أســـــس
الكيمياء النووية والإشعاعية

الدكتور الحسيني بن محمد بن ضيف الله
كلية العلوم – جامعة الزقازيق – فرع بنها

الدكتور سليمان بن ناصر بن سليمان باسهل
كلية العلوم – جامعة الملك عبد العزيز – جـدة

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص.ب ٨٠٢٠٠ - جدة ٢١٥٨٩
المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤٢٤ هـ (٢٠٠٣م)

جميع حقوق الطبع محفوظة .

الطبعة الأولى : ١٤٢٤هـ (٢٠٠٣م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

ضيف الله ، الحسيني محمد

أسس الكيمياء النووية والإشعاعية / الحسيني محمد ضيف الله ، سليمان ناصر بأسهل.- جده.

... ص ؛ .. سم

ردمك : ٢-٢٧٣-٠٦-٩٩٦٠

١- الكيمياء النووية ٢- الإشعاع أ- بأسهل ، سليمان ناصر (م . مشارك) ب - العنوان

ديوي ٥٤١،٣٨ ٢١/٢٨٠٣

رقم الإيداع : ٢١/٢٨٠٣

ردمك : ٢-٢٧٣-٠٦-٩٩٦٠

مطابع جامعة الملك عبد العزيز

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ وَاخْتِلافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لأُولِي الأَلْبَابِ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَى جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضِ رَبَّنَا مَاخَلَقْتَ هَذَا بَاطِلاً سُبْحَانَكَ ﴾

(آل عمران ١٩٠ . ١٩١)

﴿ قَالُوا سُبْحَانَكَ لا عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَاعَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنْتَ العَلِيمُ الحَكِيمُ ﴾ (البقرة ٣٢)

﴿ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا العِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴾

(المجادلة ١١)

تقديـــــم

شهد القرن الحالي تقدمًا علميًا وتقنيًا لم تشهد مثله البشرية خلال القرون الماضية ، وبمرور الزمن تصبح الحاجة أكثر إلحاحًا في ضرورة أن تلحق الأمة العربية بهذا التطور العلمي والتقني في الدول المتقدمة ضمانًا لمستقبل مشرق ومزدهر لأبناء هذه الأمة . والحاجة إلى التقدم العلمي أصبحت ملحة ليست كمسألة ثقافية ولكنها ضرورة اقتصادية واجتماعية وبيئية لاغنى عنها ، فالتقدم العلمي هو أساس التقدم التقني الذي نشهده ، والقادرين على الإسهام في هذا التطور هم العلماء الذين أعدوا أنفسهم لهذه المهمة فاستوعبوا كافة العناصر والأسس العلمية ، وقاموا بتطبيقها وتطويرها تقنيًا ، كما أن الفرصة لذلك التطور تواتي العقول التي يتوفر لها الإعداد اللازم . وقد أدركت الدول المتقدمة تمامًا أن ارتقاء مستوى التعليم هو محور بناء وتقدم الأمم ، وأن الارتقاء بمستوى خريجي الجامعات يعتبر المصدر الأساسي للارتقاء بمستوى التعليم عامة وبأهم سبل التقدم العلمي والتقني بخاصة .

وتعتبر العلوم والتقنية النووية وانتقال وحفظ المعلومات أكثر العلوم تأثيرًا في حياة البشرية في الحاضر والمستقبل ، ومازالت التقنية النووية وبناء محطات توليد الطاقة النووية تكتنفها الكثير من السرية ، وتجد الدول النامية صعوبة الاستفادة من هذا المضمار مما يضع قيودًا وتحديًا كبيرًا كي تنطلق في التنمية والتقدم وتتمكن من

التطبيقات السلمية للنويدات المشعة والطاقة النووية حيث تؤمن الطاقة النووية حاليًا مايقرب من ٢٠٪ من الإنتاج العالمي للكهرباء ، ولا بديل ولاغنى عنها لمستقبل الدول النامية .

وتفتقر المكتبة العربية إلى وجود مؤلفات في الكيمياء النووية والإشعاعية تهيئ للطالب كتابًا منهجيًا يجد فيه المعلومة المناسبة لإعداده والرقي بمستواه علميًا وتوضح له الأسس والتطبيقات الهامة.. ويعتبر تدريس الكيمياء النووية والإشعاعية الآن منهجًا أساسيًا لطلاب مرحلة البكالوريوس في جميع كليات ومعاهد الدول المتقدمة ، لذا كان الهدف من هذا الكتاب "الكيمياء النووية والإشعاعية " هو تقديم منهج متكامل لطالب مرحلة البكالوريوس تمت كتابته بأسلوب واضح لايشترط الإعداد المسبق في مناهج متقدمة في الفيزياء والرياضيات وميكانيكا الكم ، التي تكون متطلبات ضرورية لمعظم المراجع الأجنبية القياسية ، كذلك روعي في الكتابة المستوى العلمي بحيث يجعل الطالب على مستوى يهيئ له الاتصال بالمراجع المتقدمة والدوريات العلمية للإفادة من التطبيقات العلمية في هذا المجال .

وقد تناول الكتاب أسس الكيمياء النووية والإشعاعية حيث العلاقة بينهما وثيقة وحيث تهتم الكيمياء النووية بدراسة النواة والإشعاعات النووية والتفاعلات النووية وإنتاج النظائر ، بينما تهتم الكيمياء الإشعاعية بدراسة استخدامات النظائر المشعة في التحاليل الكيميائية وفي اقتفاء العمليات المختلفة ، وفي فصل وتقنية المواد المشعة ، وتصنيع المركبات الكيميائية المرقمة بالنظائر المشعة للاستخدام في الطب والأبحاث والأغراض المختلفة . ومن جهة أخرى فإن كيمياء الإشعاع تتناول دراسة التفاعلات والتأثيرات الكيميائية العديدة التي تحدث بين الأيونات والشقوق والجزيئات وذلك عند تعرض المادة الكيميائية للإشعاعات ، وهذه الموضوعات ليست ضمن الأهداف الأساسية لموضوعات هذا الكتاب.

يتناول الباب الأول من هذا الكتاب خواص الأنوية الذرية بطريقة وصفية إلى حد ما ، وذلك كي يعطي الطالب فرصة التعرف على خواص النواة ، والكثير من

التفاصيل التي تناولتها الأبواب التالية ، ويتناول الباب الثاني قوانين تحلل المواد المشعة ، ودراسة الحالات المتباينة منها ، ونوقشت النماذج النووية التي تصف التركيب النووي في الباب الثالث الذي يضع أساسًا لدراسة تفاصيل ونظريات عمليات التحلل الإشعاعي التي وردت في الباب الرابع . ويتناول الباب الخامس مناقشة التفاعلات النووية المختلفة وتضمن ذلك تفاعلات الانشطار والاندماج النووي ، بينما يناقش الباب السادس ميكانيكية ومصير تفاعلات الأشعة النووية مع المادة ويعتبر ذلك أساسًا لدراسة كيمياء الإشعاع والتأثيرات البيولوجية للإشعاع . ويتناول الباب السابع وصفًا لأجهزة كشف وقياس المواد المشعة وتبيان مميزات وعيوب كل منها والمعالجة الإحصائية لنتائج العد الإشعاعي . وحيث إن أهم أهداف تدريس العلوم النووية هو تعريف الطالب بالدور الذي يلعبه الإشعاع والمواد المشعة في التقدم العلمي والتقني وفي حياتنا اليومية فقد تناول الباب الثامن والأخير في هذا الكتاب أمثلة لبعض تطبيقات النويدات المشعة في العلوم الكيميائية والمجالات العلمية المختلفة .

ودونت في هذا الكتاب قائمة بالمراجع الهامة والمفيدة ، وينصح الطلاب الذين يرغبون في استكمال دراستهم في هذا المجال الرجوع إلى تلك المراجع للتزود منها .

والحقيقة أن القائمين على شؤون التعليم حديثًا يعتبرون أن أفضل الطرق لقياس فهم الطالب لموضوع علمي هو قياس مقدرته على تطبيق هذا الموضوع ، وكان هذا هو السبب في اهتمام المدرسين لاتباع الطريقة الحديثة في اختبارات الطلاب بطريقة مسائل التفكير والمنطق العلمي والمسائل العددية بدلاً من اتباع طريقة المقالات والمواضيع الإنشائية ، التي قد تعتمد فقط على الذاكرة والحفظ . لذلك أعطيت أمثلة ومسائل محلولة في جميع الأجزاء كي يتضح للدارس تطبيق الأساسيات والمعادلات الهامة ، واستخداماتها . كذلك كتبت مجموعة متنوعة ومتكاملة من الأسئلة والمسائل في نهاية كل باب أعطيت أجوبة لها في الملحق في نهاية الكتاب ، وذلك كي تهيئ للطالب التدريب اللازم على تطبيق الأساسيات والمفاهيم التي درسها ، وسوف يتعلم الطالب من الأمثلة المحلولة التفكير المنظم وكيف يقوم باستخدام الوحدات الصحيحة ،

كما أن التمارين في نهاية كل باب سوف تنمي قدرته على التطبيق العلمي وكيف يفكر في الحل خطوة بخطوة ليصل إلى الإجابة الصحيحة .

ونحن أولاً وقبل كل شئ نحمد الله ونشكره أن يسَّر لنا إتمام هذا العمل ، ونقدم الشكر إلى أساتذتنا الذين تعلمنا منهم الكثير وإلى جميع الزملاء وأبنائنا الطلاب الذين كان لهم دور في توضيح الكثير مما جاء في هذا الكتاب . ونود أن نخص بالذكر الأستاذ الدكتور أحمد محمد عزام (أستاذ الكيمياء الفيزيائية بكلية العلوم - جامعة عين شمس ج . م . ع) لمراجعته النص العربي كاملاً وتقديم مقترحاته التي كانت لها الأثر في توضيح وصياغة الكثير مما ورد في هذا الكتاب ، كذلك نشكر الأستاذ الدكتور هورست مولر (أستاذ الكيمياء النووية والإشعاعية بجامعة فراييورج - ألمانيا) لمراجعته الشاملة للنص الإنجليزي من هذا الكتاب ومقترحاته في الإضافة والحذف ، التي كان لها الأثر في إثراء بعض الأجزاء كي يتمشى الكتاب مع المستويات الحديثة في جامعات الدول المتقدمة . ويطيب لنا أن نقدم الشكر لسعادة رئيس قسم الكيمياء الحالي والسابق وأعضاء مجلسي القسم والكلية الموقرين بكلية العلوم - جامعة الملك عبدالعزيز الذين كانوا سنداً لنا لإخراج هذا الكتاب ليكون مرجعًا طلابيًا في هذا الفرع من العلوم الذي يعتبر غاية في الأهمية لأمتنا العربية في حاضرها ومستقبلها . ولا يفوتنا كذلك تقديم جزيل الشكر للأستاذ محمدعبدالفتاح عطية الذي قام بكتابة النص باستخدام الحاسب الآلي وتحمل عناء طباعة كافة التصحيحات .

وختامًا ندعو الله أن يرحم والدينا الذين منحونا حبهم وهيأوا لنا السبل ، ونسأله تعالى أن ينفع بهذا العمل وأن يجعله في ميزان حسناتنا يوم نلقاه ، والله ولي التوفيق .

المؤلفان

جدة

المحتويات

تقديم ..... هـ

الباب الأول

خواص الأنوية الذرية PROPERTIES OF ATOMIC NUCLEI ١

١-١ مقاييس الكتلة الذرية ٤

١-٢ الكتلة والطاقة ٦

١-٣ طاقة الربط النووي ١٠

١-٤ النشاط الإشعاعي والاستقرار النووي ١٢

١-٥ الصفات الأساسية للنشاط الإشعاعي ١٨

١-٦ النشاط الإشعاعي الطبيعي والاصطناعي ٣٢

١-٧ تجربة رذرفورد لتشتت جسيمات ألفا ٣٥

١-٨ أعداد الكم النووية ٣٩

١-٩ الأحجام والأشكال النووية ٤٥

١-١٠ العزوم المغنطيسية النووية وعزوم رباعي القطبية النووية ٤٧

١-١١ القوى النووية ٥١

تمـارين ٥٤

الباب الثاني

حركية التحولات الإشعاعية KINETICS OF RADIOACTIVE TRANSFORMATIONS ٦١

٢-١ تحلل مادة مشعة منفردة ٦٣

٢-٢ تحلل مخلوط من أنشطة متحللة مستقلة ٧١

٢-٣ تحولات إشعاعية ثنائية التتابع ٧٥

٢-٤ التحلل المتفرع ٨٨

٢-٥ المعادلة العامة لتحللات كثيرة متتابعة (حل باتمان) ٩١

٢-٦ وحدات النشاط الإشعاعي ٩٥
تمـــارين ٩٧

الباب الثالث

النـماذج الــنووية NUCLEAR MODELS ١٠٥

٣-١ الجهد النووي ١٠٧
٣-٢ نموذج قطرة سائل ١١٠
٣-٣ معادلة طاقة الربط لڤايسيكر ١١١
٣-٤ نموذج غاز لفيرمي ١٢٠
٣-٥ النموذج القشري النووي (أو نموذج الجسيم المستقل) ١٢٤
٣-٦ المغزلية النووية ١٣٣
٣-٧ العزوم المغنطيسية والرنين المغنطيسي ١٣٦
٣-٨ النموذج الجامع ١٤٦
تمـارين ١٤٩

الباب الرابع

عـمليات التحلل الإشعاعي RADIOACTIVE DECAY PROCESSES ١٥٥

٤-١ عمليات انتقال جاما ١٥٨
٤-١-١ انبعاث شعاع جاما والتحول الداخلي ١٥٨
٤-١-٢ نظرية انبعاث شعاع جاما ١٦٢
٤-١-٣ معاملات التحول الداخلي ١٦٨
٤-١-٤ تأثير أوچيه ١٧١
٤-٢ الانبعاث والامتصاص الرنيني النووي اللاارتدادي ١٧٥
٤-٢-١ الامتصاص الرنيني ١٧٥
٤-٢-٢ تجربة موزباور ١٧٩

٤ – ٢ – ٣ الانحراف الكيميائي الأيسومري ١٨٣
٤ – ٢ – ٤ التأثيرات المغنطيسية ورباعية القطب ١٨٥
٤ – ٣ تحلل بيتا ١٩١
٤ – ٣ – ١ أطياف بيتا ومبدأ النيوترنيو ١٩٢
٤ – ٣ – ٢ مخطط سارچنت ١٩٦
٤ – ٣ – ٣ نظرية فيرمي لتحلل بيتا ١٩٨
٤ – ٣ – ٤ أسر إلكترون ٢٠٤
٤ – ٤ تحلل ألفا ٢٠٧
٤ – ٤ – ١ طاقة جسيم ألفا وحاجز جهد كولومب ٢٠٧
٤ – ٤ – ٢ قاعدة جيجر ونتال ٢٠٩
٤ – ٤ – ٣ نظرية تحلل ألفا ٢١٠
٤ – ٥ الانشطار التلقائي ٢١٤
تمـارين ٢١٦

الباب الخامس

التفاعلات النـووية NUCLEAR REACTIONS ٢٢٣

٥ – ١ مقـــدمة ٢٢٥
٥ – ٢ الطاقة وكمية الحركة في التفاعلات النووية ٢٢٦
٥ – ٣ أنواع التفاعلات النووية ٢٣٠
٥ – ٤ المقطع العرضي للتفاعل ٢٣٤
٥ – ٥ دوال الإثارة ٢٣٨
٥ – ٦ تفاعلات النواة المركبة ٢٤٠
٥ – ٧ التفاعلات المباشرة ٢٤٤
٥ – ٨ تفاعلات النيوترون الرنينية ٢٤٤

٥-٩ تفاعلات الطاقة العالية ٢٤٧
٥-١٠ التفاعلات النووية الضوئية ٢٤٨
٥-١١ تفاعلات الانشطار النووي ٢٤٩
٥-١٢ نواتج الانشطار ٢٥٥
٥-١٣ تفاعلات الاندماج النووي ٢٦٠
٥-١٤ أصل العناصر الكيميائية ٢٦٣
٥-١٥ تصنيع العناصر الجديدة معمليًا ٢٦٦
تمـارين ٢٦٨

الباب السادس

تفاعل الإشعاع مع المادة INTERACTION OF RADIATION WITH MATTER ٢٧٣

٦-١ مقـــدمة ٢٧٥
٦-٢ تفاعل الجسيمات الثقيلة المشحونة ٢٧٧
٦-٣ تفاعل الإلكترونات ٢٨٧
٦-٤ تفاعل أشعة جاما ٢٩٤
٦-٥ تفاعل النيوترونات ٣٠٨
٦-٦ الجرعة الإشعاعية والتفاعلات الكيميائية الإشعاعية ٣١١
٦-٧ التأثيرات الكيميائية للتحولات النووية ٣١٩
٦-٨ أخطار الإشعاع والتلوث البيئي ٣٢٣
تمـارين ٣٢٦

الباب السابع

قياس الإشعاعات النووية وإحصاء عد النشاط الإشعاعي ... ٣٣٣
MEASUREMENT OF NUCLEAR RADIATIONS AND STATISTICS OF RADIOACTIVE COUNTING

٧-١ مقـــدمة ٣٣٥

٧-٢ كشافات التأين الغازي ٣٣٦
٧-٢-١ غرف التأين والتجميع المشبع للأيونات ٣٣٦
٧-٢-٢ تجميع التضاعف الأيوني ٣٤٠
(a) عدادات جيجر - مولر ٣٤٤
(b) عدادات التناسب ٣٤٦
٧-٣ كشافات أشباه الموصلات ٣٤٨
٧-٤ عدادات الوميض ٣٥٣
٧-٥ مقارنة أجهزة الكشف المختلفة ٣٦٣
٧-٦ عد المطابقة وعدم المطابقة ٣٦٧
٧-٧ إحصاء عد النشاط الإشعاعي ٣٦٩
٧-٧-١ القيمة المتوسطة ٣٦٩
٧-٧-٢ دالة التوزيع العادية والحيود القياسي ٣٧٠
٧-٧-٣ احتمال الخطأ ٣٧٤
٧-٧-٤ توحيد الأخطاء ٣٧٦
تمـارين ٣٧٩

الباب الثامن

تطبيقات النويدات المشعة APPLICATIONS OF RADIONUCLIDES ٣٨٣

٨-١ مقـــدمة ٣٨٥
٨-٢ إنتاج النويدات المشعة ٣٨٧
٨-٣ النويدات المشعة في العمليات الكيميائية ٣٩٣
٨-٣-١ ميكانيكية التفاعلات الكيميائية ٣٩٥
٨-٣-٢ حركية تفاعل تبادل النظير ٣٩٧
٨-٣-٣ دراسة التركيب الجزيئي ٤٠٢

٨-٤ النويدات المشعة في التحليل الكيميائي ٤٠٣
٨-٤-١ طريقة تحليل القياس الإشعاعي ٤٠٤
٨-٤-٢ طريقة تخفيف النظير ٤٠٥
٨-٤-٣ التحليل النووي التنشيطي ٤٠٧
٨-٤-٤ الكروماتوجرافيا الإشعاعية ٤١٥
٨-٥ تأريخ النويدات المشعة ٤١٨
٨-٦ التطبيقات الطبية للنويدات المشعة ٤١٩
٨-٧ الوقود النووي وإنتاج الطاقة ٤٢٣
تمـارين ٤٣٢
المراجع ٤٣٩
الملاحق ٤٤٣
(A) وحدات النظام الدولي ٤٤٥
(B) الثوابت الفيزيائية ٤٤٦
(C) معاملات التحويل ٤٤٧
(D) مقاطع سابقة ٤٤٨
(E) إجابات التمارين ٤٤٨
ثبت المصطلحات (عربي - إنجليزي) ٤٦١
ثبت المصطلحات (إنجليزي - عربي) ٤٧٠
كشاف الموضوعات ٤٧٩