الحرارة

يبين الشكل (1 - ب) العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة ويوضح ان انكماش الغاز تحت ضغط ثابت يصاحبه انخفاض في درجة الحرارة

$$V \propto T$$

$$V = \text{const. } T \dots\dots\dots(2)$$

يمكن إعادة صياغة العلاقتين (1) و (2) بعلاقة واحدة

$$PV = \text{const. } T \dots\dots\dots(3)$$

قانون بويل:- هو حاصل ضرب (الضغط \times الحجم) لكمية محدودة من غاز يجب ان تكون كمية ثابتة في حالة التمدد أو الانكماش بشرط ثبوت درجة الحرارة أي انه :

$$PV = \text{constant} \quad (\text{عند ثبوت درجة الحرارة})$$

قانون شارل:- عند ثبوت الضغط الغاز فان نسبة حجم كمية منه الى درجة حرارته المطلقة تبقى ثابتة في حالة التسخين أو التبريد أي انه:

$$\frac{V}{T} = \text{constant} \quad (\text{عند ثبوت الضغط})$$

ثابت الغاز:- يمكن إيجاد الثابت العام للغازات من خلال تطبيق القانون العام للغازات

$$PV = \text{constant} \times T$$

وجد تجريبيًا أن $\text{constant} = nR$ حيث أن عدد الجزيئات الكليو غرامية (المولات) : n

ثابت العام للغازات R :

$$R = 8314 \text{ J/ kg. mole. K or } R = 8.314 \text{ J/g. mole. K}$$

الطاقة الداخلية للغاز:

يمكن التعبير عن ضغط الغاز بدلالة الكتلة ومربع معدل سرعة الجزيئات

$$PV = \frac{1}{3} Nmv^2$$

$$PV = nRT$$

$$n = N/N_A$$

بما أن

$$PV = \frac{N}{N_A} \cdot R T$$

إذا

$$R/N_A = K_B$$

$$PV = NK_B T$$

نجد ان

$$\frac{1}{3} Nmv^2 = NK_B T \quad (\text{قانون الغاز المثالي})$$

$$mv^2 = 3K_B T, \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{3K_B}{2} T$$

الطاقة الحركية الكلية الانتقائية لجزيئة واحدة

$$\frac{mNv^2}{2} = \frac{3NTK_B}{2}$$

الطاقة الحركية الكلية الانتقائية لجميع الجزيئات هي :

العلاقة بين C_p و C_v للغاز المثالي:

لو وضع الغاز داخل مكبس متحرك مساحة المكبس (A) وازيح مسافة مقدارها (dx) نتيجة لتزويد الغاز بكمية من الحرارة مقدارها (dQ) وهذا يعني ان حجم الغاز قد ازداد من V الى (dV) نتيجة ارتفاع درجة الحرارة من T الى (dT) فأن القوة التي يسلطها على المكبس يساوي (PA) والتي ستنتج شغلا (Dw)

$$dW = PAdx = PdV \quad \dots\dots\dots (1)$$

كمية الحرارة (dQ) ستؤدي الى رفع درجة حرارة مول واحد من الغاز درجة حرارية واحدة عند ثبوت الضغط

$$dQ = C_p dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

اما الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد من الغاز درجة حرارية واحدة عند ثبوت الحجم فانها ستؤدي الى رفع طاقته الداخلية (dU)

$$du = C_v dt \quad \dots\dots\dots (3)$$

باستخدام القانون الاول للترموداينمك

$$dq = du + dw \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$C_p dt = C_v dt + PdV \quad \dots\dots\dots (5)$$

وعندما نطبق القانون العام للغاز المثالي لمول واحد من الغاز

$$PV = RT \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$P(V+dv) = R(T+dt) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$PdV = RdT \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$C_p dt = C_v dt + RdT \quad \dots\dots\dots (9)$$

بالتعويض بالمعادلة (٥) نجد ان

$$C_p - C_v = R \quad \dots\dots\dots (10)$$

والتي تساوي (8.314 J/K. mole) او تقريبا تساوي (2 cal/K. mole) وهكذا نجد ان C_p اكبر من C_v بحوالي (2 cal/K.mole)

مثال/

جد الحجم الذي يشغله جزيء كيلو غرامي واحد من غاز النيتروجين عند الظروف القياسية من ضغط ودرجة حرارة علما ان الكتلة الجزيئية تساوي ٢٨

الحل/

$$P = 1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{P}; n=1; R= 8314 \text{ J/kg.mole.K}$$

$$V = \frac{1 \cdot 8314 \cdot 273}{1 \cdot 10^5} = 22.4 \text{ m}^3$$

مثال/

جد قيمة الثابت العام للغازات باستخدام معلومات المثال السابق

$$PV = nRT$$

الحل/ من قانون الغاز المثالي

$$R = \frac{PV}{nT}$$

وبالتعويض عن قيم n, P, V, T نجد ان

$$R = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 22.4}{273} = 8314 \text{ J/kg. mole. K}$$

لحساب C_p, C_v للغاز المثالي (احادي الذرة):

ان الزيادة في الطاقة الداخلية Du لمول واحد من الغاز تحت الحجم الثابت نتيجة لأرتفاع درجته بمقدار dT تعطى بالعلاقة التالية

$$dU = C_v dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

بما ان الطاقة الداخلية للغاز المثالي احادي الذرة تتكون كليا من الطاقة الحركية الانتقالية نجد

$$dU = 3/2 R dT \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$C_v = 3/2 R \quad \dots\dots\dots (3)$$

وبما أن :

$$R = 8.314 \text{ J/K. kg. mole}$$

$$C_v = 12.5 \text{ J/mole.K} \quad \dots\dots(4)$$

$$C_p = C_v + R \quad \gggg \gg C_p = R + 3/2 R = 5/2 R$$

$$C_p = 20.8 \text{ J/mole.K} \quad \dots\dots(5)$$

والغاز المثالي تنائي الذرة نجد ان

$$C_v = 3/2 R + R = 5/2 R$$

$$C_p = 5/2 R + R = 7/2 R$$

مثال /

جد قيمة كل من C_p , C_v , R لغاز الأوكسجين اذا علمت ان نسبة C_p الى C_v تساوي 1.4 وكثافة الأوكسجين تحت الظروف القياسية 1.43 kg/m^3 و الكتلة المولية $32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mole}$

الحل /

$$PV = nRT ; n=1$$

$$PV = RT ; V = m/\rho \quad \gggg \gg R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = \frac{Pm}{\rho T} = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{273} = 8.28 \quad \text{J/kg. mole .K}$$

$$C_p - C_v = R$$

$$C_p - C_v = 8.314 \gggg \gg C_p = C_v + 8.314$$

$$C_p / C_v = 1.4 ; \quad 1.4 C_v - C_v = 8.314 ; \quad C_v = 20.8 \text{ J/mole .K}$$

$$C_p = 20.8 + R = 20.8 + 8.314 = 29.1 \text{ J/mole .K}$$

ضغط الغاز المثالي :

ينتج ضغط الغاز عن تصادم جزيئات الغاز مع جدران الوعاء الذي يحتويه ومن المعروف ان وحدات الضغط هي نوت/م²

هل من الممكن التعبير عن الحرارة المطلقة بدلالة الطاقة الحركية لجزيئات الغاز ؟

$$P = F.A = 1/3 n_0 m v^2 \\ = 2/3 n_0 (1/2 m v^2)$$

كتلة الجزيئة m , سرعة جزيئات الغاز v , عدد جزيئات في وحدة الحجم: n_0

وبمقارنة المعادلة السابقة مع معادلة الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

سنجد ان

$$1/3 n_0 m v^2 = \frac{nRT}{V}$$

$$\text{Or } T = \frac{m v^2 V n_0}{3nR} ; n_0 V = n N_A$$

حيث ان $n_0 V$ يمثل عدد الجزيئات الكلي في الحجم و n تمثل عدد المولات في الحجم نفسه اي ان

$$n N_A = n_0 V$$

$$T = \frac{2N_A}{3R} \left(\frac{m v^2}{2} \right) ; R/N_A = K_B = 1.38 * 10^{-23} \text{ J/K} \text{ ثابت بولتزمان}$$

$$T = \frac{2}{3K_B} \left(\frac{m v^2}{2} \right)$$

الانتروبي:

هي مقياس لعدم الانتظام (مقياس للفوضى)

ان العلاقة التي تربط بين مقدار التخيير في الانتروبي (ds) وكمية الحرارة التي تنتقل الى النظام عند درجة الحرارة المطلقة

$$ds = dQ/T \quad J/K$$

تكون الانتروبي موجبة اذا كانت الحرارة تنتقل الى النظام أي تزداد العشوائية في حركة ذراته او جزيئاته

مثال/

جد مقدار التخيير في الانتروبي عند انصهار مكعب الثلج كتلته ٢٠ غم في درجة حرارة صفر م° والحرارة الكامنة للانصهار ٨٠ سعرة / غم

$$Q = mL \quad ; T = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$= 20 * 80 = 1600 \text{ cal}$$

$$1600 * 4.186 = 6700 \text{ joule}$$

$$ds = dQ/T = 6700/273 = 24.5 \text{ J/K}$$

مثال/

جد مقدار التخيير في الانتروبي لمول واحد من غاز حجمه ١٠٠٠ سم^٣ موضوع داخل اسطوانة ذات مكبس متحرك اذ تمدد الى حجم نهائي يساوي ٢٠٠٠ سم^٣ مع ثبوت درجة الحرارة ؟

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

اذا كان التخيير في درجة الحرارة يساوي صفرا، $\Delta U = 0$ صفرا، ΔU تعتمد على ثبوت الحجم

$$\Delta Q = \Delta W = P \Delta V$$

$$\Delta s = \Delta Q/T = \frac{P \Delta V}{T}$$

$$PV = nRT, \quad n=1; \quad \frac{P}{T} = \frac{R}{V}$$

$$\Delta s = R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = R \ln \frac{V_2}{V_1} = 8.315 \frac{J}{K} \cdot \ln \frac{2 \cdot 10^3}{10^3} = 5.764 \frac{J}{K}$$

الحرارة وخواص المادة

الفصل الرابع

الكثافة: وهي كتلة وحدة الحجم، وتسمى أيضا بالكثافة الكتلية **Mass Density** وتقاس بوحدات كيلوغرام/متر³ (kg/m^3). والكثافة الكتلية للجسم لا تتأثر بتغير نظام الجاذبية، وتعتمد الكثافة ρ لمائع متجانس على عدة عوامل منها درجة حرارة المائع والضغط المسلط عليه. وتتغير كثافة السائل قليلاً ولمدى واسع من الضغط ودرجة الحرارة لذلك يمكن اعتبارها ثابتة في الأحوال الاعتيادية. أما كثافة الغاز فهي حساسة جداً لتغيرات درجة الحرارة والضغط فتتغير كثافة الغاز يجعل ميكانيك الغاز معقداً بعض الشيء، إن مطلوب الكثافة الكتلية يسمى بالحجم النوعي **Specific Volume** ويقاس بوحدات (m^3/kg).

أما الكثافة الوزنية **Weight Density** فتعرف بأنها وزن وحدة الحجم، أي قوة جذب الأرض لوحدة الحجم ووحداتها نيوتن لكل متر مكعب (N/m^3) أو الداين لكل سنتيمتر مكعب (dy/cm^3)، وهذه الكثافة تتغير بتغير نظام الجذب

أما الكثافة النسبية **Relative Density** فهي النسبة بين كثافة أي مادة وكثافة مادة قياسية محددة، بدرجة حرارة وضغط محددين، لذلك فهي لا بعد لها، وعادة يتخذ الماء كمادة قياسية بدرجة حرارة $4C^0$ حيث يصل لكثافته العظمى وتحت الضغط الجوي الاعتيادي، حيث أن الكثافة الكتلية للماء بدرجة $4C^0$ تبلغ $1000kg/m^3$ وكثافته الوزنية هي $9800N/m^3$ أما كثافته النسبية فهي واحد.

لا تتغير كثافة السوائل بتغير درجة حرارتها، كذلك لا تتأثر كثيراً بتغير الضغط بينما الغازات تختلف عن السوائل بخفتها وتتغير كثافتها كثيراً مع اختلاف درجات الحرارة والضغط، فبارتفاع درجة الحرارة وبقاء الضغط ثابتاً تقل كثافة الغازات بسبب ازدياد النشاط الحركي للجزيئات ومن ثم تباعدها، أما لو ازداد الضغط مع بقاء درجة الحرارة ثابتة فنلاحظ زيادة الكثافة.

علل/ تتغير كثافة المادة بتغير درجة الحرارة؟

- بسبب جزيئات المادة تهتز بمسافات أكبر عندما تزداد درجة الحرارة ، وعليه فان معدل المسافات البينية سوف تزداد أي ان كتلة المادة ستحتل حجماً أكبر مما يؤدي الى تغير كثافة المادة بتغير درجة حرارتها، وبصورة عامة تقل كثافة بارترتفاع درجة حرارتها.

تعتمد كثافة المادة على عاملين رئيسيين :

- كتلة الذرات والجزيئات
- المسافات البينية بين الذرات والجزيئات

الخاصية الشعرية

عند وضع انبوب شعري مفتوح الطرفين في سائل فان تأثير الشد السطحي للسائل ستؤدي الى احدي الحالتين:

- قوة التماسك بين جزيئات السائل
- قوة التماسك بين جزيئات السائل وسطح الأنبوب الشعري

- ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري. في حالة صنع السائل زاوية حادة مع سطح الأنبوب الشعري، مثال ذلك الماء الذي يرتفع داخل الأنبوب الشعري الى ارتفاع معين فوق سطحه الخارجي.
- انخفاض السائل في الأنبوب الشعري. في حالة صنع السائل زاوية منفرجة مع سطحه الداخلي للأنبوب الشعري ، مثال ذلك الزئبق الذي ينخفض داخل الأنبوب الشعري الى مستوى معين تحت سطحه الخارجي.

علل/ سبب ارتفاع الماء داخل الانابيب الشعرية ؟

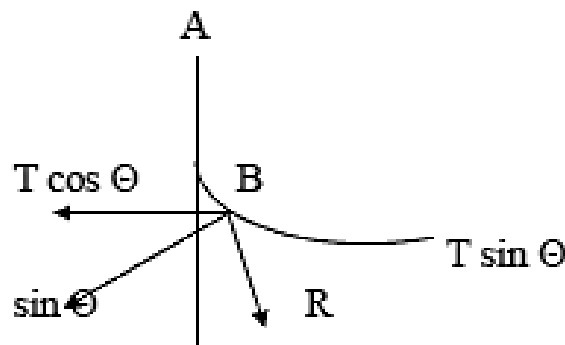
- بسبب تغلب قوى التماسك على قوى التماسك ، أي ان محصلة القوى ستكون نحو الاعلى فتؤدي الى ارتفاع جزيئات السائل داخل الأنبوب الشعري.

علل/ سبب انخفاض الزئبق داخل الانابيب الشعرية ؟

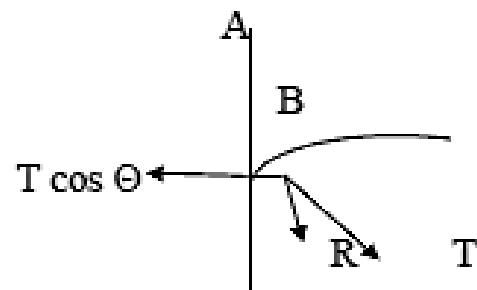
- بسبب تغلب قوى التماسك على قوى التماسك ، أي ان محصلة القوى ستكون نحو الاسفل فتؤدي الى انخفاض جزيئات السائل داخل الأنبوب الشعري.

التد السطحي: هو القوة المؤثرة لكل وحدة طول من سطح السائل، وحداته نت/م او دايين / سم . حيث تتوقف قيمته على نوع السائل ودرجة حرارته اذ تقل قيمته للسائل كلما ارتفعت درجة حرارة حرارته وهذا يفسر استخدام الماء الحار مع الصابون لأزالة بقع الدهون ، اذ يقل التد السطحي للبقع الدهنية بتأثير الحرارة وتنتفت البقع .

المادة	التد السطحي نت/م
الزئبق	٤٦٥
الماء عند ٤ م°	٧٣
البنزين	٢٩



الشكل (١)



الشكل (٢)

الشكل (١): الذي يمثل نقطة اتصال السائل بسطح صلب . ان جزيئات عند النقطة A تتعرض الى نوعين من القوى

- قوة التماسك بين جزيئات السائل نفسه المجاورة لها والتي تحول ان تسدها اليها
 - قوة التلاصق بين جزيئات السائل وجزيئات السطح الصلب.
- فإذا كانت قوى التلاصق اكبر من قوى التماسك فان محصلة القوتين ستؤثر باتجاه المؤشر نحو السطح الصلب لذا سيتخذ سطح السائل شكل منحنيا نحو الاعلى. أما في النقاط الواقعة بعيدا عن سطح الصلب فان قوى التلاصق ستضعف و محصلة القوى تكون عمودية تقريبا مما يجعل سطح السائل افقيا تقريبا.

الشكل (٢) : إذا كانت قوى التماسك اكبر من قوى التلاصق فان محصلة القوتين ستؤثر باتجاه المؤشر بعيدا عن السطح الصلب لذا سيتخذ سطح السائل شكل منحنيا نحو الاسفل كما هو الحال في الزئبق.

المركبة المنحرفة للاعلى في الشكل (١) $T \cos \Theta =$

اذا محصلة القوى الكلية (F) $2\pi r T \cos \Theta =$

حيث ان محيط الانبوبة الشعرية $2\pi r =$

لأيجاد وزن عمود السائل $\rho g h \pi r^2 =$

لكي تحصل حالة التوازن ويتوقف السائل عن الارتفاع داخل الانبوبة الشعرية يجب ان يكون

$$F = \omega$$

$$2\pi r T \cos \Theta = \rho g h \pi r^2$$

$$T = \frac{\rho g h r}{2 \cos \Theta} \quad \text{N, dyne}$$

$$\text{OR } h = \frac{2T \cos \Theta}{\rho g r} \quad \text{m, cm}$$

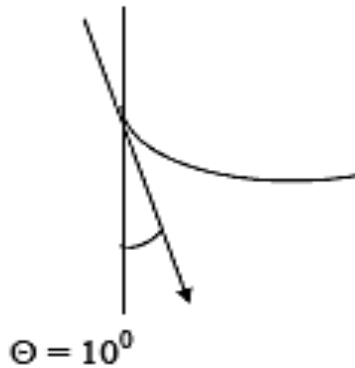
العلاقة الاخيرة تبين العلاقة العكسية بين ارتفاع السائل ونصف قطر الانبوبة الشعرية

في حالة الزجاج النظيف والماء المقطر تكون زاوية التماس صفرا او قريبا من الصفر $\cos \Theta = 1$

- في الزئبق تكون قوى التماسك اكبر من قوى التلاصق مما يؤدي ان تكون زاوية التماس اكبر من ٩٠ أي $\cos \Theta$ تكون سالبة أي الارتفاع يكون سالبا

زاوية التماس: الزاوية المحصورة بين السطح الصلب و السطح المماس لسطح السائل وتُقاس داخل السائل وتعتمد على نوع السائل ونوع السطح الصلب.

- يصنع السائل زاوية حادة مع السطح الصلب (الماء و سطح الزجاج) حيث تكون قوى التلاصق اكبر من قوى التماسك مما يؤدي الى انتشار جزيئات السائل والتصاقها بالسطح الصلب.
- يصنع السائل زاوية حادة مع السطح الصلب (الزيتيق و سطح الزجاج) حيث تكون قوى التماسك اكبر من قوى التلاصق مما يؤدي الى تكوين سطح محدب بجمع الجزيئات وابتعادها عن السطح الصلب بدلا من الانتشار والالتصاق.
- تصنع بعض السوائل زاوية صفر مع بعض السطوح الملساء والتنظيفه جدا (الماء وبعض السوائل العضوية) عند تلامسها مع سطح زجاجي نظيف جدا حيث تكون قوة التلاصق كبيرة جدا مقارنة مع قوة التماسك.



الضغط في السوائل :

يؤثر السائل بقوة على الجدران الجانبية وقاعدة الوعاء الذي يحتويه. وتكون القوة عمودية على جميع النقاط السطح الذي تؤثر عليه حيث ان الضغط هو القوة المؤثرة لوحدة المساحة

$$P = F/A \quad N/m^2, \text{ dyne/cm}^2$$

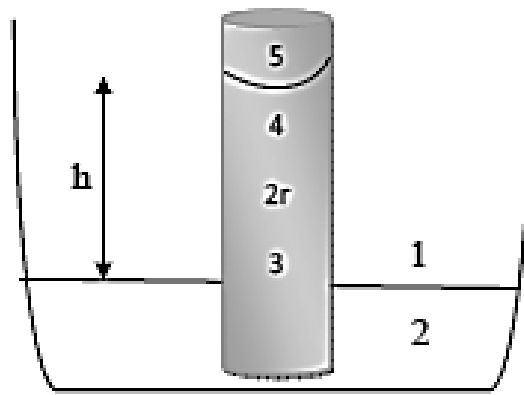
ويقاس ايضا بوحدات الجو $(atm) = 1 \cdot 10^5 N/m^2$. كما يرمز للضغط بارتفاع عمود الزئبق الذي كثافته 13.6 غم / سم^3 ويكافئ الضغط الجوي عند سطح البحر 76 سم - زئبق . اما الضغط الواطئ فيقاس بوحدات ملم زئبق $(mmHg)$ والتي تسمى احيانا $(torr) = 1mmHg = 1/760 atm$.

- يتناسب الضغط الذي يسلطه السائل نتيجة لوزنه عند أي نقطة داخل السائل مع كثافته السائل وعمق تلك النقطة عند سطح السائل . فإذا اخذت نقطة على عمق h سم في سائل كثافته ρ غم / سم^3 فان القوة التي تؤثر بها السائل على مساحة مقدارها A عند تلك النقطة

$$F = Ah g \rho \quad \text{dyne}$$

$$P = \rho hg \quad \text{dyne/cm}^3$$

ويكون الضغط يساوي



عند وضع الانبوب الشعري في السائل نجد انحناء السطح يجعل الضغط عند النقطة (٤) اقل من الضغط الجوي عند النقطة (٥) مما يدفع السائل الى الارتفاع في الأنبوب الشعري لأجل معادلة الضغط عند التقطعتين نفرض ان الضغط عند التقاط (٥-١) يساوي $(p_1 - p_5)$ لأن فرق الضغط عبر السطح الافقي يساوي صفر

$$P_1 = P_2$$

$$P_1 =$$

كذلك

$$P_2 = P_3$$

$$P_1 = P_4 + \rho hg$$

$$P_5 = P_4 + 2\gamma/r$$

قيمة الضغط عند النقطة ١ ، ٥ متساويتان لأنهما يمثلان الضغط الجوي أي ان $P_1 = P_5$

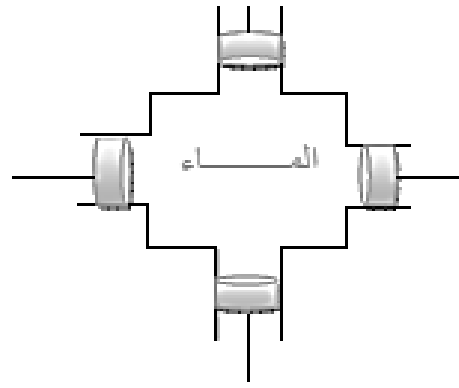
$$P_4 + \rho hg = P_4 + 2\gamma/r$$

$$\gamma = \rho hgr/2 \quad \text{or} \quad h = 2\gamma / \rho gr$$

تجربة توضح انتقال الضغط المسلط على سائل محصور في وعاء مغلق الى جميع أنحاء السائل بالتساوي.

الجواب / اذا اخذنا وعاء مغلق يحتوي على عدد من المكابس مملوء بالماء . فإذا كانت مساحة هذه المكابس متساوية وواقعة على نفس العمق وسلطت قوة على احد هذه المكابس فان قوة مساوية يجب ان تسلط على المكابس الاخرى من اجل المحافظة على نفس امكانتها أي ان

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$



الشكل (٦)

هل من الممكن ان يكون سطح السائل مائلا غير أفقيا ؟

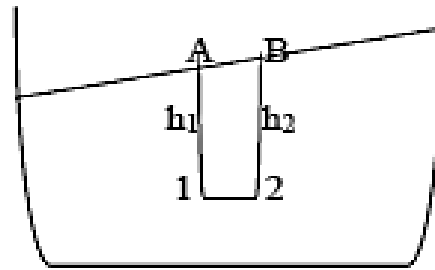
الجواب /

يكون الضغط واحدا عند جميع النقاط الواقعة على عمق معين للسطح وهذا الضغط يؤثر على اية نقطة و أي سطح على هذا العمق مهما كان اتجاهه فلو فرضنا ان سطح السائل ليس افقيا كما في الشكل (٦) ولتكن النقطتان ١ و ٢ في داخل السائل عند المستوى الافقي نفسه ، فاذا كانت h_1, h_2 تمثلان ارتفاع السائل فوق النقطتين ١ و ٢ على التوالي فان الضغط المسلط على ١ و ٢ سيكون p و hg_1 و hg_2 هذان الضغطان يجب ان يكونان متساويان و إلا فان السائل سينساب من النقطة ١ الى النقطة ٢ و عليه

$$\rho gh_1 = \rho gh_2$$

$$h_1 = h_2$$

وعليه ان السطح (AB) من السائل يجب ان يكون افقيا



الشكل (٧)

نأخذ سلكاً على شكل حرف U وسلكاً آخر ينزلق عليه يغطس في محلول الصابون أولاً ثم يبعد، انظر الشكل (٨)، والصابون سوف يكون غشياً يسحب السلك المنزلق نحو الأعلى والذي وزنه القليل w_0 . ولجعل السلك المنزلق في حالة توازن يعلق وزن آخر مثل w فيه ومحصلة القوى $(w+w_0)$ يمكنها ان تثبت السلك المنزلق في أي وضع بغض النظر عن مساحة الغشاء بشرط ثبوت درجة حرارة الغشاء. وهنا يجب ملاحظة أن هذا يختلف بشكل تام عن خواص المرونة التي تمتلكها صفيحة من المطاط حيث تزداد القوة اللازمة لسحب الصفيحة كلما ازدادت مساحتها أثناء السحب. لنفرض أن طول السلك المنزلق هو L ، فالطول الكلي الذي تعمل عليه قوة الشد السطحي هو $2L$ لأن للغشاء سطحين. وان معامل الشد السطحي، الذي يرمز له γ ، هو القوة المؤثرة عمودياً على وحدة الطول وبتجاه مماس لسطح السائل

$$\gamma = F/2L$$

إذا فرضنا ان القوة المسلطة على السلك F تستطيع تحريك السلك مسافة مقدارها dx وبذلك تتجزئ شغلا مقداره dW

$$dW = Fdx$$

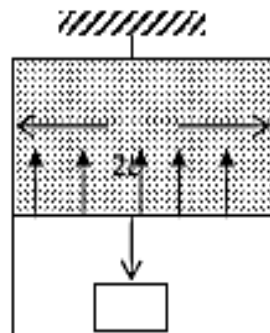
$$dA = 2Ldx \quad \text{بالقسمة}$$

$$\frac{dW}{dA} = \frac{Fdx}{2Ldx}$$

$$\gamma = F/2L$$

بدلالة الشغل المبذول

يمكن تعريف الشد السطحي لغشاء الصابون : على انه الشغل اللازم لزيادة مساحة سطح الغشاء في وحدة المساحة وحداته J/m^2 او erg/cm^2



مثال/ استخدم مزيج من الكلوروفورم والبنزين بنسبة ٢٠% و ٨٠% حجما على التوالي احسب كثافة شريحة صغيرة تبقى عالقة في المزيج علما أن كثافة البنزين تساوي ٨٧٩ كغم / م^٣ ، كثافة الكلوروفورم تساوي ١٥٢٧ كغم / م^٣

حجم البنزين V_1 وكثافته ρ_1

حجم الكلوروفورم V_2 وكثافته ρ_2

الحجم الكلي $V = V_1 + V_2$ ، كثافة المزيج ρ ، والكتلة الكلية m

$$M = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2$$

$$\rho = m/V = \frac{\rho_1 V_1}{V_1 + V_2} + \frac{\rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$80\% = \frac{V_1}{V_1 + V_2} = \text{نسبة حجم البنزين}$$

$$20\% = \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \text{نسبة حجم الكلوروفورم}$$

$$\begin{aligned} \rho &= 879 * 80\% + 1527 * 20\% \\ &= 1008.6 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

مثال / أنبوب على شكل حرف U نصف قطريه يساوي (2.5) ملم و (1) ملم يحتوي على مادة زيتية القد السطحي (7×10^{-2}) نت/م^٢ و كثافتها (1×10^3) كغم / م^٣ افرض ان زاوية التماس تساوي صفر . اوجد الفرق بين ارتفاعي السائل في الذراعين ؟

الحل /

الضغط على جهة التحدب يفوق الضغط على جهة التفرع بمقدار $2\gamma/r$

$$r_1 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m} , r_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$P_2 - P_1 = 2\gamma/r = 2 * 7 * 10^{-2} / 2.5 * 10^{-3} = 56 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 = P = \text{الضغط الجوي}$$

$$P_1 = P - 56$$

4

$$P_4 - P_3 = 2\gamma/r = 2 * 7 * 10^{-2} / 1 * 10^{-3} = 140 \text{ N/m}^2$$

3

$$P_4 = P = \text{الضغط الجوي}$$

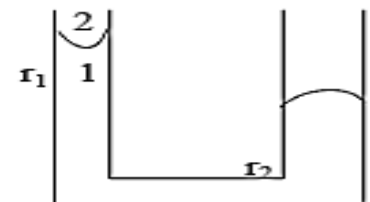
$$P_3 = P - 140$$

$$P_1 - P_3 = (P - 56) - (P - 140) = 84 \text{ N/m}^2$$

$$P_1 = P_3 + \rho gh$$

$$P_1 - P_3 = \rho gh = 84$$

$$h = 84 / 9.8 * 10^3 = 8.6 \text{ mm}$$



الفرق بين الارتفاعين

مثال/ في ورشة لتصليح السيارات يوجد رافعة سلط ضغط على المكبس الاصغر والذي قطره ٥ سم والذي انتقل الى المكبس الاكبر نصف قطره ٢٠ سم . احسب

- القوة المؤثرة على المكبس الاصغر لتتمكن من رفع السيارة وزنها ٢٠٠٠٠ ن
- الضغط اللازم لأنتاج هذه القوة

الحل/ حيث ان الضغط ينتقل كاملا الى كل نقطة داخل السائل فانه يمكن كتابة

$$F_1 = \frac{A_1}{A_2} F_2$$

$$= \frac{\pi(5 \times 10^{-2})^2}{\pi(20 \times 10^{-2})^2}$$

$$1250 \text{ N}$$

$$P = F_1/A_1 = 1250/\pi(5 \times 10^{-2})^2$$

$$P = 1.59 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

م/ اسطوانة بها غاز مضغوط كثافته (1.25 كغم/م³) درجة حرارته ٤٩ م⁰ وزنه الجزيئي (28.8 غم / مول) وصلت الاسطوانة بمقياس المانومتر اذا اعتبرن ان الغاز مثالي احسب ارتفاع الزئبق داخل عمود المانومتر علما ان كثافة الزئبق (3.75 كغم/م³)؟

الحل /

$$PV = nRT$$

$$p = \rho gh$$

$$T = 49 + 273 = 322 \text{ K}$$

$$n = m/M ; V = m/\rho$$

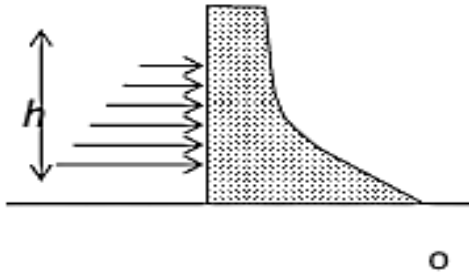
$$\frac{P m}{\rho} = \frac{nRT}{M}$$

$$P = \frac{\rho RT}{M} = \frac{1.25 \times 10^{-3} \times 8.314 \times 322}{28.8} = 116.19 \text{ N/m}^2$$

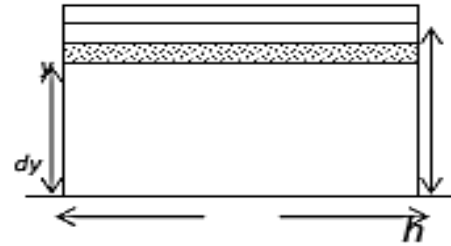
$$h = \frac{P}{\rho g} = \frac{116.19}{3.75 \times 9.8} = 3.16 \text{ m}$$

القوى على السد:

لنأخذ الشكل (٩-أ) الذي يظهر فيه عمق الماء h خلف وجه السد الرأسي المضاد للتيار، والذي يبدي محصلة قوة أفقية على السد تحاول انزلاقه على طول (امتداد) أساسه وعزم معين يحاول قلب السد حول المحور O . وهنا نحاول إيجاد القوة الأفقية هذه وعزمها.



الشكل (٩-أ)



الشكل (٩-ب)

يمثل الشكل (٩-ب) منظرًا لوجه السد المضاد للتيار ونفرض طبقة رقيقة سمكها dy تقع على عمق y من سطح ماء البحر. فالضغط على هذه الطبقة عند الارتفاع y هو:

$$p = \rho gy$$

حيث ρ هي كثافة ماء السد. يمكن إهمال الضغط الجوي لأنه أيضا يعمل باتجاه مضاد للتيار ضد الوجه الآخر من السد. فالقوة المؤثرة على الطبقة الرقيقة التي مساحتها dA هي:

$$dF = p dA = \rho gy L dy$$

$$dA = L dy$$

فالقوة الكلية إذن :

$$\int_0^h dF = \int_0^h \rho g L y dy$$

ويعد التكامل تكون :

$$F = \rho g L \frac{h^2}{2}$$

ويتضح من المعادلة أعلاه، ان القوة تتناسب طردياً مع عمق الماء في السد

مثال/ احسب محصلة القوة المؤثرة على سد تجمع خلفه الماء بارتفاع ٣٠ م وعرض السد ١٠٠ م علما ان كثافة الماء ١٠٠٠ كغم / م^٣

الجواب/

$$F = \rho g L \frac{h^2}{2}$$

$$F = 0.5 * 1000 * 9.8 * 100 * 900 = 4.41 * 10^8 \text{ N}$$