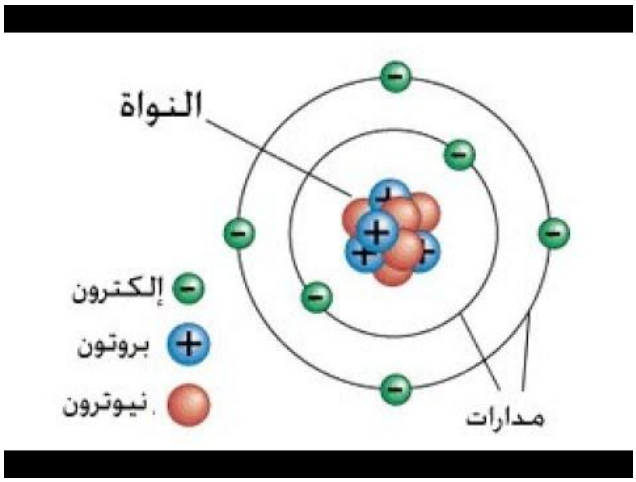
الخواص الكهربائية للمواد الصلبة

الخاصية الكهربائية للمادة هي إشارة إلى الموصلية. تُعرّف الموصلية الكهربائية لمادة ما بأنها قدرتها على نقل الطاقة الحرارية أو الطاقة الكهربائية (وفي بعض الحالات أيضًا الطاقة الصوتية). لذلك فإن الموصل الجيد للكهرباء قادر بسهولة على نقل الطاقة دون غليان أو ذوبان أو تغيير تكوينه بأي شكل من الأشكال.

تصنف المواد الصلبة البلورية الى عناصر **موصلة للكهرباء وعناصر شبه موصلة واخرى عازلة** نسبة الى قابليتها لحمل التيار الكهربائي. وتنتظم ذرات هذه العناصر في صفوف منتظمة غالبا، حيث يكون التركيب البلوري لهذه الصفوف متشابه للابعاد الثلاثة ومن هذا الانتظام تتشكل وحدات او خلايا مكونة الشبيكة البلورية. ان الالكترونات الخارجية لذرات المواد الصلبة مشتركة لجميع ذرات المادة، وهي حرة الحركة بين هذه الذرات في مجال واسع من درجات الحرارة. ان الكترونـــات الذرة الخارجية هـــذه تسمى الكتـــرونات التكافؤ (valence electrons). ولها الدور الرئيسي في تحديد الخواص الفيزياوية والكيمياوية للمادة. وتميل المدارات الخارجية الحاوية على الكترونات تكافؤ ان تكون مشبعة.



الشكل (1): الذرة

ملاحظة :

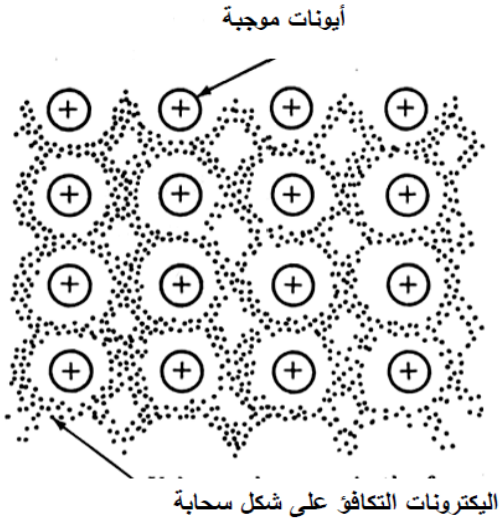
1 - ان المواد ذات التوصيل العالي عندها الكترون تكافؤ مستعد لان يكون حراً باستلامه طاقة بسيطة.
2 - اما المواد العازلة فهي ذات تركيب وتوزيع الكتروني تكون فيه الالكترونات مشدودة دائماً الى الذرات الام، ومن الصعوبة ان نجد الكترونات حرة في درجة الحرارة الاعتيادية.
3 - اما شبه الموصل فهو ليس موصل جيد ولا عازل جيد في درجات الحرارة الاعتيادية الا انه عازل في الدرجات الواطئة وموصل جيد في الدرجات العالية ومن امثلته عنصر السليكون (Si) والجرمانيوم (Ge) والتي تستخدم بكثرة في الثنائي البلوري والترانزستورات.

يمكن تقسيم المواد الصلبة إلى ثلاث فئات عريضة بناءً على توصيلها الكهربائي. هذه المجموعات الثلاث هي كما يلي :

1- الموصلات

بشكل عام ، الموصلات عبارة عن مواد صلبة لها موصلية كهربائية جيدة. أنها تسمح للطاقة الحرارية والتيارات الكهربائية بالانتقال من خلالها بسهولة وبسرعة. تسمح الموصلات أن يحدث هذا النقل للطاقة عبر التدفق الحر للإلكترونات من ذرة إلى ذرة. لديهم القدرة على حمل هذه الطاقة في جميع أنحاء أنفسهم حتى عندما يتم تطبيق التيار فقط على جزء واحد من الجسم.

من المعروف أن جميع المعادن هي أفضل الموصلات. يعتمد توصيلها على عدد إلكترونات التكافؤ في ذراتها. هذه الإلكترونات ليست مرتبطة ببعضها البعض بشكل وثيق ويمكن أن تتحرك بحرية. تحتوي المعادن على مثل هذه الإلكترونات في ذراتها ، وبالتالي فهي توصل الحرارة والكهرباء بشكل جيد. تسمح المعادن للحقل الكهربائي بالانتقال من خلالها بترتيب موصلية بحدود $10^6 \rightarrow 10^8 (\Omega.m)^{-1}$.



الشكل (2) :الرابطة المعدنية

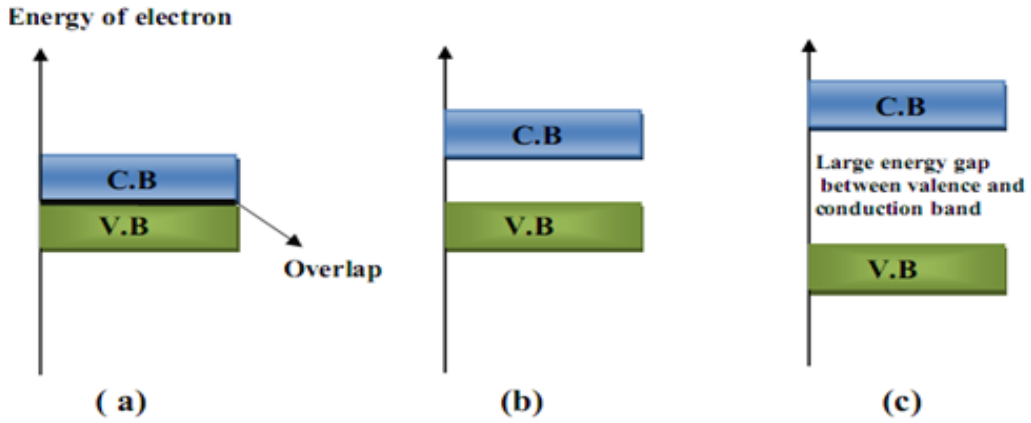
2- العوازل

على عكس الموصلات ، فإن العوازل هي مواد لا توصل على الإطلاق أي طاقة أو تيارات كهربائية. لا يسمحون بتدفق أي شحنة كهربائية (أو القليل جدًا) من خلالها. لديهم فجوة نطاق كبيرة تمنع تدفق الكهرباء. بعض الأمثلة هي الزجاج ، والخشب ، والبلاستيك ، والمطاط ، إلخ.

بما أن العوازل هي موصلات سيئة للغاية ، فإن لها استخدامًا آخر. نستخدمها لعزل الموصلات وأشباه الموصلات. على سبيل المثال ، يجب أن تكون قد رأيت أسلاكًا نحاسية مغطاة بالبلاستيك أو بعض أشكال البوليمرات. إنها تحمي الأسلاك والكابلات دون السماح للتيار الكهربائي بالمرور عبرها.

3- أشباه الموصلات

أشباه الموصلات هي الوسيط بين الموصلات والعوازل. هذه هي المواد الصلبة التي لديها القدرة على توصيل الكهرباء من خلالها ولكن فقط في ظل ظروف معينة. هناك شرطان من هذا القبيل يؤثران على قدرة أشباه الموصلات على توصيل الطاقة والحرارة والشوائب. توصيلية اشباه الموصلات بحدود $10^{-2} \rightarrow 10^{-3}(\Omega.m)^{-1}$.



الشكل 2 : مخطط حزم الطاقة للمواد الصلبة (a) للموصلات (b)اشباه الموصلات (c)العوازل

مستويات الطاقة للالكترونات (Energy Levels) :

يمتلك كل الكترون طاقة معينة ضمن المستوي الذي يدور فيه. واذا امتلك طاقة اضافية تجعل طاقته مساوية الى طاقة مستوي اخر فأنه يقفز اليه ويدور ضمنه. وتكون طاقة المستويات القريبة من النواة قليلة وتزيد عند الابتعاد عن النواة. اي ان الالكترون ذو الطاقة العالية يكون في المستويات البعيدة عن النواة. ولذا يكون اقل ارتباطاً بالنواة. لقد سمي المدار الاول بالحرف K والثاني L والثالث M والى المدار الاخير الذي هو Q. ان هناك مناطق بين هذه المستويات خالية من وجود الالكترونات تسمى المناطق المحرمة او المحظورة (forbidden regions). يتشبع المدار الاول بالكترونين فقط. اما المدار الثاني فأنه يتشبع بثمانية الكترونات والثالث يتشبع بثمانية عشر الكترون وهكذا وهي تتبع العلاقة $(2n^2)$ حيث ان n هو رقم المدار ابتداءا من K وهو المدار رقم(1).

الخواص الكهربائية Electrical Properties

الخواص الكهربائية التي لها تأثير مباشر على إختيار المواد تتلخص بالآتي:

1 – المقاومة الكهربائية: (Electrical Resistance)

هذه الخاصية تمثل ممانعة المادة لمرور التيار الكهربائي خلالها.

قانون (أوم) يتمثل بالآتي:

Ohm's Law: $V = IR$

حيث (R) هي المقاومة الكهربائية وتقاس بوحدات الأوم (Ohms Ω)، و V هو فرق الجهد ويقاس بوحدات الفولت (V≡ J/s)، و I هو التيار ويقاس بالأمبير (A ≡ C/s)، الرمز C يمثل الشحنة الكهربائية.

المقاومة الكهربائية (R) تتأثر بشكل المادة الموصلة للتيار الكهربائي وأبعادها ولا تتأثر بمقدار التيار المار خلال المادة.

2 – الممانعة الكهربائية:(Electrical Resistivity – ρ)

$$\rho = \frac{R\,A}{l}$$

(ℓ) هي المسافة بين نقطتي قياس المقاومة وفرق الجهد، و (A) هي مساحة مقطع الموصل العمودية على إتجاه سريان التيار. وحدات (ρ) هي: أوم – متر (Ω – m).

3 – الناقلية (الموصلية) الكهربائية: (σ) Electrical Conductivity

هي عكس الممانعة الكهربائية وتستعمل للتعبير عن مدى إمكانية المادة لتوصيل (لنقل) التيار الكهربائي.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \qquad (\Omega.\ m)$$

تاثير درجة الحرارة على المعادن

إن المقاومة النوعية لمعظم المعادن النقية (وهي معكوس التوصيلية) تتناسب طرديا مع إرتفاع درجات الحرارة وبذلك تتبع معادلات خطية كما **بالشكل المبين لاحقا**، في حين أن المقاومة النوعية للسبائك مثل النيكل والكروم تكون قليلة التأثر بالحرارة، وبذلك يمكن حساب المقاومة النوعية للمعادن النقية عند أي درجة حرارة من المعادلة (1)

$$\rho = \rho_o \left[\frac{T}{T_o}\right]^n \qquad (1)$$

حيث أن:

ρ_o: المقاومة النوعية عند درجة حرارة قياسية أو مرجعية (T_0).

ρ : المقاومة النوعية عند درجة الحرارة المطلوبة (T).

n : معامل ثابت للمعدن .

ويلاحظ أن المعادلة (1) تكون صحيحة فقط عند درجات حرارة تتجاوز 100 درجة كلفن لمعظم المعادن، وذلك أن إنخفاض درجات الحرارة عن هذا الحد يقلل من إهتزاز النواة ويزيد كثيراً من التوصيلية، أي أن المقاومة النوعية لن تكون خطية في التغير مع درجات الحرارة، وهذا يدخل في نطاق التوصيلية الفائقة للمواد.