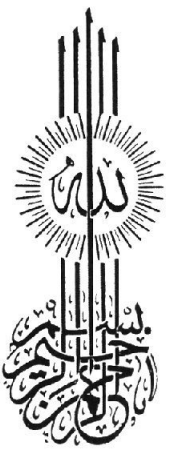

﴿ قالوا سبحانك لا علم لنا إلاّ ما علّمتنا إنّك أنت العليم الحكيم ﴾

صدق الله العظيم

الكيمياء التحليلية
التحليل الوصفي

تأليف

الدكتور محمد علي خليفة الصالح

أستاذ مساعد - قسم الكيمياء - كلية التربية

جامعة الملك سعود - فرع أبها

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٢٤٥٤ الرياض ١١٤٥١ - المملكة العربية السعودية

مكتبة جامعة الملك سعود
الرقم العام : ٦١٢٢٢١
مكتبه :
رقم العهده : ٩٦ ٥٥ ١٥٥

ح جامعة الملك سعود ١٤١٩هـ (١٩٩٨م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الصالح، محمد بن علي خليفة
الكيمياء التحليلية: التحليل الوصفي - الرياض.
٦٤٨ ص؛ ١٧ × ٢٤سم
ردمك: ٢-٧٧١-٠٥-٩٩٦٠
١- الكيمياء أ- العنوان
ديوي ٥٤٦ ١٩/١٣٩٣

رقم الإيداع: ١٩/١٣٩٣

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي وقد وافق المجلس على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤١١/١٤١٢هـ الذي عقد بتاريخ ١٤/ ١١/ ١٤١١هـ الموافق ٢٨/ ٥/ ١٩٩١م

مطابع جامعة الملك سعود ١٤١٩هـ

الإهـــــداء

إلى كل من يؤمن بأن العلم رسالة، يجب أن تؤدى بصدق وأمانة . . .

إلى كل من يحـمل في قلبـه حب الأمـة، وحب تراثهـا، ويسـعى لإغناء هذا التراث ورفده حتى لا يجف . . .

إلى أمتنا التي كـانت قـبله العـالم في سـائر العلوم والفنون، ولاتزال تحـمل في وجدانها مخزونًا هائلاً من الإبداع، ينتظر من يقدح فيه الشرارة الأولى حتى يتوهج من جديد نور الحضارة العربية الإسلامية . . .

إلى كل طالب علم يتوق إلى المعرفة المبنية على أسس علمية سليمة . . .

أهدي كتابي هذا

المؤلف

المقدمة

أحمدك اللهم منوّر القلوب والعقول على ما أوليت من نعم لا يحصيها عد، وأصلي وأسلم على نبيك الأمي الكريم، الذي عرف قدر العلم فحض عليه، وعرف قدر العلماء فنوّه به. وبعد:

إن تراث أمتنا العلمي يحفزنا دائما على متابعة السير في الطريق التي خطا فيها آباؤنا وأجدادنا خطوات واثقة واسعة، فكانوا كواكب يهتدي بها السالكون، ومشاعل تنير الدرب. ولكن الله سبحانه وتعالى ما جعل علم الأمة محصورا في زمان أو مكان أو أشخاص معينين، وإنما جعل باب العلم مفتوحا، يدخله كل من يحمل في قلبه حب هذه الأمة المباركة، راغبا في إغناء تراثها العلمي والحضاري، مقدما علمه على هواه. فجابر بن حيان - شيخ الكيميائيين - ينادينا من تحت أطباق الثرى، عبر المدى البعيد، لنكمل الرسالة التي حملها على عاتقه دهرا فوضع بذلك اللبنة الأولى في صرح الحضارة العربية الإسلامية، ونظر بعين الأمل والتفاؤل إلى أحفاده من بعده، ليكملوا ما بدأه، وليعلوا البنيان الذي وضع أساسه.

وانطلاقا من هذا الفهم. بل من هذا الواجب، ورغبة مني في سد ثغرة في مكتبتنا العربية التي تحتاج دوما إلى دراسات علمية أكاديمية، استخرت الله سبحانه وتعالى في وضع كتابي هذا، خدمة للعلم وأهله، ووفاء لحق طلابنا الأعزاء علينا، في توضيح هذا العلم لهم، وتيسير سبله أمامهم، ليقبلوا عليه راضين مستمتعين، فتتحقق بذلك الغاية المرجوة من تأليفه.

وتوخيا للدقة في البحث العلمي قسمت هذا الكتاب إلى بابين رئيسين: فقد عني الأول بالأسس النظرية للتحليل الوصفي، وهذه الأسس مبادئ أولية لا بد لكل

مهتم بهذا العلم من معرفتها. فالتحليل الوصفي يعني التعرف على أنواع الأيونات السالبة والموجبة للعناصر والمجموعات الموجودة في المحاليل، دون أن نتعرض لكمياتها.

ولما كان كل أيون يتمتع بخواص تميزه من غيره، فقد وجب علينا أن نتبع طرقا خاصة تؤدي إلى معرفة هذا الأيون أو غيره، ويبدو هذا الأمر صعبا في بعض الأحيان، لأن بعض الكواشف المستخدمة في التحليل قد تتفاعل مع عدد من الأيونات، مما يصعب عملية الكشف عن كل أيون على حده. وتزداد هذه الصعوبة كلما ازدادت أعداد الأيونات المكونة للمحلول، لذا يجب أن نختار طرقا خاصة تؤدي إلى فصل الأيونات الموجودة إلى مجموعات، تحوي كل مجموعة عددا من الأيونات، ثم نكشف بعد ذلك عن كل أيون من أيونات تلك المجموعة.

أما الثاني فيهتم بتفاعلات الأيونات في كل أيون على حدة، حيث تظهر صفاته وخواصه وسماته المميزة، كما يهتم هذا الباب ببيان أهم الطرق الحديثة المتبعة في فصل هذه الأيونات.

وبعد:

أرجو أن أكون قد وفقت فيما قصدت إليه، وأن أكون قد تجنبت مكامن الشوك، ومواطن الزلل، فإن وفقت فذلك حسبي، وإن لم أوفق فعذري أني قصدت الفائدة والخير، وإن كنت على يقين من أن الجاحظ على حق، عندما قال:

«من وضع كتابا فقد استهدف، فإن أحسن فقد استعطف، وإن أساء فقد استقذف».

فلا تجعلني اللهم من المسيئين المستقذفين، واجعل هذا العمل المتواضع ذخيرة لي يوم لا ينفع مال ولا بنون، إلا من أتى الله بقلب سليم، ويسّر لعملي هذا، من يقوّم معوجه ويبصرني بهناته، خدمة للعلم الذي ننشده جميعا؛ لأن الكمال لله وحده عز وجل في علاه.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

المؤلف

المحتويات

الموضوع	صفحة
المقدمة	ز
الباب الأول: القسم النظري	
تمهيد	٣
الفصل الأول: المبادئ النظرية للتحليل الوصفي - درجة التأين والكهروليتات	٩
الفصل الثاني: انزياح التوازنات الأيونية - الفعالية	٢٣
الفصل الثالث: تأين الماء - الأس الهيدروجيني	٣٥
الفصل الرابع: المحاليل المنظمة	٤٣
الفصل الخامس: تعيين درجة حموضة الوسط أثناء التحليل الوصفي	٥٣
الفصل السادس: حاصل الذوبان	٦١
الفصل السابع: تأثير الأيونات المشتركة في الكهروليتات	٦٧
الفصل الثامن: تشكل الرواسب، الترسيب المجزأ - ذوبان الرواسب	٧٣
الفصل التاسع: تحول الكهروليتات القليلة الذوبان - اتجاه تفاعلات التبادل	٩٧
الفصل العاشر: ترسيب الكبريتيدات - تأثير الحموض فيها	١٠٧
الفصل الحادي عشر: الغرويات - الترسيب المشترك	١٢٣
الفصل الثاني عشر: الحموض - القواعد - الأملاح (حلمأة الأملاح - درجة الحلمأة - محاليل الأملاح)	١٣٥
الفصل الثالث عشر: المركبات المترددة (المذبذبة)	١٦٥

الفصل الرابع عشر: أملاح مضاعفة وأملاح متراكبة - بنية المتراكبات - ثبات المتراكبات، أهمية المتراكبات التحليلية ١٧٥

الفصل الخامس عشر: الأكسدة والاختزال: تفاعلات الأكسدة والاختزال - جهود الأكسدة - اتجاه تفاعلات الأكسدة والاختزال - تأثير التركيز وتفاعل الوسط - ثوابت الاتزان لتفاعلات الأكسدة والاختزال ١٩٥

الفصل السادس عشر: طرق الكيمياء التحليلية - أنواع التفاعلات التحليلية - شروط التفاعلات وحساسيتها - التحليل التجزيئي والتحليل النظامي - التفاعلات الجافة والرطبة ٢٣٩

● **تمارين عامة محلولة على الباب الأول** ٢٦٩

الباب الثاني: القسم العملي

الفصل السابع عشر: تقسيم الأيونات إلى مجموعات ٣١٥

أولاً: مجموعات الكاتيونات ٣١٥

المجموعة الأولى ٣٢١

الفضة Ag^{+} ٣٢١

الرصاص Pb^{2+} ٣٢٨

الزئبق أحادي التكافؤ Hg_2^{2+} ٣٣٥

طريقة تحليل المجموعة الأولى ٣٣٩

المجموعة الثانية ٣٤٣

١ - فصيلة النحاس ٣٤٣

الزئبق ثنائي التكافؤ Hg^{2+} ٣٤٣

البيزموت Bi^{3+} ٣٥٠

الرصاص Pb^{2+} ٣٥٦

النحاس Cu^{2+} ٣٥٦

الكادميوم Cd^{2+} ٣٦٤

طريقة تحليل فصيلة النحاس ٣٦٩
٢- فصيلة الزرنيخ ٣٧٣
الزرنيخ As^{5+} , As^{3+} ٣٧٣
الأنتيمون Sb^{5+} , Sb^{3+} ٣٨٤
القصدير Sn^{4+} , Sn^{2+} ٣٩٢
طريقة تحليل فصيلة الزرنيخ ٤٠٢
طريقة تحليل المجموعة الثانية بفصيلتيها ٤٠٥
المجموعة الثالثة ٤٠٦
الحديد Fe^{3+} , Fe^{2+} ٤٠٦
الكروم Cr^{3+} ٤١٩
الألومنيوم Al^{2+} ٤٢٨
طريقة تحليل المجموعة الثالثة ٤٣٥
المجموعة الرابعة ٤٣٧
الخارصين Zn^{2+} ٤٣٧
المنجنيز Mn^{2+} ٤٤٥
النيكل Ni^{2+} ٤٥٥
الكوبلت Co^{2+} ٤٦٢
طريقة تحليل المجموعة الرابعة ٤٧٠
المجموعة الخامسة ٤٧٣
الكالسيوم Ca^{2+} ٤٧٧
السترونشيوم Sr^{2+} ٤٨٣
الباريوم Ba^{2+} ٤٨٨
طريقة تحليل المجموعة الخامسة ٤٩٥
المجموعة السادسة ٤٩٦
المغنسيوم Mg^{2+} ٤٩٩
البوتاسيوم K^{+} ٥٠٥

الصوديوم Na^+ ٥١٠
الأمونيوم NH_4^+ ٥١٣
طريقة تحليل المجموعة السادسة ٥٢٠
مخطط يلخص طريقة تحليل مجهول عام يحوي جميع الكاتيونات ٥٢٢
ثانيا: مجموعات الأنيونات ٥٢٤
المجموعة الأولى ٥٢٤
الفلوريد F^- ٥٢٤
الأكسالات $C_2O_4^{2-}$ ٥٢٧
التحليل الوصفي للأنيونات بالطريقة الرطبة ٥٣١
طريقة تحليل المجموعة الأولى ٥٣٣
المجموعة الثانية ٥٣٠
الكرومات $Cr_2O_4^{2-}$ ٥٣٠
الكبريتات SO_4^{2-} ٥٣٥
طريقة تحليل المجموعة الثانية ٥٣٨
المجموعة الثالثة ٥٣٩
الكبريتيد S^{2-} ٥٣٩
السيانيد CN^- ٥٤١
حديد ثنائي سيانيد $[Fe\ (CN)_6]^{4-}$ ٥٤٤
حديد ثلاثي سيانيد $[Fe\ (CN)_6]^{3-}$ ٥٤٩
طريقة تحليل المجموعة الثالثة ٥٥٢
المجموعة الرابعة ٥٥٣
الزرنيخات AsO_4^{3-} ٥٥٣
الفوسفات PO_4^{3-} ٥٥٥
طريقة تحليل المجموعة الرابعة ٥٥٩

المجموعة الخامسة ٥٦٠
الهالوجينات I^- , Br^- , Cl^- ٥٦٠
الثيوسيانات SCN^- ٥٦٥
طريقة تحليل المجموعة الخامسة ٥٧٠
المجموعة السادسة ٥٧١
النتريت NO_2^- ٥٧١
البرمنجنات MnO_4^- ٥٧٥
طريقة تحليل المجموعة السادسة ٥٧٨
المجموعة السابعة ٥٧٩
الكربونات CO_3^{2-} ٥٧٩
النترات NO_3^- ٥٨٢
الثيوكبريتيت $S_2O_3^{2-}$ ٥٨٦
الكبريتيت SO_3^{2-} ٥٨٩
البورات BO_2^- ٥٩٤
طريقة تحليل المجموعة السابعة ٥٩٧
الملاحق ٥٩٩
ثبت المصطلحات العلمية ٦٣١
أولا: عربي - إنجليزي ٦٣١
ثانيا: إنجليزي - عربي ٦٤٠