الأكاديمية العربية الدولية

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

جامعة الانبار

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

محاضرات

الحرارة وخواص المادة

لطلبة قسم الفيزياء المرحلة الأولى

إعداد

د. رائد خضر سلمان الفهداوي

قسم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة

العام الدراسي

مفردات المنهج

تمهيد: مفهوم الحرارة

- مفهوم الحرارة، درجة الحرارة , مقياس درجة الحرارة.

المحارير

- تدريج المحارير، انواعها.

الحرارة وتاثيرها على المواد

التمدد الحراري

- التمدد الحراري الطولي، السطحي والحجمي

الغازات والسوائل وتاثرها بالحرارة

كمية الحرارة والسعة الحرارية

طرق قياس السعة الحرارية

امتحان شهري

الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخر

الغاز المثالي

النظرية الحركية للغازات

تفسير خواص الغازات حسب النظرية الحركية للغازات

امثلة محلولة ومناقشة

امتحان شهري

محاضرة1- مفهوم الحرارة

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 تأثير مباشر على سلوكه فتعرف بالاوساط المحيطة (Surroundings). وعند اختيار نظام معين فإن الخطوة التالية هي وصفه بواسطة كميات تمكننا من وصف سلوك هذا النظام او تفاعله مع الاوساط المحيطة به او السلوك والتفاعل معاً.

وهناك وجهتا نظر لوصف الانظمة الفيزيائية عموماً وهما:-

1. وجهة النظر العيانية (Macroscopic point view):

تمثل الكميات العيانية وفق وجهة النظر هذه الكميات التي يمكن قياسها او الاحداثيات العينية مثل الحجم، الضغط ودرجة الحرارة. وهذه الكميات ظاهرية يمكن تحسسها ووصفها ظاهرياً، وتتميز الكميات العيانية بالاتي:-

أ- لا تشمل اي افتراضات خاصة بتركيب المادة.
ب- غالباً ما تكون مقدرة بأشياء محسوسة.
ت- يمكن قياسها بسهولة.

2. وجهة النظر العيانية (Microscopic point view):

وتتميز هذه الكميات بعدم امكانية قياسها ووصفها باستخدام المقاييس العادية وانما وتوصف بواسطة تطبيقات نظريات الفيزياء الحديثة مثل الميكانيك الاحصائي. وفق وجهة النظر هذه فإن اي نظام يتكون من عدد هائل من الجزيئات (N) كل منها قادر على ان يتواجد في مجموعة من الحالات التي طاقتها $E_1, E_2, E_3, ..., E_i$. وتتفاعل هذه الجزيئات مع بعضها عن طريق التصادمات وبواسطة قوى تأثيرها لمدى محدد فقط، ويمكن ان نتصور هذه 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- تأخذ بنظر الاعتبار تركيب المادة مثل وجود الجزيئات.
ب- وجود كميات عديدة مميزة.

ت- ان هذه الكميات لا يمكن قياسها بالوسائل المعروفة العيانية.

تعريف الحرارة Heat: هي شكل من اشكال الطاقة التي ترافق حركة الجزيئات او الذرات او اي جسيم يدخل في تركيب المادة (النواة او مكوناتها). ويمكن الحصول على الحرارة اما بطرق فيزياوية مثل الاحتكاك او تهييج جزيئات المادة، او بطرق كيميائية مثل الحرارة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاحتراق والتفاعلات النووية وغيرها. والحرارة طاقة قابلة للانتقال بطرق مختلفة مثل الاشعاع والحمل\والتوصيل. ولا يمكن للحرارة ان تنتقل بين جسمين الا في حالة اختلاف درجة حرارتهما.

درجة الحرارة Temperature: هي كمية فيزيائية عيانية تعتبر مقياس لدرجة سخونة الجسم. وتقاس وفق اجهزة خاصة تسمى موازين الحرارة (المحارير) والتي يمكن معايرتها لاظهار تدريجات مختلفة للحرارة. وهناك انظمة عديدة لقياس درجة الحرارة ولكن النظامان الاكثر شيوعاً بينها هما درجة الحرارة المطلقة (كلفن K) ودرجة الحراسة المئوية (السيليزية ^{o}C).

اسس قياس درجة الحرارة:-

استخدمت العديد من العلاقات مابين درجة الحرارة والخواص الفيزيائية في بناء مناسب لدرجة الحرارة، وهذا البناء او الجهاز تم تعريفه باسم المحرار.

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

1. اختيار المادة الحرارية المناسبة
2. اختيار الصفة المحرارية المناسبة لتلك المادة
3. افتراض ان الصفة المحرارية المختارة تتغير مع درجة الحرارة
4. اختيار المقدار المناسب لدرجة الحرارة التي يراد قياسها باستمرار

مقاييس درجة الحرارة:

1. المقياس المئوي (السيليزي) ^{o}C.
2. المقياس المطلق (الكلفن) K
3. المقياس الفهرنهايتي F

اما العلاقة الرياضية بين هذه الانظمة فهي كالاتي:

1. للتحويل من السيليزي الى الفهرنهايتي وبالعكس

$$F = \frac{9}{5} \times C + 32$$

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

2. للتحويل من السيليزي الى المطلق وبالعكس

$$K = 273 + C$$

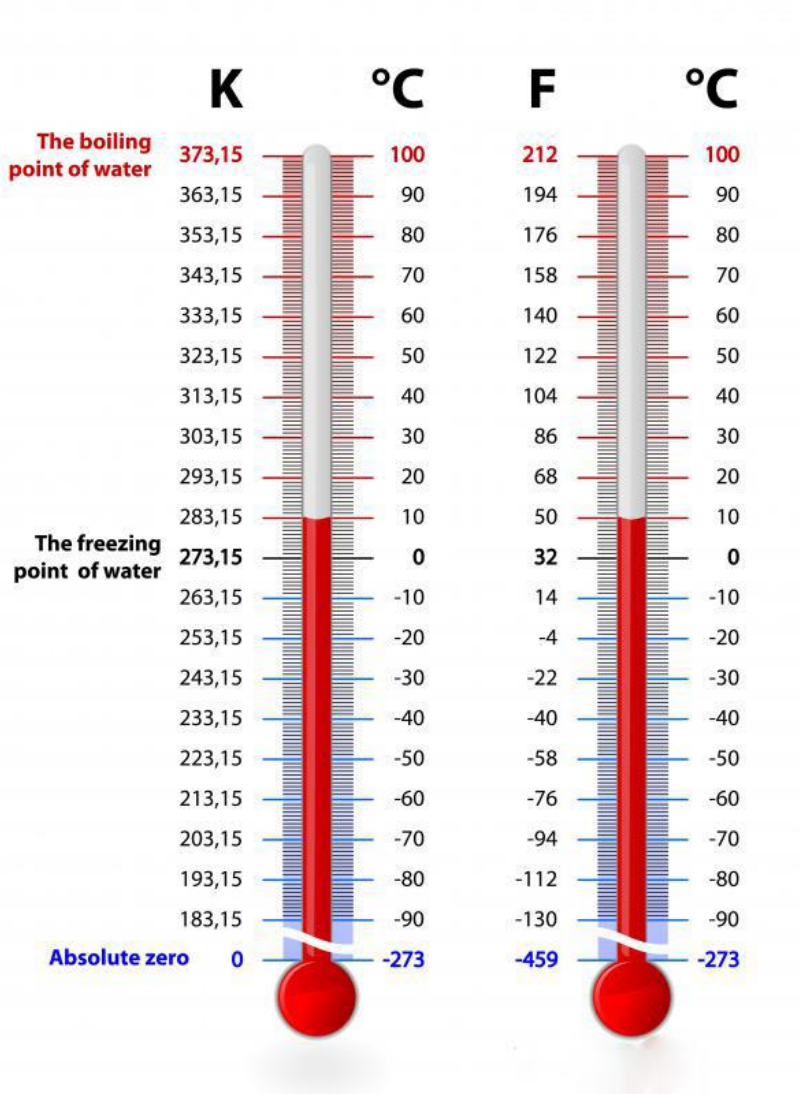
$$C = K - 273$$

3. للتحويل من المطلق الى الفهرنهايتي وبالعكس

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

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

الشكل ادناه يوضح تدريج المحارير حسب الانظمة الثلاثة المذكورة



مثال/ اوجد درجة الحرارة الفهرنهايتية المقابلة ل($50^{o}C$).

الحل :

$$F = \frac{9}{5} \times C + 32 = \frac{9}{5} * 50 + 32 = 122$$

قارن الحل مع الرسم اعلاه.

نهاية المحاضرة

محاضرة2- تأثير تغيير درجة الحرارة على المادة:

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

الطاقة الحرارية: اذا انتقلت الطاقة من جسم درجة حرارته عالية (الطاقة الأهتزازية للذرات عالية) الى جسم درجة حرارته منخفضة (الطاقة الأهتزازية للذرات اقل) ونتيجة فرق درجة الحرارة بينهما يسمى هذا بالطاقة الحرارية.

التمدد الحراري

ان تغير درجة حرارة المادة يؤدي إلى تغيرات في الخواص الاخرى للمادة، ومن ابرز هذه التغيرات هو تغير ابعاد المادة او تغير حالتها. ان رفع درجة حرارة المادة يؤدي إلى زيادة الطاقة الاهتزازية لذراتها او جزيئاتها وبزيادة سعة اهتزاز تلك الجسيمات يزداد متوسط المسافة بين الذرات او الجزيئات، وذلك يؤدي الى تغير جميع ابعاد المادة بتغير درجة الحرارة، فتزداد بزيادة درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها. وتسمى ظاهرة تغير ابعاد المادة نتيجة لتغير درجة حرارتها بالتمدد الحراري.

ومن المعروف ان معظم الاجسام تتمدد عندما تزداد درجة حرارتها، ويتوقف مقدار تمدد المادة بالتسخين على مقدار قوى التماسك بين جزيئاتها، فالمادة الصلبة يكون مقدار تمددها بالتسخين صغيراً جداً نظراً لكبر قوى التماسك بين جزيئاتها، في حين ان تمدد السوائل اكبر من تمدد المواد الصلبة. أما الغازات فيكون تمددها بالتسخين اكبر بكثير من السوائل لأن قوى التماسك بين جزيئات الغاز تكاد تكون معدومة.

وهذه الظاهرة تلعب دوراً رئيسياً في العديد من التطبيقات الهندسية، فعلى سبيل المثال يتم ترك مسافات بين الوصلات الحديدية في المباني والجسور والسكك الحديدية والطرق السريعة لتعطي المجال للتمدد والانكماش. واذا لم يتم فعل ذلك يمكن ان يتصدع المبنى او تنهار الجسور وتلتوي السكك الحديدية بفعل التمدد الحراري للمواد المصنوعة منه. والتمدد الحراري Thermal expansion للاجسام ينتج عن التغير الذي يحدث للمسافات الفاصلة بين جزئيات وذرات المادة.

انواع التمدد الحراري:

اولا:- تمدد الاجسام الصلبة :

عندما تتغير درجة حرارة مادة ما، فإن الطاقة المختزنة في الروابط الجزيئية بين ذراتها تتغير. عندما تزداد الطاقة المختزنة يزداد طول الروابط الجزيئية، وبالتالي فإن المواد الصلبة عادة تتمدد عند

تسخينها وتتقلص عند تبريدها. يطلق على الاستجابة بتغير الأبعاد عند تغير درجة الحرارة اسم التمدد الحراري، وتقاس هذه العلاقة بمعامل التمدد الحراري.

من الممكن تعريف عدة معاملات تمدد حراري بحسب قياس التمدد وهي:

معامل التمدد الحراري الطولي

معامل التمدد الحراري المساحي

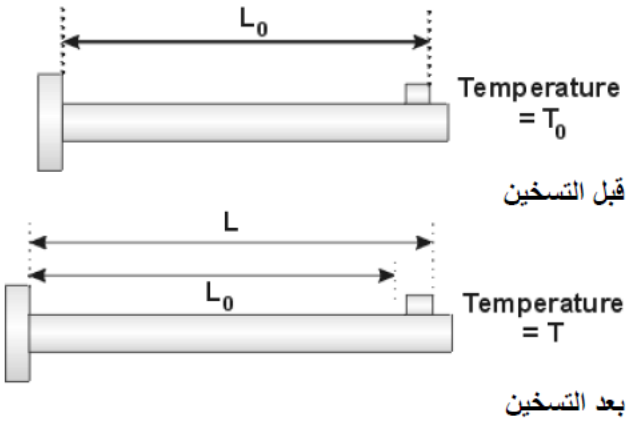
معامل التمدد الحراري الحجمي

حيث من الممكن تعريف معامل التمدد الحراري الحجمي للأجسام الصلبة والسائلة والغازية، بينما معامل التمدد الطولي يعرف فقط للأجسام الصلبة وهو العامل المستخدم بكثرة في التطبيقات الهندسية.

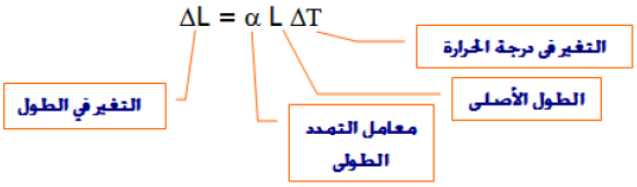
هناك بعض المواد التي تتمدد عند تبريدها مثل الماء المجمد، ولهذا يكون لها معامل تمدد حراري ذو قيمة سالبة.

التمدد الطولي

يحدث التمدد على كافة ابعاد الجسم كالطول والعرض والسمك وتكون نسبة الزيادة حسب الابعاد الهندسية للمادة ومقدار الزيادة يتناسب طردياً مع الطول الاصلي لذا تكون الزيادة في الطول اكثر منها في العرض او السمك، انظر الشكل ادناه.



وقد اثبتت التجارب ان التغير في الطول يتناسب طردياً مع التغير في درجات الحرارة والطول الأصلي، لذا يمكن كتابة معادلة التغير في الطول على النحو التالي:



حيث ان ثابت التناسب يسمى معامل التمدد الطولي ويعطى بالمعادلة التالية:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L\Delta T}$$

وعليه يمكننا تعريف معامل التمدد الطولي على انه مقدار التغير في الطول لكل تغير في درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة. اما وحدة معامل التمدد الطولي فهي $\frac{1}{(^oC)}$ او اي درجة اخرى حسب المقياس المستخدم.

ان جميع المواد تتمدد بالحرارة ولكن كل مادة لها معامل تمدد مختلف، وان قيمته ليست ثابتة تماماً ولكنها تتغير بصورة بطيئة مع تغير درجة الحرارة، وان التمدد الطولي يشمل كافة ابعاد الجسم ويكون التمدد ذو علاقة خطية مع درجة الحرارة لجميع ابعاد الجسم.

العوامل التي يتوقف عليها التمدد الطولي:

1. الطول الأصلي للجسم.
2. مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم.
3. نوع مادة الجسم

مثال1/ سكة حديد طولها 30m عندما كانت درجة الحرارة صفر درجة مئوية. ماطولها عندما تكون درجة الحرارة 40^oC، اذا علمت ان معامل التمدد الطولي للحديد ($0.000011\ C^{-1}$)؟

الحل/

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000011 * 30 * 40 = 0.013\ m$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 \rightarrow L_2 = 30.013\ m$$

مثال2/ قضيب من النحاس طوله 50cm، سخن على لهب بحيث زادت درجة حرارته بمقدار 20^oC. احسب الزيادة في طول القضيب، اذا علمت ان معامل التمدد الطولي للنحاس $(19*10^{-6}\ C^{-1})$؟

الحل/

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000019 * 50 * 20 = 0.019\ cm$$

مثال3/ قضيبان معدنيان متساويان في الطول والمساحة. المقطع الأول من الفولاذ معامل تمدده $(0.000011\ ^oC)$, والثاني من النحاس الأحمر معامل تمدده $(0.000017\ ^oC)$. احسب الزيادة التي تطرأ على كل من القضيبين عندما يتعرضان لتغير في درجة الحرارة من 5^oC الى 30^oC، علماً ان الطول الأصلي لكل قضيب 10m.

الحل/

لقضيب الفولاذ

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000011 * 10 * 25 = 0.00275\ m$$

اما لقضيب النحاس

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T = 0.000017 * 10 * 25 = 0.00425\ m$$

نهاية المحاضرة

محاضرة3- متابعة تأثير تغير درجة الحرارة على المواد

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

اما بالنسبة **لمعامل التمدد السطحي**: فهو مقدار الزيادة في مساحة المادة لوحدة المساحة الاصلية نتيجة تغير درجة الحرارة بمقدار درجة حرارية واحدة . ومن الجدير بالذكر ان تغير معامل التمدد السطحي (او المساحي) يعادل ضعفي تغير معامل التمدد الطولي.

العوامل التي يتوقف عليها التمدد السطحي :

١. المساحه الأصليه للجسم

٢. مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم

٣. نوع مادة الجسم

ويعطى التغير بالمساحة ΔA مع درجة الحرارة T بالمعادلة التالية:

$\Delta A = A_0 \, ß \, \Delta T$

$A_1 = A_0 \, (1 + ß \, \Delta T)$

ومنه نحصل على معامل التمدد السطحي ß

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_o \Delta T}$$

واذا كانت المادة الصلبة متجانسة الخواص فيكون التغير في وحدة الطول الناتج عن تغير درجة الحرارة متساوياً في جميع الاتجاهات.

التمدد الحجمي: هو التغير 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 .

العوامل التي يتوقف عليها التمدد الحجمي :

1- الحجم الأصلي للجسم

2- مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم

3- نوع مادة الجسم

وبالمثل فإن التغير بالحجم يعطى بالمعادلة:

$$\Delta V = \gamma V_o \Delta T$$

اما معامل التمدد الحجمي فيكون:

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_o \Delta T}$$

مسائل للمراجعة (لكل مسألة 5 درجات)

س1/ وعاء زجاجي حجمه (500 سم^3) ملئ بالزيت عند درجة حرارة (30 م^0) رفعت درجة الحرارة الى (100 C^0) فتمدد الزيت والوعاء لينسكب جزء من الزيت كم حجم الجزء المنسكب من الزيت علما ان $\gamma_{glass} = 5\times10^{-5}\ {}^0C^{-1}$, $\gamma_{oil} = 12\times10^{-5}\ {}^0C^{-1}$

س2/

1- اثبت ان $\beta = 2\alpha$

2- اثبت ان $\gamma = 3\ \alpha$

س3 / عند درجة حرارة الغرفة 25°c وجد أن قطر كرة مصمتة 4cm و أن القطرالداخلي لحلقة حديدية 3.95 cm، احسبي درجة الحرارة التي يجب أن تسخن إليها الحلقة حتى تكاد تمر الكرة في الحلقة ، علماً بأن معامل التمدد الطولي للحديد1/°c 6-10×0.11 .

ثانيا : تمدد السوائل

بصفة عامة تتمدد السوائل ويزداد حجمها بزيادة درجة الحرارة، ويكون معامل تمددها

الحجمي أكبر بعشرة مرات من تمدد المواد الصلبة . ولكن الماء يشذ عن باقي السوائل حيث أن كثافة الماء تزداد بزيادة درجة الحرارة من 0◦c إلى 4◦c وينكمش الماء، وإذا

ازدادت درجة الحرارة أكثر من 4◦c فإن الماء يتمدد بزيادة درجة الحرارة وتتناقص كثافته. تكون كثافة الماء أكبر ما يمكن عند درجة حرارة 4oC وتساوي.1000Kg/m3

و لهذه النتيجة أهمية كبيرة على حالة البحيرات في المناطق الباردة في فصل الشتاء، حيث

تتشكل على سطحها طبقة جليدية درجة حرارتها 0◦c دوماً بينما يكون الماء تحتها عند

درجة حرارة 4oC محافظاً على الحياة المائية فيها.

من أهم التطبيقات لظاهرة تمدد السوائل: الترمومترات الزئبقية و الكحولية

لنأخذ دورق مملوء بالسائل المراد دراسة تمدده الحجمي ، محكم الإغلاق بسدادة مطاطية

يجتازها أنبوب خارجي رفيع (أنبوبة شعرية.)

عند وضع الدورق في ماء ساخن فإن مستوى السائل في الأنبوب الشعري يهبط قليلاً ثم

يرتفع و يثبت عند حد أعلى من المستوى الأول للسائل.

وتجدر الاشارة الى ان السوائل يقاس تمددها حجمياً بنفس العلاقة المطبقة للجوامد، اذ لا يمكن قياس مدار تمددها طولياً او مساحياً (سطحياً).

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.

وهنا يجدر الاشارة الى ان الاشارة الى حجم الغاز عند درجة الحرارة ($0\ ^0C$) ضروري جدا لأن معامل التمدد الحجمي كبير جدا . اذا كانت V_1,V_2 تمثل حجم الغازعند T_1,T_2 فانه لايصح 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 ($0\ ^0C$) أي نسبة الى الظروف القياسية. اي ان:

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

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

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

نهاية المحاضرة

محاضرة4- كمية الحرارة والسعة الحرارية

كمية الحرارة: وتمثل مقدار الطاقة التي يكتسبها الجسم ليبدي رد فعل لاكتسابه تلك الطاقة مثل ازدياد درجة حرارته او تمدده او اي نشاط اخر يبديه.

وقد جد بالتجربة العملية أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة تختلف حسب طبيعة المادة، فعلى سبيل المثال كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة Kg1 من الماء درجة مئوية واحدة تساوي J4186 ولكن لرفع درجة حرارة Kg1 من النحاس درجة مئوية واحدة يلزم J387. ولهذا فإننا نحتاج إلى تعريف كمية فيزيائية جديدة تأخذ في الحسبان طبيعة المادة المكتسبة او الفاقدة للحرارة وهذه الكمية هي السعة الحرارية heat capacity. **وتعرف السعة الحرارية بأنها مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة مئوية واحدة.**

ومن تعريف السعة الحرارية نستنتج أن كمية الحرارة Q التي تضاف للمادة تساوي التغير في درجات الحرارة ΔT مضروبة في السعة الحرارية C. اي ان:

$$Q = C\,\Delta T$$

وبما ان وحدة كمية الحرارة هي الجول J، فتكون وحدة السعة الحرارية هي $J/^{o}C$.

من المؤكد بأن السعة الحرارية تتناسب طرديا مع كتلة المادة ولذلك سنقوم بتقسيم السعة الحرارية على الكتلة حتى نحصل على كمية فيزيائية جديدة لا تعتمد على الكتلة وهي السعة الحرارية النوعية specific heat capacity والتي تعتمد فقط على نوع المادة:

$$c = \frac{C}{\mathrm{m}} \quad \left(\frac{J}{{}^{o}C.Kg}\right)$$

ووحدة السعة الحرارية النوعية $J/kg.^oC$، فمثلا السعة الحرارية النوعية للماء تساوي $4186\ J/kg.^oC$ وهذا يعني اننا نحتاج إلى 4186 جول من الطاقة تلزم لرفع واحد كيلو جرام من الماء درجة مئوية واحدة. ونلاحظ ان الماء هو اكثر العناصر سعة حرارية في الطبيعة وذلك لان اجسامنا تحتوي على 70% من الماء وهذا يجعل درجة حرارة الجسم ثابتة طوال اليوم والا ارتفعت درجة الحرارة في النهار وانخفضت في الليل، كما ان مياه المحيطات والبحار لا تتغير درجة حرارتهم بسرعة حفاظاً على الكائنات الحية التي فيها وهذا من حكمة الله عز وجل بأن يكون للماء اكبر سعة حرارية أي الاقل تأثراً بتغير درجات الحرارة.

الجدول التالي يبين السعة الحرارية لبعض المواد عند درجة حرارة 25 درجة مئوية (درجة حرارة الغرفة) وعند الضغط الجوي.

Al	**900J/kg.C°**		**wood**	**1700J/kg.C°**
Cu	**387J/kg.C°**		**glass**	**837J/kg.C°**
Ag	**129J/kg.C°**		**water**	**4186J/kg.C°**
Pb	**128J/kg.C°**		**ice**	**2090J/kg.C°**

لاحظ كيف ان السعة الحرارية للماء اكبر مايكون اما بالنسبة للمعادن مثل النحاس والالمنيوم فتلاحظ ان السعة الحرارية النوعية قليلة جداً. وهذا ان الحرارة المطلوبة لرفع درجة حرارة المعادن درجة مئوية واحدة اقل بكثير من الحرارة التي تتطلب لرفع درجة حرارة الماء.

اما كمية الحرارة فيمكن التعبير عنها بدلالة السعة الحرارية النوعية كالاتي:

$$Q = m\,c\,\Delta T \qquad (\Delta T = T_2 - T_1)$$

وحيث ان الكتلة والسعة الحرارية النوعية كميات موجبة دائماً، فإن كمية الحرارة تعتمد على التغير في درجة الحرارة. حيث تكون موجبة اذا اكتسبت المادة حرارة ($T_2 > T_1$ ➔ T_2-T_1=+ve)، وتكون سالبة في حالة فقدان الجسم للحرارة ($T_2 < T_1$ ➔ T_2-T_1=-ve).

مثال1/ سخنت كتلة من المعدن الى 200^oC ثم اسقطت في قدح يحتوي 0.4 كغم من الماء بدرجة حرارة 20 درجة مئوية. وبعد قياس درجة التوازن النهائية للنظام وجد انها تساوي 22.4 درجة مئوية. احسب الحرارة النوعية للمعدن. وما هي الحرارة الكلية المنتقلة الى الماء من المعدن المبرد.

عندما يكون النظام في حالة توازن فهذا يعني حرارة الجسم (المعدن) تصبح متساوية مع حرارة المحيط (الماء). اي ان:

الحرارة المفقودة من المعدن = الحرارة المكتسبة من قبل الماء

نفرض ان المعدن x كتلته m_x ، ذوسعة حرارية نوعية c_x. فيكون

$$m_x.c_x(T_i - T_f) = m_w.c_w(T_f - T_i)$$

$$(0.05kg).c_x(200^oC - 22.4^oC) = (0.4kg).(\frac{4186J}{kg^oC})(22.4^oC - 20^oC)$$

c_x= 453J/kg.^{o}C

اما الحرارة المنتقلة من الماء الى المعدن المبرد فهي نفسها كمية الحرارة التي فقدها الماء المعدن. فيكون:

$Q=m\ c\ (T_f-T_i) = 0.05 *453*(22.4-200)= -4020\ J$

مثال2/ يطلق رجل مقذوفة فضية كتلتها 2غم بسرعة 200م/ثانية الى جدار. ماهو التغير في درجة حرارة المقذوفة.

بما ان الحرارة صورة من صور الطاقة، فعند اصدامها بالجدار يمكن ان تتحول طاقتها الحركية بمجملها الى طاقة حرارية. والطاقة الحركية للمقذوفة هي:

$E_k= ½\ m\ .\ v^2 =40J$

اما الطاقة الحرارية فهي

$$Q=m.c.\Delta T$$

$$\therefore \Delta T = \frac{Q}{m.c} = \frac{40}{0.002 * 234} = 85.5^oC$$

الحرارة الكامنة Latent heat

وجدنا في الموضوع السابق أنه عند التسخين أي تزويد المادة بحرارة فإن القانون السابق $Q = m\ c\ DT$ يشير إلى أن هناك تغير موجب في درجة الحرارة أذا اكتسب الجسم حرارة أو تغير سالب إذا فقد الجسم حرارة، أي انه دائما يكون هناك تغيير في درجة الحرارة مع الانتقال الحراري ولكن هذا ليس صحيحاً في جميع الحالات حيث أن درجة الحرارة تثبت عندما تتحول حالة المادة من صورة إلى أخرى مثل الماء إلى بخار الماء حيث تثبت درجة الحرارة عند 100 درجة مئوية عند الضغط الجوي وتسمى درجة الغليان. وهذا يعني أن كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم لا تزيد من درجة حرارته بل تقوم على تحويل حالته Phase change.

وبذلك تكون كمية الحرارة (الطاقة الحرارية) اللازمة لتغير حالة المادة من طور الى آخر هي:

$Q=m.L$

حيث ان L هي الحرارة الكامنة (Latent heat).

يوجد نوعين من الحرارة الكامنة ففي حالة الانصهار melting تسمى الحرارة الكامنة للانصهار latent heat of fusion L_f حيث تتحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، وفي حالة الغليان boiling حيث تتحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تسمى الحرارة الكامنة للتبخر latent heat of vaporization L_v.

$$L_v > L_f$$

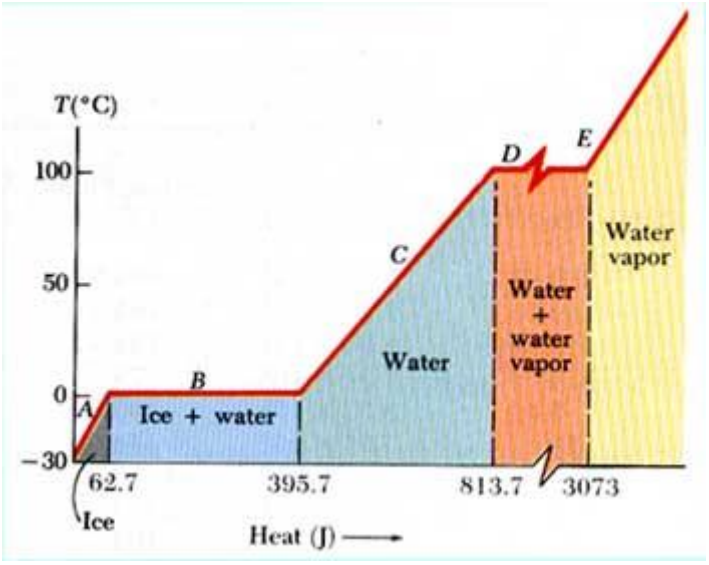
لماذا؟

<u>لذلك يجب الانتباه عند حل السؤال المتعلق بكمية الحراة والحرارة الكامنة الى تأثير درجة الحرارة على المادة، هل ان المادة مرت في تغير في طورها (حالتها) ام لا.</u>

مثال/ ماهي الحرارة اللازمة لتحويل 1غم من الثلج عند 30 درجة مئوية الى بخار عند 120 درجة مئوية؟ علماً ان السعة الحرارية النوعية للثلج هي $c_{ice}=2090J/kg.^oC$، وللماء السائل $c_w=4286J/kg.^oC$، اما لبخار الماء فهي $c_{steam}=2000J/kg.^oC$. اما الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر فهي على التوالي $L_f= 333000J/kg$، $L_v= 2260000J/kg$.

الحل/

لإيجاد كمية الحرارة المطلوبة لتحويل الثلج إلى ماء ومن ثم إلى بخار يلزم أن نحسب أولا كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة الثلج من -30 إلى صفر ثم نحسب كمية الحرارة اللازمة لتحول الثلج إلى ماء عند درجة صفر، ثم حساب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء من صفر إلى 100 درجة، ثم نحسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل الماء إلى بخار عند درجة حرارة 100, ثم كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة البخار من 100 إلى 120 درجة. الشكل التالي يوضح العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة. انظر الشكل ادناه



Ice from -30°C to 0°C

$Q = m_{ice}\, c_{ice}\, \Delta T = 62.7J$

From ice to water + ice at 0°C

$Q = m\, L_f = 333J$

Water from 0°C to 100°C

$Q = m_w\, c_w\, \Delta T = 419J$

water to water + steam at 100oC

$Q = m\, L_v = 2260J$

From 100oC to 120oC

$Q = m_{steam}\, c_{steam}\, \Delta T = 40.2J$

The total energy = 62.7 + 333 + 419 + 2260 + 40.2 = 3110J

نهاية المحاضرة

س/ مامقدار كتلة بخار الماء عند 130 درجة مئوية المطلوبة لتسخين 200غم من الماء في قدح كتلتله 100غم من 20 الى 50 درجة مئوية؟

محاضرة5- طرق قياس السعة الحرارية النوعية

المسعر الحراري Calorimeter

يعد المسعر الحراري اكثر الطرق انتشاراً واسهلها لقياس السعة الحرارية النوعية للمواد الصلبة والسائلة.

ويعتمد مبدأ عمله على التغير في كمية الحرارة المصاحب لتغير درجة حرارة المادة، كما في المعادلة التالية:

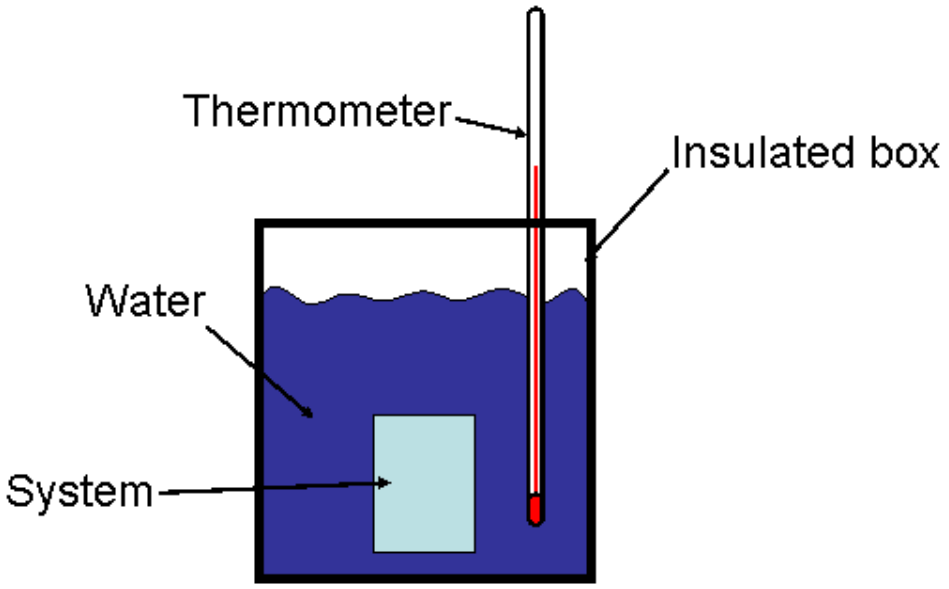
$$Q=m.c.\Delta T$$

وتختلف المساعر الحرارية باختلاف الغرض من استخدامها والمواد المقاسة واهم انواعها هي:-

هنالك انواع مختلفة من المساعر ، وتصنف حسب الغرض الذي تستخدم من اجله الى الانواع الاتية:

1- مساعر التفاعل الكيميائي Reaction calorimeters .
2- مسعر الضغط الثابت Constant-pressure calorimeter
3- مسعر المسح التفاضلي Differential scanning calorimeter
4- مسعر التسحيح المتماثل حراريا Isothermal titration calorimeter
5- مسعر الاشعة السينية X-ray microcalorimeter
6- مسعر الدقائق عالية الطاقة High-energy particles calorimeter

ويتألف المسعر التقليدي من أسطوانة من مادة معدنية تحتوي على ثقبين احداهما: لميزان الحرارة والأخر لإدخال السهم الكهربائي (مصدر الحرارة). ولتقليل الفقدان الحراري (انتقال الحرارة الى المحيط) نحيط الاسطوانة المعدنية من الاعلى والاسفل بمادة البوليسترين، او قد تغمر عينة الاختبار في ماء لغرض عزله عن المحيط وبالتالي الحصول على نتائج اكثر دقة. والشكل ادناه يوضح مخطط مبسط لتركيب المسعر الحراري



الغاز المثالي

مقدمة

الغاز المثالي هو غاز مفتر ض ولاوجود له في الطبيعة يخضع لمعادلة الحالة تماما من حيث العلاقة بين (n, T, V, p)

$$pV=nRT$$

والغاز المثالي لايمكن اسالته من خلال زيادة الضغط وخفض T كما هو الحال في االغازات الحقيقية الاخرى مثل CH_4, NH_3 H_2 , O_2, .

السبب في ذلك هو عدم وجود قوى كامنه تربط بين جزيئاته اي انعدام قوى التجاذب تماما بين جزيئات الغاز المثالي لان طاقته الكامنة صفر .

$E_{tot}=E_k+E_p=E_k+0=E_k$

الغاز الحقيقي هو الغاز الذي لايخضع مباشرة الى معادلة الحالة والمتواجد فقط في T عالية جدا وضغوط واطئة جدا وله طاقة حركية وكامنه اي ان قوة التجاذب له ليس صفرا وبالتالي فان طاقته الكلية هي مجموع طاقته الكامنه الحركية .

$E_{tot}=E_k+E_p$ (real gas)

مثل هذه الغازات يمكن ان تسال برفع الضغط وخفض درجات الحرارة مثل Co_2 , NH_3 , CH_5 , H_2.....

نهاية المحاضرة

محاضرة6- النظرية الحركية للغازات

سلوك الغاز المثالي ينظم من خلال النظرية الحركية للغازات لقد تم وضع اسس النظرية الحركية للغازات من قبل العالم البريطاني ماكس ويل والاسترالي بولترمان في القرن 19 النظرية الحركية للغازات نفس الخواص المشاهدة للغازات مثل t,v,p

وتاثير هذه العوامل قياسية على سلوك جزيئات الغاز

تسمى هذه النظرية بالنظرية الحركية للغازات او بنظرية التصادم وهي تفرض مايلي:-

يتكون الغاز من دقائق متناهية بالصغر ومتشابهة مع بعض

المسافات الفاصله بين هذه الجزيئات كبيرة جدا مقارنة بحجم هذه الجزيئات لهذا من الممكن اهمال حجم هذه الدقائق مقارنة بالمسافات الفاصلة فيها

انعدام قوة التجاذب بين هذه الدقائق اي ان (Ep=0)

تكون في حالة حركة عشواءية مستمرة بخطوط مستقيمة وتتصادم بعض منها مع الجدار الوعاء الحامل لها

تصادم الدقائق مع بعض تصادم مرن (elastic) وعند التصام تنتقل الطاقة من جزيئة الى اخرى اي ان معدل الطاقة الكلية لدقائق الغاز يكون ثابت مثل تصادم كرات البليارد مع بعض وليس كتصادم الاجسام الصلبة

معدل الطاقة الحركية للدقائق يتناسب طرديا مع درجة الحرارة

شكل هذه الدقائق كروي (دائري) وهي ذات طبيعة مرنة وليس صلبة

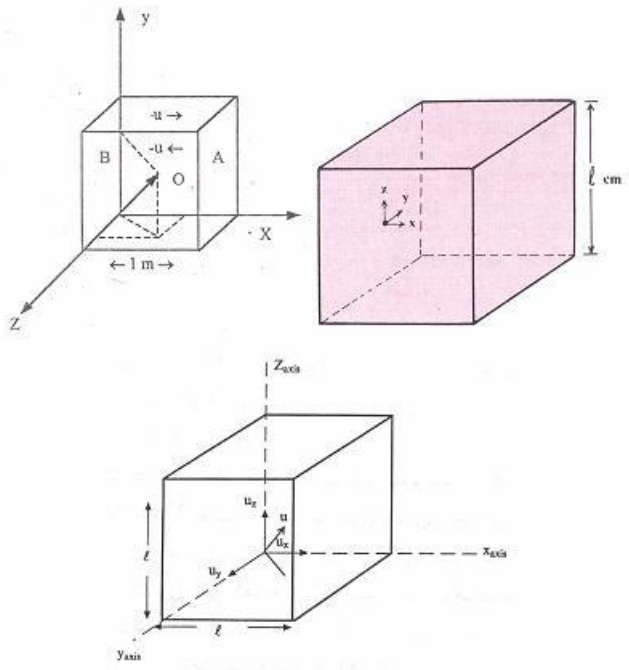
ان هذه الفرضيات مبنية على المشاهدات التجربية للغازات عموما هذه الفرضيات تنطبق على الغازات المثالية والى مدى الغازات الحقيقية في درجات حرارة عالية وضغوط واطئة جدا.

تفسير خواص الغازات حسب النظرية الحركية للغازات:-

اشتقاق المعادلات الأساسية للنظرية الحركية

بناءاً على فروض النظرية الحركية للغازات التي وضحت في المحاضرة السابقة، يمكن ايجاد علاقة تربط بين ضغط الغاز المثالي (P) وكتلة (m) الغاز وسرعة جزيئاته (υ).

نفرض وجود غاز محبوس في اناء مكعب الشكل طول ضلعه (L) وحجمه (L^3) ومساحة كل جدار له (L^2). كما في الشكل ادناه:



- يحتوي المكعب على عدد (N) من الجزيئات. كتلة الجزيء الواحد منها (m) وسرعته (υ) عند درجة حرارة ثابتة.
- ووفقاً للنظرية الحركية للغاز فإن الجزيئات تتحرك حركة عشوائية في جميع الاتجاهات، وبذلك فإن سرعتها (υ) في اي لحظة تكون مركبة من ثلاث مركبات متعامدة لكل محور من المحاور الثلاثة (x, y, z) كما مبين في الشكل اعلاه. اي انه في لحظة معينة ثلث الجزيئات (1/3 N) يتحرك في اتجاه (x) ومثله في اتجاه (y) و (z).

- ينتج ضغط الغاز على اي جدار من جدران الصندوق نتيجة الاصطدامات من جزيئات الغاز على هذا الجدار. وبما ان القوة الناتجة عن كل اصطدام يمكن حسابها من خلال فرضية ان القوة هي معدل تغير كمية الحركة مع الزمن (قانون نيوتن الثاني)، فيمكن ان نشتق المعادلة العامة للغاز المثالي كما يأتي:-

نرمز الى السرعات في الاتجاهات الثلاث بالرموز (u_x, u_y, u_z)، والتي محصلتها ($\bar{u}$) تعطى بالاتي:-

$$\bar{u}^2 = \bar{u}_x{}^2 + \bar{u}_x{}^2 + \bar{u}_x{}^2$$

واذا تصورنا جزيئاً واحداً يصطدم بجدار المكعب (A) اي في اتجاه المحور (x) وبسرعة قدرها (υ m/s). هذا الجزيء المتحرك في هذا الاتجاه سيصطدم بالجدار المظلل كلما قطع مسافة (2L) خلال مساره وذلك لأنه بعد الاصطدام لابد ان يقطع مسافة (L) ليصل الى الجدار المقابل ثم يعود مسافة (L) ليصطدم مرة اخرى بالجدار المظلل. اي يقطع مسافة (2L) ليصطدم مرة اخرى بنفس الجدار. فإذا كان الجزيء يتحرك بسرعة υ m/s فمعنى ذلك انه خلال ثانية واحدة يكون قد قطع مسافة قدرها υ m.

وبالتالي فالزمن الذي يمر قبل ان يصطدم الجزيء مرة اخرى مع نفس وجه الصندوق تحدده العلاقة:

$$t = \frac{2L}{\upsilon_x}$$

وبالتالي فإن عدد الاصطدامات التي سيحدثها على الجدار المظلل في الثانية الواحدة يكون مساوياً للمسافة التي قطعها في تلك الثانية مقسوماً على المسافة التي يقطعها ليحدث اصطدام (مقلوب التعبير السابق)

اي ان عدد الاصطدامات في الثانية الواحدة $\left(\frac{\upsilon}{2L}\right) collisions/second$) اصطدام/ ثانية.

وبفرض ان عملية مرنة فإن الجزيء سوف يرتد في الاتجاه المعاكس بنفس السرعة السابقة (الطاقة محفوظة) مع عكس الاشارة (بسبب عكس الاتجاه). وبالتالي فإن كمية الحركة للجزيء قبل اصطدامه بالسطح (الجدار A) في اتجاه المحور x تساوي (الكتلة* السرعة) mυ، وبعد الاصطدام – mυ.

اذاً التغير في كمية الحركة للجزيء في كل اصطدام على السطح (A) (التغير في كمية الحركة للاصطدام الواحد) هو :

$$m.v - (-m.v) = 2\ m.v\ Kg.m.s^{-1}$$

والان فإن القوة التي يؤثر بها جسيم وحيد على ذلك الوجه من الصندوق يحددها معدل التغير في كمية التحرك للجسيم (القانون الثاني لنيوتن):

القوة =معدل التغير في كمية التحرك

ولهذا سيكون التغير في كمية التحرك لكل ثانية بالنسبة لجزيء واحد للسطح الواحد في الذهاب يساوي:

القوة الناتجة عن اصطدام جزيء واحد بالجدار المظلل = عدد الاصطدامات بالثانية الواحدة x التغير في كمية الحركة في الاصطدام الواحد. اي:

$$Force = (2mv) * \left(\frac{v}{2L}\right) = \left(\frac{mv^2}{L}\right) Kg\ m\ s^{-1}$$

وعند الاياب سوف يتعرض الجزيء للاصطدام بالسطح (B) المقابل، بحيث يصبح التغير في كمية التحرك لكل ثانية لنفس الجزيء هو $(-\frac{mv^2}{L})$.

وبالتالي فإن معدل التغير في كمية التحرك لكل ثانية للجزيء على السطحين المتقابلين (A, B) على طول المحور x يساوي:

$$\frac{mv^2}{L} + \frac{mv^2}{L} = \frac{2mv_x^2}{L}$$

وبالمثل يمكن حساب التغير في كمية التحرك لنفس الجزيء في اتجاه المحورين الاخرين () يساوي:

$$\frac{2mv_y^2}{L}\ ,\frac{2mv_z^2}{L}$$

على التوالي.

وبذلك يصبح التغير الكلي في كمية التحرك بالنسبة للاوجه الستة للمكعب هو:

$$\frac{2mv_x^2}{L}+\frac{2mv_y^2}{L}+\frac{2mv_z^2}{L}=\frac{2m}{L}\left(v_x^2+v_y^2+v_z^2\right)=\frac{2mv^2}{L}\ Newtons$$

وطبقاً لقانون نيوتن للحركة فإن معدل التغير في كمية التحرك يكون مساوياً للقوة المؤثرة، والقوة الناتجة عن ضربات الجزيء الواحد هي:

$$\frac{2m\overline{u^2}}{L}\ Newtons$$

والقوة الكلية الناتجة عن عدد N من الجزيئات هي:

$$\frac{2mN\bar{u}^2}{L}$$

وحيث ان الضغط يعرف بأنه القوة المسلطة على وحدة المساحات:

$$P=\frac{F}{A}=\frac{2mN\bar{u}^2}{AL}$$

حيث ان P الضغط، A مساحة سطح الوجه الواحد من المكعب، وحيث ان مساحة اوجه المكعب الست هي:

$$A=6L^2$$

وبالتالي:

$$P=\frac{2mN\bar{u}^2}{6L^2\times L}=\frac{1}{3}\times\frac{mN\bar{u}^2}{L^3}$$

$$L^3=V$$

$$P=\frac{1}{3}\frac{mN\bar{u}^2}{V}$$

او

$$\overline{KE}=\frac{1}{2}m\bar{u}^2$$

وتعرف هذه المعادلة بالمعادلة الحركية للغازات المثالية.

ويمكن كتابة التعبير الاخير لضغط الغاز بصورة بديلة، حيث mN هي الكتلة الكلية للغاز، V هو الحجم الكلي، وبذلك فإن الكثافة d تساوي mN/V وتصبح المعادلة كما يلي:

$$P = \frac{1}{3} dv^2$$

معادلة الطاقة الحركية للجزيئات

الصيغة الرياضية:

$$\overline{KE} = \frac{1}{2} m\bar{u}^2$$

حيث :

$\overline{KE}$: الطاقة الحركية بوحدة (J) لجزيء واحد من الغاز.

m: كتلة الجزيء الواحد بوحدة الكيلوغرام Kg.

$\bar{u}^2$: متوسط مربع سرعة الجزيء بوحدة m^2/s^2.

أما الطاقة الحركية لعدد N من الجزيئات فهي:

$$K = \frac{1}{2} mN\bar{u}^2$$

نهاية المحاضرة

نهاية المحاضرات لهذا الكورس

تمنياتي بالتوفيق للجميع