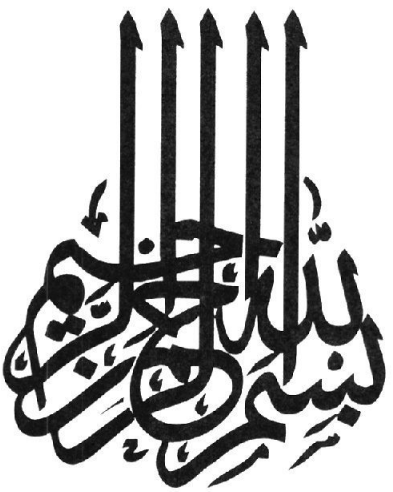


هندسة
الإشعاع النووي

تأليف

د. محمد عبد الرحمن آل الشيخ أ. أحمد نصر كداشي

أ.د. محمد عبد الفتاح عبيد

قسم الهندسة الكهربائية - كلية الهندسة

جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ -الرياض ١١٥٣٧-المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود (١٤٢٥هـ/٢٠٠٤م)

الطبعة الأولى

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

آل الشيخ، محمد عبدالرحمن

هندسة الإشعاع النووي / محمد عبدالرحمن آل الشيخ؛ أحمد نصر كداشي؛ محمد عبدالفتاح عبيد.- الرياض، ١٤٢٥هـ.

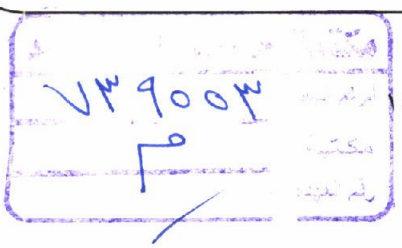
٤٧٢ ص؛ ١٧ سم × ٢٤سم

ردمك: ٠-٧٢١-٣٧-٩٩٦٠

١- الهندسة النووية ٢- الإشعاع النووي أ- كداشي، أحمد نصر (مؤلف مشارك) ب- عبيد، محمد عبدالفتاح (مؤلف مشارك) جـ- العنوان

ديوي ٦٢١,٤٨ ١٤٢٥/٢٤٥٢

رقم الإيداع: ١٤٢٥/٢٤٥٢



تم تحكيم الكتاب بوساطة لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي، وقد وافق المجلس على نشره بعد الاطلاع على تقارير المحكمين في اجتماعه السابع للعام الدراسي ١٤٢٣/١٤٢٤هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٣/٩/١٩هـ الموافق ٢٠٠٢/١١/٢٤م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٥هـ

مقدمة المؤلفين

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أفضل الأنبياء وخاتم المرسلين نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين . . . وبعد

لقد جمع هذا الكتاب بعنوان " هندسة الإشعاع النووي" بين الهندسة و الإشعاع النووي الذي اتسع استخدامه اليوم في العديد من المجالات، مثل الطب، الزراعة، توليد الطاقة، وشتى ميادين الصناعة. فالإنسان يعيش منذ القدم في وسط مشع حيث يتعرض للإشعاعات من الفضاء الخارجي ومن العناصر الطبيعية الموجودة في الأرض، وكذلك لما استحدثه من إشعاعات مؤيّنة فضلا عن المصادر المشعة الأخرى من أجهزة و معدات اتصالات لا سلكية تملأ حياتنا المعاصرة. فعلى الإنسان إذن، أن يتعايش مع الإشعاعات في منظومة متوازنة، فيتعرف على كنه الإشعاع و أسراره ليستفيد من منافعه و يتجنب أضراره... فتظهر من هذا أهمية الهندسة في ربط التطبيق العلمي بالتقنية الصالحة والمفيدة. تتجسم التقنية الصالحة في إنتاج أجهزة ومعدات ومواد نافعة تهدف جميعها إلى إسعاد الإنسان ورفاهيته مع مراعاة عدم إلحاق الضرر بالكائنات الأخرى في هذا الكون. ويكون دور الإنسان المسلم – من هذا المنطلق – الاستفادة مما علّمه الله و تسخير ما أودعه الله في هذا الكون لعبادة الله وحده وعمارة الأرض وإسعاد البشر.

﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ سَخَّرَ لَكُم مَّا فِى ٱلْأَرْضِ وَٱلْفُلْكَ تَجْرِى فِى ٱلْبَحْرِ بِأَمْرِهِۦ وَيُمْسِكُ ٱلسَّمَآءَ أَن تَقَعَ عَلَى ٱلْأَرْضِ إِلَّا بِإِذْنِهِۦٓ إِنَّ ٱللَّهَ بِٱلنَّاسِ لَرَءُوفٌ رَّحِيمٌ ﴿٦٥﴾ ﴾ سورة الحج (٦٥)

﴿ وَسَخَّرَ لَكُمُ ٱلَّيْلَ وَٱلنَّهَارَ وَٱلشَّمْسَ وَٱلْقَمَرَ ۖ وَٱلنُّجُومُ مُسَخَّرَٰتٌۢ بِأَمْرِهِۦٓ ۗ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَءَايَٰتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٢﴾ ﴾ سورة النحل (١٢)

﴿ هُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُمُ ٱلْأَرْضَ ذَلُولًا فَٱمْشُوا۟ فِى مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا۟ مِن رِّزْقِهِۦ ۖ وَإِلَيْهِ ٱلنُّشُورُ ﴿١٥﴾ ﴾ سورة الملك (١٥)

ومن هنا تأتي أهمية الهندسة والتقنية في إتقان العمل وتسخير الإشعاع لصالح الناس وتجنيبهم أضراره. يقول صلى الله عليه وسلم " **إن الله يحب إذا عمل أحدكم عملاً أن يتقنه** "

ويطلق الإشعاع على الأشعة الكهرومغناطيسية، وكذلك على الجسيمات المشحونة مثل ألفا ، بيتا والبروتونات . . . والأجسام غير المشحونة مثل النيوترونات. وسنتناول في هذا الكتاب الأشعة المؤينة ؛ أي الأشعة التي يؤدي اصطدامها وتفاعلها بالمواد إلى تأين عناصر المادة. وقد اجتهدنا في أن يكون الكتاب مناسبا لشرائح عديدة من القرّاء . . . يخدم المثقفين بوجه عام، ويخدم بوجه خاص المتخصصين من المهندسين وطلبة الدراسات الجامعية والدراسات العليا. فقد حاولنا توضيح المادة العلمية المقدمة بأسلوب مبسط تارة، والتعبير عنها بالمعادلات الرياضية تارة أخرى لإشباع المتخصصين لمعرفة كنهها .

يتكون هذا الكتاب من اثني عشر فصلا ، يتناول الفصل الأول نبذة تاريخية عن الذرة والطاقة النووية والبرنامج النووي للكيان الصهيوني، حصار البرنامج النووي العربي مقابل ذلك، أما الفصل الثاني فهو مقدمة في الفيزياء النووية وتطبيقاتها. ويوضح الفصل الثالث مفهوم النشاط الإشعاعي وتفكك السلاسل المشعة والأشعة المصاحبة لهذا التفكك. والفصل الرابع ما هو إلا تكملة للفصل الثالث، فيوضح تقنيات النظائر المشعة وتطبيقاتها في مجالات الحياة المختلفة. أما الفصل الخامس فيبين مفهوم الأشعة المؤيّنة وتفاعلها مع المادة وما ينتج عنه. ويتطرق الفصل السادس إلى كيفية تجنب خطر الإشعاع من استخدام الحجب والدروع الواقية من الإشعاع وكيفية تصميمها، أما الفصل السابع فيحتوي على شرح مفصل لأجهزة قياس الإشعاع وكيفية استخدامها . ويتناول الفصل الثامن مفهوم الجرعات الإشعاعية كما ونوعا وقياسا ومعايرة والقواعد العالمية التي تقننها. أما الفصل التاسع فيشرح التأثيرات البيولوجية أو الحيوية للإشعاع. وينفرد الفصل العاشر بموضوع قياس أطياف الجرعة الإشعاعية المجهرية وهو موضوع جديد ومهم وحيوي يهتم به الباحثون حاليا ؛ لما له من فوائد متوقعة في علاج الأورام ولمؤلفي هذا الكتاب جهد متواضع في بحوث - تم نشرها في مجلات علمية عالمية مرموقة - في مجال تحليل أطياف الجرعة الإشعاعية المجهرية وأيضا في مجال قياس التأثير البيولوجي النسبي الفعّال كما تم شرح ذلك في متن الكتاب. أما الفصل الحادي عشر فينقل القارئ إلى إنتاج الطاقة باستخدام المفاعلات النووية، فيوضح أهميتها ومكوناتها وعوامل الأمان ومفهومها. ويتناول الفصل الثاني عشر والأخير من هذا الكتاب النفايات المشعة وكيفية التخلص منها. كما يشمل الكتاب سبعة ملاحق توضح الرموز المستخدمة، وتشمل الجداول الموضحة لخصائص النظائر

المشعة وأيضا ذكرت المصطلحات العربية والأجنبية في ملحقين تاليين وملحق بإنتاج الطاقة الكهربائية في المحطات النووية في دول العالم المعنية بهذا الأمر.

وأخيرا وليس آخرا لا يفوتنا أن نشكر كلية الهندسة جامعة الملك سعود بالرياض وكذلك مركز البحوث على تقديمهما المساعدة لإنجاز هذا الكتاب. والحمد لله قد انتهينا من إعداد الكتاب فلله الشكر والمنّة، ونرجو أن نكون قد وفينا الموضوع حقه، وأن يكون هذا العمل خالصا لوجه الله، ثم إسهاما متواضعا في نشر العلوم الهندسية باللغة العربية مؤكدين ضرورة كتابة العلوم والفنون وتدريسها باللغة العربية في جميع مراحل التعليم وتخصصاته. والله من وراء القصد . . . والصلاة والسلام على رسولنا ونبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

المؤلفون

المحتويات

صفحة

مقدمة المؤلفين . . . . . هـ

الفصل الأول: نبذة تاريخية عن الذرة والطاقة النووية

(١-١) مقدمة ١

(١-٢) اكتشاف الإلكترون ٣

(١-٣) نموذج الذرة ٤

(١-٤) اكتشاف النشاط الإشعاعي ٦

(١-٥) اكتشاف الجسيمات الأولية ٧

(١-٦) اكتشاف الطاقة النووية ٩

(١-٧) تاريخ السلاح النووي ١١

(١-٨) تاريخ البرنامج النووي الإسرائيلي ١٥

(١-٩) حصار البرنامج النووي الإسلامي ١٨

(١-١٠) الاستخدام السلمي للطاقة النووية ١٩

(١-١١) المحطات النووية ٢٣

(١-١٢) تمارين ٢٥

الفصل الثاني: مقدمة في الفيزياء النووية

(٢-١) مقدمة ٢٧
(٢-٢) الذرة وتركيبها ٢٨
(٢-٣) الطاقة والكتلة ٣٦
(٢-٤) طاقة الترابط النووي ٤٥
(٢-٥) نموذج بوهر لذرة الهيدروجين ٥٢
(٢-٦) الأشعة الكهرومغناطيسية ٦٠
(٢-٧) توليد الأشعة السينية ٦٣
(٢-٨) النظرية المعيارية وتوحيد القوى الأساسية ٦٥
(٢-٩) الجسيمات الأولية المكونة للمادة ٦٧
(٢-١٠) تطبيقات الفيزياء النووية ٧١
(٢-١٢) تمارين ٧٣

الفصل الثالث: النشاط الإشعاعي

(٣-١) مقدمة ٧٥
(٣-٢) النشاط الإشعاعي ٧٦
(٣-٣) تفكك ألفا ٨١
(٣-٤) تفكك بيتا ٨٤
(٣-٥) أسر الإلكترون ٨٩
(٣-٦) أمثلة محلولة ٩١
(٣-٧) تفكك جاما ٩٢
(٣-٨) التحول الداخلي ٩٣

(٣-٩) الانتقال المتشابه ٩٥
(٣-١٠) الاستقرار النووي ٩٦
(٣-١١) النشاط الإشعاعي الطبيعي ٩٨
(٣-١٢) تفكك السلاسل المشعة ١٠١
(٣-١٣) تمارين ١٠٦
الفصل الرابع: تقنيات وتطبيقات النظائر المشعة
(٤-١) مقدمة ١٠٩
(٤-٢) إنتاج النظائر المشعة ١١١
(٤-٣) تشعيع العينات ١١٤
(٤-٤) أهم التطبيقات للنظائر المشعة ١١٩
(٤-٥) التحليل بالتنشيط النيوتروني ١٢١
(٤-٦) تقنية التطفير ١٢٢
(٤-٧) تقنية التصوير الإشعاعي ١٢٣
(٤-٨) تحسين صفات المواد بالتشعيع ١٢٣
(٤-٩) استخدام الأشعة في التعقيم ١٢٤
(٤-١٠) تقدير عمر الآثار والصخور ١٢٧
(٤-١١) تقنية اقتفاء الأثر ١٣١
(٤-١٢) تقدير أعمار المياه الجوفية ١٣٤
(٤-١٣) تقنية القياس ١٣٦
(٤-١٤) الاستخدام المباشر للنظائر المشعة ١٣٧
(٤-١٥) البطاريات النووية ١٣٨
(٤-١٦) تمارين ١٤٠

الفصل الخامس: الأشعة المؤينة وتفاعلها مع المادة

(٥–١) مقدمة . . . . . ١٤٣.
(٥–٢) تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية المؤينة مع المادة . . . . . ١٤٤.
(٥–٣) المقطع العرضي الكلي لتفاعل أشعة جاما مع المواد . . . . . ١٦٤.
(٥–٤) تفاعل النيوترونات مع المادة . . . . . ١٦٦.
(٥–٥) تفاعل الإلكترونات مع المادة . . . . . ١٧٢.
(٥–٦) تفاعل الجسيمات الثقيلة المشحونة مع المادة . . . . . ١٧٥.
(٥–٧) تمارين ١٧٩

الفصل السادس: الدروع الإشعاعية

(٦–١) مقدمة . . . . . ١٨١.
(٦–٢) أنواع المصادر المشعة التي يجب عزلها . . . . . ١٨٣.
(٦–٣) أسس تصميم الدروع الواقية . . . . . ١٨٣.
(٦–٤) التلف الإشعاعي (radiation damage) . . . . . ١٨٤.
(٦–٥) الطرق الحسابية لتصميم الحواجز والدروع الواقية . . . . . ١٨٥.
(٦–٦) مصدر الأشعة النقطي (point source) . . . . . ١٩١.
(٦–٧) أنواع الدروع الواقية من الإشعاع . . . . . ١٩٤.
(٦–٨) التدابير الواقية اللازمة . . . . . ١٩٩.
(٦–٩) تمارين ٢٠٠

الفصل السابع: أجهزة قياس الأشعة المؤينة

(٧–١) مقدمة . . . . . ٢٠٣.
(٧–٢) أجهزة القياس الإشعاعي . . . . . ٢٠٥.

(٧–٣) الكاشفات الغازية ٢٠٦
(٧–٤) دوائر القياس في الكاشفات الغازية ٢٠٨
(٧–٥) استخدامات الكاشفات الغازية ٢٢١
(٧–٦) الكاشفات الوميضية ٢٢٤
(٧–٧) استخدامات الكاشفات الوميضية ٢٣٠
(٧–٨) الكاشفات شبه الموصلة ٢٣١
(٧–٩) مميزات الكاشفات شبه الموصلة ٢٤٢
(٧–١٠) الكاشفات الحروضوئية ٢٤٣
(٧–١١) استخدامات الكاشفات الحروضوئية ٢٤٦
(٧–١٢) تمارين ٢٤٧

الفصل الثامن: الجرعات الإشعاعية وطرق القياس

(٨–١) مقدمة ٢٥١
(٨–٢) الكميات الفيزيائية ٢٥٢
(٨–٣) كميات الجرعة الإشعاعية ٢٥٦
(٨–٤) تحديد الجرعات الإشعاعية ٢٥٩
(٨–٥) المسح الإشعاعي وقياس الجرعة ٢٦٧
(٨–٦) قياس الجرعة الشخصية ٢٦٩
(٨–٧) معايرة أجهزة قياس الجرعة ٢٧٤
(٨–٨) العلاقة بين الكميات الإشعاعية ٢٧٦
(٨–٩) تمارين ٢٧٧

الفصل التاسع: التأثيرات البيولوجية للإشعاع وأسس الوقاية

(٩–١) مقدمة ٢٨١
(٩–٢) تعرض الكائن الحي للإشعاعات ٢٨٢
(٩–٣) تفاعل الإشعاعات مع الخلية الحية ٢٨٥
(٩–٤) التأثيرات البيولوجية للإشعاع ٢٨٧
(٩–٥) عوامل التأثيرات البيولوجية للإشعاع ٢٩٢
(٩–٦) الجرعة الإشعاعية الممتصة ٢٩٧
(٩–٧) الجرعة المكافئة ٢٩٨
(٩–٨) الجرعة الفعّالة ٣٠٠
(٩–٩) أسس الوقاية من الإشعاع ٣٠٤
(٩–١٠) النظام العام للوقاية من الإشعاع ٣٠٨
(٩–١١) تمارين ٣١٠

الفصل العاشر: الجرعة الإشعاعية المجهرية (Microdosimetry)

(١٠–١) مقدمة ٣١٣
(١٠–٢) تعريف الكميات الخاصة ٣١٤
(١٠–٣) حسابات محاكاة القياسات ٣١٧
(١٠–٤) قياسات الجرعة الإشعاعية المجهرية ٣١٩
(١٠–٥) أطياف الجرعة الإشعاعية المجهرية ٣٢٥
(١٠–٦) قياس التأثير البيولوجي النسبي الفعال ٣٣٤
(١٠–٧) تمارين ٣٣٧

الفصل الحادي عشر: المفاعلات النووية الانشطارية

(١١-١) مقدمة ٣٣٩
(١١-٢) المواد الانشطارية والمواد الخصبة ٣٤٠
(١١-٣) الانشطار النووي والتفاعل المتسلسل ٣٤٢
(١١-٤) دورة النيوترونات في التفاعل الانشطاري ٣٤٥
(١١-٥) معامل التضاعف (K) ٣٤٧
(١١-٦) مكونات المفاعل النووي ٣٥٨
(١١-٧) أنواع المفاعلات النووية الانشطارية ٣٦٢
(١١-٨) عوامل الأمان في المفاعلات النووية ٣٧٠
(١١-٩) حوادث المفاعلات النووية ٣٧٤
(١١-١٠) تمارين ٣٧٧

الفصل الثاني عشر: المحطات النووية والنفايات المشعة

(١٢-١) مقدمة ٣٧٩
(١٢-٢) أنواع المحطات النووية ٣٨١
(١٢-٣) تصنيف النفايات المشعة ٣٩٧
(١٢-٤) التخلص من النفايات المشعة ٣٩٩
(١٢-٥) الاتجاه العالمي الحالي للتخلص من النفايات ٤٠٣
(١٢-٦) تمارين ٤٠٦

الملاحق

ملحق (١): قائمة أسماء ورموز العناصر مرتبة حسب أعدادها الذرية... ٤٠٧
ملحق (٢): تفكك السلاسل الطبيعية المشعة ٤١٢

ملحق (٣): جداول التوهين والإمتصاص الكتلي لأشعة جاما . ٤١٣
ملحق (٤): أهم خصائص النظائر المستقرة والنظائر المشعة . . . ٤١٥.
ملحق (٥): بعض الثوابت الفيزيائية بوحدات النظام العالمي(S.I) . ٤٣١.

المراجع

أولاً: المراجع العربية . . . . . ٤٣٣.
ثانياً: المراجع الأجنبية . . . . . ٤٣٥.

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي– إنجليزي . . . . . ٤٣٧.
ثانياً: إنجليزي –عربي . . . . . ٤٥٢.

كشاف الموضوعات . . . . . ٤٦٧.