

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

Epistemology of Quantum physics, between physicists and philosophers

كريمة بودرواز¹،

مؤسسة جامعة برج بوعرييج (الجزائر)، -karima.bouderouaz@univ-

bba.dz

تاريخ الاستلام: 2024/05/16 تاريخ القبول: 2024/05/27 تاريخ النشر: 2024/06/01

ملخص: لقد عرفت دراسة المادة والطاقة في الفيزياء المعاصرة عناية خاصة من طرف علماء الفيزياء وفلاسفة العلم، إذ الموضوع لا يمكنه أن يكون فيزيائيا محضا، أو فلسفيا محضا، بل يشترك فيه العلم والفيزياء. وجاء مقالنا هذا متناولا ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية من حيث تطور نظرتها للمادة من النظرة الذرية المعاصرة إلى نظرة الكمات والتحول الذي وقع عليها في اطار الميكانيكا الموجية والميكانيكا الكوانتية وكيف أن العلم في ظل النقد الابستمولوجي الفلسفي يعرف تطورا وتجديدا في نظرياته بشكل مستمر وكيف أن هذا التجديد يعد ثورة على القديم وتحديدا الفيزياء النيوتونية الكلاسيكية الحتمية.

الكلمات المفتاحية: النظرية الذرية المعاصرة، المادة والطاقة، نظرية الكوانتم، الميكانيكا الموجية، الميكانيكا الكوانتية، التحول الابستمولوجي المعرفي.

Abstract:

The study of substance and energy in contemporary physics has received special attention from physicists and philosophers of science, as the subject cannot be purely physical or purely philosophical, but rather it is shared by both science and physics. Our article dealt with the epistemology of quantum physics in terms of the development of its view of substance from the contemporary atomic view to the view of quanta, and the

transformation that occurred within the framework of wave mechanics and quantum mechanics and how science, in light of philosophical epistemological criticism, knows a continuous development and renewal in its theories and how this renewal is considered a revolution on ancient one, specifically deterministic classical Newtonian physics.

Keywords: contemporary atomic theory, substance and energy, quantum theory, wave mechanics, quantum mechanics, cognitive epistemological transformation.

*المؤلف المرسل: كريمة بودرواز

1. مقدمة: ان العلم في مفهوم فلسفة العلم المعاصرة الجديد يتقدم من خلال العوائق الابستمولوجية - بحسب "غاستون باشلار" (1884-1962م) - ذلك أنّ معطيات الفيزياء الكلاسيكية عامة، والفيزياء النيوتونية منها خاصة بحكم كونها ركيزة الفيزياء الكلاسيكية بمطلقاتها الثلاث: (المكان، والزمان، والحركة)، وميكانيكاها القائمة على مبادئ ثابتة. فإن علماء الفيزياء المعاصرة في القرن العشرين أحدثوا ثورة على تلك المبادئ الكلاسيكية، وزعزعوا أسسها بإثارة شكوك حول آراء "نيوتن" (1642-1727م) في الميكانيكا والتي لقيت قبولا طوال حوالي قرنين من الزمان. وتمخض عن تلك الثورة ميلاد نظريات جديدة في الفيزياء كالنسبية Relativity وميكانيكا الكوانتم Quantum mechanics، وفيما يلي نحاول التركيز على أهم الموضوعات التي تناولتها الفيزياء المعاصرة والمتمثلة في قضية المادة والطاقة، التي وقع فيها تحولا مقارنة بالفيزياء الكلاسيكية، وهذا اعتمادا على النظريات الفيزيائية الجديدة وتطور قراءتها لهذه الموضوعات.

ومن هنا نفهم سبب تركيز الفيزياء المعاصرة على المادة نفسها، في مفهوم المادة وجوهرها، وهي الفكرة التي كانت الإشكال الأول من منظور "هانز راشنباخ"، ثم بعد ذلك يأتي الكلام في المنهج المناسب لدراسة وفهم ماهية المادة، وهكذا نفهم حيثيات الفكر في القرن التاسع عشر، حيث استعويض عن التفكير الفلسفي الذي كان موجودا في مهد المذهب الذري (ديموقريطس) بالتحليل التجريبي، ولكن البحث وصل

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

آخر الأمر إلى مرحلة من التعقيد تقتضي العودة إلى البحث الفلسفي، ومع ذلك فإن فلسفة هذا البحث لا يمكن التوصل إليها بالتأمل النظري البحت، بل إن الفلسفة العلمية هي وحدها التي تستطيع معاونة الفيزياء في هذا المجال، ولكي نفهم هذا التطور يتعين علينا أن نبحث في معنى القضايا المتعلقة بالعالم الفيزيائي " (علي، 2005، صفحة 144). وانطلاقاً من هذا انصب تركيز الفيزيائيين على فكرة الذرة والتي تطور مفهومها في إطار بحوث معمقة ولدت ظهور ما يسمى بالنظرية الذرية المعاصرة، والتي مرت بمرحلتين حيث تطور خلالهما مفهوم الذرة. وفيما يلي نبين أهم ما قدمه علماء الفيزياء المعاصرة في مجال دراسة المادة في إطار النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الأولى وكذا مرحلتها الثانية.

وبعد هذا العرض الذي من خلاله قد بينا فكرة البحث نسأل:

هل يمكن دراسة المادة في الفيزياء وحدها دونما الحاجة إلى تحليل فلسفي للفيزياء؟

كما يمكن طرح أسئلة جزئية كالآتي:

. هل أجاب علماء الفيزياء عن أصل نشأة المادة في الفيزياء الذرية؟

. ماذا أضاف الفلاسفة عن فكرة الهيولى اليونانية مع تطور الفيزياء المعاصرة؟
فرضيات البحث:

- توجد مفاهيم جديدة مع نظرية الكوانتم في مناقشتها للنظريات الفيزيائية الكلاسيكية.

- يوجد تصور جديد للذرة، خاصة مع أفكار العالمين "رذرفورد" و"بلانك".

- يوجد تصور جديد للإلكترون، من خلاله نفهم الفيزياء المعاصرة.

- يوجد تصور جديد للمادة من خلاله ينهار مفهوم الحتمية ويحل محله الإحتمال.

أهداف البحث:

- محاولة بيان قيمة نظرية الكوانتم في مناقشتها للنظريات القديمة عن

الاشعاع من الجوامد الساخنة تستند على الفرض القائل بأن الذرات والجزيئات

تتذبذب في الجوامد في نطاق متصل فتنبعث فيها أمواج ضوئية مثلما تنبعث الأمواج

الصوتية من عدد ضخم من الأوتار المتذبذبة المختلفة الأنغام.

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

- محاولة الوصول إلى تركيب تصور عن الذرة، من خلال فرضياتهم البحثية، خاصة مع أفكار العالمين "رذرفورد" و"بلانك"، وفهم العلاقة الرياضية للظواهر المنبعث منها. من أجل فهم التصور النموذجي الجديد، لفتح الطريق لمفاهيم حديثة وميادين جديدة في مجال الفيزياء الذرية المعاصرة.

- محاولة بيان التصور الفلكي لبنية الذرة، قصد حل المشاكل العالقة في الفيزياء المعاصرة، وفي مقدمتها مشكلة الإلكترون، التي تسائل حولها العلماء، وبالأخص فكرة عدم سقوط الإلكترون في نواة الذرة وفق ما تقتضيه الديناميكية الكهربائية.

- محاولة عمل مقارنة في مشكلة علاقات الارتباب واللاتحديد، والتي تطرح مشكلة الحتمية في العلم. فالحتمية العلمية تقوم كلها على الاعتقاد في إمكانية توقع موقع الجسم إذا عرفت سرعته. وبما أن هذا التوقع أصبح مستحيلا في الفيزياء الذرية، فالتصور الكلاسيكي للحتمية ينهار تماما ليحل محله الاحتمال وهي المسألة التي لا تحتاج بحثا معمقا مشتركا بين علماء الفيزياء وفلاسفة العلم.

منهجية البحث:

لقد غلب في بحثنا هذا المنهج الوصفي التاريخي من أجل تتبع فكرة "المادة" في المفهوم الفلسفي والفيزيائي، مع المنهج الوصفي التحليلي من أجل تحليل وتوصيف المعارف تحليليا فلسفيا من خلاله نحيط بأفكار العلماء والفلاسفة ابستمولوجيا حول موضوع بحثنا.

2. النظرية الذرية المعاصرة:

1.2. النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الأولى:

1.1.2. لقد كانت بدايتها مع الفيزيائي الايطالي "أميديو أفوجادرو" (Amedeo Avogadro /1776_1856م)، الذي اهتم بدراسة الذرة، حيث قدم افتراضا مفاده أن ثمة جزيئات في المادة، فأرسي بذلك حجر الأساس للنظرية الكيميائية للذرات. وقد جاء فرضه هذا نتيجة لقوانين اتحاد الغازات، وتغير حجمها مع الضغط ودرجة الحرارة، وهو ينص على أن الحجم المتساوية من جميع الغازات تحتوي على العدد نفسه من الجزيئات في درجات الحرارة الواحدة والضغط المتساوية وقد أكدت التجارب صحة هذا القانون، وحسبه عدد من الذرات يساوي عدد الجزيئات في

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

الوزن الجزيئي بالجرامات. ويسمى هذا العدد الهام "عدد أفوجادرو" وهو يساوي $(6,024 \times 10^{23})$ ، وهذا نسبة لأفوجادرو مكتشفه. (مصطفى، من دون سنة، صفحة 69). وهكذا ميز "أفوجادرو" بين نوعين من الجسيمات المتناهية في الصغر وهي الجزيء والذرة، فالجزيء جسيم متناهي في الصغر يمكن أن يوجد منفردا وتظهر فيه خواص المادة، وهو يتكون من عدد صحيح من الذرات التي قد تكون متشابهة في جزيء العنصر البسيط وقد تكون مختلفة في جزيء العنصر المركب. ولا ينقسم الجزيء بالطرق العادية وإنما خلال التفاعل الكيميائي. أما الذرة فهي أصغر جزء من المادة لا يوجد على حالة انفراد ولا تظهر فيه خواص المادة ولكنه يشترك في التفاعل الكيميائي. (مصطفى، من دون سنة، صفحة 69). وفي نفس الإطار "طور ج. طومسون" (JOSEPH JOHN THOMSON / 1856-1940م) بحوث أفوجادرو، حيث قاس النسبة بين شحنة الأيونات وكتلتها في التفريغ الكهربائي في الغازات المختلفة ولاحظ وجود أيونات كثيرة موجبة الشحنة وسالبة، ووجد أن نتائجه تتفق مع النتائج المحصل عليها من تجارب التحليل الكهربائي. ولكن الأهم من ذلك أنه وجد جسيمات تحمل الشحنة نفسها وتبلغ كتلتها 1/1845 تقريبا من ذرة الهيدروجين أخف الذرات وأطلق على هذه الجسيمات اسم الالكترونات. (أومنيس، 2008، صفحة 184)، فبين أن هذه الالكترونات كانت داخل الذرات، ثم أخرجت منها بفعل التفريغ الكهربائي إذ أن الغاز كان متعادلاً قبل إمرار الكهرباء فيه. وهكذا ظهر أول دليل على أن الذرة ليست كائنا بسيطا ولكنها مركبة وأول ما عرف من مكوناتها الالكترتون سالب الشحنة، وهو جسيم خفيف جداً بالنسبة للكتلة الكلية للذرة.

2.1.2. وبعد الجهود التي بذلها "طومسون" في المجال الذري، جاء العالم الانجليزي "أرنست رذرفورد" (ERNEST RUTHERFORD / 1871-1937م)، وتناول موضوع تركيب الذرة ونواتها بعناية ودرسها دراسة مستفيضة، حتى اكتشف ما يسمى بالبروتون في نواتها، وبعد أن اكتشف العالم الفرنسي "هنري بكريل" (HENRI BECQUEREL / 1852-1908م)، و"ماري كروي" (MARIE CURIE / 1867-1934م)، الإشعاعات الذرية، وبدأ "رذرفورد" تجاربه على الأشعة المنبعثة من المواد المشعة، ومن تشتت تلك الأشعة عند حواجز رقيقة جداً من المعادن أمكنه استنتاج أن: للذرات التي اعترضت مسار أشعة ألفا نواة تحمل شحنات موجبة التكهرب، وهنا

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

فكر في وضع نموذج للذرة سمي بإسمه "نموذج رذرفورد لبنية الذرة". حيث بين أنه يوجد على الأقل نوعان مختلفان من الاصدارات الاشعاعية واحد لا يمكن إيقافه بقطعة من الورق المقوى، وآخر يحوز قدرة أكبر على النفاذ، وقد أسماها نمطي النشاط الاشعاعي ألفا وبيتا. (لندي، 2009، صفحة 60). فوضع " رذرفورد " نموذجاً للذرة يعتبر نقطة الابتداء للآراء الحديثة لتكوين الذرة حيث افترض أنه بدلاً من توزيع الشحنة توزيعاً منتظماً على كرة اعتبرها طومسون النواة فإنها تتركز في منطقة غاية في الصغر قطرها أقل من مليون من السنتيمتر، وسميت هذه المنطقة فيما بعد "بالنواة". حيث تتكون الذرة من نواة موجبة الشحنة تتركز فيها كتلتها، يحيط بها عدد من الالكترونات السالبة الشحنة تتحرك بسرعة حول النواة، وعدد الالكترونات خارج النواة يساوي عدد الشحنات الموجبة التي تحملها النواة حتى تكون الذرة متعادلة كهربائياً وأن حجم النواة مضافاً إليه حجم الالكترونات صغيرة جداً بالنسبة لحجم الذرة بمعنى أن معظم الذرة فراغ. (ماثيوز، صفحة 160). وقد وجد الباحثون أن نوى بعض العناصر تحمل شحنة كهربائية مقدارها يساوي نصف الوزن الذري، أي نصف النواة يحمل شحنات موجبة، وكأن من أهم الصعوبات التي تعترض أي نموذج للذرة هي وجود الالكترونات سالبة التكهرب بجانب النواة موجبة التكهرب دون انجذابهما والتصاقهما وتلاشي شحنتهما مما يتعذر معه اخراج الالكترونات من الذرة، فلا تستقر الذرة إذا كانت القوى المؤثرة على مكوناتها هي قوى الجذب الكهربائي وحدها. (مصطفى، من دون سنة، صفحة 73). ومن منظور "رذرفورد" الذرة تشبه المجموعة الشمسية، تدور فيها الالكترونات حول النواة كدوران الكواكب حول الشمس. (بوعزة، 2007، صفحة 57)، ووصف "جون جريبين" (JONE GRIBINE)، ذرة رذرفورد في قوله: "وهكذا اقترح رذرفورد سنة 1911 نموذجاً للذرة، وهو النموذج الذي أصبح الأساس في فهمنا الحديث لبنية الذرة، قال رذرفورد بضرورة وجود منطقة مركزية صغيرة في الذرة أطلق عليها النواة، تحتوي على كل الشحنة الموجبة للذرة وكمية مساوية تماماً ومضادة من شحنة سالبة في سحابة الالكترونات التي تحيط بالنواة، وهنا تصنع النواة والالكترونات معا ذرة متعادلة كهربائياً." (جريبين، 2009، صفحة 46) وهذا ما تضمنته النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الأولى.

2.2. النظرية الذرية المعاصرة في مرحلتها الثانية:

1.2.2. لقد كان اكتشاف النشاط الإشعاعي الطبيعي كظاهرة جديدة نقطة تحول في النظرية الذرية المعاصرة حيث يعد بداية هذه النظرية في مرحلتها الثانية. وتمثلت هذه الظاهرة الجديدة في أن هناك أشعة نفاذه غير منظورة تشبه الأشعة السينية تنبعث من معدن اليورانيوم، فالخوارج الإشعاعية لليورانيوم وغيره من المواد ترجع إلى التغيرات السريعة داخل تركيب الذرة وكل المحاولات التي بذلت لإيقاف تلك التغييرات بالطرق الطبيعية المعروفة كتأثير الحرارة والبرودة والتفاعلات الكيميائية لم تنجح، ولم تحد من قوة نشاطها الإشعاعي. وبهذا فإن النشاط الإشعاعي تيارات سريعة غاية في السرعة في مركز الذرة وتستمر هكذا حتى تنتهي المادة المشعة، وتتحول إلى أخرى خاملة، وعلى ضوء هذه الحقائق تنشأ الإشعاعات الذرية من اضطرابات نواة ذرة المادة المشعة فتنبعث من النواة ثلاثة أنواع من الأشعة هي:

- أشعة ألفا: وهي عبارة عن جسيمات تحتوي كل منها على بروتونين ونيوترونين وتحمل شحنة كهربائية موجبة قدرها ضعف شحنة البروتون الموجبة، وبانبعاثها من النواة تتحول النواة على نواة ذرة أخرى أقل منها في العدد الذري.
- اشعة بيتا: وهي عبارة عن الكترونات تكونت بالنواة نتيجة لتحلل النيوترون إلى بروتون وإلكترون، فيبقى البروتون بالنواة ويحولها إلى نواة ذرة أخرى أكبر منها في العدد الذري ويتطير الإلكترون ويسمى أشعة بيتا، ولذلك فهي سالبة التكهرب ولا تختلف عن اشعة المهبط سوى أنها ذات طاقة عالية.
- أشعة جاما: وهي أشعة كهرومغناطيسية كالضوء والأشعة السينية وتصاحب أشعة ألفا أو بيتا إذا لم يتحقق للنواة الاستقرار. طول موجتها أقصر من طول موجة الضوء العادي لا تؤثر في الألواح الحساسة ولا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية. (جورج، 2010 صفحة 308)

إضافة إلى ذلك عزز "رذرفورد" النظرية القائلة بأن النشاط الإشعاعي يتسبب من تحطيم الذرات، وكان ذلك نتيجة بحوث أجريت على طبيعة الإشعاع المنبعث من

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

المواد المشعة في حالة الراديوم، حيث وجد أن جسيمات ألفا تنبعث منه، وهذه الجسيمات مشابهة تماما لنواة ذرة الهيليوم، إذ تتحطم ذرات الراديوم واحدة تلو الأخرى مشعة من داخلها جسيمات ألفا، وكذلك ينبعث جزء من طاقة الراديوم المشع على هيئة أشعة جاما التي قلنا أنها اشعة كهرومغناطيسية كالضوء ولكنها أقوى منه بكثير. كما بين أن ذرات الراديوم المتحطمة لا تحتفظ بخاصية عنصر الراديوم بل تتحول إلى مادة أخرى جديدة هي غاز الراديوم.

2.2.2. لقد بدأ التحول من عنصر الراديوم إلى غاز الراديوم غريبا في بادئ الأمر، فعندما تنفصل نواة الهيليوم التي تتكون من بروتونين ونيوترونين من ذرة الراديوم تفقد الأخيرة شحنتين موجبتين فيترتب على هذا أن تفقد إلكترونين، لتحتفظ بتعادلها الكهربائي. ولما كان العدد الذري للراديوم 88 فإن الذرة الجديدة تكون ذات عدد ذري 86 أي يحيط بها 86 إلكترونات وبالرجوع إلى جدول العناصر لمندليف نجد أن الذرة الجديدة ذرة غاز الراديوم. (أومنيس، 2008، صفحة 186). ومن ذلك لدينا عنصر يتحول إلى عنصر آخر من تلقاء نفسه، ولذا يفسر النشاط الإشعاعي بأنه عملية تحول عنصر إلى آخر ينطلق أثناءها من داخل النواة جسيمات متناهية في الصغر وبسرعة فائقة. وبعد فترات زمنية معينة ستتحول هذه المواد ذات النشاط الإشعاعي إلى رصاص وهو آخر مراحلها الخاملة. وسعى رذرفورد هذا التحول بنظرية التحول الإشعاعي أو نظرية التحول العنصري حيث أن الأشياء التي تتحول هي الذرات بحيث يصبح عنصرا ما عنصرا آخر، ويتحول هذا الناتج بدوره إلى ناتج آخر فيما يصاحب كل تحول بعينه من الاصدار الاشعاعي. (لندلي، 2009، صفحة 62).

والملاحظ أن تصور رذرفورد للذرة اعترضته عدة صعوبات حيث، ظهرت النواة كوحدة أدق في تركيب المادة عنده وحاول استكمال الصورة التي تخيلها للذرة، كما حاول ترتيب الالكترونات حول النواة وبدا له الأمر سهلا وواضحا في البداية، فالإلكترون سالب الشحنة والنواة موجبة، إذ رأى أنه لا بد من وجود قوة جذب كهربائية تعمل بينهما كقوة الجذب التي تعمل بين الشمس والكواكب. وهذا حسبه نجد شها كبيرا بين الشمس وكواكبها وبين النواة والكتروناتها، فطبيعة القوى التي تعمل على المجموعتين واحدة. وعلى ذلك فيجب أن تكون المجموعتان متشابهتان في السلوك ويجب أن نجد في الذرة مجموعة شمسية دقيقة تدور فيها الكواكب

"اللاكترونات" حول شمسها النواة ، بالكيفية نفسها تماما التي تدور بها الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس.

3.2.2. ولكن الشبه بين المجموعة الشمسية والذرة ليس كاملا فإكترونات المجموعة الذرية تحمل شحنات كهربية. ويكون مدار الالكترون في الذرة مختلفا عن مدار الكوكب حول الشمس فإننا نتوقع أن يكون مدار الالكترون في الذرة مختلفا عن مدار الكوكب حول الشمس ، فهذا الأخير ثابت ما لم يصطدم الكوكب بجرم سماوي يزحجه عن مساره، أما المدار الالكتروني فيجب أن يتناقص تدريجيا نتيجة للإشعاع الصادر عن الالكترون المتحرك ويكون هذا المدار أشبه بحلزون ينتهي في نهاية الأمر إلى النواة. فيسقط فيها وبذلك تهيار الذرة ولا سبيل إلى ارجاعها إلى ما كانت عليه. كما يؤاخذ على رذرفورد من جهة أخرى اعتباره أن الذرة غير مستقرة على الاطلاق وأنها يجب أن تشع طاقة على مدى متصل من الترددات. وهاتين الخاصيتين في تناقض تام مع الواقع الفعلي، حيث أن الخاصية الأولى غير محققة فالذرات تعرف بأنها أكثر الأشياء استقرارا. (ماثيوز، صفحة 24)، هذه المعطيات تبين نسبة ما جاء به رذرفورد في تصويره للذرة. كما فتحت المجال لنظريات متقدمة في الفيزياء المعاصرة منها نظرية الكوانتم وغيرها.

3. مولد نظرية الكوانتم:

1.3. بعد تصور "رذرفورد" للذرة، ظهرت نظرية جديدة في مجال الفيزياء تصور المادة بنظرة قلبت المفاهيم الكلاسيكية للمادة، حيث كان موضوع انبعاث الإشعاع من الجوامد الساخنة أدى إلى مولد ونمو نظرية الكوانتم. كانت النظريات القديمة عن الاشعاع من الجوامد الساخنة تستند على الفرض القائل بأن الذرات والجزيئات تتذبذب في الجوامد في نطاق متصل فتنبعث فيها أمواج ضوئية مثلما تنبعث الأمواج الصوتية من عدد ضخم من الأوتار المتذبذبة المختلفة الأنغام. (ماثيوز، صفحة 20) وهي من المعلومات العامة المعروفة قبل ذلك لجميع الفيزيائيين. وأن الأجسام المعدنية كالأسلاك عندما تسخن تتوهج وتبعث إشعاعا أحمر ثم إذا ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك فإن لون السلك يتغير إلى اللون البرتقالي ثم إلى اللون الأصفر ثم إلى الأبيض، وقد بذلت محاولات عديدة لتفسير هذه الظاهرة إلا أنها باءت جميعا بالفشل.

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

1.3. ففي عام 1900م بدأ "ماكس بلانك" (MAX PLANCK) من تلك الحقيقة البسيطة المعروفة وهي احمرار القضيب المعدني ثم تحوله إلى اللون البرتقالي فالأصفر فالأبيض المتوهج، فاكتشف أن هناك علاقة رياضية بين الطاقة التي يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التي تنبعث منه. وافترض في بادئ الأمر أن الذرات أو الجزيئات المعدنية لا تشع إشعاعا متصلا، بل تشع إشعاعا متقطعا يخرج في نبضات منفصلة، ثم يمكننا بعد ذلك رياضيا أن نسمح لحجم هذه النبضات المنفصلة أن يصغر شيئا فشيئا حتى تلتئم ويبدو تدفق الطاقة مستمرا، والوضع هنا مماثل لعين الإنسان التي لا تستطيع تسجيل الظواهر التي تراها بصورة منفصلة إذا ما كانت تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة كبيرة فالسينما تعتمد على الديمومة لدى عين الإنسان فتبدو الحركة على الشاشة بالنسبة للمشاهد كأنها مستمرة. وهذا ما ينطبق على الضوء، الطاقة المنبعثة من مصدر الضوء تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة تفوق كثيرا سرعة تتابع الصورة في الفيلم السينمائي ولهذا السبب فإن ردود أفعال العين لكل نبضة تتوحد في الإنطباع الضوئي المستمر. (ماثيوز، صفحة 18) كانت نتيجة هذه العملية الرياضية جديدا غير متوقع. فقد وجد بلانك أنه إذا أجرينا الحسابات إلى نهايتها فلن تكون النتيجة أفضل حظا من نتائج النظريات السابقة. إلا أنه لاحظ في حالة استبقاء فكرة النبضات الإشعاعية المتقطعة وبافتراض أن لكل منها مقدارا من الطاقة يتناسب مع تردد الإشعاع، فالنتيجة التي يتوصل إليها تكون سليمة وتتفق تماما مع التجربة. واستخلص "بلانك" أن الذرات لا تشع اشعاعا متصلا، بل يحدث الإشعاع في تدفقات أو نبضات لكل منها طاقة محددة وقد أطلق على نبضة الطاقة المتقطعة لفظة "كوانتم" أو "كمات". (أومنيس، 2008، صفحة 188)، وعلى هذا الاعتبار فشحنة الالكترتون تمثل كوانتم من الكهرباء. وتمكن بلانك من التوصل إلى إيجاد العلاقة الحسابية بين الطاقة التي يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التي تنبعث منه.. فوجد أن الطاقة المشعة مقسومة على الذبذبة تساوي دائما كم ثابت، هذا الكم الثابت أسماه ثابت بلانك والمعادلة التالية تبين العلاقة بين الطاقة والذبذبة:

$$(الطاقة = ه \times ن).$$

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

2.3. ومن هنا افترض أن الطاقة المشعة تنبعث في كميات متتابعة في دفعات أو حزم أو نبضات أو جسيمات من الطاقة أطلق عليها " فوتونات " حيث "ه" مقدار ثابت و"ن" هي ذبذبة الاشعاع. وعبر عن ذلك بي.تي ماثيوز في قوله: "يمكن القول أن فرض بلانك ينص على أن أي شعاع يتردد يتصرف كما لو كان عبارة عن تيار من الجسيمات، وكل جسيم يحمل طاقة مقدارها $E=h \times w$ وأن هذه الطاقة تنبعث أو تمتص بواسطة المادة" (ماثيوز، صفحة 19). فوجد أن ثابت بلانك مقدار صغير جدا يبلغ نحو: $10 \times 6.626 \times 10^{-27}$ ويعد هذا الثابت أهم المقادير الأساسية في الكون، ففي أي عملية إشعاع نجد أن مقدار الطاقة المنبعثة مقسوماً على الذبذبة يعطينا مقداراً ثابتاً هو ثابت بلانك. (أ.تيرنوف، ف.جوكوفسكي صفحة 09) وهذا الثابت لا يمكن تفسير مقداره، كما لم يمكن تفسير سرعة الضوء. فهو كغيره من الثوابت الكونية عبارة عن حقيقة رياضية لا يمكن تفسيرها. ومن ناحية أخرى في فرض بلانك، فالنظرية تقضي بأن الذرة لا تستطيع أن تشع أي كمية تصلها من الطاقة، بل عليها أن تنتظر حتى تتكامل لديها كمية معينة فتشعها ولا تشع سواها، ولذا فإن فرض بلانك يبين أن مكونات الذرة مقيدة في تحركاتها بقواعد كمية، إذ أن تغيرات الطاقة المسموح بها هي التغيرات المتقطعة المنفصلة فحسب. ووصف ذلك بي ثيماثيوز في قوله: "إن تبادل الطاقة بين المادة والاشعاع عند بلانك يتم بصورة متقطعة." (ماثيوز، صفحة 19).

3.3. وهكذا فسر "ألبرت أينشتاين" من جهته حركة الالكترونات حيث بين بأن الضوء لا يسقط على اللوح المعدني في سيال متصل وإنما في دفعات من الطاقة سماها "فوتونات" وتصطدم هذه الفوتونات بالالكترونات في اللوح المعدني كما تصطدم العصا بكرات البلياردو فتطلقها حرة. ولذا أقر اينشتاين أن هذه الظواهر لا يمكن تفسيرها الا بافتراض أن الضوء مكون من حزم ضوئية منفصلة عبارة عن جسيمات من الطاقة أسماها فوتونات وأن فوتونات الأشعة البنفسجية والأشعة فوق البنفسجية بل وكل الموجات عالية التردد تختزن طاقة أكثر مما تختزنه فوتونات الأشعة الحمراء أو دون الحمراء. واستطاع أينشتاين أن يربط هذه العلاقات في سلسلة من المعادلات الرياضية والتي سميت بمعادلات اينشتاين في ظاهرة الانبعاث الكهروضوئي بهذه المبادئ الجديدة التي أوجدها اينشتاين نتجت مشكلة من أعماق

المشاكل الفيزيائية - أن المادة مكونة من ذرات-كل ذرة مكونة من جسيمات صغيرة جدا عرفت بالالكترونات والنيوترونات والبروتونات.

4. الدراسات الفيزيائية المعاصرة للمادة والطاقة:

1.4. النظرية الذرية لنيلزبور:

1.1.4. بعد اكتشاف "الكوانتم" مع "ماكس بلانك"، أعلن العالم الدانماركي نيلز بور BOHRNIELS (1885-1962) عام 1913 فكرته عن تركيب الذرة حيث وضع لذرة الهيدروجين تصورا مستعينا بافتراضات وأفكار العالمين "رذرفورد" و"بلانك"، وقد نجح في وضع علاقة رياضية للطيف المنبعث منها. وكان ما تصوره نموذجا جديدا فتح الطريق لمفاهيم حديثة وميادين جديدة في مجال الفيزياء الذرية المعاصرة ومن أجل هذا مُنح نيلز بور جائزة نوبل عام 1922. ويمكن تلخيص تصوره للذرة في أن النواة موجبة الشحنة وتوجد بمركز الذرة، كما تتحرك الالكترونات السالبة حول النواة في مدارات محددة تعرف باسم "مستويات الطاقة Levelenergy". وأن الالكترون لا يصدر إشعاعا طالما كان يتحرك في مستوى الطاقة (إنفلد، 2009 صفحة 87). وتوصل كذلك إلى أن عدد الالكترونات حول النواة يساوي عدد الشحنات الموجبة التي تحملها النواة، وعندما يقفز الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل فإنه يصدر إشعاعا له كم طاقة يسمى كوانتم. كما بين بور أنه ليس بمقدور الالكترونات أن تهتز بأي قدر من الطاقة تفنى بتحديدده. وكل ما تستطيعه هو حمل الطاقة بأضعاف كم أساسي ما. حيث حين تمر جسيمات ألفا عبر مادة صلبة، فإنها لا تستطيع أن تتخلى عن طاقتها للالكترونات التي تصادفها إلا وفق المقادير الكمية. (لندي، 2009، صفحة 71).

2.1.4. بالاضافة إلى ذلك أكد "بور" أن الذرة تمسك بزمام مجمل الالكترونات عبر نوع من القوة المقيدة. وهكذا افترض أن كل الكترون لا يتحرك بحرية بل مقيد في موضع ما، يتذبذب ذهابا وإيابا مثل كرة معلقة بنابض. (لندي، 2009، صفحة 71) وفي وصفه للذرة شبهها بالمجموعة الشمسية حيث جاء في كتابه النظرية الذرية ووصف الطبيعة قوله: "وصورة الذرة التي نتعامل معها هي منظومة ميكانيكية تشبه في سمات رئيسية معينة المجموعة الشمسية، التي إكتسبت منها الميكانيكا نصرا عظيما." (بور، 2009 صفحة 94). وبهذا عوض اعتبار الالكترونات على أنها تتذبذب

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

بطريقة غير محددة، أصبح بور يتصور بشكل واضح أنها تدور في فلك النواة كما تدور الكواكب حول الشمس. و كما أن الجاذبية تحافظ على وحدة المجموعة الشمسية، فإن الجذب بين الإلكترونات المشحونة سلبا والنواة الموجبة يحافظ على النظام في الذرة.

3.1.4. وبين بور السمات الرئيسية لصورة الذرة التي تناولها حيث قال: "وسأذكركم بالسمات الرئيسية لصورة الذرة التي عرفناها من خلال هذه الاكتشافات، فلجسيمات الشحنة - التي تدعى إلكترونات، والممسوكة داخل الذرة بواسطة التجاذب مع نواتها موجبة الشحنة، والأثقل كثيرا في كتلتها - تدخل كشيء أساسي في بناء كل الذرات." (بور، 2009 صفحة 92) وركز هنا على الالكترونات كعنصر أساسي في بناء الذرة. وأضاف قائلا: "وتحدد كتلة النواة الوزن الذري للعنصر، وبخلاف ذلك لها تأثير طفيف على خواص المادة، ويعتمد أساسا على الشحنة الكهربائية للنواة، التي هي دائما مضاعفات لشحنة الالكترون دون النظر لإشارتها." (بور، 2009 صفحة 92) أي أن النواة تحمل الوزن الذري للعنصر، وتتسم بشحنة كهربائية. وأضاف ميزة أخرى للذرة قائلا: "والآن هذا العدد الصحيح الذي يحدد الالكترونات الموجودة في الذرة المتعادلة، أصبح العدد الذري يحدد مكان العنصر فيما يدعى النظام الطبيعي. والذي يعبر عن العلاقات الغريبة للعناصر من حيث الخواص الفيزيائية والكيميائية بطريقة مناسبة." (بور، 2009 صفحة 92) وبهذا حسب بور في كل ذرة متعادلة عدد صحيح يبين عدد الالكترونات الموجودة فيها. ومن هنا يتضح أن فروض " نيلز بور" مزيج من الأفكار في الفيزياء الكلاسيكية وبعض أفكار فيزياء انتقال الطاقة أي فيزياء الكوانتم، ونظرتة يعاب عليها أنها لم تنجح في تفسير أطيف العناصر الأخرى الأكثر تعقيدا من ذرة الهيدروجين.

2.4. المادة والطاقة عند لوي دي بري:

1.2.4. تواصلت الدراسات الفيزيائية للمادة والطاقة عند الفيزيائيين المعاصرين، فبالإضافة إلى ما توصل إليه نيلز بور، اكتشف "لوي دي بروي" (LOUIS DE BROGLIE / 1892-1987م) عام (1924م) في دراسته للمادة والضوء أن الضوء يتصف بالموجية والجسيمية فهو يتخذ سلوك الموجات في التداخل والحيود والظواهر الموجية الأخرى، ويتخذ سلوك الجسيمات في الظاهرة الكهروضوئية وانبعث

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

الالكترونات. (أومنيس، 2008، صفحة 192). كما انتبه إلى تماثل آخر بين الضوء وحركة الأجسام، وهو أن الموجات والجسيمات تتبع أقصر الطرق في مسيرها مهما تكن الأوساط التي تتحرك فيها. فخطر له أنه إذا كانت الطبيعة تحب التماثل، فيجب أن تكون الطاقة والمادة متماثلتين، فإذا اتصفت الطاقة الإشعاعية بالموجية وجب أن تتصف المادة أيضا بالموجية. وبهذا فهو يعتبر المادة والطاقة متماثلتين من حيث الطبيعة.

2.2.4. وكانت البداية عند "دي بروي" بدراسة تداخل الضوء على أساس أنه فوتونات ووجد أنه يمكن تفسير ظاهرة التداخل وهي خاصية موجية صرفة على أساس أن الفوتونات تصحبها موجات، والفرق بين وجهة النظر هذه ووجهة النظر الكلاسيكية هو أن الطاقة في الموجات الكلاسيكية منتشرة على الموجات وتتقدم في خط متصل، ولكنها في هذه الحالة مركزة في الفوتونات حيث ينعدم الاتصال. وهنا تأتي ل"دي بروي" أنه لما كان الجسيم المتحرك يحمل طاقة، مثله في ذلك مثل الفوتون، وأن الطاقة المصاحبة لسيل من الجسيمات المتحركة تتصف بعدم الاتصال، فلماذا إذن لا يصحب الجسيم المتحرك موجة كالموجات المصاحبة للفوتونات؟

3.2.4. وللإجابة على هذا السؤال واصل مقارنته بين الجسيمات المتحركة والفوتونات، وحدد طول الموجة المصاحبة للجسيم المتحرك فوجد أن للجسيمات الصفات المميزة للموجات. ومثال ذلك رؤية نموذج الحيود عندما يعترض طريق حزمة من الإلكترونات عائق، كالنموذج الذي تكونه الحزمة الضوئية بمرورها في محزور الحيود. (ماثيوز، صفحة 26). وهكذا ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن الالكترونات وكذلك البروتونات أو أي جسيم آخر يتصف بالموجية. وحفز هذا التشابه بين الحزمة الضوئية والحزمة الالكترونية، على دراسة البصريات الالكترونية وتصميم العدسات التي تجمع الحزمة الالكترونية وتفرقها. وبهذه النظرة أصبحت المادة تماثل الطاقة فكلاهما يحمل الطبيعة الموجية الجسيمية عند لوي دي بروي. وأكد ذلك من جهته "بول ديراك" (P. DIRAC / 1902-1984م)، في كتابه مبادئ ميكانيكا الكم حيث قال: "لا تقتصر مصاحبة الجسيمات والموجات فقط على حالة الضوء، ولكن وفقا للنظرية الحديثة فإن لها صفة العموم. فكل أنواع الجسيمات مصحوبة

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

بموجات بهذه الطريقة ومن ثم كل الحركات الموجية تكون مصحوبة بجسيمات. وعليه فإن كل الجسيمات يمكن أن يظهر لها تأثيرات تداخلية وكل الحركات الموجية تكون طاقتها في صورة "كمات" والسبب في أن هذه الظواهر العامة هو قانون التناسب بين الكتلة والطاقة للجسيمات وتردد الموجات." (ديراك، 2010 صفحة 25) وبرر ديراك ذلك بحكم أن قانون تناسب الكتلة والطاقة يفسر الطابع الموجي والجسيمي للمادة، وهذا دعم موقف لوي دي بروي القاضي بالجمع بين الطابع الموجي والجسيمي.

3.4. شرودنجر والميكانيكا الموجية:

1.3.4. ومن جهته حاول العالم الألماني "ايرون شرودنجر" (ERWIN SCHRODINGER / 1887-1961م) عام 1926 تطبيق آراء دي بروي على الالكترونات داخل الذرة أملا في أن يجد في الخاصية الموجية للجسيمات تفسيرا مقنعا للظواهر الذرية. حيث رأى أن الإلكترون ينحصر بداخل الذرة تحت تأثير قوة الجذب الكهربائية بينه وبين النواة الموجبة الشحنة، وهذه القوة ذاتها هي التي تحصر الموجات الالكترونية. وعلى هذا الأساس تساءل "شرودنجر" عن الكيفيات التي يمكن أن تكون عليها الموجات الالكترونية. فوجد أنها لا يمكنها أن تتخذ أي كيفية ولكن الأطوال الموجية المسموح لها أطوال معينة فقط مثلها في ذلك مثل الأطوال الموجية المسموح بها في اهتزاز وتر الكمان. ويقابل أكبر طول موجي مسموح أقل تردد، ومن ثم يقابل أقل قيمة لطاقة الالكترون. وعندما تتخذ الموجة الالكترونية هذا الطول الموجي تكون الذرة في أدنى حالات الطاقة أي تكون في حالتها المستقرة وتسمى بالحالة الطبيعية للذرة. (ماثيوز، صفحة 45).

2.3.4. وهكذا نجد أن الذرة تتخذ حالات كوانتم معينة وهذه نتيجة مباشرة للخاصية الموجية للجسيمات، إذ أن الموجات الجسيمية تستلزم وجود صفة الكوانتم. وكل ما يمكن قوله هو أن الالكترون يتحرك في الذرة بكيفية تجعل الموجة الالكترونية تتخذ أحد الأطوال الموجية المسموح بها. ومن جهة أخرى تقدم شرودنجر بمجموعة من المعادلات الرياضية ليعلن نظرية أسماها الميكانيكا الموجية، في هذه النظرية أثبت بالتجربة أن حزمة من الالكترونات الساقطة على سطح بلورة معدنية تحيد بنفس الطريقة التي تحيد بها أمواج البحر التي تدخل من مضيق، واستطاع أن

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

يحسب طول موجة الالكترونات التي تحيد بهذه الطريقة. (أومنيس، 2008، صفحة 193) وأعقب هذا اكتشاف آخر فقد أثبتت التجارب التي أجريت على حزم من الذرات، ثم على حزم من الجزيئات أنها بإسقاطها على بلورة معدنية تتصرف بنفس الطريقة الموجية وأن طول موجاتها يمكن حسابه بمعادلات شرودنجر. وبهذا بدأ صرح النظريات المادية كله في الإنهيار إذ أن كلما هنالك هي طاقة متموجة. وتناول "نلزبور" من جهته نظرية الموجة لشرودنجر حيث قال: "وعلى كل فقد نجح شرودنجر في تطوير طريقة لنظرية الموجة، تلك التي فتحت آفاقا جديدة وأثبتت أن لها أهمية حاسمة في التقدم العظيم للفيزياء الذرية خلال السنوات الأخيرة." (بور، 2009 صفحة 69) وفي هذا اقرار بالابداعية التي تميزت بها بحوث "شرودنجر". ومن جانب آخر أقر بور بأن معادلات شرودنجر مثلت الحالات المستقرة للذرة وهذا وفقا لعلاقة الكم العامة بنجاح حيث قال: "وبالفعل قدمت الذبذبات الملائمة لمعادلة الموجات لشرودنجر تمثيلا للحالات المستقرة للذرة، وتربط كل حالة بالفترة المقابلة للذبذبة وفقا لعلاقة الكم العامة." (بور، 2009 صفحة 69) وبهذا يكون شرودنجر قد طور بحوثه في مجال الذرة والالكترونات وقدم معادلات كان لها الأثر الكبير في تطور النظرية الذرية المعاصرة.

4.4. الميكانيكا الكوانتية لهيزنبرغ وعلاقات الارتباب:

لقد تعزز التصور الفلكي لبنية الذرة، وقدمت نظرية بور امكانات كبيرة للبحث قصد حل المشاكل العالقة، وفي مقدمتها مشكلة الالكترون، التي تتلخص في السؤال التالي: لماذا لا يسقط الإلكترون في نواة الذرة وفق ما تقتضيه الديناميكية الكهربائية؟

1.4.4. إن الجواب عن هذا السؤال قدمه العالم الألماني "فيرنر هايزنبرغ" (WERNER HEISENBERG / 1901-1976م) الذي أسس الميكانيكا الكوانتية، حيث انبثقت فكرة مؤداها أنه لا يمكن اعتبار حركة الإلكترون داخل الذرة كحركة كرة صغيرة تجري حول مدار ما، ذلك لأن الإلكترون هو من التعقيد والصغر بحيث يستحيل تطبيق قوانين الميكانيكا الكلاسيكية على حركته. (ماثيوز، صفحة 59) وإن من المعادلات التي يحاول العلماء تطبيقها على الإلكترون نجد تلك التي تخص حركة الأجسام الكبيرة القابلة للقياس تجريبيا. وبما أن التجربة تؤكد أن الذرة متوازنة، وأنها تتألف من نواة تدور حولها الإلكترونات، وأنها تطلق مقدارا معيناً من الطاقة عندما تُستثار أي

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

عندما نحاول إخراجها من حالتها المتوازنة، فإنه ليس من الضروري أن يوجد إلكترونات عند انتقاله من حالة قارة إلى أخرى، بمعنى أن طبيعته الخالصة تفرض اعتباره لا كجسيم ينتقل من مكان إلى آخر، بل كشيء يمكن أن يوجد في نفس الوقت في أماكن مختلفة، وبالتالي فإنه لا يمكن أن يوجد بين محطتين مداريتين قارتين لأن وجوده بينهما يتنافى مع طبيعته الخاصة، والمشكلة التي تطرحها نظرية بور تنحصر كلها في: ماذا يحصل عندما يكون الإلكترون بين محطتين مداريتين؟

2.4.4. وأجاب "هايزنبرغ" بأنه لا يمكن أن يتخذ الإلكترون لنفسه مسارا متصلا عند انتقاله من مدار قار لآخر مماثل، وذلك لأن المسار المتصل لا يوجد في الذرة. ولهذا فبدلا من المسار المتصل يجب البحث عن مسار منفصل ينسجم مع الأعداد الكوانتية للحالة الابتدائية والحالة النهائية للإلكترون. وعبر هايزنبرغ عن هذا في كتابه المبادئ الفيزيائية لميكانيكا الكم حيث قال: "وتحليل هذه التجارب أدى إلى استنتاج أنه يمكن للغاز أن يحمل قيم محددة للطاقة وعندما تكون طاقة الذرة معروفة نتحدث عن الحالة الساكنة للذرة، وعندما تكون طاقة الحركة صغيرة جدا تتحول الذرة من حالتها الساكنة إلى أخرى أعلى، سيعمل الإلكترون صدمة مرنة مع الذرة، لكن عندما تكون طاقة الحركة كافية للإثارة فستنقل بعض الإلكترونات طاقتها للذرة. لذا كدالة في السرعة فالتيار الكهربائي (الالكتروني) سيتغير بسرعة في المنطقة الحرجة، وبهذا يكون مفهوم الحالات الساكنة الذي اقترح بواسطة هذه التجارب هو أكثر التفسيرات لعدم الاتصالية في العمليات الذرية." (هايزنبرغ، 2009 صفحة 18). والأمر بهذا شبيهه فرضا بذبابة تنتقل على رقعة شطرنج من مربع إلى آخر، فإنه بالإمكان أيضا التعرف على خط سير الذبابة على الرقعة المذكورة -ولتكن لا نهائية المربعات- من خلال النظرة الى كل مربع من المربعات التي وجدت فيها الذبابة، كلا على حدة، بحيث يكون مسار الذبابة مشتملا على عدد ما من الأعداد الكوانتية التي تتوقف قيمتها على كل مربع في الرقعة. إن الموقع هنا يحدد قيمة الأعداد الكوانتية وهو شيء مخالف لما تعودنا عليه، فالمعادلة التالية: $5=3+2$ هي نفسها عندما نغير موقع العددين 2 و3 ونكتب: $5=2+3$. فموقع الرقم 2 والرقم 3 في الطرف الأول من المعادلة لا يغير شيئا في النتيجة ولكن هذا لا يصلح لتحديد قيم الأعداد الكوانتية التي للإلكترون ما دام الموقع يغير من النتيجة، فلا بد إذن من نوع

آخر من الحساب تراعى فيه مواقع الحدود في المعادلة الجبرية (أي موقع المربعات داخل رقعة الشطرنج). والملاحظ أن الرياضيين كانوا قد شيدوا نوعا جديدا من الحساب سموه الحساب الماتريسي -أو حساب المصفوفات- تراعى فيه مواقع الحدود في أية معادلة أو عملية حسابية، مراعاة تجعل النتيجة تختلف باختلاف مواقع الحدود في المعادلة. وهكذا ففي هذا النوع من الحساب لا يمكن القول إن 2×3 تساوي 3×2 ، لأن تبادل المواقع بين العددين 2 و 3 يغير النتيجة. (الجابري، 2011، صفحة 379)

6. خاتمة:

ونخلص في نهاية البحث إلى أن مفهوم المادة له تعلق بفهم الذرة، وحركة الإلكترون والبروتون، الذي لا يسقط داخل الذرة، وهو الأمر الذي حير علماء الفيزياء، ما جعل تصورهم للمادة متعلق بتحديد تصورهم للذرة نفسها، وتصور الذرة العصري شبيه تماما بتصور فلاسفة اليونان لها حينما يسمونها بالهيولى، وبالتالي فإن الفيزياء العصرية لا يمكنها الانفكاك عن الفلسفة في بحثها المادي.

وأما أبرز النتائج المتوصل إليها ما قدمه "هايزنبرغ"، في زعزعتة للنظرة الكلاسيكية للمادة، وكذا مبدأ الحتمية محدثا ثورة على القديم. هذا عن المادة والطاقة أما طبيعة الضوء فكانت أيضا موضع اهتمام كبير من طرف الفيزيائيين المعاصرين و خاصة علماء الفيزياء الكوانتية. ويبدو جليا التحول والتطور الذي عرفته الدراسات الفيزيائية المعاصرة من خلال التحول الابيستمولوجي المعرفي الذي عرفته الفيزياء الكوانتية.

وفيما يخص اقتراحات ذات صلة بموضع البحث فنقترح: فإننا نقترح بحث مسألة علاقات الارتباب واللاتحديد والتي تطرح مشكلة الحتمية في العلم. فالحتمية العلمية تقوم كلها على الاعتقاد في إمكانية توقع موقع الجسم إذا عرفت سرعته. وبما أن هذا التوقع أصبح مستحيلا في الفيزياء الذرية، فالتصور الكلاسيكي للحتمية ينهار تماما ليحل محله الاحتمال وهي المسألة التي لا تحتاج بحثا معمقا مشتركا بين علماء الفيزياء وفلاسفة العلم.

7. قائمة المراجع:

1. أ. تيرنوف، ف. جوكوفسكي، وأ. س. (2011). الميكانيكا الكوانتية. ت. د. سليمان. الجابري، م. ع.
2. إنفلد، أ. أ. (2009). تطور علم الطبيعة تحول الآراء من المبادئ الأولى إلى النظرية النسبية والكلمات (ط). 2. ت. م. أحمد. القاهرة، المركز القومي للترجمة.
4. أوميس، ر. (2008). فلسفة الكوانتم فهم العلم المعاصر و تأويله. ت. ا. باشا، عالم المعرفة.
5. بور، ن. (2009). النظرية الذرية ووصف الطبيعة ط2. ت. ع. الشيخ، القاهرة: كلمات عربية للترجمة والنشر.
6. بوعزة، س. (2007). جدلية العلم والعقل من منظور ابستمولوجي. دار التوحيد - الرباط.
7. جريبين، ج. (2009). البحث عن قطة شرودنجر الفيزياء الكمية والواقع. مراجعة أحمد عبد الله السماحي. هنداوي.
8. ديرك، ب. (2010). مبادئ ميكانيكا الكم، ترجمة ت. أ. عبادة. القاهرة: كلمات عربية للترجمة والنشر.
9. على، م. ن. (1995). ميكانيكا الكم في النسبية. الاسكندرية، القاهرة.
10. محمود ندا على، ميكانيكا الكم في النسبية، دار الإيمان للطبع والنشر والتوزيع، الإسكندرية 1995
11. علي، ح. (2005). فلسفة العلم عند هانز رشنباخ. الدار المصرية السعودية
12. لندي، د. (2009). مبدأ الريبية اينشتاين، هايزنبرغ، بور. دار العين - القاهرة، ترجمة: نجيب الحصادي.
13. ماثيوز، ب. بي. تي. ماثيوز، مقدمة في ميكانيكا الكم. الدار الدولية - القاهرة، ترجمة: أسامة زيد ابراهيم ناجي.
14. مصطفى، ع. ا. (من دون سنة) نحو فلسفة العلوم الطبيعية النظريات الذرية الكوانتم والنسبية. جامعة المنوفية.

ابستمولوجيا الفيزياء الكوانتية، بين الفيزيائيين والفلاسفة

15. هايزنبرغ, ف. (2009). المبادئ الفيزيائية لميكانيكا الكم الشبكي. ت. د. الشبكي
القاهرة: كلمات عربية للترجمة والنشر.