



جامعة بغداد

كلية التربية للعلوم الصرفة / ابن الهيثم

قسم الفيزياء / المرحلة الاولى

العام الدراسي 2019 - 2020

محاضرات خواص المادة

أ.م.د. عبد الحميد رحيم

أ.د. خالد هلال

م.د. عدي طارق صبحي

م.د. طاهر حمد

الفصل الاول

الخواص الميكانيكية للمواد

يختص هذا الفصل بدراسة سلوك المواد الواقعة تحت تأثير قوى خارجية. ان استجابة المواد للقوى المؤثرة عليها يعتمد على عوامل عديدة منها ترتيب الذرات والجزيئات المكونة للمادة ونوع الترابط بين هذه الذرات والجزيئات كما تعتمد على انواع واعداد عيوب التركيب في المواد الصلبة, وعليه فان الخواص الميكانيكية تكون ذات اهمية في تحديد صفات المادة ومدى ملائمتها للاستخدام في التطبيقات الصناعية.

يهتم المهندسون كثيراً بالخواص الميكانيكية للمواد المتوفرة لديهم عند اقدمهم لتنفيذ أي عمل هندسي من بناء الجسور والمركبات والحاسبات الالكترونية الى بناء المركبات الفضائية. سيقدم هذا الفصل اساسيات الخواص الميكانيكية كالاتجاهات والانفعال وانواعها وعلاقتها للمواد المتجانسة والتي تمتلك الخواص نفسها في جميع الاتجاهات (Isotropic), وسوف تستثنى المواد التي تعتمد خواصها على الاتجاه داخل المادة (Anisotropic).

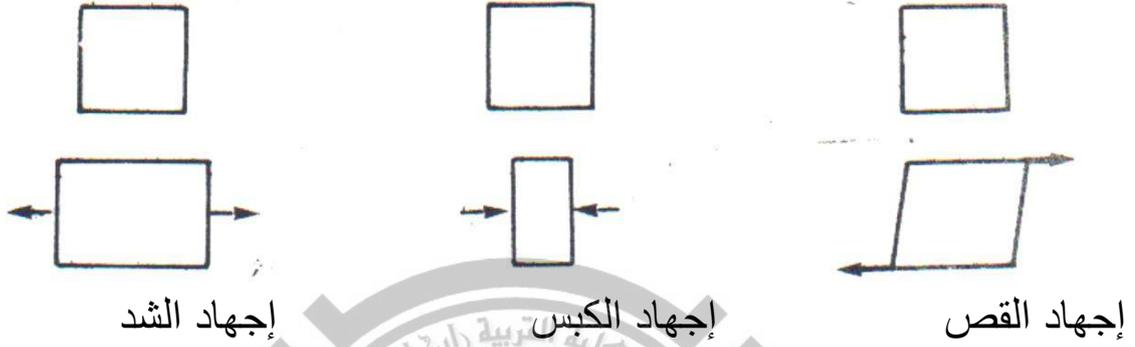
قبل الخوض في مفردات هذا الفصل يجب التذكّر دائماً ان جميع المواد الصلبة الحقيقية تستجيب الى حد ما عند تسليط قوى خارجية عليها, حيث لا يوجد جسم تام الصلادة. يعرف الجسم التام الصلادة (rigid) على انه ذلك الجسم الذي تبقى فيه المسافة بين اية نقطتين منه ثابتة لا تتغير مهما كان مقدار القوى المسلطة عليه.

الاجهاد (S) Stress

يُعرف بأنه القوة المسلطة على وحدة المساحات من السطح الذي تطبق عليه القوة. ووحدة الاجهاد (N/m^2) او ($dyne/cm^2$) او (lb/in^2) او (lb/ft^2). فإذا رمزنا للقوة بـ (F) والمساحة (A) فان:

$$S = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

ويمكن أن نقسم الإجهاد إلى ثلاثة أنواع هي الشد والكبس والقص كما في الشكل (1)



الشكل (1) أنواع الإجهاد

الإجهاد التوتري (إجهاد الشد) (Tensile Stress (S_T))

وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير، وعليه فان تأثير القوتين يؤدي الى استطالة الجسم. كما في الشكل (2).



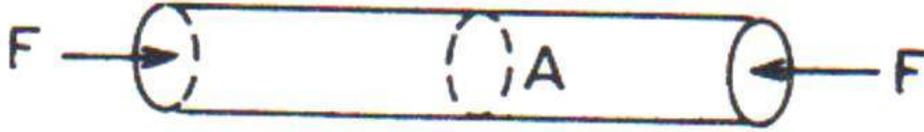
الشكل (2) إجهاد الشد

تتوزع القوة بالتساوي على جميع المساحة A (ما عدا نهايتي الجسم)

$$S_T = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2)$$

إجهاد الكبس (S_c) Compressive Stress

وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه (متقابلتان) على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير, وعليه فان تأثير القوتين يؤدي الى ضغط الجسم وتقصير طوله كما في الشكل (3).

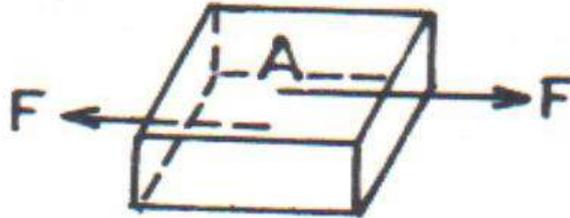


الشكل (3) إجهاد الكبس

$$S_c = \frac{F}{A} \quad (3)$$

إجهاد القص (S_s) Shear Stress

وفيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار متعاكستان في الاتجاه (مبتعدتان) على نهايتي الجسم وعلى خطوط تأثير مختلفة كما في الشكل (4), وعليه فان تأثير القوتين يؤدي الى تغيير شكل الجسم دون تغيير حجمه.



الشكل (4) إجهاد القص

$$S_s = \frac{F}{A} \quad (4)$$

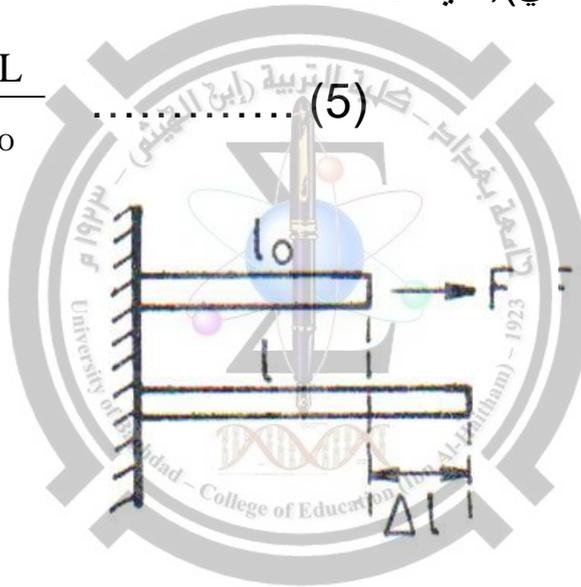
الانفعال (المطواعة) (N)

يُعرف انفعال أو مطواعة مادة بأنة تشوه تلك المادة. كما ويعرف ايضاً على انه التغير النسبي الذي يسببه الاجهاد لابعاد الجسم أو شكله أو حجمه. وبما أن هناك عدة انواع للاجهاد فسيكون هناك عدة انواع للمطواعة (الانفعال) تبعاً لذلك وهي مطواعة الشد (التوتر) ومطواعة الكبس ومطواعة القص. ان المطواعة بجميع انواعها نسبة مجرد من الوحدات.

مطواعة التوتر (N_t)

ويعبر عن مطواعة التوتر بأنه نسبة الاستطالة الى الطول الأصلي, وتساوي (الاستطالة/الطول الاصلي), أي ان:

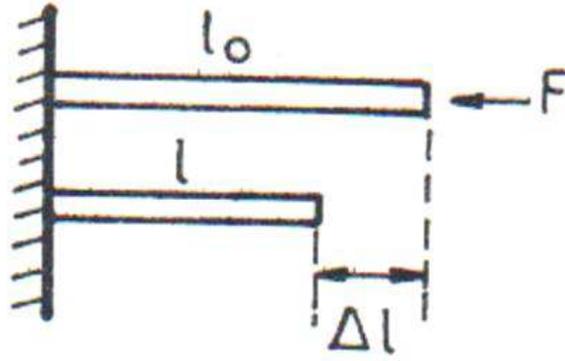
$$N_t = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \dots \dots \dots (5)$$



مطواعة الكبس (N_c)

ويعبر عن مطواعة الكبس بأنه نسبة الانكماش (التقلص) الى الطول الاصلي, وتساوي (الانكماش/الطول الاصلي) أي ان:

$$N_c = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \dots \dots \dots (6)$$

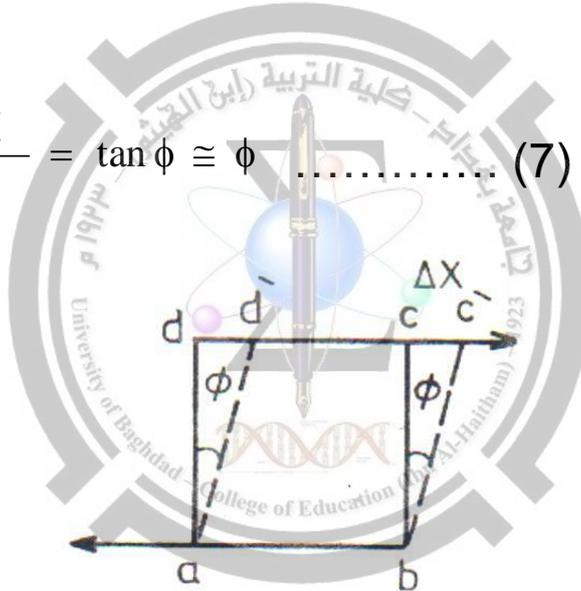


الشكل (6) مطاوعة الكبس

مطاوعة قصية (N_s) Shear Strain

ويعبر عن المطاوعة القصية بمقدار الإزاحة الجانبية للطول مثلاً الى الطول الأصلي, وتساوي

$$N_s = \frac{\Delta X}{L_0} = \tan \phi \cong \phi \quad (7)$$



الشكل (7) يوضح مطاوعة القص

كما ويعبر عن النسب المذكورة في أعلاه بدلالة النسبة المئوية نسبة الى الطول الأصلي.

اذا زال الانفعال بصورة تامة ومباشرة بعد ازالة الاجهاد الذي سببه, سمي الجسم الصلب بأنه تام المرونة **Perfectly elastic**. اما اذا اكتسب الجسم شكلاً وحجماً جديدين بعد ازالة الاجهاد المسبب لهما, سمي الجسم تام اللدونة **Perfectly Plastic**. وفي الحقيقة لا يوجد جسم تام المرونة, كذلك لا يوجد جسم تام اللدونة.

انواع الانفعال Kinds of Strain

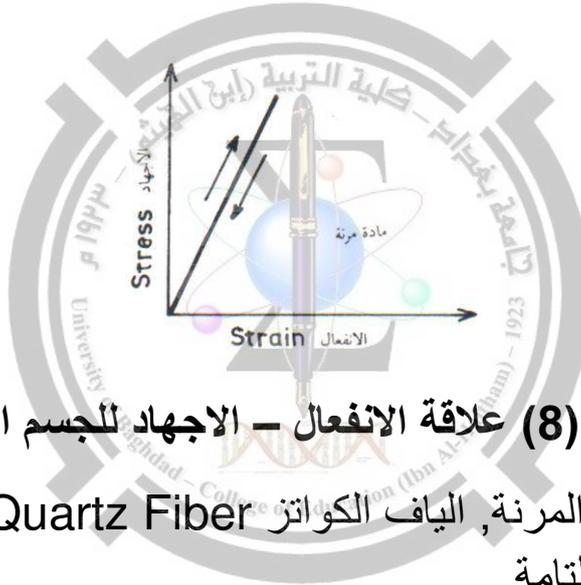
وكذلك تكون المطاوعة (الانفعال) على نوعين هما:

1- الانفعال المرن.

2- الانفعال اللدن.

الانفعال المرن Elastic Strain

وهو انفعال عكسي, اذ يتلاشى الانفعال بعد ازالة الاجهاد المسلط, ان قيمة الانفعال المرن تتناسب طردياً مع مقدار الاجهاد المسلط, كما هو موضح في الشكل (8).



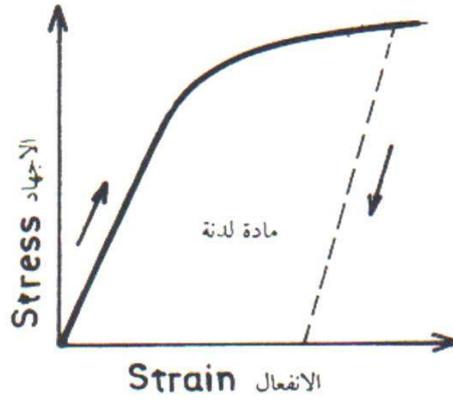
الشكل (8) علاقة الانفعال – الاجهاد للجسم المرن

ومن أمثلة هذه المواد المرنة, الياق الكواتز Quartz Fiber , التي تقترب مرونتها من المرونة التامة.

الانفعال اللدن Plastic Strain

وهو انفعال غير عكسي, اذ لا يتلاشى الانفعال بعد ازالة الاجهاد المسلط, ويكون ذلك بفعل الاجهاد الذي يتجاوز حدود المرونة, ويحدث الانفعال اللدن نتيجة الازاحة الدائمة للذرات داخل المادة, على عكس الانفعال المرن الذي لا يحدث ازاحات دائمية للذرات ويبقى لكل ذرة نفس الذرات المجاورة لها قبل وبعد تسليط الاجهاد. الشكل (9) يوضح الانفعال اللدن.

ومن أمثلة هذه المواد اللدنة, المعاجين Putty التي تقترب لدونتها من اللدونة التامة.



الشكل (9) علاقة الانفعال – الإجهاد للجسم اللدن

منحنى الإجهاد – الانفعال Stress – Strain Curve

ان العلاقة بين الاجهاد المسلط على جسم ما والانفعال الناتج عنه, علاقة معقدة تعتمد على عوامل عدة, منها قوى الترابط بين ذرات وجزيئات المادة, وكيفية ترتيب هذه الذرات والجزيئات والعيوب البلورية التي تحتويها المادة, فضلاً عن طريقة تحضير هذه المادة وتاريخها الحراري. وسنقتصر على شرح منحنى الاجهاد – الانفعال لسلك من الفولاذ.

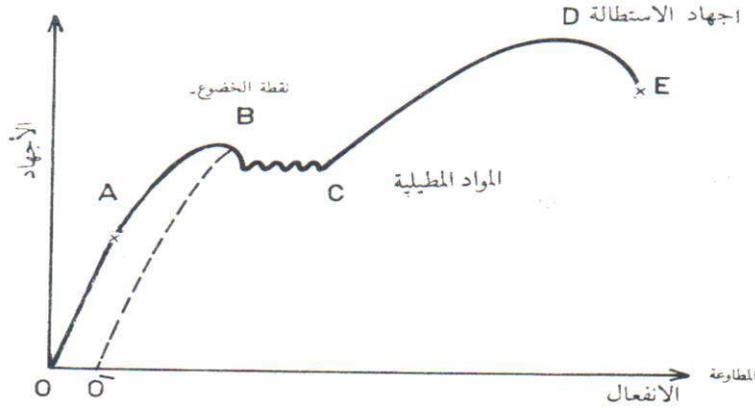
لو أخذنا سلكاً من الفولاذ وعرضناه الى جهد متزايد (ثقل) ورسمنا العلاقة بين الاجهاد والانفعال. ان منحنى الاجهاد – الانفعال يوضحه الشكل (10), والذي يبين ان الجزء OA يمثل خطاً مستقيماً وهي المنطقة التي يطبق فيها قانون هوك (أي ان الانفعال يتناسب طردياً مع الاجهاد المسلط عليه) وفيها النقطة A التي تمثل نهاية المنطقة المستقيمة. وبعد النقطة A نجد ان الخط البياني ينحني, ويزداد الانفعال بصورة اكبر مما هو متوقع من قانون هوك. وتستمر هذه المنطقة الى النقطة B. ان الاستطالة في هذه المنطقة تكون خليطاً من الاستطالة المرنة والاستطالة اللدنة. اما المنطقة المحصورة بين B و C والتي تكون موازية تقريباً لأحداثي الانفعال فيكون تغير المنحنى فيها غير منتظم وان الانفعال يزداد بشكل كبير دون زيادة محسوسة في الاجهاد المسلط. ان نقطة بداية المنطقة BC, تسمى بنقطة الخضوع (yield point). وفي المنطقة الواقعة بعد النقطة C والتي يحدث فيها انزلاقات في مادة السلك باتجاه المستويات ذات الاجهاد الكبير, سوف تتغير الخواص المرنة للمعدن, وان الاستطالة في هذه المنطقة تكون نتيجة للاجهاد القصي وليس نتيجة اجهاد الاستطالة. ومن الملاحظ ان النقطة C تقع

تحت النقطة B . ويزداد الانفعال تبعاً لزيادة الاجهاد بصورة مطردة الى ان نصل الى نقطة تبدأ فيها حالة عدم الاستقرار, ويصبح السلك اكثر نحافة عند احدى نهايتيه, ويظهر ظاهرة التخصر (necking) وهذه المرحلة تمثلها النقطة D. والتي بعدها يبدأ الاجهاد بالانخفاض تلقائياً ونحصل على المنطقة DE . ويحدث الانقطاع عند النقطة E . يطلق احياناً على قيمة الاجهاد عند النقطة D بـ اجهاد الكسر (القطع) أو المتانة القصوى أو متانة السحب.

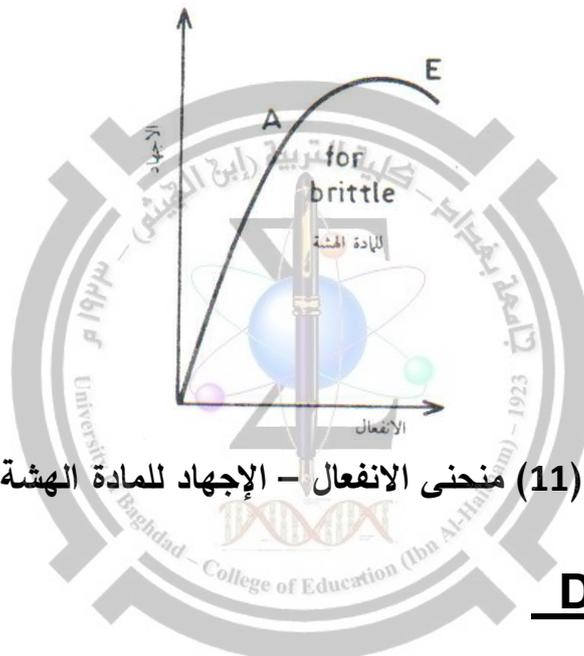
بعض الملاحظات المهمة:

- 1- ان نقصان مساحة المقطع العرضي للسلك يتناسب طردياً مع الانفعال بعد النقطة المرنة, بحيث يبقى حجم السلك ثابتاً.
- 2- اذا ازداد الاجهاد الى حد لم يتجاوز فيه حد المرونة فان المنحني سيكرر نفسه عند تناقص الاجهاد وان الانفعال سيصل الى قيمة الصفر عند ازالة الاجهاد.
- 3- اما اذا ازداد الاجهاد الى حد يتجاوز فيه حد المرونة, فان منحنيًا جديدًا سوف يظهر (المنحني المنقط BO' في الشكل (10)). وان الانفعال لا يرجع الى قيمة الصفر عند ازالة الاجهاد.
- 4- ان فشل تطابق منحني تناقص الاجهاد مع منحني زيادته يعرف بـ الهسترة المرنة, المشابهة للهسترة المغناطيسية.
- 5- ان المادة التي تكون فيها المنطقة CE طويلة نسبياً, تكون قادرة على تحمل زيادة في الطول قبل القطع تسمى بالمادة المطيلية (Ductile). اما المادة التي تكون فيها المنطقة CE قصيرة نسبياً وسوف تنقطع عند تعرضها الى زيادة ولو بسيطة في طولها تعرف بالمادة الهشة (Brittle), انظر شكل (11).

يأخذ المهندسون بنظر الاعتبار عدم تجاوز الاجهاد الاعظم لجزء محدد من اجهاد الكسر ويعرف هذا الجزء أو الكسر باجهاد العمل (Working Stress) وان نسبة اجهاد الكسر الى اجهاد العمل تعرف بعامل السلامة (Factor of Safety).



الشكل (10) منحنى الانفعال - الاجهاد لسلك الفولاذ



الشكل (11) منحنى الانفعال - الإجهاد للمادة الهشة

المطيلية Ductility

وتعرف على انها مقدار التشوه اللدن الذي تعانيه المادة عند نقطة الكسر أو القطع. ويمكن التعبير عن المطيلية باستطالة المادة. ويقدر مقدار المطيلية باستخدام معايير قياسية متعددة, اذ يجب ذكر طول المعيار عند قياس قيمة المطيلية, اذا ان هذه القيمة ستختلف باختلاف المعيار.

اما الطريقة الثانية فهي استخدام نسبة النقصان في مساحة مقطع المادة عند نقطة التمزق, وحسب المعادلة الآتية:

$$100 \times \frac{\text{المساحة الأصلية} - \text{المساحة النهائية}}{\text{المساحة الأصلية}} = \text{نسبة النقصان في مساحة المقطع العرضي}$$

Hardness الصلادة

وتعرف على انها مقاومة المادة لاختراق سطحها. وتستخدم طرق مختلفة لتقدير الصلادة. يعتمد قسم من هذه الطرق على ايجاد مساحة الثلم الذي يحدثه اختراق مثلث تحت ثقل قياسي, ومنها ما يعتمد على قياس عمق الاختراق لسطح المادة والذي يحدثه مثلث قياسي.

Toughness المتانة

ويعرف على انه الطاقة اللازمة لكسر (لتمزيق) المادة. ويمكن ايجاد الطاقة من حاصل ضرب القوة \times المسافة, ولها علاقة قوية مع المساحة الموجودة تحت منحنى الاجهاد والانفعال.

Modulus of Elasticity معامل المرونة

تعرف المرونة على انها قابلية المادة على استعادة شكلها الأصلي بعد ازالة القوة المؤثرة والمسببة للتشوه. هناك أنواع مختلفة من المعاملات, يعتمد نوع المعامل على نوع التشوه الذي تتعرض له المادة. كالاستطالة والانحناء وغيرها. وتمثل جميع المعاملات بإيجاد نسبة الاجهاد الى الانفعال.

ان وحدات المعامل هي وحدات الاجهاد نفسه لان الانفعال لا وحدات له. وعندما يكون الاجهاد ضمن حدود المرونة: فان نسبة الاجهاد الى المطاوعة ستكون مقدراً ثابتاً, ويسمى هذا الثابت بمعامل المرونة $\text{Modulus of elasticity}$, أي أن:

$$\text{Modulus of Elasticity} = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} \dots\dots\dots (8)$$

يعرف الحد المرن على انه أقل قيمة للاجهاد المسبب لانفعال (مطاوعة) ثابت في المادة. وضمن حدود المرونة تكون العلاقة خطية بين الاجهاد والانفعال ولا يعتمد على الزمن, وهذا ما يعرف بقانون هوك (Hooks Law). الذي ينطبق على معظم المواد المرنة في حالة حصول الانفعالات الصغيرة.

ان العلاقة بين معامل المرونة ودرجة الحرارة علاقة عكسية, اذ يقل معامل المرونة بارتفاع درجة الحرارة, والسبب في ذلك يعود الى ان ارتفاع درجة الحرارة يزيد الطاقة الحركية للذرات او الجزيئات والتي تؤدي الى التغلب على قوى الترابط بينها وبالتالي زيادة حجمها.

معامل يونك (Y) Young's Modulus

يعرف معامل يونك بانه نسبة الاجهاد الى المطاوعة في حالتها الاستطالة والانكماش الطولين أي ان

$$\text{معامل يونك} = \frac{\text{الاجهاد الطولي}}{\text{الانفعال الطولي}}$$

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$Y = \frac{F L}{A \Delta L} \quad \dots \dots \dots (9)$$

إن وحدة معامل يونك هي وحدة الاجهاد نفسه أي N/m^2 او $dyne/cm^2$ او lb/in^2 . يعتمد معامل يونك على نوع المادة وليس على ابعادها.

معامل القص (معامل الجساءة) (S) Shear Modulus

يعرف معامل القص على انه نسبة اجهاد القص الى انفعال القص, أي ان:

$$S = \frac{F/A}{\phi} \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$S = \frac{F/A}{\Delta x/d} \quad \dots \dots \dots (11)$$

ووحدة (S) هي N/m^2 او $dyne/cm^2$ او lb/in^2 .

يكون معامل القص أقل قيمة وأقل اهمية من معامل يونك وذلك لانه من السهل جعل ذرات المادة الصلبة تنزلق على بعضها, بينما تلاقي عمليتا تقريب او تفريق الذرات من بعضها صعوبات كبيرة. اكبر بكثير مما هي عليه في حالة انزلاق الذرات. ان قيم معامل القص تكون واقعة بين $\frac{1}{2}$ إلى $\frac{1}{3}$ من قيم معامل يونك.

معامل تغير الحجم (Bulk Modulus (B)

ويسمى أيضا بالمعامل الحجمي ويعرف على انه النسبة بين الاجهاد في الموائع (أي التغير في الضغط المسلط عليها) الى الانفعال المناظر له (أي التغير النسبي في حجم المائع), أي ان:

$$B = \frac{-\Delta P}{\Delta V/V} \dots\dots\dots (12)$$

ليس باستطاعتنا ايجاد قيم معاملات يونك ومعامل القص للموائع, لان الموائع تستطيع فقط مقاومة الانكسار. الاشارة السالبة تعني ان زيادة (او نقصان) الضغط المسلط على المائع يولد نقصاناً (او زيادة) في حجم المائع. اما وحدة المعامل الحجمي فهي وحدة الضغط.

معامل الانضغاطية (Compressibility (K)

ويعرف على انه مقلوب معامل تغير الحجم, أي ان:

$$K = \frac{1}{B} \dots\dots\dots (13)$$

الجدول (1) يحتوي على قيم معاملات يونك ومعامل القص ومعامل تغير الحجم لبعض المواد المعروفة.

الجدول (1) قيم معاملات يونك ومعامل القص ومعامل تغير الحجم لبعض المواد

المادة	معامل بونك ($\times 10^{10} \text{ N/m}^2$):	معامل القص $\times 10^{10} \text{ N/m}^2$	معامل تغير الحجم $\times 10^{10} \text{ N/m}^2$
الالنيوم	7.1	2.4	7.7
النحاس	12	4.5	14
الزجاج	~5.5	2.3	5
الرصاص	1.8	0.8	4.3
النيكل	21	7.6	18
بوليستيرين	~0.14		
حديد الصلب	20		
حديد مطاوع	19		
نكستن	35		

أما الجدول (2) فيبين قيم معامل تغير الحجم لبعض السوائل عند درجة حرارة (20°C) .

الجدول (2) قيم معامل تغير الحجم لبعض السوائل

معامل تغير الحجم	السائل
0.9	الكحول الايثيلي
1.05	النيترين
1.3	الكيروسين
2.3	الماء
26	الزئبق

نسبة بواسون (σ) Poisson's Ratio

عندما يتعرض جسم الى تأثير قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه (قوى سحب) فانه يستطيل (أي يزداد طوله) باتجاه قوى السحب وينكمش او يتقلص بالاتجاه العمودي أي يقل عرضه او سمكه, والعكس صحيح.

ان النسبة بين التغير الجانبي الى التغير الطولي يعبر عنه بـ نسبة بواسون. وهي ثابت مرونة مهم, وتكون خالية من الوحدات.

ان الانفعال الناتج باتجاه قوى السحب او الكبس يسمى بالانفعال الطولي Longitudinal Strain اما الانفعال الناتج باتجاه عمودي على اتجاه القوى المسلطة فيسمى بالانفعال الجانبي او العرضي Lateral Strain. والانفعالان كلاهما يعتمدان على الاجهاد المسلط ونوع مادة الجسم. تكون النسبة بين المطاوعة الجانبية والمطاوعة الطولية لمادة ما ثابتة ويطلق عليها اسم نسبة بواسون, أي ان:

$$\sigma = \frac{-\Delta\omega/\omega_0}{\Delta L/L_0} \dots\dots\dots (14)$$

$$\Delta\omega = \omega - \omega_0$$

$$\Delta L = L - L_0$$

تشير الاشارة السالبة الى حقيقة ان الزيادة الحاصلة في طول الجسم نتيجة قوى السحب يصاحبها دائماً نقصان في عرض او سمك الجسم والعكس صحيح. ان وجود الاشارة السالبة يضمن الحصول على القيم الموجبة لنسبة بواسون وتكون القيمة العددية لنسبة بواسون لمعظم المواد حوالي (0.3). الجدول (3) يوضح قيم نسبة بواسون لعدد من المواد المعروفة.

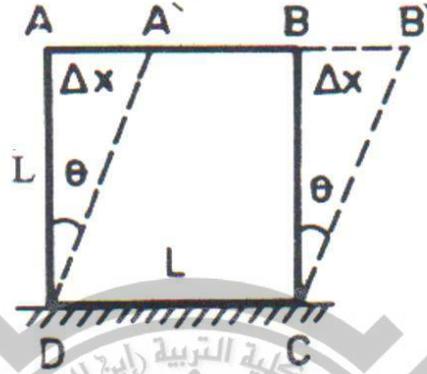
الجدول (3) قيم نسبة بواسون لعدد من المواد المعروفة

المادة	نسبة بواسون
الالمنيوم	0.33
النحاس	0.36
الرصاص	0.40
الزجاج العادي	0.23
الفولاذ (اللتين)	0.26
المطاط الصلب	0.43

معامل الصلابة (n) Modulus of Rigidity

يعرف معامل الصلابة على انه نسبة القوة المماسية المسلطة على جسم لوحة المساحة الى التشوة الزاوي الذي سببته تلك القوة.

لو اخذنا المكعب المبين في الشكل (12) ABCD .



الشكل (12) حساب معامل الصلابة

فإذا ثبت الوجه الأسفل للمكعب DC بقوة الى قاعدة ثابتة, وسلطت قوة مماسية مقدارها F على الوجه الأعلى للمكعب AB. فان المكعب ABCD سيعاني تشوهاً وسيأخذ شكل متوازي الأضلاع A'B'CD .

فإذا كان الطول الأصلي لطول ضلع المكعب يساوي L وان Δx تمثل الإزاحة A'A والتي تساوي الإزاحة B'B, فانه يمكن التعبير عن الانفعال القصي بالمعادلة الآتية:

$$\theta = \frac{\Delta x}{L}$$

أما الإجهاد المماسي فانه يمكن كتابته بالصيغة الآتية:

$$= \frac{F}{L^2}$$

وعليه فان معامل الصلابة سيكون مساوياً إلى:

$$n = \frac{F/L^2}{\theta} \dots\dots\dots (15)$$

$$n = \frac{F/L^2}{\Delta x/L}$$

وبالتعويض في المعادلة عن قيمة n نحصل على قيمة القوة المماسية لوحدة المساحة, أي أن:

$$F/L^2 = \frac{n \Delta x}{L} \dots\dots\dots (16)$$

أما قيمة عزم المزدوج G المسلط على جهتي قطعة اسطوانية طولها L ونصف قطرها r فإنه يعطى بالعلاقة الآتية:

$$G = \frac{\pi n r^4}{2L} \theta$$

ثابت الليّ τ Torsional Constant

ويعرف على انه عزم الدوران اللازم لانجاز برم (لي) لاحدى نهايتي المادة بمقدار زاوية نصف قطرية واحدة نسبة الى النهاية الأخرى الثابتة. الشكل (13) يوضح قضيباً او اسطوانة طولها (L) وقطرها (d) تثبت احدى نهايتيها بصورة صلبة, يؤثر على نهايتها الأخرى عزم ليّ مقداره G , فتدور النهاية السفلى للقضيب خلال زاوية قتل مقدارها (θ). أي ان الخط الشعاعي (AB) سوف يتحرك الى الوضع الجديد الممثل بالخط (AC). تعتمد زاوية القتل (θ) على طول القضيب وقطره وعلى معامل الجسوة لمادته. يمكن حساب ثابت الليّ في حالة الدوران (التشويه) الصغير من المثلث (ABC). وحسب المعادلة الآتية:

$$G = \tau \theta \dots\dots\dots (17)$$

حيث أن τ تمثل ثابت الليّ للاسطوانة.

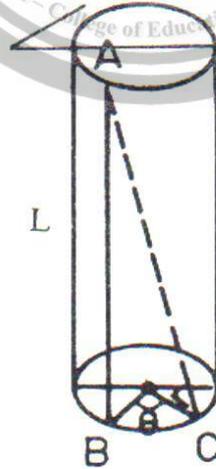
إن لثابت الليّ علاقة بطول الاسطوانة ونصف قطرها وثابت الصلابة لمادة الاسطوانة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\tau = \frac{\pi n r^4}{2L} \dots\dots\dots (18)$$

إن الانفعال القصي في حالة الليّ يساوي $(\frac{BC}{AB})$, اذ تمثل AB طول القضيب و BC الطول الذي فتل بوساطته القضيب, وهذا الطول يساوي $(r \times \theta)$ و r تمثل نصف القطر, وعليه فان الانفعال هنا:

$$N_s = \frac{\theta}{L} r \dots\dots\dots (19)$$

إن الزاوية المستخدمة هنا هي زاوية نصف قطرية.



الشكل (13) حساب ثابت الليّ

مسائل الفصل الاول

س 1: بين أي من المواد الآتية يتعرض الى اجهاد اكبر.

1- قطعة من الالمنيوم ابعادها 15 cm x 5 cm تحت تأثير ثقل كتله 10Kg.

2- قطعة من الفولاذ ابعادها 7 cm x 3 cm تحت تأثير ثقل كتله 15Kg.

3- قطعة من النحاس ابعادها 5 cm x 2 cm تحت تأثير ثقل كتله 5Kg.

الحل

يعرف الاجهاد على انه القوة المؤثرة على وحدة المساحة, أي ان

$$S = \frac{F}{A}$$

$$S = \frac{10\text{Kg} \times 9.8\text{m/s}^2}{5 \times 10^{-2} \text{ m} \times 15 \times 10^{-2} \text{ m}} = \frac{98\text{N}}{75 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.306 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \quad \text{للألمنيوم}$$

$$S = \frac{15\text{Kg} \times 9.8\text{m/s}^2}{3 \times 10^{-2} \text{ m} \times 7 \times 10^{-2} \text{ m}} = \frac{147\text{N}}{21 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 7 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \quad \text{للفولاذ}$$

$$S = \frac{5\text{Kg} \times 9.8\text{m/s}^2}{5 \times 10^{-2} \text{ m} \times 2 \times 10^{-2} \text{ m}} = \frac{49\text{N}}{10 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 4.9 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \quad \text{للنحاس}$$

من هذا يتبين ان الفولاذ يتعرض الى الاجهاد الاكبر

س2 : قضيب من النحاس الاصفر معامل مرونته يساوي $1.1 \times 10^{12} \text{ N/m}^2$.
جد قطر القضيب الذي طوله 1m ويتعرض الى قوة شد (سحب) مقدارها 22 N
وتسبب زيادة في طوله مقدارها 1mm .

الحل

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$Y = \frac{F L}{A \Delta L}$$

$$A = \frac{F L}{Y \Delta L}$$

$$F = 22 \text{ N} , L = 1 \text{ m} , \Delta L = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m} , Y = 1.1 \times 10^{12} \text{ N/m}^2$$

$$A = \frac{22 \text{ N} \times 1 \text{ m}}{1.1 \times 10^{12} \text{ N/m} \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$A = 2 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r^2 = \frac{A}{\pi}$$

$$r^2 = \frac{2 \times 10^{-8} \text{ m}^2}{3.14}$$

$$r^2 = 0.6369 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$r = 7.9 \times 10^{-5} \text{ m}$$

- س 3: سلك معدني طوله 2 m , مقطعه العرضي مربع طول ضلعه 8 mm .
علق به ثقل كتلته 1.2 Kg فاستطال مسافة 3 mm جد قيمة معامل يونك .

الحل

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$Y = \frac{F L}{A \Delta L}$$

$$Y = \frac{1.2 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 2 \text{ m}}{8 \times 10^{-3} \text{ m} \times 8 \times 10^{-3} \text{ m} \times 3 \times 10^{-3} \text{ m}} = \frac{23.52 \text{ N}}{192 \times 10^{-9} \text{ m}^2}$$

$$Y = 1.225 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

- س 4 : قضيب معدني قطره 1 in وطوله 120 in علق به ثقل مقداره 100 lb , جد الانفعال على امتداد القطر. مع العلم بان معامل يونك يساوي $3 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$ ونسبة بواسون تساوي 0.3 .

الحل

بما ان معامل يونك يعطى بالعلاقة الآتية:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$Y = \frac{F L}{A \Delta L}$$

إذن الانفعال الطولي يساوي:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{F}{A Y}$$

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{100 \text{ lb}}{3.14 \times (0.5 \text{ in})^2 \times 3 \times 10^6 \text{ lb/in}^2} = \frac{100}{2.355 \times 10^6}$$

$$\frac{\Delta L}{L} = 0.4246 \times 10^{-4}$$

$$= 0.3 \times 0.4246 \times 10^{-4}$$

$$= 0.1273 \times 10^{-4}$$

الانفعال العرضي = نسبة بواسون x الانفعال الطولي



س 5 : جد اكبر قيمة لطول سلك من الحديد يمكن ان يعلق بصورة عمودية من دون انقطاعه, علماً بان اجهاد القطع (الكسر) يساوي $(7.9 \times 10^4 \text{ dyne/cm}^2)$ وان كثافة مادة السلك تساوي (7.9 g/cm^3) .

الحل

ان اكبر قيمة لطول السلك تحدها كتلة السلك المعلق.

وان كتلة السلك = حجم السلك المعلق \times كثافته الكتلية

نفرض ان مساحة المقطع العرضي للسلك = $A \text{ cm}^2$

اذن الحجم = $A L \text{ cm}^3$

$$m = \rho V$$

$$m = 7.9 \times A L \quad (\text{g})$$

$$S = \frac{F}{A}$$

$$S = \frac{7.9 \times A \times L \times 980}{A}$$

$$S = 7742 L \quad (\text{dyne / cm}^2)$$

إن وزن السلك = القوة المؤثرة

إن اكبر طول يحصل عندما يساوي الكسر, أي ان:

$$7742 L = 7.9 \times 10^4$$

$$L = \frac{7.9 \times 10^4}{7742}$$

$$L = 10.204 \text{ Cm}$$

الفصل الثاني

السوائل

تتميز الحالة السائلة للمادة عن الحالة الصلبة والغازية بامتلاكها حجم ثابت وشكل المتغير, إذ تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه وتكون قوى الترابط بين ذرات وجزيئات السائل أقل كثيراً مما هي عليه في الحالة الصلبة, وبناء على ذلك فإن السوائل لا تظهر مقاومة للاجهاد المسلط عليها.

الكثافة (ρ)

تعرف الكثافة الكتلية على انها كتلة وحدة الحجم.

ان كثافة مادة ما كتلتها (m) وحجمها (V) تعرف بالمعادلة الآتية:

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

ووحدة الكثافة الكتلية في النظام العالمي (SI) هي (Kg / m^3) او (g / cm^3).
ان كثافة الماء الكتلية عند درجة حرارة 4°C هي $10^3 \text{ Kg} / \text{m}^3$ او g / cm^3
 1 cm^3 وكثافة الزئبق عند درجة حرارة الغرفة تساوي $13.6 \times 10^3 \text{ Kg} / \text{m}^3$ او $13.6 \text{ g} / \text{cm}^3$.

تتغير كثافة المادة بتغير درجة حرارتها. ويعود السبب في ذلك الى ان جزيئات المادة تهتز بمسافات اكبر عندما تزداد درجة حرارة المادة, لذا فان معدل المسافة بين الجزيئات سوف يزداد, أي ان كتلة المادة ستحتل حجماً أكبر مما يؤدي الى تغير الكثافة بتغير درجة الحرارة. وبصورة عامة تقل كثافة المواد بارتفاع درجة حرارتها (ما عدا بعض الاستثناءات التي تزداد فيها الكثافة بارتفاع درجة الحرارة ضمن مدى معين من درجات الحرارة, ومن الأمثلة المعروفة الماء الذي تزداد كثافته عندما ترتفع درجة الحرارة من 0°C الى 4°C). والجدول (1) يبين كثافة بعض السوائل المعروفة, كذلك يبين الجدول (2) اعتماد كثافة الماء على درجة الحرارة.

الجدول (1) كثافة بعض السوائل المعروفة

الكثافة الكتلية g / cm ³	المادة
0.998	الماء
0.879	البنزين
13.6	الزئبق
1.025	ماء البحر

الجدول (2) كثافة الماء ودرجة الحرارة

الكثافة الكتلية g / cm ³	المادة
0.9998	الماء عند 0°C
1.000	الماء عند 4°C
0.9982	الماء عند 20°C
0.9584	الماء عند 100°C
1.025	ماء البحر عند 15°C

تعتمد كثافة المادة على عاملين رئيسيين وهما:

- 1- كتلة الذرات او الجزيئات.
 - 2- المسافة البينية بين الذرات والجزيئات.
- مثال ذلك الحديد والألمنيوم ، اذ نجد ان نسبة كثافة الحديد 7.9 g / cm^3 الى كثافة الألمنيوم 2.7 g/cm^3 هي (2.9) بينما نجد ان نسبة العدد الذري للحديد (56) الى العدد الذري للألمنيوم (27) هي أكثر من (2) بقليل . فإذا كانت المسافة بين الذرات هي نفسها للمادتين فستكون نسبة كثافة الحديد الى الألمنيوم هي الضعف وهذا يدل على ان ذرات الحديد تكون متقاربة أكثر مما تكون عليه ذرات الألمنيوم.

الوزن النوعي Specific Gravity

الوزن النوعي (SG) خاصية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالكثافة, وتعرف بالنسبة بين كثافة المادة وكثافة الماء عند 4°C .

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \dots\dots\dots (2)$$

حيث أن الوزن النوعي نسبة لا أبعاد لها, فان له نفس القيمة في كل نظم الوحدات.

الخاصية الشعرية Capillarity

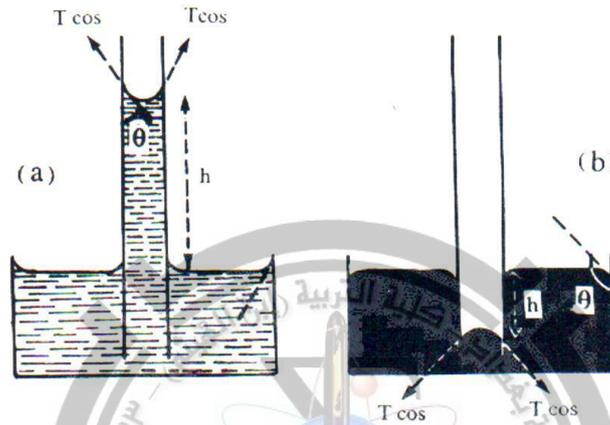
عند وضع انبوب شعري مفتوح الطرفين في سائل, فان تأثير الشد السطحي للسائل سيؤدي الى إحدى الحالتين الآتيتين:-

1- ارتفاع السائل في الانبوب الشعري, في حالة صنع السائل زاوية حادة (اقل من 90°) مع سطح الانبوب الشعري. مثال ذلك الماء الذي يرتفع داخل الانبوب الشعري الى ارتفاع معين فوق سطحه الخارجي. كما في الشكل (1a).

2- انخفاض السائل في الانبوب الشعري, في حالة صنع السائل زاوية منفرجة (اكثر من 90°) مع السطح الداخلي للانبوب الشعري. مثال ذلك الزئبق الذي ينخفض داخل الانبوب الشعري الى مستوى معين تحت سطحه الخارجي. كما في الشكل (1b).

إن ارتفاع السائل او انخفاضه داخل الانابيب الشعرية يعتمد على محصلة القوة بين قوى التماسك وقوى التلاصق بين جزيئات السائل وجزيئات سطح الانبوب الشعري فيعزى ارتفاع الماء الى داخل الانابيب الشعرية الى تغلب قوى التلاصق على قوى التماسك, أي ان محصلة القوى ستكون نحو الأعلى فتؤدي الى ارتفاع جزيئات السائل داخل الانبوب الشعري كما ويعزى انخفاض الزئبق داخل الانابيب الشعرية الى تغلب قوى التماسك على قوى

التلاصق مما يسبب ان تكون محصلة القوى نحو الاسفل فتؤدي الى انخفاض سطح الزئبق داخل الانبوب الشعري عن مستواه خارج الانبوبة . تستمر عملية ارتفاع جزيئات الماء داخل الانبوبة الشعرية الى ان يحصل التوازن بين مركبة محصلة القوى المتجهة نحو الأعلى (وتكن F) مع وزن عمود السائل (وليكن W) (والذي ارتفاعه h)، والمتجه بصورة عمودية نحو الأسفل .



الشكل (1) الخاصية الشعرية للماء والزئبق

الشد السطحي Surface Tension

من خواص السوائل المهمة ميل سطحها للتقلص من أجل الحصول على أقل مساحة سطحية ممكنة، ونظراً لامتلاك الكرة أقل مساحة سطحية لاي حجم معين من المادة، لذلك تكون قطرات المطر الساقطة خلال الهواء كروية الشكل تقريباً. وللسبب نفسه تمتلك فقاعات الهواء في الماء وقطرات الزئبق الصغيرة شكلاً كروياً ايضاً. ان عدم امتلاك القطرات الكبيرة للماء والزئبق شكلاً كروياً تماماً (بل شكلاً مفلطحاً) يرجع الى تأثير وزن المادة فيها. وفضلاً عما تقدم فان هناك كثيراً من الظواهر المألوفة في السوائل منها تحذب سطح الماء في ورق صغير مملوء بالماء بأكثر من سعته قليلاً وعدم انسكابه وطفو بعض القطع المعدنية كالابرة وشفرة الحلاقة الجافتين على سطح الماء الساكن ووقوف او سير بعض الحشرات على سطح الماء من دون ان تغطس في الماء على الرغم من ان كثافة هذه الاجسام تفوق كثيراً كثافة الماء. وهناك ايضاً ظاهرة ارتفاع الماء في الانابيب

الشعرية وانخفاض الزئبق فيها عن المستوى الخارجي لهما. كل هذه الظواهر وغيرها يعزى الى وجود ظاهرة الشد السطحي في السوائل. ويعرف الشد السطحي على انه القوة المؤثرة لكل وحدة طول من سطح السائل. ووحدة الشد السطحي هي N/m او $dyne/cm$.

تتوقف قيمة الشد السطحي لسائل ما على نوع السائل ودرجة حرارته, اذ تقل قيمة الشد السطحي للسائل كلما ارتفعت درجة حرارته. وهذا يفسر لماذا يستخدم الماء الحار والصابون لازالة البقع الدهنية, اذ يقل الشد السطحي للبقع الدهنية بتأثير الحرارة وتتفت تلك البقع. ان وجود الشد السطحي يدل على ان الجزيئات القريبة من السطح تكون متباعدة عن بعضها البعض اكثر من الجزيئات الواقعة داخل السائل. الجدول (3) يبين قيم الشد السطحي لبعض السوائل.

الجدول (3) الشد السطحي لبعض السوائل.

المادة	الشد السطحي (N/m) 10^{-3}
الزئبق	465
الماء عند $4^{\circ}C$	73
زيت الزيتون	32
البنزين	29

زاوية الاتصال (زاوية التماس) (θ) Angle of Contact

وتعرف على انها الزاوية المحصورة بين السطح الصلب والسطح المماس لسطح السائل, وتقاس داخل السائل. وتعتمد قيمة هذه الزاوية على نوع السائل ونوع السطح الصلب. وبصورة عامة يمكن تشخيص ثلاث حالات لهذه الزاوية وهي كما يأتي:

- 1- يصنع السائل زاوية حادة مع السطح الصلب, كما في الشكل (2a). وهي الحالة التي تنطبق على الماء وسطح الزجاج.
- 2- يصنع السائل زاوية منفرجة مع السطح الصلب. كما في الشكل (2b). وهي الحالة التي تنطبق على الزئبق وسطح الزجاج.
- 3- تصنع بعض السوائل زاوية مقدارها صفراً مع بعض السطوح الملساء والنظيفة جداً, كما في الشكل (2c). وهي حالة تنطبق على الماء وبعض السوائل العضوية عند تلامسها مع سطح زجاجي نظيف جداً. في الحالة الأولى تكون قوة التلاصق اكبر من قوة التماسك مما يؤدي الى انتشار جزيئات السائل والتصاقها بالسطح الصلب.

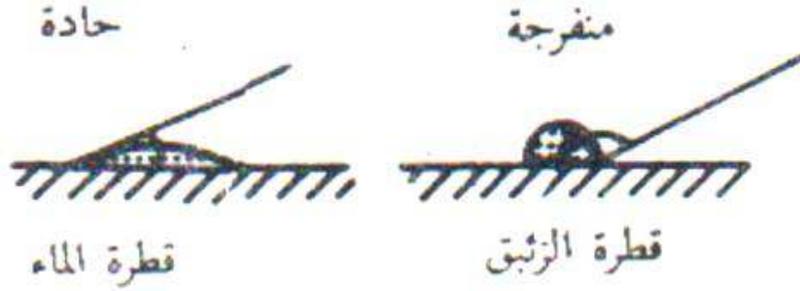


الشكل (2) يوضح زاوية التصاق السائل مع السطح المجاور

وفي الحالة الثانية يحدث العكس اذ تكون قوة التلاصق اصغر من قوة التماسك مما يؤدي الى تكوين السطح المحدب وتجمع الجزيئات وابتعادها عن السطح الصلب بدلاً من الانتشار والالتصاق به.

اما في الحالة الثالثة فتكون قوة التلاصق كبيرة جداً عند مقارنتها مع قوة التماسك مما يؤدي الى انتشار السائل وتكوين غشاء رقيق من الجزيئات مواز تقريباً الى السطح الصلب في نقطة التماس.

يوضح الشكل (3) قطرتين احدهما من الماء والاخرى من الزئبق على سطح أملس, اذ نجد ان قطرة الماء تتفطح وتحاول الانتشار على السطح الصلب, بينما قطرة الزئبق تحاول التجمع وعدم الانتشار على السطح الصلب. فالسوائل التي تصنع زاوية حادة مع السطح الصلب يقال بأنها تبلل السطح, بينما السوائل التي تصنع زاوية منفرجة يقال بأنها لا تبلل السطح المذكور.



الشكل (3) يوضح قطرة الماء والزئبق على السطح الاملس

أما قيم زاوية التماس, فيصنع الماء مع السطح الزجاجي زاوية مقدارها حوالي 10° مما يسبب له الانتشار وتكوين غشاء رقيق من الماء. بينما تكون قيمة الزاوية التي يصنعها الزئبق مع سطح الزجاج مساوية الى 140° مما يؤدي الى تكوين قطرات الزئبق بدلاً من الانتشار على السطح المذكور.

عند وضع الانبوب الشعري في السائل نجد ان انحناء السطح (الشكل 4) يجعل الضغط عند النقطة 4 أقل من الضغط الجوي عند النقطة 5 , مما يدفع السائل الى الارتفاع في الانبوبة الشعري لأجل معادلة الضغط عند النقطتين. أفرض ان الضغط عند النقاط 1 و 2 و 3 و 4 و 5 يساوي P_1 و P_2 و P_3 و P_4 و P_5 على التوالي (الشكل 4) عند تحقيق تعادل الضغط يكون:

$$P_1 = P_2 \dots\dots\dots (3)$$

لأن فرق الضغط عبر السطح الأفقي يساوي صفراً, كما ويكون:

$$P_1 = P_2 = P_3 \dots\dots\dots (4)$$

أي ان :

$$P_1 = P_4 + \rho gh \dots\dots\dots (5)$$

حيث أن ρ تمثل كثافة السائل و h ارتفاعه خلال الانبوبة الشعرية. فضلاً عما تقدم

$$P_5 = P_4 + \frac{2\gamma}{r} \dots\dots\dots (6)$$

حيث أن γ تمثل الشد السطحي و r تمثل نصف قطر الانبوبة الشعرية.
ولكن قيمة الضغط عن النقطتين 1 و 5 متساويتان لانهما يمثلان الضغط الجوي، أي ان

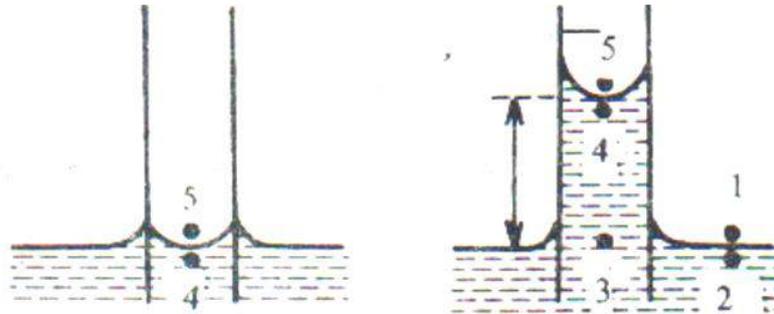
$$P_1 = P_5 \dots\dots\dots (7)$$

$$P_4 + \rho gh = p_4 + \frac{2\gamma}{r}$$

$$\gamma = \frac{\rho g hr}{2} \dots\dots\dots (8)$$

أو

$$h = \frac{2\gamma}{\rho gr} \dots\dots\dots (9)$$



الشكل (4) الشد السطحي

الضغط في السوائل (P) Pressure in Liquids

يؤثر السائل بقوة على الجدران الجانبية وقاعدة الوعاء الذي يحتويه, وتكون القوة عمودية على جميع نقاط السطح الذي تؤثر عليه. ويعرف الضغط على انه القوة المؤثرة لوحدة المساحة, أي ان

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (10)$$

ووحدة الضغط في النظام العالمي للوحدات (SI) هي (N/m^2) , ويطلق على هذه الوحدة احياناً Pascal واختصاراً يرمز لها بـ (Pa). ويقاس الضغط ايضاً بدلالة الجو atmosphere ويرمز لها بـ (atm), اذ ان

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

كما يرمز للضغط بارتفاع عمود الزئبق الذي كثافته (13.6 g/cm^3) , ويكافئ الضغط الجوي عند سطح البحر 76 cm Hg . أما الضغط الواطيء فيقاس بوحدات مثل mm Hg والتي تسمى أحياناً بالـ (torr). حيث ان

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr}$$

$$\frac{1}{760} \text{ atm} = 1 \text{ mm Hg}$$

وتستخدم أيضاً وحدة البار (bar) أو الملي بار mbar , اذ ان

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyne/cm}^2$$

$$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ N/m}^2 = 0.750 \text{ mm Hg}$$

يتناسب الضغط الذي يسلطه السائل نتيجة لوزنه عند اية نقطة داخل السائل مع كثافة السائل ومع عمق تلك النقطة عن سطح السائل.

فإذا أخذت نقطة على عمق h cm في سائل كثافته ρ g/cm³. إن القوة التي يؤثر بها السائل على مساحة مقدارها A عند تلك النقطة تساوي

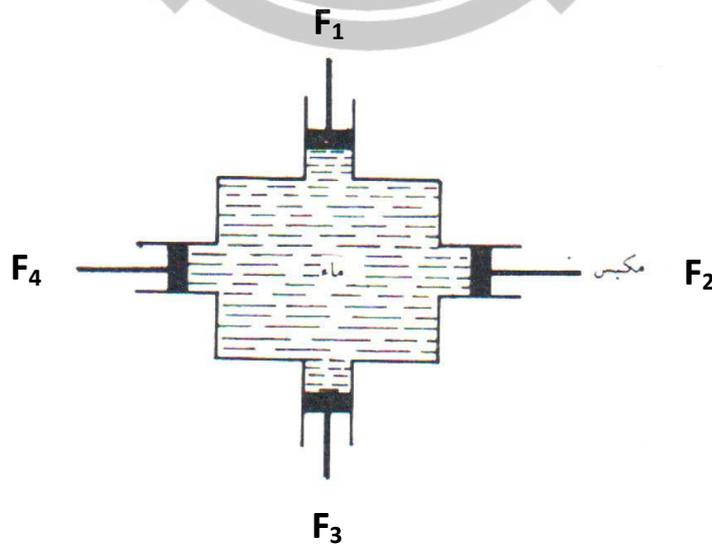
$$F = A \rho g h \quad \text{dyne}$$

ويكون الضغط (أو القوة لوحدة المساحة) تساوي:

$$P = \frac{F}{A} = \rho g h \quad \text{dyne/cm}^2$$

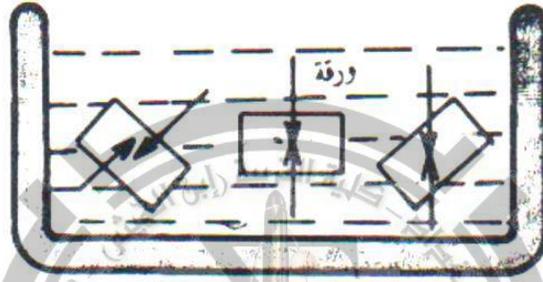
ينتقل الضغط المسلط على سائل محصور في وعاء مغلق الى جميع انحاء السائل بالتساوي. ويمكن إثبات هذه الحقيقة تجريبياً، وذلك اذا أخذنا وعاء مغلقاً يحتوي على عدد من المكابس مملوء بالماء كما في الشكل رقم (4) فإذا كانت مساحة هذه المكابس متساوية وواقعة على نفس العمق. وسلطت قوة على احد هذه المكابس، فان قوى متساوية يجب ان تسلط على المكابس الأخرى من أجل المحافظة عليها في نفس اماكنها، أي ان

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$



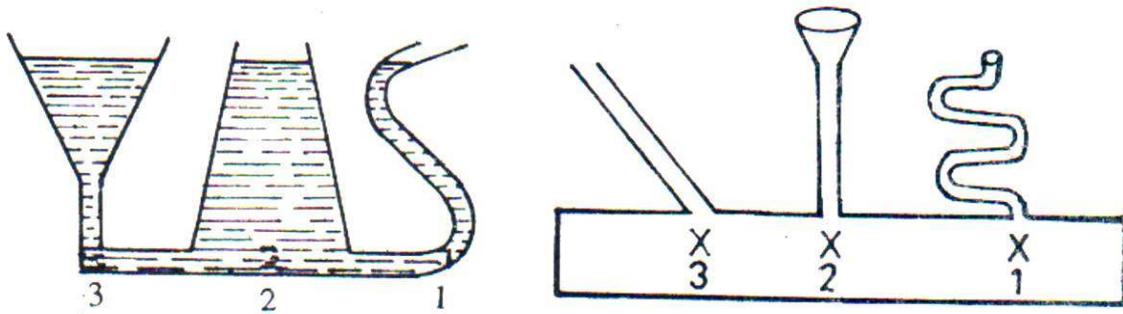
الشكل (5) انتقال الضغط في السوائل

وكمثال آخر على حقيقة الضغط يؤثر في جميع الاتجاهات داخل السائل, نأخذ قطعة من الورق ونضعها في حوض ماء, سنجد ان قطعة الورق لا تتحرك بدرجات محسوسة وغير اعتيادية ولا تنطوي أو تنكسر نتيجة الضغط الذي يسلطه السائل. وهذا يدل على ان الضغط الذي يسلطه الماء على احد وجهي الورقة يقابله ضغط مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه يؤثر على الوجه المقابل لكي يحدث التوازن. وينطبق الشيء نفسه مهما كان وضع او اتجاه الورقة داخل السائل انظر الشكل (6), وعليه فان ضغط السائل في نقطة معينة يجب ان يكون متساوياً في جميع الاتجاهات.



الشكل (6) تأثير الضغط في جميع الاتجاهات داخل السائل

يكون الضغط واحداً عند جميع النقاط الواقعة على عمق معين للسطح, وهذا الضغط يؤثر على اية نقطة واي سطح على هذا العمق مهما كان اتجاهه. ومثال على ذلك تكون النقاط 1 و 2 و 3 تحت نفس الضغط شكل رقم (7). ان الاختلال في الضغط بين نقطة واخرى يؤدي الى انسياب السائل في اتجاه مناسب أو آخر الى ان يأخذ سطح السائل شكلاً افقياً.



الشكل (7) تساوى الضغط عند العمق الواحد

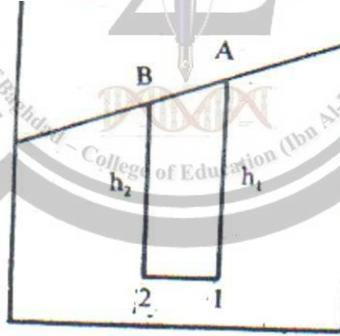
افرض ان سطح السائل ليس أفقياً كما في الشكل (8) ولتكن النقطتان 1 و 2 في داخل السائل عند المستوى الأفقي نفسه فإذا كانت h_1 و h_2 تمثلان ارتفاع السائل فوق النقطتين (1) و(2) على التوالي, فان الضغط المسلط على النقطة (1) والنقطة (2) سيكون مساوياً الى $\rho g h_1$ و $\rho g h_2$ على التوالي. وهذان الضغطان يجب ان يكونا متساويين والا فان السائل سوف ينساب من النقطة (1) الى النقطة (2) و عليه فان:

$$\rho g h_1 = \rho g h_2$$

أو

$$h_1 = h_2$$

و عليه فان السطح (AB) من السائل يجب ان يكون أفقياً.



الشكل (8) سطح السائل الأفقي

مسائل الفصل الرابع

س1: ما هو الحجم الذي تشغله كمية من الزئبق مقدارها 300 g ؟ كثافة الزئبق 13600 Kg/m^3 .

الحل

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

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

$$V = \frac{300 \times 10^{-3} \text{ Kg}}{13600 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V = 2.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

س2 : ما هي كتله لتر واحد من زيت بذرة القطن اذا كانت كثافته 926 Kg/m^3 وما مقدار وزنه.

الحل

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

$$m = \rho V$$

$$m = 962 \text{ Kg/m}^3 \times 1000 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = 0.962 \text{ Kg}$$

$$\text{weight} = mg$$

$$\text{weight} = 0.926 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \quad \Longrightarrow \quad \text{weight} = 0.9074 \text{ N}$$

س3 : الوزن النوعي للحديد هو 7.8 . احسب كثافته وكتلة 60 cm^3 منه.

الحل

$$SG = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$\rho = SG \times \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\rho = 7.8 \times 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = 7800 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$m = \rho V$$

$$m = 7800 \text{ Kg/m}^3 \times 60 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = 0.468 \text{ Kg}$$



س4 : قارورة مدرجة كتلتها 30 g وهي فارغة, و 81 g وهي مملوءة بالماء, و 68 g وهي مملوءة بالزيت. احسب كثافة الزيت.

الحل

نوجد أولاً حجم القارورة من العلاقة $\rho = \frac{m}{V}$ باستخدام بيانات الماء

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

$$V = \frac{(81-30) \times 10^{-3} \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V = 51 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

إذن بالنسبة للزيت يكون:

$$\rho_{oil} = \frac{m_{oil}}{V}$$

$$\rho_{oil} = \frac{(68-30) \times 10^{-3} \text{ Kg}}{51 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\rho_{oil} = 745 \text{ Kg/m}^3$$

س5 : احسب قيمة الضغط عند عمق 76 cm في وجود مائع ساكن اذا كان هذا المائع

(أ) ماء ($\rho_w = 1000 \text{ Kg/m}^3$). (ب) زئبق ($\rho = 13600 \text{ Kg/m}^3$).

الحل: (أ)

$$P = \rho_w g h$$

$$P = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 76 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$P = 7448 \text{ N/m}^2 = 7.448 \text{ Kpa}$$

(ب)

$$P = \rho g h$$

$$P = 13600 \text{ Kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 76 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$P = 1012928 \text{ N/m}^2$$

س6 : مكعب من اليورانيوم ($\rho_u = 18.68 \text{Kg/m}^3$) طول كل من اضلاعة 2 cm

(أ) أوجد كتلته.

(ب) ما طول ضلع مكعب من الثلج ($\rho_i = 920 \text{Kg/m}^3$) له نفس الكتلته؟

س7 : احسب الكثافة والوزن النوعي للكازولين, اذا كان 51 g منه يشغل 75cm^3 .

س8 : شريحة رقيقة من رقاقة ذهب مساحتها 3.12cm^2 وكتلتها 6.5 mg . احسب سمك الشريحة. كثافة الذهب هي $\rho = 19300 \text{Kg/m}^3$.

س9: ما كثافة مادة نواة ذرة الهيدروجين؟ يمكن اعتبار النواة كأنها كرة نصف قطرها $1.2 \times 10^{-15} \text{m}$, وكتلتها $1.67 \times 10^{-27} \text{Kg}$.



الفصل الثالث

الخواص المغناطيسية للمواد

عرفت المواد المغناطيسية منذ زمن بعيد, واول ما عرف منها حجر المغنايت (Fe_3O_4) في مقاطعة مغنيسيا.

وتم استخدام الصفة المغناطيسية بخيط من قبل البحارة لتحديد الاتجاه, وذلك بتعليقهم قطعة مغناطيسية بخيط في الهواء فنتجه باتجاه القطب الشمالي والقطب الجنوبي للمجال المغناطيسي الارضي.

وتطلق اليوم كلمة المغناطيسية على المواد التي تظهر استجابة واضحة للمجال المغناطيسي الخارجي المسلط عليها. ومن اهم المواد المغناطيسية المعروفة الحديد والنيكل والكوبلت ومادة المغنايت. وقد وجد بان الخاصة المغناطيسية تتأثر كثيراً بدرجات الحرارة.

التأثيرية المغناطيسية

Magnetic Susceptibility(χ)

تعرف التأثيرية المغناطيسية على انها نسبة المغناطيسية او العزم المغناطيسي لوحدة الحجم الى المجال المغناطيسي المؤثر (H), أي ان

$$\chi = \frac{M}{H} \dots\dots\dots (1)$$

وتعد التأثيرية المغناطيسية مقياساً لمدى استجابة المادة المغناطيسية الى المجال المغناطيسي المسلط عليها. ان العلاقة بين العزم المغناطيسي لوحدة الحجم M والمجال المغناطيسي المؤثر H علاقة غير خطية للكثير من المواد المغناطيسية

وعليه فان قيم التأثيرية المغناطيسية لا تعتمد على شدة المجال المغناطيسي المؤثر فحسب بل تعتمد على عوامل اخرى منها التركيب المغناطيسي للمادة وعلى درجة الحرارة. تتوزع قيم التأثيرية المغناطيسية على مدى واسع يتراوح من 10^{-6} للمواد ضعيفة المغناطيسية الى حوالي 10^6 أو أكثر للمواد ذات المغناطيسية القوية, فضلاً عن ان قيمها تكون سالبة لبعض انواع المواد المغناطيسية.

تصنيف المواد المغناطيسية **Classification of Magnetic Materials**

اعتماداً على قيم التأثيرية المغناطيسية للمواد وعلاقتها بدرجة الحرارة يمكن تصنيف المواد المغناطيسية الى الاصناف الرئيسية الآتية:



- 1- المواد الدايمغناطيسية.
- 2- المواد البارامغناطيسية.
- 3- المواد الفيرومغناطيسية.
- 4- المواد صديدة الفيرومغناطيسية.
- 5- المواد الأخرى.

المواد الدايمغناطيسية Diamagnetic Materials

وهي المواد التي تكون تأثيريتها المغناطيسية

- 1- سالبة
 - 2- قليلة جداً (10^{-5}).
- ان أصل الخاصية الدايمغناطيسية هو الحركة المدارية للإلكترونات الاغلفة المشبعة حول النواة والتي تستحدث نتيجة تسليط مجال مغناطيسي مؤثر على المادة. اذ ان المجال المؤثر يحدث تغييراً في حركة الإلكترونات والذي يعني احداث تغير في العزم المغناطيسي لهذه الإلكترونات, وهذا معناه ان ذرات المادة الدايمغناطيسية لا تملك عزم مغناطيسية دائمة, بل تمتلك عزوم مغناطيسية محتثة ضعيفة غير دائمية تزول بزوال تأثير المجال المغناطيسي المسلط على المادة. ان

اتجاه العزم المغناطيسي المحتث يكون معاكساً لاتجاه المجال المغناطيسي المسلط. ومن أشهر المواد الدايمغناطيسية الغازات الخاملة والمركبات ذات المدارات الالكترونية المغلقة ومعظم المواد الصلبة الايونية والجزئية والمركبات العضوية. وان الخاصية الدايمغناطيسية لا تعتمد على اتجاه العزم داخل المادة ولا تعتمد على درجة الحرارة. ان جميع المواد على اختلاف انواعها تمتلك الخاصية الدايمغناطيسية ولكنها قد تكون ضعيفة جداً واكل بكثير من الخواص المغناطيسية الأخرى, فضلاً عن ان جميع المواد تصبح دايمغناطيسية في درجات الحرارة العالية جداً. ان الصفة الدايمغناطيسية صفة مؤقتة تزول بزوال المجال المغناطيسي المؤثر المسلط على المادة, وتظهر مجدداً بوجود المجال المذكور. الشكل (1) يبين علاقة التأثيرية المغناطيسية مع درجة الحرارة للمواد الدايمغناطيسية.



الشكل (1) علاقة التأثيرية المغناطيسية مع درجة الحرارة للمواد الدايمغناطيسية

الجدول (2) قيم التأثيرية المغناطيسية لبعض المواد الدايمغناطيسية

التأثيرية المغناطيسية $\times 10^{-5}$	المادة
- 16	البيزموت Bi
- 2.9	الزئبق Hg
- 2.3	الكالسيوم Ca
- 1.0	النحاس Cu
- 0.4	السليكون Si
- 3.6	الذهب Au
- 9.0	الماء H ₂ O
- 0.2	الهيدروجين H ₂
- 5.0	النروجين N ₂

المواد البارامغناطيسية Paramagnetic Materials

وهي المواد التي تتصف تأثريتها المغناطيسية بما يأتي:

- 1- موجبة.
- 2- قليلة تتراوح بين 10^{-3} الى 10^{-5} .

تظهر الخاصية البارامغناطيسية في الذرات او الجزيئات التي تمتلك عدداً فردياً من الالكترونات التي تعمل على اعطاء عزم مغناطيسي دائم للذرة او الجزيئة. كما تتصف الذرات والجزيئات الحاوية على مدارات غير مشبعة بالخاصية البارامغناطيسية حتى وان امتلكت لعدد زوجي من الالكترونات. وهذا يعني ان الخاصية البارامغناطيسية صفة متأصلة في المادة ولا تستحدث نتيجة لتأثير المجال المغناطيسي الخارجي المؤثر عليها. وفي حالة وجود المجال المذكور فان معدل اتجاهات العزوم سيأخذ اتجاهاً موزائياً لاتجاه المجال المسلط والمؤثر على المادة. ان المغناطيسية الناتجة عن هذا الاصطفاف للعزوم المغناطيسية تكون ضعيفة, والسبب في ذلك يعود الى ان العزوم المذكورة تكون ضعيفة ومتباعدة عن بعضها البعض. الشكل (2) يوضح ترتيب العزوم المغناطيسية للمادة البارامغناطيسية. ان الاتجاهات المبعثرة للعزوم سيجعل المغناطيسية للمادة مساوية للصفر في حالة عدم وجود المادة داخل المجال المغناطيسي المؤثر. تتناسب التأثيرية المغناطيسية لهذه المواد تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة, أي ان:

$$\chi \propto \frac{1}{T}$$



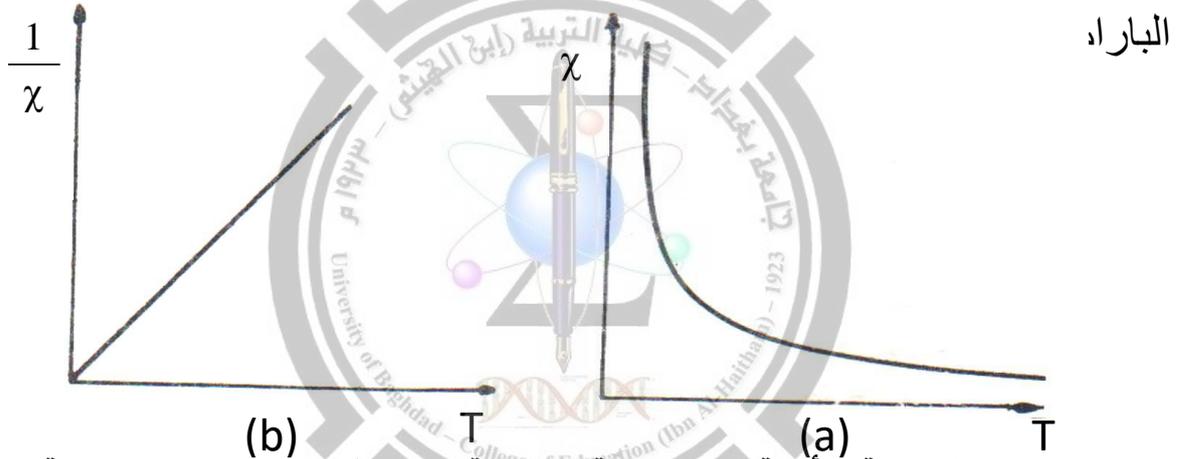
الشكل (2) يوضح ترتيب العزوم في المواد البارامغناطيسية

وفي حالة وجود مجال مغناطيسي ذي قيمة معقولة (ولكنها ضعيفة) فان علاقة التأثيرية المغناطيسية ودرجة الحرارة تكون خطية وكما يأتي:

$$\chi = \frac{C}{T} \dots\dots\dots (2)$$

يعرف هذا القانون بقانون كوري, و C تمثل ثابت التناسب (ثابت كوري).

الشكل (3) يوضح العلاقة بين χ و $\frac{1}{T}$ مع درجة الحرارة للمواد



الشكل (3) علاقة التأثيرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد البارامغناطيسية

الجدول (3) يبين قيم التأثيرية المغناطيسية لبعض المواد البارامغناطيسية

المواد	التأثيرية المغناطيسية $\times 10^{-5}$
الكالسيوم Ca	1.9
الليثيوم Li	2.1
الالمنيوم Al	2.2
الكروميوم Cr	27
البلاتين Pt	29
الصوديوم Na	0.9
الاوكسجين O ₂	0.2
المنغنيز Mn	98
التنكستن W	36

المواد الفيرومغناطيسية Ferromagnetic Materials

ان وجود مواد ذات مغناطيسية دائمية في درجة حرارة الغرفة معروف منذ زمن بعيد, ومن اشهر هذه المواد الحديد وأوكسيده Fe_3O_4 إذ استخدمنا منذ العصور القديمة من قبل البحارة في ايجاد الاتجاه, وذلك لامتلاكه المغناطيسية الدائمة التي تتاثر بالمجال المغناطيسي الارضي. تنشأ الخاصية الفيرومغناطيسية من الالكترونات المنفردة ذات العزم المغناطيسي الدائم, أو من تراصف هذه العزوم وباتجاه واحد تنشأ هذه الخاصية. ومن اهم العناصر الفيرومغناطيسية المعروفة هي الحديد والكوبلت والنيكل والكادولونيوم والديسبروسيوم التي تملك درجات حرارة كوري (T_C) Curie Temperature, $1043K$ و 1395 و 631 و 289 و 85 درجة كلفينية على الترتيب.

تتحول المواد الفيرومغناطيسية الى مواد بارامغناطيسية. اذا اصبحت درجة حرارتها اكبر من درجة حرارة كوري وعند تبريدها الى اقل من درجة حرارة كوري فانها تتحول مرة ثانية الى الصفة الفيرومغناطيسية. تزداد التأثيرية المغناطيسية كلما أقتربنا من درجة حرارة كوري. ان التأثيرية المغناطيسية للمادة في الدرجات الحرارية الاعلى من درجة حرارة كوري تتغير مع درجة الحرارة بحسب قانون خاص يسمى قانون كوري – وايز Curie – Weiss Law الذي يمكن كتابته كما يأتي :

$$\chi = \frac{C}{T - \theta_c} \dots\dots\dots (3)$$

حيث ان θ_c تمثل درجة حرارة موجبة.

تتراصف العزوم المغناطيسية كما في الشكل (4) عندما تكون درجة حرارة المادة اكبر من واقل من درجة حرارة كوري.

الجدول (4) يوضح أهم العناصر الفيرومغناطيسية ودرجاتها الحرجة.



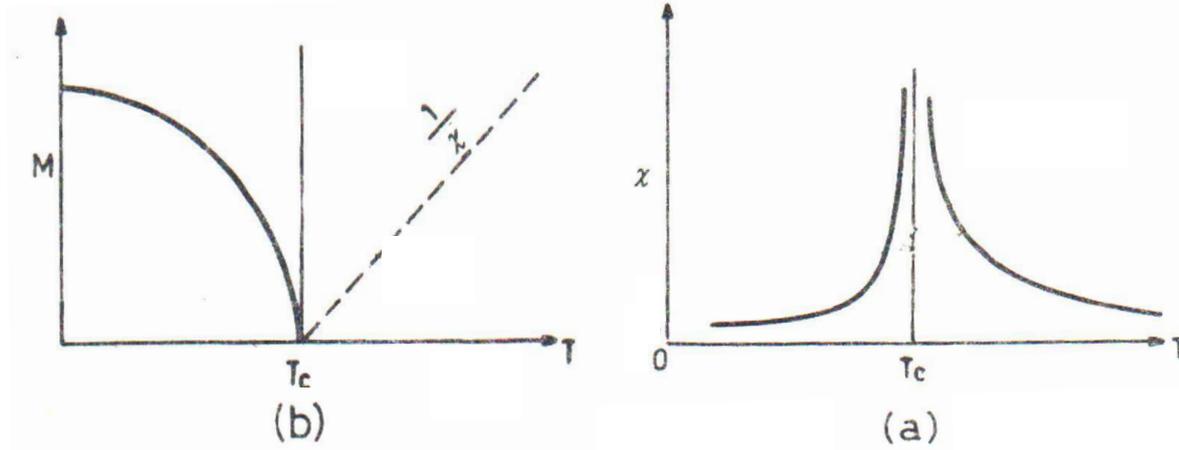
الشكل (4) ترتيب العزوم في المواد الفيرومغناطيسية

الجدول (4) يوضح اشهر العناصر الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة كوري لها

Tc (K)	العنصر
1043	Fe
1388	CO
637	Ni
293	Gd
85	Dy

تتغير التأثيرية المغناطيسية للمواد الفيرومغناطيسية مع درجة الحرارة كما في الشكل (5a).

تزداد مغناطيسية المادة كلما انخفضت درجة الحرارة وتصل اعلى قيمة لها عند درجة الصفر الكلفنية وتقل كلما ارتفعت درجة الحرارة وتصل الى الصفر عند الدرجة الحرجة (اي درجة حرارة كوري), التي تتحول بعدها المادة الى الحالة البارامغناطيسية, حالة تبعثر العزوم المغناطيسية, انظر الشكل رقم (5b).



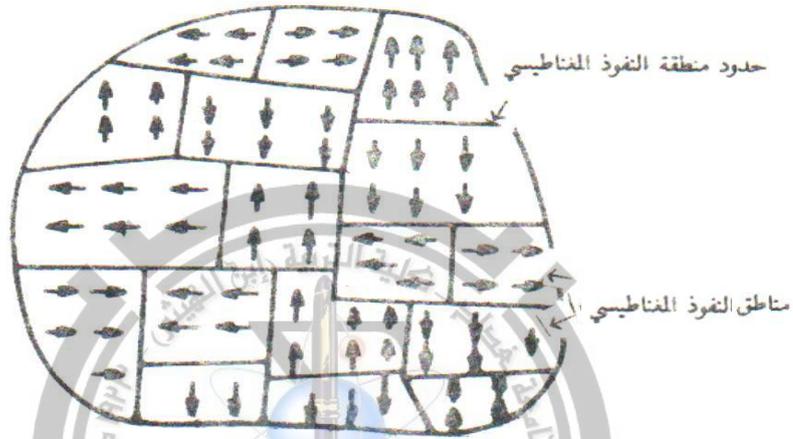
الشكل (5) علاقة التأثرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد الفيرومغناطيسية

أما إذا انخفضت درجة حرارة المادة الى ما دون الدرجة الحرجة T_c فانها تتحول مرة اخرى الى الطور الفيرومغناطيسي, أي حالة انتظام العزوم المغناطيسية باتجاه واحد. وهذا يعني ان المادة تكون ممغنطة ذاتياً من دون التأثير عليها بمجال مغناطيسي خارجي مؤثر. بقيت ظاهرة المغناطيسية الذاتية وبالتالي النظرية الفيرومغناطيسية مبهمة الى ان جاء العالم وايز Weiss الذي افترض (نظرية المجال الجزيئي) (Molecular Field Theory) والذي يتصف بما يأتي:

- 1- انه مجال ذاتي يؤثر في المادة المغناطيسية.
- 2- له قيمة عالية, اذا انه يستطيع ان يمغنط المادة الى حد الاشباع, حتى في حالة عدم وجود مجال مغناطيسي خارجي مؤثر. وبتأثير هذا المجال تكون المادة ممغنطة حد الاشباع بصورة ذاتية.

كما استطاع العالم وايز ان يفسر حالة وجود مواد فيرومغناطيسية حديدية في حالة عدم تمغنط في درجة حرارة الغرفة بأفترضه ان المادة مقسمة الى مناطق مغناطيسية تسمى مناطق النفوذ المغناطيسي **Magnetic Domains** وهي مناطق مفصولة عن بعضها البعض بحاجز يدعى بحائط المنطقة المغناطيسية **Magnetic Domain Wall**. ان كل منطقة من هذه المناطق تكون ممغنطة ذاتياً حد الاشباع ويكون اتجاه العزوم في كل منطقة معاكس لاتجاه المنطقة المجاورة إذ ان المغناطيسية الكلية للمادة تساوي صفراً. ان سبب تحول المادة الى

مادة ذات مناطق نفوذ مغناطيسية متعددة, يعود الى ان الطاقة المخزونة في المجال المغناطيسي تكون كبيرة, اما اذا قسمت المادة الى مناطق ممغنطة متعددة وباتجاهات متعاكسة فان الطاقة المخزونة ستكون أقل بكثير مما هي عليه في حالة المنطقة المنفردة. الشكل (6) يوضح مناطق النفوذ المغناطيسي في المواد الفيرومغناطيسية.



الشكل (6) مناطق النفوذ المغناطيسي في المواد الفيرومغناطيسية

المواد ضدية الفيرومغناطيسية Anti - Ferromagnetic Materials

من أشهر العناصر ضدية الفيرومغناطيسية الكروم Cr والسيريوم Ce والمنغنيز α -Mn وتتصف المواد ضدية الفيرومغناطيسية بأن تأثيرتها قليلة ولكنها موجبة لجميع درجات الحرارة. ان العزوم المغناطيسية لذرات او جزيئات هذه المواد تكون مرتبة بشكل صفوف متوازية ومتشابهة. ولكن اتجاهات العزوم فيها تكون في صفوف متضادة, كما في الشكل (7).

تمتلك هذه المواد درجة حرارة حرجة تسمى درجة حرارة نيل Neel Temperature (T_N) اذ تكون المادة تحت هذه الدرجة مادة ضدية الفيرومغناطيسية وتترتب العزوم كما في الشكل (7b-). أما إذا كانت المادة عند

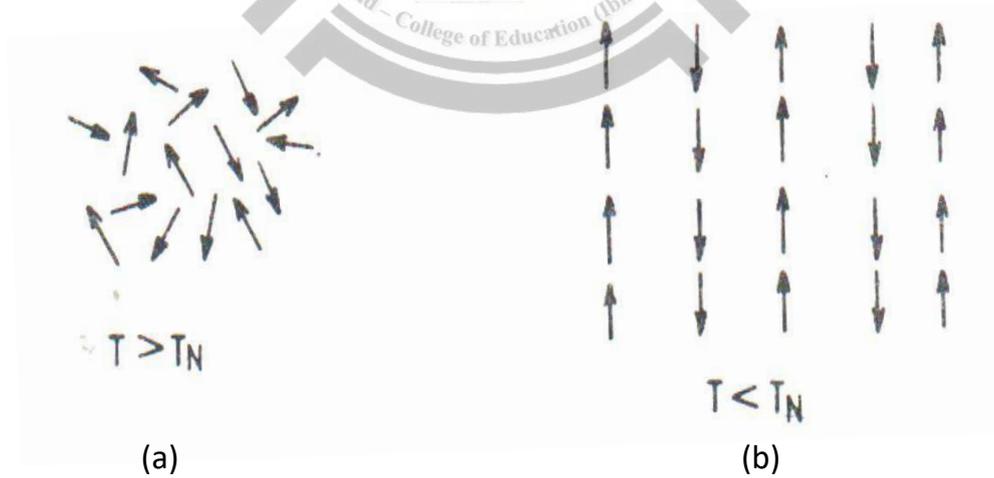
درجة حرارة اعلى من درجة حرارة نيل فان المادة تتحول الى الطور البارامغناطيسي, الذي تكون فيه العزوم مبعثرة باتجاهات مختلفة كما في الشكل (7a). تكون مغناطيسية هذه المواد ضعيفة (صفر تقريباً) وذلك لتشابه العزوم المتضادة. تقل التأثيرية المغناطيسية للمواد ضدودة الفيرومغناطيسية كلما انخفضت درجة الحرارة في الطور ضدودة الفيرومغناطيسية. الشكل (8) يوضح علاقة التأثيرية المغناطيسية ومقلوبها مع درجة الحرارة.

ينطبق قانون كوري - وايز على التأثيرية المغناطيسية للمواد ضدودة الفيرومغناطيسية في الطور المغناطيسي ويأخذ الصيغة الآتية:

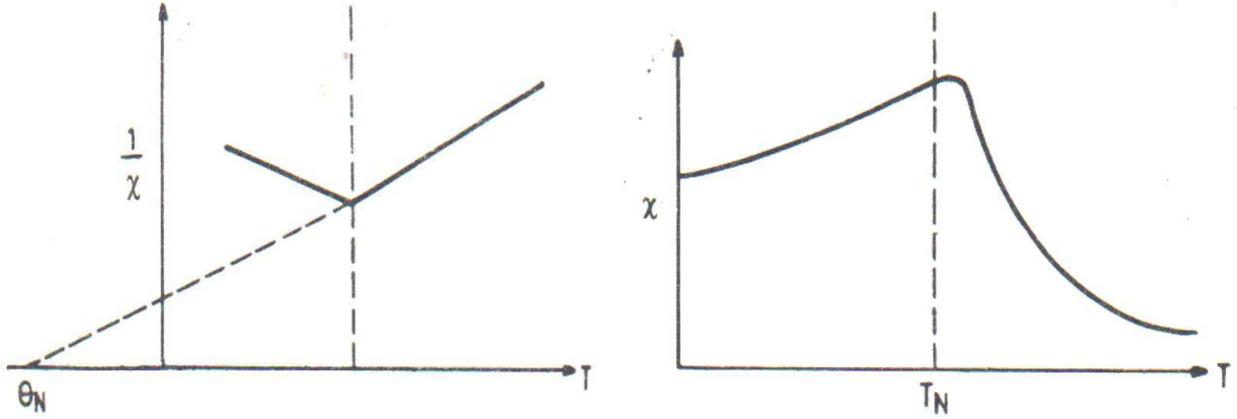
$$\chi = \frac{C}{T - \theta_N} \quad \dots \dots \dots (4)$$

إن قيمة θ_N تكون سالبة.

الجدول (5) يحتوي على اهم المواد ضدودة الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة نيل لها.



الشكل (6) ترتيب العزوم في المواد ضدودة الفيرومغناطيسية



الشكل (8) علاقة التأثرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد ضدية الفيرومغناطيسية

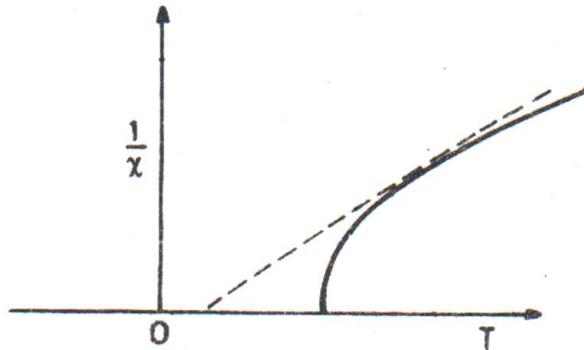
الجدول (5) بعض المركبات والعناصر ضدية الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة

درجة حرارة نيل $T_N(K)$	المركب اوالعنصر
122	MnO
198	FeO
453	CuO
67	MnF ₂
79	FeF ₂
38	CoF ₂
40	CrCl ₂
24	FeCl ₂
95	α - Mn
311	Cr

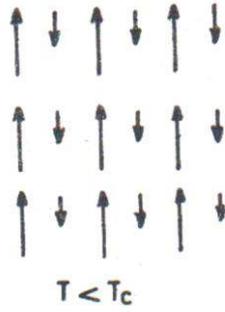
المواد الفيرومغناطيسية Ferrimagnetic Materials

تعد حالة المادة الفيرومغناطيسية حالة خاصة لحالة المواد ضدية الفيرومغناطيسية. اذ يكون فيها كل صفيين متجاورين من العزوم المغناطيسية متعاكسين في الاتجاه, ولكنها تكون غير متساوية في المقدار. وبناء على ذلك ستمتلك المادة الفيرومغناطيسية مغناطيسية ذاتية حتى في حالة عدم وجود المجال المغناطيسي الخارجي على عكس المواد ضدية الفيرومغناطيسية.

ان تأثرية هذه المواد تقل كلما ارتفعت درجة الحرارة (فوق درجة حرارة كوري). وان العلاقة بين مقلوب التأثرية المغناطيسية ودرجة الحرارة لا تكون خطية. الشكل (9) يوضح هذه العلاقة ان امتداد الجزء الواقع في درجات الحرارة العالية البعيدة عن درجة حرارة كوري يقطع احداثي درجة الحرارة في الجزء الموجب. وتمثل مجموعة الفيرايت (Ferrite) أهم المواد الفيرومغناطيسية وتتمثل هذه المجموعة في الصفة الكيميائية $MO.Fe_2O_3$, حيث تمثل M , عناصر مثل الحديد Fe والنيكل Ni والكوبلت Co والنحاس Cu وغيرها من المواد. وللمواد الفيرومغناطيسية تطبيقات واسعة في الصناعة وتستخدم في صناعة لب المواد الحثية ومخازن المعلومات (الذاكرة). الجدول (6) يبين بعض المواد الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة كوري التابعة لها. اما الشكل (10) فيمثل كيفية ترتيب العزوم المغناطيسية في درجات حرارية اقل من درجة حرارة كوري.



الشكل (9) علاقة التأثرية المغناطيسية مع درجة الحرارة في المواد الفيرومغناطيسية



الشكل (10) ترتيب العزوم المغناطيسية في المواد الفيرومغناطيسية

الجدول (6) بعض المركبات الفيرومغناطيسية ودرجة حرارة كوري

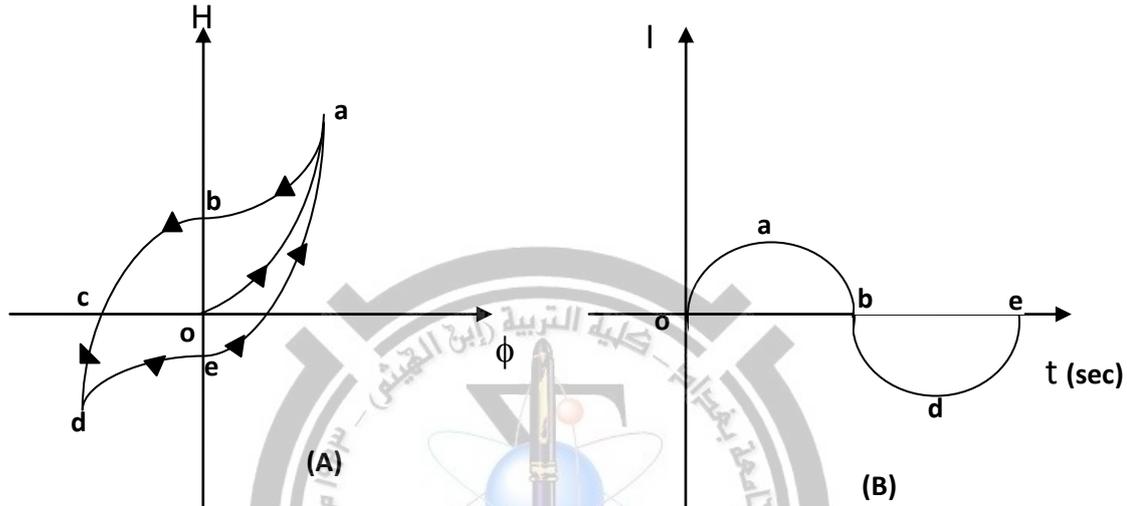
المادة الفيرومغناطيسية	الدرجة حرارة كوري (K)
Fe_3O_4	858
$CoFe_3O_4$	793
$CuFe_2O_4$	728
$NiFe_2O_4$	858
$MnFe_2O_4$	573
$3 Gd_2O_3 \cdot 5Fe_2O_3$	564
$3 Er_2O_3 \cdot 5Fe_2O_3$	556

المواد المغناطيسية الأخرى Other Magnetic Materials

هناك أنواع أخرى من المواد المغناطيسية غير ما ذكر. وهي على الاغلب حالات خاصة لما سبق, يكون فيها ترتيب العزوم المغناطيسية معقداً كما في الترتيب الحلزوني لبعض العناصر المغناطيسية النادرة ومركباتها. وكذلك ترتيب العزوم المغناطيسية في الزجاجيات المغناطيسية المعدنية البلورية واللابلورية.

الهسترة المغناطيسية

تعرف الهسترة المغناطيسية بأنها ظاهرة تخلف المغناطيسية في المواد الواقعة تحت تأثير مجال مغناطيسي خارجي. تعد هذه الظاهرة سلبية لأنها تسبب ضياع بالطاقة الكهربائية على شكل حرارة, ويمكن توضيح حلقة الهسترة بالمخطط التالي (A), ويمثل المخطط (B) ذبذبة كاملة للتيار.



حيث عند زيادة التيار ووصوله الى أعظم قيمة (a) في الاتجاه الموجب تزداد شدة المجال المغناطيسي (ϕ) الخارجي (المحيط بقلب المحولة) وكذلك يزداد المجال المتولد داخل القلب (H) ووصولها اعلى قيمة عند (a), وعند هبوط التيار الى الصفر في نقطة (b) نلاحظ هبوط (ϕ) الى الصفر ولكن تبقى كمية من المجال المغناطيسي (H) مخزونة داخل القلب (من $0 \leftarrow b$) باتجاه معين وعند انعكاس التيار سوف ينشأ مجال مغناطيسي (ϕ) باتجاه آخر ليصل اعلى قيمة عند النقطة (d) ثم ينخفض للصفر عند النقطة (e) ولكن تبقى كمية من المجال مخزونة في القلب مقدارها (من $0 \leftarrow e$) .. وهكذا فتظهر حلقة الهسترة, حيث ان مساحتها تشير الى مدى الخسائر في الطاقة. لا يمكن التخلص من هذه الظاهرة ولكن يمكن التقليل منها باستخدام مواد فيرمغناطيسية ذات مساحة حلقة هسترة قليلة.

إن سبب الخسارة في الطاقة هو أن اتجاه المجال المتخلف في القلب الحديدي (H) في النصف الاول من الذبذبة سوف يعاكس المجال (ϕ) الناشيء في النصف الثاني من الذبذبة.

الفصل الرابع

الخواص الكهربائية للمواد

تظهر المواد مدى واسعاً من قيم قابليتها على التوصيل الكهربائي. تتفوق الموصلات الجيدة (كالفضة والنحاس والألمنيوم) على المواد العازلة الجيدة في قيم توصيلتها الكهربائية بمقدار 10^{20} على الأقل.

الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity

تعرف الموصلية الكهربائية على انها قابلية المادة لتوصيل التيار الكهربائي. وينتج توصيل التيار الكهربائي عن حركة الالكترونات أو الأيونات أو كليهما داخل المادة. وبصورة عامة تكون المواد المعدنية الصلبة (العناصر) جيدة التوصيل الكهربائي. تقسم المواد اعتماداً على قابليتها لتوصيل التيار الكهربائي الى ثلاثة اقسام رئيسية:

1- الموصلات Conductors

من أهم الموصلات المعادن (الفلزات) والتي تكون ذات مقاومة نوعية كهربائية منخفضة (موصلتها الكهربائية عالية) تتراوح تقريباً من 10^{-8} الى 10^{-6} اوم – متر في درجة حرارة الغرفة, ومن امثلة الموصلات الجيدة الفضة والنحاس والألمنيوم والحديد.

2- اشباه الموصلات Semiconductors

تكون قيمة المقاومة النوعية الكهربائية لها متوسطة بين الموصلات والعوازل, اذ تتراوح بين 10^4 الى 10^6 اوم – متر في درجة حرارة الغرفة. ومن امثلتها السليكون والجرمانيوم.

3- العوازل Insulators

تتميز المواد العازلة كهربائياً بمقاومتها النوعية الكهربائية العالية والتي تتراوح بين 10^7 الى 10^{18} اوم – متر في درجة حرارة الغرفة, ومن امثلة العوازل الخشب والزجاج والمطاط والنايلون.

عند وضع كمية من الشحنة الكهربائية على طرف موصل فإنها ستنتشر بسرعة على سطح الموصل الى يحصل التوزيع المتعادل للشحنة الكهربائية. بينما عند وضع نفس الشحنة على جهة العازل فإنها لن تنتشر وتبقى في مكانها. ان حركة الشحنة داخل الموصلات ناتجة عن حركة الالكترونات. تكون بعض الالكترونات حرة غير مرتبطة بقوة الى اية ذرة أو جزيئة, على الرغم من كونها مرتبطة بقوة بالمادة ككل. ان الالكترونات الواقعة في المدارات الداخلية تكون مرتبطة بقوة الى نواة الذرة, بينما تكون الالكترونات الخارجية مرتبطة بقوة ضعيفة الى النواة, ان هذه الالكترونات تكون الالكترونات الحرة للمادة. تتحرك الالكترونات الحرة بحرية داخل المادة ككل وتعاني تصادمات متكررة.

ان الالكترونات الحرة تشكل الغاز الالكتروني الحر (Free Electron Gas). ان هذه الالكترونات تكون محفوظة داخل المادة, كما تحفظ جزيئات الغاز داخل الوعاء المغلق. ان عملية شحن الموصل تتضمن اضافة أو سحب الكترونات منها, اذ ستكتسب المادة صافي شحنة موجبة اذا تم سحب الكترونات منها, وستكون صافي الشحنة سالبة في حالة اضافة الالكترونات اليها. ان الشحنة الموجبة للمادة تعني نقصاً في عدد الكتروناتها وعلى العكس من ذلك تعني الشحنة السالبة للمادة زيادة في عدد الكتروناتها. ومن التصادمات التي تعانيها الالكترونات الحرة أو الأيونات الموجبة اثناء حركتها تنشأ المقاومة الكهربائية لسريان التيار الكهربائي, وينشأ عنها حرارة تتناسب طردياً مع مربع قيمة التيار الكهربائي وتعرف المقاومة الكهربائية على انها خاصية المادة التي تعاكس (أو تعيق) سريان التيار الكهربائي (أي الالكترونات) خلالها.

ظاهرة التوصيلية الكهربائية الفائقة**The Superconductivity Phenomena**

من المعروف ان مقاومة المواد الموصلة العادية تقل كلما انخفضت درجة الحرارة وانها تصل الى الصفر عند درجة حرارة الصفر المطلق 0K أي عند -273°C . يمكن الوصول الى درجات حرارة منخفضة باسالة الغازات, مثل الاوكسجين والنتروجين والهيدروجين والهليوم. وقد وجد ان مقاومة بعض المعادن مثل الرصاص والقصدير والزنك والزرنيق تصبح صفراً عندما تنخفض درجة حرارتها الى درجة حرارة معينة تسمى درجة الحرارة الحرجة T_C (Critical Temperature) وتظهر ما يعرف اليوم بالتوصيلية الفائقة Superconductivity . ان مقاومة المادة تصبح صفراً ويمكن لتيار كهربائي ان يسري الى سنوات عديدة في حلقة من مادة موصلة من دون الحاجة الى بطارية أو مصدر القوة الدافعة الكهربائية. وتم اكتشاف العديد من المواد ذات التوصيلية الفائقة, ومن اهم هذه المواد السبائك التي تم اكتشافها حديثاً من انها مواد ذات توصيلية فائقة عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً (اكثر من 100K). ويحاول العلماء الحصول على مواد ذات توصيلية فائقة عند درجة حرارة الغرفة لما لها من تطبيقات واسعة في الصناعة.

وتستخدم الآن المواد ذات التوصيلية الفائقة في صنع المغنايط الكهربائية التي تستطيع ان تنتج مجالاً مغناطيسياً ذا قيمة عالية. والجدول (1) يبين بعض العناصر والسبائك فائقة التوصيلية الكهربائية مع درجات حرارتها الحرجة T_C .

الجدول (1) درجة الحرارة الحرجة لتحول المادة الى التوصيلية الفائقة لبعض العناصر والسبائك

درجة الحرارة الحرجة T_c (K)	العنصر او المركب
1.2	Al الالمنيوم
3.4	In الانديوم
7.2	Pb الرصاص
4.15	Hg الزئبق
3.72	Sn القصدير
5.30	V الفاناديوم
23.2	Nb ₃ Ge نيوبيوم - جرمانيوم
17.1	V ₃ Si فانديوم-سليكون
17.5	Nb ₃ Al نيوبيوم - المنيم
10.8	Nb ₉₀ Zr ₁₀ نيوبيوم - زركونيوم
18.05	Nb ₃ Sn السيكة
16.0	NbN السيكة
20.0	Nb ₃ Al ₈ Ge ₂ السيكة
16.5	V ₃ Ga السيكة

الفصل الخامس

البلازما

البلازما هي كلمة ذات اصل اغريقي وتعني لغويا المادة الجلاتينية. وباللغة اليونانية ($\sigma\lambda\alpha\sigma\mu\alpha$) فيعني اصلا شئى مكون وفق نظام معين.

توجد المادة عادة بثلاث حالات وهي الحالة الصلبة والسائلة والغازية وعن طريق احداث تغيير في درجة حرارة المادة يمكن احداث تغيير في حالة المادة. عموما في جميع حالات المادة تكون ذرات وجزيئات المادة متعادلة كهربائيا اي ان صافي الشحنة يساوي صفر، وهذه الصفة تكون متحققة حتى اثناء عملية تحول المادة من حالة الى اخرى. في حالة البلازما فان خاصية التعادل الكهربائي لذرات وجزيئات المادة تختل، ويرتبط مفهوم البلازما عادة بحالة التأين للمادة التي تشكل 99% من المادة الكلية للكون لذا فان حالة البلازما تشكل اكثر حالات المادة شيوعا في الكون حيث ان الشمس والنجوم تعتبر كتل كبيرة من البلازما الساخنة، وبعض الكواكب تشكل البلازما أغلب مادتها، حيث يعتبر كوكب المشتري كتلة هائلة من البلازما، حيث اننا نعيش بـ 1% من الكون وهو الجزء الذي يتكون فيه حالة البلازما.

ان حالة البلازما تطلق على المادة اثناء وجودها بدرجة عالية من التأين اي عندما تكون نسبة عالية من ذرات المادة موجودة بشكل ايونات موجبة مع الكترولونات سالبة منفصلة عنها.

وان الصفة التي تميز الحالات واحدة عن الاخرى هي قوة ربط الاواصر بين الدقائق المكونة للمادة حيث تكون قوية جدا في الحالة الصلبة وضعيفة في الحالة السائلة وشبه معدومة في الحالة الغازية ومعدومة تقريبا في حالة البلازما، ومن الممكن ان تتحول المادة من حالتها الى حالة اخرى لذلك تعتبر طورية، اما بالنسبة للبلازما تحدث تدريجيا بازدياد درجة الحرارة للمادة الغازية وان تحولها من حالة غازية الى حالة البلازما هو تحول غير طوري كما في الشكل رقم (1):



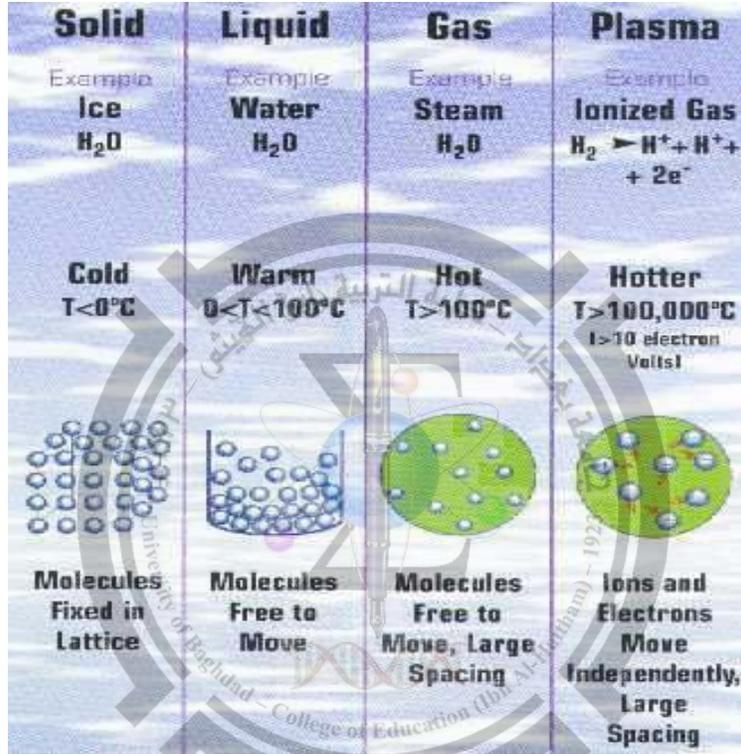
الشكل (1): التحولات الطورية للمادة.

ان عملية التحول تتم عن طريق اكساب الغاز طاقة (عن طريق تسخينه او عن طريق امرار تيار كهربائي مرتفع او ضوء ليزر كثيف من خلاله) حيث ان بعض الذرات تكتسب طاقة كافية لتحرير الكترون سالب الشحنة ليصبح ذو شحنة كهربائية موجبة.

ان الذرة في حالتها المستقرة تصدر اي اشعاع ولكن عند اثارها تبقى في حالتها الاخيرة لمدة 8-10 sec كما ويمكن ان تتحول الذرة الى ايون (ion) باقتلاع الكترون او اكثر من الكتروناتها. وبفقدان الذرة لجميع الكتروناتها فانها تستطيع ان

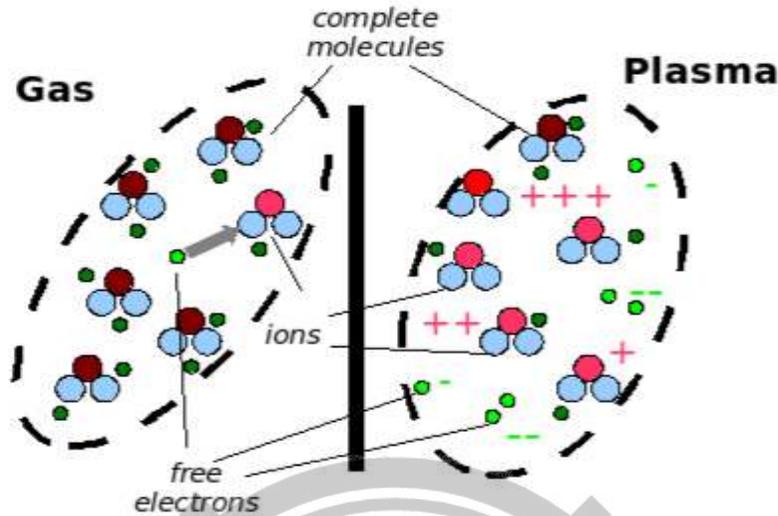
تتحرك بحرية مع نوى الذرات دون اي ارتباط بها فعند هذه الحالة تكون المادة قد تحولت الى بلازما.

وعلى سبيل المثال عند دراسة تحول الماء في الحالات الاربعة اعتمادا على درجة الحرارة وصولا الى حالة البلازما كما في الشكل رقم (2) :



شكل (2) : الحالات الاربعة للمادة حسب درجات الحرارة

عليه يمكن تمييز المادة بحالتها الغازية عنها بحالة البلازما بالشكل التالي:



شكل (3): الفرق بين الغاز والبلازما

تعريف البلازما

تعرف البلازما بانها حالة وجود شحنات او تركيز الشحنات السالبة والموجبة لوحدة الحجم في حالة متساوية تقريبا ومتعادلة كهربائيا. وقد توجد البلازما من حيث المفهوم بشكل:

1. غاز متأين
 2. الحالة الصلبة: كما في اشباه الموصلات حيث توجد الشحنات الموجبة المتمثلة بالفجوات والشحنات السالبة المتمثلة بالالكترونات الحرة الحركة.
 3. الحالة السائلة: كما في المحلول الاكتروليتي او في ملح منصهر.
- ان ابسط الانواع لدراسة البلازما من الناحيتين العلمية والنظرية هي عندما تكون المادة في الحالة الغازية وذلك لاهميتها الكبيرة ولانها تمثل الحالة الاوسع من حالات المادة.

2. وجود البلازما في الطبيعة

معظم المادة الكونية الموجودة في النجوم تكون في درجات حرارة عالية جدا الى الحد الذي تصبح فيه الطاقة الحركية لذرات المادة كافية لاجداث تأين لهذه الذرات عند عمليات التصادم المتكررة بالاضافة الى تجهيز طاقة حركية فائضة للايونات تكفي للتغلب على التنافر الكهروستاتيكي بين الايونات الموجبة مما يؤدي الى حدوث تفاعلات اندماج نووي تقوم بدورها بتوليد كميات كبيرة جدا من الطاقة وتعتبر هذه العملية هي الاساس في تولد الطاقة في الكون.

اما على سطح الارض فان عملية تايين جزيئات الهواء المحيط بالكرة الارضية والناجم عن سقوط الاشعة فوق البنفسجية على الطبقة الهوائية المحيطة بالارض.

وفي الحالات الاعتيادية يجب توفير درجات حرارة عالية لاجداث التايين لذا يتم انتاج البلازما بمختبرات خاصة. فطاقة التايين تكون بحدود بضع وحدات الكترون فولت (eV) لذا يجب ان تكون درجة الحرارة كافية لاجداث التايين اي مساوية لجهد التايين لذا فان درجة حرارة العتبة تقع بين $10^3 - 10^5 \text{ K}^0$ وقد تصل الى عدة ملايين كلفن.

المصابيح الكهربائية المتفلورة والزنبيقية او الهالوجينية مثال على البلازما كغاز متايين لكنها تتضمن تايين جزئي لان البلازما هنا تتعرض لعملية تبريد مستمرة وسريعة من خلال اصطدام الاكترونات والايونات بجدار المصباح البارد.

ان وجود البلازما في درجات حرارية عالية يضع قيودا على مسألة احتواء البلازما فلايوجد وعاء مادي يحتمل درجة حرارة البلازما، لكن تحفظ البلازما ضمن مجالات مغناطيسية بحيث لايسمح للبلازما ان تالمس الجدران المادية للوعاء.

3. اشكال البلازما:

ان اشكال البلازما تتضمن :

1- بلازما تصدر عن اجهزة صناعية:

- ❖ شاشات البلازما.
- ❖ مصابيح التألّق (الفلوريسن ذات الطاقة الضعيفة).
- ❖ عوادم الصواريخ.
- ❖ لحام القوس الكهربائي.
- ❖ مصابيح البلازما (كرة البلازما).
- ❖ لحفر رقائق الحاسوب لانتاج اشباه الموصلات.

2- بلازما طبيعية ارضية :

- ❖ البرق وكرة البرق.
- ❖ طبقة الغلاف المتأين.
- ❖ الشفق القطبي.

3- بلازما طبيعية كونية فلكية وفضاء كوني :

- ❖ النجوم.
- ❖ الرياح الشمسية.
- ❖ الفراغ المحيط بين النجوم والكواكب.
- ❖ حلقة احد اقمار المشتري.
- ❖ الاقراص الناشئة من تكوين الاجسام النجمية الضخمة.



4. أهمية دراسة البلازما:

لقد تم الاهتمام بحالة المادة الرابعة (البلازما) من قبل العديد من العلماء لاهميتها في الكثير من الدراسات والمجالات وتتضمن اهميتها في عدة اسباب :

- 1 . ان البلازما موصلًا جيدًا للتيار الكهربائي ومصدرا للضوء.
- 2 . ان البلازما هي الحالة الاكثر سعة في عالم منظومتنا الشمسية عند درجات الحرارة العالية.
- 3 . تعد البلازما نظاما ديناميكياً تتحكم به القوى الكهرومغناطيسية.
- 4 . تستخدم البلازما في التطبيقات الصناعية المتعددة.
- 5 . تعالج مشاكل تقنية مهمة مثل المشاكل التي تجابه بناء مفاعلات الاندماج النووي.

5. أنواع البلازما:

تصنف البلازما وفقا للدرجات الحرارية الى :

- 1 . البلازما الباردة (Cold plasma)
هي غالبا ماتكون متأينة جزئيا(ضعيفة التأين) تتراوح درجة حرارتها بين مئات الى عدة الاف من الدرجات المئوية وبطاقة حركية مقدارها (1eV) ويطلق عليها اسم التفريغ في الغازات وهي النوع المستخدم في اغلب البحوث العلمية.

2 . البلازما الساخنة (Hot plasma)

هي بلازما تامة التأين وتعد الوسط الأساسي التي يمكن ان تحدث فيه تفاعلات الاندماج النووي ومثال عليها بلازما ساخنة توصل اليها الاتحاد السوفيتي سابقا في معجلات التوكماك (Tokamak) وتتراوح درجة حرارتها بين مئات الى عدة ملايين من الدرجات الحرارية، وبطاقة حركية بحدود (10eV).

6. الخصائص العامة للبلازما

1. البلازما على الاغلب تكون غير متجانسة (درجة الحرارة، التركيز، المجال المغناطيسي).
2. البلازما غالبا ما تكون متباينة الخواص اي ان خواصها تعتمد على الاتجاه.
3. البلازما مبددة اي ان الطاقة الميكانيكية او الكهرومغناطيسية ممكن ان تتحول الى حرارة.
4. البلازما موصلة للكهربائية حيث يظهرحت فارادي عند تحرك البلازما.
5. البلازما لزجة اي ان الطاقة الميكانيكية تتبدد الى الحرارة وتظهر طبقات بين اطراف البلازما.
6. البلازما موصلة للحرارة بحيث يمكن نقل الحرارة من خلال البلازما الى جسم اخر.
7. لبلازما شفافة وغير شفافة للموجات الراديوية اعتمادا على الطول الموجي.
8. البلازما ذات نفاذية مغناطيسية ضعيفة لذلك البلازما تعمل على اضعاف المجال المغناطيسي.
9. قد تكون في حالة توازن ميكانيكي عند احتوائها بمرآة مغناطيسية (عندها لاتكون في حالة توازن ثرموديناميكي).

الفصل السادس

مقدمة عن المواد المترابطة

تصنع المواد المركبة من خلال جمع مادتين أو أكثر- وفي كثير من الأحيان تلك المواد لديها خصائص مختلفة تماما. تعمل المادتين معا لإعطاء خصائص فريدة مترابطة. ومع ذلك، داخل المادة المترابطة يمكنك بسهولة معرفة المواد المختلفة بصرف النظر عن أنها لا تذوب أو تمتزج في بعضها البعض.

المترابطة الطبيعية **Natural composites**

توجد المركبات الطبيعية في كل من الحيوانات والنباتات. والخشب هو من المترابطة وهو مصنوع من ألياف السليلوز الطويلة (البوليمر) التي تربط معا من قبل مادة أضعف بكثير تسمى اللكنين. السليلوز موجود أيضا في القطن، ولكن عدم وجود اللكنين للربط معا (مع السليلوز) تكون المادة ضعيفة جدا. المادتين الضعيفتين - اللكنين والسليلوز - تشكل معا واحدة من المواد القوية 0 ان مادة العظم في الجسم هي أيضا مادة مترابطة وهي مصنوعة من مادة صلبة ولكنها هشة تسمى هيدروكسي باتيت (وهو يدخل كمادة أساسية في فوسفات الكالسيوم) وكذلك من مواد لينة ومرنة تسمى الكولاجين (وهو بروتين) ويوجد الكولاجين أيضا في الشعر والأظافر. hk, وان مادة بلوكولاجين لوحدها لا تستخدم كثيرا في الهيكل العظمي ولكن يمكن أن تتحد مع هيدروكسي باتيت لإعطاء العظام الخصائص التي تحتاج إلى دعم الجسم.

المتراكبات في الماضي Early composites

لقد كان الناس يصنعون المتراكبات لعدة آلاف السنين. أحد الأمثلة من الماضي هو الطابوق الطيني. يمكن تجفيف الطين في شكل من الطابوق لغرض الاستخدام في مادة البناء وهو مادة قوية إذا حاولت سحقها وايضا تمتلك قوة انضغاط لكنها تنكسر بسهولة جدا إذا حاولت ثنيها وتمتلك قوة شد ضعيفة. ومادة سترو سيمس مادة قوية جدا إذا حاولت تمديده، ولكن يمكنك بسهولة جعله مادة مقاومة من خلال خلط الطين والقش معا فمن الممكن ان يجعل هذا الخلط مادة الطوب مقاومة لكل من الضغط والتمزيق وتكون اللبنة ممتازة.

من المركبات القديمة الاخرى هي الخرسانة. الخرسانة هي مزيج من الركام (الحجارة الصغيرة أو الحصى)، الاسمنت والرمال. لديها قوة انضغاط جيدة (أنها تقاوم السحق). و في الآونة الأخيرة تم التوصل الى انه إضافة قضبان معدنية أو أسلاك إلى الخرسانة يمكن أن تكسبها قوة شد (الانحناء) عالية. وتسمى الخرسانة التي تحتوي على هذه القضبان أو الأسلاك بالخرسانة المسلحة.

صنع المتراكبات Making composites

معظم المتراكبات مصنوعة من اثنين فقط من المواد. احدهما هو مصفوفة أو الغلاف. يحيط ويربط معا بالياف أو شظايا من المواد الأخرى، والتي تسمى التعزيز او التقوية.

Modern examples

أمثلة حديثة

ان من أول المواد المتراكبة الحديثة الألياف الزجاجية. لا تزال تستخدم على نطاق واسع اليوم لهياكل القوارب، المعدات الرياضية، لوحات البناء والعديد من أجسام السيارات. المصفوفة هنا هي البلاستيك والتعزيز هو الزجاج الذي تم تصنيعه في خيوط ناعمة وغالبا ما نسج في نوع من القماش. يكون الزجاج قوي جدا ولكن هش وقد كسر إذا صمم بشكل حاد. مصفوفة البلاستيك تحمل الألياف الزجاجية معا وتحميها أيضا من الضرر من خلال تقاسم القوى التي تعمل عليها. بعض المتراكبات المتقدمة تصنع الآن باستخدام ألياف الكربون بدلا من الزجاج. هذه المواد أخف وزنا وأقوى من الألياف الزجاجية ولكن أكثر تكلفة في الإنتاج. وهي تستخدم في هياكل الطائرات والمعدات الرياضية باهظة الثمن مثل نوادي الكولف. كما استخدمت الأنابيب النانوية الكربونية بنجاح في صنع مركبات جديدة. وهذه هي أخف وزنا وأقوى من المتراكبات المصنوعة من ألياف الكربون.

وتستفيد طائرة إيرباص الجديدة اكبر طائرة ركاب في العالم من المواد المتراكبة الحديثة في تصميمها 0 اكثر من 20% منها من البلاستيك المقوى بالياف الكربون وهو اول استخدام على نطاق واسع من الالمنيوم المقوى بالياف زجاجية 0 ان المركب الجديد هو اقوى 25% من هيكل الطائرة التقليدية المصنوعة من الالمنيوم ولكن اخف وزنا بنسبة 20%.

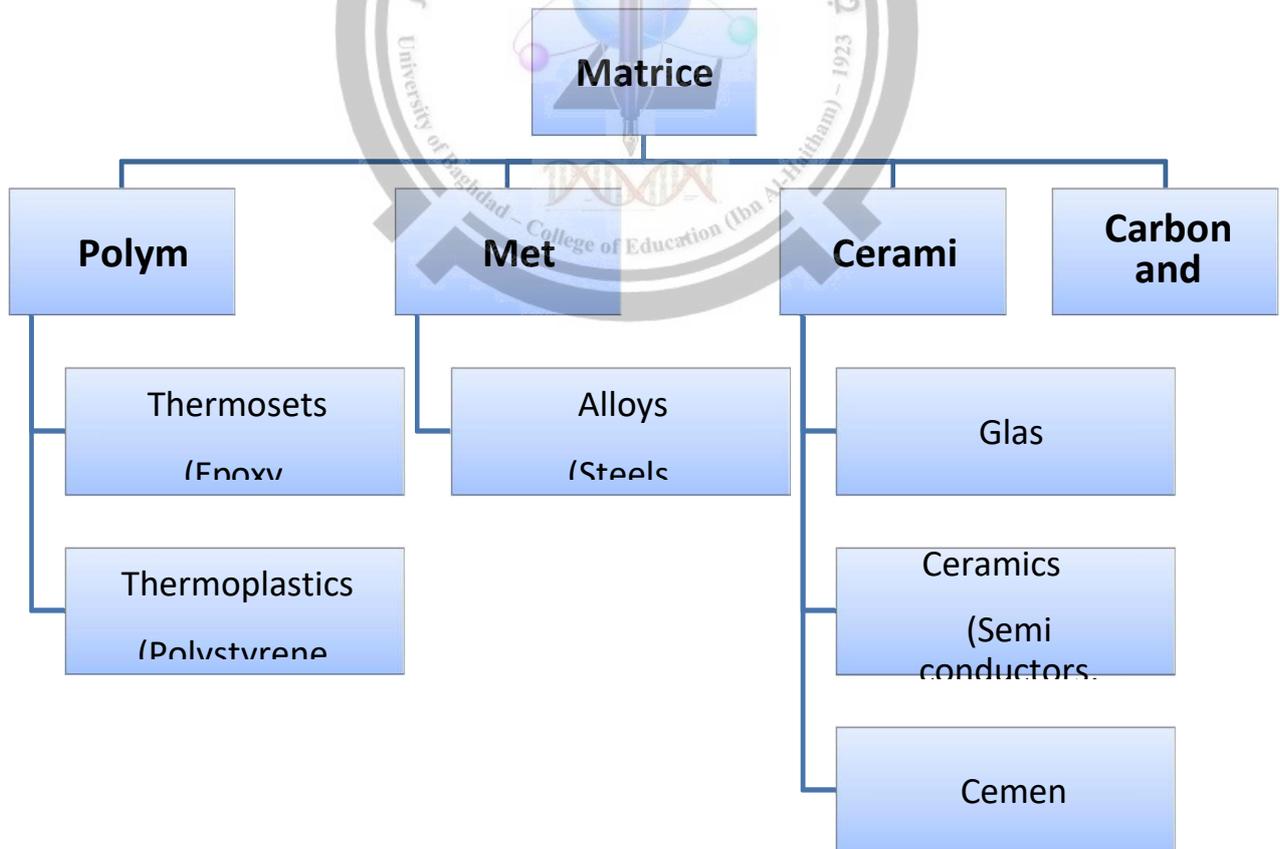
Why use composites?

لماذا تستخدم المتراكبات؟

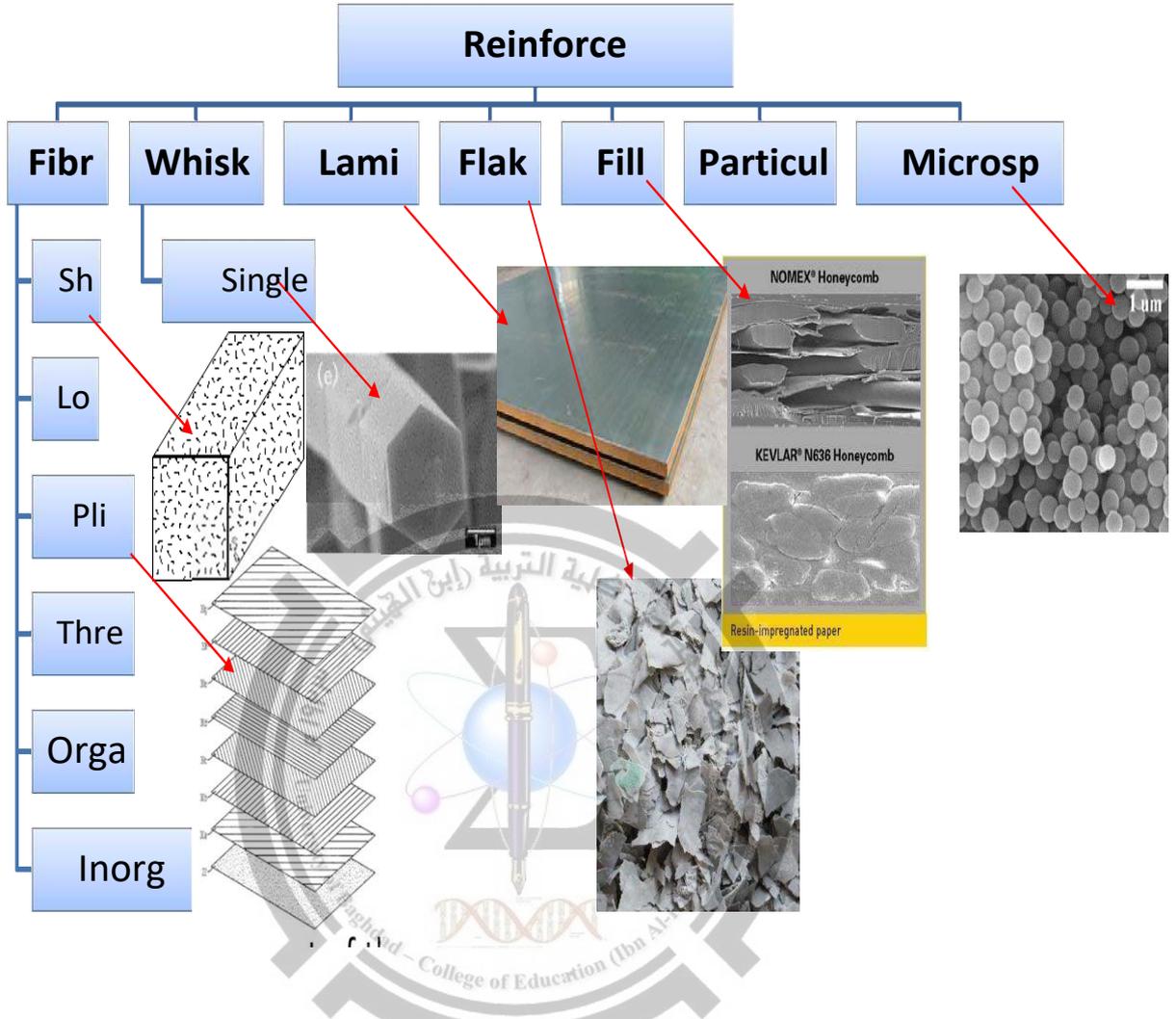
أكبر ميزة من المواد المتراكبة الحديثة هي أنها خفيفة وكذلك قوية. عن طريق اختيار مزيج مناسب من الاساس وموادالتدعيم ، ويمكن إجراء مادة جديدة تلبي تماما متطلبات تطبيق معين. كما توفر المتركبات مرونة في التصميم لأن العديد منها يمكن أن يكون مصبوب في أشكال معقدة. الجانب السلبي هو في كثير من الأحيان التكلفة. على الرغم من أن المنتج الناتج هو أكثر كفاءة، والمواد الخام غالبا ما تكون مكلفة.

□ What are the various types of composites materials?

ما هي الانواع المختلفة للمواد المركبة



What are the various types of composites materials?

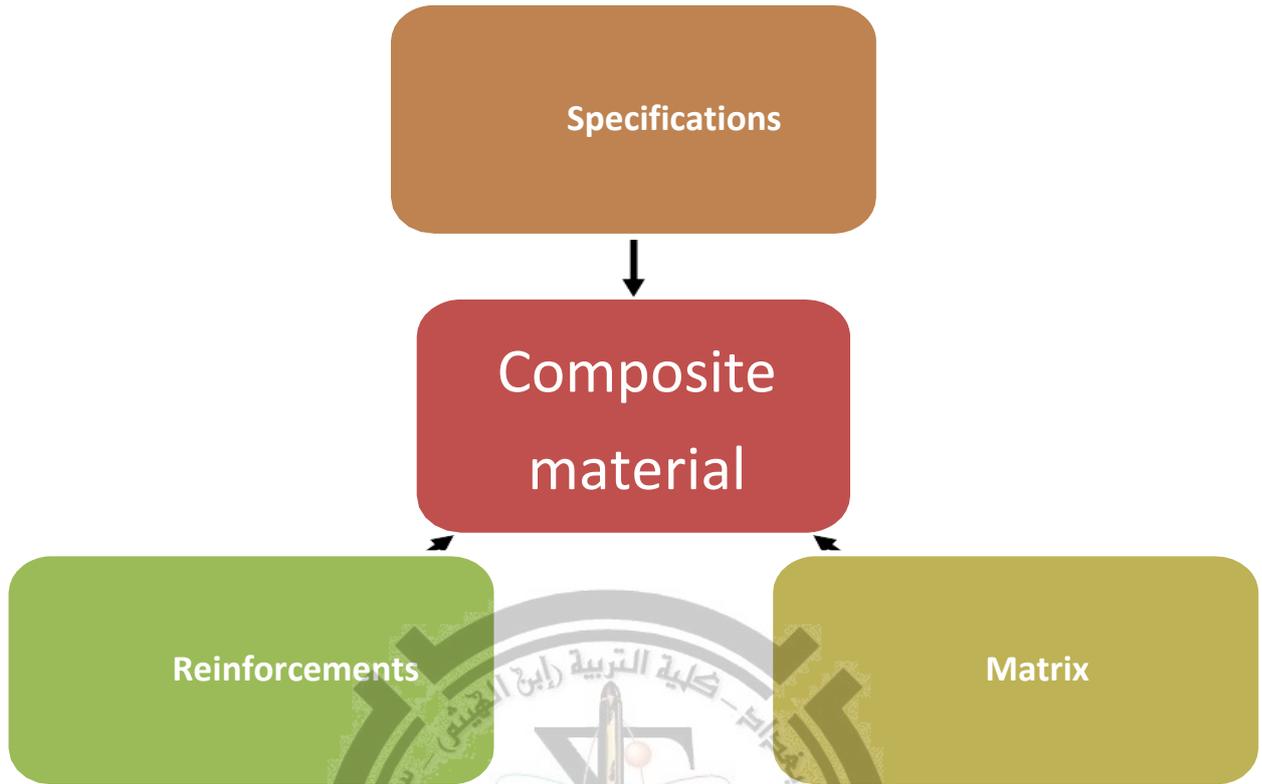


How are composites materials designed?

By comparing, and trying to combine the Properties of the various engineered materials to meet the specifications of the usage planned for the composite.

كيف يتم تصميم المواد المركبة؟

من خلال المقارنة، ومحاولة الجمع بين خصائص مختلف المواد المهندسة لتلبية مواصفات استخدام مخطط للمتراكب.



Reinforcementsm التقوية

1-Fibres الليف

Short الليف قصر

Long الليف طول

Plies غلاضة الليف

Threads خيوط الاليف

Organic الاليف العضوية

Inorganic غير العضوية

2-Whiskers الشعيرات

Single crystals

3-Laminar صفائح

4-Flakes رقائق بهيئة قشور

5- Filled مادة تقوية ممتلئة

6- Particulates الجسيمات

7- Microspheres مجهرية

Matrices

1-Polymer(Thermosets: اللدائن الحرارية الصلبة Epoxy, Polyester) **and**

(Thermoplastics: البلاستيكية الحرارية polystyrene, Nylons

2- Metal (Alloys as Steels, Aluminiums)

3- Ceramic (Glass) , (Ceramics Semi conductors, Cermets مادة سيراميكية معدنية
(Cements)

4- Carbon and Graphite

Classification of composites:

• Matrices:

المركبات الاساس (OMCs) Organic Matrix Composites
العضوية

المركبات الاساس (PMCs) Polymer Matrix Composites
البوليمرية

المركبات الاساس كاربون -كاربون carbon-carbon composites

المركبات الاساس المعدنية (MMCs) Metal Matrix Composites

المركبات الاساس السيراميكية (CMCs) Ceramic Matrix Composites
السيراميكية

• Reinforcements: التقوية

المركبات المقواة بالالياف Fibres reinforced composites

المركبات الصفائحية Laminar composites

مركبات الجسيمات Particulate composites

Advantages

- Lower density (20 to 40%)
- Higher directional mechanical properties (specific tensile strength (ratio of material strength to density) 4 times greater than that of steel and aluminium.
- Higher Fatigue endurance .
- Higher toughness than ceramics and glasses.
- Versatility and tailoring by design.
- Easy to machine.
- Can combine other properties (damping, corrosion).
- Cost.

Disadvantages

- Not often environmentally friendly.
- Low recyclability.
- Cost can fluctuate.
- Can be damaged.
- Anisotropic properties.
- Matrix degrades.
- Low reusability.

Questions

1. What is a composite?

ما هو معنى المواد المتركبة؟

.....

.....

.....

.....

2. On its own, collagen would not be much use in the skeleton. Explain why not.

تلقائياً ، الكولاجين لن يستخدم كثيراً في الهيكل العظمي. اشرح لماذا لا

.....

.....

.....

.....

3. Why are composites important in nature?

.....

.....

.....

.....

4. What is the matrix and what is the reinforcement in:

a. mud bricks?

الطابوق الطيني

.....

.....

b. concrete?

.....

.....

5. List four modern composites and give a use for each. Try to include some which are not mentioned in the information above.

اذكر أربعة مركبات حديثة وإعطي استخدام لكل منهما. حاول ادراج بعض منها الذي لم يرد ذكره في المعلومات اعلاه

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Why are composites so important in the design of the Airbus A380?

.....

.....

7. How can composite materials help to protect the environment and reduce carbon dioxide emissions in the future?

.....

.....

.....

At the end of this lecture you will have:

- An understanding of what are composite materials
- What the various types of composite materials
- Why they are used
- How they are designed