بسم الله الرحمن الرحيم

كيمياء المجموعات الرئيسة

تأليف
الدكتور محمد علي خليفة الصالح
أستاذ مشارك ـ قسم الكيمياء ـ كلية التربية
جامعة الملك سعود ـ فرع أبها

عمادة شؤون المكتبات - جامعة الملك سعود
ص.ب ٢٢٤٨٠ الرياض ١١٤٩٥ المملكة العربية السعودية

ⓒ ١٤١٠هـ (١٩٩٠م) - ١٤١٧هـ (١٩٩٦م) جامعة الملك سعود

الطبعة الأولى ١٤١٠هـ (١٩٩٠م)
الطبعة الثانية ١٤١٧هـ (١٩٩٦م) (مزيدة ومنقحة)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية
الصالح، محمد علي خليفة
كيمياء المجموعات الرئيسة ط ٢
٥٣٢ ص؛ ١٧ × ٢٤ سم
ردمك ٧ - ١٧٥ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (غلاف)
٥ - ١٧٦ - ٠٥ - ٩٩٦٠ (جلد)
١ - الكيمياء غير العضوية أ - العنوان
ديوي ٥٤٦ ١٥/١٤٩٣

رقم الإيداع: ١٥/١٤٩٣

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد اطلع المجلس على تقارير المحكمين، ووافق المجلس على نشره في اجتماعه السابع الذي عُقد بتاريخ ١٤٠٥/٣/١هـ، ثم وافق المجلس على إعادة طباعته في اجتماعه الأول للعام الدراسي ١٤١٥/١٤١٦هـ الذي عقد بتاريخ ١٤١٥/٥/٤هـ الموافق ١٩٩٤/١٠/٩م.

مطابع جامعة الملك سعود ١٤١٧هـ

مقدمة الطبعة الثانية

يبحث هذا الكتاب في كيمياء المجموعات الرئيسة الذي تتفق موضوعاته مع منهاج مقرر كيمياء المجموعات الرئيسة (٢٢١ كيم) الذي يدرس في قسم الكيمياء ـ جامعة الملك سعود/ فرع أبها بواقع ساعتين أسبوعيًّا لفصل واحد.

رغبت في اختيار موضوعات الكتاب أن تكون شاملة، وأن تكون مدخلاً مناسبًا إلى الكيمياء غير العضوية، بحيث تتضمن بعض التطورات التي اتسعت فجعلت هذا الفرع من الكيمياء حجر الزاوية في الصناعة، علمًا بأنه من الصعب تحقيق هذا الهدف نظرًا للتطور المذهل الذي تم في هذا الحقل. ولتحقيق هدف هذا الكتاب الذي يشتمل على دراسة مفصلة لكيمياء عناصر المجموعات الرئيسة، كان لابد من تبسيط بعض المفاهيم العميقة متخليًا عن بعض التفاصيل غير الضرورية.

يحتوي هذا الكتاب على بابين رئيسين، يشتمل الباب الأول على بعض المفاهيم النظرية الضرورية. أما الباب الثاني فيشتمل على العناصر الرئيسة التي تتصدر جدول التصنيف الدوري، وقد حاولت معالجتها بالتفصيل، وركزت على بعض العناصر، نظرًا لأهميتها في حياتنا اليومية، مع التأكيد في مقدمة دراسة كل عنصر على أوجه التشابه والاختلاف بينه وبين العناصر الأخرى.

لقد عدلت بعض أبحاث هذا الكتاب في طبعته الجديدة (الثانية) في محاولة لإدخال ما استجد من موضوعات في السنوات الأخيرة. ولبحث موضوعات هذا الكتاب بالتفصيل يلزم الشيء الكثير، لذلك تم أخذ أهم الموضوعات لإبقاء الغرض الذي أعد هذا الكتاب من أجله.

وإني إذ أتقـدم بهذا العمـل المتواضع لأضعه بين يدي طلابنا المهتمين بالكيمياء عامة، لأرجو أن يلقى لديهم الاستحسان والرضا، كما أرجو ألا يضن علينا قراء هذا الكتاب بملاحظاتهم ونقدهم حتى نصل بالكتاب الجامعي إلى المستوى الذي نتطلع إليه، فليس الوصول إلى الكمال أمرًا سهلاً، ولكن السعي إليه والعمل من أجله هدف سام وشعلة مضيئة.

المؤلـف

مقدمة الطبعة الأولى

يطرق هذا الكتاب مقرر كيمياء المجموعات الرئيسة الذي يُدرَّس بواقع ساعتين أسبوعيًّا على مدى فصل دراسي واحد.

لقد رغبتُ عند وضع هذا الكتاب في أن يكون مدخلاً مناسبًا إلى الكيمياء غير العضوية (كيمياء المجموعات الرئيسة) بحيث يتضمن بعض التطورات التي اتسعت فجعلت هذا الفرع من الكيمياء حجر الزاوية في الصناعة.

وفي سبيل تحقيق هدف هذا الكتاب الذي يشتمل على دراسة مفصلة لكيمياء عناصر المجموعات الرئيسة، كان لا بد من تبسيط بعض المفاهيم العميقة لجميع الموضوعات وإزاء هذا الهدف لجأتُ إلى معالجة الموضوعات متخليًّا عن بعض التفاصيل غير الضرورية لطلابنا.

يحتوي هذا الكتاب على بابين رئيسين، يشتمل الباب الأول على بعض المفاهيم النظرية الضرورية، أما الباب الثاني فيشتمل على العناصر الرئيسة التي تتصدر جدول التصنيف الدوري، وقد حاولت معالجتها بالتفصيل وركزت على بعض العناصر نظرًا لأهميتها، وأهمية مركباتها وخواصها في حياتنا اليومية، مع التأكيد في مقدمة دراسة كل عنصر على أوجه التشابه والاختلاف بينه وبين العناصر الأخرى.

وأني إذ أتقدم بهذا العمل المتواضع لأضعه بين يدي طلابنا المهتمين بالكيمياء عامة . . أرجو أن يلقى لديهم الاستحسان والرضا.

والله الموفق.

المؤلف

المحتويات

صفحة

مقدمة الطبعة الثانية ..... هـ

مقدمة الطبعة الأولى ..... ز

الباب الأول: مدخل إلى المجموعات الرئيسة ١

● الفصل الأول: الذرة والأيون ٣

بنية وخواص النواة وما حولها ٣

مكونات النيوكليون ٤

هندسة بنية النواة ٥

طاقة الربط وعدد الكتلة ٥

الفعالية الإشعاعية ٧

المغناطيسية النووية الموافقة (بارا مغناطيسية) ١٠

البنية الإلكترونية للذرة ١١

الأعداد الكوانتية (أعداد الكم) ١٢

تشكل المواكب الإلكترونية للذرات ١٥

التمثيل الإلكتروني لذرة ما ١٨

التصنيف الدوري ١٩

نصف القطر الذري ٢٨

ظواهر التأين ٢٨

الحالة الطبيعية ٢٨

الحالة المثارة ٢٩
الأطياف الضوئية ٣٠
أطياف أشعة X (الأشعة السينية) ٣١
التأين ٣٣
الأيونات الموجبة والأيونات السالبة ٣٥
أنصاف أقطار الأيونات ٣٨
استقطابية الأيونات (تشويه الأيونات) ٣٩
المجال الكهربائي المتولد عن أيون ٤١
الخواص المغناطيسية ٤٢
عزم الإلكترون المداري ٤٢
عزم اللف الذاتي لإلكترون ٤٤
العزم المغناطيسي لذرة ما ٤٥
الحالة المغناطيسية لجسيمة معزولة ٤٦
أثر تطبيق مجال مغناطيسي على حركة إلكترون ٤٧
أثر تطبيق مجال مغناطيسي على جسيمة ٤٩
الخواص المغناطيسية لجسيمة معزولة ٥٠

● **الفصل الثاني: الروابط داخل الجزيئات** ٥٣
الرابطة الكيميائية ٥٣
تشكل المدارات الجزيئية ٥٥
الرابطة الأيونية ٦١
آلية الرابطة ٦١
خواص الرابطة ٦٢
الرابطة التساهمية ٦٣
آلية الرابطة ٦٣
أشكال الرابطة ٦٤

الرابطة النموذجية ٦٤
سعة الرابطة ٦٦
الرابطة نصف القطبية ٧٠
سعة الرابطة ٧٢
خواص الرابطة ٧٤
تحطم الرابطة ٧٨
الرابطة الهيدروجينية ٧٩
الرابطة الوسط بين الرابطة الأيونية والرابطة التساهمية ٨٠
رابطة فاندر فالس ودور الاستقطابية ٨٠
عدد الأكسدة ٨٥
الكيمياء الفراغية لمجموعات الذرات ٩٠
مجموعة مكونة من ذرتين AB ٩١
مجموعة مكونة من ثلاث ذرات AB_2 ٩٢
مجموعة مكونة من أربع ذرات AB_3 ٩٤
مجموعة مكونة من خمس ذرات AB_4 ٩٧
مجموعة مكونة من ست ذرات AB_5 ٩٩
مجموعة مكونة من سبع ذرات AB_6 ١٠٠
الهياكل الكبيرة (الجزيئات والأيونات) ١٠١
تشكل الأيونات عديدات الذرات (المتراكبات) ١٠٣
مجموعات متعددة الذرات ذات مركز تساندي سالب الكهربائية ١٠٩
حركة الجزيئات ١١١
جزيئات مثارة، متأينة، وجذور حرة ١١٢
مغناطيسية الجزيئات والأيونات ١١٣
الديامغناطيسية (المغناطيسية المضادة لمجال مؤثر) ١١٣
البارامغناطيسية (المغناطيسية الموافقة لمجال مؤثر) ١١٤

● **الفصل الثالث : البنية البلورية للحالة الصلبة** ١١٧
بنية البلورة ١١٧
أنواع البلورات ١٢٠
البلورات الأيونية ١٢١
البلورات الفلزية ١٢١
البلورات الجزيئية ١٢٢
البلورات الشبكية التساهمية ١٢٣
خواص البلورات ١٢٤
درجة الانصهار ١٢٤
حرارة الانصهار ١٢٥
القساوة ١٢٦
الضغط البخاري ١٢٦
التوصيل الكهربائي ١٢٧
قوى البلورة الداخلية ١٢٧
قوى تجاذب الجزيئات ثنائية الأقطاب ١٢٧
قوى فاندرفالس ١٢٨
● **الفصل الرابع : الحفز** ١٣١
نظرية الحفز ١٣٢
النماذج المختلفة للحفز ١٣٣
عامل الحفز المتجانس ١٣٣
عامل الحفز غير المتجانس ١٣٥
نظرية الحفز غير المتجانس ١٣٦
آلية عمل عامل الحفز ١٣٧
طريقة استخدام عامل الحفز ١٣٧
تسمم عامل الحفز ١٣٨
تجربة ١٣٨

● **الفصل الخامس: الأكسدة والاختزال والترتيب الكهروكيميائي للعناصر** ١٤١
مفهوم الأكسدة ١٤٢
الأكسدة وانتقال الإلكترونات (المفهوم الحديث للأكسدة) ١٤٣
مفهوم الاختزال ١٤٣
العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة ١٤٦
أعداد الأكسدة (التأكسد) للذرات ١٤٨
الطريقة المتبعة لموازنة معادلات تفاعلات الأكسدة والاختزال ١٥١
الترتيب الكهروكيميائي للعناصر ١٥٥
● **الفصل السادس: قوانين إزاحة الاتزان (مبدأ لوشاتلييه)** ١٦٣
تأثير درجة الحرارة ١٦٤
ثبات المركبات الكيميائية ١٦٥
تأثير الضغط ١٦٥
تأثير تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ١٦٦
المتراكبات ١٦٨
أملاح مضاعفة (مزدوجة) وأملاح متراكبة ١٦٨
بنية المتراكبات ١٧٠
ثبات المتراكبات ١٧٥

الباب الثاني: دراسة تفصيلية لعناصر المجموعات الرئيسة ١٨٦
● **الفصل السابع: الهيدروجين ونظائره** ١٨٧
ميل الهيدروجين لفقد إلكترونه (ميل فلزي) ١٨٨
ميل الهيدروجين لاكتساب إلكترون (ميل شبه الفلز) ١٨٨
نظائر الهيدروجين ١٨٩
جزيء الهيدروجين ١٨٩
ثبات جزيء الهيدروجين ١٩١
الهيدروجين الوليد ١٩٢

الامتزاز الكيميائي للهيدروجين ١٩٣
الصفات الفيزيائية للهيدروجين ١٩٣
طرق تحضير الهيدروجين ١٩٤
الصفات الكيميائية للهيدروجين ١٩٨
تطبيقات الهيدروجين الصناعية ٢٠١
الديتيريوم (الهيدروجين الثقيل) $_{1}^{2}D$ ٢٠٢
طرق تحضير الديتيريوم ٢٠٤
الصفات الكيميائية للديتيريوم ٢٠٦
التريتيوم $_{1}^{3}T$ ٢٠٧
الحصول على التريتيوم ٢٠٧
خواص التريتيوم وتطبيقاته ٢٠٨
● **الفصل الثامن: المجموعة الأولى (مجموعة الفلزات القلوية)** ٢٠٩
مقدمة عامة عن المجموعة ٢٠٩
البنية ٢٠٩
مقارنة عامة لخواص الفلزات القلوية ٢١٣
الصوديوم ٢١٤
وجوده في الطبيعة ٢١٤
تحضير الصوديوم ٢١٥
الصفات الكيميائية للصوديوم ٢١٧
استعمالات الصوديوم ٢١٩
مركبات الصوديوم ٢١٩
أولاً: هيدروكسيد الصوديوم ٢١٩
ثانيًا: كربونات الصوديوم ٢٢٤
ثالثًا: أكاسيد الصوديوم ٢٢٨
رابعًا: ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم ٢٣٠
خامسًا: كبريتات الصوديوم أحادية الصوديوم وثنائية الصوديوم ٢٣٠

سادسًا: نترات الصوديوم ٢٣١
● **الفصل التاسع: المجموعة الثانية (مجموعة الفلزات القلوية الأرضية)** ٢٣٣
مقدمة عامة عن المجموعة ٢٣٣
البنية ٢٣٣
الخواص المشتركة للمجموعة الثانية ٢٣٤
الخواص العامة لفلزات المجموعة الثانية ٢٣٥
البيريليوم ٢٣٦
خواص البيريليوم العامة ٢٣٦
طرق تحضير البيريليوم ٢٣٧
مشتقات البيريليوم ٢٣٨
تطبيقات البيريليوم ٢٤٠
دراسة مقارنة لفلزات المجموعة الثانية الرئيسة ٢٤٠
نظائر هذه العناصر ٢٤٠
طرق تحضير فلزات المجموعة الثانية الرئيسة ٢٤٠
خواص المجموعة الثانية الرئيسة ٢٤٢
مشتقات فلزات المجموعة الثانية الرئيسة ٢٤٢
دراسة تفصيلية لفلز الكالسيوم ٢٤٥
تحضير الكالسيوم ٢٤٥
خواص الكالسيوم ٢٤٦
الكشف عن الكالسيوم ٢٤٦
مركبات الكالسيوم ٢٤٧
● **الفصل العاشر: المجموعة الثالثة(مجموعة البورون)** ٢٥١
مقدمة عامة عن المجموعة ٢٥١
الخواص المشتركة للمجموعة الثالثة ٢٥٣
الخواص العامة للمجموعة الثالثة ٢٥٣
البورون ٢٥٥

الخواص الفيزيائية للبورون ٢٥٦
طرق تحضير البورون ٢٥٦
الخواص الكيميائية للبورون ٢٥٨
مركبات البورون الهيدروجينية ٢٥٩
مركبات البورون الفلزية ٢٦٠
مركبات البورون الهالوجينية ٢٦١
مركبات البورون الأكسجينية ٢٦٣
الألومنيوم ٢٦٦
بنيته ٢٦٦
تحضيره ٢٦٧
تنقية الألومنيوم ٢٧٠
خواص الألومنيوم الفيزيائية ٢٧١
خواص الألومنيوم الكيميائية ٢٧١
خلائط الألومنيوم (سبائك الألومنيوم) ٢٧٣
مركبات الألومنيوم ٢٧٤
● **الفصل الحادي عشر: المجموعة الرابعة (مجموعة الكربون)** ٢٨١
مقدمة عامة عن المجموعة ٢٨١
الروابط في المجموعة الرابعة ٢٨٣
تدرج الخواص في المجموعة الرابعة ٢٨٣
الكربون ٢٨٦
حالة الكربون الطبيعية ٢٨٧
بنية الحالة الصلبة للكربون وخواصه الفيزيائية ٢٨٧
تصنيع الأشكال المختلفة للكربون وتحضيرها ٢٨٩
الصفات الكيميائية للكربون ٢٩١
مركبات الكربون ٢٩٣
السيليكون ٣٠٨

البنية ٣٠٨
حالة السيليكون الطبيعية ٣٠٨
الصفات الفيزيائية للسيليكون ٣٠٩
طرق تحضير السيليكون ٣١٠
الصفات الكيميائية للسيليكون ٣١١
مشتقات السيليكون المهمة ٣١٩
استخدامات السيليكون ومركباته ٣٢١
● **الفصل الثاني عشر: المجموعة الخامسة (مجموعة النيتروجين)** ٣٢١
مقدمة عامة عن المجموعة ٣٢١
البنية ٣٢١
الروابط في عناصر مجموعة النيتروتيد ٣٢٣
المجموعة الخامسة ووجودها في الطبيعة ٣٢٦
النيتروجين ٣٢٦
بنية النيتروجين ٣٢٦
النيتروجين الفعال ٣٢٧
الخواص الفيزيائية للنيتروجين ٣٢٨
طرق تحضير النيتروجين ٣٢٩
الخواص الكيميائية للنيتروجين ٣٣٠
معايرة النيتروجين ٣٣٢
مركبات النيتروجين الهيدروجينية ٣٣٢
١ ـ الأمونيا NH_3 ٣٣٢
٢ ـ الهيدرازين $NH_2—NH_2$ ٣٤٠
مركبات النيتروجين الأكسجينية ٣٤١
١ ـ تحت أكسيد النيتروجين N_2O ٣٤١
٢ ـ أول أكسيد النيتروجين NO ٣٤٤
٣ ـ أندريد حمض النيتروز N_2O_3 ٣٤٧

٤ ـ فوق أكسيد النيتروجين NO_2 ٣٤٨
٥ ـ أندريد حمض النيتريك N_2O_5 ٣٥٢
الحموض الأكسجينية للنيتروجين ٣٥٣
١ ـ حمض هيبو النيتريت $H_2N_2O_2$ ٣٥٣
٢ ـ حمض النيتروز HNO_2 ٣٥٤
٣ ـ حمض النيتريك HNO_3 ٣٥٧
الفوسفور ومشتقاته ٣٦٥
تحضير الفوسفور ٣٦٥
الخواص الفيزيائية لأنواع الفوسفور ٣٦٧
الخواص الكيميائية للفوسفور الأبيض ٣٦٩
سمية الفوسفور الأبيض ٣٧٢
استخدام الفوسفور الأبيض ٣٧٢
الخواص الكيميائية للفوسفور الأحمر ٣٧٢
المركبات الهيدروجينية للفوسفور ٣٧٣
١ ـ هيدريد الفوسفور PH_3 ٣٧٣
٢ ـ ثنائي فوسفور الهيدروجين $PH_2 - PH_2$ ٣٧٤
المركبات الهالوجينية للفوسفور ٣٧٥
١ ـ ثالث كلوريد الفوسفور ٣٧٦
٢ ـ خامس كلوريد الفوسفور ٣٧٧
المركبات الأكسجينية للفوسفور ٣٧٨
١ ـ ثالث أكسيد الفوسفور P_2O_3 ٣٧٩
٢ ـ رابع أكسيد الفوسفور P_2O_4 أو $(PO_2)_n$ ٣٨١
٣ ـ خامس أكسيد الفوسفور P_2O_5 أو P_4O_{10} ٣٨٢
الحموض الأكسجينية للفوسفور ٣٨٣
١ ـ هيبو حمض الفوسفوروز H_3PO_2 وأملاحه ٣٨٣
٢ ـ حمض الفوسفوروز H_3PO_3 وأملاحه ٣٨٤

٣ ـ حمض الفوسفوريك H_3PO_4 وأملاحه ٣٨٦
٤ ـ حمض بيروفوسفوريك $H_4P_2O_7$ ٣٨٨
٥ ـ حمض ميتا فوسفوريك HPO_3 ٣٨٩
● **الفصل الثالث عشر: المجموعة السادسة (مجموعة الأكسجين)** ٣٩٣
مقدمة عامة عن المجموعة ٣٩٣
لمحة عامة عن عائلة الأكسجين ٣٩٦
الأكسجين ومركباته ٣٩٨
١ ـ الأكسجين ٣٩٨
٢ ـ الأوزون O_3 ٤١٠
٣ ـ الماء والماء الثقيل والماء الأكسجيني ٤١٤
الكبريت ومركباته ٤٢٨
تحضير الكبريت ٤٢٩
خواص الكبريت الفيزيائية ٤٣١
خواص الكبريت الكيميائية ٤٣٤
استعمالات الكبريت ٤٣٦
مشتقات الكبريت الهيدروجينية ٤٣٦
أكاسيد الكبريت وحموضه ٤٣٩
أندريد حمض الكبريتوز SO_2 وحمض الكبريتوز H_2SO_3 ٤٣٩
أندريد حمض الكبريتيك SO_3 وحمض الكبريتيك H_2SO_4 ٤٤٥
حمض ثيو الكبريتيك $H_2S_2O_3$ ٤٥٤
● **الفصل الرابع عشر: المجموعة السابعة (مجموعة الهالوجينات)** ٤٥٧
مقدمة عامة عن المجموعة ٤٥٧
البنية ٤٥٨
الخواص الفيزيائية للهالوجينات ٤٦٤
تأثير الهالوجينات الفسيولوجي ٤٦٤
وجود الهالوجينات الطبيعية ٤٦٥

تحضير الهالوجينات ٤٦٦
خواص الهالوجينات الفيزيائية ٤٦٧
الخواص الكيميائية للهالوجينات ٤٦٧
الفلور F_2 ٤٦٨
طرق تحضير الفلور ٤٦٩
خواص الفلور الكيميائية ٤٧١
حمض الهيدروفلوريك HF ٤٧٣
الكلور Cl_2 ٤٧٦
تحضير غاز الكلور ٤٧٧
خواص الكلور الكيميائية ٤٧٩
استعمالات الكلور ٤٨١
حمض الهيدروكلوريك HCl ٤٨٢
البروم Br_2 ٤٨٥
طرق تحضير البروم ٤٨٥
خواص البروم الكيميائية ٤٨٦
حمض الهيدروبروميك HBr ٤٨٦
اليود I_2 ٤٨٨
طرق تحضير اليود ٤٨٩
خواص اليود الكيميائية ٤٩١
حمض الهيدرويوديك HI ٤٩٢
● **الفصل الخامس عشر: المجموعة الثامنة (مجموعة الغازات النادرة أو الخاملة)** ٤٩٥
لمحة عامة ٤٩٥
الخواص الفيزيائية للعناصر الخاملة ٤٩٦
لمحة تاريخية ٥٠٠
الأرجون ٥٠٠
الهيليوم ٥٠٠

النيون ـ الكريبتون ـ الزينون ٥٠٠
تحضير الغازات النادرة واستخداماتها ٥٠١
الخواص الكيميائية للغازات النادرة ٥٠٣
استخدامات الغازات النادرة ٥٠٥
المراجع ٥٠٧
ثبت المصطلحات العلمية ٥٠٩
أولاً : عربي ـ إنجليزي ٥٠٩
ثانيًا : إنجليزي ـ عربي ٥١٧
كشاف الموضوعات ٥٢٥