نظرية الجاذبية الكمية

الجسيمات

وهي المكونات الصغرى للمادة ويطلق عليها الجسيم اللاذري، وهي تعتبر المكونات الأساسية لكافة المواد الأخرى. وأكثر الأنواع شيوعاً للجسيمات هي البروتونات والنيوترونات، تحمل البروتونات شحنة كهربائية موجبة بينما النيوترون متعادل كهربياً. يتم قياس كل منهما، فيرمي واحد بقطر 10^{-15}m في التفكير العلمي، ويزن حوالي 2×10^{-27} كجم. يبدو ذلك صغيرة جداً، ولكن البروتونات والنيوترونات عملاقة مقارنة بالعضو المشترك الآخر لعالم الجسيم/ الإلكترونات والتي تزن فقط 10^{-30} كجم. تجتمع البروتونات والنيوترونات معاً بأعداد مختلفة لتشكيل نواة ذرية من كل ما يعرف بالعناصر الكيميائية. تدور الإلكترونات حول تلك النوى لتشكل ذرات ثم تتصل تلك بدورها أحدها بالأخر لتشكل جزيئات. هناك

عشرات الجسيمات غير الذرية المعروف بوجودها، ومنها المزيونات إلى النترونات إلى كوارقات، وكذلك الكثير الذي وضع نظرية لها ولكن لم يتم الكشف عنها بعد. أن نظرية الكم هي فرع من الفيزياء يحكم كل شيء يحدث في عالم اللاذري.

التكميم

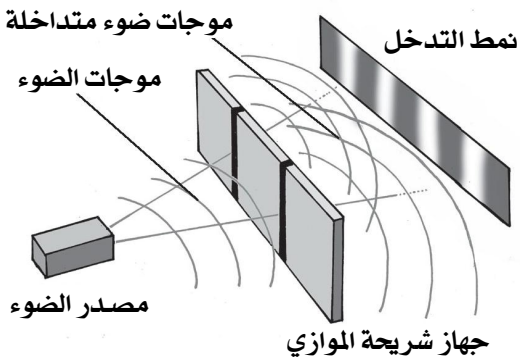
إن الفرضية الرئيسة من نظرية الكم هي أن، على المستوى اللاذري، الأمر غير مستمر بعد. وبدلاً من ذلك، فهو يأتي في قطع منفصلة أو كميات. أن الطبيعة هي الكم، وهى أحد أول الخصائص التي لاحظها علماء الفيزياء بأنها تتصرف تماماً مثل الشحن الكهربائي. في التجربة المنوية، النتائج التي نشرت عام 1910، حيث قام العالم الفيزيائي روبرت ميليكان بقياس الشحن الكهربائي على نقط من الزيت، فوجدت أضعاف إجمالي عدد الكمية الأساسية – وهي شحنة الإلكترون. وقد ظهر الدليل أن الكميات الأخرى مثل الطاقة والزخم، حتى الزمان والمكان– تم تحديد الكمية على أصغر المقاييس.

مستويات الطاقة:

تخضع الطاقة في الفيزياء الكمية إلى عملية تكميم. وهذا للقول، أنها مقيدة بمجموعة غير متواصلة من القيم. على سبيل المثال، يسمح للإلكترون الذي يدور حول نواه الذرة ليشغل مستويات الطاقة المتوقعة من خلال قانون الكم. عندما تمتص الذرة كمية طاقة معادلة للفجوة بين مستويين من الطاقة، يمكن للإلكترون في المستوى المنخفض أن يقفز بين المستويين. وبعد وقت، فهي تسقط من تلقاء نفسها للأسفل، وتعيد انبعاث الفوتون من الطاقة ذاتها.

ترتبط طاقة الفوتون مباشرةً بترددها- أن الطاقة هي فقط مرات تكرار ثابت بلانك، العدد الذي يوضح الوقت والتكرار في نظرية الكم، يعادل 6.6×10^{-34} وبسبب أن التردد هو تماماً مثل اللون، فهذا يعني أن الذرات تخرج ضوء من خصائص اللون حيث تسقط إلكتروناتها بين مستويات طاقة محددة. يمكن رؤية ذلك في العالم الحقيقي خلال طلوع النهار – يظهر ضوء الغلاف الجوي في الأقطاب الشمالية والجنوبية – وكذلك في إشارات النيون. تضخ المجالات الكهربائية غاز نيون مع طاقة، حيث ترفع مستويات طاقة إلكتروناتها. وكلما تسقط لأسفل تعطي ضوءًا أحمر مميزًا للنيون.

ازدواجية موجة جسيم:



يثبت التأثير الكهروضوئي أن الموجات يمكن أن تسلك نفس سلوك الجسيمات الصلبة الفوتونات، ولكن هذا لم يكن طريقاً ذو اتجاه واحد، فالجسيمات أيضاً التي تظهر قريباً، قد تظهر خصائص تشبه الموجات. على سبيل المثال، يمكن أن تخضع الإلكترونات إلى الانحراف عندما تمر عبر الثغرات في الشبكة البلورية. ولكن ربما تكون الملاحظة الرئيسة هنا التي تظهر الطبيعة المزدوجة للأشياء الكمية حيث أن الموجات والجسيمات هي تلك التي تسمى

تجربة شقي يونج. يصنع الضوء الذي يسطع من خلال زوج من الشقين المتوازيين نمطًا متداخل يتميز بأهداب ضوئية شديدة الإنارة وأهداب عاتمة على الشاشة، حيث تتداخل نقاط الذروة والقاع في موجات الضوء. ولكن ماذا لو انخفضت كثافة الضوء إلى النقطة حيث تمر الفوتونات المنفردة عبر الجهاز مرة واحدة؟ فربما ستظن أن كل فوتون يمر عبر أي من الشقين، ويختفي نمط التداخل.

ولكن الحقيقة مختلفة تماماً. حيث يقوم الفوتون المنفرد بعمل نقطة سطوع منفردة على الشاشة. ولكن مع تكرار التجربة عدة مرات وتسجيل موضع نقطة السطوع في كل مرة، فسوف تتراكم جميعها، حتى تعيد إنشاء نقطة التداخل الأصلية، فيبدو الأمر وكأنه جسيمات وأمواج في الوقت ذاته.

معادلة شرود نجرSchrödinger:

وضع التناظر بين الجسيمات الكمية والموجات على أساس صلب بواسطة الفيزيائي النمساوي إرفين شرود نجر Schrödinger عام 1926. فقد كون معادلة موجية تصف الجسيمات الصلبة. لم تمنح هذه المعادلة موضعًا أكيدًا للجسيمات في الفراغ ولكن بدلاً من إيجاد نقطة محددة، فهي تصف موجة محتملة تتوافق ذروتها مع المواقع حيث يحتمل وجود الجسيمات.

وفي حالة تجربة شقي يونج (الشق المزدوج)، والتي كانت حاسمة في إنشاء ازدواجية موجة الجسيم، تتوقع معادلة شرودنجر موجة ذروات الاحتمال على الشاشة. ويتوافق ذلك مع حيث يحتمل أن يصل الفوتون الواحد للضوء.

مبدأ عدم التأكد:

ظهر هذا المبدأ بواسطة الفيزيائي الألماني ويرنر هايزنبرج Werner Heisenberg عام 1927، فربما يكون مبدأ عدم التأكد هو أحد القوانين الأغرب للنظرية الكمية. في الحقيقة يوضح هذا المبدأ إنه من المستحيل معرفة كلاً من موقع الجسيم وزخم حركته في أن واحد. كلما زادت دقة معرفتنا بأحدهم، فإن معرفتنا بالجسيمات الأخرى تقل دقتها وخصوصاً،

استنتاج هايزنبرج Heisenberg Werner بأن عدم التأكد من الموقع مضروباً في عدم التأكد من زخم الحركة أكبر من أو معادل للثبات لدي بلانك plank، وهو عدد ينشأ عن تعريف مستويات الطاقة الذرية.

العزم المغزلي الكمي:

تظهر الجسيمات الكمية العديد من الظواهر التي تكون مشابهة للعالم المحيط بنا، ولكن أحد الظواهر المختلفة تماماً تكون ظاهرة "العزم المغزلي الكمي" حيث أن العزم المغزلي في العالم المحيط بنا تكون خاصية للحركة، مثل السرعة والعجلة،

العزم المغزلي يكّون خاصية جوهرية للجسيمات - مشابهة للكتلة والشحنة الكهربية. ومثل الخصائص الكمية الأخرى، فإن العزم المغزلي يكون كمّا ويظهر على نحو معتاد في صورة الرقم الكلي مضروبًا في قيمة 1/ 2.

تنقسم الجسيمات الكمية إلى أثنتين من المجموعات طبقاً لقيمة العزم المغزلي الخاصة بهما.

والجسيمات التي الرقم الكلي للعزم المغزلي الخاصة بها يكون -0، 1، 2 الخ - يطلق عليها اسم البوسون Bosons. بينما تلك التي يكون لها الرقم الكلي النصفي -1/ 2، 3/ 2، 5/ 2، ألخ تعرف باسم الفيرميونات fermions.

البروتونات والنيترونات والإلكترونات جميعها لها عزم مغزلي قيمته 1/ 2، وهكذا فهي جميعاً من الفيرميونات. ولكن على الجانب الآخر، الفوتونات يكون لها عزم مغزلي 1 والذي يجعلها من البوسون Bosons. وعلى الرغم أن العزم المغزلي للجسيم يكون خاصية ثابتة، فقد ينتقل الجسيم من أحدى الحالات للحالة الأخرى لأعلى ولأسفل والتي يشار إليها +/ - على الترتيب. وهكذا فإن الإلكترون يكون له عزم مغزلي +1/ 2 في الحالة العلوية و-1/ 2 في الحالة السفلية.

الأعداد الكمية:

الأعداد الأربعة التي تسمى أعدادًا كمية تصف سلوك الإلكترونات داخل الذرات. الرقم الأول يعطي مستوى الطاقة حول نواة الذرة التي يشغلها الإلكترون، وهي على نحو

طبيعي تأخذ الحرف n وتأخذ قيمة رقم كلي 1 أو 2 أو 3. وداخل كل مستوى طاقة يكون هناك مدى من الكم المشابه لكمية التحرك. وهو يشار إليه على نحو طبيعي بـ "1" والذي يمكن أن يأخذ أي قيمة بين الصفر ون-1. وهكذا في مستوى الطاقة ن=2، فإن قيمة 1 يمكن أن تكون صفر أو 1. وفي أثناء ذلك، فإن رقم الكم المغناطيسي "ml" يمكن أن يتغير من القيمة -1 إلى القيمة 1 - وكذلك -1، صفر، وأن قيمة 1 تكون مسموحة للحالة ن=2. وأخيراً، فإن رقم العزم المغزلي الكمي "m" يسجل لأعلى أو لأسفل قيمة العزم المغزلي - وهكذا يأخذ القيمة +1/ 2 أو - 1/ 2.

الأعداد الكمية جميعها تطيع قوانين البقاء (مثل قانون بقاء الطاقة - المترجم) وهي معاً تعرف حالة نظام الكم. وتكون الأرقام الأربعة المشار إليها سابقاً كفئًا لتحديد حالة الإلكترونات في الذرة. وتتطلب نظم الكم الأكثر تعقيداً من هذه الأرقام الأربعة الأساسية.

مبدأ الاستبعاد

إن مبدأ الاستبعاد لباولي، تم تسميته باسم فولفجانج باولي، عالم الفيزياء الذي اكتشفه في 1925، وهو يكون نظرية تحكم سلوك جسيمات الفيرميونات- والتي هي جسيمات ذات عزم مغزلي للرقم الكلي النصفي. وفي أغلب حالاته، يقول المبدأ إنه في الذرة الواحدة لا يوجد اثنان من الإلكترونات لهما نفس كل الأرقام الأربعة.

إن مبدأ باولي، مع قواعد الأعداد الكمية، يقدر كم عدد الإلكترونات التي يمكن أن تشغل مستوى طاقة واحد في أي ذرة. وعلى سبيل المثال، فإن مستوى الطاقة الأول والذي رقم ن=1، تكون القيمة المباحة للأرقام الكمية هي 1 وm1 يكون صفر. الرقم النهائي ms، يمكن أن يكون أما +1/ 2 أو -1/ 2 أن ذلك يعني أن هناك أثنين من الحالات المتميزة في مستوى ن=1 وبناء على ذلك فإن الحد الأقصى لها يكون أثنين من الإلكترونات. وعلى نحو مشابه، فإن المستويات ن= 2 و3 و4 تحتوي 8 و18 و32 إلكترونًا على الترتيب. ويعني مبدأ الاستثناء أن البوسونات bosons والفيرميونات fermions يتفاعلان مع بعضها البعض بشكل مختلف، وأن ذلك يؤثر على خصائص المقياس الكبير كما يتم وصف ذلك في علم الميكانيكا الإحصائية.

قطة شرود نجر:

إن تفسير الموجات الخاص بالنظرية الكمية يبدو إنه يسمح للجسيمات أن توجد في اثنين من الأماكن في نفس الوقت، وفي تجربة الشق المزدوج (تجربة يانج وفيها قام بعملية تداخل لموجات الضوء - المترجم) الخاصة بالطبيعة المزدوجة الجسيمية الموجية للجسيمات، على سبيل المثال، يبدو أن جسيمًا واحدًا عبر خلال الشقين والذي ابتكر النموذج المتداخل الذي يظهر على الشاشة (الحائل). وقد قدم العالم النمساوي شرودنجر تجربة ذات فكرة بارعة لتوضيح سخف ذلك، تلك التجربة التي أصبحت معروفة باسم قطة شرودنجر.

فقد تخيل شرودنجر صندوقًا مغلقًا، وبداخله وضع قطة وقارورة من سم مميت. السم تم وضعه بعملية كمية، لنقل اضمحلال الذرة المشعة - وهكذا إذا الذرة اضمحلت بالإشعاع، فإن القارورة سوف تنكسر والقطة تموت. وإذا ظلت الذرة تعمل دون اضمحلال بالإشعاع، فالقطة سوف تعيش. شرودنجر قد جادل بأنه قبل أن يتم القياس- أي قبل أن يتم فتح الصندوق - فإن الذرة تكون محكومة بمعادلة الموجة التي تصف أنها تضمحل ولا تضمحل في نفس الوقت. وبناء على ذلك فإن القطة غالباً سوف تكون ميتة وغير ميتة في نفس الوقت.

تفسير كوبنهاجن:

برغم أن تجارب مثل تجربة قطة شرودنجر أجبرت الفيزيائيين على التفكير طويلاً وبقوة عما تقوله فعلاً قوانين الكم عن عالم الفيزياء. فإن الرؤية الأولى كانت تعرف باسم تفسير كوبنهاجن للنظرية الكمية، وهي تم تسميتها تبعاً لاسم عالم الكم الفيزيائي نيلز بور من جامعة كوبنهاجن من الدينمارك، والذي بذل جهدًا كبيراً في تطوير هذه النظرية.

على نحو محوري، فإن تفسير كوبنهاجن يكون عملية تسمى "انهيار الدالة الموجية". فإن ذلك يقول أن الجسيمات الكمية تسلك مثل الموجات - والتي تمكّنها من أن توجد في مكانين في نفس الوقت - حتى يتم قياسها، عند النقطة التي تنهار فيها الدالة الموجية فتصبح جسيمات صلبة وتوجد في موضع معرف على نحو صحيح. في تجربة قطة شرودنجر الفكرية، تكون الدالة الموجية أو الموجة ناشئة من مصدر مشع- ومن خلال

المصادفة – تنهار القطة لحالة معرفة بصورة واضحة وجيدة عند فتح الصندوق. فبالتصور أن القطة تكون في احتمال حالة من الحالتين: الحالة الميتة والحالة الحية، فعند فتح الصندوق تكون في حالة واحدة منهما بالتأكيد.

عوالم متعددة:

بديل جديد لتفسير كوبنهاجن معروف بتفسير العوالم المتعددة، والذي قد وضعه العالم الفيزيائي هوج إيفرت في 1957. بصورة جوهرية، هذا التفسير يقول أن كل حدث كمي يسبب انشطارًا في الكون الخاص بنا إلى أكوان أخرى موازية، والتي فيها كل ناتج محتمل للحدث يمكن تحقيقه. بينما في الرؤية الأولى يبدو ذلك غير قابل للتصديق، فإن فكرة العوالم المتعددة تعرض تفسير مُرضي بصورة أكبر للنظرية الكمية عن تفسير كوبنهاجن لانهيار الدالة الموجية، وذلك بسبب إنه لا يجعل المراقب العامل الرئيسي في التحديد.

في رؤية نظرية العوالم المتعددة لتجربة قطة شرودنجر، فإن العالم ينشطر إلى اثنين – الأول عندما المصدر المشع يضمحل، والثاني عندما المصدر المشع لا يضمحل. في أحد هذه العوالم القطة تعيش وفي العالم الآخر القطة تموت. وأن معادلات النظرية الكمية من ثم تعطي الاحتمالات النسبية لنا والتي تنتهي كل منها في عالم مختلف. وعلى نحو حاسم، فإن القطة ليست حية ولا ميتة أبداً في نفس العالم فإن ذلك يكون ملمح من تفسير العوالم المختلفة الذي يسمى فك التداخل decoherence.

فك التداخل (الارتباط) Decoherence:

في تفسير كوبنهاجن للنظرية الكمية، يقدر انحلال الدالة الموجية عندما يتوقف الجسيم عن السلوك بالموجة الكمية ويبدأ السلوك كجسيم كلاسيكي والذي يمكن أن يوجد فقط في مكان واحد في وقت محدد. في رؤية أو نظرية العوالم المتعددة، فإن الانتقال من السلوك الكمي للسلوك الكلاسيكي يشار إليه بفك التداخل (فك الارتباط) decoherence. حيث أن انحلال الدالة الموجية يعزي هذا الانتقال إلى تدخل المراقب في محاولته للقيام بالقياس، وأن فك الارتباط (التداخل) يعزي ذلك للتفاعل الحتمي لنظام الكم مع بيئته.

وهو يكون مشابه للتفكير في التأثيرات الكمية كنقاط توازن للقوى وتيارات الهواء المطلوبة لابتكار دائرة كافية من الدخان في الهواء – والتي يتم محوها فجأة بواسطة الرياح.

في رؤية نظرية العديد من العوالم لتجربة قطة شرودنجر، في كل مرة الدالة الموجية لمصدر الإشعاع تتفاعل مع مكتشف الجسيم، تجبر الموجة على فك الارتباط لتكون في حالة أما الجسم يبعث الإشعاع أو لا يبعثه. وبالضبط عند هذه النقطة فإن كل عالم مطابق لأحد الاحتمالات يكون ظاهرًا على نحو منفصل.

الانتحار الكمي:

هل هناك أي طريقة للتميز بين رؤية العوالم المتعددة وتفسيرات كوبنهاجن عن النظرية الكمية؟ الفيزيائي ماكس تيجمارك، من معهد ماساشيوستس للتكنولوچيا، يعتقد إنه توصل لهذه الطريقة: فإن تطور مروع قد حدث للتجربة الفكرية لقطة شرودنجر، والتي تسمى الانتحار الكمي. ويتخيل تيجمارك بندقية بنظام ميكانيكي أوتوماتيكي في سحب وحدة الإطلاق الميكانيكية تجسد هنا النظام الكمي، وبذلك فهو أما يطلق النار للقتل أو يطلق بدون أن يسبب ضرر هذان الاحتمالان بنسبة 50/ 50.

أي شخص يراقب والبندقية سوف تطلق النار على نحو عشوائي. ولكن يقول تيجمارك، أن أي فرد يضع رأسه بالقرب جداً من البندقية سوف يضمن أن يسمع الطلقة في كل مرة، وهو يقول أن السبب يكون في تفسير نظرية العوالم المتعددة والتي يدعمها هو، أن هناك عوالم حقيقية والتي فيها البندقية لا تطلق النار. وأن القائم بالتجربة ليس عليه أن يدور في الأكوان ليرى النتائج (أين تعمل البندقية) فهم يجدوا أنفسهم في الكون أو العالم الذي يعيشون فيه. ويضيف تيجمارك إنه ليست هناك خطط لمحاولة الانتحار الكمي في أي وقت قريب.