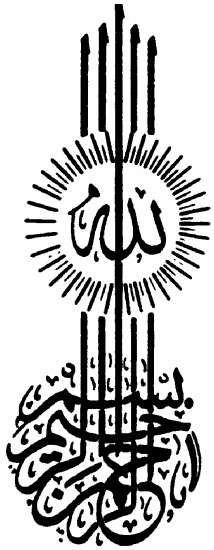
بسم الله الرحمن الرحيم

كيمياء الحالة الصلبة

مقدمة

تأليف

ليسلي إي. سمارت **إليان أ. مور**

الجامعة المفتوحة، والتن هال، ميلتن كينيز

ترجمة

أ.د. رفعت محمد محفوظ

أستاذ الكيمياء غير العضوية – قسم الكيمياء – كلية العلوم

جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٣٣هـ (٢٠١٢م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة لكتاب

SOLID STATE CHEMISTRY
An Introduction Third Edition
By: Lesley E. Smart and Eliane A. Moore
© 2005 by Taylor and Francis Group, LLC

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

سمارت، ليسلي إي

كيمياء الحالة الصلبة./ ليسلي إي. سمارت؛ إليان أ. مور؛ رفعت محمد محفوظ.- الرياض، ١٤٣٣هـ

٤٩٣ص ٢١×٢٨سم

ردمك: ٩-٩٤٦-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

١- الكيمياء غير العضوية أ. مور، إليان أ. (مؤلف مشارك) ب. محفوظ، رفعت محمد (مترجم)

ج. العنوان

ديوي ٥٤٦ ١٤٣٣/٤٤٢

رقم الإيداع: ١٤٣٣/٤٤٢

ردمك: ٩-٩٤٦-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق على نشر هذه الترجمة بعد اطلاعه على تقارير المحكمين وذلك في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤٣١/ ١٤٣٢هـ المعقود بتاريخ ١٠/ ٧/ ١٤٣٢هـ الموافق ١٢/ ٦/ ٢٠١١م

النشر العلمي والمطابع، ١٤٣٣هـ

مقدمة المترجم

يعتبر كتاب "Solid State Chemistry – An Introduction" للمؤلفين (Lesley E. Smart وEliane A. Moore) والذي أصدرته دار النشر العالمية Taylor & Francis في طبعته الثالثة واحداً من أهم الكتب التي ظهرت في مجال كيمياء الحالة الصلبة في السنوات الأخيرة. وقد احتوت مادة الكتاب على العديد من الموضوعات المرتبطة بكيمياء الحالة الصلبة بداية من أساسيات التركيب البلوري للمادة الصلبة ووصولاً إلى تطبيقات كيمياء الحالة الصلبة في مجال تكنولوجيا النانو، مستعرضاً العديد من الموضوعات مثل: طرق تشييد المادة الصلبة، تقنيات التعرف على المادة الصلبة، وغيرها من الموضوعات الحيوية في هذا المجال.

وقد تُركت الأشكال الموجودة بالكتاب كما هي بدون ترجمة المصطلحات ، حيث يحتاج الطالب أو القارئ للرجوع إلى المصطلح باللغة الإنجليزية.

ونظراً لافتقار المكتبة العربية إلى وجود مثل هذه النوعية المتخصصة فقد رأيت أن من واجبي أن أهدي القارئ العربي الترجمة العربية لهذا الكتاب المهم لتخدم قطاعات متنوعة من طلاب العلوم الكيميائية والفيزيائية وكذلك العلوم الهندسية في مرحلتي البكالوريوس والدراسات العليا، مرحباً في نفس الوقت بأي اقتراحات مفيدة قد تضيف دعماً لهذه الترجمة.

والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل

المترجم

أ.د. رفعت محمد محفوظ

مقدمة الطبعة الثالثة

إن كيمياء الحالة الصلبة والمواد هو مجال يتقدم بسرعة والهدف من هذه الطبعة هو تحديث مادة الكتاب بقدر الإمكان بالتطورات الجديدة. تم التشديد على بعض التغييرات على مسار الكتاب.

تم اختزال حيود الشعاع السيني للبلورة في الفصل الثاني لإفساح الطريق لمدى أوسع من التقنيات الفيزيائية المستخدمة لتوصيف المواد الصلبة، وتم التوسع في عدد من تقنيات التشييد في الفصل الثالث. يحتوي الفصل الخامس الآن على قطاع عن خلايا الوقود والمواد الإلكتروكرومية. في الفصل السادس تم استبدال قطاع عن المواد الصلبة في بعد واحد بقطاعات عن البلمرات العضوية الموصلة والبلمرات العضوية فائقة التوصيل والفولّيرينات. يغطي الفصل السابع الآن المواد الصلبة وسطية المسام و ALPOs ويشمل الفصل الثامن قطاع على الفونوينات. تمت إضافة المقاومة المغنطيسية الضخمة CMR, GMR إلى الفصل التاسع والمواد فائقة التوصيل بالموجة -p (ثلاثية) إلى الفصل العاشر. الفصل الحادي عشر جديد وينظر إلى كيمياء الحالة الصلبة من منظور علم النانو.

نتقدم بالشكر إلى قرائنا على المردود الإيجابي على الطبعتين الأولى والثانية والنصيحة المفيدة التي قادتنا إلى هذه النسخة الأخيرة.

كما هو العهد نشكر أصدقائنا في قسم الكيمياء بالجامعة المفتوحة الذين قاموا بالعمل معنا عبر السنوات والذين جعلوا من مثل هذا المشروع أمراً ممكناً.

مقدمة الطبعة الثانية

لقد كنا سعداء جداً عندما طلب منا أن نحضر طبعة ثانية من هذا الكتاب. عندما قررنا أن نُحدِث تغييرات (بعيداً عن التحديث) كانت النصيحة من قرائنا. من ناحية ثانية عند بحث مطالب مستخدمينا كان الهدف هو ألا نجعل مادة الكتاب طويلة وفي نفس الوقت لا يكون هناك زيادة في التكلفة ونأمل أن نكون قد حققنا جزءاً وليس الكل من هذه المطالب.

التغيرات الأساسية عن الطبعة الأولى فصلان جديدان: الفصل الثاني عن حيود الشعاع السيني والفصل الثالث عن طرق التحضير. تم إضافة مناقشة مختصرة عن عناصر التماثل في الفصل الأول. تشمل الإضافات الأخرى مقدمة ALPOs ومينرلات الطفلة في الفصل السابع والفروكهربيات في الفصل التاسع. لم يكن باستطاعتنا أن نغطي قاعدة الطور بشكل ملائم ولهذا أشرنا إلى بعض المراجع القياسية في الكيمياء الفيزيائية مثل Atkins.نأمل الآن أن يغطي الكتاب معظم مادة التدريس لمرحلة البكالوريوس في كيمياء الحالة الصلبة.

نشكر البروفسور توني شيثام Tony Cheetham لإثارة اهتمامنا بمادة هذا الكتاب في محاضراته بجامعة أكسفورد وللمقالات التوضيحية الرائعة التي قام بنشرها هو ومعاونوه عبر السنوات. نشكر أيضاً د. باول رايتشبي Dr. Paul Raithby على تعليقاته على جزء من مخطوط الكتاب.

على العهد دائماً نشكر جميع زملائنا بالجامعة المفتوحة لكل الدعم الذي قدموه لنا. وأخيراً، نشكر عائلاتنا وخاصة أولادنا ونهدي هذا الكتاب إليهم.

المؤلفان

ليسلي إي. سمارت و إليان أ. مور

الجامعة المفتوحة، والتن هال، ميلتن كينيز

مقدمة الطبعة الأولى

نشأت فكرة هذا الكتاب أثناء انشغالنا بتدريس مقرر الكيمياء غير العضوية في الجامعة المفتوحة. عندما قرر فريق المقرر وضع محتوى هذا المقرر شعرنا أن كيمياء الحالة الصلبة أصبحت منطقة مهمة وذات اهتمام لكي يتضمنها هذا المقرر.

بالرغم من النمو الكبير في كيمياء الحالة الصلبة، فقد وجدنا أن هناك فقط عدداً محدوداً من المراجع التي تتناول كيمياء الحالة الصلبة من وجهة نظر الكيميائي. من هذا المنطلق فقد شعرنا أن هناك حاجة ملحة لكتاب يكتب من وجهة نظر الكيمياء وقد كان هذا الكتاب هو محاولتنا لهذا.

حيث إن كتاباً بهذا الحجم لا يمكنه تغطية كل الموضوعات في كيمياء الحالة الصلبة فقد ركزنا على التراكيب والترابط في الجوامد وعلى العلاقة بين التركيب البلوري والإلكتروني في تحديد خواصها.

يتناول الفصل الأول مقدمة عن كيمياء الحالة الصلبة والنموذج الأيوني ويقدم عديداً من التراكيب البلورية مع مناقشة أنصاف الأقطار وطاقات الشبكية. تم تغطية الأفكار مثل التراص المحكم والفجوات الثمانية والرباعية؛ واستخدمت هذه فيما بعد لشرح عدد من خواص الحالة الصلبة.

يتناول الفصل الثاني نظرية النطاق للجوامد. كان المدخل الرئيس عن طريق نموذج الترابط المحكم، الذي هو امتداد لنظرية المدار الجزيئي المألوفة للكيميائيين. يطور الفيزيائيون غالباً نظرية النطاق عن طريقة نظرية الإلكترون الحر وقد أدخلت هنا للإكمال. يناقش هذا الفصل أيضاً الموصلية الإلكترونية في الجوامد وخواص وتطبيقات أشباه الموصلات على درجة الخصوص.

يناقش الفصل الثالث المواد الصلبة غير التامة. أنواع العيب الذي قد يحدث والطريقة التي تنشأ بها في المواد الصلبة. تؤدي العيوب إلى خواص مثيرة وقابلة للاستغلال وقد ظهرت العديد من الأمثلة في هذا الفصل تشمل بطاريات الحالة الصلبة والتصوير الفوتوغرافي.

يناقش كل فصل من الفصول المتبقية على حدة خاصية معينة أو حالة خاصة للمادة الصلبة. يغطي الفصل الرابع المواد الصلبة في بعد واحد، وتكون خواصها غير متساوية. يتعامل الفصل الخامس مع الزيوليتات فئة مهمة من المركبات تستخدم بشكل مكثف في الصناعة (حفازات على سبيل المثال) تعكس خواصها تركيبها إلى حد كبير. ويتعامل الفصل السادس مع الخواص البصرية والفصل السابع مع الخواص المغنطيسية للمواد الصلبة. ويكشف الفصل الثامن الخواص المثيرة للمواد فائقة التوصيل وخاصة المواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة عالية المكتشفة حديثاً. لقد ابتعد مفهوم هذا الكتاب عن الرياضيات إلى حد كبير وافترض فقط الأفكار الكيميائية التي يملكها طلاب المرحلة الأولى من البكالوريوس.

لقد استخدم حساب التفاضل فقط من صفحة أو صفحتين من الكتاب ولم يتناول الموضوعات مثل نظرية المجال لليجاند ligand field theory.

نتقدم بالشكر إلى كل الزملاء الذين قدموا لنا الدعم والمساعدة بصفة خاصة د. دافيد جونسون Dr. David Johnson ود.كيكي وار Dr. Kiki War. نقدم الشكر والامتنان أيضاً للدكتور جوان مايسون Dr. Joan Mason على قراءته وتعليقاته على المخطوطة.

المؤلفان

ليسلي إي. سمارت و إليان أ. مور

الجامعة المفتوحة، والتن هال، ميلتن كينيز

نبذة عن المؤلفين

ليسلي إي. سمارت Lesley E. Smart: درست الكيمياء في جامعة Southampton بعد استكمال درجة Ph.D في طيف الرمان، في جامعة Southampton أيضاً،انتقلت إلى جامعة Royal University of Malta كمحاضر. بعد عودتها إلى المملكة المتحدة حصلت على منحة SRC إلى جامعة Bristol للعمل في مجال كريستالوجرافيا الشعاع السيني لمدة ثلاث سنوات. تعمل منذ عام ١٩٧٧م في الجامعة المفتوحة Open University كمحاضر ومن ثم محاضر رئيس Senior lecturer (2000) في الكيمياء غير العضوية. لقد اشتغلت في الجامعة المفتوحة في إنتاج مقررات مرحلة البكالوريوس في الكيمياء غير العضوية والفيزيائية. حديثاً أصبحت المنسق المحرر لمقرر Molecular World Course الذي تم نشره بالتعاون مع RSC كسلسلة من ثمانية كتب. كانت أيضاً المؤلف لكتابين هما Third Dimension and Separation و Purification and Identification.

لقد تركز اهتمامها البحثي في توصيف الحالة الصلبة، ولها أكثر من ٤٠ بحثاً في دراسات رامان البلورة الوحيدة، كريستالوجرافيا الشعاع السيني، أطوار zintl، الدهانات والحفازات غير المتجانسة.

لقد تم نشر كتاب كيمياء الحالة الصلبة Solid State Chemistry للمرة الأولى في ١٩٩٢ وتمت ترجمته بعد ذلك إلى الفرنسية، الألمانية، الأسبانية، واليابانية.

إليان أ. مور Elaine A. Moore: درست الكيمياء كطالب في مرحلة البكالوريوس في جامعة أكسفورد Oxford. ومن ثم استمرت حتى حصلت على Ph.D في الكيمياء النظرية مع Peter Atkins. بعد عامين، حصلت على منح ما بعد الدكتوراه في Southampton، التحقت بالجامعة المفتوحة في ١٩٧٥م كمحاضر مساعد وأصبحت محاضراً في الكيمياء في ١٩٧٧م ومحاضراً رئيساً في ١٩٩٨م. لقد أنتجت المقررات التدريسية للجامعة المفتوحة في المستوى ١، ٢ و ٣ وكتبت مراجع في علم الفلك للمستوى ٢. لقد تم نشر كتاب Molecular Modeling and Bonding الذي

يمثل جزءاً من مستوى الكيمياء ٢ للجامعة المفتوحة بالتعاون مع RSC كجزء من سلسلة Molecular World. لقد أدخلت عديداً من المواضيع الوسط المتعدد في مقررات الكيمياء. لقد كانت المؤلف المشارك مع د. روب جينز Rob Janes لكتاب Metal-Ligand Bonding والذي هو جزء من مقرر المستوى الثالث في الكيمياء غير العضوية وتم نشره بالتعاون مع RSC.

إن اهتمامها البحثي هو في تطبيق الكيمياء النظرية في أنظمة الحالة الصلبة وطيفية NMR. أنها مؤلف ومؤلف مشارك لما يزيد عن ٤٠ بحثاً في مجلات علمية. لقد كانت مؤلف مشارك لمقالة في *Chemical Reviews* على NMR النتروجين لمطيافية معقدات النتروزيل للفلز metal nitrosyl complexes.

المؤلفان

ليسلي إي. سمارت و إليان أ. مور

الجامعة المفتوحة، والتن هال، ميلتن كينيز

المحتويات

مقدمة المترجم ..... هـ

مقدمة الطبعة الثالثة ..... ز

مقدمة الطبعة الثانية ..... ط

مقدمة الطبعة الأولى ..... ك

نبذة عن المؤلفين ..... م

الفصل الأول: مقدمة في التراكيب البلورية ١

(١,١) مقدمة ١

(١,٢) التراص المحكم ١

(١,٣) تراكيب ممركزة الجسم وبسيطة ٦

(١,٤) تماثل (تناظر) ٨

(١,٤,١) محاور التماثل ٩

(١,٤,٢) مستويات التماثل ١١

(١,٤,٣) انقلاب ١١

(١,٤,٤) محاور تناوب ومحاور تماثل غير صحيحة ١٢

(١,٤,٥) التماثل في البلورات ١٣

(١,٥) الشبكيات وخلايا وحدة التركيب ١٤

(١,٥,١) الشبكيات ١٤

(١,٥,٢) خلية وحدة تركيب ببعد واحد وبعدين ١٤
(١,٥,٣) عناصر تماثل انتقالي ١٦
(١,٥,٤) خلايا وحدة تركيب ثلاثية الأبعاد ١٨
(١,٥,٥) معاملات ميلّر ٢٣
(١,٥,٦) مسافات بين مستويات ٢٦
(١,٥,٧) مخططات تراص ٢٦
(١,٦) جوامد بلّورية ٢٧
(١,٦,١) جوامد أيونية بالصيغة MX ٢٩
(١,٦,٢) جوامد بالصيغة العامة MX_2 ..... ٣٥
(١,٦,٣) تراكيب بلورية أخرى مهمة ٤٠
(١,٦,٤) أنصاف الأقطار ٤٤
(١,٦,٥) أنظمة تساهمية ممتدة ٥١
(١,٦,٦) الترابط في البلورات ٥٤
(١,٦,٧) أنصاف أقطار ذرية ٥٥
(١,٦,٨) تراكيب جزيئية ٥٦
(١,٦,٩) السليكات ٥٨
(١,٧) طاقة الشبكية ٦٣
(١,٧,١) دورة بورن- هابر ٦٣
(١,٧,٢) حساب طاقات الشبكية ٦٥
(١,٧,٣) حسابات باستخدام دورات كيميائية حرارية وطاقات شبكية ٧١
(١,٨) ختام ٧٤
الفصل الثاني: طرق فيزيائية لتوصيف الجوامد ٨١
(٢,١) المقدمة ٨١

(٢,٢) حيود الشعاع السيني ٨١
(٢,٢,١) توليد الأشعة السينية ٨١
(٢,٢,٢) حيود الأشعة السينية ٨٣
(٢,٣) حيود من المسحوق ٨٥
(٢,٣,١) نماذج حيود من المسحوق..... ٨٥
(٢,٣,٢) غيابات بسبب تمركز الشبكية ٨٨
(٢,٣,٣) غيابات نظامية تعزى إلى محاور لولبية و مستويات انزلاق ٩١
(٢,٣,٤) استخدامات حيود الشعاع السيني من المسحوق..... ٩٢
(٢,٤) حيود شعاع سيني من بلورة وحيدة ٩٧
(٢,٤,١) أهمية الشدات..... ٩٧
(٢,٤,٢) حل تراكيب بلورة وحيدة ١٠١
(٢,٥) حيود من النيوترون..... ١٠٤
(٢,٥,١) استخدامات الحيود بالنيوترون ١٠٥
(٢,٦) المجهر الإلكتروني ١٠٧
(٢,٦,١) مجهرية المسح الإلكتروني ١٠٨
(٢,٦,٢) مجهرية الإلكترون النافذ..... ١٠٩
(٢,٦,٣) مجهرية الإلكترون الماسح النافذ..... ١١٠
(٢,٦,٤) تحليل شعاع سيني بطاقة مشتتة ١١٠
(٢,٧) طبيعة امتصاص الشعاع السيني ١١١
(٢,٧,١) تركيب دقيق امتصاص شعاع سيني ممتد ١١١
(٢,٧,٢) تركيب حافة امتصاص شعاع سيني قريب ١١٧
(٢,٨) طيفية الطنين النووي المغنطيسي للحالة الصلبة..... ١١٨
(٢,٩) التحليل الحراري ١٢٠

(٢,٩,١) تحليل حراري تفاضلي ١٢٠
(٢,٩,٢) تحليل حراري وزني ١٢١
(٢,٩,٣) المسح التفاضلي المسعري ١٢١
(٢,١٠) مجهرية المسح النفقيّ أو الأنبوبي (STM) ومجهرية القوة الذرية (AFM) ١٢٢
(٢,١١) اختزال مبرمج درجة الحرارة ١٢٤
(٢,١٢) تقنيات أخرى ١٢٥
الفصل الثالث:طرق التحضير ١٣١
(٣,١) المقدمة ١٣١
(٣,٢) طرق سراميكية مرتفعة درجة الحرارة..... ١٣٢
(٣,٢,١) تسخين مباشر للمواد الصلبة ١٣٢
(٣,٢,٢) اختزال حجم الدقيقة وخفض درجة الحرارة ١٣٦
(٣,٣) تشييد الميكروويف..... ١٤٢
(٣,٣,١) موصل فائق التوصيل عند درجة حرارة عالية ١٤٣
(٣,٤) تشييد الاحتراق ١٤٤
(٣,٥) طرق الضغط العالي (حرمائية) ١٤٦
(٣,٥,١) طرق حرارية مائية ١٤٦
(٣,٥,٢) غازات عند ضغط عالٍ..... ١٥٠
(٣,٥,٣) ضغوط هيدروستاتيكية ١٥١
(٣,٥,٤) الألماسات الصناعية..... ١٥١
(٣,٥,٥) موصلات فائقة التوصيل (الكهربي) عند درجة حرارة عالية ١٥٢
(٣,٥,٦) أقسى من الألماس..... ١٥٢
(٣,٦) ترسيب بخار كيميائي..... ١٥٢
(٣,٦,١) تحضير أشباه الموصلات ١٥٤

(٣,٦,٢) أغشية الألماس ١٥٤
(٣,٦,٣) نيوبات الليثيوم ١٥٤
(٣,٧) تحضير بلورات وحيدة ١٥٥
(٣,٧,١) طرق نمو بلوري فوقي ١٥٥
(٣,٧,٢) نقل بخار كيميائي ١٥٧
(٣,٧,٣) طريقة المحلول ١٦١
(٣,٨) إقحام ١٦١
(٣,٨,١) مركبات إقحام من الجرافيت ١٦١
(٣,٨,٢) ثاني كبريتيد التيتانيوم ١٦٢
(٣,٨,٣) طَفل مُعمّد ١٦٢
(٣,٩) اختيار طريقة ١٦٣
الفصل الرابع: الترابط في الجوامد وخواص إلكترونية ١٦٥
(٤,١) مقدمة ١٦٥
(٤,٢) الترابط في الجوامد- نظرية الإلكترون الحر ١٦٦
(٤,٢,١) موصلية إلكترونية ١٧١
(٤,٣) الترابط في الجوامد- نظرية المدار الجزيئي ١٧٣
(٤,٣,١) فلزات بسيطة ١٧٦
(٤,٤) أشباه موصلات Si وGe ١٧٧
(٤,٤,١) الموصلة الضوئية ١٨٠
(٤,٤,٢) أشباه موصلات مشابة (مدممة) ١٨١
(٤,٤,٣) وصلة P-n ترانزستورات التأثير المجالي (الأحادي القطب) ١٨٢
(٤,٥) نطاقات في مركبات- ارزنيد الجاليوم ١٨٥
(٤,٦) نطاقات في مركبات القطاع-d أكاسيد عنصر انتقالي أحادية ١٨٦

الفصل الخامس: العيوب وعدم انضباط نسب الذرات ١٨٩
(٥,١) عيوب نقطية – مقدمة ١٨٩
(٥,٢) العيوب و تركيزها ١٨٩
(٥,٢,١) عيوب ذاتية أو داخلية ١٩٠
(٥,٢,٢) تركيز العيوب ١٩٢
(٥,٢,٣) عيوب دخيلة ١٩٧
(٥,٣) موصلية أيونية في الجوامد ١٩٧
(٥,٤) ألكتروليتات صلبة ٢٠٣
(٥,٤,١) موصلات بأيون سريع: موصلات بأيون فضة ٢٠٤
(٥,٤,٢) موصلات بأيون سريع: موصلات أيون أكسجين ٢٠٨
(٥,٤,٣) موصلات بأيون سريع: موصلات بأيون صوديوم ٢١١
(٥,٤,٤) تطبيقات ٢١٦
(٥,٥) فوتوغرافيا ٢٣٠
(٥,٦) مراكز تلون ٢٣٢
(٥,٧) مركبات غير منضبطة النسبة الذرية ٢٣٣
(٥,٧,١) مقدمة ٢٣٣
(٥,٧,٢) عدم انضباط نسب الذرات في وستيت ٢٣٦
(٥,٧,٣) ثاني أكسيد اليورانيوم ٢٤٠
(٥,٧,٤) تركيب أول أكسيد التيتانيوم ٢٤٢
(٥,٨) عيوب مستوى ٢٤٥
(٥,٨,١) مستويات قص كريستالوجرافية ٢٤٥
(٥,٨,٢) أنماءات مستوية ٢٥٠
(٥,٩) عيوب ثلاثية الأبعاد ٢٥٣

(٥,٩,١) تراكيب كتلي ٢٥٣
(٥,٩,٢) أعمدة خماسي ٢٥٣
(٥,٩,٣) تراكيب لا نهائية التكيف ٢٥٤
(٥,١٠) الخواص الإلكترونية للأكاسيد غير منضبطة النسب الذرية ٢٥٥
(٥,١١) خلاصات ٢٦١
الفصل السادس: الإلكترونيات المعتمدة على الكربون ٢٦٥
(٦,١) مقدمة ٢٦٥
(٦,٢) بولي أستيلين والبوليمرات ذات العلاقة ٢٦٦
(٦,٢,١) اكتشاف البولي أستيلين ٢٦٦
(٦,٢,٢) الترابط في البولي أستيلين والبوليمرات ذات العلاقة ٢٦٨
(٦,٢,٣) LEDs عضوية ٢٧٠
(٦,٣) فلزات جزيئية ٢٧١
(٦,٣,١) فلزات جزيئية في بعد واحد ٢٧١
(٦,٣,٢) فلزات جزيئية في بعدين ٢٧٢
(٦,٤) البوليمرات والتوصيل الأيوني- بطاريات الليثيوم القابلة للشحن ٢٧٤
(٦,٥) كربون ٢٧٧
(٦,٥,١) الجرافيت ٢٧٧
(٦,٥,٢) مركبات الإقحام للجرافيت ٢٧٩
(٦,٥,٣) فولّيرين بكمنستر ٢٨٠
الفصل السابع: الزيوليتات والمركبات ذات العلاقة ٢٨٣
(٧,١) مقدمة ٢٨٣
(٧,٢) تكوين وتركيب ٢٨٤
(٧,٢,١) هياكل ٢٨٤

(٧,٢,٢) تسمية ٢٨٨
(٧,٢,٣) نسب Si/Al ٢٨٩
(٧,٢,٤) الكاتيونات القابلة للاستبدال ٢٨٩
(٧,٢,٥) قنوات وفجوات ٢٩٠
(٧,٣) تشييد الزيوليتات ٢٩٦
(٧,٤) تحديد التركيب ٢٩٧
(٧,٥) استخدامات الزيوليتات ٢٩٨
(٧,٥,١) عوامل تجفيف ٢٩٨
(٧,٥,٢) الزيوليتات كمبادلات أيونية ٢٩٩
(٧,٥,٣) الزيوليتات كمواد امتزاز ٢٩٩
(٧,٥,٤) الزيوليتات كمواد حفازة ٣٠٢
(٧,٦) تراكيب سيليكات ألومنيوم متوسطة المسام ٣٠٨
(٧,٧) تراكيب هيكلية أخرى ٣١٢
(٧,٨) مواد جديدة ٣١٤
(٧,٩) منرالات (معادن) الطَفْل ٣١٥
(٧,١٠) ملحق ٣١٧
الفصل الثامن: الخواص البصرية للجوامد ٣١٩
(٨,١) مقدمة ٣١٩
(٨,٢) تداخل الضوء مع الذرات ٣٢٠
(٨,٢,١) ليزر الياقوت (أحمر داكن) ٣٢٣
(٨,٢,٢) المتفسفرات في مصابيح الإضاءة الفلورَّية ٣٢٥
(٨,٣) امتصاص وانبعاث الإشعاع في أشباه المواصلات ٣٢٨
(٨,٣,١) صمامات ثنائية باعثة للضوء ٣٣١

(٨,٣,٢) ليزر ارزنيد الجاليوم ٣٣٢
(٨,٣,٣) أحواض كمية- ليزرات زرقاء..... ٣٣٤
(٨,٤) ألياف بصرية ٣٣٥
(٨,٥) بلورات فوتونية ٣٣٨
الفصل التاسع: خواص مغنطيسية وخواص العازل ٣٤٣
(٩,١) مقدمة ٣٤٣
(٩,٢) القابلية المغنطيسية ٣٤٤
(٩,٣) البارامغنطيسية في معقدات الفلز ٣٤٧
(٩,٤) الفلزات الفرّومغنطيسية ٣٤٩
(٩,٤,١) نطاقات فرّومغنطيسية..... ٣٥٢
(٩,٤,٢) مغنطيسيات دائمة ٣٥٥
(٩,٥) مركبات فرّومغنطيسية- ثاني أكسيد الكروم ٣٥٦
(٩,٥,١) شرائط سمعية ٣٥٦
(٩,٦) فروّمغنطيسية مضادة- أكاسيد عنصر انتقالي أحادية..... ٣٥٧
(٩,٧) المغنطيسية الفرّيتية – الفرّيتات ٣٥٨
(٩,٨) مقاومة مغنطيسية عملاقة، نفقيّة وضخمة ٣٦٠
(٩,٨,١) مقاومة مغنطيسية عملاقة ٣٦٠
(٩,٨,٢) رؤوس قراءة أسطوانة صلبة..... ٣٦٢
(٩,٨,٣) مقاومة مغنطيسية نفقية وضخمة ٣٦٣
(٩,٩) الاستقطاب الكهربي..... ٣٦٤
(٩,١٠) بلورات كهرضغطية- الكوارتز-α ٣٦٥
(٩,١١) التأثير الفرّوكهربي ٣٦٧
(٩,١١,١) مكثفات سيراميكية عديدة الطبقات ٣٧١

الفصل العاشر: الموصلية الفائقة ٣٧٥
(١٠,١) مقدمة ٣٧٥
(١٠,٢) موصلات فائقة التوصيل تقليدية ٣٧٦
(١٠,٢,١) اكتشاف الموصلات فائقة التوصيل ٣٧٦
(١٠,٢,٢) الخواص المغنطيسية للموصلات فائقة التوصيل ٣٧٧
(١٠,٢,٣) تأثيرات جوسفسون ٣٧٩
(١٠,٢,٤) نظرية BCS للموصلية الفائقة ٣٨٠
(١٠,٣) موصلات فائقة عند درجة حرارة عالية ٣٨٢
(١٠,٣,١) التراكيب البلورية للموصلات فائقة التوصيل عند درجة حرارة عالية ٣٨٢
(١٠,٣,٢) نظرية الموصلات الفائقة عند T_c مرتفعة ٣٨٨
(١٠,٤) الموصلات الفائقة الفرّومغنطيسية ٣٨٩
(١٠,٥) استخدامات الموصلات فائقة التوصيل عند درجة حرارة عالية ٣٩٠
الفصل الحادي عشر: علم النانو ٣٩٥
(١,١) مقدمة ٣٩٥
(١١,٢) نتائج مقياس النانو ٣٩٧
(١١,٢,١) مورفولوجية دقيقة النانو ٣٩٧
(١١,٢,٢) تركيب إلكتروني ٤٠٢
(١١,٢,٣) خواص بصرية ٤٠٦
(١١,٢,٤) خواص مغنطيسية ٤٠٩
(١١,٢,٥) الخواص الميكانيكية ٤١٠
(١١,٢,٦) الانصهار ٤١١
(١١,٣) أمثلة ٤١١
(١١,٣,١) مواد نانو في بعد واحد ٤١١

(١١,٣,٢) مواد نانو في بعدين ٤١٣
(١١,٣,٣) مواد نانو في ثلاثة أبعاد ٤١٥
(١١,٤) معالجة الذرات والجزيئات ٤٢٠
(١١,٤,١) مجهرية المسح النفقي ٤٢١
(١١,٤,٢) مجهرية القوة الذرية ٤٢٢
(١١,٤,٣) نانو أستنسل ٤٢٣
(١١,٤,٤) ملاقيط بصرية ٤٢٣
(١١,٤,٥) الليثوغرافية الجزيئية ٤٢٤
(١١,٤,٦) تخزين بيانات ٤٢٤
قراءة إضافية ٤٢٥
الإجابات على الأسئلة الفردية ٤٢٩
ثبت المصطلحات ٤٤٥
أولاً: عربي- إنجليزي ٤٤٥
ثانياً: إنجليزي- عربي ٤٦٧
كشاف الموضوعات ٤٨٩