**المحاضرة رقم :09**

**نظرية الكوانتم**

**تمهيد**

انطلاقا من التطورات التي شهدتها الفيزياء المعاصرة الممثلة في النظرية النسبية العامة والخاصة ،وتطورات المجال الذري مع أبحاث العلماء المستمرة وتجاربهم،كما بدأت الأبحاث في الطاقة مع ماكس بلانكMax Blank(1858-1947) الذي نادى بأن الطاقة مثلها مثل المادة والكهرباء لا تظهر إلا بصورة منفصلة متقطعة،أي على شكل حبات أو وحدات محددة تسمى في الاصطلاح العلمي بالكوانتم quantum جمع كوانتا quanta والتي تعتبر أصغر كمية من الطاقة يمكن إطلاقها أو امتصاصها،إذن :فما المقصود بنظرية الكوانتم؟وماهي المفاهيم الفلسفية التي انبثقت عنها؟

**أولا:مفاهيم أولية حول الكوانتم:**

بحلول القرن العشرين اهتمت الفيزياء الحديثة بالظواهر التي تقع على مستوى الذرات متحدية كافة الصعوبات التي وقفت في طريق الفيزياء الكلاسيكية،ومحدثة بذلك تغييرا كليا في التفكير خلال ثلاثين سنة مضت.

وكان للبحث الذي قام به ماكس بلانك عام 1899 دورا كبيرا في تصحيح الفيزياء الكلاسيكية حتى تتناسب مع الحقائق التي شاهدها في الإشعاع،حيث توصل ماكس بلانك إلى استحالة قياس إشعاع الجسم الأسود باستخدام مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية ،وبيّن هذا البحث سبب عدم تحوّل كل طاقة الأجسام إلى إشعاع.

في نظريته حول الكوانتم يؤكد ماكس بلانك أن الإشعاع ذري في تركيبه مثل المادة مع اختلاف جوهري واحد،فهناك 92 نوعا مختلفا من ذرات المادة،ولكن أنواع الإشعاع المختلفة عددها لا نهائي،فالإشعاع ذا طبيعة موجية بالأحرى عند قوة معينة،ووجد أنه يمتنع بخصائص احتفظ بها مسبقا في ظواهر الميكانيكا الحرارية،حيث لاحظ بلانك أن الإشعاع ينبعث في وحدات منفصلة،وتسمى كل وحدة كمّا،وأن هذا الكم مقدار ثابت مهما اختلفت كتلة المادة أو كثافتها ،وأن الإشعاع ينبعث من المادة الإشعاعية في هيئة جزئيات لا موجات،لذا فالإشعاع من طبيعة ذرية جزيئية.

ومثال ذلك أننا حين نسخن جسما لدرجة حرارة عالية فإنه يتوهج ويبعث شعاعا أحمر،وإذا زادت درجة الحرارة تحوّل لون الذهب إلى برتقالي ثم أصفر ثم إذا زدنا درجة الحرارة تحوّل إلى لون أبيض،فالثابت هو كم الطاقة الصادرة عن الذرة في الثانية الواحدة.

**1-طبيعة الضوء:**

لقد كان الرأي السائد إلى حدود نهاية القرن 19م أن تجليات الطاقة في مختلف الميادين تتم يشكل متصل ،فالطاقة الكهربائية تسري في الأسلاك بشكل متصل مثلها مثل أنواع الطاقة الأخرى،وهذا يعني أنه من الممكن تخفيض شدة التيار الكهربائي إلى أقصى حد دون أن يحدث أي انقطاع،ومثال ذلك الطاقة الحرارية،فلقد كان الإعتقاد السائد :أن درجة حرارة جسم ما يمكن رفعها أو خفضها بكيفية متصلة ،أي بكميات يمكن الزيادة فيها أو النقصان منها،دون التقيد بكمية محددة لا تقبل التجزئة[[1]](#footnote-2)،فظهرت بذلك النظرة الجسيمية للضوءla theorie corpusculaire والتي تذهب إلى أن الضوء مكون من جسيمات ،لكنها فشلت في تفسير انعكاس الضوء على الأجسام،وانعكاس ضوء القمر،لكنها سرعان ما فشلت،لتظهر على إثرها النظرية الموجية مع كريستيان هوجينز الذي أعلن أن الضوء عبارة عن موجات،وهكذا تم استبدال الجسيمات بالموجات، فقُدّر لهذه النظرية أن تنتصر ،كونها تُشبّه الضوء بموجة تنتشر على صفحة الماء،بحيث يكون المصدر الضوئي مركز الذبذبة(الاهتزاز) الذي تتولد عنده الأمواج ،فتنتشر بعد ذلك في كل اتجاه.

لكن هذه النظرية على الرغم من كونها تقدم تفسيرا معقولا لكثير من الظواهر الضوئية ،إلا أنها لقيت معارضة شديدة من طرف نيوتن،لأنه لا تتفق مع النظرية الميكانيكية العامة التي تُرجع جميع أنواع الحركة إلى الفعل وردّ الفعل.

**2-ظهور الكوانتم:** لقد أوضحت الفيزياء الكلاسيكية أن معظم الأنظمة الفيزيائية القديمة ابتداء من فيزياء نيوتن حتى فيزياء الكوانتم(الكم) قد ارتكبت نفس الخطأ،وهو خطأ اعتبار أن المظهر هو الحقيقة ،فقد أغفلت وجود حقيقة أعمق تكمن وراء الأجسام،وجاءت نظرية الكوانتم لتبين أنه علينا الغوص في الطبيعة العميقة للحقيقة ،قبل أن نتمكن من فهم عالم المظهر إلى درجة تسمح لنا بالتنبؤ بنتائج التجارب ،لكن التغيير الذي أحدثته نظرية الكوانتم ليس مجرد استمرار لأفكار الماضي ،بل يبدو انقطاعا حقيقيا عنها في بنية الفيزياء الحديثة.

تُصور لنا نظرية الكوانتم مفاهيم جديدة في فيزياء الذرة،حيث تعرض لنا صورتين متناقضتين للضوء:صورة جسيمية وأخرى موجية،فالصورة الجسيمية عندما تُصور لنا الظواهر تكون محتوياتها نفس مافي الصورة المألوفة للعالم العادي،أي عبارة عن مادة وإشعاع يتواجدان ويتحركان في المكان والزمان ،أما الصورة الموجية فتحتوي على اضطرابات شبيهة بالأمواج،وبنفس الشكل علمتنا نظرية الكوانتم الحديثة أن نفعل دون مفهوم القياس المطلق للزمان ودون مفهوم الحوادث الموضوعية في المكان والزمان.

**-مبدأ اللايقين عند هايزنبرغ:**

لقد قامت الفيزياء الكلاسيكية على مبدأ الحتمية،فطبقا لهذه الفيزياء تحدد قوانين الطبيعة الماضي والمستقبل وصولا إلى أدق التفاصيل،وكأن العالم شبيه بساعة بلغت حد الكمال .لكن مع تطور الدراسات الحديثة تخلى الفيزيائيون عن النظرة الحتمية للطبيعة،وتحول العالم من حتمية الساعة إلى الاعتماد على الصدفة،وهنا جاءت نظرية الكوانتم بتنبؤات إحصائية فقط،وإذا كان يُفترض في الفيزياء أن تتنبأ بدقة بما يمكن أن يحدث في الطبيعة ،ونظرية الكوانتم تحدد بدقة الاحتمالات ولا شيء غير ذلك،ويجد العالم المؤمن بالحتمية صعوبة في أن يتخلى عن الأمل في وجود حقيقة مبنية على الحتمية خلف الحقيقة الكمية ،ولكن في الواقع أن نظرية الكوانتم قد أوصدت كل باب أمام الحتمية حيث يرى هايزنبرغ أنه لا يمكن قياس موضع الالكترون وحساب حرمته آنيا أي في اللحظة نفسها بدقة عالية.

وفي عام 1925 تم اعتماد مبدأ اللاحتمية رسميا،فمبدأ هايزنبرغ الذي ينص على اللاتعيين أي اللاتحقق أي استحالة القياس المتزامن

وتحديد اللانهائي لموضع وسرعة الجزء الكوانتي هو مبدأليس ابستمولوجيا فحسب كما يبدو للوهلة الأولى بل هو مبدأ انطولوجي،وتكمن قوة هذا المبدأ في القدرة على التعبير على اللاحتميات الفيزيائية بلغة رياضية دقيقة،كما يؤدي مبدأ اللاتعيين إلى نشوء ظاهرة مدهشة تعرف باسم ظاهرة "**المرور في نفق الكم** " ،فإذا أطلقت رصاصة من البلاستيك صوب حائط اسمنتي سمكه عشرة أقدام ،فإن الفيزياء الكلاسيكية تؤكد ما تنبؤك به غريزتك،أي أن الرصاصة سترتد إليك لا محالة،والسبب في ذلك ببساطة أن الرصاصة لا تملك الطاقة الكافية لتنفذ إليه،غير أنه على مستوى الجسيمات الأساسية فإن ميكانيكا الكوانتم تبين ما لا يدع مجالا للشك أن دوال الودة أي الموجات الاحتمالية للجسيمات الممكنة للرصاصة تملك قطعا صغيرا جدا سيخترق هذا الحائط،ويعني ذلك أن هناك فرصة ضئيلة لتخترق الرصاصة بالفعل الحائط ........وهذا يعود إلى مبدأ اللايقين لهايزنبرغ[[2]](#footnote-3)،فاللاتحققية ليست أمرا ذاتيا،إنما هي حقيقة موضوعية تتعلق بطبيعة الجسيمات الميكروسكوبية وبنيتها المعقدة.

**5-تتامية بور**

بينما كان هايزنبرغ منكبا على علاقتي اللاتحديد والارتياب ،طوّر بور تفسيره الخاص لنظرية الكوانتم ،وفي الوقت الذي استخدم فيه هايزنبرغ أسلوب الرياضيات لاستخلاص معنى النظرية الجديدة،إلا أن بور فكر فلسفيا في طبيعة الحقيقة الكمية ،وقد أضاف كل منهما للآخر وأثراه ،وكوّنا معا ما يعرف ب**تفسير كوبنهاغن.**

أكد بور أنه يتحتم علينا عندما نسأل سؤالا عن الطبيعة أن نعمل على تحديد أوصاف الجهاز التجريبي الذي نستخدمه في الإجابة عن هذا السؤال،فلنفرض مثلا أننا نسأل:ما موضع الإلكترون وما هي كمية حركته أو سرعته؟إنه في الفيزياء الكلاسيكية ليس علينا أن نأخذ في الاعتبار حقيقة أننا نغير حالة الشيء أثناء حصولنا على الإجابة عن السؤال،إذ يمكننا إهمال التفاعل بين الجهاز والشيء الذي نفحصه،ففي ميكانيكا نيوتن نبدأ بقياس موقع وسرعة الكوكب الذي نودّ دراسته،ثم نترجم نتائج الملاحظات إلى صورة رياضية بأن نستنبط من الملاحظات أرقاما لإحداثيات الكوكب وكمية حركته،ثم نستخدم معادلات الحركة كي نستنبط من قيم الإحداثيات وكمية الحركة في وقت معين ما ستكون عليه هذه القيم أو غيرها من خصائص النظام في وقت لاحق،وبهذه الطريقة يمكن للفلكي أن يتنبأ بخصائص النظام في وقت لاحق أنه يستطيع بالضبط أن يتنبأ بالضبط بخصائص النظام في وقت لاحق،إنه يستطيع بالضبط أن يتنبأ بوقت خسوف القمر،وليست هذه الحالة فيما يتعلق بالأشياء الكمية كالالكترون لأن إجراء المشاهدة نفسه يغير حالة الالكترون.

فالباحث التجريبي إذا أراد أن يقيس وضع الإلكترون بدقة عالية وقام بتجهيز أداة قياس فلا يوجد أي قانون في نظرية الكوانتم يمنعه من تحديد الجواب ومن شأنه أن يعتقد أن الإلكترون جسيم أي أنه شيء موجود عند نقطة محددة في الفضاء ،ومن جهة أخرى إذا كان هذا التجريبي مهتما بقياس طول موجة الالكترون وقام بتجهيز أداة قياس أخرى فإنه سيصل إلى إجابة محددة،وبإجراء التجربة بهذه الطريقة يمكنه أن يستنتج أن الالكترون موجة وليس جسيما،ولا يوجد أي تعارض بين مفهوم الموجة ومفهوم الجسيم،لأن نتائج التجربة كما رأى بور تعتمد على الفرضيات التجريبية ذاتها،ويحتاج قياس الموضع وطول موجة الإلكترون إلى تركيبات تجريبية مخالفة،ويجيب بور عن سؤال عدم استطاعتنا قياس الموضع وتحديد كمية الحركة في نفس الزمن قائلا:"لكي نتمكن من قياس إحداثيان الفضاء ولحظات الزمن،يجب استخدام مسطرة قياس وساعة،ولقياس كميات الحركة والطاقات تلزم ترتيبات تحتوي على أجزاء متحركة لتلقي صدمة الشيء وتبنيها،فإذا كانت ميكانيكا الكوانتم تصف التفاعل بين الشيء موضع القياس وبين أداة القياس ذاتها فإن كلا الترتيبين مستحيلان"[[3]](#footnote-4).

**-مدرسة كوبنهاجن:**

تُعرف مدرسة كوبنهاغن على أنها جماعة من الفيزيائيين (هايزنبرغ،بوردان،....) تجمعت حول نيلز بور بمعهد الفيزياء النظرية في كوبنهاجن في العشرينات وأوائل الثلاثينات من القرن الماضي،وقدمت تفسيرا فلسفيا لنظرية الكوانتم متأثرا إلى حد ما بالفلسفة الوضعية.

لقد أدى تطور النظرية النسبية والنظرية الكوانتية وما يستوجبه من إعادة النظر في عدد من المفاهيم الفلسفية المتعلقة بالعلم كالسببية والحتمية والقانون وغيرها،وما طرحته من إشكالات تمس أسس العلم مثل:ماهي النظرية العلمية؟وكيف تبنى؟وكيف ترتبط بالواقع العلمي والتجربة؟.....الخ.

ظهر الإتجاه الفلسفي الذاتي في مدرسة كوبنهاجن في البداية لفهم العلاقة بين الذات والموضوع فهما وحيدا الجانب وذلك باختفاء الحدود بين الذات والموضوع،حيث أنكر الصفة الواقعية الموضوعية للشيء الفيزيائي الكوانتي مثل الإلكترون نكرانا كليا أو جزئيا،كما رفضت الحتمية استنادا إلى الصفة الإحصائية لقوانين الميكانيك الكوانتي،حيث أبرز بور وبوردان أهمية القوانين الإحصائية منتقدين بذلك أينشتاين الذي اعتبرها حلا مؤقتا.

تقوم مدرسة كوبنهاجن على جملة من الأفكار والآراء هي:

-لا يمكن الفصل فصلا واضحا بين الراصد سواء تعلق الأمر بالإنسان أو بالجهاز وبين المرصود،أي بين الذات والموضوع،وأن المرصود ليس له واقع موضوعي مستقل عن الراصد فلا يمكن أن توجد فيزياء موضوعية ،فالفيزياء الذاتية لا تعالج بنية الذرات بل أحداثا نحس بها عن الرصد ،وليس من الممكن جعل الرصد عملية موضوعية،ولا يمكن اعتبار نتائجه شيئا واقعيا بصفة مباشرة.

-قوانين الميكانيك الكوانتي تعني اللاحتمية واللاسببية في العالم الميكروسكوبي ،واللاحتمية تعني أنه علينا التخلي عن موضوعية العالم ،فالإلكترون مثلا لا يوجد كجسيم حقيقي عند نقطة في الحيز إلا إذا رصدناه مباشرة.

-لم تعد التفرقة بين الذات والموضوع محددة أو دقيقة،والدقة الكاملة يكمن أن نتوصل إليها فقط إذا أدمجنا الذات مع الموضوع في وحدة واحدة.

1. [↑](#footnote-ref-2)
2. برايان غرين:مرجع سبق ذكره،ص ص 135،136. [↑](#footnote-ref-3)
3. . [↑](#footnote-ref-4)