الظواهر الكمية

الجسيمات الافتراضية

إن الأماكن الفارغة ليست فارغة حقاً، وطبقاً لمبدأ عدم التأكد الكمي فإنها كتلة seething لجسيمات لاذرية تظهر وتختفي في الوجود، والتي تكون معروفة بالجسيمات الافتراضية. ويقول المبدأ أن هناك حالة من عدم التأكد في تحديد موضع الجسيم مضروباً في عدم التأكد له في قيمة كمية الحركة الخاصة به والتي تكون دائماً أكبر من قيمة ثابت بلانك الصغيرة، وأن ذلك يكون مشابه للقول بأن عدم التأكد من طاقة الجسيم مضروباً في عدم التأكد لوقت الملاحظة ينبغي أن يكون أكبر من الحد الأدنى للقيمة. وبناء على ذلك فإن الجسيم الذي تكون طاقته E يمكنه أن يندفع للوجود مرة أخرى في الزمن t، فإن E & t، عندما يتم ضربهما معاً، يحققون مبدأ عدم التأكد. ويعني ذلك إنه يمكنك أن تصنع جسيمات ذات قصيرة الحياة ذات طاقة عالية أو منخفضة والتي تظل لفترة قليلة في الوجود. الجسيمات الافتراضية تتشكل في أزواج أحدهما يكون مادة matter والثاني يكون مادة مضادة antimatter.

نقطة صفر الطاقة:

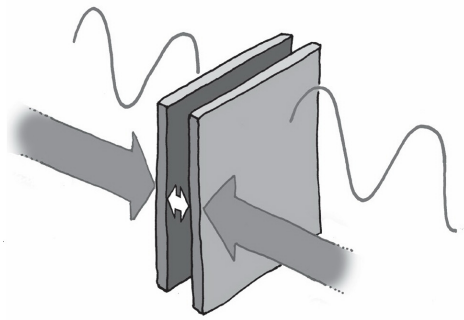
إن حالة الطاقة الأدنى للنظام الكمي تكون معروفة بأنها الحالة الأرضية (أو الحالة الأساسية)، وأن مستوى الطاقة للحالة الأرضية يتم تسميته أحياناً طاقة النقطة صفر. وهي جملة تأتي من صفر لمقياس الديناميكا الحرارية والتي تكون معرفة بنظرية الحركة kinetic theory، وبصورة عامة فهي تعبر عن المستوى الأدنى للطاقة التي يمكن للنظام أن يملكها، وأن وجود الجسيمات الافتراضية يعني أن نقطة صفر الطاقة للمكان الفارغ – والمعروفة أيضاً باسم طاقة الفراغ – تسمى الثابت الكوني أو الطاقة السوداء – يعتقد أنها تؤثر على معدل التوسع الكوني بالمقياس الكبير.

تأثير كازيمير Casimir:

إن النتيجة المباشرة لنقطة صفر الطاقة في الفراغ تكّون ظاهرة يطلق عليها اسم تأثير Casimir. وهو وضع لوحين متوازيين من المعدن على مسافة 1/ مليون من المليمتر في

الفراغ واختبر قوة السحب لهم معاً، وأن القوة ترتفع من الجسيمات الافتراضية. وتقول النظرية الكمية أن هذه الجسيمات يمكن أن يتم الاعتقاد أنها مساوية للموجات وخارج الألواح، فإن كافة الأطوال الموجية تكون موجودة، ولكن بالداخل يكون موجود الموجات التي تتلاءم بين الألواح – فالموجات الثابتة والتي تكون على مسافة من الألواح تكون الرقم الكلي whole number لأطوال الموجات. والآن يتم التحول للغة الجسيم وذلك يعني أن هناك جسيمات أقل في الداخل عن الخارج، وأن ذلك يبتكر فرق في الضغط والذي يضغط على الألواح معاً. وأن تأثير كازيمير Casimir قد تم طرحه على المستوى النظري بواسطة الفيزيائي الهولندي هيندريك كازيمير في 1948. وقد تم القياس على المستوى التجريبي بواسطة ستيف لاموركس في جامعة واشنطن في 1996.

التعقيد الكمي:



في 1935، وضع البرت آينشتاين مع اثنين من رفاقه وهم ناثان روزن وبوريس بودولسكي– تجربة كمية فكرية والتي كان لها نتائج باقية ومستمرة للآن. إذ تخيلوا عمليات كمية، والتي تنتج اثنين من الجسيمات بها عزم مغزلي متضاد. جسيمات البيون Pion يمكنها أن تفعل ذلك – وهي تكون معروفة أنها تضمحل إلى أثنين من الجسيمات لهما عزم مغزلي متضاد. وأن جسيمات البيون Pion يمكنها أن تقوم بذلك – وهي بأنها تضمحل مكونة إلكترون وبوزترون (البوزترون هو مضاد المادة بالنسبة للاكترون). أحد الجسيمات المضمحلة يكون له عزم مغزلي +1/ 2 والثاني يكون له –1/ 2 ولكن من المستحيل أن نقول أي منهما يكون كذلك حتى نقوم بعملية القياس. في الحقيقة، فإن الجسيمات نفسها لا تقرر حتى أي جسيم يكون هو حتى يتم القياس والذي يجبر الدوال الموجية بها أن تفك الارتباط decoherence.

ومع ذلك عندما يتم هذا القياس، وأحدى الدوال الجيبية تجبر أن تقوم بفك الارتباط، فإن ذلك يثبت فوراً حالة الدالة الأخرى– بغض النظر عن مدى بعد هذه الأخرى عن الأولى.

يعبر ذلك عن أخذ الجسيمات إلى جوانب متضادة متعارضة في الكون، فقياس أحدهما سوف يعمل فوراً على تحديد حالة الجسيم الآخر. وقد سخر آينشتاين علناً من هذه "التحرك الشبحي عبر المسافة البعيدة" معتقداً أن ذلك لا يمكن أن يتم شموله في داخل علم الفيزياء. وعلى كل حال، فإن قدرة الجسيمات الكمية على البقاء مرتبطة بهذه الطريقة يعرف الآن باسم التعقيد الكمي quantum entanglement، وهو يشكّل قاعدة نظم الاتصال الكمي eavesdropper-proof وحتى نظم "انتقال المادة عن بعد" teleportation.

تكاثف بوز- آينشتاين:

مع العزم المغزلي للرقم الكلي النصفي، خضوعاً لمبدأ باولي للاستبعاد - بأنه في أي نظام كمي معطى يكون من المستحيل لأثنين أو أكثر من الجسيمات إشغال نفس الحالة، أما على مستوى البوسون Bosons، وهي الجسيمات ذات العزم المغزلي للرقم الكلي، فإن هذه تكون قصة أخرى. فإن البوسون Bosons ليس لديه qualms والخاصة بالتكدس في نفس الحالة. وذلك يعني إنه إذا النظام تم تبريده لدرجة حرارة قريبة جداً من الصفر المطلق، فإن أي جسيم سوف يسقط في الحالة الأرضية الأدنى للطاقة، وأن نظام كهذا يسمى تكاثف بوز- آينشتاين، وقد تم تسميته باسم علماء الفيزياء بوز ناث ساتيندرا وألبرت آينشتاين والذين تنبأوا على نحو نظري بهذه الحالة للمادة في عقد العشرينات من القرن العشرين، وأن تكاثف بوز- آينشتاين قد تم تحقيقه على المستوى التجريبي في المعامل.

وأن الدوال الجيبية لكافة الجسيمات في تكثيف بوز-آينشتاين تعمل على التداخل ليشكل مجموعة واحدة منفردة ضخمة "أشباه الجسيمات quasiparticle" والتي تظهر تأثيرات كمية على المقياس الكبير.

السيولة الفائقة:

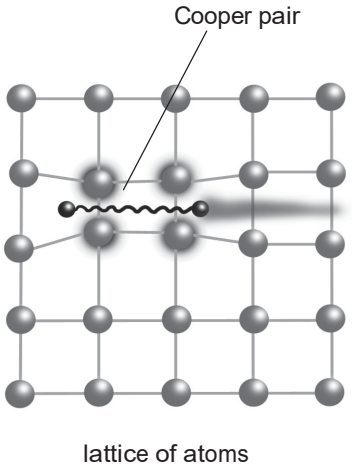
لقد مهدت نظرية تكاثف بوز- آينشتاين الطريق لاكتشاف خاصية أخرى مذهلة للمادة وهي: السيولة الفائقة، وهي قدرة السوائل المبردة لدرجة فائقة على التخلص من كافة أشكال اللزوجة بها. ففي 1938، قد وجد أن الهليون-4 (نظير الهليوم به اثنين من جسيمات

النيترون الإضافية في نواته0) والتي تم تبريدها حتى أثنين درجة فوق الصفر المطلق، والتي شكلت تكثيف بوز- آينشتاين وكذلك سلكت بوصفها سائلاً فائق السيولة.

تظهر السوائل فائقة السيولة خصائص غريبة، فبالإضافة إلى حالة صفر اللزوجة (أي إلغاء كافة أشكال اللزوجة) فهي تظهر أيضاً حالة صفر إنتروبيا entropy (العشوائية) ولديها قدرة لا نهائية على توصيل درجة الحرارة، وأن السائل فائق السيولة يشكل أيضاً ما يسمى "Rollin film" والذي يصعد جانب السائل من حاويته ليسكب من فوق الحافة. والأغرب من كل ذلك، أن السائل الفائق يشكل في أشكال حاويات "لدوامات كمية"؛ حيث أن السائل يكون مسموح له فقط أن يقوم بعملية العزم المغزلي بسرعات كمية محددة. وبينما العبوة تدور مغزلياً تدريجياً بسرعة، فإن السائل الفائق على نحو متقطع يقوم بالصعود بمعدلات الدوران المسموح به.

التوصيلية الكهربية الفائقة:

المواد فائقة التوصيلية الكهربية تكون مواد عندما يتم تبريدها بقدر كافي يفترض أنها تكون في حالة المقاومة الكهربية الصفرية. وقد تم ملاحظة التوصيلية الكهربية الفائقة بواسطة العالم الفيزيائي الهولندي هيك كامرلينف أونس 1911. ولكن لم تظهر نظرية مرضية لتوضيح كيف يحدث ذلك حتى نهايات عقد الخمسينات من القرن العشرين. فإن التبريد قد عرف منذ وقت طويل إنه يقوم بتحسين التوصيلية الكهربية. ففي الموصل العادي، الإلكترونات المشحونة بشحنات سالبة تحمل تيار كهربي خلال المادة. والحرارة تعمل على جعل شبكة الذرات في حالة تذبذب، ويسبب تصادم الإلكترونات والذي يسبب إعاقة حركتها. وهكذا فإن التبريد يخفض المقاومة عن طريق تخفيض التذبذبات. ولكن في الموصل الفائق التوصيل الكهربي فإن المقاومة تفنى كلياً. وهنا الإلكترونات التي تبرد للمستوى الكافي تغلق على نحو كفء ما يسمى "زوج النحاس" والذي ينزلق بحرية خلال الشبكة. وبالإجمال، فإن ذلك يعمل عن طريق جذب كل شحنة سالبة لذرات موجبة، والذي يشوه الشبكة ويبتكر تركيز للشحنات الموجبة والتي سوف ينجذب لها الإلكترون التالي، وهكذا تستمر الحركة.



الموصلات فائقة التوصيل الكهربي تستخدم الآن في إنشاء مولدات فائقة الكفاءة، ووحدات تعجيل الجسيمات وماكينات التصوير الطبية. ولكن كل هذه الأجهزة تتطلب تبريد، والبحث الآن يدور حول تطوير الموصلات فائقة القدرة التي يمكن أن تعمل في درجة حرارة الغرفة.

فيزياء الجسيم

معادلة ديراك:

وفرت معادلة شرودنجر وصفًا جيدًا للجسيمات الكمية التي تتحرك ببطء. ولكنها لم تكن جيدة بالنسبة للجسيمات التي تتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء، والتي أظهر آينشتاين أنها تطلبت نظرية النسبية الخاصة التي قدمها. في 1927، عالم الفيزياء البريطاني پول ديراك قدم نسخة من معادلة شرودنجر، والتي تجسد النسبية لوصف الإلكترون المشحون عالي السرعة. والتي عرفت باسم معادلة ديراك.

تظهر المعادلة بسيطة على نحو مخادع ويمكن حلها بدقة للإلكترونات في ذرة الهيدروچين، ولكن حلها للحالات الأخرى يتطلب تقنيات تقريبية أو أجهزة كمبيوتر.

إن معادلة ديراك كانت البشارة بنقطة البداية في مرحلة جديدة من فيزياء الكم. ليس فقط أنها تنبأت بوجود متضادات المادة، ولكن- بينما تجسد الوصف الخاص بكل من الإلكترون والمجال الكهرومغناطيسي- فهي قدمت النظرية الأولى للمجال الكمي.

متضادات المادة

عندما درس العلماء للمرة الأولى معادلة ديراك بالتفصيل، وجدوا أنها لا تصف فقط