جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل _ كلية العلوم
قسم الفيزياء

دراسة ارتباط البرم والمدار وعلاقته بالنوى

مشروع بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم _ قسم الفيزياء
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم الفيزياء

من قبل الطالبة

امنه علي صاحب تويلي

بأشراف

أ. د. خالد حسين هاتف

١٤٤٥هـ ٢٠٢٤م

Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon
College of Science
physics department
Fourth stage

Study of the relationship between spin and orbit and its relationship to nuclei

A research project submitted to the Council of the College of Science – Department of Physics
As part of the requirements for obtaining a Bachelor's degree in Physics

student name

Amna Ali Sahib Twili

Supervisor

Prof. Dr.

Khalid Hussein Hatif

A.H 1445 A.D 2024

بسم الله الرحمن الرحيم

{ هُوَ الَّذِي أَنزَلَ عَلَيْكَ الْكِتَابَ مِنْهُ آيَاتٌ مُّحْكَمَاتٌ هُنَّ أُمُّ الْكِتَابِ وَأُخَرُ مُتَشَابِهَاتٌ فَأَمَّا الَّذِينَ فِي قُلُوبِهِمْ زَيْغٌ فَيَتَّبِعُونَ مَا تَشَابَهَ مِنْهُ ابْتِغَاءَ الْفِتْنَةِ وَابْتِغَاءَ تَأْوِيلِهِ وَمَا يَعْلَمُ تَأْوِيلَهُ إِلَّا اللَّهُ وَالرَّاسِخُونَ فِي الْعِلْمِ يَقُولُونَ آمَنَّا بِهِ كُلٌّ مِّنْ عِندِ رَبِّنَا وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ }

صدق الله العلي العظيم

(سورة آل عمران ، الآية : ٧)

اقرار المشرف

أشهد إن إعداد البحث الموسوم بعنوان **{{ دراسة ارتباط البرم والمدار وعلاقته بالنوى }}** ، من قبل الطالبة **(امنه علي صاحب تويلي)** قد جرى تحت اشرافي في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء .

التوقيع :-

المشرف :- **أ. د. خالد حسين هاتف**

المرتبة العلمية :- **استاذ**

التاريخ :- **/ / ٢٠٢٤**

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءاً على التوصيات المتوفرة ارشح هذا البحث للمناقشة

التوقيع :-

اسم رئيس القسم الفيزياء :- **أ. د. سميرة عدنان مهدي**

المرتبة العلمية :- **أستاذ**

التاريخ :- **/ / ٢٠٢٤**

بعد سنين من المشوار الدراسي ها نحن نعانق نهاية المطاف لم يكن الامر سهلا كان دائما مكللا بخطوات الصعاب والعثرات الا انها لم تزدنا الا اصرارا

الى من كلله الله بالهيبة والوقار

الى من علمني العطاء بدون انتظار

الى من احمل اسمه بكل افتخار ... والدي العزيز

الى ملاكي في الحياة

الى معنى الحنان والتفاني

الى بسمة الحياة وسر الوجود ... والدتي الغالية

لم نكن نصل ما وصلنا اليه لولا دعم احبتنا

شكرا لأساتذتنا لولاكم ما كنا ما نحن عليه الان

الباحثة

الشكر والعرفان

لا يسعنا بعد الانتهاء من إعداد هذا البحث إلا أن أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى

استاذي المحترم

الدكتور خالد حسين

الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث ، حيث قدم لي كل النصح والإرشاد طيلة فترة الإعداد فله مني كل الشكر والتقدير .

كما لا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى كل دكاترة

قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل .

لهم مني كل الشكر و التقدير .

الباحثة

الخلاصة

المدار الدوراني هو تفاعل بين الحركة المدارية للإلكترون ودورانه حول نفسه ، مما يؤدي إلى تغيرات في مستويات الطاقة التي لها تأثير كبير على الخواص الفيزيائية والكيميائية للذرة يمكن حساب ثابت اقتران مدار الدوران الذي يمثل قوة اقتران مدار الدوران ، من خلال النظر في عوامل مثل المسافة الشعاعية للإلكترون ، من النواة والعدد الذري ، وأرقام الكم الإلكترونية ، والإمكانات التي يتحرك فيها الإلكترون أكثر من مجرد مفهوم نظري وله تطبيقات عملية في مجالات مثل التحليل الطيفي والمغناطيسية وآليات Spin Orbit Coupling يعد التفاعل . يمكن أن يؤثر على الأطياف الذرية ، ويسبب انقسامًا مغناطيسيا لمستويات الطاقة (كم) يظهر في (تأثير زيمان) ويؤثر على التقاطع الأنظمة في الكيمياء الضوئية بين يمكن ملاحظة وجود اقتران مدار الدوران في تجارب مثل التحليل اللوني لعناصر المعادن الثقيلة وفي المحاكاة الحسابية للخصائص الذرية والجزيئية يمكن إرجاع سبب اقتران المدار الدوراني إلى السمتين الأساسيتين لديناميات الإلكترون : دوران الإلكترون وحركته المدارية ويتأثر أيضًا بالتأثيرات النسبية والمسافة الشعاعية للإلكترون من النواة .

Conclusion

A spin orbit is an interaction between the orbital motion of an electron and its rotation around itself, which results in changes in energy levels that have a significant impact on Physical and chemical properties of the atom The spin-orbit coupling constant, which represents the strength of spin-orbit coupling, can be calculated by considering factors such as the radial distance of the electron, from the nucleus, atomic number, electronic quantum numbers, and the potential at which the electron moves. It is more than just a theoretical concept and has practical applications in Areas such as spectroscopy, magnetism, and Spin Orbit Coupling mechanisms are the interaction... It can affect atomic spectra, cause magnetic splitting of energy levels (how much) appears in (the Zeeman effect) and affect the intersection of systems in photochemistry between them. The presence of spin-orbit coupling can be observed in experiments such as chromatography of heavy metal elements and in computational simulations of atomic and molecular properties. The reason for the spin-orbit coupling is attributed to the two basic features of electron dynamics: the electron's rotation and its orbital motion, and it is also affected by relativistic effects and the radial distance of the electron from the nucleus.

جدول المحتويات

ت	العنوان	الصفحة
	الخلاصة .	
الفصل الاول : مقدمة عامة		
١-١	المقدمة .	١
١-٢	الهدف من البحث	٢
الفصل الثاني		
٢-١	النوى	٤
٢-٢	بنية نواة الذرة	٥
٢-٣	قوى الارتباط النوى	٨
٢-٤	الدوران في النوى	٩
٢-٥	البرم والمدار الدوراني	١١
٢-٦	الحساب التفصيلي لثابث اقتران مدار الدوران	١١
٢-٧	أسباب اقتران مدار الدوران	١٣
	المصادر	١٤-١٦

الفصل الاول
مقدمة عامة

الفصل الاول

١-١ مقدمة عامة

إن دوران الأجسام الكمومية له تاريخ طويل ومتميز في الفيزياء. في عام ١٩١٢، كان العالم الدنماركي نيلز بيروم أول من أدرك أن دوران الجزيئات كمي. في عام ١٩٣٨، لاحظ إدوارد تيلر وجون ويلر سمات متشابهة في أطياف النوى المثارة، واقترحا أن السبب في ذلك هو دوران النواة. ولكن كان لا بد من انتظار تفسير أكثر اكتمالًا حتى عام ١٩٥١، عندما أشار آجي بور (ابن نيلز) إلى أن الدوران كان نتيجة لتشوه النواة عن شكلها الكروي. نحن ندين بالكثير من فهمنا الحالي للدوران النووي إلى عمل بور وبن موتيلسون، اللذين تقاسما جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٧٥ مع جيمس رينوتر لتطوير نموذج للنواة يجمع بين الحركات الفردية والجماعية للنيوترونات والبروتونات في الداخل. النواة. [١]

ما الذي يجعل من الممكن للنواة أن تدور؟ ميكانيكا الكم، لا يمكن للكرة المثالية أن تدور لأنها تبدو كما هي عند النظر إليها من أي اتجاه، ولا توجد نقطة مرجعية يمكن من خلالها اكتشاف تغير موضعها. لرؤية الدوران، يجب كسر التناظر الكروي للسماح بتحديد الاتجاه في الفضاء. على سبيل المثال، يمكن للجزيء ثنائي الذرة، الذي له شكل الدمبل، أن يدور حول محورين متعامدين مع محور التماثل. [٢]

تؤدي المعالجة الميكانيكية الكمومية لجزيء ثنائي الذرة إلى علاقة بسيطة جدًا بين الطاقة الدورانية، E ، والزخم الزاوي. وُجد أن هذه الطاقة تتناسب مع $J (J + 1)$ ، حيث J هو الرقم الكمي للزخم الزاوي. يمتلك الجزيء أيضًا عزمًا مغناطيسيًا يتناسب مع J . [٣]

يمكن تطبيق هذه المفاهيم على النواة الذرية. إذا أصبح توزيع الكتلة و/أو الشحنة داخل النواة غير كروي، فستكون النواة قادرة على الدوران. يُطلق على الدوران اسم "الجماعي" لأن العديد من النيوكليونات (البروتونات والنيوترونات) متورطة. تتبع هذه النيوكليونات مدارات محددة جيدًا داخل النواة، تمامًا مثل الإلكترونات الموجودة في الذرة. ويرتبط استقرار نواة معينة ارتباطًا وثيقًا بطاقة هذه المدارات. تؤدي التغييرات الصغيرة في المحاذاة المكانية لهذه المدارات إلى تغيرات في الزخم الزاوي (أو الدوران) للنواة. مثل الجزيئات، تتمتع النوى بعزم مغناطيسي يتناسب مع زخمها الزاوي لتكوين ثابت من النيوكليونات.

في عالم ميكانيكا الكم، يشير اقتران المدار المغزلي إلى تفاعل دوران الإلكترون مع حركته. بكل بساطة، إنه التشابك بين الزخم الزاوي المتأصل للإلكترون (السبين) والزخم الزاوي الناتج عن الدوران حول النواة. [٤]

إن فهم نتائج هذا التفاعل، لا سيما في الذرات الثقيلة، سيمكنك من كشف الظواهر التي لا تستطيع الفيزياء الكلاسيكية تفسيرها بدون هذا المفهوم المبتكر. هنا، ستجد أنه من المفيد للغاية أن تتذكر عند التعامل مع Spin Orbit Coupling، فإن امتلاك مهارات رياضية قوية يعد أحد الأصول. التعبير الذي يحدد هذا المفهوم هو:

H_{SO}هو المدار الدوراني هاميلتوني.

$$H_{SO} = \xi(r) \cdot \boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{S}$$

$\boldsymbol{L}$ هو الزخم الزاوي المداري للإلكترون .

$\boldsymbol{S}$ هي كمية متجهة تمثل دوران الإلكترون .

$\xi(r)$ وهو ثابت اقتران المدار الدوراني الذي يعتمد على مسافة الإلكترون من النواة (r). [٥]

١-٢ الهدف من البحث

من خلال البحث يتم التعرف على :

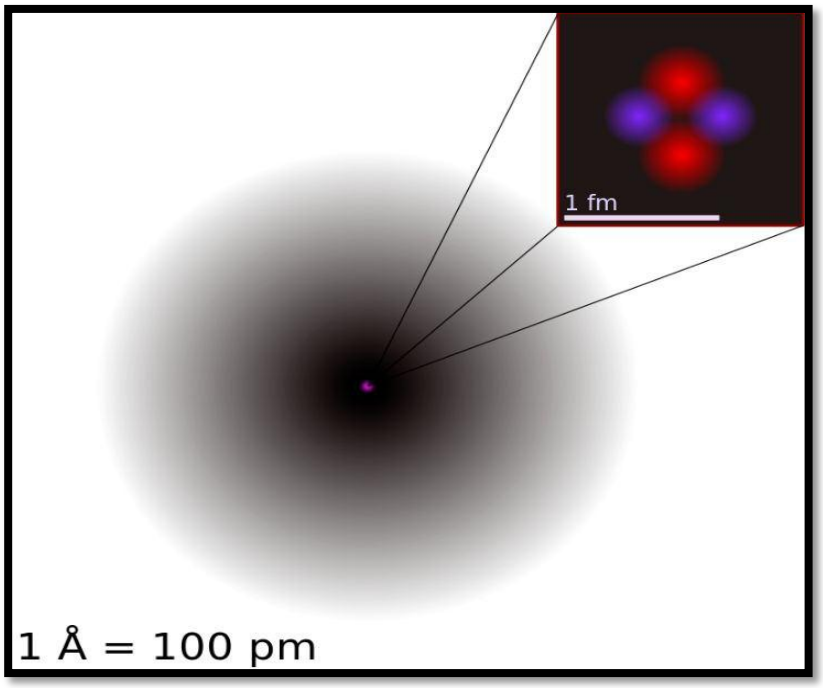
- النوى وبنية النواة الذرة .
- قوة الارتباط والدوران في النوى
- والمدار الدوراني والحساب التفصيلي لثابث اقتران الدوران المداري .
- اسباب اقتران المدار الدوراني .

الفصل الثاني

الفصل الثاني

٢-١ النوى

النواة (جمعها: نَوَيات أو نَوَىً) هي الجزء المركزي من الذرة الذي تتكثف فيه كتلة الذرة وتتكون معظم كتلتها من البروتونات موجبة الشحنة والنيوترونات المتعادلة الشحنة لتكون النواة بالمحصلة موجبة الشحنة، وشحنة البروتونات الموجبة عددياً تساوي شحنة الألكترونات السالبة لذلك تكون الذرة متعادلة كهربياً. وهي أطروحة تفسير بنية الذرة على شكل نواة موجبة الشحنة تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة تعود لنتائج تجربة رذرفورد في عام ١٩١١، وهو التفسير الذي هدم التصور السابق لبنية الذرة على أنها توزيع متوازن نسبيا للكلتة. تجمع مكونات النواة طاقة كبيرة جدا وهي قوى الترابط النووى وهي أكبر قوى نعرفها بين الجسيمات الأولية ولكن تأثيرها يكون على مسافة صغيرة جدا في حدود قطر النواة. [٦]



الشكل (٢-١)تمثيل لشكل ذرة الهيليوم-٤. النواة تحتوي على بروتونين باللون الأحمر ونيوترونين بالأزرق. ويحيطها غلاف مكون من ٢ إلكترونات يشغلان الغلاف $2s$ (سحابة رمادية اللون). [٧]

يتراوح نصف قطر النواة بين ١.٧٥ fm (فيمتومتر) (١.٧٥×١٠$^{-١٥}$ م) للهيدروجين (أي نصف قطر بروتون وحيد) إلى حوالي ١٥ فيمتومتر للذرات الأكبر كتلة كاليورانيوم. هذه الأبعاد أصغر بكثير جدا من قطر الذرة نفسها (النواة والإلكترونات) فهي أصغر بحوالي ٢٣ ألف مرة لليورانيوم و١٤٥ ألف مرة للهيدروجين. [٨]

يسمى الفرع من الفيزياء المهتم بدراسة وفهم نواة الذرة بما فيه تركيبها والقوى العاملة فيها بالفيزياء الذرية.

٢-٢ بنية نواة الذرة

عند حساب مجموع كتل البروتونات وكتل النيوترونات المنفردة الحرة، ومجموع كتلتها مترابطة داخل النواة نجد أنها تكون أكبر من كتلة النواة ذاتها؛ وهذا يعزى إلى أن جزء من الكتلة تحول إلى طاقة تساعد في ربط مكونات النواة وهي طاقة الترابط النووى. ويسمى الفرق بين مجموع كتل البروتونات والنيوترونات منفردة وكتلتها في النواة ب نقص الكتلة. ونقص الكتلة هذا يعادل طاقة الارتباط طبقا لمعادلة أينشتاين لتكافؤ الكتلة والطاقة. [٩]

النواة هي مركز الذرة . تتكون النويات من بروتونات، ونيوترونات. عدد البورتونات في نواة الذرة يطلق عليه العدد الذري، ويحدد أي عنصر له هذه الذرة. فمثلاً النواة التي بها بروتون واحد (أي النواة الوحيدة التي يمكن أن لا يكون بها نيوترونات) من مكونات ذرة الهيدروجين، والتي بها ٦ بروتونات، ترجع للعنصر كربون، أو التي بها ٨ بروتونات أكسجين. يحدد عدد النيورتونات نظائر العنصر. عدد النيوترونات والبروتونات متناسب، وفي النويات الصغيرة يكونا تقريبا متساويين، بينما يكون في النويات الثقيلة عدد كبير من النيوترونات. والرقمان معا يحددا النيوكليد (أحد أنواع النويات). البروتونات والنيوترونات لهما تقريبا نفس الكتلة، ويكون عدد الكتلة مساويا لمجموعهما معا، والذي يساوي تقريبا الكتلة الذرية. وكتلة الإلكترونات صغيرة بالمقارنة بكتلة النواة. [١٠]

نصف قطر النوكليون (نيترون أو بروتون) يساوي ١ fm (فيمتو متر = ١٠$^{-١٥}$ m). بينما نصف قطر النواة، والذي يمكن أن يكون تقريبا الجذر التربيعي لعدد الكتلة مضروبا في ١.٢ fm، أقل من ٠.٠١% من قطر الذرة. وعلى هذا تكون كثافة النواة أكثر من تريليون (١٠^{١٢}) مرة من الذرة ككل. ويكون لواحد

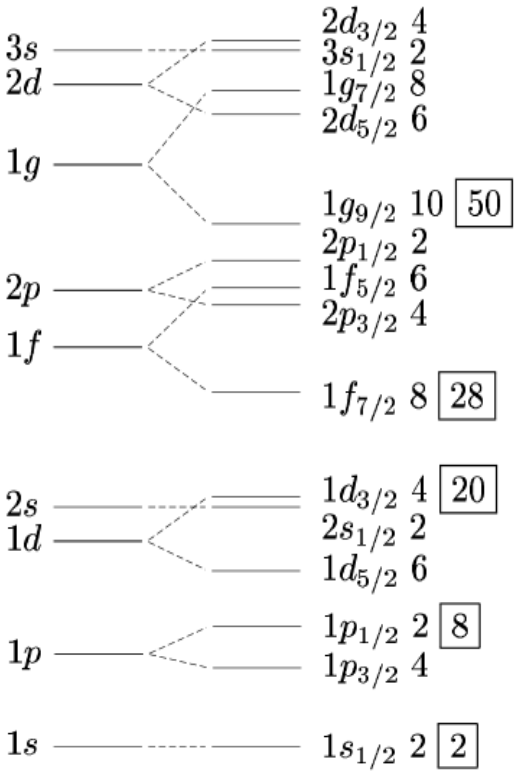
مللي متر مكعب من مادة النواة، لو ضُغط، كتلة تبلغ ٢٠٠,٠٠٠ طن. النجم النيتروني يتكون من مثل هذا التصور.

وبالرغم من أن البروتونات الموجبة الشحنة يحدث بينها وبين بعضها تضاد كهرمغناطيسي، فإن المسافة بين النيوكلونات تكون صغيرة بدرجة كافية لأن يكون التجاذب القوي (والذي تكون أقوى من القوى الكهرمغناطيسية ولكن تقل بشدة مع بعد المسافة) غالب عليها. (وتكون قوى الجاذبية مهملة، لكونها أضعف $١٠^{٣٦}$ من التضاد الكهرمغناطيسي). [١١]

كان اكتشاف الإلكترون أول إشارة على أن الذرة لها بناء داخلي. وهذا البناء كان تصوره المبدئي طبقا «لكعك الزبيب» أو سكل بودنج الخوخ، والذي فيه تكون الإلكترونات الصغيرة، السالبة الشحنة مغمورة في كرة كبيرة تحتوى على الشحنات الموجبة. وقد اكتشف إيرنست رذرفورد وماردسون، في عام ١٩١٢ عند إجراء تجربتهم الشهيرة تجربة رقاقة الذهب، أن جسيمات ألفا من الراديوم كمصدر كانت تتشتت للخلف عند توجيهها على رقاقة الذهب، والذي أدى إلى تقبل نموذج بور، الشكل الكوكبي الذي تدور فيه الإلكترونات حول النواة بنفس الطريقة التي تدور فيها الكواكب حول الشمس.

يمكن للنويات الثقيلة أن تحتوى على مئات من النيوكلونات (النيوترونات والبروتونات)، والذي يعنى أنه ببعض التقريب يمكن معاملتها على أنها ميكانيكا تقليدية، أكثر من كونها ميكانيكا كمية. وفي نموذج القطرة الناتج، تكون النويات لها طاقة ناتجة جزئيا من التوتر السطحي، وجزئيا من التضاد الكهربي للبروتونات. ويستطيع نموذج نقطة السائل إعادة إنتاج ظواهر عديدة للنواة، متضمنة الاتجاه العام لطاقة الترابط بالنسبة إلى عدد الكتلة، وأيضا ظاهرة الانشطار النووي. [١٢]

وعموما، بالنظر لتركيب هذه الصورة التقليدية، فإن تأثيرات ميكانيكا الكم، والتي يمكن أن توصف باستخدام نموذج الغلاف النووي، تم تطويرها كثيرا بمعرفة ماريا غوبرت-ماير. النواة التي لها عدد معين من النيوترونات والبروتونات (الرقم السحري ٢، ٨، ٢٠، ٥٠، ٨٢، ١٢٦.....) كما موضح بالشكل (٢-٢) تكون بالتحديد ثابتة، لأن أغلفتها تكون ممتلئة.



بالشكل (٢-٢) الأعداد السحرية [١٣]

وحيث أن بعض النويات تكون ثابتة أكثر من الأخرى، فإنه يتبع ذلك أن الطاقة يمكن أن تنطلق من التفاعلات النووية. مصدر طاقة الشمس الانصهار النووي، والذي فيه تصطدم نويتين ويتحدا لإنتاج نواة أكبر. العملية العكسية هي الانشطار النووي، والتي تمد المفاعلات النووية بالطاقة. وحيث أن طاقة الترابط لكل نيوكلون هي كحد أقصى للنواة المتوسطة (تقريبا الحديد)، فإن الطاقة تنطلق إما باندماج النويات الخفيفة، أو بانشطار النويات الثقيلة.

العناصر حتى الحديد تتكون في النجوم خلال تسلسل مراحل الانشطار، مثل سلسلة تفاعل بروتون-بروتون ، ودورة CNO، وتفاعل ألفا-الثلاثي. وارتقاء العناصر الأثقل يتكون خلال نشوء النجوم. وحيث أن ذروة طاقة الترابط لكل نيوكلون تكون تقريبا حول الحديد، فإن الطاقة تنتج فقط للعمليات الانشطار تحت هذه النقطة. وتكوين النويات الأثقل يتطلب طاقة، وعلى ذلك فإن غمكانية حدويها خلال انفجارات السوبرنوفا، والتي يتم إطلاق كميا هائلة من الطاقة فيها. [١٤]

التفاعلات النووية تحدث بطريقة طبيعية على الأرض، وفي الواقع هي شائعة الحدوث. وتتضمن إضمحلال ألفا، وإضمحلال بيتا، كما أن النويات الثقيلة مثل اليورانيوم يمكن أن يحدث لها أيضا انشطار. كما أن هناك مثل معروف لانشطار نووي طبيعي، والذي حدث في أوكلو، الجابون، أفريقيا منذ ١.٥ مليار سنة.

وكثير من الأبحاث في الفيزياء النووية تتضمن دراسة النواة تحت الظروف القصوى مثل الدوران وطاقة الإثارة. كما أن النواة يمكن أن يكون لها أشكال غريبة (تشبه كرة قدم أمريكية)، أو نسبة نيوترن إلى بروتون عجيبة. ويمكن للتجارب تصنيع مثل هذه النويات باستخدام الاندماج النووي أو تفعاعلات اصتدام النوكليونات باستخدام شعاع أيوني من معجل جسيمات. [١٥]

الشعاع الذي يكون له طاقة أكبر يمكن أن يستخدم لعمل نواة في درجات الحرارة العالية، وهناك علامات أن هذه التجارب قد أنتجت انتقال حالة من حالة النواة العادية إلى حالة جديدة، بلازما كوارك-جلوين، وفيها تمتزج كواركات مع بعضها البعض. وطبقا لنظرية النموذج العياري ترتبط الكواركات في ثلاثيات لتكوين البروتون والنيوترون.

٢-٣ قوى الارتباط النوى

تتشكل قوى الترابط بين مكونات النواة كجزء من التآثر القوي. يربط التآثر القوي الكواركات التي تكوّن البروتونات والنيوترونات. فالقوى النووية التي تربط بين البروتونات والنيوترونات أضعف بكثير من قوة التآثر القوي.

وتعمل القوة النووية خلال مسافات صغيرة بين البروتونات والنيوترونات ولذلك نسمي ذلك الجسيمين في النواة نوكليون. وتتغلب القوة النووية على التنافر بين البروتونات الحادث داخل النواة بتأثير القوة الكهرومغناطيسية فتبقى النواة متماسكة. ونظرا للقصر الشديد لقوة الارتباط النووية فإنها تتخاذل سريعا مع زيادة المسافة ، ولذلك تكون النواة الذرية مستقرة إذا لم يتعد حجمها حجما معينا. [١٥]

وتعتبر نواة الرصاص -٢٠٨ هي أثقل نواة مستقرة نعرفها (فهي لا تُبدي تحلل ألفا ولا تحلل بيتا) ويأتي مجموع النوكليونات في نواة الرصاص ٢٠٨ من مجموع البروتونات ٨٢، والنيوترونات ١٢٦. أما الأنوية الأكبر من الرصاص -٢٠٨ فتكون غير مستقرة وتبدي ظاهرة النشاط الإشعاعي أي تتحلل مصدرة أشعة ألفا أو اشعة بيتا. وكلما زادت كتلة النواة وفاقت الرصاص -٢٠٨ كلما قصر عمر النصف لها لزيادة بعدها عن حالة الاستقرار. ونجد أن البزموت -٢٠٩ مستقر بالنسبة إلى تحلل بيتا ولكنه يتحلل تحلل ألفا بعمر النصف فائق الطول، يقدر بعمر الكون. [١٦]

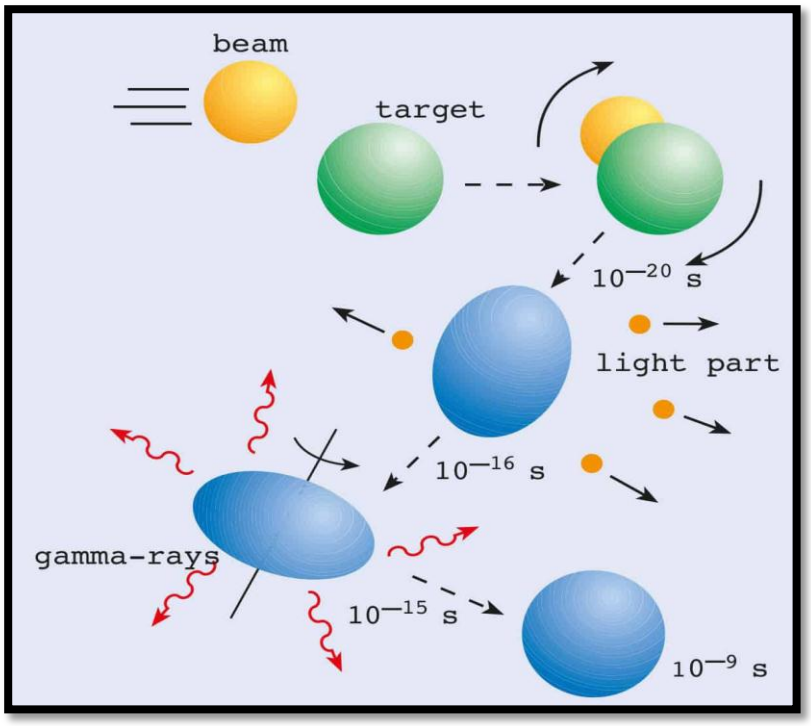
وقد بدأ العلماء عام ١٩٣٤ في التفكير في طبيعة قوى الارتباط النووية بعد اكتشافهم للنيوترونات واتضاح أن نواة الذرة تتكون من بروتونات ونيوترونات. فقد اعتقد آنذاك أن قوة الارتباط النووية تنتقل عن طريق جسيم أولي يسمى ميزون (مثلما تترابط الذرات بعضها البعض بواسطة الإلكترونات مكونة جزيئات). ثم تعمق العلماء في البحث وأصبح اعتقادنا منذ عام ١٩٧٠ بأن تلك الميزونات عبارة عن كواركات وجلوونات تنتقل بين النوكليونات التي هي أصلا مكونة من كواركات وجلوونات. وقد أدى هذا النموذج إلى تفسير قوة الارتباط النووية التي تربط النوكليونات بعضها البعض في النواة الذرية، وما هي إلا جزء من التآثر القوي، أشد قوة نعرفها تعمل على الربط بين الكواركات في النوكليونات. [١٧]

٢-٤ الدوران في النوى

إن الأمثلة الأكثر إثارة للدوران الجماعي تحدث في النوى "فائقة التشوه". هذه النوى لها أشكال إهليلجية يكون فيها المحور الرئيسي ضعف طول المحور الأصغر، مثل كرة الرجبي أو كرة القدم الأمريكية. إذا ظل عزم القصور الذاتي للنواة ثابتًا - بمعنى آخر إذا لم تغير شكلها أو بنيتها - فإن مستويات الطاقة تظل خاضعة للعلاقة الميكانيكية الكمومية البسيطة $E \propto J\,(J+1)$. [١٨]

لملء حالات الزخم الزاوي العالي في النواة، مثل حالات التشوه الفائق، يتم قصف رقاقة معدنية رقيقة بأيونات عالية الطاقة (الشكل ٢-٣). عندما تصطدم نواة في الشعاع بنواة في الرقاقة المستهدفة، يمكنها الاندماج معًا لتكوين نواة مركبة "ساخنة". في البداية، تفقد النواة الطاقة عن طريق انبعاث جسيمات ضوئية، مثل النيوترونات أو البروتونات أو جسيمات ألفا. وبعد ذلك، عندما تنخفض طاقتها عن الطاقة التي تربط الجزيئات معًا، فإنها تبرد أكثر عن طريق إشعاع أشعة جاما. نظرًا لأن مستويات الطاقة للنواة

المشوهة متباعدة بانتظام، فإن أشعة جاما تشكل طيفًا مميزًا "النطاق" أو "السياج" (الشكل ٢-٣). فقط حوالي ١% من النوى المتكونة في هذه الاصطدامات تمر بمرحلة التشوه الفائق. [١٩]



الشكل (٢-٣) نواة عالية الدوران[٢٠]

يُعتقد أن النواة تحافظ على شكلها المتطرف لأنها تفقد الزخم الزاوي والطاقة. بعد إصدار ما يقرب من ١٠-٢٠ من أشعة جاما، تتحلل النواة فائقة التشوه، والتي لا تزال شديدة الإثارة، إلى حالات مرتبطة بشكل شبه كروي لها نفس الزخم الزاوي تقريبًا ولكن طاقة أقل بكثير. ولا تزال عملية الاضمحلال النهائية بين هذين الشكلين غير مفهومة إلا جزئيًا.

تبعث النواة فائقة التشوه إشعاعًا كهربائيًا رباعي القطب - يحمل كل فوتون زخمًا زاويًا قدره ٢ħ ولديه طاقة أشعة جاما تبلغ ħω/2، حيث ħ هو ثابت بلانك وω هو تردد دوران النواة. للتفكير في هذا بشكل كلاسيكي، تخيل كرة رجبي معدنية مشحونة، تدور حول محورها القصير. عندما يشير أحد طرفي الكرة نحو مراقب، يكون المجال الكهرومغناطيسي أقوى منه عندما يواجه جانب الكرة المراقب. ولذلك، فإن المجال يتأرجح مرتين لكل دورة كاملة لكرة الرجبي. تدور النواة فائقة التشوه بسرعة لا تصدق، حوالي 10^{21} مرة في الثانية، وبحلول الوقت الذي تتحلل فيه إلى الحالة الأرضية، والتي تستغرق حوالي 10^{-9} ثانية، ستكون النواة قد أكملت دورات أكثر مما فعلته الأرض منذ تشكلها . [٢١]

٢-٥ البرم والمدار الدوراني

يتحدث كثيرًا عن العلاقة بين نوعين من الزخم الزاوي في أي ذرة: البرم والمدار. تشكل هذه العلاقة الأساس للعديد من الظواهر الكيميائية . وبعبارة أخرى، فإن تأثير المدار السبيني على مستويات طاقة الذرة هو جانب أساسي من كيمياء الكم .

أحد الأمثلة الشائعة على المدار الدوراني في الكيمياء العضوية هو التقاطع بين الأنظمة . العبور بين الأنظمة هو العملية التي تنتقل من خلالها الجزيئات بين الحالات الإلكترونية ذات التعددية المختلفة. يمكن لهذه القفزة الكمية أن توفر طريقًا جديدًا للجزيئات للتخلص من الطاقة الإضافية، مما يؤدي إلى عواقب مختلفة في نتائج التفاعل. [٢٢]

يعد هذا تذكيرًا عميقًا بإمكانية تطبيق وأهمية المفاهيم الكمومية، مثل Spin Orbit Coupling، حتى ضمن تسلسل تفاعلات أنبوب الاختبار.

٢-٦ الحساب التفصيلي لثابت اقتران مدار الدوران

في عالم ميكانيكا الكم المذهل، كل نظرية وكل ظاهرة تعود إلى حسابات تصف كيفية تفاعل الجسيمات. أحد هذه الحسابات الأساسية هو ثابت اقتران المدار الدوراني، وهو حساب مهم لفهم مقنع لديناميات الذرة والجزيء .

كيفية حساب ثابت اقتران مدار الدوران : [٢٣]

تصور ثابت اقتران مدار الدوران كقيمة عددية تمثل قوة التفاعل بين دوران الإلكترون وحركته المدارية. يؤدي هذا التفاعل إلى تحولات أو انقسامات في مستويات الطاقة مما يؤثر بشكل كبير على الخصائص الكيميائية والفيزيائية للذرة. قد يتساءل المرء كيف يمكن حساب هذا الثابت؟ كما هو موضح سابقًا، ينص المدار الهاميلتوني على ما يلي:

$$H_{SO} = \xi(r) \cdot \boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{S}$$

H_{SO}هو المدار الدوراني هاميلتوني.

$\boldsymbol{L}$ هو الزخم الزاوي المداري للإلكترون .

$\boldsymbol{S}$ هي كمية متجهة تمثل دوران الإلكترون .

$\xi(r)$ وهو ثابت اقتران المدار الدوراني الذي يعتمد على مسافة الإلكترون من النواة (r).

حساب خطوة بخطوة لثابت اقتران مدار الدوران

فيما يلي طريقة مبسطة لحساب ثابت اقتران مدار الدوران: [٢٤]

1) ابدأ بالعدد الذري (Z) للذرة المعنية. ويمكن بسهولة جمع هذه المعلومات من الجدول الدوري.
2) معرفة عدد الكم الرئيسي (n) وكذلك رقم الكم السمتي (L). يتم تحديد هذه التفاصيل حسب موقع الإلكترون في الذرة ومستوى طاقته وشكله المداري على التوالي.
3) تحديد المسافة الشعاعية للإلكترون من النواة (r). تذكر أنه كلما ابتعد الإلكترون، كلما كانت أداة التوصيل المدارية أضعف.
٤) الاستفادة من المعادلة الثابتة للاقتران المداري الدوراني:

$$\xi(r) = \frac{\hbar^2}{2m^2c^2} \cdot \frac{1}{r^3} \cdot \frac{dV(r)}{dr}$$

$\hbar$ هو ثابت بلانك المخفض .

m هي كتلة الإلكترون .

c هي سرعة الضوء .

$V(r)$هي الإمكانات .

$dV(r)/dr$ هو مشتق من هذه الإمكانية فيما يتعلق.

٥) ضع في اعتبارك أن هذه المعادلة ميكانيكية كمومية بحتة وتجسد اعتماد ثابت الاقتران على السلوك الشعاعي للإلكترون في الذرة .

٢-٧ أسباب اقتران مدار الدوران

وُلد اقتران المدار الدوراني من التركيبات الأساسية لميكانيكا الكم. على وجه التحديد، إنه تأثير ميكانيكي كمي ينشأ من التفاعل بين دوران الإلكترون وحركته حول النواة. يمكن إرجاع جذور اقتران المدار السبيني إلى سمتين أساسيتين لديناميات الإلكترون - أولاً، دوران الإلكترون، والزخم الزاوي الجوهري للإلكترون. ثانياً، الحركة المدارية للإلكترون حول النواة. تخيل أن الاثنين كتروسين مترابطين في ساعة تتفاعلان بشكل دائم - "الرقصة" الميكانيكية الكمومية في كل ذرة.

والأهم من ذلك، أن شكل وسلوك هذه "الرقصة" ليس متجانسًا عبر الإلكترونات المختلفة. ويختلف اعتمادًا على المدار الذي يتواجد فيه الإلكترون. الانتقال من المدار الكروي (s) إلى شكل الدمبل (p) المدارات إلى أشكال أكثر تعقيدا (f , d) ، يدل على نطاقات متفاوتة من الزخم الزاوي للإلكترون. يؤدي هذا، جنبًا إلى جنب مع دوران الإلكترون، إلى إنشاء الكوريغرافيا الخاصة بـ Spin Orbit Coupling. [٢٥]

الجانب الحاسم الذي يكمن وراء Spin Orbit Coupling هو التأثيرات النسبية. عندما يدور الإلكترون حول النواة بسرعات مماثلة لسرعة الضوء، تتسرب التعديلات النسبية إلى الصورة. ونتيجة لذلك، يستشعر الإلكترون المجال الكهربائي للنواة بطريقة منحرفة، مما يؤدي إلى تفاعل مغناطيسي مع دوران الإلكترون - مما يؤدي إلى ظهور اقتران مدار الدوران. وأخيرًا، تؤثر أيضًا المسافة الشعاعية للإلكترون، أو مدى بعده عن النواة، على مدى اقتران المدار المغزلي. كما قد تتخيل، تتفاعل الإلكترونات البعيدة في المدارات الأكبر بشكل أقل أهمية مع النواة، وبالتالي، تواجه اقترانًا مداريًا أضعف. لذا، في جوهرها، هذه التفاصيل الذرية والميكانيكا النسبية هي التي تحدد سبب حدوث اقتران المدار الدوراني. [٢٦]

Sources المصادر

[1] Harris ،H (1999). The Birth of the Cell. New Haven: Yale University Press. ISBN:0-300-07384-4.

[2] Brown ،Robert (1866). "On the Organs and Mode of Fecundation of Orchidex and Asclepiadea". Miscellaneous Botanical Works I: 511–514.

[3] Cremer ،Thomas (1985). Von der Zellenlehre zur Chromosomentheorie. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag.

[4] Lodish ،H؛ Berk A؛ Matsudaira P؛ Kaiser CA؛ Krieger M؛ Scott MP؛ Zipursky SL؛ Darnell J. (2004). Molecular Cell Biology .New York: WH Freeman. ISBN:0-7167-2672-6.

[5] Bruce Alberts؛ Alexander Johnson؛ Julian Lewis؛ Martin Raff؛ Keith Roberts؛ Peter Walter ،Molecular Biology of the Cell, Chapter 4, pages 191–234 . Garland Science.

[6] Clegg JS (١٩٨٤). "Properties and metabolism of the aqueous cytoplasm and its boundaries". Am. J. Physiol. Pt 2: R133–51.

[7] Rodney Rhoades؛ Richard Pflanzer (١٩٩) ، "Ch3". Human Physiology (٣ .rd). Saunders College Publishing.

[8] Shulga N ،Mosammaparast N ،Wozniak R ،Goldfarb D (2000). "Yeast nucleoporins involved in passive nuclear envelope permeability". J Cell Biol.

[9] Pemberton L ،Paschal B (2005). "Mechanisms of receptor-mediated nuclear import and nuclear export". Traffic.

[10] Stuurman N ،Heins S ،Aebi U (1998). "Nuclear lamins: their structure, assembly, and interactions". J Struct Biol. DOI:10.1006/jsbi.1998.3987. PMID:9724605.

[11] Goldman A ،Moir R ،Montag-Lowy M ،Stewart M ،Goldman R (1992). "Pathway of incorporation of microinjected lamin A into the nuclear envelope". J Cell

Biol volume = 119–٧٢٥ ٧٢٥. DOI:10.1083/jcb.119.4.725. PMC:2289687. PMID:1429833.

[12] Goldman R ،Gruenbaum Y ،Moir R ،Shumaker D ،Spann T (2002). "Nuclear lamins: building blocks of nuclear architecture". Genes Dev. DOI:10.1101/gad.960502. PMID:11877373.

[13] Moir RD ،Yoona M ،Khuona S ،Goldman RD (2000). "Nuclear Lamins A and B1: Different Pathways of Assembly during Nuclear Envelope Formation in Living Cells" .

[14] Spann TP, Goldman AE, Wang C, Huang S, Goldman RD. (2002). "Alteration of nuclear lamin organization inhibits RNA polymerase II–dependent transcription". Journal of Cell Biology.

[15] Mounkes LC ،Stewart CL (2004). "Aging and nuclear organization: lamins and progeria". Current Opinion in Cell Biology. DOI:10.1016/j.ceb.2004.03.009. PMID:15145358.

[16] Ehrenhofer- Murray A (2004). "Chromatin dynamics at DNA replication, transcription and repair". Eur J Biochem. DOI:10.1111/j.1432-1033.2004.04162.x. PMID:15182349.

[17] Grigoryev S ،Bulynko Y ،Popova E (2006). "The end adjusts the means : heterochromatin remodelling during terminal cell differentiation". Chromosome Res .

[18] Schardin ،Margit؛ Cremer ،T؛ Hager ،HD؛ Lang ،M (December 1985). "Specific staining of human chromosomes in Chinese hamster x man hybrid cell lines demonstrates interphase chromosome territories". Human Genetics. Springer Berlin / Heidelberg.

[19] Lamond ،Angus I.؛ William C. Earnshaw (24) "Structure and Function in the Nucleus". Science . DOI:10.1126/science.280.5363.547. PMID:9554838.

[20] Kurz ،A؛ Lampel ،S؛ Nickolenko ،JE؛ Bradl ،J؛ Benner ،A؛ Zirbel ،RM؛ Cremer ،T؛ Lichter ،P (1996). "Active and inactive genes localize preferentially in the periphery of chromosome territories". The Journal of Cell Biology. The Rockefeller University Press.

[21] NF Rothfield؛ BD Stollar (1967). "The Relation of Immunoglobulin Class, Pattern of Antinuclear Antibody, and Complement-Fixing Antibodies to DNA in Sera from Patients with Systemic Lupus Erythematosus". J Clin Invest.

[22] S Barned؛ AD Goodman؛ DH Mattson (1995). "Frequency of anti-nuclear antibodies in multiple sclerosis". Neurology .

[23] Matera AG ،Frey MA (1998). "Coiled Bodies and Gems: Janus or Gemini?". American Journal of Human Genetics.

[24] Matera ،A. Gregory (1998). "Of Coiled Bodies, Gems, and Salmon". Journal of Cellular Biochemistry.

[25] Villarreal L ،DeFilippis V (2000). "A hypothesis for DNA viruses as the origin of eukaryotic replication proteins". J Virol. DOI:10.1128/JVI.74.15.7079-7084.2000. PMC:112226. PMID:10888648.

[26] Bell PJ (٢٠٠٦). "Sex and the eukaryotic cell cycle is consistent with a viral ancestry for the eukaryotic nucleus". J. Theor. Biol.