المحاضرة الثانية

4 - القوى الجزيئية Molecular forces

ان من يحاول قطع سلك معدني دقيق بيديه الى قسمين سيحتاج بلا شك الى قوة لإنجاز ذلك , وما هذه القوة الا مقياس لقوى التماسك بين جزيئات السلك .اما محاولة تجزئة كمية من السائل الى اجزاء اصغر مثل تكسير قطرة كبيرة من الزئبق الى اجزاء اصغر اي قطيرات فانه يتم بسهولة مما يشير الى ان قوة التماسك بين جزيئات السائل اقل بكثير مما هي عليه في الجسم الصلب . اما الغاز فان ضآلة قوى التماسك بين الجزيئات يحتم وضعه في وعاء مغلق لمنع هرب الجزيئات بعيدا عن بعضها .

والان اذا حاولنا تسليط ضغط هائل على جسم صلب فانه لا ينضغط بسهوله وكذلك الحال بالنسبة للسائل , اما الغاز فانه ينضغط بسهولة في اول الامر ولكن ما ان تصل المسافات الفاصلة بين الجزيئات حدا معينا حتى يصبح الانضغاط امرا ليس بالسهل . وذلك يشير الى وجود قوة تنافر تظهر متى ما اصبحت المسافات الفاصلة بين الجزيئات تقل عن مسافة معينة تدعى بمسافة التوازن ويزداد هذا المقدار كلما قلت المسافة عن ذلك الحد .

مما سبق يظهر ان هناك نوعين من القوى بين الجزيئات هما قوى التجاذب وقوى التنافر . وعندما تتساوى هذه القوى فان الجزيئات تكون في حالة نوازن وهذه الحالة الطبيعية للمادة .

أ – انواع قوى التجاذب بين الجزيئات

1 –القوى الكهربائية : وهي القوى الناجمة عن التجاذب الكهربائي بين الايونات المختلفة الشحنة .

2 – القوى التبادلية او(التساهمية) :وهي القوى الناجمة عن اشتراك الالكترونات الخارجية في تكوين الرابطة الكيميائية الخارجية لمختلف ذرات الجزيء في تكوين الرابطة الكيميائية .

3 – قوى فاندرفالز : وهي قوى قصيرة المدى تظهر فقط اذا كانت المسافة بين الجزيئات صغيرة جدا. وتنشا هذه القوى نتيجة التجاذب بين ثنائيات القطب الدائمة او المحتثة وخير مثال على ذلك قوى التجاذب بين جزيئات الماء .

ب – **قوى التنافر بين الجزيئات** :

تنشا هذه القوى نتيجة للتنافر المتبادل بين السحابات الالكترونية الموجودة حول الجزيئات او الذرات عندما تحاول ان تتداخل تحت تأثير قوى التجاذب .

ان قوة التنافر بين الجزيئات تتحدد بالمسافة بينهما فعندما تكون المسافة بين الجزيئين كبيرة فان قوة التجاذب بينهما تكون تساوي صفر . وعندما تقل المسافة بينهم تزداد قوى التجاذب بينهما حتى تصبح اكبر ما يمكن وعندما تقل المسافة عن ذلك تبدا بالتضاؤل حتى تصل صفرا عندما يكون التباعد بينهم صغيرا جدا وبعد ذلك يبدا تأثير قوى التنافر بالظهور وتزداد قوة التنافر زيادة سريعة كلما اصبحت الجزيئات قريبة من

بعضها اكثر . وهكذا يتضح ان الوضع الطبيعي للجزيئات يتحدد بالمسافة بينها التي تتعادل عندها قوى التجاذب مع قوى التنافر وهذا هو موضع التوازن لكل من الجزيئين وعليه فان حالة التوازن تمثل تلك لحالة التي تتعادل فيها قوى التجاذب مع قوى التنافر .

الحالة الغازية للمادة Gasses

عندما تكون المادة في الحالة الغازية فان المسافات الفاصلة بين الجزيئات تكون كبيرة جدا بالمقارنة مع ابعادها (اقطارها) ونتيجة ذلك تكاد تكون قوى التجاذب بين الجزيئات معدومة تماما , والجزيئات في حالة حركة عشوائية دائمة ومتوسط سرعة الجزيء الواحد تحت الظروف الاعتيادية تقارب سرعة الصوت في الهواء ونتيجة الحركة المستمرة فان الجزيئات تتصادم مع بعضها ومع جدران الوعاء الذي يحتويها .وما الضغط الذي يسلطه على جدران الوعاء الا نتيجة القصف المستمر لجزيئات الغاز لتلك الجدران .وخير مثال على ضغط الغاز هو الضغط الذي يسلطه الهواء المحصور داخل اطار عجلات السيارة حيث عدد الجزيئات التي تقصف الجدران المطاطية من الداخل اكبر بكثير من من الخارج مما يجعل جدران الاطار المطاطي قادرة على تحمل ثقل السيارة دون ان تنكمش .

ان المسارات التي تقطعها الجزيئات ما بين التصادمات تكون على شكل خطوط مستقيمة ولكن اطوالها ليست ثابتة بل تتغير عشوائيا لذلك يؤخذ معدلها الذي يتمثل بمتوسط المسار الحر الذي يرمز له عادة بالرمز (٨) ويعرف بانه متوسط طول المسار الذي يقطعه الجزيء بين تصادمين متتاليين وقد وجد ان (٨) لاي غاز حقيقي يمكن حسابها من المعادلة :

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\, n\sigma}$$

حيث n تمل عدد الجزيئات في وحدة الحجم

σ مساحة المقطع العرضي الفعال للجزيء وتساوي مساحة دائرة نصف قطرها a حيث a يمثل القطر الحقيقي للجزيء الواحد .

وقد امكن تقدير قيمة ٨ لاي غاز حقيقي تحت الشروط القياسية ووجد ان متوسط طول المسار الحر هو حولي 200 مرة بقدر قطر الجزيء

ويلاحظ من المعادلة ان متوسط طول المسار يعتمد على كثافة الغاز اي (عدد الجزيئات في وحدة الحجم) وهذا يعتمد على الضغط المسلط على الغاز اذ كلما ازداد الضغط تقاربت الجزيئات من بعضها وازداد معدل التصادمات مع بعضها البعض وبذلك يقل متوسط المسار الحر والعكس بالعكس تماما اذ كلما قل الضغط ازداد طول المسار الحر .

واذا ما زود الغاز بكمية من الحرارة وكان حجم الغاز ثابتا فان درجة حرارته ترتفع بينما كثافه الغاز تبقى ثابته وفي هذه الحالة يكون متوسط المسار الحر ثابتا . اما اذا كان حجم الغاز متغيرا فان طول المسار الحر يتغير ايضا .

اذا وضع غاز جزيئاته خفيفة جدا داخل وعاء مغلق تحت ظروف قياسية من ظغط ودرجة حرارة ,فان قوى التجاذب المتبادلة بين الجزيئات تكون مهملة بسبب صغر كتلتها وتباعدها الهائل عن بعضها وفي هذه الحالة يكون متوسط الطاقة الحركية كبير جدا بالمقارنة مع الطاقة الكامنة التي تكتسبها هذه الجزيئات بفضل موقعها داخل الوعاء لهذا السبب فان جزيئات الغاز لا تترسب في قعر الوعاء نتيجة التعجيل الارضي لها بل تستمر في حركتها العشوائية في جميع الاتجاهات ودون توقف , وهذا هو السبب الذي يجعل الغاز لا يمتلك حجما وشكلا محددين بل انه يشغل كل الوعاء الذي يحتويه ولذلك فان اي غاز يأخذ حجم وشكل الوعاء الذي يوضع فيه .

وفي هذه الحالة يكون توزيع الجزيئات متجانسا في جميع الاجزاء اي ان كثافة الغاز واحدة في جميع النقاط داخل الوعاء . وفي الحقيقة ان هذه الحالة صحيحة فقط اذا كان حجم الوعاء محدودا والغاز خفيفا .اما على وجه الدقة اذا كان حجم الوعاء كبيرا جدا والغاز ليس من النوع الخفيف كان يكون الهواء العادي مثلا فان هناك ميلا في حالة التوازن يكون تركيز الهواء عند القعر اكبر ويقل بالتدريج نحو الاعلى .

الحالة السائلة للمادة liquids

في هذه الحالة تكون المسافات الفاصلة بين الجزيئات اقل مما هي عليه في الحالة الغازية . اي ان متوسط المسار الحر في السائل اقل بكثير مما هو عليه في الغاز . وهذا يفسر لماذا ان السائل يشغل في المادة حجما اقل بمقدار الف مرة عن الحجم الذي يشغله الغاز المساوي له بالكتلة . ان ذلك يشير الى ان قوى الجذب التي تمسك جزيئات السائل الى بعضها لا يمكن اهمالها . وبالرغم من ان جزيئات السائل في حالة حركة مستمرة الا ان طاقتها الحركية غير كافية للتغلب على قوى الجذب المتبادلة بين الجزيئات المتجاورة . وهي لذلك لا تستطيع ان تنفصل عن بعضها بسهولة كما في الحالة الغازية . ولهذا السبب فان السائل يتواجد على شكل مجموعة متماسكة من الجزيئات .

ان جزيئات السائل تمتلك حركتين احداها اهتزازية والاخرى انتقالية , ونتيجة ذلك فانها تتصادم مع بعضها باستمرار . وبسبب الحركة الانتقالية فانها تنتقل ما بين الجزيئات خلال الفجوات منزلقة على بعضها البعض . وهذا السلوك الحركي لجزيئات السائل هو الذي يضفي على السائل صفة الميوعة . وهو لذلك يأخذ شكل الاناء الذي يحتويه .

ان اي جزء داخل السائل يمتلك طاقة حركية تتغير باستمرار نتيجة التصادمات الكثيرة التي يعانيها وهو بذلك ينتقل داخل السائل من موقع لاخر واذا ما وصل الى سطح السائل وكان يمتلك طاقة حركية كافية ويتحرك باتجاه بالاتجاه المناسب فانه قد يتغلب على قوة الجذب ويتحرر من سطح السائل وهذا هو ما يحدث عادة في عملية التبخر . واذا ما زود السائل بالحرارة فان متوسط الطاقة الحركية للجزيئات يزداد وبذلك يزداد معدل التبخر والعكس بالعكس .

ان للسائل خاصية مشتركة مع الغاز وهي القدرة على الانسياب , والمادة التي تتميز بهذة الخاصية تدعى بالمائع . وعلى هذا الاساس فان مفهوم المائع يشمل كافة المواد السائلة والغازية في الطبيعة .

الحالة الصلبة للمادة solid state

في هذه الحالة تكون المسافات الفاصلة بين الجزيئات اقل مما هي عليه في الحالتين السائلة والغازية .اي ان متوسط المسار الحر اقل مما هو عليه في السائل والغاز , ونتيجة لذلك فان قوى التجاذب بين الجزيئات كبيرة جدا وليس ادل على مقدار قوى الجذب التي تمسك الجزيئات بعضها الى بعض من المقاومة الهائلة التي يبديها السلك المعدني الرقيق عند محاولة قطعه الى قسمين .

ان كل جزيء في المادة الصلبة يكون مقيدا بموضعه بشدة بسبب قربه من الجزيئات المحيطة به وتعرضه لقوى جذب ماسكة كبيرة ولهذا السبب فان الجسم الصلب يحتفظ بشكله ثابتا . وفي الحقيقة ان الجزيئات ليست ساكنه في مواضعها بل انها تتحرك حركة عشوائية ذات طبيعة اهتزازية وليست انتقالية كما في الحالتين السائلة والغازية .

وبصورة عامة فان المواد الصلبة تكون على نوعين :

النوع الاول وهو المادة البلورية وتكون فيها جميع الجزيئات مرتبة بدقة وفق نمط هندسي يتكرر بانتظام . وهذا النمط يتوقف على طبيعة الجزيئات التي يتألف منها الجسم البلوري ومن الامثلة المألوفة على التركيب البلوري هو ملح الطعام (بلورة كلوريد الصوديوم) وحجر الماس (بلورة الكاربون) . والنوع الثاني وهوة المادة غير البلورية وتكون فيها الجزيئات مثبته في مواضعها تقريبا ولكن ليست مرتبه وفق نمط محدد ومن الامثلة على ذلك الزجاج واللدائن والشمع .

خواص اخرى للمادة

ـ الكثافة والوزن النوعي : Density and Specific Gravity

الكثافة هي خاصية من خواص المادة وتعرف بانها كتلة وحدة الحجوم او كمية المادة الموجودة في وحدة الحجم ويرمز لها بالرمز (ρ) وتعطى بالعلاقة

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حيث ρ الكثافة

m الكتلة

V الحجم

تقاس الكتلة في النظام الدولي للوحدات SI بوحدة Kg\m3 وتعطى أيضا بوحدة gm\cm3 .

ونظرا لان المادة تتمدد بزيادة درجة الحرارة فان الكثافة تقل عادة بالتسخين .

وقد وجد ان كثافة العنصر الصلب تزداد بزيادة عدده الكتلي (اي عدد البروتينات وعدد النيوترونات في ذرة العنصر) ولكن هذه الزيادة ليست منتظمة والسبب في ذلك هو حجم الجزيئات والتباعد فيما بينهما وكمثال بسيط هو ان كثافة النحاس هي 8.92 gm\ cm3 وكثافة الالمنيوم هي 2.7 gm\cm3 والنسبة بين الكثافتين هي $\frac{8.92}{2.7}$ = 3.3 تقريبا بينما العدد الكتلي للنحاس هو 63 والعدد الكتلي للألمنيوم هو 27 والنسبة بين الكتلتين هي $\frac{63}{27}$ = 2.3 تقريبا فلو كانت المسافات بين الذريات هي نفسها لكان ينبغي ان تكون النسبتان متساويتان . وهذا يعني ان العناصر ذات الكثافة العالية مثل الذهب والرصاص تكون ذراتها متراصة مع بعضها .

اما كثافة السوائل بصورة بصورة عامة اقل مما هو عليه في المواد الصلبة وهذا يشير الى كبر المسافات البينية بين الجزيئات وصغر قوى الجذب بينهما .اما كثافة الغازات فهي اقل كثيرا مما في الحالتين السائلة والصلبة وهذا يعني ان المسافات الفاصلة بين الجزيئات اكبر بكثير مما هي عليه في الحالتين المذكورتين وهذا ما يجعل جزيئات الغاز حرة الحركة تقريبا .

اما الوزن النوعي فهو مرتبط بالكثافة ويعرف بانه النسبة بين كثافة المادة الى كثافة الماء عند 4co وتعرف أيضا بانها الكثافة النسبية وتعطى بالعلاقة :

SG=ρ\ρH2O

SUBSTANCE	DENSITY (G/CM^3)
AIR	0.0013
WOOD (OAK)	0.85
WATER	1.00
ICE	0.93
ALUMINUM	2.7
LEAD	11.3
GOLD	19.3
ETHANOL	0.94
METHANOL	0.79

جدول يبين كثافة بعض المواد في الطبيعة بوحدة gm\cm^3

خاصية الوزن : Weight

يعرف وزن الجسم في اي نقطة في الفضاء بانه محصلة قوة الجذب المسلطة علية من قبل جميع الاجسام في الكون .

وفي الحقيقة ان الجاذبية هي تأثير عام ينجم عنه ان جميع الاجسام في الكون تجذب بعضها البعض .ومقدار قوة الجذب بين اي جسمين يتحدد بقانون الجذب العام لنيوتن الذي ينص على (اي جسمين في الكون يجذب احدهما الاخر بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيا مع مربع البعد بينهما ويمكن التعبير رياضيا عن هذا القانون كالاتي

$$F= G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

حيث F تمثل قوة التجاذب بين جسمين كتلتهما m_1,m_2 والمسافة الفاصلة بينهما r و G هو ثابت الجاذبية العام وله نفس المقدار بالنسبة لاي جسمين في الكون مهما اختلفت كتلتهما وتباعدهما وقيمة G هي

$G= 6.6732x10^{-11}\ N.m^2\backslash Kg^2$

ان هذا القانون لا يفسر ما هي الجاذبية ولا سبب وجود قوة الجذب وانما يمكننا من حساب قوة الجذب بين اي جسمين ولكي يمكن فهم القانون بصورة افضل يجب ان نوضح ان التجاذب بين جسمين يكون متبادلا اي ان الجسم الاول يؤثر على الجسم الثاني بقوة تتجه نحو الجسم الاول على امتداد الخط الواصل بينهما . وكذلك يؤثر الجسم الثاني على الاول بقوة تتجه نحو الجسم الثاني على امتداد نفس الخط الواصل بينهما .وهاتان القوتان متساويتان بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه احداهما تسمى الفعل والاخرى تسمى رد الفعل .

ان ضاله مقدار ثابت الجاذبية G هو السبب في ان قوة التجاذب بين الجسام العادية تكون ضعيفة جدا بحيث يتعذر الاحساس بها ولكن عندما تكون الاجسام ذات كتل هائلة مثل الشمس والارض والقمر فان قوى الجذب المتبادلة تكون كبيرة جدا .وفي الحقيقة ان هذه القوى بالذات هي المسؤولة عن بفاء القمر في مداره وكذلك الاحتفاظ بالكواكب السيارة في مداراتها حول الشمس .

ام قوة جذب الارض لأي جسم موجود على سطحها يمثل وزن ذلك الجسم بالنسبة للأرض ويمكن التعبير عن وزن الجسم على سطح الارض بصورة رياضية باستخدام قانون الجذب العام . نفرض ان قوة جذب الارض على الجسم (اي وزنه) W وان كتله الجسم هي M وان المسافة المقاسة من مركز الارض الى مركز الجسم هي (R+h) حيث R هي نصف قطر الارض و (h) هي ارتفاع الجسم عن سطح الارض وعليه فان

$$W= G \frac{mM}{(R+h)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 1$$

ويتضح من هذه المعادلة ان وزن الجسم يقل كلما زاد بعده عن الارض ويمكن ان يتلاشى اذا اصبح البعد كبيرا جدا . وعلى هذا الاساس يمكن اعتبار المنطقة المحيطة الارض والتي يظهر فيها اثار الجاذبية الارضية انها تمثل مجال الجاذبية وتعرف شدة مجال الجاذبية في لي نقطة بانها قوة الجذب المؤثرة على الكتلة m هي W فان قوة الجذب المؤثرة على وحدة الكتلة هي

$$\frac{W}{m} = g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 2$$

وهذه المعادلة توضح العلاقة بين كتله الجسم ووزنه وبتعويض المعادلة 2 في 1 نحصل على شدة مجال الجاذبية الارضية (g) في اي نقطة فوق سطح الارض

$$g = G\frac{M}{(R+h)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 3$$

ويتضح من هذه المعادلة ان (g) تقل كلما ازدادت قيمة (h) . وحيث ان السفر الى الفضاء الخارجي اصبح حقيقة واقعة فقد امكن التوصل الى مناطق تنعدم فيها اثار الجاذبية الارضية تماما ويصبح وزن الجسم صفر اما كتلته فلا تتغير وتبقى كما هي على سطح الارض .

امثلة

1-احسب عدد ذرات الزئبق في قطرة من الزئبق قطرها 1mlm ؟ علما ان الوزن الجزيئي الكيلو غرامي M هو 202kg\kmol وان كثافة الزئبق ρ =13600 kg\m^3

الحل /

ان حجم قطرة الزئبق V يمكن ايجادها من العلاقة

$$V=\frac{3}{4}\pi r^3$$

حيث r نصف قطر القطرة = 0.0005 m= 0.05 cm= 0.5 mlm

$$V=\frac{3}{4}\pi(0.0005)^3$$

وعليه فان

V= 5.24 x 10-10 m3 حجم القطرة

وكتلة القطرة يمكن ايجادها من العلاقة

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = 13600 \times 5.24 \times 10^{-10}$$

$$m = 7.1 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

ان كتلة الذرة الواحدة من الزئبق يمكن الحصول عليها بتقسيم كتلة الكيلو مول الواحد من الزئبق (M) على عدد الذرات (A_v) التي يتالف منها الكيلو مول الواحد والذي يمثل عدد أفوكادرو وعليه كتلة ذرة الزئبق تساوي

$$\frac{M}{A_v} = \frac{202}{6.02x10^{26}} = 3.36 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

فلو رمزنا لعدد الذرات بالرمز n فان حاصل ضرب عدد الذرات في كتله الذرة الواحدة ينتج كتلة القطرة

$7.1 \times 10^{-6} = 3.36 \times 10^{-25}$ n

$n = 2.1 \times 10^{19}$ atom عدد ذرات الزئبق في القطرة

---

2 – احسب متوسط المسار الحر لغاز عدد جزيئاته لوحدة الحجم 3×10^{19} molc\ cm^3 وقطر الجزيء الواحد 2.5×10^{-8} cm . ثم جد عدد عدد مرات التصادم التي يصنعها الجزيء في الثانية الواحدة اذا علمت ان الجذر التربيعي لمتوسط مربع سرع الجزيئات تحت الظروف القياسية يساوي 10^5 m\sec

الحل :

ان متوسط طول المسار الحر ʎ يمكن ايجاده باستخدام المعادلة :

$$ʎ = \frac{1}{\sqrt{2} n \sigma}$$

حيث σ يمثل مساحة المقطع العرضي الفعال للجزيء ويساوي πa^2 حيث a يمثل قطر الجزيء (ويجب ان يكزن واضحا ان ان قطر الجزيء يمثل نصف قطر مساحة المقطع العرضي الفعال للجزيء وعليه فان

$\sigma = 3.14 \times (2.5 \times 10^{-8})^2$

وبتعويض القيم في معادلة متوسط المسار الحر يكون

$$ʎ = \frac{1}{\sqrt{2} \times 3 \times 10^{19} \times 3.14 \times (2.5 \times 10^{-8})^2} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

ويلاحظ ان متوسط المسار الحر في هذه الحالة يعادل حوالي 500 مرة بقدر قطر الجزيء

ان ʎ تمثل متوسط المسافات التي لا يحدث فيها اي تصادم . ولما كان الجزيء يقطع 10^5 cm\sec , *لذلك فان عدد مرات التصادم في الثانية الواحدة هي*

$$= \frac{\text{سرعة الجزيء}}{\text{متوسط طول المسار الحر}}$$

$$\frac{10^5}{1.2 \times 10^{-5}} = 8.3 \times 10^9 \text{ coll\ sec}$$