الفيزياء الذرّية

أ. د. عبد الفتاح إبراهيم هلال
مركز البحوث النووية
الطاقة النووية المصرية
القاهرة

د. خير الدين علي الكماخي
قسم الفيزياء والرياضيات
كلية التربية - جامعة الملك عبد العزيز
المدينة المنورة

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب ١٥٤٠ - جدة ٢١٤٤١
المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤١٥هـ (١٩٩٤م)

جميع حقوق الطبع محفوظة . غير مسموح بطبع أى جزء من أجزاء هذا الكتاب ، أو خزنه في أى نظام لخزن المعلومات واسترجاعها ، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة ، سواء كانت إلكترونية ، أو شرائط ممغنطة ، أم ميكانيكية ، أو استنساخاً ، أم تسجيلاً ، أم غيرها إلا بإذن كتابي من صاحب حق الطبع .

الطبعة الأولى : ١٤١٥هـ (١٩٩٤م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية
هلال،عبد الفتاح إبراهيم
الفيزياء الذرية / عبد الفتاح إبراهيم هلال ، خالد علي كاخي .
... ص ، .. سم
ردمك ٣ - ٠٢٣ - ٠٦ - ٩٩٦٠
١ - الفيزياء الإشعاعية ٢ - الفيزياء الذرية
أ - كاخي ، خالد علي (م . مشارك) ب - العنوان
ديوي ٥٣٩٠٧ ١٥/٠١٦٣

رقم الإيداع : ١٥/٠١٦٣
ردمك : ٣ - ٠٢٣ - ٠٦ - ٩٩٦٠

تقـــديم

الحمد لله العليم بكل شيء والذي وَفقنا إلى إخراج هذا الكتاب الذي وُضع ليكون أحد الكتب العربية لمقرر الفيزياء الذرية . والذي يَدرسه عادة الطلاب من المستوى الثالث فأكثر من دارسي الفيزياء في الجامعات العربية . ويُركز الكتاب على الأسس النظرية والتجريبية التي تساعد على استنباط التركيب الذري وتَفهُم الطيف الذري ، والعوامل التي تؤثر في ظهوره .

وقد قُسّمت مادة الكتاب إلى ستة أبواب حيث تم استعراض فكرة البحث عن أصل المادة وتاريخ المعرفة الذرية في الباب الأول .

ويهتم الباب الثاني بإبراز التصرف المزدوج للجسيمات والموجات حيث إن بعض الجسيمات الدقيقة مثل الالكترونات والبروتونات والنيترونات ... (الخ) ، تُظهر صفاتاً موجيةً عند ظروف معينة ، كما أن بعض الموجات تسلك طريقاً جسيمياً فتحمل صفاتاً جسيمية ، وهو ما نسميه بالخاصة الازدواجية للموجات الجسيمية والجسيمات الموجية . وقد خُصص فصلان من الباب الثاني لإيضاح ، مع شيءٍ من التفصيل ، بعض النظريات والقوانين وبعض الظواهر الطبيعية والتجارب المعملية التي في جملتها تؤيد الخاصة الازدواجية . اشتمل الفصل الأول على الخاصة الازدواجية للموجات الجسيمية حيث تمت مناقشة ماهية الفوتون وإشعاع الجسم الأسود وظاهرة الانبعاث الكهروضوئي والأشعة السينية وخصائصها مع ابراز لنوعية الأطياف الناتجة من الأشعة السينية و ظاهرة كُمتُن ، كما تمَّت مناقشة ظاهرتي الانتاج والفناء الزوجي . وقد إشتمل الفصل الثاني على الخواص الموجية للجسيم حيث تمَّت مناقشة فروض دي بروي ، وكذلك خواص موجة دى بروي مع وصفٍ وشرح لمعنى الدالة الموجية ومبدأ الرِّيبة (اللايقينية) لهيزنبرج .

يهتم الباب الثالث بالنماذج الذرية حيث تم استعراض نموذج طومسون الذري ، ثم نموذج راذرفورد ، ونموذج بوهر الذي استخدم مفهومه لحساب مستويات الطاقة وطيف ذرة الهيدروجين ، وبعض الظواهر الأخرى . كذلك تم استعراض طُرق التحقيق العملي لوجود مستويات الطاقة ، وخاصة تجربة فرانك وهيرتز . وأخيرًا تم التعرض لكيفية قصور نظريات الكَم القديمة ، مثل نظريتي بوهر وسومرفيلد لتفسير بعض الظواهر ، وفي نهاية الباب تم شرح طريقة تعيين الشحنة بالنسبة لكتلة الالكترون ، وطريقة تعيين شحنة الالكترون ، وشرحٌ للتخيل الحديث للتركيب الذري .

في الباب الرابع يتم استنتاج معادلة شرودنجر الموجية ، مع شرحٍ مُبسط لفروض ميكانيكا الكم وتطبيقاتها البسيطة لنماذج حركة جسيم بدون حدود ، وفي حدود معينة ، كذلك في صندوقٍ ذي المحاور الثلاثة المعروفة .

أما الباب الخامس فيهتم بتطبيق مبادئ الكم ومعادلة شرودنجر على ذرة الهيدروجين بطريقة تدريجية حتى نصل إلى مفهوم الأعداد الكَمية .

تتم في الباب السادس والأخير مناقشة القواعد المختلفة للبناء والتركيب الالكتروني للذرات ومفهومها العام في الجدول الدوري ، ونتائج آثار هذا التركيب الالكتروني للذرات في ظهور الطيف للذرات أحادية التكافؤ مثل الهيدروجين والصوديوم ، وثنائية التكافؤ مثل ذرات الهيليوم والكالسيوم والزئبق . وقد تمت مناقشة الأطياف الخطية والتركيب الدقيق للأشعة السينية بالمفهوم الحديث للبناء الالكتروني للذرات ، وأخيرًا تأثير المجال المغنطيسي على الطيف .

ونود الاشارة إلى أننا في إعدادنا لهذا الكتاب أبرزنا المصطلحات والمرادفات باللغة الانجليزية ، وكذلك استخدمنا الرموز اللاتينية والأرقام العربية وذلك لتجنب اللبس الذي قد يحدث للقارئ عند قراءته لكتاب في نفس المجال بلغة غير عربية .

وقد ذكرنا في نهاية كل باب كثير من الأمثلة المحلولة ، إضافة إلى ما بداخل كل باب من أمثلة ، وذلك ليستطيع القارئ أن يلمس التطبيق الفعلي لما يدرسه من مفاهيم وأسس نظرية .

كما أرفقنا في نهاية كل باب أيضا الأختبارات العديدة التي توضح مدى عمق تفهم القارئ للمفاهيم العلمية الموجودة .

نأمل أن نكون بمجهودنا هذا قد خطونا خطوة موفقة نحو خدمة الطالب العربي ، وأن نكون قد حاولنا تقديم مساهمة متواضعة لخدمة المجتمع العلمي العربي .

تقديم

والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد عليه أفضل الصلاة والتسليم وأن آخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين .

المؤلفـــان

المحتويات

الصفحة

تقديم ..... هـ

الباب الأول : مقدمة تاريخية ٣

الباب الثاني : الخاصة الأزدواجية للموجات والجسيمات ١١

أولاً: الخاصة الأزدواجية للموجات الجسيمية ١٥

(٢,١) الخواص الجسيمية للموجة ١٥

(٢,٢) الموجات الكهرومغنطيسية ٢٠

(٢,٣) الأشعة السينية ٣٠

(٢,٤) تمارين محلولة ٥٧

(٢,٥) مراجعة ٦٣

ثانياً : الخاصة الأزدواجية للجسيمات الموجية ٦٥

(٢,٦) فرض دي بروي ٦٧

(٢,٧) طول موجة دي بروي المصاحبة للجسيمات ٦٨

(٢,٨) حيود الإلكترونات ٧٠

(٢,٩) العلاقة بين سرعة الجسيم المتحرك وسرعة موجات دي بروي ٧٣

(٢,١٠) سرعة الجسيم وسرعة موجة دي بروي وعلاقتهما بسرعة الحزمة الموجية ٧٦

(٢,١١) الدالة الموجية ٧٨

(٢,١٢) التفسير الاحصائي للدالة الموجية ٨٠

(٢,١٣) مبدأ الريبة لهيزنبرج ٨١

(٢,١٤) تمارين محلولة ٨٥

(٢,١٥) مراجعة ٨٨

الباب الثالث : التركيب الذري ٩١
(٣,١) نموذج طومسون الذري ٩٣
(٣,٢) نموذج راذرفورد ٩٤
(٣,٣) الطيف الذري ١٠٣
(٣,٤) نموذج ذرة بوهر ١٠٤
(٣,٥) التحقق العملي لوجود مستويات الطاقة ١٢٢
(٣,٦) مبدأ التناظر ١٢٩
(٣,٧) نموذج بوهر – سومرفيلد ١٣٢
(٣,٨) قصور نظريات الكم القديمة ١٣٦
(٣,٩) التركيب الذري ١٣٦
(٣,١٠) الذرة الميزونية ١٤٢
(٣,١١) تمارين محلولة ١٤٣
(٣,١٢) مراجعة ١٤٨

الباب الرابع : معادلة شرودنجر الموجية وبعض تطبيقاتها البسيطة ١٥١
(٤,١) المعادلة الموجية الكلاسيكية ١٥٣
(٤,٢) معادلة شرودنجر ١٥٥
(٤,٣) فروض ميكانيكا الكم ١٥٧
(٤,٤) المعنى الفيزيائي للدوال المميزة المصاحبة للجسيمات ١٦٣
(٤,٥) القيم المتوقعة ١٦٤
(٤,٦) الحل العام لمعادلة شرودنجر غير المعتمدة على الزمن ١٦٧
(٤,٧) تطبيقات على معادلة شرودنجر ١٦٩
(٤,٨) تمارين محلولة ١٨٤
(٤,٩) مراجعة ١٨٦

الباب الخامس : النظرية الكمية لذرة الهيدروجين ١٨٩
(٥,١) الاحداثيات القطبية الكروية ١٩١

(٥,٢) معادلة شرودنجر بدلالة الاحداثيات القطبية الكروية ١٩٢
(٥,٣) فصل المتغيرات في معادلة شرودنجر في الاحداثيات القطبية ١٩٤
(٥,٤) العدد الذري المداري ١٩٦
(٥,٥) طاقة المستوى الأرضي ١٩٨
(٥,٦) عدد الكم المغنطيسي المداري ٢٠٢
(٥,٧) درور الإلكترون ٢٠٦
(٥,٨) كمية التحرك الزاوية الكلية لالكترون ٢٠٩
(٥,٩) كمية التحرك الزاوية الكلية لعدة الكترونات ٢١٤
(٥,١٠) تمارين محلولة ٢١٨
(٥,١١) مراجعة ٢٢٠

الباب السادس : التركيب الالكتروني والطيف الذري ٢٢٣
(٦,١) الاعداد الكلية ومدلولاتها ٢٢٥
(٦,٢) قاعدة باولي للاستبعاد ٢٢٧
(٦,٣) قاعدة هوند ٢٢٨
(٦,٤) النظرية الالكترونية للتكافؤ ٢٣٠
(٦,٥) الجدول الدوري للعناصر ٢٣٢
(٦,٦) المستويات المثارة للذرة ٢٣٦
(٦,٧) السلاسل الطيفية ٢٣٩
(٦,٨) الرموز الطيفية ٢٤٠
(٦,٩) قواعد الاختيار ٢٤٢
(٦,١٠) طيف الذرات أحادية التكافؤ ٢٤٣
(٦,١١) طيف الذرات ثنائية الالكترون ٢٥٠
(٦,١٢) طيف الأشعة السينية ٢٥٩
(٦,١٣) تأثير المجال المغنطيسي على الطيف ٢٧١
(٦,١٤) تمارين محلولة ٢٨٣
(٦,١٥) مراجعة ٢٨٨

الملاحق :

ملحق (١) : بعض الرموز الشائعة الاستعمال ٢٩٣

ملحق (٢) بعض الثوابت المختارة بوحدات SI ٢٩٤

ملحق (٣) اختصارات المضاعفات والكسور ٢٩٤

ملحق (٤) تحويلات مفيدة ٢٩٤

ملحق (٥) بعض الجسيمات الأولية ٢٩٥

ملحق (٦) إجابات المراجعة ٢٩٥

ثبت المصطلحات :

أولاً : عربي – انجليزي ٢٩٩

ثانياً : انجليزي – عربي ٣٠٤