جامعة الجزائر-2أبو القاسم سعد الله
كلية العلوم الإنسانية
قسم الفلسفة

مقاربة تحليلية لمفهوم الإبستمولوجيا من خلال نموذج نظرية الكوانتم

أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في الفلسفة

إعداد الطالب
رابح عيسو

إشراف الأستاذ
د. عبد العزيز بن يوسف

السنة الجامعية
2017 - 2018

جامعة الجزائر الجزائر2- أبو القاسم سعد الله

كلية العلوم الإنسانية

قسم الفلسفة

مقاربة تحليلية لمفهوم الابستمولوجيا من خلال نظرية الكوانتم

أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في الفلسفة

اعداد الطالب **اشراف الأستاذ**

رابح عيسو **عبد العزيز بن يوسف**

أعضاء لجنة المناقشة

اللقب والاسم	الرتبة	الجامعة الأصلية	الصفة
أ. د. الأخضر شريط	أستاذ التعليم العالي	الجزائر 2	رئيسا
أ. د. عبد العزيز بن يوسف	أستاذ التعليم العالي	الجزائر 2	مقررا
أ. د. الشرف زيتوني	أستاذ التعليم العالي	الجزائر 2	عضوا
أ. د. محمد يحياوي	أستاذ التعليم العالي	الجزائر2	عضوا
أ. د. لعموري عليش	أستاذ التعليم العالي	المدرسة العليا للأساتذة بوزريعة	عضوا
أ. د. ميلود بلعالية دومة	أستاذ التعليم العالي	جامعة الشلف	عضوا

السنة الجامعية

2018 - 2017

إهداء

إلى زوجتي..

إلى أمي...

إلى أمي وأبي..

أهدي لهم ثمرة جهدي.

تشكرات

أتقدم بالشكر إلى أستاذي الكريم المشرف على هذا العمل، وإلى زملائي الأساتذة في قسم الفلسفة، كما لا أنسى أستاذي الكريم المشرف المساعد في جامعة باريس 8 الذي قبل الاشراف على هذا العمل. كلهم ساعدوني بالعون والنصح والكلمة الطيبة. فلم يبخلوا علي بما جادت قريحتهم.

كما أشكر أفراد عائلتي كل واحد باسمه الذين وقفوا بجانبي في انجاز هذا العمل.

وأخيرا أصدقائي الذين ساعدوني بما يملكون في انجاز هذا العمل.

العلم غير قادر على إيجاد حل للغموض المطلق للطبيعة، نظرًا لأننا بأنفسنا جزء من هذا الغموض الذي نحاول حلّه.

ماكس بلانك

المحتويات

مقدمة.....7

الفصل الأول: الإبستمولوجيا، مفهومها ومشكلاتها.....21

مدخل.....23

المبحث الأول: مفهوم الإبستمولوجيا.....25

1- بداية استعمال مفهوم الابستمولوجيا.....25

2- المقاربات التي ساهمت لتحديد مفهوم الابستمولوجيا.....32

4- التعريف المعاصر للابستمولوجيا.....44

5- خلاصة.....48

المبحث الثاني: علاقة الإبستمولوجيا بالمباحث الفلسفية المجاورة.....51

1- علاقة الابستمولوجيا بفلسفة العلوم.....51

2- الابستمولوجيا وتاريخ العلوم.....61

3- الابستمولوجيا ونظرية المعرفة.....66

4- الابستمولوجيا وعلم المناهج.....76

5- الابستمولوجيا والعلوم الانسانية.....79

المبحث الثالث: طبيعة البحث الابستمولوجي.....82

1- مجال دراستها.....82

2- منهجها.....88

خلاصة 90

الفصل الثاني: دراسة حالة نظرية الكونتم.....95

مدخل.....97

المبحث الاول: نظرة تمهيدية لنظرية الكوانتم.....100

1- مفاهيم أولية في نظرية الكوانتم.....102

2- نظرية بلانك للكوانتم.....114

3- الضوء جسيمة أم موجة؟.....123

المبحث الثاني: نظرية الكوانتم الحديثة.....136

1 – بداية كوانتم حديثة.....136

2 – الظاهرة الكهروضوئية.....138

3 – نظرية نيلس بور عن الأطياف الذرية.....143

4 – ميكانيكا الكوانتم.....146

المبحث الثالث: اللغة الجديدة للكون الذري.....157

1- مبدأ الارتياب لهايزنبرج.....157

2- تتامية بور.....164

3- متناقضة EPR.....168

4- قطة شرودنجر.....171

5- تفسير كوبنهاجن.....175

الفصل الثالث: أهم المشاكل الابستمولوجية في نظرية الكوانتم.....181

المبحث الأول: نظرية القياس.....183

1- مشكل القياس.....183

2- عملية القياس.....196

3- العوالم المتوازنة لـ ايفريت.....200

4- الفرق بين تفسير كوبنهاجن وايفريت.....206

5- خلاصة.....209

المبحث الثاني : دور الملاحِظ.....210

1- القياس والملاحظة.....211

2- اللاحتمية تساؤل حول تدخل الملاحظ.....212

3- صعوبة الملاحظة.....213

4- شروط القياس المعاصر.....213

5- تداخل الذاتي بالموضوعي في نظرية القياس عند بور وفون نيومان.....216

6- ترتيب القياس.....217

المبحث الثالث: دور المحيط.....219

1- حل هاينتس ديتر تسه.....219

2- حل فويتشيش هوبرت تسوراك.....220

3- هل حُلَ مشكل القياس؟.....222

4- خلاصة.....223

المبحث الرابع: مشكلة الواقع الكوانتي.....225

1- الواقع.....227

2- مستويات الواقع.....235

3- الجسيمات الافتراضية.....238

4- الجانب الابستمولوجي في تداخل الوعي مع الواقع.....240

المبحث الخامس: مناقشة ابستمولوجية معاصرة خاصة بالمعرفة الناتجة عن الفيزياء الكوانتية.....243

1- التوافق الممكن ما بين الواقعية والمثالية.....244

2- «موضوعية قوية» و «موضوعية ضعيفة».....245

3- الواقع الظاهري، واقع تجريبي وواقع غير قابل للتصور.....246

4- اللاتساق تمظهر للواقع.....248

خلاصة.....249

خاتمة.....251

فهرس المراجع.....259

المراجع باللغة العربية.....261

المراجع باللغة الاجنبية.....266

مـــــقـــدمـــة

مـقدمــة

إن الدافع الذي أدى بنا إلى اختيار هذا الموضوع، هو إطلاعنا على المفاهيم العديدة في مجال فلسفة العلم، إلا أننا تَصادفنا بوجود مفاهيم عديدة لمصطلح الابستمولوجيا، وهذا الأخير له مشابهة بينه وبين المصطلحات الأخرى، مما نتج الخلط واللبس والغموض في استعماله، من قبل الفلاسفة وحتى العلماء، فأرتينا إلا أن نسلط الضوء على هذا الجانب ونحدد على الأقل المفهوم القريب للمجال الذي يستخدمه، ألا وهو فلسفة العلم وتحديد جذوره الفلسفية، لأنه مصطلح قديم، وجديد في ثوب العلمية. كما ارتأينا أن نغوص في أعماق نظرية الكوانتم التي جلبت العديد من المفاهيم الفيزيائية والتي احدثت ثورة في مجال المعرفة العلمية مفرزة مشاكل ابستمولوجية كثيرة. أردنا أن نسلط الضوء على أبرزها وهي مشكلتي القياس والواقع، اللتان شغلت اهتمامات الفيزيائيين وجعلتهم في حيرة من أمرهم هل هي حقيقة قضايا علمية أم فلسفية؟ وهذا ما جعلنا نفتش في مختلف المراجع والدراسات الغربية والعربية، والخروج بوجهة النظر تبدو أكثر ملاءمة لطبيعة الموضوع المدروس، وكذلك الاستفادة وإفادة الباحثين في هذا المجال، وهذا نظرا لصعوبة الموضوع، مما جعل المكتبة الجزائرية تفتقر إلى هذا النوع من الدراسات.

لم يكن التطور الهائل الذي شهده العلم المعاصر في منأى عن التأثير أو التأثر بالدراسات الفلسفية. ويعتبر ظهور مباحث فلسفية جديدة على غرار الابستمولوجيا أهم أوجه هذه العلاقة المزدوجة. ورغم تباين الرؤى حول مسألة الدواعي والمسوغات التي أدت إلى ظهور هذا التوجه الفلسفي الجديد إلا أنها تتفق جلها في أن العلم بأزماته المعرفية والمنهجية كانت الدافع الأكبر في جعل عدد متزايد من الفلاسفة والعلماء أنفسهم ينكبون على دراسة العلم ولو بوجهات نظر متباينة. والمتتبع لكرونولوجيا العلوم سواء في نهاية الفترة الحديثة أو في الفترة المعاصرة يلاحظ هذه الأزمات التي أصبحت تدك الأنساق العلمية المختلفة حيث كان "هوسرل" أول من أعلن عنها في كتابه الموسوم أزمة العلوم الأوروبية. وقد توالت أزمات العلم في الرياضيات والمنطق والفيزياء، أي حين أصبحت أطره العامة ومبادئه مهددة

وتتعرض لانحلال شبه شامل، الأمر الذي دفع بالعلماء أنفسهم إلى جانب الفلاسفة للاهتمام بمبادئ العلم وفروضه ونتائجه وبالتالي بإعادة تقييم قيمته الموضوعية، الأمر الذي سيكون العامل الحاسم في إنشاء العقلانية الحديثة وظهور الابستمولوجيا، وهو نفس الأمر الذي أثار فضول الكثير من الفلاسفة الذين وجدوا في هذا الوضع تأكيدا لأطروحاتهم الميتافيزيقية أو النسبانية اللاعقلانية.

هذه الدراسات اكتست صبغة جديدة مما جعلها تعاني في بدايتها مصاعب كثيرة منها ما هو متعلق بموضوع دراستها، وتحديد ميدان البحث الخاص بها والكشف عن صيغة العلاقات القائمة بينها وبين العلوم المجاورة لها.

إن البحث في هذه القضايا هو جملة من الأبحاث التي تنتمي بشكل أو بآخر إلى عالم الفلسفة، إلا أن محاولة البعض بأن يكون مستقلا عنها، لهو من أصعب الأمور خصوصا إذا كان موضوع الابستمولوجيا ينتمي إلى عالم الفكر والنظر، لا إلى عالم المادة والواقع. كما أنها تتناول نتائج العلوم بالتحليل والنقد، إنها فرع من فلسفة العلوم.

رغم ذلك، فإن الابستمولوجيا تحاول منذ بداية القرن العشرين أن تستقل عن الفلسفة وأن تصبح علما متميزا، بمنأى نتائجه عن الجدل الفلسفي صابغا إياها بصفتي الموضوعية والعمومية. الشيء الذي يجعل من الصعب جدا تحديد مفهوم الابستمولوجيا وبيان مباحثها وحدودها، بكيفية موضوعية دقيقة.

فإذا تمعنا جيدا في الإبستمولوجيا وعلاقتها بالعلم، فسوف نجد أنها عبارة عن نشاط من مستوى أعلى، موضوعه العلم نفسه، فهي عبارة عن تفكير عن العلم، فالتفكير عن العلم لا يكون بالضرورة تفكيرا فلسفيا، كما لا يعني بالضرورة عدم التقيد بالمتطلبات العلمية، أنه قابل للانضمام والتكامل مع العلم نفسه.

إن تحديد مفهوم الابستمولوجيا يختلف من لغة إلى أخرى، وعدم اتفاق اللغات الحية، لغات العلوم العصرية على تحديد مفهومها وحدود مواضيعها، بالرغم أنها تتخذ المعرفة

موضوعا لها، وهذا ما أدى إلى صعوبة تحديد المعالم بالشكل الكافي، وأن طبيعة القضايا التي يجب أن تتناولها مازالت موضوع خلاف، مما يفسح المجال واسعا للخلط وعدم الدقة في استعمال هذا المفهوم الجديد والقديم في آن واحد.

غير أن أهمية هذا المفهوم، وشيوع استعماله في المجالات العلمية والفلسفية المعاصرة، لدليل على أن هناك فعلا مشاكل – وإن صح التعبير ابستمولوجية– تدعو الحاجة إلى إعادة النظر في هذا المفهوم القديم وتحديد ميادينه، ومن بين هذه المشاكل عملية القياس في الفيزياء الذرية التي حددها "برنارد دي اسبانيا" بأنها إجراء عملية وبالذات ما تكتسبه هو إذا أعدنا القياس على نفس الموضوع وسنحصل من جديد على نفس المعطيات. هذا التحديد لعملية القياس يقدم نموذج أساسي «مُلاَحَظ». هذا النموذج لا يدفعنا للنسيان بأن المجرب الذي يستمع للعملية، بما أنه مسار فيزيائي، لمعرفة تفاعل جسم صغير وجهاز قياس. باختصار سمى سير هذا التفاعل، بكل بساطة المسار، واحتفظ بكلمة القياس لسلسة القياس والوعي الذي يكون موضع التساؤل، تدعو فرضيته العامة إلى اعتبار أن تكون أجهزة القياس خاضعة ككل نظام لميكانيكا الكوانتم. قد يسمى هذا المشكل بـ "مشكل القياس" والذي ينص على اقتراح تأويل مرضي لميكانيكا الكوانتم، وأخيراً صياغة جديدة للنظرية، والذي يكون متناسب مع النتائج التجريبية. وإنه يبدو مشروعا لتقديم تأويلات أخرى للنظرية. وهكذا فإن مشكل القياس قد أعتبر عموما أصل تعددية التأويلات الكوانتية.

وضع "هايزنبرج" «مبدأ الارتياب» الذي يقدم علماً بمعضلات مشوقة. العلم مخصص كما هو مفترض به لدراسة العالم الطبيعي، أما الآن فماذا يمكن أن يعني العالم الطبيعي؟ إذا كان يعني أي شيء على الأقل، فهو بالتأكيد يعني العالم خارج خبرة الانسان الذاتية، خارج التخيل الانساني، خارج المشاعر الانسانية. بالتأكيد يعني العالم الموضوعي، تلك الظواهر التي يمكن ملاحظتها من قبل كامل الناس وهي حوادث تحصل هناك في الكون بدلا من حصولها في عقولنا فقط.

لقد سعى الفيزيائيون لدراسة موضوعية للعالم الطبيعي، مما أدى دائما بالعلماء إلى ازاحة الملاحِظ الانساني الذاتي بعيدا ما أمكن من طريقهم. حاول العلماء أن يستخدموا فقط المفاهيم الموضوعية العالمية المتوافقة، والقابلة للقياس، مثل التواتر ودرجة الحرارة بدلا من المفاهيم الذاتية والكيفية، مثل اللون والسخونة. يفصل العلم بين الذات (المُلاحِظ) عن الموضوع (المُلاحَظ) ويدرس فقط تلك البنود التي تقع في الجانب الموضوعي. هذا الانقسام بين الذات والموضوع يكون مركزيا بالنسبة للعلم وربما لكامل الثقافة الغربية.

والإشكالية التي نستطيع طرحها هي كالتالي: ما مفهوم الابستمولوجيا؟ وما المفهوم الصحيح الذي يتوافق مع اشكاليات نظرية الكوانتم؟ إلى أي مدى يمكن للابستمولوجيا أن تحقق يقينيتها في نظرية الكوانتم؟ وإن كانت هناك ابستمولوجيا داخلية تتبع تطور العلم كالفيزياء مثلا، فهل المفاهيم التي نتناولها في الفيزياء الذرية هي نفس المفاهيم التي نتناولها في الفيزياء الكلاسيكية؟ فعند تتبعنا لحركية ميكانيكا الكوانتم لاحظنا ظهور عدة مشاكل ابستمولوجية ومن أبرزها مشكل القياس والواقع، فهل هناك من جهاز القياس لا يخضع اطلاقاً لمظاهر الكوانتم؟ لو وجد مثل هذا الجهاز لأصبح ممكناً عندئذٍ خرق قواعد الكوانتم، وإذا لم يوجد فلن تكون هناك حقيقة موضوعية. فهل من مخرج من هذا المأزق : مأزق الحقيقة؟ وهل فعلا حُلَ مشكل القياس؟ فهل بإمكان الفيزيائيين التخلي عن فكرة الملاحظة؟، مهما كانت على المستوى الكوانتي يعتقد بعض الفيزيائيين بوجود واقع حقيقي على المستوى الكوانتي ومفضلين الاكتفاء بالصورة الرياضية لميكانيكا الكوانتم للحصول على النتائج.

لقد اتبعنا المنهج التاريخي والمنهج التحليلي النقدي، وذلك بتحليل المفاهيم والمشكلات والنظريات حسب تسلسلها الكرونولوجي للوصول إلى مفهوم دقيق أو أقرب إلى المقصود بالإبستمولوجيا، ونقد المواقف التي تبتعد عن المفهوم الصحيح وكذلك المواقف التي تنفي الأصل الفلسفي للإبستمولوجيا.

كذلك البحث عن المفهوم المناسب لطبيعة موضوع الفيزياء المعاصرة وبالخصوص الفيزياء الكوانتية وتناول مختلف الآراء التي تناولت هذا العلم المعقد في طبيعته المتناهية في الصغر ومنهج دراستها المستخدم لأهم عنصر ذاتي ألا وهو الملاحِظ، مرورا بالوسائل المستخدمة والتي طبيعتها من العالم الماكروسكوبي التي أثارت نقاشا حادا بين الفيزيائيين مما افرزت عدة حلول وتفسيرات متعددة لميكانيكا الكوانتم.

قسمنا بحثنا إلى ثلاثة فصول، وكل فصل إلى مباحث، بحيث عنونا **الفصل الأول** بالإبستمولوجيا، مفهومها ومشكلاتها، والذي تناولنا فيه أكثر المفاهيم شيوعا، والعديد من المقاربات التي تناولت هذا المفهوم. حاولنا أن نبين كيف أن الابستمولوجيا بوصفها مبحثا فلسفيا يبحث في نوع خاص من المعارف وهي: المعارف العلمية، ورغم اختلاف المقاربات في هذا المجال إلا أننا نجدها كلها تبين سعي كل علم خلال تطوره إلى تعديل موضوع بحثه من أجل أن يجعله أكثر مُلاءمة مع وسائله الخاصة بالحديث والتعبير، وبدلا من أن تعرف العلم عن طريق موضوعه الذي حدد بطريقة مسبقة، يأتي اليوم الذي نعرف فيه هذا الموضوع بأنه هو الذي يكون موضوع هذا العلم. فلم يعد اليوم ممكنا أن نعرف على الفيزياء بأنها العلم الذي يهتم بدراسة الظواهر الحسية، إن ما يجب على العلماء القيام به اليوم، بل إن ما يفرض نفسه فرضا عليهم، بوصفه واقعة شرعية لإنسان فيها، وتلك الفلسفة التي قام ببنائها علماء الأمس القريب، وهي نفسها اللغة التي تعبر بها اليوم عن الإنجازات العلمية. وهذه اللغة لا تسمح لنا بسهولة أن نفهمها بمعزل عن الموضوعات التي تشير إليها. فنحن لا نستطيع أن نطالب بعدم الخلط بين التفكير حول العلم الذي يسعى شيئا فشيئا إلى الاستقلال عن الفلسفة وفلسفة هذا العلم التي تتخذ من هذا العلم مجالا لدراستها إلا بطريقة عامة وغامضة –في الحقيقة إن ما نسميه فلسفة للطبيعة لا علاقة له بالإبستمولوجيا.

من الصعب جدا إقامة فواصل أو حدود نهائية بين الابستمولوجيا ومختلف الدراسات والأبحاث المشابهة لها. كالميتودولوجيا أو المنطق أو فلسفة العلوم، أو تاريخ العلوم، أو نظرية المعرفة، فالمدرسة الإنجليزية والإيطالية تطلق مصطلح الابستمولوجيا على الدراسة

النقدية ونظرية المعرفة والميتودولوجيا، أما المدرسة الألمانية فهي تميز في لغتهم بين نظرية المعرفة وبين الابستمولوجيا، وإن كانت تعني هذا المصطلح الأخير فلسفة العلوم جميعها.

وترتبط الابستمولوجيا بتاريخ العلوم، لأنها تدرس تاريخ العلم، كونه مسلسلا لنمو الفاعلية البشرية الفكرية، لتحقيق إمكانيات وعي الذات بنفسها وبقدراتها. وترتبط بالميتودولوجيا، لأنها تتناول مناهج العلوم من الزاوية الوضعية التحليلية، النقدية التركيبية. وكذلك ترتبط بنظرية المعرفة بمعناها العام، لأنها تدرس طرق اكتساب المعرفة وطبيعتها وحدودها، من زاوية فحص المعرفة العلمية والتفكير العلمي فحصا علميا ونقديا يقوم على الاستقراء والاستنتاج معا.

إن الابستمولوجيا مبحث يمتد بشكل متصل من نظرية المعرفة إلى الآفاق الواسعة للتأملات الفلسفية التي تنصب على العلوم الأكثر تخصصا، هل يمكن أن تنعدم تماما هذه الصلات بين الابستمولوجيا والفلسفة؟ وهل تخلو التجريبية المنطقية نفسها من كل نزعة فلسفية؟ وأين هي في كل الأحوال النظرية العلمية التي لا تستند الى خلفية فلسفية.

وحتى إذا فهم البعض الابستمولوجيا على أساس أنها ذلك التفكير الذي يتناول موضوعات العلم، فإنه لا يمكننا التخلص تماما من كل نزعة فلسفية في تناولنا للإبستمولوجيا. وأنه ذلك أن أهم النظريات المعاصرة في الابستمولوجيا ظلت مرتبطة بالفلسفة، سواء عن طريق الدعوة إلى فلسفة جديدة، أو الدفاع عن فلسفة قائمة بالفعل والمساهمة في تأكيدها وتأصيلها.

ثم **الفصل الثاني** الذي تناولنا فيه دراسة حالة نظرية الكوانتم، وحاولنا تحديد نموذجها الفيزيائي بثوب يختلف على سابقتها، بحيث أنها أثبتت تداخل وسائل الملاحظة بالظاهرة المدروسة، أي حصول ازدواج بين الملاحِظ والظاهرة المُلاحَظة، وهذا ما يراه الفيزيائي والفيلسوف الفرنسي "جون لويس ديتوش" Jean-Louis Destouches بأن الفيزياء كانت منطلق للتأمل الفلسفي، وذلك بتصوراتها البعيدة جدا عن الفهم العلمي، مما فتح أفاقاً جديدة

للبحث الفلسفي. فظهور النسبية والميكانيكا الكوانتية أحدث الاضطراب في النظرية الفيزيائية مما سنح الفرصة للقيام بمحاولة نسف مادية الفيزيائيين العفوية، وإفساد إيمانهم الغريزي بالوجود الموضوعي للعالم وبتوافق النظريات الفيزيائية مع الواقع، والعمل أخيرا على هدم الأسس العلمية للمادية الجدلية.

تطورت نظرية الكوانتم في ظرف ثلاثون سنة، فكانت نهايتها تحقيق نظرية جديدة ناجحة، والتي أعادت طريقة تفكيرنا عن العالم الفيزيائي (الكلاسيكي)، وكونها منظومات متناهية في الصغر تمتلك قياساتها مقادير ضئيلة إلى أبعد حد من الطاقة، وتتم حركاتها خلال فترات زمنية فائقة القصر. تظهر الآثار الكوانتية عندما تصل لمقاييس طولية من رتبة سعة الذرة، أي إلى جزء من عشرة آلاف مليون جزء من المتر. وفي واقع الأمر نستطيع القول ببساطة أنه لا يمكننا فهم الذرة من دون ميكانيكا الكوانتم.

لقد تجادل العلماء حول طبيعة الضوء، وما إذا كان موجة أم مجموعة جسيمات. وبقي الجدال قائما إلى غاية بداية القرن العشرين: هل الضوء جسيم أم موجة؟

ومن هنا بدأ جنين النظرية الكوانتية بالتكون، وقد بدا أولا أنها تخص فقط سلوك الضوء حيث كانت تتمثل مفارقة ازدواجية المظهر الجسيمي–الموجي في أوضح صورها. ولكن تبين أن هذه المفارقة كان من المحتمل أن تكون قد حدثت أيضا في ظروف وأوضاع أخرى تتضمن سلوكا «دوريا» –أو ذا تأرجح اهتزازي– شبيها بالأمواج.

كما تبرز ظاهرة أخرى عجيبة في عالم ميكانيكا الكوانتم، تتمثل في تطوير منظومة رياضية من قبل "فرنر هايزنبرج" Werner Heisenberg تعرف بدقة ميكانيكا الكوانتم، فبدا واضحا لـ"هايزنبرج" إن القواعد الكوانتية الجديدة اقتضت ارتيابا وعدم يقين في الفيزياء لا يمكن إنكارهما. هذه الظاهرة هي من صلب الحقيقة في العالم الكوانتي. من الممكن أن نعرف تماما سرعة الإلكترون ولكنه حينئذ سيكون تلقائيا في جميع الأماكن حالا، أو بالعكس يمكننا أن نعرف السرعات الممكنة حالا. تستطيع أن تمركز الإلكترون "نوعا ما" وتجعله

متموضعا ضمن منطقة من الفضاء وأن نعرف «نوعا ما» قيمة سرعته في الوقت نفسه يشكل توازن فيه بين الارتيابين في الكميتين. ومع ذلك، كلما صغر الحيز المكاني الذي تأسر الإلكترون فيه ازداد الارتياب والشك في قيمة سرعته. وهكذا نجد أنه يلزمنا هنا قوة هائلة من أجل احتجاز الإلكترون في حجوم متزايدة في الصغر بسبب ما يقتضيه ذلك من تأرجحات في السرعة متزايدة في الكبر.

وأيضا فكرة أخرى جاء بها " أرفين شرودنجر" Erwin Schrödinger ومفادها أن طريقة الصياغة الرياضية المعقدة والمرعبة لـ"هايزنبرج" يمكن في الحقيقة كتابتها بأسلوب يجعلها تبدو مماثلة تماما للمعادلات الفيزيائية المألوفة التي تصف الاضطرابات والحركات الموجية (الإلكترونات تتصرف كالموجات). إلا أن نتساءل كيف يمكن قياس هذه الموجات؟ لأننا لا نقدر عبر أجواء التجارب إلا على قياس مقادير تتمثل بأعداد حقيقية دوما. فجاء "ماكس بورن" Max Born بالجواب مع "فولفجانج باولي" Wolfgang Pauli و"هايزنبرج" بفكرة الاحتمال وجود الجسيم في الموضع وفي اللحظة ما، وهكذا فالفيزيائي يتعامل مع مفهوم الاحتمال كمكون أساسي في النظرية الفيزيائية.

وأخيرا **الفصل الثالث** بعنوان أهم المشاكل الابستمولوجية في نظرية الكوانتم، تناولنا فيه أهم التصورات الابستمولوجية الجديدة التي جاءت بها نظرية الكوانتم، من خلال مبدأ الارتياب لـ"هايزنبرج" والذي ينتج بسبب عدم دقة القياس. الحقيقة أن الارتياب أمر حاصل قبل القياس، فهو يعبر عن حالة ذهنية تفترض عدة أمكنة للإلكترون، لكن الإلكترون يمتلك من الناحية الفعلية موضعا محددا، فحل هذه المشكلة يجب أن يتم فلسفيا، فمن غير المعقول أن يكون اللاتحديد والعشوائية والتبدد سمات موضوعية لعالم موضوعي! لكن من المعقول جداً القول بأنها سمات إجرائية مؤقتة، تعبير من ناحية ذاتية تفترضها بديلا عن التحديد الذي تعجز وسائلنا المعرفية عن بلوغه في ظروف موضوعية شتى.

فالأمر يعود إلى الاختلاف بين الوصف لأجهزة القياس وبين الموضوعات المدروسة حول تحققها، وهذا راجع إلى أن كم الفعل يضع بعض الحدود في وصف لحالة النظام بإحداثيات الزمكان وكمية الاندفاع والطاقة. فهذه لا تعطينا تسجيلات عن الحركة المستمرة، فلا وجود لهذه الحركة المستمرة، لأن اطلاق كل كمة يكسر الاستمرار، فأي ملاحظة لا بد أن تؤثر في مجرى النظام في المستقبل. وبما أن الوصف المحدد للفيزياء الكلاسيكية قائم على فرضية التوافق الموجود بين الاحداثيات في الزمكان وبين قوانين حفظ الطاقة، هذا ما نجده متعلق بمشكلة المعرفة إذا كان لأي وصف أن يتلاءم دون تقييد مع الأشياء الذرية. وهذا ما أظهره الدور الأساسي للتفاعل بين الأجسام وأجهزة القياس. ولتوضيح هذه النقطة الأساسية التي كما حددها "هايزنبرج"، تعيين جسيم في زمكان محدد لتبادل الاندفاع والطاقة بين الأجهزة والجسيمة على حد تصور ميكانيكا الكوانتم بأنه أكبر من مجال المعتبر وأصغر بكثير، كانت نقطة مهمة للتحقق في أي قياس يمكننا الأخذ بعين الاعتبار هذا التفاعل الضمني للملاحظة في وصف الظواهر. هذا التساؤل أحدث نقاش حاد وأدى بالفيزيائيين إلى إعادة النظر في طرح فرضيات تأخذ بعين الاعتبار كل التفاعلات، لكن هذه الاعتبارات لم تصل إلى المطلوب كما هو في وصف عمل أجهزة القياس، بما فيه تدخل كم الفعل في كل التفاعلات الواقعة بين الأجهزة ذاتها وبين الأجسام الذرية الذي يكون جزء لا يُستهان به للظواهر.

يقدم التحديد لعملية القياس نموذج أساسي «مُلاَحَظ». قد يسمى هذا المشكل بـ «مشكل القياس» الذي ينص على اقتراح تأويل مرضي لميكانيكا الكوانتم و صياغة جديدة للنظرية، ويكون متناسباً مع النتائج التجريبية. إنه يبدو مشروعا لتقديم تأويلات أخرى للنظرية. هكذا فإن مشكل القياس قد أعتبر عموما أصل تعددية التأويلات الكوانتية.

يأتي مشكل القياس من التطور الناتج عن تطبيق معادلة "شرودنجر" لحالة نظام ليست متطابقة مع التي تتحصل عليها من خلال تطبيق مبدأ اختزال حزمة الموجة. بالفعل، وجود مبدأي التطور يؤديان إلى نتائج مختلفة لا تكون مدهشة إذا استطعنا تحديد بوضوح في أي

حالة يتطلب تطبيق واحدة منهما، يعني إذا استطعنا القول أن المقاربة الجديدة قدمت اجابة أكثر واقعية بحيث لا يظهر فيها اختزال الدالة الموجية كتأثير فيزيائي حقيقي، ولا يلزم حتى ذكرها لكي يتم تطوير نظرية القياس كاملة.

لابد من وضع ميزة بين الذات والموضوع في كل حالة لضمان استخدام مفاهيم الفيزياء الذرية بدون غموض التي تسمح لنا بوصفها. بعيد عن كل لُبس في العقل العلمي، فملحوظة التكاملية مبنية على شروط منطقية التي تملأ بها الوصف وفهم التجربة في الفيزياء الذرية.

نشأ مشكل القياس بطريقة مستعجلة وخصوصا في ميكانيكا الكوانتم لأنه ينشأ على مستوى الصورية في حد ذاتها. عقلانيا القياس الكوانتي هو أيضا ترتيب يعود إلى واحدة من بين دالتها الصحيحة و«يختزل» دالة الموجة في نظام المُقاس لحظة تمثيله عن طريق التراكب، لم يعد هناك توزيع احتمالي لإيجاده في كل حالة من الحالات المميزة بقيمة محددة لكمية مُقاسة. إنها وبيقين في حالة نقية والتي تحدد نتائج القياس. لأحد مركبات مسار اختزال لامعكوس لدالة الموجة. لا يمكنها في ذلك الحين تمثيلها بمعادلة "شرودنجر".

إذن مشكل القياس هو في قلب ميكانيكا الكوانتم، وليس فقط من منظور فيزيائي بل من منظور صوري. وجهة النظر المعتادة هي أن ميكانيكا الكوانتم أتت بافتراض تواجد نوعين من التطور الغير قابل للاختزال، تطور معكوس ومستمر وصفته معادلة "شرودنجر" واختزال لامعكوس ولامستمر أثناء القياس. هذا التعايش يكون غير قابل للاختزال، لأن التطور المعكوس لا يصف الكمية الفيزيائية بل وحدة مجردة التي تتضمن الاحتمالات لقياسات مختلفة، وبالتالي هذا التطور ليس له معنى من دون القياس اللامعكوس، بالرغم من ذلك فهو غير قابل للوصف.

وفي نهاية المطاف، بدا التفكير فيما يحصل وفق المستوى الذري، اكتشف العلماء أن العالَم الطبيعي الموضوعي يقع وراء حدود المظاهر والخيال الانساني، وأن الملاحظ الانساني يربك المجاهر وعالم الذرات من الخارج، بدا واضحا لأول مرة أنه لا يمكن ابعاد

العامل الانساني على الاطلاق. بدلا من ذلك، فقد دُرنا كامل الدائرة وعُدنا إلى الانسان. لا توجد طريقة لفصل الذات عن الموضوع ولا القائِس عن المُقاس. بالنسبة لنا العالَم المُلاحَظ هو العالَم المتغير الذي يتأثر بالمُلاحِظ. فالعالَم الطبيعي، منفصلا عن الجنس البشري وغير متأثر به، هو مفهوم بحد ذاته يقع خارج نطاق العلم الحديث. يتعامل العلم مع ما يمكن ملاحظته فقط، ومبدأ الشك يُخبرنا بأن عالماً طبيعياً مستقلاً كهذا غير قابل للملاحظة.

أشار أحد الفيزيائيين إلى نقطة مهمة المتعلقة بعملية القياس وهي أن يجب الأخذ بعين الاعتبار المحيط الذي يُقاس فيه الجسيم المُقاس. يتضح فعلا بأنه فتح بابا للاحتمالات المهمة. فملاحظة "هاينتس ديتر تسه" Heinz Dieter Zeh مهمة ومهما كان صغر العالم الكوانتي فهو جنب إلى جنب إلى النظام الماكروسكوبي، ينجر عن ذلك أن الانتقال من مستوى إلى آخر يمكنه أن يتأثر بالمجال الخارجي الضعيف جدا. فجاء بهذه الفكرة من أجل كشف عن الغموض الذي ينتج اللاإتساق مع المحيط (البيئة). جهاز القياس ليس معزولا، إنه يتضمن عدد كبير من التفاعلات مع محيطه: أي تفاعل لا يُغير إلا القليل، لكن تجمعها يختلط مع التراكبية، فلذا جهاز القياس يكون مثقل.

وهكذا، فإن الفيزياء الكوانتية تجعلنا ندرك تفاعلا مع الواقع يعيد تأسيسه ليجعل منه ادراكا متماسكا. مثال عن الألوان فالألوان لا تظهر إلا في تصوراتنا التي نصوغها، إنها لا توجد كما هي في الطبيعة.

واحد من أكثر القضايا الشائكة في فلسفة العلوم هو التفكير في العلاقة بين الخطاب الانساني والواقع. الواقعية هي الفكرة التي تقر بوجود عالَم مستقل عن الوعي البشري أو عن المعرفة التي نملكها ويمكننا أن نعرف بعض من خصائصه عن طريق الملاحظة والتجربة والتفكير. ما يهمنا هو الفكرة التي يتضمنها الواقع أو بنيته أو خصائصه تكون بالفعل من نتاج عقولنا أو نابعة من احساساتنا أو من تمثلاتنا. بالنسبة للمثالية ليس هذا هو العالَم الذي

يتكشف لنا من خلال حواسنا، إنها عقولنا التي تسلط بنيته على العالَم والتي تؤسس أو تبني بشكل ما.

لقد أكد "ديتوش" أن أصالة الميكانيكا الكوانتية ترجع إلى كون استدلالاتها تتوافق مع قواعد منطق غير المنطق الكلاسيكي: منطق التكاملية والذاتوية (قابلية الملاحظة). فمبدأ القابلية الملاحظة يرتكز على مفهوم التكاملية، وهذه الأخيرة ليست شرطا ضروريا ولا نتيجة حتمية للميكانيكا الكوانتية، بل إن مفهوم التكاملية نفسه وليد تأويل وصفي، مثالي ذاتي، للميكانيكا الكوانتية، تأويل يتناول بالخصوص أوجه مظاهرها (علاقات الإرتياب)، وهذا ما اقترحه "نيلس بور" و "هايزنبرج". وهكذا فتفسير لاحتمية ميكانيكا الكوانتم على أنها أساسية أو على أنها تعبير عن حتمية خفية، فإننا نصدر في تفسيرنا هذا عن موقف فلسفي، رغم أنفنا. وبدلا من التمييز بين ابستمولوجيا علمية وابستمولوجيا فلسفية، قد يكون من الأفضل التمييز بين طريقة علمية وطريقة فلسفية في تناول الابستمولوجيا وذلك وفق الأسلوب المتبع في التناول وهل هو أسلوب العلماء أم أسلوب الفلاسفة؟ وقد يكون من الأفضل أيضا التمييز بين ما يمكن أن نسميه الابستمولوجيا الداخلية الأساسية.

وأخيرا النتائج المرجوة من بحثنا هي تحديد مفهوم الابستمولوجيا المعاصر في الفيزياء الكوانتية والكشف عن حقيقة المشاكل الابستمولوجية في الفيزياء الكوانتية التي أعادت ثنائية قديمة في ثوب جديد ومعاصر ألا وهي ثنائية الذات والموضوع والغرض منها أنه لا توجد موضوعية مطلقة في واقعنا مما يدفعنا إلى اعادة النظر في كل المفاهيم واللغة التي نتعامل بها مع المواضيع من هذا النوع. مهما ادعى العلم بانفراده بمنهج موضوعي الهادف إلى الوصول إلى تحقيق نموذج علمي خالص، فهذا ما أدى بالفيزيائيين الوقوع في غلو وكانت النتيجة العودة إلى الفلسفة بإتباع منهج تأملي ذاتي الذي يتطلب عدم اقصاء الذات في البحث أو الكشف عن خبايا طبيعة المادة الفيزيائية والمتمثلة في الظواهر المتناهية في الصغر.

الـفـصـل الأول

الإبستمولوجيا، مفهومها ومشكلاتها

مدخل

المبحث الأول: مفهوم الإبستمولوجيا

المبحث الثاني: علاقة الإبستمولوجيا بالمباحث الفلسفية المجاورة

المبحث الثالث: طبيعة البحث الابستمولوجي

مدخل

إن الفلسفة، من غير شك، في حاجة إلى عملية اعادة تقويم أساسية لحدودها وقدراتها. حقاً إن محاولات كثيرة كهذه قد ظهرت خلال تاريخ الفلسفة، ولكن هذه المحاولات كانت تنطوي في معظم الأحيان على قدر من المبالغة في مهمة الفلسفة لا يقل عما استهدفت هذه المحاولات ذاتها إنتقاده. وبعد أكثر من خمسة قرون من التقدم العلمي المستقل بدرجات متفاوتة عن الفلسفة.

ما زالت تُعالج في الفلسفة موضوعات متشابهة إلى حد بعيد لتلك التي كانت تعالجها الفلسفة اليونانية مثلا –والأغرب من ذلك أن معالجتها تتم بنفس الروح التي كان يعالجها بها الفيلسوف اليوناني. فحين يأتي فيلسوف في عصرنا بنظرية جديدة في المعرفة، أو في طبيعة العالم مثلا، نظن فعلا أن هذه النظرية جديدة –بالمعنى الذي نقول فيه عن التطورية أنها نظرية أو عن النسبية إنها نظرية أو عن الكوانتم إنها نظرية. ويعرض الفلاسفة المحترفون هذه النظرية كما لو كان شيء جديد قد كُشف، وكما لو كانت اضافة جديدة إلى علوم الانسان قد حدثت.

ونستطيع أن نعذر المفكرين القدماء حين كانوا يقدمون فلسفاتهم على هذا النحو. ففي ذلك الوقت كان الخلط بين التفكير العلمي والتفكير الفلسفي شائعًا دون أن ينتبه إليه أحد، بل كانت الفلسفة هي ذاتها العلم. وهكذا كان الفيلسوف يخوض ميدان الرياضة، مثلا، فيأتي فيه بأراء تعد مساهمة حقيقية في العلم، ويبحث في «الأنطولوجيا» فيأتي بأراء لا تزيد عن العلم ولا تنقصه، ويبحث في الفلك فتكون نتائجه اضافات إلى العلم وبعضها الآخر لغوًا لا قيمة له –كل ذلك وهو يعتقد أنه في جميع هذه الحالات يقوم بنشاط فكري «مطرد» و«نوع

واحد»، أي أنه يساهم في معارف النشر حين يبحث، على سبيل المثال، في الأنطولوجيا مثلما يساهم فيها حين يأتي بنظرية رياضية أو فلكية ذات طابع علمي[1].

ونستطيع أن نقول إن هذا الخلط مازال قائمًا في الفلسفة إلى حد بعيد حتى في وقتنا الحالي، على الرغم من الانفصال الواضح الذي حدث منذ أمد بعيد بين مجال الفلسفة ومجال العلم. ويتمثل هذا الخلط في عدم ادراك الطبيعة الحقيقية للتفكير الفلسفي. فمازال الفلاسفة حتى اليوم لا يدركون دلالة ذلك الانفصال الأصيل بين حياة الانسان الفعلية وبين مضمون النظريات الفلسفية، ومازالوا، في اللحظات القليلة التي ينتبهون فيها إلى مجرد هذا الانفصال، يعزونه إلى نوع من التفاهة أو السطحية لتلك الحياة العملية، التي تسمى بهذه التسمية من تلك الهوة العميقة التي وضعها تفكيره بين آرائه النظرية وحياته الفعلية.

وقد كانت هذه الدراسات تكتسي صبغة جديدة مما جعلها تعاني في بدايتها مصاعب كثيرة منها ما هو متعلق بموضوع دراستها، وتحديد ميدان البحث الخاص بها والكشف عن صيغة العلاقات القائمة بينها وبين العلوم المجاورة لها.

إن البحث في هذه القضايا هو جملة من الأبحاث التي تنتمي بشكل أو بآخر إلى عالم الفلسفة، إلا أن محاولة البعض بأن يكون مستقلا عنها، لهو من أصعب الأمور خصوصا إذا كان موضوع الإبستمولوجيا ينتمي إلى عالم الفكر والنظر، لا إلى عالم المادة والواقع. كما أنها تتناول نتائج العلوم بالتحليل والنقد، إنها فرع من فلسفة العلوم.

رغم ذلك، فإن الإبستمولوجيا تحاول منذ بداية القرن العشرين أن تستقل عن الفلسفة وأن تصبح علما متميزا، بمنأى نتائجه عن الجدل الفلسفي صابغا إياها بصفتي الموضوعية والعمومية. الشيء الذي يجعل من الصعب جدا تحديد مفهوم الإبستمولوجيا وبيان مباحثها وحدودها، بكيفية موضوعية دقيقة.

---

1 - فؤاد زكريا، نظرية المعرفة والموقف الطبيعي للإنسان، مكتبة مصر، دار مصر للطباعة، الفجالة، 1991، ص 174-175.

أولاً: مفهوم الابستمولوجيا

يختلف مدلول مصطلح الابستمولوجيا من لغة إلى أخرى، مما خلق عدم الاتفاق على ضبط مفهومه، بل تجاوز الأمر إلى الاختلاف حول حدود موضوع الابستمولوجيا، أي في أي مجال تبحث فيه، وعموما المعرفة هي في حد ذاتها موضوعاً للإبستمولوجيا. فما دام المصطلح غير واضح المعالم بالشكل الكافي، وأن طبيعة القضايا التي يجب أن يتناولها مازالت موضوع خلاف، وهذا ما فسح المجال واسعاً للخلط وعدم الدقة في استعمال هذا المصطلح. غير أن شيوعه في مجال العلم والفلسفة المعاصرة دليل على أن هناك فعلاً مشاكل غير واضحة المعالم في تحديدها، هل تندرج تحت مجال العلم أم مجال الفلسفة، ومن ثم تحديد مجالها ودراستها.

بالنظر إلى التقليد الفلسفي، ماذا تعني الابستمولوجيا؟ هل هي نظرية جديدة في المعرفة؟ ما هي الجدة فيها؟ وما هي الأسس النظرية الجديدة التي تمنح لها هذه الجِّدة؟ إن النظرية الفلسفية في المعرفة لا يمكنها أن تؤسس قولا حول العلوم أو الممارسة العلمية إلا من أجل اخضاعها إلى متطلبات المنظومات الفلسفية المنخرطة في الهيئة العامة للتاريخ الاجتماعي. ومن ثم فهي ايديولوجيا تقوم قاعدتها الأساسية على عملية تجاهل جوهرية لآليات وقوانين الانتاج المعرفي العلمي. ولما كانت هذه العملية قد تحددت بنيويا داخل الحقل الذي ينتظم فيه الروح «ذات/موضوع»، فإن أي نظرية في المعرفة، مهما كانت تلاوينها، لا يمكنها إلا أن تكون فلسفة ايديولوجية في المعرفة العلمية، وبالتالي فليس ثمة ما هو جديد فيها يمكن أن يسمى «ابستمولوجيا».

1- بداية استعمال مفهوم الابستمولوجيا

يتحدث "دانيال باروشيه" Daniel Parrochia (أستاذ بجامعة جون مولان ليون 3) في مقاله: هل توجد فلسفة فرنسية للعلوم؟ حول مصطلح الابستمولوجيا، بحيث شاع استعماله في المفردات الانجليزية، وبالأخص في "معجم موراي" Dictionnaire de

Murray (الجزء 3، 1897، ترجم مصطلح الابستمولوجيا في سنة 1856 من طرف "جيمس فريدريك فيري" James Frederick Ferrier (1808-1864) في Institutes of Metaphysics، نظرية المعرفة والكائن The Theory of Knowing and Being (1854) في الفقرة الآتية:

«This section of the science is properly termed Epistemology [...] It answers the general question: „what ist the knowing and the known?“ Or more shortly, „what is knowledge?“»

«هذا الفرع من العلم يمكن تسميته بالابستمولوجيا، التي تعني بصفة عامة الاجابة عن سؤال: ما هو المُعرف وماذا نعرف؟ وباختصار ما هي المعرفة؟»[1].

وفي "معجم أوكسفورد" الانجليزي أخذ بعين الاعتبار بتحديد مصطلح الابستمولوجيا كأنه «نظرية أو علم المنهج أو أسس المعرفة»[2]، يجيب على هامش "جيمس فريدريك فيري" ويعطي التعريف التالي للابستمولوجيا: نظرية أو علم المنهج أو أسس المعرفة التي تبرر اختيار لهذا المصطلح الذي يتوافق مع Erkenntnistheorie. يجمع على أن الكلمة الانجليزية Epistemology لم تشير إلى أي شيء آخر[3] إلا لهذا الجزء من الفلسفة التي أنتجت طبيعة المعرفة، بما جاءت به وطبيعة التبرير ما كنا نعرفه Claims to knownledge، حتى لو كانت طبيعة تطهير هذه العائلة من المشاكل وتتحول إلى سؤال أكثر عمومية ما هي المشاكل التي أظهرها العلم أو العلوم الفرعية[4]. استعمل "رالف

1 - Daniel Parrochia, Y'a-t-il une philosophie française des sciences ?, In : Philosophie des sciences, expériences, théories et méthodes, remis par : Sandra Langier et Pierre Wagner, éd. Librairie philosophique, J.VRIN, Paris, 2004, p. 241.

2 - Ibild, p. 241.

3 - Pierre Wagner, Les philosophes et la science, édition Gallimard, 2002, P 38.

4 - Ibild, p. 39.

كودوورث" Ralph Cudworth[1](1617-1688) في سنة 1668 مصطلح انجليزي epistemonical من اللغة اليونانية (επιστημονικός)، يستطيع أن يعرف[2].

ورد في مقدمة كتاب الفلاسفة والعلم لـ "بيار فاجنر" Pierre Wagner (1963-) بأن الابستمولوجيا حرفيا لا تعني إلا الخطاب حول العلم، ولكن من جهة، المصطلح لم يستخدم لأي نوع بأنه موضوع العلم. من أجل توضيح هذه النقطة، في الوقت نفسه هذا الكتاب –الفلاسفة والعلم– لايستعمل في هذه المقدمة للقول ببعض الكلمات بتحفظ في مجال استعمالها شرح «فلسفة العلوم»، «الابستمولوجيا» أو «نظرية المعرفة»، أيضا بعض التوضيحات المرتبطة بما هو موجود بالانجليزية أو الألمانية Philosophy of science، أو Epistemology، Erkenntnistheorie، أو Wissenschaftslehre، التي ليست بالضرورة أنها مساوية مع ما هو بالفرنسية[3].

الملاحظة الأولى على هذه النقطة، بأنه ليس من كل التوضيحات موحدة في الفلسفة حاليًا، لم يستعمل قبل القرن 19، وللتوضيح أكثر (الابستمولوجيا كان ظهورها في بداية القرن 20) وذلك في محاورة "أفلاطون" "ثيثياتيوس"، بحيث كان "سقراط" يسأل، «العلم (επιστήμη)، بماذا يكون؟» وبأن كل حوار كان مركزا على هذا السؤال، اذن لا توجد مبررات كافية لتأكيد على أن فلسفة العلوم تعود للعهد القديم. طبعا، أغلبية الفلاسفة بعد "سقراط" وحتى للوقت الحاضر بأنه طرح عليهم السؤال حول العلم، فلسفة العلوم: حقيقة يقال بأنها نظام جديد وأنه الوحيد لتقييم العلاقة الممكنة بين العلم والفلسفة. ومن وجهة النظر الصحيحة تحدث "بيار فاجنر" عن بعض الفترات التاريخية لفلسفة العلوم لـ"أفلاطون"، ولـ"أرسطو" أو لـ"ديكارت" بالتحديد، لأنه في ذلك العصر كان هناك كُتاب ومؤلفين لهذه العلاقة بعيدين عن معاصريهم. فليس من المستحيل البحث في نصوص "أفلاطون" أو "أرسطو" أو "ديكارت"

1- فيلسوف انجليزي وعضو في المدرسة الأفلاطونية في كمبريدج.

2 - Lucien R. Karhausen, Les flux de la philosophie des sciences au 20e siècle, L'Harmattan, 2001, p. 179.

3 - Pierre Wagner, op.cit., p. 11.

فالحل بأن هذه الفلسفات احتمالا أنها أفرزت لهم المشاكل المطروحة اليوم في فلسفة العلوم (مثلا، واقع النظريات العلمية): هل يوجد معنى بأن نقول أن هذه النظريات صحيحة، أو أنها مثلا بنيتها قابلة للتنبؤ؟) شريطة أن لا نهمل النظر لأكبر عدد من هذه الأسئلة التي يستطيع المؤلفين طرحها على أنفسهم، بكل بساطة من أجل أخذ الحالات التي وردت وذلك لم يكن لديها في ذلك الوقت أي شيء للمقارنة بما هو لدينا اليوم والذي نسميه «النظرية العلمية».

ماهي المؤشرات التي تحدد اختلاف المشاكل التي أشار إليها الفلاسفة والمتعلقة بموضوع العلم والحلول التي جاءوا بها؟ أولاً، الاستعمال لكلمة «علم» والمعنى الذي أعطي له، لكن أيضا الدرجة والتغيرات الدلالية التي حولت الكلمات من اللغة الأجنبية كالتي ترجمت بـ «علم» بالفرنسية[1].

نعود إلى توضيح "أفلاطون" في الجمهورية (509-511) ق.م مستويات مختلفة للمعرفة. فالعقل البشري مر بمراحل من الجهل إلى المعرفة: فهو تطور عبر مجال (ςοξα) الذي يعني النظر أو الاعتقاد (πιστίς) والوهم (εικασία)(التخمين)، من (l'επιστεμη) (ابستيمي) أو (γνώσις) (معرفة) أن للأشياء معاني (νοημα). يقول لنا "سقراط" بأن المصطلح (επιστεμη) (معرفة) أتى من (ιστημι) (ستيمي)، الذي يعني مراقبة، كالذي يراقب تأثير معرفته (المحاورة a 435). حالة وضعية التي هي موضوع لأي شيء، و"أفلاطون" استعمل دائما مصطلح (ίπε) الذي يعني "حول" للتعبير عن هذه العلاقة[2].

تعرض بالفعل وبمعنى واسع محاورة "ثيثياتوس"، نظرية في العلم، كما يشير إلى ذلك عنوانها الفرعي ιρε лεπιστήμη ἐπιστημη λογος (حول العلم)[3]، ويقصد بالعلم

1 - Pierre Wagner, op.cit., p. 12-13.

2 - Lucien R. Karhausen, op.cit., p. 179.

3- روبير بلانشي، نظرية العلم (الابستمولوجيا)، ترجمة محمد اليعقوبي، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2004، ص 9-10.

επιστήμη في محاورة "ثيثياتوس" المعرفة أو نظرية المعرفة (الابستمولوجيا)، وهي المقولات الرئيسية في الفلسفة. ما هو العلم؟[1]

1- العلم هو الاحساس، الذي يتفق فيه مع موقف "بروتاغورس" أن الانسان هو معيار كل شيء، وهذا يعبر عن قيمة الرأي أو الظن والوهم كقيمة فردية مطلقة. ما يبدو للمرء هو في الواقع على ما يبدو له. وفي هذا المقام الظهور «ينطبق على الشعور». وفي كل المجال الحسي، الحس وهو التصور الايجابي الذي يترجمه تلقائيا واحد، يوصف بأنه علم، وعلم ذو عصمة[2].

2- العلم هو الظن الصادق أو الحكم الصادق، الاعتقاد السائد هو أن الحكمة فكرة صائبة صحيحة، وأن الجهل رأي كاذب، فقبول قضية الانسان معيار هو القول. إذن بأن رأي صائب في نظري، وكاذب أي خاطئ في نظر الأخرين[3].

حدد "ثيثياتوس" العلم عفويا بأنه الرأي السديد الصحيح، فذلك أنه يرجع إلى المعتقد السائد، وتعبيره هو أن الحكمة هي الفكر الصحيح، وإن الجهل هو الظن الخاطئ[4].

3- العلم هو الظن الصادق المصحوب بالبرهان، العلم هو الرأي الصحيح تشفعه الحجة، والذي يتعلق في الواقع بالحجة أو التعليل بما هو شرح وتفسير تحليلي. ففي وسع المرء أن يقدم تعليلا لكلٍ يفككه إلى مقوّماته الأولية ولا يتمكن أحد أن يأتي بتعليل مماثل لتلك المقومات، إلا إذا نظر إليها هي أيضا نظرته إلى كليات، يعرف أن يعثر على جزئياتها المركّبة. فإن كانت المقوّمات هي الأولى على الاطلاق فهي مفترضة فقط، لأن الاحساس يدركها. وهي مميزة بعضها عن بعض، لأنها مسماة. واسمها سمتها الفارقة الوحيدة. ولا يلائمها أي تعيين منطقي، حتى تعيين الوجود. ومع أنها قابلة أن تُعرف، فهي لا تعرف،

1- أفلاطون، ثيثياتوس، تر. الأب فؤاد جرجي بربارة، الهيئة العامة السورية للكتاب، ط1، دمشق، 2013، ص 9.
2- المرجع نفسه، ص 26.
3- المرجع نفسه، ص 31.
4- المرجع نفسه، ص 37.

وغير قابلة أن يعبّر عنها بتعليل. لأن التعليل لا يتولّد إلا عن تماسك عدة أسماء. إنها عناصر وأحرف يتألف منها المركّبات أو المقاطع وهذه على عكس تلك، قابلة أن تعرف وأن يعبّر عنها، والرأي السديد يعبّر عن تعليلها[1].

يستخلص "أفلاطون" في الأخير بأن العلم ليس هو الاحساس ولا الرأي السديد، ولا الرأي السديد مشفوعا بالعلة تضاف إليه كفائض وهذا راجع أولاً للعلة التي لا يمكنها طبعا أن تكون مجرد تعبير صوتي، إذ كل الذين يستطيعون النطق هو علة، وإن كان ضم هذه العلة إلى الرأي القويم بجعله علما، فالرأي السديد لن يقبل أبدا الانفصال عن العلم. ثانيًا، لا يمكنها أن تكون استقراء كاملا وتعدادا مضبوطا للعناصر. لأن الطفل الذي يكتب اسمًا كتابة صحيحة، لا يعرف الأحرف المركّبة إلا معرفة رأي سديد إذ لم يحرز العلم بعد. ثالثًا، لا يمكنها أن تكون الفارق المميز أو النوعي. لأن الرأي لا يكون قويمًا إلا إذا رمى إلى ذاك الفارق المميز. وبالتالي لن تكون العلة الجديدة المضافة إلى الأولى سوى لغو وحشو وإن رام المرء من العلة المضافة إلى الرأي السديد أن لا تكون بعد رأيًا، بل معرفة، يؤول ذلك إلى تحديد العلم بالرأي القويم مضاف إليه علم الفارق. ونحتبس هكذا المحدَّد في المُحدِّد[2].

لقد بحث "أفلاطون" في هذه التعريفات جميعا، فأدى به الأمر إلى نفيها كلها، مخلفا وراءه ما عُرف في ما بعد بـ «مشكلة ثيثياتوس» وإن تبدى للبعض أن لا ثمرة لكل تلك المحاورة من ناحية الامساك بتعريف للعلم إلا أن الثمرة الأولى لها –برأي "أفلاطون"– هي التطهّر والذي يُشكل الشرط الضروري لكل تفكير، وهو غير ممكن إلا بالتخفف من الحمل، وهذا هو جوهر التوليد، تلك الصنعة والمهنة التي أحسن صناعتها وأتقنها. وإن كان "أفلاطون" قد ردّ التعريفات الثلاثة، إلا أن التعريف الثالث للعلم الذي ساءله ونقده، هو نفسه

1- المرجع نفسه، ص 42.

2- المرجع نفسه، ص45-46.

التعريف الذي تبنّته المدرسة التحليلية، أي «العلم هو اعتقاد صادق مسوَّغ». وهو ما عُبِّر عنه بالانجليزية: Knowledge is a Justified True Belief[1].

أما ابستمولوجية "أرسطو" التي أسسها تعتبر أن العلم نسقًا من القضايا ذات الأواصر المنطقية بحيث أن علم العلم هو المنطق وهو نظرية صورة العلم أو الأكسيومية إذا ما اعتبر نظريًا وهو علم نفس المعرفة ونظرية المنهج الوضعيان إذا ما اعتبر تطبيقيًا[2]. نضيف إليها ابستمولوجية "ديكارت" التي أسسها "ديكارت" ونماها "كانط"، الابستمولوجيا الذاتية التي تعوض النسق اللغوي ذي الأواصر المنطقية بالنسق المتعالي نسق ملكات العقل المتعالي بحيث أن علم العلم هو المنطق المتعالي أو نظرية صورة الذات العالمة إذا ما اعتبر نظرياً وهو تطبيقيًا علم نفس المعرفة ونظرية المنهج المتعاليان[3].

لقد أخذت كلمة علم science، (العلم) منذ القرن الثامن عشر معنى أضيق وأدق، هو الذي نعنيه عندما نتحدث اليوم عن أكاديمية العلوم، وعن الثقافة العلمية، وعن تطبيقات العلوم[4]، فهي بالانجليزية المشتقة من الكلمة اللاتينية scire ومعناها «أن يعرف» to know. أما بالعربية لها معنيين، الأول: معنى واسع يرادف «المعرفة»، والثاني: معنى ضيق وهو الذي يرادف العلم التجريبي science مثل الفيزياء. وهو ضرب من المعرفة المنظمة التي تهدف إلى الكشف عن أسرار الظواهر الطبيعية، بالوصول إلى القوانين التي تتحكم في مسارها. وعلى ذلك فالعلم بوجه عام هو المعرفة وادراك الشيء على ما هو عليه، وبوجه خاص هو دراسة ذات الموضوع محدد وطريقة ثابتة توصل إلى طائفة من المبادئ والقوانين، وينصب العلم على القضايا الكلية والحقائق العامة المستمدة من الوقائع الجزئية[5].

1- علي حسين كركي، الابستمولوجيا في ميدان المعرفة، شبكة المعارف، ط1، بيروت 2010، ص 18.

2- أبو يعرب المرزوقي، الابستمولوجيا البديل، الدار المتوسطية للنشر، تونس، ط1، 1428هـ-2007، ص71.

3- المرجع نفسه، ص73.

4- روبير بلانشي، نظرية العلم (الابستمولوجيا)، ص 9-10.

5- حسين علي، منهج الاستقراء العلمي، دار التنوير، ط1، بيروت، 2010، ص 11-12.

الآن، كيف تكون المعرفة العلمية، أي الـ(episteme)؟ إذا كنا نتكلم بدقة، ولا نتبع أسلوب التشابه وحدها، يتضح ما يلي: نفترض جميعًا أن ما نعرف ليس بقادر على أن يكون شيئًا آخر، ومن الأشياء القادرة أن تكون شيئًا آخر لا نعرف، عندما أصبحت خارج ملاحظتنا–أكانت موجودة أو لا. لذا فغرض المعرفة العلمية هو ضرورة، فهو أبدي بالنسبة إلى الأشياء الضرورية بالمعنى الكلي للأبدية، والأشياء الأبدية هي أشياء لا تتوالد ولا تفنى. ومرة أخرى، يُظن أن كل علم يمكن أن يُعلَّم، وأنه يمكن تعلُّو أغراضه وأنَّ كلَّ تعلمٍ، يبدأ مما هو معلوم سابقاً، الذي يبدأ أحيانًا عبر الاستقراء، وأحياناً عبر القياس المنطقي، الاستدلال. والاستقراء هو نقطة البداية التي تستلزمها المعرفة، حتى الكلية منها، في حين أن القياس المنطقي ينطلق من الكليات.

لذا توجد نقاط بداية–مبادئ– يبدأ منها القياس المنطقي ولا تُبلغ بالقياس المنطقي، وهي من ثم تتحصل بالاستقراء. والمعرفة العلمية من ثم هي حال من القدرة على برهان، ولها الصفة المحددة التي من أجلها حين يعتقد أمرؤ بطريقة ما وبأن نقاط البدء معروفة بالنسبة إليه بأكثر من النتيجة، فإنه سيجني معرفته فقط بالصدفة. وليكن ذلك القول في المعرفة العلمية[1].

2- المقاربات التي ساهمت في تحديد مفهوم للابستمولوجيا

الابستمولوجيا كلمة معقدة وتتطلب منا القول بأن هناك مقاربة بسيطة (من بين المقاربات المعقدة): كما هو بالنسبة إلى دراسة الظواهر الاجتماعية المسماة «علم الاجتماع» وأيضا دراسة ردة فعل الناس المسماة «علم النفس»، الابستمولوجيا هي اسم العلم الذي يدرس طريقة ماذا نعرف[2].

1- باتريك هيلي، صور المعرفة، مقدمة لفلسفة العلم المعاصرة، تر. نور الدين شيخ عبيد، مراجعة حيدر حاج اسماعيل، مركز دراسات الوحدة العربية، ط1، بيروت، 2008، ص 26-27.

2 - Gérard Fourez, Apprivoiser l'épistémologie, édit. De Boeck et Larcier, 2003, Belgique, p. 9.

1.2- مقاربة أوسوسكي و أوسوسكا Stanislaw Ossowski(1897-1963) Maria Madwiga Ossowska (1896-1974) سوسيولوجيان بولونيان

صدر في سنة 1935 في مقال نموذجي عنوانه علم العلم The science of science لـ "ستانيسلاو أوسوسكي" و "مارية أوسوسكا" ، تصورًا أن علم العلم هو فرع علمي هجين أساسًا: يستعير مواضعه في المنطق من فلسفة العلوم وعلم النفس وعلم الاجتماع، ويجد نفسه في وضع من عليه أن يُبرر بشكل منتظم، ضرورة وجوده. هكذا فقد كتبا: «ضدّ استقلالية علم العلم»، وما يُشار إليه غالبا هو أن هذه المسائل –الابستمولوجية والميتودولوجية الملازمة للبحث العلمي: معايير التقويم، والطرائق، والتصنيفات ...إلخ – قد صارت منذ الآن موضوعا لاستقصاءات متعددة في حقول متمايزة (...). «إن علم العلم يصبح حينذاك فرعا ليس له موضوع خاص»[1]، وبالتالي، نتيجة لذلك فإنه يصير فاقدا لأي شرعية. ولكننا لا نستطيع، بحسب قولهما، استخلاص أي نتيجة من حقيقة هذه الاستعارات، «يبدو طبيعيا أن يلجأ علم في طريق التشكل، إلى استخلاص معظم مسائله من حقول وجدت سابقًا»[2] وأن يستحوذ تدريجيا، وعن طريق التخصص، والتعقيد، والمجانسة، على هوية خاصة له[3].

2.2- مقاربة روبير بلانشي

يرى "روبير بلانشي" Robert Blanché (1898-1975) أن كلمة ابستمولوجيا التي تعني حرفيا «نظرية العلم» théorie de la science كلمة قريبة العهد. فهي لاتوجد

---

1 - Stanislaw Ossowski, Maria Madwiga Ossowska, The science of science, repris dans : Bohdan Walentynowicz, éd, Polish contributions to the Science of Science, Theory and Decision Library, V 29 (Dordrecht, Holland, Boston : D. Reidel, Hingharn, MA : Distributor for the U.S.A. Kluewer Boston, 1982, p. 88. نقلا عن: ميشال دوبوا، مدخل إلى علم اجتماع العلوم والمعارف العلمية، تر. سعود المولي، المنظمة العربية للترجمة، ط1، بيروت، 2008، ص 40.

2 - Ibild, p. 88.

3- ميشال دوبوا، مدخل إلى علم اجتماع العلوم والمعارف العلمية، تر, سعود المولي، المنظمة العربية للترجمة، ط1، بيروت، 2008، ص 40.

لا في معجم Littré ولا في Nouveau Larousse illustré، وأما le dictionnaire de Robert فإنه يرجع ظهورها في المعاجم الفرنسية إلى ملحق المعجم Larousse illustré لسنة 1906. وحوالي هذا التاريخ نفسه أيضا، عند تأليف معجم فلسفي لـ "لالاند" فإن "جول لاشولي" Jules Lachelier كان ما يزال يعتبرها كلمة مستحدثة يُؤسَف لها. وإذا كانت الكلمة جديدة، فذلك لأن ما تشير إليه ليس هو أيضا قديما جدا. ومن الأكيد أن كل فلسفة تتضمن تصورا معينا للمعرفة[1]، ظهرت كلمة «ابستيمولوجيا» في الثلث الثاني من القرن التاسع عشر في آن واحد تقريبًا: كتابان أحدهما يتعلق بالعلمين الصوريين المنطق والرياضيات، وهو كتاب "برنار بولتسانو" Bernard Bolzano «نظرية العلم» Wissenschaftslehre : Versuch einer ausführlichen und größtenteils neuen Darstelung الجزء الثالث الذي نُشر سنة 1837[2]، فتقدم "بولتسانو" بفكرة Wissenschaftslehre (نظرية العلم théorie de la science أو مذهب العلم doctrine de la science)، المأخوذة من مصطلح "فيخته" Fichte وعدل كثيرًا في استعماله، فيتصورها بنظرة أكثر حداثة: مشابه للمعنى المشار إليه ولدلالاته[3] والآخر لـ "وليام ويوول" William Wheewell يتعلق بعلوم الطبيعة هو«فلسفة العلوم الاستقرائية المؤسسة على تاريخها» Philosophy of inductive science, founded up on their history. وبتأمله في سلم العلوم اجتهد في أن يستخلص بالنسبة إلى واحد منها «الأفكار الأساسية» التي يقوم عليها، والطرق التي ينبني عليها[4].

إن كلمة Wissenschaftslehre التي كتبها "بولتسانو" في مستهل كتابه جديرة بلحظة فحص. فهي تطابق في اللغة الألمانية ما تقوله بلغة فرنسية مستوحات من اللغة اليونانية كلمة épistémologie أي نظرية العلم. ومع ذلك فإن اللفظتين الألمانية والفرنسية

1- روبير بلانشي، نظرية العلم (الابستمولوجيا)، ص 10.

2- المرجع نفسه، ص 11.

3 - Pierre Wagner, Les philosophes et la science, p. 44.

4- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 14.

(أو اللفظة الانجليزية epistemology) لا يمكن إحلال إحداهما محل الأخرى بالضبط، لأن الأولى غالبا ما تحتفظ من أصولها القديمة بشيء من المعنى الأوسع مع المعنى الذي أخذته اللفظة الثانية من أن تم نحتها للدلالة على علم أضيق مجالا. فهي لا تتميز دائما بشكل من كلمة Erkenntnistheorie التي تعني (نظرية المعرفة) عامة والتي لها طابع فلسفي أكثر وضوحا. بل لقد وقع توسيعها أحيانا إلى أبعد من ذلك، لأن هذه الكلمة نفسها Wissenschaftslehre هي التي اختارها "فيخته" حوالي 1800 لعنونة العرض–بل العروض المتتالية لمجموع فلسفته.

أما عند "بولتسانو" وحتى لو كان النص الثاني من كتابه يغطي مجالا أوسع قليلا، فإن كلمة Wissenschaftslehre يراد بها من الناحية المبدئية معنى أدق هو الذي تدل به Wissenschaft على المعرفة العلمية بوجه خاص، مع استثناء كل صورة أخرى ممكنة من المعرفة، إن دراسته انصبت بوجه خاص وبدقة فائقة وبعناية كبيرة بالضبط، على المفاهيم الأساسية للمنطق مثل مفهومي القابلية للتحليل والقابلية للاشتقاق. فهي تشير بالأسلوب وتسبق إلى بعض المشاكل التي نجدها في عصر "روبير بلانشي" في الأعمال المتعلقة باللغة الشارحة. ولنذكر أن اليوم تطلق كلمة métascience «العلم الشارح» بوجه عام، بعد نحت لحالات أخص، كلمات métamathématique «الرياضة الشارحة» و métalogique «المنطق الشارح»، على دراسة تأتي (بعد) علم من العلوم وتُنَصب (عليه) متخذة اياه بدوره موضوعا متسائلة مع الارتفاع على مستوى أعلى، عن مبادئه وأصوله وبنياته وشروط صحته، إلخ. فنرى أن «نظرية العلم» –ابستمولوجيا– التي هي نظر في العلم تتدرج في نفسها لهذا السبب في العلم الشارح ولا يمكن تمييزها عنه إلا بفروق دقيقة، لأن العلم الشارح يبدي في العادة حرصا كبيرا على أن ينقل إلى ميدانه أسلوب وشروط الدقة الموجودين في العلم نفسه، ولأنه لا يمكن أن يمارسه إلا علماء متخصصون، بينما «نظرية العلم» بالنسبة إلى العلم، فهي تبتعد عنه قليلا، وما زالت تحتفظ بطابع فلسفي متراوح الشدة على الرغم من الجهود التي تبذلها للتخفيف عنه، فإن أبحاث "ويوول" Whewell قد

أنصبت بشكل جوهري على العلوم الاستقرائية، ولو أنها شملت أيضا نظرية في الرياضيات ليس فيها شيء من الأصالة وكانت متأخرة عن العصر. وكان غرضه تجديد «الأرغانون الجديد» آخذًا بعين الاعتبار ما حدث أثناء الفترة الحاسمة. لقد ظن "فرانسيس بيكون" Bacon أن بإماكنه أن يرسم للعلوم الاستقرائية للبرنامج الذي يتعين عليها اتباعه: وأيا كانت عبقريته، فلم يكن مع ذلك بإمكانه أن يتنبأ بالكيفية التي كانت هذه العلوم ستبنى بها بالفعل. وبعد قرنين تاميين شهدا تطور وازدهار هذه العلوم، جاء وقت الاستعاضة عن تصور «قبلي» a priori لطبيعة العلوم الاستقرائية، بتصور قائم على تحليل الطرق التي استعملتها بالفعل. وبهذا افتتح "ويوول" Whewell هذا المنهج التاريخي النقدي الذي سيكون لنظرية العلم أحد الطرق التمهيدية الكثيرة النفع. فقام في آن واحد بالدراسة التاريخية والدراسة النقدية ولم يعزم في النهاية على الفصل بينهما إلا أمام ضخامة الموضوع، فنشر أولا «التاريخ» لكي يكون أساسا لما سيصير بعد ذلك «فلسفة العلوم الاستقرائية» مع المحافظة دائما على اتصال وثيق بين الإثنين[1].

لقد سار أثران من أهم الأثار الموضوعة في نظرية العلم وهما أولاً، كتاب "أنطوان أغسطين كورنو" Antoine Augustin Cournot الذي ليس من المبالغة اعتباره أكبر الابستمولوجيين في القرن التاسع عشر، أن كتابه: Traité de l’enchainement des idées fondamentales dans les sciences et dans l’histoire «كتاب تسلسل الأحكام الأساسية في العلوم وفي التاريخ» (1861) الذي جاء بعد كتابه: Essai sur les fondements de nos connaissance humaine et sur les caractères de la critique philosophiques «محاولة في أسس المعرفة البشرية وفي خصائص النقد الفلسفي» (1851)-أعيد طبعه (1912)، يظهر بمخططه وحتى بعبارة الفكرة الأساسية الموجودة في عنوانه، التي هي أن النقد الفلسفي نجح في الاختبار من الداخل حتى في تطور سبل مختلفة للمعرفة العلمية. أكتشفت بطريقة مستقلة عن الأشكال الصورية، بأنه

1- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 12-14.

توجد يقينية عقلانية مؤسسة على النظام لأن العقل ينشئ معارفه ضمن سلسلة. لكن فكرة النظام التي «تحمل في حد ذاتها مبرراتها أو مقرراتها»[1]. تأثير "ويوول"، ولو أن الاعتماد على التاريخ لديه أقل. ومن مفاخره أنه أورد بين هذه الأفكار الأساسية وفي المقام الأول، فكرة المصادفة التي طالما اعتبرت مضادة لفكرة القانون وبالتالي، أجنبية العلم. وقد أعطاها تعريف بقي ذائعا: هو تقاطع سلسلتين عليتين مستقلتين. ويبدو بهذا أنه أحس بالأهمية العامة التي ستكون للاعتبارات الاحصائية والاحتمالية في العلم المعاصر. ومما لا شك فيه أن تأثير "ويوول" أخف عند "أرنست ماخ" Ernest Mach (1838-1916) الذي ينتمي إلى الجيل التالي. لكن كتابه الكبير: Die Mechanik und Ihrer Entwicklung «الميكانيكا وتطورها» (1897) الذي استدعى الانتباه وكان مثالا يحتذى به، هو أيضا ذو روح تاريخية نقدية كما ذكر ذلك صراحة في العنوان الذي قدمت به الترجمة الفرنسية La mécanique étude historique et critique de son développement «الميكانيكا، دراسة تاريخية ونقدية لتطورها». إننا نجد فيه بوجه خاص نقدا دقيقا للمطلقات النيوتونية حضر وألهم جزئيا الميكانيكا النسبية التي تصورها "آلبرت آينشتاين" Albert Einstein (1879-1955). ويجب أن لا ننسى كذلك أحد التيارات الرئيسية في نظرية العلم في هذا الصف الأخير من القرن التاسع عشر، انما نشأ تحت اشراف "ماخ" مع حلقة فيينا.

في حوالي 1900 عندما بدأت اعادة النظر بشكل جدي في بعض مبادئ ما سيسمى بعد ذلك العلم «التقليدي»، اتسعت الحركة الكبرى التي سميت «نقد العلم». إن هذا النقد الموجه ضد الوثوقية العلمانية والذي قام به مؤلفون ذو تكوين علمي، ينْصَب في جوهره على طبيعة قوانين ونظريات الفيزياء، ولنذكر فقط بأسماء "هنري بوانكاريه" Henri Poincaré،

1- Antoine Augustin Cournot, Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophiques, T1, Librairie de L. Hachette et C^{ie}, Paris, 1851 et 2eme édition 1912, P 130. In : Jean Piaget, Logique et connaissance scientifique, Encyclopédie de la Pléide, Gallimard, 1967, p. 4-9.

و"بيير دوهيم" Pierre Duhem و"غاستون ميلو" Gaston Milhaud و"ادوارد لوروا" Eduard Le Roy بالنسبة إلى فرنسا، و"أرنست ماخ" Ernest Mach و"أوستفالت" Ostwald بالنسبة إلى ألمانيا، و "تشارلز سندرس بيرس" Charles Sandres Pierce و"كارل بيرسن" Karl Pearson بالنسبة إلى البلدان الناطقة بالانجليزية. وفي الوقت نفسه فإن «أزمة الأسس» التي أثارتها نقائض المجموعات ألزمت الرياضيين بأن يعودوا هم أيضا إلى مبادئ علمهم، وهذا العمل التوضيحي هو الذي قام به خاصة "جوتلوب فريجه" Gottlop Frege في ألمانيا و "برتراند رسل" Bertrand Russell في انجلترا. وبهذا الجمع بين الكفاءة العلمية والتفكير الفلسفي وهو جمع ألحت عليه حالة العلم نفسها، وجعله يتزايد في ندرة التخصص العلمي، وجدت نظرية العلم –ابستمولوجيا– نفسها قائمة كعلم أصيل وهذا الأمر الواقع هو الذي جاء ليكرس تسميتها[1].

3.2– مقاربة جيوليو بريتي

تأخذ الابستمولوجيا بعين الاعتبار الدراسة التحليلية لمختلف «أنطولوجيات/المناهج الجهوية» التي تحدد كل علم انطلاقا من برنامج ثقافي وقادر على تجنب كل الفرضيات الميتافيزيقية بطريقة آلية، لأنها ترجع كل موضوع المعرفة إلى «مجال خطابي» الخاص الذي له تاريخيا وموضوعيا صورة في مجال خاص لعلم. إن التفوق الفلسفي لهذه المقاربة مقارنة بالوضعية الجديدة، كانت الأحسن تقييما وهذا إذا اعتبرنا الصيغة التي أتى بها "جيوليو بريتي" Giulio Preti (1911–1972)، يمكن أن تحتك مع القديم لكن المشكل هو وحدة العلم. وإذا كان "أوجيست كونت" Auguste Comte (1798–1857) قد اقترح تصنيف العلوم، وهذا ما أصرت عليه الوضعية الجديدة مع "توراث" و"كارناب" على النزعة الفيزياوية، وهذا ما أشار إليه "جون ديوي" حول الموقف النقدي الذي يعطي صبغة المقاربة العلمية، فلاحظ "بريتي" بالمقابل «وحدة العلم لا يمكن أن تكون إلا بواسطة إبستمولوجيا موحدة. هذا ما ينبغي توحيده اليوم هو مفهوم العلم... إنه واقع العلم كعمل موضوعي الذي

1– روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 11–16.

ينبغي تحديده بشكل موحد: والذي يكون بالضبط المخطط المنشود للابستمولوجيا الموحدة»[1].

4.2- مقاربة فرانسوا غيري

يرى "فرانسوا غيري" Francois Guéry (1944-) وهو أستاذ الفلسفة بجامعة ليون3، أن مصطلح الابستمولوجيا المستعمل في مطلع القرن العشرين في فرنسا، بمعنى بالغ الغموض، كان يلتبس مع عبارة «فلسفة العلوم» وهو يحل محلها. شهدت فرنسا شيوعًا متعاظما وممارسة حيوية لدى الفلاسفة الذين رأوا في الابستمولوجيا ما من شأنه تحديد نقدهم الفلسفي وتأصيله. فالابستمولوجيا هي التي تسمح، وبكيفية أفضل مما عجزت عنه الوجودية مثلا، بالإحاطة بالخطوط الأساسية لشرطهم التاريخي كبشر «غربيين» في نظر الفلاسفة آنذاك، سواء بتحليل «عقل» العلوم المعاصرة وتقدير الصلاحية العلمية للفروع الجديدة شيمة العلوم الانسانية أو البحث في الغليان الفكري النهضوي عن المكان الأصلي لعصرهم[2].

جلب مصطلح الابستمولوجيا وراءه آثار ماضية مطولة: كل تراث فلسفة العلوم، الديكارتية أو الانتقادية، أو أيضا واقعة جديدة بالنسبة إلى العلوم ولكنها ليست كذلك بالنسبة إلى الابستمولوجيا في منحاها الإيحائي. إن معنى «نظرية المعرفة»، الذي يتضمن تحليلا لـ «ملكات» العقل، ليس مجاورا له وحسب: بل هو المعنى الذي توجب ومازال يتوجب على المصطلح الجديد أن يتخلص منه لكي يُحظى باستقلاله[3].

لقد توجب على "فرانسوا غيري" اعطاء معنى صارم للمصطلح الذي يسمح له بالتفريق بين الابستمولوجيا وفروع أخرى موضوعها العلوم أيضاً. وهذه الأخيرة التي تساعد على

---

1 - Fabio Minazzi, L'épistémologie comme herméneutique de la raison, préface de Jean Petitot, coédition la CITA DEL SOLE, Naples, Laibrairie philosophique J.VRIN, Paris, 2005, p. 56.

2- فرانسوا غيري، مداخل الفلسفة المعاصرة، علم العلم، تر. خليل أحمد خليل، دار الطليعة للطباعة والنشر، ط1، بيروت، ص 66.

3- المرجع نفسه، ص 67.

تحديد الحقل الاستقصائي للعلماء. فيتساءل هنا: هل ينبغي اعتبار كل عمل يقدم نفسه كعمل علمي بمثابة «ابستمولوجيا»؟ أم أنه بالأولى تعريف أولي يأخذ في الاعتبار المعالم الجوهرية والدلالة التارخية لهذا التيار، الأمر الذي سيسمح له بالحكم على انتماء هذا العمل إلى الابستمولوجيا «علم العلم» -كما يسميه هو- أو إلى «فلسفة العلوم»؟ فحين يتبنى الحل الأول والذي سيحمل: مخاطرة التصنيف العشوائي في إناسةِ متناثرة للأعمال التي لم يتوصل العلماء إلى جمعها في وحدة واحدة. والحل الثاني، الذي يتضمن اختيارًا صارمًا، يمكنه أن يؤدي إلى ثغرات وحتى إلى التحيُز، ومع ذلك يبدو لهم أنه الحل الأنسب والأوفق لوجوب تعريف علم العلم في أصالته في ما يُكوِن حياته وبقاءه[1].

5.2- مقاربة دومنيك لوكور

يرى "دومنيك لوكور" Dominique Lecourt (1944-) أن تاريخ مصطلح الابستمولوجيا يُحضى بالاهتمام، بحيث وضع الميتافيزيقي الاسكتلندي "جيمس فريدريك فيري" James Frederick Ferrier (1808-1864) منطقا جديدا الذي وقع في النسيان في القرن التاسع عشر، بالرغم من الذين كانوا معه كونوا أكاديمية والتي عُرضت فيها الفلسفة الاسكتلندية وخاصة فلسفة "توماس ريد" Thomas Reid(1710-1796) من قبل أستاذ "جيمس فيري" "وليام هاملتون" William Hamilton (1788-1856) الذين احتجوا على المثالية الألمانية. كان هذا في المعهد الميتافيزيقي عن طريق "ايمانويل" الذي نُشر في 1854 لأجل اظهار المصطلح الابستمولوجي Epistémology للمرة الأولى.

فيرى "لوكور" أن المركب اليوناني يحدد الخطاب العقلاني «Logos» على المعرفة «épistémé» الخطاب الذي كَوَّن الجزء الأول في منظومته التي ما جاء فيها خلال نظرية الجهل l'ignorance مدعمة الانطولوجية. وهذه الأخيرة لم تحدد من بنيتها، فالإبستمولوجيا

1- المرجع نفسه، ص 67.

بقيت سنوات طويلة مقتصرة في كلمة انجليزية epistémology، ومنتشرة على الخصوص في أوساط اللغة التقنية.

أشار "برتراند راسل" في كتابه "محاولة في الأسس الهندسية" essai sur les fondements de la géométrie بعد ترجمته إلى الفرنسية في سنة 1901 الذي يعني به دراسة النظريات العلمية، والذي تزامن معه انتشار هذا المصطلح الجديد في اللغة الفرنسية. وأشار بشكل سريع، كذلك ورد في كتاب "الهوية والواقع" Identité et réalité للكيميائي والفيلسوف "إميل مايرسون" Emile Meyerson (1859-1933) في سنة 1908 هذه المفاهيم: «يبدأ الكتاب الحديث بالمنهجية في مجال فلسفة العلوم أو الابستمولوجيا متبوع بمفهوم متقارب والذي انتشر سريعاً».

يؤكد "لوكور" بأن استقلال مصطلح ابستمولوجيا بقي غامضا، لأنه حديث عن «فلسفة العلوم». وكذلك أنها تستخدم التحليل الدائم للخطاب العلمي، من أجل تقييم وجهات التفكير الذي يُستعمل كوسيلة، وبضبط البنية الصورية لنظرياته. ويركز الابستمولوجيين على خطوات المعرفة ملغين الردود على معانهم. ليصلوا إلى تقديم تنظيمهم كما أنه تنظيم علمي فعال مع الفلسفة[1].

6.2- مقاربة أنوك بربارروس

يرى "أنوك بربارروس" Anouk Barbarousse (1969-) -أستاذ فرنسي بجامعة باريس8- أن مدلول الابستمولوجيا له مدلولين حسب التقليد الانجليزي أو الفرنسي (المتأخر). انطلاقاً من ترجمة "جيمس فريدريك فيري" كلمة Erkenntnistheorie أو نظرية المعرفة إلى الانجليزية. والتي هي فرع من فروع الفلسفة وبالتحديد أكثر أنها تُظهر معناها الأولي سواء تجاوزت محتوى الفلسفة الكانطية أم لا. ومن خلال هذين المدلولين الذين يقتربان من بعضهما البعض في المعنى، فمن المستحيل فصل الآثار التي ألقتهما على

1 - Dominique Lecourt, La philosophie des sciences, PUF, Paris, 2001, p. 15-16.

المنهج العلمي (على سبيل المثال، ما هو دور الخبرة في انتاج المعرفة العلمية؟) دون التساؤل بالإقناع أو الايضاح عن مصدر معارفنا؟ (من أين أتت المعاني؟ والتفكير؟).

علينا أن نختار مصدر تجريبي أو عقلي، ومن أجل انتاج المعرفة والذي اتبع طرق مختلفة. فيرى "بربروس" أيضاً أن القول بأن معارفنا وهوية مصدرها تشترط خطاب ميتودولوجي محدد، الذي يكون الخط الواصل بالابستمولوجيا، كأنه خطاب حول المعرفة العلمية. فلا يمكن الالحاح الذاتي على الخلط بين مقاربتين الإضافيتين، فعلى الأقل الأخذ بما يحمله من مدلول أو معنى عيني[1]. فلسفة العلوم، تاريخ العلوم أو ابستمولوجيا، هذه الاحاطات تراهن اعتباطياً على كل القوانين التي تتداخل مع بعضها البعض.

تحتل الفكرة التي تقول أن العلم مكانة عليا l'édifice لمعارفنا ليست جديدة. والمصطلح اليوناني épistémè، عندما نترجمه بـ«معرفة» أو بـ «علم»، يطرح للنظر، على معرفة غير مضمونة. المعرفة العلمية هي معرفة التي تقول الحقيقة، والتي تُجيز أسباب اعادتها والتأكد منها. وخطاب مضمونه حقيقي على الأقل. ولكن بدأت الصعوبات عندما تساءل حول شروط امكانية القدرة على قول الحقيقة. ماذا يفترض من أجل قبول بالنظريات العلمية بشكل نهائي؟ أتقبل بالواقع؟ أتقول حقيقة العالم، أو تعطي تفسيرًا؟[2]

كل هذه الاسئلة وأخرى تجدها عندما تجيب على سؤال أسس العلم. يعني هذا وضعه في مجال عريض، بفواصل متقاربة والتعمق في المكونات الأنطولوجية الميتافيزيقية لهذا التساؤل: ما مصدر معارفنا؟ ماذا نعرف؟

1 – Anouk Barbarousse, Epistémologie de la physique, in : Epistémologie et histoire des sciences, sous la direction de Solange Gonzalez, , éd. VUIBERT, Paris, 2010, p. 3.

2 – Ibild, p. 4.

7.2- مقاربة لينا صولار

تتساءل "لينا صولار" Léna Soler (1965-) -أستاذة الفيزياء والفلسفة بجامعة نانسي بفرنسا- في كتابها «مدخل إلى الابستمولوجيا»، حول طبيعة الابستمولوجيا، بحيث تُحذر من الاستعمالات المتعددة للمصطلح، وبالأحرى التعريفات الكثيرة لهذا المصطلح، بداية من مجموعة الملاحظات الميتودولوجية حول طبيعة وحدود مجال التعريف، هناك تعريف يعرض مجموعة من حدود التعريفية مثلاً، في حالة كلمة «علم» (المستنبط من تعريف "روبار الصغير" le Petit Robert): معرفة، حقيقة، مؤسسة وكلية. فهذه الخطوط لا تصلح على العموم.

- بدون الاقرار وبدون تعدد في كل حالة، إذا تخلف عنصر واحد من العالم أو لا ينطوي عليه التعريف: يمكن مثلاً السماح للحصول على معرفة على الأقل صحيحة، ومؤسسة وكلية (عامة)، من دون أن تكون قابلة أن تصلح علماً.

- في بعض الأحيان ليس كل الفرص للمصطلح المُعرف ينطوي على حدودا مضادة مختلفة في تعريفه، يمكن مثلاً: القول «علم» معرفة تصبح صحيحة ومؤسسة ولكن ليست للجميع[1].

- لا يدعم على الاطلاق تعريف واضح لفهرس le répertoire ومحدد بشروط ضرورية وكافية التي تضبط الدلالة بشكل نهائي أول قبول معاني المختلفة لأي مصطلح[2].

تخلص في الآخير "لينا صولار" إلى أن أي تعريف لا يضمن في الحين ولا يستعمل بشكل صحيح، ولا هو مجرد فهم للفرص المختلفة للمصطلح مهما كان. استعمال هذه الجوانب تظهر خاصة عندما تحتك مع النصوص التي تَرِد فيها وتستخدم للأشياء المقبولة.

1- Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, Nouvelle édition revue et augmentée, préface de Bernard d'Espagnat, 2dition Ellipses, Paris, p. 14.

2 - Ibild, p. 15.

كان الاهتمام في كل مرة طرح السؤال التالي: ما هو المصطلح الذي نفترضه في النص والذي له علاقة بالكلمة أو بالشرح المضبوط؟ وُضع هناك جزءاً خاصا بصيغة سامية، لا يتأخر أن يفرض مصطلح يقيني من أجل قبوله مقارنة مع مصطلحات أخرى ممكنة[1].

ترى "لينا صولار" بأن استعمال المتشدد لمصطلح الابستمولوجيا له تأثير مضاعف وقابل للتعدد. وهذا بسبب صياغاته وتطبيقاته للابستموولجيا الموجودة، أحيانا غير متجانسة وأحيانا أخرى مناقضة. وأيضا من المستحيل اعطاء تعريف للابستمولوجيا الذي يسمح بالفهم الفوري فهو في هذه الحالة يناقش ويقرر اعطاء خطاب معين بدون غموض الذي سواء ارتبط بالإبستمولوجيا أو لا[2].

إذن لا يكون في الحالة التالية بأنه مجموعة من المؤشرات الأولية الخاصة بتوجيه القارئ بوجه عام.

3- التعريف المعاصر للابستمولوجيا

أُستعملت الابستمولوجيا فقط في بداية القرن العشرين كمجال مبدئي خاص، فكل الذين حاولوا اعطاء تعريف اعتمدوا على مصطلح «اتيمولوجيا» étymologie بشكل عام. فوضعوا خط بأن الابستمولوجيا هي تركيب بين كلمتين يونانيتين épistémé التي تعني علم، المعرفة، العلم، و logos يعني الخطاب، لغة، حكم، نظر[3]. الابستمولوجيا أيضا بالنظر إلى الحالات، سواء أنها دراسة حول العلم أو دراسة حول المعرفة. فالابستمولوجيا إذن من حيث الاشتقاق اللغوي هي «علم العلوم» أو «دراسة النقدية للعلوم»[4]. يفضل الانجلوسكسونيين الدراسة الثانية والتي تعني دراسة المعرفة، فاستعملوها كمرادف لـ«نظرية

1 – Ibild, p. 15.

2– Ibild, p. 15.

3– Ibild, p. 16.

4– محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم، العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي، مركز دراسات الوحدة العربية، ط6، 2006، بيروت، ص 18.

المعرفة»، والفرنكوفونيين فهموا «الابستمولوجيا بالمعنى الضيق: فاستعملوها فقط من أجل تسمية الانعكاسات reflexes (التفكير) حول المعرفة العلمية الخاصة واحتاطوا من تفسير نظرية المعرفة. لدراسة المعرفة بشكل عام (علمية وعامية)».

الابستمولوجيا تساؤل حول طبيعة وقيمة المبادئ، المفاهيم، المناهج ونتائج العلوم. وهذا ما منحتها ميزتين رئيسيتين:

– انها خطاب انعكاسي، يعني خطاب يُجيز الاطلالة على العلوم. لذا تفترض الابستمولوجيا العلم وتأتي بعده بذلك.

– انها خطاب نقدي: لا ترضى فقط بوصف العلوم دون الحكم عليها، توظف الابستمولوجيا زيادة على ذلك مناقشة مزايا لكل من مدى القضايا والمناهج العلمية.

الابستمولوجيا هي خطاب حول العلم الذي يستدعي:

– تخصيص طبيعة الخطاب المرتبط بها (هل هو فلسفي؟ علمي؟ ماهي وسائله؟).

– تحديد هدف هذا الخطاب (ماذا نسمع من العلم؟ ماهي التخصصات المحددة التي ندرجها في فئة العلم؟)[1].

عندما نتقبل الابستمولوجيا لأول وهلة، ولابد أن نوضح بحذر، لأن معنى المصطلح متغير. مثلا Epistemology ، مصطلح انجليزي يعني فرع خاص من الفلسفة، نظرية المعرفة. أما الفرنسيين استعملوا هذا المصطلح من جهتهم للدلالة على دراسة النظريات العلمية. اذن، كما أشار اليها "بيار جاكوب" Pierre Jacob ، فالإثنين مقبولين للدلالة على الابستمولوجيا لأن الكلمة اليونانية لـ ابستيمي (التي تطرح كلمة دوكسا doxa والتي تعني نظر أو الاعتقاد opinion) يمكن ترجمتها بكلمة علم science، وأحيانا بكلمة معرفة

1 – Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, p. 16-17.

savoir[1]. وأيضا "موريس غانيو" Maurice Gagnon (1912-1999) أن ابستمي استعملها "أفلاطون" و"أرسطو" لتحديد نوع من المعرفة التي بحثا فيها والتي تقابلها doxa التي تعني الاعتقاد أو رأي العامة المؤهلة منهم أن تكون غير محددة وغير يقينية، فـ «ابستمي» يجب أن تكون عكس ذلك، معرفة دقيقة ومحددة ويقينية. عادة ما ترجم هذا المصطلح إلى الفرنسية بـ «علم» ليس سليمًا لأن ما يحتمل أن ما نملكه، أن العلم بالمعنى المعاصر للمصطلح يختلف كثيراً عن ابستمي "أفلاطون" و"أرسطو" من حيث المنهجية يستخدم التجريب، أي، احداث التجربة ومراقبتها في المختبر، ويدعي أكثر أن يكون محدد ودقيق ويقيني من المعرفة العامة، والتي لا تدعي أن تكون محددة ودقيقة ويقينية تمامًا. لايوجد في الفرنسية وربما حتى في أي لغة معاصرة ما يعادل كلمة «ابستمي» اليونانية[2].

اذن الابستمولوجيا هي من أجل دراسة العلم وتحليله وانعكاساته، فتكون بهذا المعنى الخطوة الثانية لامتحان أو لمناقشة المبادئ. وبمعاني أخرى، فهي تطمح بتجريد العلم التام من الأشياء التي ينظر إليها العلم بأنها هي موضوعه، وتعين كميدان خاص بالدراسة، ليس لما يأتي به العلم، لكن على ما يقول به. كأنها لا تشير إلى خطوات المعرفة أو تبحث في مجال التجارب الغامضة (الخفية)، مثلا ملاحظة النجوم أو الرخويات، التجارب التي ستُعني فيما بعد بلا شك، بالأهداف ومشروع العلم نفسه. ولهذا فالابستمولوجيا تدرس كيفية بناء المفاهيم والنظريات العلمية. وتتعمق أيضا في الامكانيات ومناهج المتبعة من قبل رجال العلم، من أجل أن يكون تحديد مضبوط وكامل، فيمكننا القول بأنها تطرح أربع مجالات محدودة للتحليل والانعكاس:

1- طبيعة وبناء المفاهيم والنظريات العلمية، والتي نسميها أحيانا قواعد النظريات.

---

1 - Pierre Jacob, L'âge de la science, lectures philosophiques, N°2 épistémologie, Edition Odile Jacob, Paris, 1989, p. 9.

2 - Maurice Gagnon, Daniel Hébert, En quête de science, Introduction à l'épistémologie, FIDES, Québec, 2000, p. 13-14.

2- هدف المضمون ومدلول المفاهيم والنظريات العلمية، وهذا بنظرة أفقية، نسميها دلالية النظريات sémantique.

3- المنهجية العلمية.

4- حدود وقيمة المؤسسة العلمية.

إننا نقصد بالابستمولوجيا «نظرية المعرفة العلمية» تمييزا لها عن نظرية المعرفة التقليدية. فالأولى من اختصاص العلماء ومن انتاج الفلاسفة المتتبعين للنشاط العلمي، أما الثانية فهي من انتاج الفيلسوف ذاته كل حسب مذهبه ونسقه الفلسفي. ستتخذ نظرية المعرفة العلمية أجهزة القياس والتجارب بينما التقليدية فهي تعتمد على فكر ذاتي، كما أن العلمية تتصف بالنزعة الموضوعية ومن هنا جاء تعريف "لالاند". والذي تسانده "أنطونات فيريو" Antoinette Virieux بأن الابستمولوجيا هي من وجهة نظر أساسية[1] «دراسة نقدية لمبادئ، وفرضيات ونتائج مختلف العلوم». التي نريد منها «تحديد أصلها المنطقي، وقيمتها وأهدافها»[2].

استبقت الابستمولوجيا بتقديم نفسها هكذا تحت خطى انعكاس نقدي للفيلسوف حول العلم[3]. الابستمولوجيا علم بدأ يستقل عن الفلسفة وهذا لا يمنعها من معرفة أن أحد نقاط بدايتها كانت في مجال «فلسفة العلوم». والنقطة الثانية تتعلق بمواكبة العلوم من طرف الابستمولوجيا، بطابع فلسفي ولكن تبقى في وعي العلماء أنفسهم[4].

---

1 - Antoinette Virieux-Reymond, Introduction à l'épistémologie, P.U.F., 1re édition,Paris, 1966, p. 3.

2- أندري لالاند، الموسوعة الفلسفية، ص 356-357.

3 - Yvon Belaval, Histoires des sciences et épistémologies, In : Sciences, Histoire, Epistémologie pour une pratique pluridisciplinaire, Librairie Philosophie J.VRIN, Paris, 1981, p. 15.

4 - Yvon Chatelin, une épistémologie des sciences du sol, éd. ORSTOM, Paris 1979, p. 1

الابستمولوجيا لا ترضى بتمرير المفاهيم أو مناهج من مجال علمي لآخر. إنها أيضا تلعب دور الناقد للتطبيقات العلمية[1]. إن الابستمولوجيا هي نظرية علمية في المعرفة تتلون بلون المرحلة التي يجتازها العلم في سياق تطوره ونموه على مر العصور.

4- خلاصة:

الابستمولوجيا هي كل تلك الأبحاث المعرفية: فلسفة العلوم، نظرية المعرفة، مناهج العلوم، منظور إليها من زاوية علمية معاصرة أي من خلال المرحلة الراهنة لتطور الفكر العلمي والفلسفي. كما أنها علم المعرفة التي تختص ببحث العلاقة بين «الذات والموضوع». «إن الانسان يبني معرفته بهذا العالم من خلال نشاطه العملي والذهني. والبناء الذي يقيمه الانسان بواسطة هذا النشاط هو ما نسميه العلم- أو المعرفة. أما فحص عملية البناء نفسها (تتبع مراحلها، نقد أساسها، بيان مدى ترابط أجزائها، محاولة الكشف عن ثوابتها، صياغتها صياغة تعميمية، محاولة استباق نتائجها... إلخ) فذلك ما يشكل موضوع الابستمولوجيا»[2].

الابستمولوجيا انعكاس حول المعرفة البشرية، وتهتم على الأقل بالمحتوى مثل المناهج والاجراءات المعرفة. تدرس المناهج التي توضح طرق: كيف للعقل أن يكون قادرا على التكيف مع الواقع انطلاقا من وجهات النظر والصيغ المتعددة؟ كيف تنتظم الحياة الفكرية من دخولها بطرق مختلفة في مجالات مختلفة أيضا؟ العقل البشري له القدرة على معرفة كل شيء مهما يكن، ويمكنه أيضا معرفة ما يعرفه. لقد عرف العقل وعرف ما عرفه. يمكنه تبيان ما يملكه من طرق المعرفة وما يقدمه. الابستمولوجيا هي انعكاس ثانوي حول المعارف التي تأسست، تدرس الأحداث مثل حياة الفكر البشري[3].

---

1 - Ibild, p. 3.

2- محمد عابد الجابري، مرجع سبق ذكره، ص 47.

3 - Albert Chapelle, Epistémologie, préface d'Emmanuel Tourpe, Lessius, Bruxelles, 2008, p. 20.

باعتبار أن الابستمولوجيا هي تفكير في العلوم وليس في المعرفة «بوجه عام»، فإن الابستمولوجيا في دلالاتها الفرنسية تتميّز عن الابستمولوجيا بمعنى نظرية المعرفة. ففي الوقت الذي ما زالت عبارة epistemology الانجليزية تلك التي ابتكرها سنة 1854 الفيلسوف الفيختي "جيمس فريدريك فيري" James Frederick Ferrier، أو تلك العبارة الألمانية Erkenntnistheorie التي روجها سنة 1862 مؤرخ الفلسفة "ادوارد تسيلر" Eduard Zeller (1814–1908)، في كتابه «الفلسفة اليونانية المعتبرة في تطورها التاريخي الجزء الأول الفلسفة اليونانية ما قبل سقراط» La Philosophie des Grecs Considérée Dans son dévloppement Historique Partie 1 La philosophie Grecs avant Socrate (1877) ترجمه من الألمانية "ايميل بوترو" Emile Boutroux تحتفظ بمعنى نظرية المعرفة. وكذلك الأمر لدى "أوجيست كونت" عندما انتقد مَعْرَفَيْ المنهج أو علم النفس. ففي رأي "كونت"، ليس من الممكن معرفة «قوانين الفكر البشري» «مباشرة». فهذه القوانين لايمكن أن تُعرف إلا بدراسة النتائج الفعلية للفكر البشري وهو بصدد العمل، أي بدراسة العلوم وتاريخها. وكذلك الأمر لدى "أبل راي" Abel Rey (1873–1940) الذي أكد، في مفتتح أول عدد لمجلة "طاليس" Thalés، وهي مجلة معهد تاريخ العلوم والتقنيات، «إن نظرية المعرفة ليست إلا ايديولوجيا غامضة أو جدلية كلامية بلا تاريخ فلسفي للعلوم»[1].

في سنة 1897، لاشيء يشير إلا أن هناك شيء يدور بذهن "برتراند راسل" عندما كتب في مقدمة كتابه محاولة حول أسس الهندسة: هذا ما جاء به "كانط"، مبدع الابستموولجيا الحديثة، بأن المشكل الهندسي تلقى صورته الحالية [...] بالنسبة لـ "كانط" الذي لم يكن طبيب نفساني، المصطلحات القبلية والذاتية كانت متساوية بالتقريب في

1- جون فرانسوا برونشتاين، باشلار، كانغلام، فوكو، الأسلوب الفرنسي في الابستمولوجيا، ترجمة هدى الكافي، مراجعة محمود بن جماعة، من: مقالات في النمذجة وفلسفة العلوم، الجزء الأول، دار سيناترا، ط1، تونس 2012، ص 17.

الاستعمال الحديث، وبصفة عامة احتفظ بكلمة الذاتية في السيكولوجيا، وترك القبلي في خدمة الابستمولوجيا[1].

ترجمت الابستمولوجيا خارج فرنسا بنظرية العلم Der Wissenschaftlehre لـ "فيخته" Fichte مع "فيري" Ferrier و بنظرية المعرفة Der Erkenntnislehre لـ "كانط" مع "برتراند رسل" Bertrand Russel[2] ولهذا ما كشفه "لويس كوتيرا" Louis Couturat في رد على كتاب "راسل" الذي ظهرت فيه ترجمة كلمة الابستمولوجيا في سنة 1907 بالفرنسية لأول مرة، في مقال في القواعد الفلسفية Lexique philosophique ملحق للترجمة الفرنسية، أين أعطى التوضيحات، بحيث أجمع على أن انعكاس تقديم التداخل الكبير ومن الواضح لأنها تؤدي بنا بكل وضوح وبساطة إلى التداخل بين نظرية المعرفة وفلسفة العلوم: ابستمولوجيا بالانجليزية تعني ابستمولوجية نظرية العلوم étymologiquement (επιστήμη .λογος). المرتبطة بالكلمة الألمانية Erkenntnistheorie أو Erkenntnislehre (نظرية المعرفة) وبالمعنى الفرنسي فلسفة العلوم [...] موضوعها القواعد الفكرية، التي بها يمكن أن يكون التفكير سليمًا وصادقًا [...] الابستمولوجيا تبحث عن المبادئ الثابتة للتفكير، والتي تمنحه نقطة الانطلاق ومحتوى واقعي وتضمن له قيمة موضوعية. أخيرًا [...] الابستمولوجيا تبحث عن المبادئ (أوليات، فرضيات أو مسلمات) التي تعتبر الأسس لمختلف العلوم وتتحدث عن القيمة والمصدر (تجريبي أو قبلي)[3]. ونخلص أن الابستمولوجيا هي نظرية المعرفة تركز على الدراسة النقدية للعلوم، أو أن كلمة النقد التي حددها وأسسها "كانط".

1 - Pierre Wagner, Les philosophes et la science, édition Gallimard, 2002, p. 39.

2 - Yvon Belaval, op.cit., p. 16.

3 - Pierre Wagner, op.cit., p. 39-40.

ثانياً: علاقة الابستيمولوجيا بالمباحث الفلسفية المجاورة

1- علاقة الابستمولوجيا بفلسفة العلوم

أدى التقدم في مجال العلوم ظهور طريق العلم الوضعي بجانب الفلسفة من أجل الوصول إلى الحقيقة. فـ"نيوتن" هو الذي ميز بين النتائج العلمية التي تقوم على الملاحظة المباشرة، وبين الفروض الميتافيزيقية التي لم يجد مبررًا لإقحامها في مجال علمه كعالِم فلك، معلنا ذلك التمييز بين العلم والفلسفة[1]. وبقدر ما كان يبدو طريق الفلسفة طريقًا شخصيًا خاصًا، كان يبدو طريق العلم الوضعي طريقاً عاماً مفتوحًا أمام الجميع. ومن هنا حدثت فجوة بين الفلسفة والعلم، وقد وصلت هذه الفجوة إلى أوج –اتساعها في القرن 19، إذ نظر العلماء بعين الشك إلى التأملات الفلسفية التي بدت لهم مفتقرة في العادة إلى الصياغة الكمية الدقيقة، وتتناول مشكلات لا سبيل إلى حلها. ولم يعد الفلاسفة بدورهم يهتمون بالعلوم الجزئية، لأن نتائجها بدت لهم تدور حول آفاق ضيقة إلى حد بعيد. ولقد كان هذا التباعد أمرًا ضارًا بالفلسفة والعلم على السواء. ولهذا تنبه تيار العلماء –في القرن العشرين– لخطورة تلك الفجوة التي حدثت بين العلماء والفلاسفة، وبدأ ينظرون إلى المشكلات الفلسفية المتعلقة بعلومهم نظرة جادة، وأخذ يهتمون ببحث تلك المشكلات الفلسفية بحثًا دقيقًا.

لعلى اهتمام العلماء بالجوانب الفلسفية للعلم يقدم دليلاً واضحًا على مدى ما يمكن أن يستفيده العلم من الفلسفة، فلا شك أن كثيرًا من التغيرات الأساسية في العلم كانت تتحقق دائمًا بالتعمق بحثًا عن الأسس الفلسفية للمشكلات التي اعترضت طريق العلماء[2]. إن الفلسفة الحقة لاتتنكر للعلم السائد، لأن العلم السائد في عصر ما يؤثر تأثيرًا عميقًا على نظرية المعرفة في ذلك العصر. وأي تغير جذري في العلم يتبعه رد فعل في الفلسفة.

1- حسين علي، منهج الاستقراء العلمي، دار التنوير، ط1، بيروت، 2010، ص 16.

2- المرجع نفسه، ص 17-18.

يمكننا تصور فلسفة العلوم كعلم الذي يأخذ شيء ليس حسي على عكس العلوم الأخرى وإنما من الأحسن كل ما تأخذه النظريات العلمية على تلك الأنظمة. أيُ مقاربة ماوراء نظرية يمكنها أن تتخذ معنيين. هل يجب أن تفهم فلسفة العلوم كـ «علم العلم» أو كنظرية للعلوم؟ أول فرع للبديل بسبب فلسفة العلوم نظرية العلوم التجريبية التي هي في حد ذاتها تجريبية والتي أنجرت متطوعة في ترسانة مفهومية لمختلف مجالات التنظير العلمي. تصبح الابستمولوجيا طبيعية، أي تجريبية، تشارك بالتأكيد في عدة مستويات للفلسفة وللعلوم. والفرع الثاني من البديل المؤسس على تصور الفلسفة كعلم ليس تجريبي إنما يمد الصلة بالمنطق[1]. لكن فلسفة العلوم يمكن أيضا أن تُعرض كخطاب الذي يحمل في ذاته خطابا آخرا. مثلا: التسلسل في التفكير حول الفيزياء، الكيمياء، البيولوجيا، الوراثة، والخ. تناول فلسفة العلوم بهذه الطريقة هي جزء من المعرفة العلمية بشكل فعلي وملائم. تأكُدنا من هذه المعارف يطرح السؤال حول طريقة تكونها ودرجة التحقق منها، وتماسكها، التواصل فيما بينها، أهداف استخدامها في فروع أخرى من المعرفة أو في مختلف أعمال الانسان، الخ[2].

كانت بداية فلسفة العلوم في فترة 1830، حيث يقول "أوجيست كونت" في هذا الصدد: «لتقم طبقة جديدة من العلماء المكونين تكوينا ملائمًا، وفي ذات الوقت غير مستغرقين في الدراسات التخصصية في أي فرع من فروع الفلسفة الطبيعية، تكون مهمتها، وانطلاقًا من الأخذ بعين الاعتبار الحالة الراهنة لمختلف العلوم الوضعية، تحديد روح كل منها، أي من العلوم، تحديدًا دقيقًا، والكشف عن علاقاتها وتسلسلها وتلخيص جميع مبادئها الخاصة، إن كان ذلك ممكنًا، في عدد قليل من المبادئ العامة المشتركة بينها، مع التقيد دومًا بالمبادئ الأساسية للمنهاج الوضعي»[3]. لقد أعطى "أوجيست كونت" تصورًا لفلسفة العلوم «في

1 – Jean Leroux, Une histoire comparée de la philosophie des sciences, Vol.I ; Aux sources du Cercle de Vienne, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 2010, p. 4.

2 – Pascal Nouvel, La philosophie des sciences, 1re édition, PUF, Paris, 2011, p. 20.

3 – Auguste Comte, Cours de philosophie positive, 2e Lecons,T1, Vol.1, Les préliminaires généraux et la philosophie mathématique, Introduction de Sylvain Pérignon, édit. Anthropos, Paris, 1968, Paris, p. 27.

الدرس الثاني من محاضرة الفلسفة الوضعية» أن «فلسفة العلوم الأساسية قدمت نسق للمفاهيم الوضعية حول كل تنظيماتنا للمعرفة الواقعية»[1]، وهو عبارة عن: «نظرة وحيدة تركيبية» معًا، يلقيها المرء على جميع العلوم، وعلى القوانين التي تكشف عنها، والمناهج التي تستخدمها، والغايات التي يجب أن تسعى إليها[2]. الفلسفة التي اقتربت من«الفلسفة الأولى» المذهلة للتي بحث عنها "بيكون"، وموجهة أن تكون القاعدة الدائمة لكل التأملات الانسانية[3]. إن فلسفة العلوم بهذا المعنى، هي البديل العلمي الوضعي، للفلسفة الميتافيزيقية.

إذن، فضوليا أن التطور الفرنسي لفلسفة العلوم مبدئيا يتماشى مع التصورات المتفرعة والمنظمة (حتى ولو كان هذا النظام أدخل التقدم، كما هو عند "أوجيست كونت"). التصور الانجليزي لفلسفة العلوم philosophy of science، جعلها مبدئيا تعود لتاريخ العلوم[4].

أوجد الفيزيائي الفرنسي "أندري ماري أومبير" Andries Marie Ampère كلمة «فلسفة العلوم» حينما نشر سنة 1834 كتابه: محاولات حول فلسفة العلوم، بحث تحليلي للتصنيف الطبيعي لكل المعارف الانسانية[5]. ويعتبر من أكبر قُراء "كانط"، بحيث تصور العلوم بأنها «مجموعة من الحقائق»، وبالنسبة إليه هدف فلسفة العلوم الوصول إلى الكشف عن النظام الطبيعي بين هذه المجموعات[6]، وهذا ما يجعلها ترتبط بتصنيف القدرات الانسانية للمعرفة.

---

1 - Ibild, p. 61.

2- ليفي برول، فلسفة أوجيست كونت، تر. محمود قاسم، السيد بدوي، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ص 136.

3 - Auguste Comte, op.cit., p. 62.

4 - Daniel Parrochia, Y-t-il une philosophie française des sciences ? in : Philosophie des sciences, expériences, théories et méthodes, L.P.J. VRIN, 2004, p. 241.

5 - André-Marie Ampère, Essai sur la philosophie des sciences, ou exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines, Bachelier, Paris, 1834, p. v-vj

6 - Daniel Parrochia, op.cit., p. 240.

قدم في سنة 1840 "وليام ويوول" William Wehwel (الحائز على كرسي فلسفة الأخلاق في كمبريدج) تفسير فلسفة العلوم في «المعجم الفلسفي الانجليزي». أضافها من أجل تحديد التناسق النهائي لكتابه الشهير «فلسفة العلوم الاستقرائية المؤسسة على تاريخها» The philosophy of inductive sciences, founded up on their history. لقد زحزح هذا الكتاب الملاحظة التقليدية للاستقراء وعرض هذه الفلسفة للعلوم «كنظرية كلية للأساس والشروط الحقيقية للمعرفة»[1]، والتي نتجت عن شكوك والتمثيل للمذاهب التي شوهت العلوم على خلاف العلوم المادية[2].

يربط "بيير فاجنر" Pierre Wagner صفة «فلسفة العلم» بنص حدده عالم الطبيعة "جاك درابّارنو" Jaques Draparnand هو مقال في فلسفة العلوم نُشر في مدينة مونبيليه Montpelier عام 1802، وكيف استخدم ذلك "أوجيست كونت" في ثلاثينيات القرن التاسع عشر في مباحث في الفلسفة الوضعية Cours de philosophie positive. وفي غضون عشر سنوات أُستخدمت الجملة الانجليزية في فلسفة العلم Philosophy of sciences باعتبارها مشروعًا في عمل "ويوول"[3]. وقد لا يوجد في عمل "كونت" قواعد معممة للمنهج أو المعرفة خارج تطبيقها الحقيقي في علم خاص، وهي نقطة يوضحها مباشرة في سياق محاضراته في ما أصبح يصطلح عليه بـ: «الفلسفة الوضعية» حيث يقول في مباحث في الفلسفة الوضعية: «والقصد هنا هو النظر فقط إلى كل علم أساسي في علاقاته الوضعية المؤكدة مع النسق....»[4].

تركز الجدل بين "ويوول" و"جون استوارت مل" John Steuart Mill في الأربعينيات القرن التاسع عشر أساسًا على قضية «كيف يمكن للمرء أن ينتقل من مشاهدات خاصة إلى

---

1 - William Whewell, The philosophy of inductive sciences, founded up on their history, 2 Vol, Parker, Londres, 1840. p. 4.

2 - Ibild, p. 106-107.

3 - باتريك هيلي، صور المعرفة ، ص 12.

4 - Auguste Comte, op.cit., p. 49.

مقولات أكثر عمومية لا تعتمد على المشاهدة؟»، أو مسألة الاستقراء، وهي حال الفيلسوف "مل" Mill التي يرسمها لعمل المُشتغل بالعلم، وبالتحديد النص الخاص بـ"هيرشيل" Herschel عام 1831 بعنوان «مقال افتتاحي حول دراسة الفلسفة الطبيعية Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy.

يرى "باترك هيلي" أن العلماء في سبعينيات القرن التاسع عشر مثل "هيلمهولتس" Helmholtz و"جونسون" Jenson و"ماخ" و"بيرسون" Pearson و"هيرتس" Hertz و"بولتسمان" Boltzmann و"بوانكاريه" Poincaré و"دوهيم" Duhem و"أوسفالت" Oswald وفلاسفة مثل "كوهين" Cohen و"كاسيرر"Cassirer و"كورنو" Cournot و"مايرسون" Meyerson يؤلفون نصوصًا نسميها فلسفة العلم تطرح أسئلة عن طبيعة القوانين العلمية وتكوُّن النظريات وصحة الفرضيات، وعن حدود العلم ومناهجه وشروطه وحتى امكانياته، وتؤكد هذه النصوص التنوع الكبير في تمثُّل العلم. وفي السياق الألماني، فإن لأعمال سبعينيات القرن التاسع عشر أهمية خاصة، حيث إن واحدًا من أهم آثار المثالية الألمانية، في أعمال "فيخته" Fichte و"هيجل" Hegel و"شيلينج" Schilling، كان في تشديد التمييز بين العلم والفلسفة، حيث يضع "هيجل" تطور المعرفة الجدلية فوق أي نتاج من نتاجات الفهم، مثل العلوم الطبيعية أو حتى الرياضيات. والعلوم الخاصة بالنسبة إلى "هيجل" هي مجرد جوانب من فلسفة علمية عالية تمثل معرفة صحيحة عن المطلق[1].

فمن غير السهل على العلوم اهمال المشكل العام للمعرفة عندما تطرح على العلوم أسئلة حول أسسها الحقيقية. هذا ما فكر به "هالمهولتس" Hermann von Helmholtz، في كتابه «كتابات حول نظرية المعرفة» Schriften zur Erkenntnistheotrie (1921) Écrits sur l'épistémologie والذي أشار أيضا إلى أن العلوم تسعى جاهدة لحل هذا المشكل، إلا أنها لا تستطيع تقليصها إلى سؤال علمي خالص ومأخوذ من الفلسفة

1 – باتريك هيلي، مرجع سبق ذكره، ص 13-14.

الخالصة[1]. بالنسبة إلى الفلاسفة الكانطيين الجدد طُرح مشكل نظرية المعرفة بأنها وسيلة للبقاء بقرب من العلوم والكل يعرف التخصص وواجب الانعكاس الفلسفي. يرى "بييار فاجنر" بأنه في هذا النص، نظرية المعرفة والتحليل الفلسفي للعلوم بأنهم أقرب لبعضهما البعض، وهذا سبب في كل الحالات لفلسفة العلوم، أو الابستمولوجيا. وهذا المصطلح الأخير أخذ بكل تأكيد من الترجمة الألمانية Erkenntnistheorie. سوف نرى هذه الترجمة وما انجرت عنها في تداولها المستمر، طبعا بأنها سلسلة من التخمينات. ومن أجل الاستعمال الحديث لكلمة «ابستمولوجيا» التي ستكون فيما بعد بعيدة كل البعد عن معنى «نظرية المعرفة» التي لم تكن من قبل موجودة، ولم تساعدها، فهذا القليل مما نقوله، على توضيح السؤال حول معرفة طابع الخطاب الذي باستطاعة الفلاسفة طرحه على العلم. اذن نستطيع القول بعض الكلمات حول تاريخ هذه المصطلحات وحول استعمالاتها[2].

ففي نصوص الكانطيين الجدد، تتداخل نظرية المعرفة مع الدراسة النقدية للعلوم، أي دراسة التي تبحث عن الشروط الممكنة للمعرفة العلمية. في سنة 1907 أثمن "مايرسون" في تمهيده لكتابه «الهوية والواقع» Identité et Réalité معتبرًا أن الابستمولوجيا وفلسفة العلوم واحدة: حمل الكتاب الحديث بمنهجه في مجال فلسفة العلوم أو الابستمولوجيا، متبوع بمصطلح قريب وهو شائع اليوم. يظهر من خلال بقية النص الذي كان مرجعا لـ "هولمهولتس"، وهذا ما أدى إلى تداخل بين المشاكل الخاصة بنظرية المعرفة والأخرى الخاصة بفلسفة العلوم التي هي في الواقع عمل اختيار ممنهج متداول: يُعتقد أنه بالنسبة إلى حل المشاكل المتعلقة بالمعنى العام هو الطريق الأحسن الذي يتطلب اختبار المناهج المتبعة

1 - Hermann von Helmholtz, Schriften zur Erkenntnistheotrie, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1921, p. 1.

2 - Pierre Wagner, op.cit., p. 40.

في العلوم [...] وهذا بمساعدة تاريخ العلوم الذي يحث على الرجوع فيها لحل المشاكل الخاصة بالمعنى العام[1].

لقد انتقد "باشلار" "مايرسون" في هذه النقطة قائلا بأن العلم يعارض المعنى العام المؤسس على نفس الاستعمال الفرعي الفرنسي لكلمة «ابستمولوجيا» الذي ينفصل عن معنى ابستمولوجيا بالانجليزية والذي يكشف مع فلسفة العلوم. حيث التحذير الذي يوجد في الموسوعة البريطانية Encyclopaedia Britannica، أدخلت ابستمولوجيا بعدما حددتها بـ «دراسة الطبيعة والمعرفة الصحيحة»[2].

فلسفة العلوم تخص بالذكر أن هذا المصطلح أُستخدم في بداية القرن العشرين باسم «ابستمولوجيا». فلسفة العلوم في حد ذاتها وردت في عدة مقاربات والتي نحدد: منها: ما ركز على الاختبارات، والأخرى على التفكير، وبعض الآخر أيضا على الشروط الاجتماعية لتعويض فكرة بفكرة أخرى. فنظرتهم واحدة وهي محاولة ابعاد القواعد العامة التي تطبق من قبل العلوم الخاصة في فهم النشاط العلمي[3]. بصفة عامة الابستمولوجيا أكثر عمومية ويمكن أن تكون أكثر أساسية من فلسفة العلوم[4].

ليس من السهل التمييز بين الابستمولوجيا وفلسفة العلوم. وخاصة في الاستعمالات اللغوية طبعا، إنها بعيدة أن تكون متجانسة. فبعض المؤلفيين يستعملون مصطلحات الابستمولوجيا وفلسفة العلوم كمترادفين، وبعض الآخر يتجنب ذلك. الكثير من المفكرين – "أفلاطون"، "أرسطو"، "ديكارت"، "كانط"، و"كونت"،... أنهم في لحظة من لحظات مسارهم أخذوا العلم كأنه هدف انعكاسي، واستطاعوا بهذا المعنى أن يعتبروا بأن فلسفة العلوم موجودة منذ القِدم (لقد حددوا بأن معنى كلمة علم كما حددوا طبيعة التطبيق، معتبرين أن

1 – Ibild, p. 40-41.

2 – Ibild, p. 41.

3 – Pascal Nouvel, op.cit., p. 20.

4 – Pierre Jacob, op.cit., p. 309.

تطورها منذ العهد القديم إلى اليوم). لكن عندما يتعلق الأمر بـ"كانط" بأنه يتضمن حقيقة المشروع الخاص لفلسفة العلوم قال: يعتبر العلم كهدف مميز للفلسفة، والتي يجب عليها أن تحدد الشروط الممكنة والقيمة والحدود[1]. وهذا ما يراه الابستمولوجيين المعاصرين مختلف أساسا عن فلسفة العلوم للابستمولوجيا، التي تعني «الابستمولوجيا المعاصرة هي جزء من فلسفة العلوم المعالجة: لربط تحليل العملية العلمية بما تحتويه الفلسفة العامة. وتوحيد التفكير ومظاهره في تأمل فلسفي الظاهر للابستمولوجيين كأنه مسلمة التي يتطلب إبعادها»[2].

أولاً هناك صلة واضحة بين التفكير حول العلوم في التعاون مع –الفيزياء في الحالات التي أمامنا– فلسفة العلوم وتاريخ العلوم. من بين التحليلات الممكنة للحالة التي يظهر فيها هذا الرابط بوضوح هو تفكير علماء–فلاسفة مثل "ماخ" و"دوهيم" المشار إليهما بشكل خاص. وغالبا ما يفترض –يبدو "ماخ" و"دوهيم" نفسهما فكرا– أن هذه العلاقة تطرح بالمعنى الوحيد للنشاط العلمي لفلسفة العلوم وللتاريخ. كما قال "أبل راي" Abel Rey لـ "دوهيم": «فمن جهة اتصال مع الطبيعة في المخبر أولا ثم عندما يحاول تنظيمها في نظرية رياضية والنتائج المخبرية التي ولدت الأفكار الفلسفية حول الطبيعة والقيم والأساليب العلمية. هو في النهاية للتحقق بشكل تجريبي من مفاهيمه للطبيعة وللنظرية الفيزيائية التي جلبتها للتاريخ كذلك»[3]. وخلص "راي" Rey: قدم الفيزيائي للفيلسوف والفيلسوف بدوره قدم للمؤرخ. سوف ترشدنا دراسة العلاقة بين العمل العلمي والتوجهات الابستمولوجية والفلسفية في هذه النقطة: سوف نرى أن العلاقات هي فعلا أكثر تعقيد من هذا التسلسل الزمني الواضح[4].

---

1 – Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, p. 35.

2 – Marie–Dominique Pobelard, Denis Vernant, Les grands courant de la philosophie des sciences, Seuil, 1997, p. 16.

3 – Michel Paty, Mach et Duhem, L'épistémologie de «savants–philosophes», in : Epistémologie et matérialisme, séminaire sous la direction de Olivier Bloch, Librairie des Méridiens Klinsksieck, Paris, 1986, p. 178–179.

4 – Ibild, p. 179.

يشير "جان بران فييال" Jeanne Parain Vial في «اتجاهات الفلسفة الجديدة» بكل سهولة أن الفلسفة حددت لانعكاس ثاني أو ثانوي (انعكاس حول الانعكاس الأول). الانعكاس الأول كان حول أصل معرفة المعنى الموحد، عندما يكون خاص بالمعرفة العلمية. وبأنها في حالة نوعا ما اعتباطية، تعرف الميتافيزيقا بنظرة العالِم تمكنهم الخروج بإيديولوجية، وباستخلاص النتائج العلمية أو انعكاس فلسفي حقيقي. وبالتالي، في هذه الاطلالة، أن فلسفة العلوم انعكاس ثانوي والذي يأخذ بالمقام الأول حول المناهج العلمية، وحول طبيعة هذه المعرفة وتخصص كل علم من هذه العلوم، وأخيرًا حول قيمة وأسس المعرفة الموضوعية والفينومينولوجية والأنطولوجية، وهنا انعكاس ثانوي على شكل من أشكال المعرفة خلافا للمعرفة العلمية: الأحاسيس، الذوق، الحب، والزهد...[1].

هناك رأي الثاني الذي يرى بأنه لا توجد علاقة بين الابستمولوجيا وفلسفة العلوم، وذلك رغبة منهم لوقاية الابستمولوجيا من كل تلوث الفلسفة، ويتجنبون بالتالي استعمال هذه الكلمة الأخيرة. وهذا بطبيعة الحال ما يميل إليه الذين لا يعترفون من بين صور المعرفة إلا بالمعرفة العلمية، مستبعِدين كل فلسفة لا تؤول إلى تحليل للعلم، وكذلك بشرط أن يجري بهذا التحليل وفقًا للمناهج العلمية. لكن أسبابًا أخرى مستقلة عن موقف مناهض للفلسفة قد عملت في نفس الاتجاه. وفي الوقت الراهن نجد تهافت العلماء على الابستمولوجيا نتيجة للكثير من الأزمات مما أدى إلى الانقلاب على مبادئ العلوم والتساؤل عن أسباب الأزمات[2] وليس من قبيل اللعب بالألفاظ القول مع "ليون برنشفيك" Brunschvieg أن تقدم العلم ليس تدريجيًا progressifs، بل قد يكون انعكاسيًا réflexifs، ونجد أيضًا "جيمس فيري" في نفس الاتجاه، بحيث يميز بين التقدم الخطي المستقيم linéaires والتقدم الدائري

1 - Jeanne Parain- Vial, Philosophie des sciences de la nature, tendances nouvelles, Librairie des Méridiens-Klincksieck et C^{ie}, 1983,p. 40

2 - روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 21-22.

الانعكاسيcirculaire[1]. وهذا التقدم الانعكاسي أو الدائري هو الذي يميز التطور المعاصر لنظريات العلم التي يمكن وصفها بأنها داخلية أو خارجية، والمقصود بحركة التطور داخلية هي أن تكون مُهيأة وقابلة للتطور من الداخل، أي لنفس العلم، وخارجية هي أن تكون حركة تطور تكون لتلبية لحاجات علم معين.

وعلى هذا الأساس، فإنه بكل تأكيد أن التفكير في العلم الذي أثارته الصعوبات الناشئة في العلم نفسه، يميل أكثر إلى الخضوع للقواعد العلمية، من جهة، باللجوء إلى تلك الأداة الدقيقة التي هي اللغة المنطقية الرمزية، ومن جهة أخرى، بالعمل على الاكثار من الاتصال بالوقائع، سواء أكانت ذات طبيعة تاريخية أو ذات طبيعة نفسية تكوينية[2]. مهما يكن من أمر، وحتى إذا فهم البعض من الابستمولوجيين على أساس أنها ذلك التفكير الذي يتناول موضوعات العلم، فإنه لا يمكن للابستمولوجيين التخلص تمامًا من كل نزعة فلسفية، سواء عن طريق الدعوة إلى فلسفة جديدة، أو الدفاع عن فلسفة قائمة بالفعل والمساهمة في تأكيدها وتأصيلها[3]. وهذا هو حال الابستمولوجيا عند كل من "مايرسون" Meyerson و"كاسيرر" Cassirer و"برونشفيك" Brunschvieg و"إدينجتون" Eddington و"باشلار" Bachelard و"غونزت" Gonseth. وهناك بجوار أو بأحرى فوق الابستمولوجيا الجهوية، توجد مشكلات تتعلق بالابستمولوجيا العامة، التي من الأكيد أنه لا يمتنع على العالِم أن يعالجها، إلا أنها تتجاوز كفاءته الممتازة وهي كونه متخصصًا[4]. وليس في مقدور الابستمولوجيا الداخلية، في عصر اشتد فيه تقسيم العمل العلمي، أن تصبح نظرية عامة في الابستمولوجيا، اللهم إلا إذا انطلقنا من مفهوم تكاملي عن العلم –تكامل العلوم. الذي قد لا يكون فيه الفيلسوف في غير موقعه، أو يتحول العالم إلى فيلسوف. وأخيرًا، وعلى وجه الخصوص، فإن

---

1 – Léon Brunschvieg, L'expérience humaine et la causalité physique, p. 433-434, in : Gerhard Frey, Philosophie und Wissenschaft, eine Methodenlehre,W. Kohlhammer, 1970, p. 25.

2 – روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 22-23.

3- علي حسين كركي، مرجع سبق ذكره، ص 76-77.

4 – روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 23-24.

الابستمولوجيا الداخلية والجهوية لن تكون في امكانها أن تتنكر طويلا للأسئلة التي تتعدى نطاق العلم. والدليل على هذه الابستمولوجيات، ما زالت موضع خلاف بين العلماء الذين لا يستطعون، بما أتيح لهم من مناهج، أن يحسموا فقط الخلاف الموجود بينهم، ولهذا السبب لا تزال هذه الابستمولوجيات، مصطبغة بالصبغة الفلسفية، لأنها صدرت عن أصل فلسفي[1].

السؤال الأساسي للابستمولوجيا هو تحديد ما هي شروط رأي (بالنسبة إلى اليونانيين الذين سموه doxa) يستحق أن يكون عنوان العلم (ابستمي). ربط الكُتاب الكلاسيكيين والمعاصرين من أجل التفكير بأن ما يميز رأي هو نوعية العلم، ونوعية تبريره. لأن الآراء والمعارف العلمية لفرد أو لجماعة تكون جزء من أرائهم ومعارفهم ولأن تختبر مفهوم المعرفة (أو العلم). بصفة عامة الابستمولوجيا أكثر عمومية ويمكن أن تكون أكثر أساسية من فلسفة العلوم[2].

تتضمن فلسفة العلوم ابستمولوجيا العلوم من جهة، وميتافيزيقا العلوم –المسماة أيضا فلسفة الطبيعة أو ميتافيزيقا الطبيعة– من جهة أخرى. تتناول ابستمولوجيا العلوم موضوع تبرير الادعاءات للمعرفة العلمية. وتهدف ميتافيزيقا العلوم إلى تقديم رؤية فلسفية عن الطبيعة ككل حول أسس المعارف التي قدمتها لنا العلوم[3].

2- الابستمولوجيا وتاريخ العلوم

تبدو لنا العلاقة بين الابستمولوجيا وتاريخ العلوم، أكثر علاقات هذا الميدان بالعلوم الأخرى وضوحاً وأكثرها تعقيداً في الوقت نفسه. وهذا لسبب بسيط هو أن تاريخ العلوم هو أقرب العلوم للابستمولوجيا من حيث الموضوع والأهداف معاً. فتاريخ العلوم والابستمولوجيا يدرسان معاً المعرفة العلمية، لا يفصل بينهما كميدانين متميزين غير وجهة النظر التي

1- علي حسين كركي، مرجع سبق ذكره، ص 77.

2 - Pierre Jacob, op.cit., p. 309.

3 - Michael Esfeld, Philosophie des sciences, une introduction, 2ème Editions, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2009, p. 83.

ينظر كل منهما بها إلى هذا الموضوع الواحد ذاته. ومن جهة أخرى فإن علاقة الابستمولوجيا بتاريخ العلوم تبدو أكثر تعقيدًا لأنه يصعب أثناء الممارسة الفصل بصورة كاملة بين العلمين. فمؤرخ العلوم الذي يقوم بمهمته بكل الأمانة اللازمة للمؤرخ، وبكل الحفاظ الدقيق على تميز موضوع علمه يجد نفسه في كثير من الأحيان يمارس في الوقت نفسه إلى جانب تخصصه مهمة الابستمولوجي. فتاريخ العلوم يُمارس دائما مصحوباً بتصور ابستمولوجي معين، سواء كان هذا التصور موضع وعي أو كان بدون وعي، سواء كان صريحاً أو كان ضمنياً ومن جهة أخرى، فإننا نتساءل: هل يمكن للابستمولوجي أن ينجز مهامه على خير وجه دون أن يكون على صلة بتاريخ العلوم ودون أن يمارس بصفة صريحة أو ضمنية مهمة المؤرخ للعلوم؟ لا نعتقد ذلك لأنه لا وجود، في نظرنا، لمعرفة علمية منفصلة عن تاريخها يمكن أن تكون موضوعاً متميزاً وخاصاً للابستمولوجيا. وحيث يكون من اللازم لاستخلاص القيم الابستمولوجية للمعرفة العلمية وابرازها أن نعتبر تاريخ هذه المعرفة، فإنه يصبح من الضروري للابستمولوجي أن يعتمد على تاريخ العلوم. إن المادة التي تكون موضوعا للعمل الابستمولوجي يستخلص منها بعض التصورات العامة ويُعاملها بهذه التصورات هي التي يمد بها مؤرخ العلوم، أو هي التي يعمل بنفسه على تحصيلها حينما يكون على الابستمولوجي أن يقوم بدور المؤرخ للعلوم. بتعبير آخر، بالرغم من أن هناك ضرورة للتميز بين ميداني الابستمولوجيا وتاريخ العلوم لأن تمايزهما عامل من عوامل التقدم السريع لكل منهما، فإننا نجد في الغالب عندما تبحث في مؤرخي العلوم والابستمولوجين أن شخصية الابستمولوجي وشخصية مؤرخ العلوم قد تجتمعان في شخص واحد، وليس هذا بالأمر الغريب لأن هناك ضرورة أخرى غير التمايز هي التي تلزم به، وهي وحدة الموضوع بالنسبة إلى هذين الميدانين المعرفين[1]. فالنتائج المحصلة في كل ميدان من هذين الميدانين لازمة معرفيا للآخر.

1- محمد الوقيدي، ما هي الابستمولوجيا؟ مكتبة المعارف للنشر والتوزيع، ط1، الرباط، 1987، ص 252-253.

إن الانفصال التام بين الابستمولوجيا وتاريخ العلوم غير موجود لأنه غير ممكن، ولأنه في حالة قيامه سيجعل عمل كل منهما متميزًا بالنقص. إن التطابق التام بين العلمين غير موجود أيضاً، وهذا لأن قيامه سيمنع الفكر الانساني من النظر إلى المعرفة العلمية من زاويتين مختلفتين من النظر تكمل كل واحدة منهما الأخرى. إن تاريخ العلوم هو بالضرورة، كأي تاريخ مهتم بالوقائع. ولكن حيث أنه تاريخ للنظريات العلمية، فإنه بصفة خاصة تاريخ للوقائع. فالنظريات العلمية وقائع وأفكار في الوقت ذاته. ويقدمها لها من قيمة في تاريخ المجتمع الانساني كوقائع لتطبيقاتها أثر على حياة الناس وتقدمهم، فإن لها قيمة أخرى من حيث هي أفكار يمكن لمن يتتبع تاريخها أن يعرف التطورات التي تلحق الفكر الانساني. فالابستمولوجيا لا يمكن أن تصبح مجرد سرد وقائع التاريخ العلمي، وأن التاريخ العلمي لا يمكن أن يصبح مجرد علم تابع للابستمولوجيا، أو مجرد مختبر تبحث فيه بعض الاتجاهات الابستمولوجية المثالية عن تبريرات واثباتات لاستخلاصاتها الابستمولوجية القبلية. إن الابستمولوجيا وتاريخ العلوم ميدانان يتوقف تقدمهما كما تتوقف فائدتهما للثقافة الانسانية على تمايزها وتكاملهما الايجابي في الوقت ذاته[1].

يقول في هذا الصدد "بيار بوترو" Pierre Léon Boutroux (1880-1922):
«إن تاريخ العلوم، المدروس بشكل ملائم، يُزيد من حظوظنا في اكتشاف أسس التفكير العلمي واتجاهاته... إنه المقدمة الطبيعية لفلسفة العلوم»[2]. يدخل تاريخ العلوم فيما يمكن أن نطلق عليه «التاريخ الفلسفي للعلم»، «التاريخ الذي يربط الإكتشافات أو التيارات العلمية،

1- المرجع نفسه، ص253-254.

2 - Pierre Léon Boutroux, L'Idéal scientifique des mathématiciens : dans l'antiquité et les temps modernes, nouvelle collection scientifique, édit. Presse universitaires de France, Paris, 1955, p. 8.

لا بمختلف الفلسفات الميتافيزيقية التي استندت عليها، بل بالفكر العلمي وبتطور العلم ذاته»[1].

لانجاز تاريخ للعلوم ثمة أسباب ثلاثة هي: سبب تاريخي، سبب علمي وسبب فلسفي. يكمن السبب التاريخي، وهو سبب خارجي بالنسبة إلى العلم بوصفه خطاباً محققاً على قطاع محدد من التجربة، في ممارسة الاحتفاءات التذكارية وفي واقع التنافسات المدعية للأبوة الفكرية وفي الصراعات حول الأولوية ... إن هذا السبب هو واقعة أكاديمية مرتبطة بوجود الأكاديميات ووظيفتها، وبتعدد الأكاديميات الوطنية. وثمة سبب علمي أكثر صراحة يختبره العلماء بصفتهم باحثين، وليس بصفتهم أكاديمين. إن من يتوصل إلى نتيجة نظرية أو تجريبية لم يسبق تصورها، بل هي محيرة لنظرائه من المعاصرين له، لا يجد عندهم أي دعم وذلك نظراً إلى غياب أي تواصل ممكن في مدينة العلم. ينبغي عليه بما هو عالِم أن يؤمن بموضوعية اكتشافه، وأن يبحث عما إذا لم يكن قد سبقه أحد إلى فكرته... وأخيرًا فإن السبب الفلسفي بمعناه المخصوص يتعلق بأنه من دون المرجعية الابستمولوجية سوف تكون نظرية المعرفة تأملاً في الفراغ، ومن دون العلاقة بتاريخ العلوم ستكون الابستمولوجيا صنواً لا لزوم له أصلاً للعلم الذي تزعم الحديث عنه[2].

يمكن أن تُفهم العلاقات بين تاريخ العلوم والابستمولوجيا في معنيين متعاكسين، فـ"ادوارد ديكتارويس" Eduard Jan Dijksterhuis صاحب كتاب Die Mechanisierung des Weltbildes «مكننة صورة العالم»[3] يعتقد أن تاريخ العلوم

---

1 – Léon Brunschvicg, Les étapes de la philosophie mathématique, nouveau tirage augmenté d'une préface de Jean-Toussaint Desanti, A. Bachelard, Paris, 1972/1993,P نقلا عن: محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم، ص41– 42.

2– جورج كانغيلام، دراسات في تاريخ العلوم وفلسفتها، تر. محمد بن ساسي، مراجعة محمد محجوب، مركز دراسات الوحدة العربية، ط1، بيروت، 2007، ص 40–41.

3– (طبُع سنة 1950 بالهولندية ثم ترجم إلى الألمانية سنة 1956 مراجعة لـ Heinz Maier-Leibnitz والعنوان الأصلي بالهولندية: De Mechanisering van het wereldbeeld).

ليس ذاكرة العلم فقط، إنما هو كذلك مختبر الابستمولوجيا[1]، أو جعل لها محكمة التي تتميز باسترجاعها للماضي وإعادة قراءته[2]. ويسانده في هذا الرأي "بيار لافيت" Pierre Laffite تلميذ "أوجيست كونت" قد حدد دور تاريخ العلوم بما هو «مجهر ذهني» يتمثل أثره الكاشف في ادخال التأخر والمسافة عند العرض المتداول للمعرفة العلمية، وذلك بالإشارة إلى الصعوبات التي اعترضت ابتكار هذه المعرفة وانتشارها. ومن أجل فهم وظيفة تاريخ ما للعلوم ومعناه يمكن معارضة نموذج المختبر بنموذج المدرسة أو المحكمة، نموذج مؤسسة أو مكان تصدر فيه الأحكام على ماضي المعرفة وعلى معرفة الماضي. إلا أن الأمر يقتضي ها هنا قاضياً. إن الابستمولوجيا هي المدعوة إلى أن تقدّم للتاريخ مبدأ الحكم، وذلك بأن تعلمه آخر لغة نطق بها علم ما كالكيمياء أو الفيزياء على سبيل المثال[3].

يبحث تاريخ العلوم في أصل العلم ومن البديهي أن هذا البحث يخص الأصول التاريخية غير الستاتيكية. تشترك الابستمولوجيا مع تاريخ العلوم في البحث عن الأصول، غير أنها تحتكر الأصول المنطقية الدغماتية الستاتيكية. ومما لا شك فيه أن هناك تجانساً أكيداً بين الابستمولوجيا وتاريخ العلوم[4]. قد يكون تاريخ نتائج المعرفة مجرد تسجيل كرونولوجي. أما تاريخ العلوم فإنه يتعلق بنشاط أكسيولوجي. إنه البحث عن الحقيقة[5]. فتاريخ العلوم ليس علماً، وموضوعه ليس موضوعاً علمياً. وأن الاضطلاع بتاريخ العلوم، بالمعنى الأكثر إجرائية للفظ، هو وظيفة من وظائف الابستمولوجيا الفلسفية، وليست هذه الوظيفة الأسهل[6].

1- Eduard Jan Dijksterhuis, Die Mechanisierung des Weltbildes, Springer-Verlag OHG., Berlin-Göttingen-Heidelberg, p. 3-4.

2 - Yvon Belaval, op.cit., p. 17.

3- جورج كانغيلام، مرجع سبق ذكره، ص 42.

4- عبد القادر بشتة، الابستمولوجيا مثال فلسفة الفيزياء النيوتونية، دار الطليعة، ط1، بيروت، 1990، ص 53.

5- جورج كانغيلام، مرجع سبق ذكره، ص 52.

6- المرجع نفسه، ص 57.

نستخلص في الأخير من خلال رؤية "لينا صولار" بأن للابستمولوجيا طريقتين لاستجواب العلوم: دراسة زمنية diachronique لتطوره أو دراسة أفقية synchronique الداخلية الراهنة. للعلم تاريخ: المفاهيم، النظريات، والمناهج وموضوع كل علم يتطور عن غير قصد بشكل حقيقي. والابستمولوجيا، هي انعكاس حول العلوم، يمكنها أن تأخذ بالحسبان هذا التاريخ. في الحالة الأولى، تبين نظرة زمنية، يعني تدرس شروط تكوين وتطور المعرفة العلمية. وفي الحالة الثانية، تختار بإعادة النظر من أجل نظرة حالية (أي في تلك الفترة): تتفحص العلوم الحالية التي تكونت وجعلها داخل المراحل التاريخية لإنتاجاتها، تتضمن تحليل مباشر (مقارنة بالتكوين) لمفاهيمها وقضاياها وبنيتها، شارحة المبادئ الأساسية، التي تتكلم عن مناهجها، محددة موضوعها. والابستمولوجيا تستفيد من تاريخ العلوم: الفهم الجيد للوضعية الحالية للعلم. وتحليل طبيعة التطور العلمي، كما تتحدث عن طبيعة محددات التطور العلمي، أيضا تقسيم بين ما هو قبلي وما هو بعدي. وأخيرًا تمييز بين ما هو يمد الصلة بالأسطورة وبين ما يمكن أن يكون له مواصفات أصلية للتطبيقات الواقعية[1].

3- الابستمولوجيا ونظرية المعرفة

ثمة تفسيرات متعددة للمعرفة بعضها يربطها بعلم النفس، وبعضها يربطها بالمنطق، فثمة تفسير للمعرفة بأنها تحصيل العلم أو العمليات العقلية التي نتوصل بها إلى تحصيل العلم. كان "أرسطو" على حق حينما ربط بوضوح بين نظريته في المعرفة ونظريته عن العلم، بحيث وجد أن امكانات الانسان المعرفية ووسائله الادراكية تمكنه من بناء نظريات عديدة يمكنه من خلالها منفردة أو مجتمعة الكشف عن أسرار هذا العالَم من مختلف الجوانب، وبالتالي تساهم معالجته لوسائل المعرفة في الكشف عن قدرات الانسان الحقيقية، ومن ثم تساهم في بناء نظرية عن العلم يمكن للإنسان من تنمية المعرفة، بإطراد ودون

1 - Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, p. 38-41.

توقف[1]، ولهذا نرى أن "أرسطو" كان مرنًا في حل مشكلة المعرفة، مثل ما هو في النظر إلى مشكلة العلم، فالحواس والعقل الاستدلالي والحدس تؤدي أدوراً واضحة المعالم في معرفتنا بالعالم الخارجي بمختلف موضوعاته مادية وصورية وروحانية، كما أن القياس والاستقراء يشكلان أهم جوانب نظرية العلم عنده[2].

إن نظرية المعرفة هي المشكلة التي تميزت بها المذاهب الفلسفية بحلها، والتي تتميز بميزتين بارزتين، أولاهما: ترتبط نظرية المعرفة بجملة مواقف المذهب الفلسفي التي تصدر عنه، بحيث يرتبط حلها من حيث طبيعته بطبيعة الحلول التي يقدمها ذلك المذهب للمشكلات الفلسفية الأخرى، والتصور الذي يقدمه لنا، أي مذهب فلسفي عن المعرفة يوجد دائما في علاقة جدل التأثر والتأثير بجملة تصورات هذا المذهب عن مجموع المسائل التي ينتدب نفسه لاقتراح حلول عنها. والميزة الثانية: حيث إنه يوجد في لاوعي كل مذهب فلسفي شعور لا يُعبر عن نفسه صراحة إلا في النادر بأن الحلول المقترحة من لدنه هي حلول نهائية للمسائل التي يتناولها بالدرس، فإن كل نظرية في المعرفة تقدم إلينا كما لو كانت تتضمن الاجابات الحاسمة والنهائية عن كل الأسئلة المتعلقة بمسألة المعرفة كمشكلة فلسفية.

إن الميزة الأولى هي أنها لا تتنافى والنظرة الموضوعية التي تريد أن تنظر إلى كل نظرية في المعرفة من حيث علاقتها بالمستوى المعرفي للفترة التاريخية التي نتجت فيها، وبجملة المشاكل المعرفية والعلمية التي عاصرتها. ومن جهة أخرى فإن ارتباط نظرية بالنسق العام للفيلسوف ميزة لن تمنعنا من أن ندرك هذه النظرية للمعرفة في نسبيتها التاريخية وفي ضوء المشكلات التي واجهها المذهب الفلسفي لهذا الفيلسوف وانتدب نفسه لتقديم حلول لها.

أما الميزة الثانية لنظرية المعرفة فهي ما يُثير في نظرنا إشكالاً، وهي ما يُبرر قيام هذا المجال المعرفي الجديد الذي ندعوه بالابستمولوجيا، والذي يريد أن تقوم كبديل عن نظرية

1 – مصطفى النشار، نظرية المعرفة عند أرسطو، دار المعارف، ط3، القاهرة، 1995، ص28–36.

2 – المرجع نفسه، ص 111.

المعرفة في صورتها التقليدية، فكل نظرية في المعرفة تُنسب إلى نفسها أن تكون حلا نهائيًا وحاسمًا لمسألة المعرفة تقع، في الواقع، في تناقض مع الأسس التي تُبنى عليها، ومع نسبية المستوى المعرفي الذي سمح لها بطرح مسألة المعرفة ضمن اشكالية معينة.

إن كل نظرية في المعرفة بحث في مسألة المعرفة يرتبط بمستوى معين من تطور المعرفة الانسانية. وحين تحاول أية نظرية أن تتجاوز خصوصية شروطها وأن تعمم النتائج الحاصلة عن هذه الشروط بإقامة تصور عام عن المعرفة، فإنها تضع نفسها في تناقض مع تطور المعارف العلمية ومع ما يمكن أن يؤدي إليه هذا التطور من نتائج جديدة قد تفيد في تحليل مسألة المعرفة. إن التطورات العلمية قد تؤدي إلى تفسخ موضوعي للنظريات الفلسفية في المعرفة. كما وقع في حالة نظرية المعرفة الكانطية إزاء التطورات العلمية المعاصرة، فدحضت فكرة قبلية المكان والزمان. غير أن التجاوز المستمر لنظرية المعرفة ليس هو التناقض الوحيد بينها وبين تطور المعرفة العلمية. فإن التعميمات التي تميز كل تصور عام عن المعرفة تضع أمام تطور المعرفة العلمية عددًا من العواقب المعرفية. فالتصور الزائف عن عملية المعرفة لا يظل خارج سيرورة المعرفة، بل يؤثر فيها. إن نظرية المعرفة هي دائمًا صورة من صور التداخل الفلسفي في مجال المعرفة العلمية. فهي تأتي لكي تضع الحقيقة مفارقة للأشياء، أو لكي تضع المعرفة العلمية في مستوى دون بلوغ الحقيقة التي تخص بها معرفة أخرى قد تكون هي المعرفة الميتافيزيقية، وقد تأتي نظرية المعرفة لكي تجعل من نفس الواقع حقيقة مُنفصمة إلى ما يمكن إدراكه وما لا يمكن إدراكه[1]. كل هذه التقسيمات التي قام بها فلاسفة من أزمنة تاريخية مختلفة، كانت تهدف إلى تقديم تصور عن المعرفة بصفة عامة والمعرفة العلمية بصفة خاصة، ولكنها كانت حين تفكيرها في المعرفة العلمية تهدف بالأساس إلى أن تضع حدودًا لهذه المعرفة العلمية من أجل افساح المجال لمشروعية معرفة أخرى أسمى كالمعرفة الميتافيزيقية.

1 – محمد وقيدي، مرجع سبق ذكره، ص 83-85.

لم يرى الفلاسفة تعاملاً مباشرًا مع شروط وامكانية المعرفة إلا في النصف الثاني من القرن التاسع عشر مع ازدهار دراسات الكانطية الجديدة في تطور نظرية المعرفة Ekenntnistheorie، وجرى في تلك الأثناء إختبار الأسس لعلم خاص، أي الأساس القبلي السابق للتجربة، أي معرفة لا تعتمد على التجربة التي تحتاج بحسب "كانط" لأن يُبحث عنها في خصائص موضوع فعل المعرفة. وهناك دعوة للعودة إلى الكانطية بدأتها مدرسة "مالابورغ" Marburg، خاصة في أعمال "هيرمان كوهين" Herman Cohen (1842-1918) و"بول ناتورب" Paul Natorp (1854-1924) و"أرنست كاسيرر" Ernest Cassirer (1874-1945)، بالرغم من أن مصطلح Ekenntnistheorie بحسب مؤرخ الأفكار "بينو ايردمان" Benno Erdmann (1851-1921) يعود إلى محاضرة ألقاها "إدوارد تسيلر" Edward Zeller (1814-1908) في هايدلبرج Heidelberg عام 1861 بعنوان: «حول دور وأهمية نظرية المعرفة» Über die Aufgabe und Bedeutung der Erkenntnistheorie[1].

نظرية المعرفة Die Erkenntnistheorie فرع من الفلسفة التي تثير تساؤلات حول شروط المعرفة الصحيحة[2]، والتي يرادفها في "دودن" Duden القاموس الكبير للغة الألمانية نظرية المعرفة Die Erkenntnislehre والتي هي فرع من الفلسفة توظف الشروط المسبقة والمُعرفة وحدود وامكانيات المعرفة الانسانية[3].

---

1 - باتريك هيلي، مرجع سبق ذكره، ص 11-14.

2 - Duden, das große Wörterbuch der deutsche Sprache 2. Band 2: Bin-Far, Dudenverlag, Mannheim, 1993, p. 958.

3 - Gehrard Wahrig-Hildegard Krämer, Harald Zimmermann, 2 Band Bu-Fz, F.A. Brockhaus, Wahrig, Deutsches Wörterbuch, F.A. Brockhaus, GmbHm Wiesbaden und Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart,n 1981, p. 563.

نظرية المعرفة (أو كما يسميها في بعض الأحيان gnoséologie)[1] هي في الأصل فرع من الفلسفة والتي يتساءل فيها حول طبيعة الأدوات وقيمة المعرفة. يعني تناول أسئلة مثل: ماذا نعرف؟ ما هي أدوات المعرفة (التجربة، الحكم، الخ.) كيف نضمن الوصول إلى معرفة حقيقية للموضوع؟ كيف نبعد الأخطاء والأوهام، لتحقيق الوجود الحقيقي للأشياء من وراء المظاهر الزائفة؟ ماهي طبيعة الأشياء التي يمكن للإنسان أن يعرفها وبالعكس ماذا يمكنه أن يبعد من مجال معرفته؟[2] من البحث في هذه القضايا وأمثالها، تفرعت المذاهب الفلسفية إلى مذهب عقلي، مذهب تجريبي ومذهب حدسي، وكلهم يعالج الطريق إلى المعرفة[3].

لم ترسخ هذه نظرية المعرفة gnoséologie الموحدة وهي تستعمل أحيانًا في اللغة الايطالية، لكنها ذات استعمال استثنائي في اللغة الفرنسية واللغة الانجليزية حيث تدل بشدة على التظاهر بالمعرفة، وتكاد لا تكون موجودة في اللغة الألمانية ولهذا يمكننا بسهولة أن نقابل النظرية الابستمولوجية بالنظرية الانطولوجية، والثنائية الابستمولوجية بين الذات العارفة والموضوع المعروف، بالثنائية الانطولوجية بين النفس والجسم، الخ[4].

يرى "هانس رايشنباخ" Hans Reichenbach (1891-1953) بأنه لا فرق بين نظرية المعرفة وبين الابستمولوجيا فرؤيته للابستمولوجيا مختلفة اختلافًا جذريًا عن الرؤية التقليدية، على الرغم من أنه حين يتناول مسألة المعرفة بالتحليل، إذ يستخدم هذين المصطلحين كمرادفين مشيرًا بهما إلى نظرية المعرفة، فهو يعترف بوجود معرفة أخرى غير المعرفة العلمية سواء في الحاضر أو في الماضي، ففي الوقت الذي ينتقد فيه ميتافيزيقا "أفلاطون" أو "أرسطو" على أساس أنها خالية من المعنى ينتقد أيضًا وللسبب نفسه كل

---

1 - Gnoséologie مكون من مصطلح يوناني gnôsis (مصطلح ثيولوجي يعني «المعرفة» هو نفسه انبثق من gnôskein «يعرف» ولوغوس.

2 - Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, p. 32.

3 - محمد عابد الجابري، مرجع سبق ذكره، ص 20-21.

4 - روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 19-20.

الفلسفات الميتافيزيقية الحديثة والمعاصرة[1]. في حين نجد "أرنست ماخ" يؤكد في نظريته للمعرفة أن الشيء في حد ذاته ليس له أهمية وأن فقط الظواهر هي موضوع المعرفة وأن العالم ليس إلا عبارة عن مجموعة من الاحساسات. تجريبية "ماخ" أدت إلى نقد الطابع المطلق للزمكان وإلى رفض السببية (الفعالة) والبحث فقط عن العلاقات بين الكميات الفيزيائية. وينصب التركيز على حقيقة أن كل المعارف مقيدة والتي لا يمكن أن تكون مبنية على الملاحظة المباشرة. فالنقد يؤدي إلى الشك[2].

يمكن اعتبار أن الابستمولوجيا ليست استمرارًا لنظرية المعرفة، فالابستمولوجي يُحاول أساسًا أن يجعل خطاب حول العلم خطابًا مستقلاً عن الأهداف المتباينة للأنساق الفلسفية. إن الخطاب الابستمولوجي لا يريد أن يجعل نفسه، كما يرى ذلك "باشلار"، في مواجهة الأنساق الفلسفية في نسقيتها، أي من حيث هي مذهب متامسك ينتدب نفسه لإنجاز غايات فلسفية معينة، إن الخطاب الابستمولوجي يريد أن يستفيد من الأنساق الفلسفية في الحالة التي يستطيع فيها أن يواجه هذه الأنساق مجزأة فيأخذ عنها المقولات التي يراها ضرورية لتحليل الفكر العلمي. فالابستمولوجيا ليست نظرية في المعرفة لأنها تحاول ألا ترتبط مثل نظرية المعرفة بالأهداف العامة لنسق فلسفي ما. ومن جهة أخرى فإن الابستمولوجيا ليست جزءًا من نظرية المعرفة خاص بالبحث في المعرفة العلمية. ذلك لأن الاختلاف الأساسي بين نظرية المعرفة والابستمولوجيا أنه لا هدف الابستمولوجي في بناء نظرية عامة في المعرفة، فبالأولى أن يكون لهذه النظرية اعتبار الاجابة النهائية والحاسمة بصدد مسألة المعرفة[3].

1- باسم راجح جمال الدين الألوسي، مشكلات في فلسفة العلم من وجهة نظر هانس رايشنباخ، ابن النديم للنشر والتوزيع، ط1، لبنان 2015، ص96-97.

2 - Robert Locqueneux, Une histoire des idées en physique, préface de Bernard Maitte, Vuibert, 2009, Paris, p. 163.

3 - محمد وقيدي، مرجع سبق ذكره، ص 85-86.

يتناول الخطاب الابستمولوجي التفكير العلمي في مرحلة تاريخية من مراحل تطوره، ويريد هذا الخطاب أن يظل على وعي بتاريخيته ونسبيته، وألا يقع في خطأ التعميم الواهم للنتائج المحصلة في هذا التحليل التاريخي والنسبي. إن الخطاب الابستمولوجي إذ يتعلق بالقيم المعرفية لفترة تاريخية معينة من نمو المعارف الانسانية لايريد أن يقع في خطأ اضفاء صبغة الإطلاق على هذه القيم المعرفية.

إن مفهوم المعرفة ليس مرادفًا لمفهوم العلم. فالمعرفة أوسع حدودًا ومدلولاً، وأكثر شمولاً وامتدادًا من العلم، والمعرفة في شمولها معارف علمية ومعارف غير علمية. ولذا يمكن القول بأن كل علم معرفة، وليست كل معرفة علمًا. وتقوم التفرقة بين النوعين على أساس قواعد المنهج وأساليب التفكير التي تتبع في تحصيل المعارف. فإذا أتبع الباحث قواعد المنهج العلمي في التعرف على الأشياء والكشف عن الظواهر، فإن المعرفة تصبح حينئذٍ معرفة علمية. العلم هو أولاً معرفة، ولكن العرف جرى على إطلاقه على نوع خاص من المعرفة، هو النوع الذي يبحث عن القوانين العامة التي تربط بين مجموعة من الحقائق الخاصة[1]. وبعبارة أخرى، المعرفة والعلم شيئان متميزان، هناك معرفة ليست علمية كما هناك نظريات علمية ليست معرفة. مثلا فيزيائي القرن التاسع عشر اعتبروا أن الضوء تموجات في مكان صلب ومتداخل، ألا وهو الأثير. يُجزم بأن هذا الأثير غير موجود. كيف يُجمع بأنه من الخطأ قول أن "أوغسطين فرينل" Augustin Fresnel (1788-1827) و"جيمس ماكسويل" James Clerk Maxwell (1831-1879) أنهما عرفا أن الضوء تموجات الأثير بالإضافة إلى الاعتقاد بالعلم. فنظريتهم لم تكن معرفة، و من الصعب في نفس الوقت انكار بأن نظريتهم علمية. العلم والمعرفة شيئان متميزان[2].

1- حسين علي، مرجع سبق ذكره، ص 12-13.

2 - Julien Dutant, Qu'est-ce que la connaissance ? Librairie Philosophique J. VRIN, Paris, 2010, p. 14.

فلسفة المعرفة تهتم بالمعرفة بصفة عامة، والابستمولوجيا خاصة بالمعرفة العلمية. كل منهما يتميزان بمدى مجال دراستهما، هذا ليس فقط إلا إذا أُخذ بعين الاعتبار بأنه توجد معرفة ليست علمية حقيقية محتمل أن تكون مرشحة لهذا المرتبة، يمكننا أن نذكر من بين الأمور الأخرى: معارف الحس المشترك المتداولة في الحياة اليومية (المطر يبلل، النار تلتهب...) معرفة من نوع بديهي (مثلا، في البداية للرياضي لبعض المعارف عن خصائص الأشكال الهندسية التي يوظفها (يتلاعب بها)، المعرفة الصوفية (مثلا، الكشف عن وجود الله)... إذا شككنا بأنه تجدر الاشارة هنا إلى المعرفة التي تستحق هذا الاسم أن نحتفظ بمصطلح «المعرفة» المتزامن فقط مع المعرفة العلمية ومجالات الابستمولوجيا ونظرية المعرفة[1].

نتناول مواقف مختلفة بصدد هذه العلاقة بين نظرية المعرفة والابستمولوجيا، فالموقف الأول يقرب بين مفهوم الابستمولوجيا ونظرية المعرفة بحيث يرى أن علاقة الابستمولوجيا بنظرية المعرفة هي من حيث المبدأ علاقة نوع بجنس، لأن الابستمولوجيا تقف عند البحث في صورة خاصة من المعرفة هي المعرفة العلمية، بينما نظرية المعرفة بصفة عامة[2]. ومن خلال هذا يتضح أن هناك نقاط متقاربة بين الابستمولوجيا والفلسفة بكيفية عامة، وبينها وبين نظرية المعرفة بكيفية خاصة[3].

يتجه في هذا المنحى "جان بياجي" حيث اعتبر أن مصطلح الابستمولوجيا مرادفًا في الاستعمال لنظرية المعرفة، إلا أنه يقدم لنا أسبابًا وجيهة لهذا الخلط بين الميدانين[4]. ولهذا فإننا نتفهم جيدًا لماذا جعل "بياجي" مثلا ابستمولوجيا ونظرية المعرفة كلمتين مترادفتين، وذلك لأن العلم والروح العلمية، سواء ذلك في تطور المجتمعات وفي تطور الفرد، يتكونان على التدريج دون أن يصلا أبدًا إلى حالة الاكتمال. وعندئذٍ، فإن كل ابستمولوجيا تكوينية

---

1 - Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, p. 32.

2 - روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 13.

3 - محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم ، ص 21.

4 - Jean Piaget, L'épistémologie et variétés, Gallimard, Paris, 1967, p. 3 .

سواء تعلق الأمر فيها بتاريخ العلوم أو سيكولوجيا الطفل، تتوسع بالضرورة إلى نظرية للمعرفة، لأنها تقصد إلى أن تتبع جميع المراحل التي نتوصل بها إلى ما نسميه اليوم المعرفة العلمية –أي إلى النظر إلى المعرفة من خلال ضوء لا يمكننا أن تعدها إلا صورًا سابقة للعلم، ومع ذلك لا يمكننا أن ننفي عنها كل قيمة معرفية، إذ هي تهيئ ضروب التقدم التالية[1].

يشير "جان بياجي" إلى أنه ينبغي التفريق بين الابستمولوجيا ونظرية المعرفة، لأن نظرية المعرفة تعد مبحثًا في النسبة بين الذات العارفة والموضوع المعروف[2]. النظرة الفلسفية التقليدية للابستمولوجيا: وذلك لأن العديد من الفلاسفة والابستمولوجيين ينظرون إلى الابستمولوجيا بوصفها دراسة للمعرفة كما هي في اللحظة الراهنة، فهي في نظرهم تحليل للمعرفة استنادًا إلى غايتها الخاصة، ومن خلال اطارها الخاص، دونما اعتبار إلى كيفية تطورها. أما تتبع تطور الأفكار أو تطور العمليات فربما يكون –في رأيهم– من شأن المؤرخيين أو علماء النفس، وليس من شأن الابستمولوجيين بشكل مباشر[3]. إذن بالنسبة إلى "جان بياجي" الابستمولوجيا هي دراسة تراكم معرفة ذات قيمة، «دراسة الانتقال من حالة معرفة جزئية إلى حالة معرفة حقيقية»[4].

إن نسبة الابستمولوجيا إلى نظرية المعرفة هي نسبة النوع إلى الجنس، على أساس أن الابستمولوجيا تنحصر في تلك الصورة الوحيدة من صور المعرفة، والتي هي المعرفة العلمية. ومع ذلك فإن التمييز يزول عندما يرتد الجنس إلى هذا النوع الوحيد، كما هو الأمر عند المؤلفين الذين يخصون المعرفة باسم المعرفة، ويجعلون كل الباقي لعبًا لفظيًا ليس له

---

1 – روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 20.

2 – جان بياجي، الابستمولوجيا التكوينية، تر. السيد نفادي، مر.محمد علي أبو ريان، دار التكوين، دمشق، 2004، ص 24.

3 – المرجع نفسه، ص25.

4 – Jean Piaget, Logique et connaissance scientifique, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, Paris, 1967, p. 7.

تأثير معرفي، فقط كان ذلك على سبيل المثال هو موقف الوضعيين الجدد في "فيينا"، وما يزال ذلك هو موقف الوضعية المنطقية الذي خلفه. وهكذا فإن "كارناب" لا يعترف لنظرية المعرفة بالقبول إلا بقدر ما ترتد إلى الابستمولوجيا، بل على وجه الخصوص إلى التحليل المنطقي للعلم. والذي يتفق مع الوضعية المنطقية هو الفرنسي "لويس روجي" Louis Rougier (1889–1982) حيث قال عن عنوان كتاب المعرفة، كان أن يسمى بشكل أدق «بنية المعرفة العلمية» وذلك لأنه بالنسبة إليه لا معرفة إلا المعرفة العلمية كما صرح بذلك في بابه الثاني عن «النظرية الجديدة في المعرفة»[1].

ما الاختلافات الأخرى (مثل المنهج) التي تفصل الابستمولوجيا عن نظرية المعرفة؟ فمن الصعب اعطاء جواب واحد شافي على هذا السؤال. نظرية المعرفة والابستمولوجيا تشير بالتأكيد إلى التقاليد الفكرية المميزة تاريخيًا. نذكر أولا: كثرة الاستجوابات من نوع فلسفي في العقول، في حين الثانية غالبا ما ترتبط أولاً بكثير من المشاكل التقنية والشكلية. ومع ذلك فإنه لن يكون من الصعب العثور على المسائل المضادة. لأن الابستمولوجيا لا تسمى بالخطاب المتجانس المتميز بنهج فريد من نوعه. وعلى حسب رأي الابستمولوجيين وتوجيهاتهم، المشاكل الجديرة بالاهتمام والمناهج التي تعتبر مشروعة تثبت أنها تختلف اختلافًا بينًا[2].

إذن، العلاقة بين نظرية المعرفة والابستمولوجيا، هي أن الابستمولوجيا ليست اسمرارًا لنظرية المعرفة الكلاسيكية ولا هي جزء منها يتخصص في البحث في المعرفة في مجال معين هو العلم. إن ما تهدف إليه الابستمولوجيا هو أن تكون ضمن صورة العلاقة الجديدة بين الفلسفة والعلم البديل عن نظرية المعرفة الكلاسيكية. ذلك أن التقدم الكبير الذي حصل عليه العلم منذ بداية عصر النهضة الأوروبية الحديثة وما نتج عن هذا التقدم من تغير صورة العلاقة بين العلم والفلسفة، قد أدى إلى أن تستنفذ نظرية المعرفة الكلاسيكية وظائفها

1 – روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 17–18.

2 – Léna Soler, Introduction à l’épistémologie, p. 33.

وأن تصبح بالتدريج في تناقض متزايد مع التطور العلمي. لقد كان الخطاب الفلسفي حول العلم يتخذ في القديم صورة نظرية عامة في المعرفة تكون وسيلة للبحث في طبيعة المعرفة العلمية وحدودها وفي المبادئ المؤسسة لها. غير أن استمرار هذا الخطاب لم يعد ممكنًا دون أن يضع هذا الخطاب نفسه في الموقف المعارض لأهدافه. والابستمولوجيا تأتي بالذات لكي تقدم لنا البديل عن هذا الخطاب الذي استنفذ أهدافه بخطاب يُحدد لذاته مهام جديدة تتلاءم والصورة الجديدة للعلاقة بين الفلسفة والعلم[1].

4- الابستمولوجيا وعلم المناهج

إن كلمة الميثودولوجيا من Méthodos اليونانية، ومعناها الطريق إلى... (المنهاج المؤدي إلى...) هي علم المناهج، والمقصود هنا: مناهج العلوم. والمنهاج العلمي هو جملة العمليات العقلية، والخطوات العملية، التي يقوم بها العالم، من بداية بحثه حتى نهايته، من أجل الكشف عن الحقيقة والبرهنة عليها[2].

تبعا لقاموس Larousse المنهاج هو «خطوة منظمة، عقلية، تقنية مستعملة من أجل الحصول على نتيجة»، المأخوذة من الأصل اليوناني méta تعني نحو أو إلى وhodos تعني الطريق. المنهاج هو كوسيلة عقلية لتحقيق هدف، من دون ارتكاب أخطاء[3]. وبما أن العلوم تتمايز بموضوعاتها، فهي تختلف كذلك بمنهاجها. ولذلك لا يمكن الحديث عن منهاج عام للعلوم للكشف عن الحقيقة في كل ميدان، بل فقط عن مناهج علمية. إن لكل علم منهاجه الخاص، تفرضه طبيعة موضوعه.

هذه ملاحظة أولى، والملاحظة الثانية هي أن الميثودولوجيا لاحقة للعمل العلمي وليست سابقة عليه، بمعنى أن المختص في علم المناهج –فيلسوفًا كان أو عالمًا– لا يرسم للباحث

---

1 – محمد وقيدي، مرجع سبق ذكره، ص 86.

2– محمد عابد الجابري، مرجع سبق ذكره، ص 22–23.

3 – Pierre Sagaut, Introduction à la pensée scientifique moderne, Cours de culture générale, Université Pierre et Marie Curie–Paris 6, 2008–2009, p.111.

الطريق التي يجب أن يسلكها، بل إنه بالعكس من ذلك، يتعقبه ويلاحق خطواته الفكرية والعملية: يصفها ويحلّلها ويصنّفها، وقد يناقش وينتقد، كل ذلك من أجل صياغتها صياغة نظرية منطقية قد يُفيد العالِم في بحثه، وتجعله أكثر وعيًا لطبيعة عمله. وكما يقول "كلود برنار": «فإن لعمليات المنهجية وطرق البحث العلمي لا تتعلم إلاّ في المختبرات، حينما يكون العالم أمام مشاكل الطبيعة وجهًا لوجه، يصارعها ويشتبك معها. فإلى هنا يجب توجيه الباحث المبتدئ أولاً. أما البحث الوثائقي والنقد العلمي فهما من شأن الرجال الناضجين، ولا يمكن أن يثمرا إلا بعد البدء في التدريب على العلم وتحصيله في معبده الحقيقي، أي في المختبر العلمي. إن العمليات الفكرية الاستدلالية لابد أن تتنوع لدى المُجرِّب، إلى غير نهاية، نظرًا لتنوّع العلوم، ولتفاوت الحالات التي يعالجها –العلم– صعوبةً وتعقيدًا. إن العلماء، وبالذات المختصون منهم في العلوم المختلفة –هم وحدهم المؤهلون للخوض في مثل هذه المسائل»[1].

نشير هنا إلى تساؤل "روبير بلانشي" هل يمكن اعتبار الابستمولوجيا وعلم المناهج علمين متمايزين ومقترنين فقط، أو يجب على العكس ادخال أحدهما في الأخرى باعتبارها جزءا منها؟ وللاجابة عن هذا التساؤل ينطلق "روبير بلانشي" من تعريف "لالاند" للابستمولوجيا: «الابستمولوجيا ليست بالضبط دراسة المناهج العلمية، التي هي موضوع الميثودولوجيا، وتنتمي إلى المنطق»[2]. ويعتبر أن هذا التعريف لم يعد موجودًا لأنه وقع تجاوز الميثودولوجيا. فلم يعد المنطق مقسم كما هو العادة في التعليم الجامعي الفرنسي إلى قسمين: المنطق العام الذي يهمل الموضوعات التي هي مادة المعرفة وأهم أجزائه هو المنطق الصوري، والمنطق الخاص أو التطبيقي الذي يدرس المناهج الخاصة بكل واحد من العلوم المختلفة. وبهذا وجد علم المناهج نفسه مدرج في المنطق كأحد قسميه. لذا يصعب القيام بدراسة نقدية حول مبادئ مختلف العلوم، وحول قيمتها وأثرها الموضوعي كما يضيف

1 – Claude Bernard, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Flammarion, Paris, 2010, p. 289–290.

2– أندري لالاند، الموسوعة الفلسفية، ص 356–357.

"لالاند" دون أن يتساءل في الوقت ذاته عن طبيعة وقيمة المناهج التي تتبني بها وتتوصل بها إلى معرفة لها قيمة موضوعية[1].

لقد لاحظ "بياجي" أن «التفكير الابستمولوجي يتولد دائما عند أزمات هذا العلم أو ذاك وأن هذه الأزمات تسببها ثغرة في المناهج السابقة لكي يقع التغلب عليها بفضل اختراع مناهج جديدة»[2]. ولهذا فهو يدمج تحليل المناهج العلمية في الابستمولوجيا[3]. وكذلك بالنسبة إلى الوضعية المنطقية تعددت دراستها حول الاستقراء وحول شروط التحقق والتأكد من القضايا التجريبية إلخ. دون التفكير في اعتبارها جدولاً منفصلاً[4].

وهكذا، فإذا كانت الابستمولوجيا تتناول بالدراسة والنقد مبادئ العلوم وفروضها ونتائجها لتحديد قيمتها وحصيلتها الموضوعية –كما يقول "لالاند"– فإن الميتودولوجيا تقتصر، في الغالب على دراسة المناهج العلمية، دراسة وصفية تحليلية، لبيان مراحل عملية الكشف العلمي، وطبيعة العلاقة التي تقوم بين الفكر والواقع خلال هذه العملية. هناك إذن فرق بينهما في مستوى التحليل –على حسب الجابري–: إن مستوى التحليل في الميتودولوجيا، علاوة على كونها تتناول كل علم على حدة، مقصور في الغالب على الدراسة الوصفية، في حين أن الابستمولوجيا، فضلاً عن طموحها إلى أن تكون نظرية عامة في العلوم، ترتفع إلى مستوى أعلى من التحليل، مستوى البحث النقدي الرامي إلى استخلاص الفلسفة التي ينطوي عليها، ضمنيًا، التفكير العلمي. إن من جملة المسائل التي تتناولها بالنقد، المناهج العلمية ذاتها، تبحث عن ثغراتها وتعمل على معالجتها. ومن هنا يقول "الجابري": «إن الابستمولوجيا هي ميثودولوجيا من الدرجة الثانية»[5]. «الميثودولوجيا العلمية هي بحد ذاتها علم تجريبي الذي لا ينفلت من مناهج البحث ما دامت تدرس الصلاحية لجعل الميثودولوجيا

1- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 26-27.

2 - Jean Piaget, Logique et connaissance scientifique, p. 7-8

3- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 27.

4- المرجع نفسه، ص 27-28.

5- محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم ، ص 23-24.

في المرتبة الرئيسية هو أيضا لا قيمة له من جعل الكيمياء أو الفيزياء في المرتبة الرئيسية»[1].

5- الابستمولوجيا والعلوم الانسانية

1.5- الابستمولوجيا وعلم النفس التكويني

لقد اقترح "جان بياجي" تصورًا للعلاقة بين الابستمولوجيا وعلم النفس التكويني والذي أراد به الربط بين الدراسات الابستمولوجية وبين فرع من علم النفس ألا وهو علم النفس التكويني La psychologie génétique. وفي هذا الصدد فإن "بياجي" لايكتفي بالقول بأن التحليل الابستمولوجي للمعرفة يمكن أن يستفيد من علم النفس التكويني، بل إنه يقول إن اعتماد التحليل الابستمولوجي على المنهج التكويني المتبع في هذا الفرع من فروع علم النفس، من شأنه أن يجعل من الابستمولوجيا لا تحليلاً فلسفيًا يستفيد من العلوم الانسانية، بل علمًا انسانيًا آخر يمكن أن يُضاف إلى قائمة العلوم الانسانية القائمة. وذلك وفقًا للشروط ذاتها التي تم بفضلها للعلوم الانسانية الأخرى الارتقاء إلى مرتبة الدراسة العلمية. وهذا العلم الانساني الجديد هو الذي يسميه "بياجي" بالابستمولوجيا التكوينية.

يبحث "جان بياجي" في الشروط التي جعلت من كل علم من العلوم الانسانية علمًا قائمًا بذاته، فيجد أنها تتركز أساسًا حول شرطين هما اللذان وفرا لكل علم من تلك العلوم استقلاله وتميزه عن المناقشات الفلسفية العامة. وهذان الشرطان هما التحديد الدقيق لموضوع البحث، من جهة أولى، وإتباع مناهج نوعية لمعالجة ذلك الموضوع من جهة أخرى[2]. وفي نظر "بياجي" فإن علومًا أخرى كعلم النفس وعلم الاجتماع والمنطق قد استطاعت أن تحقق الشرطين السالفي الذكر وأن تكون نموذجًا لعلم انساني مستقل في تعينه لموضوعه وفي مناهج دراسته عن المناقشات الفلسفية العامة.

---

1 - Anouk Barberousse, Max Kistler, Pascal Ludwig, La philosophie des sciences au XX^{e} siècles, Flammarion, 2000, p. 177.

2- جان بياجي، الابستمولوجيا التكوينية، ص 42-45.

عرف "هوسرل" مصطلح الابستمولوجيا كعلم مميز عن العلوم الإنسانية، منها علم التاريخ وعلم النفس مجتمعين لتحديد هوية الابستمولوجيا. إذا كانت الابستمولوجيا تكشف لتاريخ واضح، لإعادة البناء الأركيولوجي لمعنى العلم، بمعنى أن لا تكون العملية إلا محتواة في المنظمة الفلسفية–العلمية: «الفكر الأصيل» الذي نجده هو جزء الفلسفي المفقود من العلم التقني. الابستمولوجيا كمذهب للتصديق، الذي لا يتزامن مع علم التاريخ وعلم النفس إلا بالمعنى الذي ينحدر منه في طبيعة «علم–فلسفة»[1].

2.5- الابستمولوجيا وعلم اجتماع المعرفة

قيام علاقة بين الابستمولوجيا وبين علم النفس بصفة عامة، سواء تعلق الأمر منه بالتحليل النفسي، كما يقترح ذلك "باشلار"، أو تعلق منه بعلم النفس التكويني، كما يقترح "جان بياجي". وقد كان القبول لهذا التكامل المؤسس على فائدته بالنسبة إلى التحليل الابستمولوجي المتعلق بالمعرفة العلمية. فحيث أن هنالك شروطا نفسية للمعرفة بصفة عامة، وللمعرفة العلمية بصفة خاصة، فإن الاستعانة بالعلم الذي يدرس هذه الشروط النفسية في ذاتها أمر مطلوب لما يمكن أن يثمره من نتائج ايجابية، والتي ظهرت عند "باشلار" في صور العائق الابستمولوجي، وعند "بياجي" في تبين مراحل تطور المفاهيم العلمية. وهنالك إلى جانب الشروط النفسية شروط مجتمعية وتاريخية[2].

المعرفة ليست أبدًا مجرد مواجهة ذات فردية لموضوعات معرفتها، وهذا لأن هذه الذات تواجه موضوعاتها وهي حاملة لشروط مجتمعية وتاريخية. فلا غنى، إذن، للابستمولوجيا عن التعاون مع علم الاجتماع الذي يدرس هذه الشروط في ذاتها. ولكن ما هي الصورة التي ترتبط بها الابستمولوجيا بعلم الاجتماع؟ فالفرع الذي يتكامل معه الابستمولوجيا في تحليلها

---

1 - Marco Panza, Jean-Claude Pont, Les savants et l'épistémologie vers la fin du XIX^{e} siècle, Librairie scientifique et technique + Albert Blanchard, Paris, 1995, p. 24-25.

2- محمد الوقيدي، مرجع سبق ذكره، ص246.

هو الذي يختص بدراسة المعرفة من حيث هي ظاهرة مجتمعية، أي علم الاجتماع المعرفي sociologie de la connaissance.

يبحث علم الاجتماع المعرفي في علاقة المعرفة من حيث نشأتها وتطورها وتعطلها أو توقفها بالأطر المجتمعية لهذه المعرفة. إن علم الاجتماع المعرفي لا يهتم لا بمسألة الصلاحية المنطقية، ولا بمسألة المعرفية التي تلزم عن كل اكتشاف علمي جديد، بينما تهتم الابستمولوجيا بالمسألة الأولى وتبحث في المسألة الثانية[1].

يرى "جورج غورفيتش" Georges Gurvitch (1894-1965) أن ما هو مشترك بين علم اجتماع المعرفة وبين الابستمولوجيا يمكن أن يظهر في ثلاثة مستويات:

- المستوى الأول: وجود معرفة جماعية مظاهرها التجربة والحدس والأحكام الجماعية. إن وجود هذه المعرفة في نظر "غورفيتش" يهم علم اجتماع المعرفة والابستمولوجيا في آن واحد. فهي ميدان مشترك بينهما. وإذا كان وجود هذه المعرفة يطرح بالنسبة لعلم الاجتماع المعرفي مسألة مظاهرها وعلاقاتها بالظواهر المجتمعية الأخرى، فإنه يطرح بالنسبة إلى الابستمولوجيا مسألة من نوع آخر تخصها بالذات كعلم، وهي مسألة الذوات العارفة الجماعية وصلاحية أفعالها المعرفية وقيمة هذه الأفعال بالنسبة إلى الذوات الفردية.

- المستوى الثاني: البحث المشترك بين الابستمولوجيا وعلم اجتماع المعرفة هو موضوع عالَم الرموز المعرفية. وفي الواقع فإن عددًا من الرموز المجتمعية كالصور المتماسكة للعالَم الخارجي، والمقولات المنطقية والمقادير الرياضية، والجهاز المفهومي للعلوم المختلفة، تهم الابستمولوجيا وعلم الاجتماع المعرفي على السواء. وإذا كانت الابستمولوجيا تنتدب نفسها للبحث في شروط صلاحية هذه الرموز، فإن علم اجتماع المعرفة يتجه إلى البحث في اختلافها وفي تحولها تبعًا للجماعات التي تبدعها أو الجماعات التي تتلقاها، أي أنه يبحث في الأطر المجتمعية لهذه الرموز.

1- محمد الوقيدي، مرجع سبق ذكره، ص246-248.

– المستوى الثالث: البحث في الدلالات وما تدل عليه. فالدلالات هي الواسطة التي تنتقل بها المعارف العلمية. ومن مهمة الابستمولوجيا البحث في صلاحيتها لأداء الوظيفة. أما علم الاجتماع المعرفي فإنه يبحث في التحولات التي تطرأ على هذه الدلالات من جراء علاقتها بالبنيات المجتمعية.

حسب "غورفيتش"، أن علم الاجتماع المعرفي يمكن أن يفيد الابستمولوجيا بأن يضع أمامها نتائج بحوثه التجريبية حول تراتب أنواع المعرفة، وحول تراتب المستويات داخل كل نوع منها بصفة خاصة، ثم حين يضع أمامها العلاقة بين المعرفة كظاهرة مجتمعية وبين الظواهر والمؤسسات المجتمعية الأخرى. فإن علم الاجتماع المعرفي يقدم بذلك الابستمولوجيا نحو فهم الدور الفعلي للمعرفة ضمن البنيات المجتمعية المختلفة[1].

ثالثاً: طبيعة البحث الابستمولوجي

1- مجال دراستها

إن الوضعية الابستمولوجية للابستمولوجيا غير واضحة، لأنها موزعة بين أصولها الفلسفية وتعاملها المباشر مع العلم. فهي ما تزال في المنظمات الادارية والجامعية ملحقة بالفلسفة كفرع من فروعها. ومع ذلك منذ قرن فرضت فيه نفسها شيئا فشيئا كعلم متميز، فإنها تتجه أكثر فأكثر إلى الانفصال عنها وعن خلافاتها، لكن تطمح إلى نتائج تمكن مراقبتها مراقبة موضوعية، ويمكن قبولها قبولا كليًا، فتكتسب بذلك خصائص العلم الحقيقي، وبهذا بقي الذين يمارسونها منقسمين حول مسألة انتمائها الفلسفي[2]. هل هي مشكلة علمية مجالها في العلم ومصدرها تاريخه، أم هي مشكلة مجالها الفلسفة وهذا لاعتقادنا بأن قيام نظرية علمية جديدة كالهندسات اللاقليدية أو نظرية النسبية أو نظرية الكوانتم يأتي نتيجة لتطور في تاريخ العلم لا نتيجة للحوار الفلسفي أو لتطور في تاريخ الفلسفة، وإن المشكلة

1- محمد الوقيدي، ما هي الابستمولوجيا؟ ، ص248-251.

2- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 129.

الابستمولوجية لا تكون مشكلة فلسفة إلا من حيث الأثر الذي يحدثه قيام نظريات علمية جديدة من المفاهيم الفلسفية وهذا بصفة خاصة في حالة وجود بعض المفاهيم التي هي بالذات الوقت موضوع للحديث الفلسفي والحديث العلمي على السواء، نتيجة لهذا فإن الفلاسفة يُكونون عن مثل هذه المشكلات تصورًا وهميًا وناقصًا فيتحدثون في هذه الحالة عن وجود «أزمة» في العلم، ووهمية ونقصان هذا التصور يأتيان من صفته الذاتية، فالأزمة التي يتحدث عنها الفلاسفة ليست أزمة في العلم بقدر ما هي أزمة داخل أنساقهم التي تتبنى مفاهيم ثابتة، إن التغيير الذي يحدثه التطور العلمي في بعض المفاهيم يربك الفلاسفة، غير أن المذاهب الفلسفية ترفض أن تنظر في الأزمة الحادثة بالنسبة إليها، وترفض أن تغير ما بها استجابة لتطور موضوعي في المعرفة الانسانية، فيقودها موقفها المثالي إلى أن تقدم لعملية اسقاط لمفهوم الازمة فتنقله من المجال الذي يحدث فيه وهو الفلسفة، إلى المجال الذي لم يعرفه وهو العلم، حقًا، إن العلم لا تطور مستقيمًا لا توقف فيه ولا بطء في السير، ولكن هذه المظاهر لا تغني بالنسبة للعمل الأزمة بالمعنى الذي يقصده الفلاسفة[1].

هناك فريق يريد قطع الصلة بين الابستمولوجيا والفلسفة، باعتبار الفلسفة تنظيرًا وتعميمًا وتركيبًا، أما المعرفة العلمية فهي المعرفة الحقيقية، ولذا وجب حذف كل ما يتعلق بالفلسفة في مجال الابستمولوجيا، مثلا: فلسفة العلوم القديمة (فلسفة الطبيعة، فلسفة الحياة، فلسفة التاريخ...) وذلك بسبب أنها تأملية وليست موضوعية. إن الابستمولوجيا في نظر هؤلاء لا يمكن أن تصبح علمًا مستقلاً إلا إذا تحررت نهائيًا من جذورها الفلسفية والتزمت الموضوعية التامة، واعتمدت على المنهج العلمي ذاته، المنهج الذي يقوم أساسًا على المراجعة والاختبار والتحقق، الشيء الذي يمكنها من الاندماج في العلم والتحلي بخصائصه ومميزاته[2]. والذي يمثل هذا الاتجاه هم أصحاب الوضعية المنطقية، التي تختزل مجال البحث الابستمولوجي في لغة العلم. فهي تعتبر موضوع العلم، أشياء الطبيعة، بحيث يؤكد

1- محمد الوقيدي، مرجع سبق ذكره، ص 16-17.

2- محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم ، ص 45.

"أرنست ماخ" Ernest Mach أن الاحساسات ليست رُموزًا للأشياء، بل إن الشيء هو مجرد رمز ذهني لمركب من الاحساسات يتمتع باستقرار نسبي. ذلك لأنه ليس في الطبيعة أي شيء لا يتغير. فما يسمى «شيئًا» هو محض تجريد، والاسم الذي يطلق على هذا «الشيء» هو رمز لمركب من العناصر الحسية أُغفل فيه التغيير الذي يعتريه. إذن، يُعطي اسمًا لهذا المركب ككل، أي يُعبر عنه برمز وحيد، عندما يكون المرء في حاجة إلى استعادة جميع الانطباعات الحسية المرافقة له[1].

يرى "بياجي" في هذا الصدد أنه لا يمكن أن يكون الابستمولوجي فيلسوفًا تأمليًا ولا أن يؤدي وظيفة الابستمولوجي من ليس له اختصاص علمي ضيق، بحيث يستطيع أن يُعمَّم انطلاقًا من المشكلات التي يواجهها في ميدانه الخاص، إن علماء متخصصين في ميادين معرفية مختلفة هم الذين يقّدمون الابستمولوجيا في الوقت الحاضر كثيرًا من المعطيات التي يستطيع فيلسوف تقليدي أن يمدها بها[2]. لذا يقترح "بياجي" بأن الابستمولوجيا تعتمد على علم النفس التكويني، باعتبارها علمًا أساسيًا، يخرج الابستمولوجيا من مجال التفكير الفلسفي ليجعل منها تفكيرًا علميًا في المعرفة العلمية[3].

فهل يتحقق المشروع الذي يدعو إليه "بياجي"؟ وهل أصبح التفكير الابستمولوجي حقًا خارج مجال التفكير الفلسفي؟

لا يدل الواقع الحالي للابستمولوجيا على ذلك، ولكننا لا نريد أن نقف عند إقرار هذا الواقع، بل نريد الوصول إلى مبدئه وتبيين تفسيره. إننا نميز بين أن تكون الابستمولوجيا على علاقة تعاون واستفادة مع العلوم الانسانية، وبين القول بأنها هي ذاتها قد أصبحت علمًا انسانيًا. إن الابستمولوجيا يمكن أن تستفيد، لا شك في ذلك، من النتائج التي يصل إليها علم النفس

1- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 27.

2- محمد الوقيدي، مرجع سبق ذكره، ص 17.

3- جان بياجي، الابستمولوجيا التكوينية، ص 42.

التكويني، كما يمكن أن تستفيد من غيره من العلوم الانسانية الأخرى، ولكن هذا لا يرفع عن التفكير الابستمولوجي صفة التفكير الفلسفي.

حين تؤكد هذه الحقيقة نكون قد أرجعنا موقف "بياجي" إلى الأصل الذي انطلق هو من نقده، فهل معنى ذلك أننا نعتبر أن الابستمولوجيا تفكير فلسفي في العلم؟

جوابًا على هذا السؤال يؤكد منذ البداية أن ليس كل تفكير فلسفي في العلم يمكن أن يعتبر ابستمولوجيًا، ذلك أن علاقة التفكير الفلسفي بالعلم، قد اتخذت من تاريخها صورًا لا يمكن أن نقر لها جميعًا بالإنفاق مع الأهداف التي يمكن أن يسعى إليها التفكير الابستمولوجي المعاصر. فالتفكير الابستمولوجي ليس بناء لنظرية ميتافيزيقية بناءًا ما يثيره علم معين أو علم فترة تاريخية من مشاكل، ذات طبيعة فلسفية. وذلك لأن الأمر لا يتعلق في الابستمولوجيا بإستغلال نتائج العلم من أجل بناء نظرية فلسفية خارج العلم. والتفكير الابستمولوجي ليس من ناحية أخرى بناء لنظرية عامة في المعرفة انطلاقًا من علم فترة تاريخية معينة، وهذا لأن هذه النظرية ستصبح متجاوزة بالضرورة. والتفكير الإبستمولوجي لا يتمثل أخيرًا في الفلسفات التي حاولت أن تضع حدودًا للعلم لإفساح المجال لقيام مشروعية معرفة أخرى تعتبر في نظر تلك الفلسفات أسمى من المعرفة العلمية[1].

إن كل تاريخ العلم والفلسفة، وحيث أن هذين النمطين من المعرفة كانا دائمًا مترابطين، فإن العلاقة بين الفلسفة والعلم قد اتخذت في الغالب عن الفلسفات المثالية صورة محاولة لاحتواء النتائج العلمية وادماجها في الأهداف العامة للأنساق الفلسفية. وكما يؤكد "لويس ألتوسير" فإن الغالبية العظمى من الفلسفات قد استغلت العلوم لأهداف تبريرية تخرج عن أهداف الممارسة العلمية[2]. فسواء كانت هذه الفلسفات دينية أو روحانية أو مثالية فإنها تدخل باستمرار في علاقة استغلال مع النتائج العلمية، وهذا يعني أن العلوم لا تكون بالنسبة

1- محمد الوقيدي، ما هي الابستمولوجيا؟ ، ص 30-31.

2 - Louis Althusser, Philosophie et philosophie spontanée des savants, 1967,édit. Librairie François Maspero, 1974, p. 83.

لهذه الفلسفات ما هي عليه في حقيقتها، ولكنها تبدو سواء من حيث وجودها أو حدودها أو صعوبات نموها خاضعة، ضمن التأويل الفلسفي، لاستخدامات خارجية تريد أن تستغل العلوم للتدليل على بعض القيم الخارجة عن مجال العلم أو لإعطاء بعض الضمانات العلمية تخضع للتأويلات المختلفة التي تدل عليها وجهات النظر الفلسفية المختلفة وما تعكسه من ايديولوجيات عملية[1].

ترى "لينا صولار" أن بعض المؤلفين أرادوا أن يقطعوا بالكامل كل ارتباط بين الابستمولوجيا والفلسفة بحجة أن الفلسفة تستخدم العلم كوسيلة (في النهاية وضعوا عدة مفاهيم فلسفية). أنهم أعلنوا بممارسة اتجاه القوة لإعطاء الحق للعلم الدفاع عن مكانته بفضل مختلف الانتاج الانساني[2]. إنهم حاجوا بأن الانعكاس لا يكون فقط على العلوم الواقعية، بل على خيال خالص وعلى العلم. وفي الأخير سموها بتبنيهم أن تكون حقيقة ابستمولوجيا فلسفية، التي تتماشى كليًا مع الفلسفة. بما يفكر بهذه الادعاءات الموجهة لفلسفة العلوم والتظاهر دائما بأنها ابستمولوجيا علمية؟

فيما ترى "لينا صولار" بأن نشير إلى هذه التأكيدات من هذا النوع، لوحات «فلسفية» و«علمية» تعمل أكثر كحجج القيمة –«فلسفية» التي هي المحدد و«العلمي» والتي تهتم أكثر– التي لا تبعث بمعطيات واضحة ومحددة. وللأهمية المخالفة التي تجمع عندما يتعلق الأمر بتحديد بما سيكون ابستمولوجيا علمية. هذا ما قيل:

– بداية أنه لا نقاش فيه بأن الانعكاس على العموم مهما كان الاسم الذي نعطيه له، ينجح بارتباطه بالعلوم طبعًا بالإضافة إلى التفكير حول الرواية الخيالية.

– ويمكن كذلك تحديد الابستمولوجيا وفلسفة العلوم على أساس تأثيرهما، بأن الأولى تعتبر دراسة العلوم كنهاية لها (تمييز المفاهيم والمناهج الخاصة بالعلوم)، فيما تعني الثانية أن لا

1 – Ibild, p. 95.

2 – Léna Soler, Introduction à l’épistémologie, p. 35.

نعتبرها إلا كوسيلة (ننظر مثلا، لإيجاد أساس فلسفي لكل معرفة، أو أيضا تخصيص سؤال فلسفي مثل ما هو خاص بالحتمية). نضع في أذهاننا، وفي هذه الشروط معيار واضح بين الابستمولوجيا وفلسفة العلوم، الذي يسمح بإبعاد الانعكاسات حول علم "أفلاطون"، علم "أرسطو"، علم "ديكارت"، علم "كانط"، الخ...، خارج مجال الابستمولوجيا[1].

يتبادر إلينا دائما صعوبة النقاش بأن الابستمولوجيا، أقل ما يمكن أنها الأكثر تداولاً في الوقت الحالي، ممكن أن تكون مبتورة من كل فلسفة. ولهذا، أن المهم هو المشروع نفسه للابستمولوجيا ذو طبيعة فلسفية. والذي يستطيع أن يكون واضحًا للتميز[2]، وكما اقترحه "روبير بلانشي"، بين مقاربة علمية ومقاربة فلسفية للابستمولوجيا، مقارنة بالنوع المتبع الظاهر لما هو متبع من طرف العلماء أو الفلاسفة. أو من الأحسن أيضا، تمييز «ابستمولوجيا داخلية ولازمة»، وتستعمل بالمناسبة من طرف العلماء أنفسهم للنظر في حل المشاكل المطروحة من داخل علمهم. و «ابستمولوجيا خارجية واختيارية»، وبالأحرى مؤسسة مهيئة لنفسها كنهاية لها في حد ذاتها وليس كوسيلة[3]، وبهذا المعنى تكون أكثر فلسفية.

فعلى الأقل، تبقى الابستمولوجيا خطاب انعكاسي ونقدي حول العلوم، والمشكل الابستمولوجي هو في الأساس مشكل فلسفي: حتى ولو كانت وظيفتها تستدعي الوسائل الرياضية أو المنطقية، والتي عامة لا تتلقى الحلول التقنية كما هو بالنسبة إلى المشاكل العلمية، وتنحاز دائما في الأخير للاختيار الفلسفي الذي لا مفر منه.

تخلص "لينا صولار" في الأخير إلى أن ابستمولوجيا المعاصرة لـ "جيل غاستون غرانجي" Gilles Gaston Granger (1920–2016): «الابستمولوجيا لا تكون إلا

1 – Ibild, p. 36.

2 – Ibild, p. 36–37.

3– روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 22.

متضمنة في "علم العلم".[...] الابستمولوجيا ظلت فلسفة العلم، خاصيتها هي فهمها بأنها عمل للمعرفة وتقديم الدلالة المرتبطة بالقيم الإنسانية»[1].

تقدم عادة ما الابستمولوجيا كميدان فرعي لفلسفة العلوم. في هذه الحالة بكل تأكيد أن الابستمولوجيا ذات طبيعة فلسفية. يبقى تحديد المعايير المطروحة سابقًا لرسم الحدود الداخلية، وهذه المعايير المتعلقة بـ:

– اختلاف أنماط الأسئلة؟ (مثلا: مناقشة أن المشاكل الأخلاقية ظهرت من خلال تقدم العلوم، والتي أُقيمت خصيصًا لفلسفة العلوم، غير أن الحديث تقرر بشكل نهائي أو مؤقت للاحتمية (الفيزياء الكوانتية. والتي تنتمي إلى الابستمولوجيا).

– اختلاف المناهج؟ (مثلا: مناقشة بأن التركيز الوحيد للابستمولوجيا هو الدراسات الموجهة للوسائل التقنية الصورية الخاصة –ردها الآخرون إلى فلسفة العلوم[2].

2– منهجها

الابستمولوجيا كما حددها "لالاند" هي دراسة نقدية لمبادئ العلوم وفروضها ونتائجها، فبإمكان هذه الدراسة أن تتناول العلوم في مرحلة معينة من مراحل تطورها، بغض النظر عن تاريخها، وهذا يستدعي نوعين من الدراسة: دراسة زمنية synchronique قائمة على التزامن ودراسة تطورية diachronique قائمة على التطور، وهذا ما يعبر عنه "بياجي" بمنهج التحليل المباشر ومنهج التحليل التكويني[3]. وكما يسميها "بلانشي" «التحليل اللازمني[4]. أن تنظر إلى كل معرفة من زاوية تطورها، أي من حيث هي سيرورة مستمرة لا يمكننا أبدًا أن نبلغ بدايتها الأولى أو نهايتها، أي كل معرفة يمكن النظر إليها دائمًا، وبصورة

1 – Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, p. 37.

2 – Ibild, p. 37–38.

3– محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم ، ص 47.

4– روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 39.

منهجية، على أنها متعلقة بحالة سابقة لمعرفة أقل وعلى أنها قابلة لأن تمثل هي ذاتها هذه الحالة السابقة بالنسبة لمعرفة أقوى[1].

استخدمت الوضعية المنطقية التحليل المنطقي، حيث نجد أن "فيتغنشتاين" Wittgenstein يعتبر أن المنطق مجرد لغة وصورة خالصة تسمح فقط بالتحويلات التوتولوجية Tautologiques للكلام دون أن يقدم هو في ذاته أية معرفة[2]، والذي تابعه "بوانكاري" فيما بعد من خلال اهتمامه بقضايا الابستمولوجية، منها دراسة العلاقة بين الرياضيات والمنطق، وطبيعة الاستدلال الرياضي والعلاقة بين المكان الهندسي والمكان الحسي، وبحث في القيمة الموضوعية للعلم... لقد تناولها في حاضرها دون الرجوع إلى ماضيها.

تكمن مهمة التحليل المنطقي في دراسة كيف تنتقل المعرفة من حالة دنيا من الصدق إلى حالة عليا منه. أما التحليل التاريخي–النقدي فهو يدرس كيف تترجم المعرفة الواقع الموضوعي، وبالتالي علاقة الذات بالموضوع. ذلك لأن مشكل المعرفة ليس محصورًا فقط في مسألة الصدق المنطقي، ليس مُشكلاً صوريًا محضًا، بل هو أيضًا مسألة علاقة الفكر بالواقع.

إذن، فإن المنهاج التكويني في الابستمولوجيا يستلزم النظر إلى المعرفة من زاوية تطورها في الزمان، أي بوصفها عملية تطور ونمو متصلة يستعصي فيها بلوغ بدايتها الأولى أو نهايتها الأخيرة[3]. إن المبدأ الأساسي الذي تنطلق منه الابستمولوجيا التكوينية هو نفس المبدأ الذي تشترك فيه جميع الدراسات التي تتخذ موضوعًا لها: النمو العضوي، وهو لأنه لا يمكن الكشف عن طبيعة واقع حي، بمجرد دراسة مراحله الأولية وحدها، ولا بدراسة مراحله

1– محمد الوقيدي، ما هي الابستمولوجيا؟ ، ص 261–262.

2– روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 41.

3– المرجع نفسه، ص 38.

الأخيرة وحدها، بل بدراسة حركية تحوّلاته نفسها[1]. يقوم المنهج التكويني على دراسة المعارف من حيث بنائها الواقعي أو النفساني، كما يقوم على اعتبار كل معرفة مستقلة بمستوى معين عن ميكانيزم هذا البناء[2]. إن هذا المنهج (التكويني) يفيد عند اتباعه ليس في معرفة المراحل السابقة التي مر بها كل مفهوم علمي، بل يفيد فوق ذلك امكانية معرفة التحولات اللاحقة لهذا المفهوم[3].

تتميز الابستمولوجيا بالتحليل التاريخي عن تاريخ العلوم من حيث أن هذا التاريخ هو بالنسبة إليها وسيلة وليس غاية، وباعتمادها على التاريخ فإن بحثها في جوهره بحث نقدي: وهدفها هو الكشف بفضل المعارف التي تقدمها لها دراسة ماضي العلم، عن العناصر التي تظافرت على تكوينه وتكوين المثل العلمي الأعلى نفسه[4].

رابعا: خلاصة :

لقد حاول "جون ميشال صالنسكي" Jean-Michel Salanskis في كتابه «الهرمينوطيقا الصورية» L'Herméneutique formelle : l'infini, le contenu, l'espace، وصف أربعة أنماط فصلية من الابستمولوجيات في الوقت الراهن كالآتي:

1- الابستمولوجيا الارجاعية l'épistémologie restitutive أو نمط ابستمولوجيا مفاهيمية[5] «types d'épistémologie conceptuelle»، هي ابستمولوجيا خاصة فقط

---

1 - Jean Piaget, Introduction à l'épistémologie génétique, T1, Presses universitaires de France, Paris, 1973, p. 18-23.39
نقلا عن: عن محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم، ص 39

2- محمد الوقيدي، مرجع سبق ذكره، ص 262 .

3- المرجع نفسع، ص 263 .

4- روبير بلانشي، مرجع سبق ذكره، ص 43.

5 - Jean-Michel Salanskis, Conflit des épistémologies, épistémologie du conflit, in : L'épistémologie et l'histoire des sciences, collection, l'école des philosophies N° 9, Centre Régional de Documentation Pédagogique du Nord-Pas de Calais, Septembre 2005, Lille, p. 16.
نقلا عن: ميشال دوبوا، مدخل إلى علم اجتماع العلوم والمعارف العلمية، تر, سعود المولي، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، 2008، ص 40.

بفهم الخطاب العلمي وهو المطلوب. أي التي تدعي دراسة المعرفة بالمعنى أن تكون بارزة، وضوح المفهوم العلمي في الأعمال العلمية، وامكانية أي توضيح ما ناتجة بشكل طبيعي من شرط زمني مضاعف: كون هذه الابستمولوجيا تأتي فيما بعد، رغم أنها تقدم تحت وجه يبدو فيه كأنها صادرة من الخطاب العلمي الذي يفترض بأن كل شيء يُفهم أحسن عندما يضع في سياق نشأته[1]. ونظرًا لهذين السببين يقول "سالنسكي" أن الابستمولوجيا الارجاعية منجذبة لا محالة إلى قضايا منهج تاريخ العلم. التي تتناول أن أساس العلم يُبنى في مختلف التجارب الخاضعة للمفاهيم التي تعطي الخصوبة وبصفة عامة خالصة، ثم مهمة الابستمولوجيا هي اظهار الطابع العلمي للعلم بالاشارة إلى المفهوم داخل العمل، أي، دائما في النص العلمي[2].

2- الابستمولوجيا التحليلية l'épistémologie analytique أو التشيء الانثروبولوجي للعلم objectivations anthropologique de la science، مثل الإبستمولوجيا التي استخدمت من طرف الفلاسفة التحليليين. إذا لم يكن هناك تعريف تجريدياً أكثر. تكون الابستمولوجيا قدمت كنموذج تقييمي للمعرفة البشرية المبنية على المنطق الانشائي والدلالة المنطقية. إن هذا التقييم في أغلب الأحيان لا يكون اعادة تدقيق النظريات الخاصة التي أنتجها العلم، لكن تقييم الامكانية والتصديق العلمي، تقييم فلسفي من الذريعة إلى الحقيقة العلمية وعلاقتها بالمعرفة العادية للعالم بالحس المشترك. نظرًا لهذا التوجه التأسيسي والمجرد بصفة تامة للابستمولوجيا التحليلية، لم يكن بعيدًا عن قبول أن المسائل الميتافيزيقية الكلاسيكية تعود إلى الجدل السكولاسيكي، بالاستعانة بأداة منطقية مجردة[3].

1 - Marco Panza, Jean-Claude Pont, les savants et l'épistémologie vers la fin du XIX^{e} siècle ; Librairie scientifique et technique + Albert Blanchard, Paris, 1995, p. 28.

2 - Jean-Michel Salanskis, op.cit., p. 16.

3 - Marco Panza, Jean-Claude Pont, op.cit., p. 29.

3- الابستمولوجيا الاستدلالية l'épistémologie discursive أو سيرورة ابستمولوجية للفكر، وللعلم، وللأنثروبولوجيا[1]

devenir épistémologique de la pensée, de la science, de l'anthropologie، هي ابستمولوجيا داخلية للفلسفة: وهي التي تتخذ فيها طريق تحليل الخطابات الآتية من أي جهة علم من العلوم، حتى ولو جاءت من ملكة الحكم غريبة الأطوار بأن تكون أبدية لموضوع الفلسفة، والتي تؤخذ من أجل هدف كل التكوينات الاستدلالية لغرض استخراج شبكة القواعد التي تخضع لها بفعل المعرفة، مثل وسائل المعرفة والتي توصف بدخول الممارسة الابستمية في السياق العام للتصنيف. هذا الانتظام هو انتظام بعدي ناتج عن الكفاءة نفسها، ومتميز عن الانتظام القديم للبنية، الذي هو الموضوع الخاص بالابستمولوجيا الاستدلالية، التي عُرفت عند "ميشال فوكو" بحفريات المعرفة[2].

4- الابستمولوجيا الداخلية للعلم l'épistémologie interne de la science أو التشيء التقني للعلم[3] objectivation technique de la science، هي الخطاب الابستمولوجي الذي يمثل كصوت للعلم ذاته، يعني ليس الخطاب الذي يفضله العلماء، بل بشكل أدق الذي يفضله من دون سماع أن الفعل الوحيد هو أن يترك مكانته للخطاب العلمي. وهذا من عدة جوانب:

أ- كون النظريات العلمية الحديثة، خاصة النسبية والنظريات الكوانتية، تنحو إلى امتلاك مدخل préambule ابستمولوجي، المأخوذ بملاحظات الملاحِظ للإحداثيات، ولقياس الزمكان، الخ.

1 - Jean-Michel Salanskis, op.cit., p. 16.

2 - Marco Panza, Jean-Claude Pont, op.cit., p. 30.

3 - Jean-Michel Salanskis, op.cit., p. 16.

ب- كون الرياضيات استدعيت تلقائيا كعامل ابستمولوجي، إلى المحاجات أو الحكم بأن لها معنى ونطاق نظرية فيزيائية قديمة (مثلا، مبرهنة الامتداد للبناء المنطقي «الكوانتي» الذي عُرض في كتاب "أليكسيس بيرون" Alexis Piron (1776) كتوضيح حول المعنى ومشروعية النمذجة modélisation في فضاء "هيلبرت").

ج- كون تقبل أكثر فأكثر بأنه بُعد النشاط العلمي هو الذي نستطيع أن نسميه استراتيجية النمذجة، أين تبقى مرتبطة بسهولة بالأساليب والبراهين بما يمكن أن نسميه ابستمولوجيا[1].

د- في الأخير، مفهوم الابستمولوجيا المتطبعة هي ابستمولوجيا كدراسة لتأثير النفس- الجسم- فيزيولوجية في المعرفة الانسانية، لفحص أسس العلوم وهذا لا يتم خارجيًا. العلوم المدركة الحديثة تفرض نفسها بأن تكون ابستمولوجيا متطبعة المنتظرة قبل ظهورها. وهذا ما أشار إليه "أليكسيس بيرون" في كتابه، بأن الخصائص المختلفة للابستمولوجيا الداخلية للعلم تسمح لها بأن تندمج مع المعرفة المدركة، وأيضا تتداخل تقريبًا بنفس الحركة: يكون الضمير هو التعبير عن فئة النماذج الممكنة، التقييم الرياضي له، وافتراض تعليمي مرتبط بالمعرفة البشرية[2].

من المحتمل أن تكون هاته الأنماط في صراع مع بعضها البعض. توزعها يحدد المكان والسياق الممكن تسميته حالة صراع. ومنها تشكل بانوراما حول الابستمولوجيا بتشكيل بديل داخلي-خارجي. وهذه الابستمولوجيا الداخلية للعلم التي سنتناول نظرية الكوانتم كمثال لها في تتبع حركية تطور العلم الفيزيائي المعاصر وأهم قضاياه التي شغلت كثير من عقول الفيزيائيين في القرن العشرين والواحد والعشرون في الفصل الثاني.

1 - Marco Panza, Jean-Claude Pont, op.cit., p. 29.

2 - Ibild, p. 30.

الـفـصـل الـثـانــي

دراسة حالة نظرية الكونتم

المبحث الاول: نظرة تمهيدية لنظرية الكوانتم

المبحث الثاني: نظرية الكوانتم الحديثة

المبحث الثالث: اللغة الجديدة للكون الذري

مدخل

لقد طرأ على طرق التقدم في الفيزياء النظرية تغير عميق خلال القرن التاسع عشر لقد كان التقليد الكلاسيكي هو اعتبار العالم عبارة عن ارتباط لأشياء مرصودة (جسيمات، موائع، مجالات، إلخ...) تتحرك طبقًا لقوانين محددة للقوى بحيث يستطيع المرء أن يُكون صورة ذهنية في المكان والزمان للمشروع كله. أدى هذا إلى فيزياء كان هدفها عمل افتراضات عن آليات وقوى تربط هذه الأشياء الملاحظة (المشاهدة)، لحساب تصرفاتها في أبسط صورة ممكنة. في الأزمنة الحديثة ظهر بوضوح أكبر أن الطبيعة تعمل بخطة مختلفة. قوانينها الأساسية لا تحكم العالم كما يظهر في الصورة الذهنية بأي طريقة شديدة المباشرة، ولكن بدلاً من ذلك هي تتحكم في طبقة تحتية لا نستطيع أن نُكون صورة ذهنية بدون ايراد أشياء لا علاقة لها بالموضوع. تتطلب صياغة هذه القوانين استخدام رياضيات التحويلات[1]. فهذه الرياضيات أضفت عليها المزيد من الدقة دون تغيير المعنى الحدسي الأصلي لها. والآن، تلك الرؤية الواضحة الجلية حلت محلها بشكل جزئي تصورات أكثر تجريدًا بما يقارن، مثلا تصورات المجال الكهربائي أو المغناطيسي، والذي لم يعد التعبير الرياضي عنه مجرد ترجمة بسيطة لحدس، بل إنه الشكل الوحيد الممكن الواضح فعلا. وكمحصلة لهذا أصبحت قوانين هذه الفيزياء الجديدة علاقات رياضية بين كميات، بعض القوانين تصف ارتباطاتها والبعض الآخر يعبر عن ديناميكياتها، أي سبل نمائها وتطورها مع مرور الزمن. الأمور بهذا الوضع مرضية جدًا من وجهة نظر الفلسفية، كدلالة على الاعتراف المتزايد بالدور الذي يقوم به الملاحِظ بنفسه بتقديم التناسقات التي تظهر في ملاحظاته، وتقليص الاختبارية في سبل الطبيعة.

---

1 – تظهر الأشياء المهمة في العالم كلا متغيرات (أو بصورة أعم لا متغيرات تقريبًا، أو كميات لها خواص تحويل بسيطة) لهذه التحويلات. الأشياء التي نحن ملمون بها على الفور هي علاقات اللامتغيرات تقريبًا مع اطار مرجعي معين، عادة مختار بحيث يقدم ملامح مبسطة خاصة غير مهمة من وجهة نظر النظرية العامة. النمو في استخدام نظرية التحويلات، بتطبيقها أولاً على نظرية النسبية وثانيًا على ميكانيكا الكوانتم، هو جوهر الطريقة الحديثة في الفيزياء النظرية. يقع التقدم الاضافي في اتجاه جعل معادلاتنا لا متغيرة تحت تحويلات أرحب وأرحب.

ما دام عقل الفيزيائي لا يزال يحاول استنفاذ ما يمكن استنفاذه من التمثل الحدسي للمفاهيم، فإن حقبة جديدة قد أشرقت، حقبة سوف تعلو فيها الصورة الرياضية للأفكار والقوانين الفيزيائية على سائر صور الفهم الأخرى. من بداية القرن العشرون فصاعدًا سوف ترسو الفيزياء بأسرها أيضا على مبادئ صورية غالبًا ما تحُول دون أي تأويل حدسي، هذا إذا لم يتحد الفيزيائيين في الحس المشترك أو ما يعتقد فيه بحكم الحس المشترك، وسوف يكون خطأ الاعتقاد بأن الفيزياء، وهي تسارع الخطى نحو التجريد، قد فصلت نفسها تمامًا عن الواقع، لتتشبح بأردية رياضية أثقل وأثقل. الحق الصريح أن الفيزياء جنت أرباحًا وفيرة، انتشر سؤددها المعرفي انتشارًا تكاد لا تحده حدود حتى أبعد الآماد، فلم يعد ثمة سر لم تفض مغاليقه، أو حجر لم تحركه، باستثناء الحدود المتزامنة جدًا. في الآن نفسه، نجد الفهم التفصيلي للواقع العيني قد ازداد عمقًا، وتوالدت أشكال جديدة من التطبيقات التكنولوجية. الحدس لم يتم اقصاؤه تمامًا وبالأحرى أنه لا يزال يؤدي دورًا فعالاً في أن يلهمنا أفكارًا جديدة في الفيزياء. لقد هجر الأسس فقط، وهذا يكفي.

إن الحلقات الكبرى في هذه السلسلة معروفة، وهي معدودة، ومع النظرية النسبية التي اكتشفها "آينشتاين" عام 1905 بدأت المغامرة تلامس حدود الخيال، فقد المكان والزمان خاصية المطلق التي طالما نعما بها في عقل كل شخص، والتي افترضها "نيوتن" بوضوح قاطع، المسافة ومرور الوقت يعتمدان على حركة الملاحِظ الذي يقوم بقياس الزمان والمكان. وفي أعقاب هذا سرعان ما جاءت نظرية "آينشتاين" في نسبوية الجاذبية، لتتقدم بإجابة عن السؤال الجلل الذي تركه "نيوتن" من دون إجابة، قوة الجذب لا تمارس فعلها في اللحظة ذاتها، بل أن تأثيرها يتوالد تدريجيًا بسرعة الضوء. إن هذا لانتصارٌ عظيم، وهو أيضا مصدر لبلبلة كبيرة، ليس فقط في أن الزمان والمكان أصبحَا مرتبطين ارتباطًا وثيقًا بوصفهما نتيجة للحركة، بل إنهما معًا شكلاً كيانًا جديدًا، هو الزمكان espace–temps، غير متاح للحدس بالمرة، وهو علاوة على ذلك كيان منحني. والرياضيات فقط هي التي تستطيع

توصيف لهذا الشيئ الجديد. ويبدو الحس المشترك بلا حول ولا حيلة، أو بالأحرى يبدو أحمق أبله حين يواجهه هذا الكيان الجديد.

اقتنعنا بالحقيقة التي هي مفادها أن الزمان والمكان، على الرغم مما يبديانه من فتنة طاغية، لا يمكن أبدًا فهمهما فهمًا واضحًا، وبالتالي فإن أي تفكر فيهما هو نوع من الميتافيزيقا. وأيضا ما دامت التأثيرات الجديدة للجاذبية التي تتنبأ بها النظرية متناهية الصغر، فإن الفيزيائيين اعترفوا بوجود منطقة سرية غامضة تقع خارج حدود الفيزياء، بينما استبقوا رؤية واضحة للمادة، المادة التي لا نزال نراها ونلمسها، ولكننا إذ نفعل هذا، إنما نغلق عيوننا عن حقيقة مفادها أن الأسوأ لم يأت بعد، وأيضًا الأفضل لم يأت بعد. الأسوأ والأفضل هو فيزياء الكوانتم التي تبدو تارة معجزة رائعة وتارة تبدو شيطانية من أفاعيل إبليس[1]. ولكن من الأفضل ألا نفسد جدة الموضوع في التو واللحظة، إذ إن الفرصة متاحة لأن نعالج الكوانتم باستفاضة. غير أننا نستطيع الآن أن نحدد تمامًا مجالها. وكانت أولى دعاواها: تتكون كل صنوف المادة وكل أشكال الضوء أو الاشعاع من جسيمات متناهية الصغر، هي الإلكترونات والبروتونات والنيترونات والفوتونات وبضعة جسيمات أخرى. وميكانيكا الكوانتم هي التعبير عن قوانين الفيزياء الملائمة لهذه الجسيمات.

فالمفاهيم الجديدة في الفيزياء يمكن اتقانها فقط بالاعتماد الطويل على خواصها واستخداماتها. وهي على هذا نظرية كل شيء، ربما باستثناء المكان والزمان، هي جوهر الفيزياء وماهيتها، النظرية العامة التي يمكن أن نشتق منها البقية الباقية من الفيزياء، على الأقل من حيث المبدأ. هكذا نجد أن ميكانيكا الكوانتم من الناحية الفعلية هي الفيزياء بأسرها، وقد تكشفت في بضعة قوانين، ولهذا السبب يقال عنها أنها نظرية المعجزة. وسرعان ما

1 – رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم فهم العلم المعاصر وتأويله، تر. أحمد فؤاد باشا، يمنى طريف الخولي، عالم المعرفة، الكويت، عدد 350 أفريل 2008، ص 171–173.

سيتبدى لنا أنها يمكن أيضًا أن تكون شيطانية شريرة، وبالأحرى ألا نلوث سمعتها قبل أن نتعرف عليها كما ينبغي.

أولا: نظرة تمهيدية لنظرية الكوانتم

تطورت الميكانيكا التقليدية بصورة مستمرة منذ "نيوتن" وطُبقت على مدى آخذ في الاتساع من الأنظمة الديناميكية، متضمنة تفاعل المجال الكهرومغناطيسي مع المادة. وتُكون الأفكار الأساسية والقوانين الحاكمة للتطبيق مشروعًا سهلاً وأنيقًا، بحيث يميل المرء إلى التفكير في صعوبة جدية تبديلها دون اتلاف كل ملامحها الجذابة. على أية حال فقد وُجد بأنه من الممكن بناء مشروع جديد، يعرف بميكانيكا الكوانتم، أكثر مناسبة لوصف الظواهر في المدى الذري ويكون في بعض جوانبه أشد أناقة وأكثر قبولاً من المشروع التقليدي. وترجع هذه الامكانية إلى التغيرات التي يتضمنها المشروع الجديد ذات خصائص عميقة لا تتعارض مع الملامح والمشروع التقليدي التي تجعله شديد الجاذبية، ونتيجة لذلك فإن هذه الملامح يمكن تضمينها في المشروع الجديد.

لقد أوضحت النتائج التجريبية جليًا ضرورة التخلي عن الميكانيكا التقليدية (الكلاسيكية) ففي المقام الأول نجد أن القوى في الإلكترودينامكا التقليدية غير صالحة لتفسير الاستقرار الملحوظ في الذرات والجزيئات، والضروري من أجل أن تكون المواد أي خصائص فيزيائية وكيميائية بصورة مطلقة. على أن تقديم قوى افتراضية جديدة لن ينقذ الموقف، حيث توجد مبادئ عامة للميكانيكا التقليدية، تصلح لكل أنواع القوى، تؤدي إلى نتائج تتناقض مباشرة مع الملاحظات، فمثلاً، إذا كان هناك نظام ذري اختل اتزانه بصورة ما ثم ترك بمفرده، فإنه يتذبذب ومن ثم تنطبع هذه الذبذبات على المجال الكهرومغناطيسي المحيط، بحيث يمكن ملاحظة هذه الذبذبات بواسطة المطياف (سبكتروسكوب) spectroscope. والآن مهما كانت قوانين القوى التي تحكم الاتزان، فمن المتوقع احتواء الترددات المختلفة في شكل يتكون من بعض الترددات الأساسية ومضاعفتها. ولكن ليست هذه هي الحالة الملاحظة.

وبدلاً من ذلك، يلاحظ وجود ترددات جديدة وارتباط غير متوقع بين هذه الترددات، وهي ما يعرف بقانون توفيق "فالتر ريتز" Walther Ritz (1878–1909) للأطياف، ووفقا لهذا القانون فإن كل الترددات يمكن أن تمثل بفروق بين حدود معينة، وعدد هذه الحدود أقل من عدد الترددات. إلا أن هذا القانون لا يمكن فهمه طبقًا لوجهة النظر الكلاسيكية. ولو حاول المرء تخطي هذه الصعوبة دون التخلي عن الميكانيكا التقليدية بافتراض أن كل الترددات الملاحظة طيفيًا ترددات أساسية لها درجة حريتها، فإن قوانين القوى تؤدي إلى عدم حدوث مضاعفات الترددات. ومثل هذه النظرية لا تفي بالغرض، حيث إنها لا تعطي تفسيرًا لقانون التوفيق لـ "ريتز"، حيث إنها تؤدي إلى تعارض مع الدلائل العملية لقياسات الحرارات النوعية. وتُمكن الميكانيكا الإحصائية التقليدية المرء من بناء علاقة عامة بين العدد الكلي لدرجات الحرية لمجموعة من المنظومات المهتزة وحرارتها النوعية. وإذا افترض المرء أن كل الترددات الطيفية لذرة تناظر درجات حرية مختلفة، فسوف يحصل على درجة حرارة نوعية لأي مادة أعلى بكثير من القيم المقيسة. وفي الحقيقة فإن الحرارة النوعية المقيسة عند درجة حرارة ما تعطي بدقة بالنظرية التي تأخذ في الاعتبار حركة كل ذرة ككل ولا تُعير اهتماما على الاطلاق لأي حركة داخلية للذرة[1].

يرى "بول ديراك" Paul Dirac (1902–1984) أن هذا يقودنا إلى صدام جديد بين الميكانيكا التقليدية والنتائج المعملية. يوجد بالتأكيد بعض الحركات داخل أي ذرة حتى يتم حساب الطيف لها، ولكن درجات الحرية الداخلية، ليست تقليدي (كلاسيكي) غامض، لا تساهم في الحرارة النوعية. كما يوجد صدام مشابه يتعلق بطاقة تذبذب المجال الكهرومغناطيسي في الفراغ. حيث تتطلب الميكانيكا التقليدية أن تكون الحرارة النوعية المقابلة لهذه الطاقة لا نهائية، ولكن المُلاحَظ هو كونها محدودة. وهناك استنتاج عام من

1 – بول ديراك، مبادئ ميكانيكا الكم، تر. محمد أحمد العقر، عبد الشافي فهمي عبادة، كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، أبوظبي، طبعة 2010، ص 17–18.

النتائج التجريبية وهو أن الاهتزازات عالية التردد لا تساهم بنصيبها الكلاسيكي في الحرارة النوعية[1].

لقد أوضحت التجارب أن سلوك الضوء، سلوك شاذ من خلال تجسده كموجة وكجسيم، ولكن هذا دليل على انهيار الميكانيكا الكلاسيكية من خلال عدم الدقة في قوانينها التي تصف الحركة، وعدم المواءمة في مفاهيمها لكي تمدنا بوصف للأحداث في نطاق الذرات. وتظهر الحاجة إلى ضرورة الابتعاد عن الأفكار التقليدية عند تفسير التركيب النهائي للمادة، ليس فقط من الحقائق الثابتة تجريبيًا، ولكن أيضًا من أسس فلسفية عامة. في التفسير التقليدي لتركيب المادة يمكن افتراض تكونها من عدد كبير من أجزاء صغيرة، ويفترض المرء قوانين لتصرف هذه الأجزاء ومنها يمكن استنتاج قوانين المادة ككل. ولكن هذا يترك التفسير منقوصًا، حيث إن تركيب وثبات هذه الأجزاء المكونة قد تُرك دون أن يُمس. ولمعالجة هذا السؤال، يصبح من الضروري افتراض أن كل جزء من المكونات يتكون من أجزاء أصغر يمكن من خلالها تفسير سلوكها. ومن الواضح استمرار هذا الأسلوب بلا نهاية، وبذلك لا يصل المرء إلى التركيب النهائي للمادة عبر هذا الطريق. حيث أن «كبير» و «صغير» هو مفهوم نسبي، فلا يمكن تفسير الكبير من خلال الصغير. ولذا فإنه من الضروري تعديل الأفكار التقليدية بطريقة تؤدي إلى اعطاء قيمة مطلقة لمفهوم الحجم.

يصبح من المهم عند هذه المرحلة أن نتذكر أن العلم يتعلق فقط بالأشياء الملاحظة وأنه يمكننا ملاحظة شيء ما عن طريق تفاعله مع بعض التأثيرات الخارجية. وعملية الملاحظة تكون مصحوبة بالضرورة ببعض الاضطرابات للشيء الملاحَظ. ويمكن تعريف أن شيئًا كبيرًا، إذا كان الاضطراب المصاحب لملاحظتنا مهملاً، ويكون الشيء صغيرًا عندما يكون الاضطراب أكبر من أن يهمل. وهذا التعريف متوافق كثيرًا مع المعنى العام لكبير وصغير.

1 – المرجع نفسه، ص 18.

عادة يفترض أنه بشيء من الحرص، ومع الدقة، يمكن تحديد مدى الاضطرابات المصاحبة للملاحظات لأي دقة نبتغيها، وعليه فإن مفهوم الكبر والصغر يكون نسبيًا تمامًا يعود إلى لطف وسائل قياسنا إلى جانب الشيء المراد وصفه. ولإعطاء معنى مطلق للحجم، وكما تتطلب أي نظرية للتركيب النهائي للمادة، يجب افتراض أن «هناك نهاية لحدود دقة قدرات الملاحظة وصغر الاضطرابات المصاحبة. هذه النهاية ملازمة لطبيعة الأشياء ولا يمكن تخطيها باستخدام تقنيات متطورة أو مهارات متزايدة من جانب الملاحِظ». وفي حالة كون الاضطرابات التي لا يمكن تحاشيها مهملة بالنسبة للجسم قيد الملاحظة فإن الجسم يكون كبيرًا بالمعنى المطلق ويمكن تطبيق الميكانيكا الكلاسيكية عليه. ومن ناحية أخرى، إذا كانت هذه الاضطرابات لا يمكن اهمالها فإن الشيء يعتبر صغيرًا في المفهوم المطلق وتحتاج نظرية جديدة لمعالجته[1].

تبعا للمناقشة السالفة يجب علينا اعادة النظر في أفكارنا حول السببية. ونستخدم السببية فقط في حالة الأنظمة المتروكة دون اضطراب. وإذا كانت المنظومة صغيرة فلا يمكن ملاحظتها بدون توليد اضطراب جدي، ومن ثم لا يمكن أن نتوقع لأي علاقة سببية بين نتائج ملاحظاتنا، وسنظل نعتبر أن السببية مطبقة بالنسبة للمنظومات غير المضطربة، وستكون المعادلات التي ستكتب لوصف منظومة غير مضطربة هي معادلات تفاضلية تُعبر عن العلاقة السببية بين الظروف في لحظة ما والظروف في لحظة تالية، ستكون هذه المعادلات قريبة التناظر جدًا من معادلات الميكانيكا الكلاسيكية، ولكنها ستكون مرتبطة فقط بطريقة غير مباشرة مع نتائج الملاحظات. وهناك عدم تحديد لا يمكن تفاديه في حساب نتائج الملاحظة، وتمكننا النظرية فقط، وعلى وجه العموم من حساب احتمال حصولنا على نتيجة خاصة عند اجراء ملاحظة (قياس)[2].

1 – المرجع نفسه، ص 19.

2 – المرجع نفسه، ص 20.

1- مفاهيم أولية في نظرية الكوانتم

أ- الذرات: تتركب الجزيئات من ذرات، وقد تكون هذه الذرات متشابهة أو غير متشابهة، فجزيئات العناصر تحتوي ذرات متشبهة، وجزيئات المركبات تحتوي ذرات عناصر مختلفة بأعداد مختلفة وواضح أن الذرة وحدة أصغر من الجزيء، وإذا تفتت جزيء المركب الكيميائي إلى ذراته، أفقد صفة المادة المكون لها. فإذا تفتت جزيء الماء مثلا إلى ذرتي هيدروجين وذرة أوكسجين، اختفت صفات الماء كلية، وأصبحنا أمام ذرات غازين مختلفين عنه، هما الأوكسجين والهيدروجين، وهنا نجد أنفسنا أمام عدة أسئلة محيرة تحتاج إلى الاجابة عليها، ما هي الذرات وهل هي وحدات غير قابلة للتفتت؟ وما الذي يجعلها تتحد لتكون جزيئات وذلك التنوع العظيم من المادة؟ وما الفرق بين ذرة وأخرى؟ وغير ذلك من الأسئلة العديدة[1].

ب- الذرة والكهرباء: بدأت قصة التعرف على خصائص الذرة الطبيعية وتركيبها عام 1800، حيث استخدمت البطارية الكهربائية التي كانت اخترعت في ذلك الوقت، لتحليل الماء إلى مكوناته الهيدروجين والأوكسجين وتبع ذلك "همفري دافي" Humphry Davy (1778-1829) فحلل الأملاح إلى شقيها المعدني واللامعدني في عام 1807 وتُبين لنا هذه التجارب أن القوة التي تجمع بين الذرات في الجزيء قوى كهربائية، إذ أمكن التغلب عليها وتفتت الجزيء بفعل المجال الكهربائي، أضف إلى ذلك أن "ميكائيل فاراداي" Michael Faraday (1791-1867) أثبت أن كتلة المواد الناتجة باستخدام شدة التيار نفسها في أزمنة متساوية تتناسب مع الأوزان التي تتحد بها هذه المواد في جزيئات المحاليل، أي أن نسبة الهيدروجين إلى الأوكسجين الناتجين من تحليل الماء يساوي $\frac{1}{8}$ وزنًا كما اتضح لـ "فارادي" أن الذرات تحمل شحنات كهربائية[2].

---

1 - عبد الفتاح مصطفى غنيمة، فلسفة العلوم الطبيعية، ص 70.

2 - المرجع نفسه، ص 70-71.

ج- الالكترون: أدت التجارب التي أجريت على مرور الكهرباء في محاليل الأملاح إلى نتيجة الهامة سالفة الذكر وهي ذرية الكهرباء. وأضافت دراسة مرور الكهرباء في الغازات المخلخلة تفصيلات أدق إلى هذه النتيجة إذ أمكن عن طريقها التعرف على وحدة الكهرباء، وعلى أن هذه الوحدة داخلة في تركيب الذرات، وأشهر الأمثلة لمرور الكهرباء في الغازات هي أنابيب الاعلانات التي تزين الشوارع في المدن بأضوائها المختلفة الألوان والمعروف باسم (أنابيب النيون) إذ تحتوي هذه الأنابيب غازات مختلفة، تحت ضغط منخفض ويثبت في طريقها قطبان معدنيان، ويتوصل هذين القطبين بمصدر كهربائي عالي الجهد تتأين ذرات الغاز، أي تنفصل عنها شحنة كهربائية سالبة، وتصبح الذرة موجبة الشحنة وتسمى في هذه الحالة أيُونًا موجبًا، ويسري تيار من الذرات المتأينة بين القطبين، وينتج عن التأيُن أضواء مختلفة تميز ألوانها الغازات التي تحتويها الأنابيب: وتسمى هذه الظاهرة التفريغ الكهربائي في الغازات [1] .

وقد صمم "جوساف جون طومسون" Joseph John Thomson (1856-1940) الانجليزي تجربة تعتمد على الموازنة بين الخواص الكهربائية والمغناطيسية للجسيمات المشحونة المتحركة، ومن الممكن تغيير مسار هذه الجسيمات باستخدام المجال المغناطيسي أو المجال الكهربائي، وقد صمم جهار "طومسون" بحيث يلغي أحد هذين المجالين تأثير الآخر ليمر شعاع أشعة الكاثود (المهبط) في خط مستقيم من لوح الفلز المشحون سالبًا (أو الكاثود) إلى شاشة استكشاف. ولا تصلح هذه الطريقة إلا مع الجسيمات المشحونة كهربيا، وهكذا توصل "طومسون" إلى أن أشعة الكاثود هي في الحقيقة جسيمات مشحونة شحنة

1 - المرجع نفسه، ص 71.

سالبة (تسمى الالكترونات الآن)[1]، وهذا ما أدى إلى الفهم الحديث للفيزياء في القرن العشرين[2].

قاس "طومسون" النسبة بين شحنة الأيونات وكتلتها في التفريغ الكهربائي في الغازات المختلفة ولاحظ وجود أيونات كثيرة موجبة الشحنة وسالبتها، ووجد أن نتائجه تتفق مع النتائج السابق الحصول عليها من تجارب التحليل الكهربائي. ولكن الأهم من ذلك أنه وجد جسيمات تحمل الشحنة نفسها، وتبلغ $\frac{1}{1845}$ تقريبًا من ذرة الهيدروجين أخف الذرات. أطلق على هذه الجسيمات اسم الإلكترونات Electrons وواضح أن هذه الالكترونات كانت داخل الذرات. ثم أُخرجت منها بفعل التفريغ الكهربائي. إذ أن الغاز كان متعادلاً قبل امرار الكهرباء فيه، وهكذا ظهر أول دليل على أن الذرة ليست كائنًا بسيطاً ولكنها مركبة. وأول ما عُرف من مكوناتها الالكترون سالب الشحنة، وهو جسيم خفيف جدًا بالنسبة للكتلة الكلية للذرة، فتبلغ كتلته $\frac{1}{1845}$ من ذرة الهيدروجين[3].

مما أكد هذا الاتجاه في التفكير تطابق جميع الالكترونات بصرف النظر عن الذرات المنزوعة منها، أو الطريقة التي نزعت بها فيمكن الحصول على حزمة من الالكترونات بتسخين المعادن لدرجة التوهج أو تسمى هذه الظاهرة «الانبعاث الحراري» Emission Thermique وهي الأساس في الصمامات الالكترونية المستخدمة في أجهزة استقبال الراديو والتلفزيون. وهي التي ترسم الصورة على شاشة التلفزيون.

لما كانت الذرة متعادلة أصلاً ، فأول ما يتجه إليه التفكير هو أيهما تحتوي شحنات موجبة لتتعادل مع شحنات الالكترونات السالبة، ويجب أن تكون كتلة الذرة مركزه في الجزء

---

1 – ليست الشاشة التي تشاهد عليها صور التلفزيون إلا جزءا من مثل هذه الأنبوبة، وتسمى أنبوبة أشعة الكاثود، وأشعة الكاثود التي تشكل صور التلفزيون إلا الكترونات تسمح الشاشة بواسطتها مغناطيسية متغيرة تماما مثل تلك التي درسها طومسون.

2 – جون جربين، البحث عن قطة شرودنجر، تر.فتح الله الشيخ، أحمد عبد الله السماحي،كلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، القاهرة، 2009، ص 38–39.

3 – عبد الفتاح مصطفى غنيمة، مرجع سبق ذكره، ص 71.

الموجب منها إذا ظهر أن الالكترونات خفيفة جدًا ولا يمكن أن تسهم إلا بجزء ضئيل جدًا في كتلة الذرة. ولقد تصور "طومسون" الذرة ككرة من المادة الموجبة الشحنة ومرصعة بالالكترونات، ولكن هذه الصورة لم تكن ذات فائدة في تفسير الظواهر المختلفة التي تبديها الذرات وخاصة انبعاث الأضواء ذات الألوان المختلفة عندما تستثار هذه الذرات في حالة التفريغ الكهربائي خلال الغازات.

وظلت الذرة محتفظة بسر تركيبها إلى أن أجرى اثنان من مساعدي "رذرفورد" Rutherford هما "مارسدن" و "جيجير" Mersden & Geiger تجربة رائدة في عام 1910، تعتبر بحق الشرارة الأولى لثورة التفكير الفيزيائي في القرن العشرين، كما تعتبر اللبنة الأولى في أساس ذلك الفرع الجديد من الفيزياء المعروفة بالفيزياء النووية[1]. والتي سنعرضها فيما بعد.

د- البروتون: Proton بعد الجهود التي بذلها طومسون وكان لها آثارها في المجال الذري جاءت دراسة العالم الانجليزي "رذرفورد" بصحبة "مارسدن" و "جيجر" فاستكشفوا ما يسمى بالبروتون في نواة الذرة، وبعد أن استكشف العالم الفرنسي "هنري بكريل" و "ماري كوري" Henri Becquerel & Marie Curie الاشعاعات الذرية، بدأ "رذرفورد" تجاربه على أشعة "ألفا" المنبعثة من المواد المشعة، ومن تشتت تلك الأشعة عند حواجز رقيقة جدًا من المعادن أمكنه استنتاج: أن للذرات التي اعترضت مسار أشعة ألفا نوى يحمل شحنات موجبة التكهرب[2].

هـ- النشاط الاشعاعي الطبيعي: ومن أهم اكتشافات القرن التاسع عشر هي اكتشاف "فيلهالم رونتجن" Wilhelm Röntgen (1845-1923) لأشعة السينية rayons x التي مهدت السبيل للتعرف على ظاهرة النشاط الاشعاعي، والتي تعرف بأنها عملية التحول التلقائي للأنوية غير الثابتة أو النشطة أو المشعة- لعنصر ما إلى أنوية ذرة عنصر آخر

1 - المرجع نفسه ، ص 72.

2 - المرجع نفسه، ص 73.

عن طريق انبعاث نوع معين من الاشعاع[1]. وذلك من جراء اصطدام هذه الاشعة – الالكترونات– بجسم مادي فإن الصدمة ينتج عنها أشعة ثائرة، وهذه الأشعة غير مرئية إلا أنه يمكن الكشف عنها بواسطة تأثيرها في الألواح الفتوغرافية أو الأفلام أو تأثيرها في قطعة من جهاز الشاشة الفلورسنتية، التي تصدر شرارًا من الضوء عندما تصطدم بها الأشعة. وقد حدث أن "رونتجن" كان لديه شاشة فلورسنتية موضوعة على طاولة بجوار تجربته بأشعة الكاثود، وسرعان ما لاحظ أن هذه الشاشة تتوهج كلما حدث تفريغ خلال أنبوبة أشعة الكاثود في التجربة، وقد أدى به ذلك إلى اكتشاف الأشعة الثانوية التي أطلق عليها «x» لأن x ترمز عادة إلى كمية مجهولة في المعادلات الرياضية، وسرعان ما تبين أشعة x تسلك مثل الموجات[2] (نحن نعرف الآن أنها نوع من الأشعة الكهرومغناطيسية، تشبه إلى حد بعيد موجات الضوء لكنها أطوالها أقصر كثيرًا منه).

أحدث هذا الاكتشاف ثورة في المجتمع العلمي، وقد حاول باحثون آخرون اكتشاف طرق أخرى لإنتاج أشعة x أو أنواع أخرى من الأشعة، وكان أول من نجح في ذلك هو "هنري بكريل" في باريس، من خلال تجاربه أن هناك أشعة نفاذة غير متطورة تشبه الأشعة السينية تنبعث من معدن اليورانيوم Uranium، هذه الظاهرة الجديدة سميت النشاط الاشعاعي. تبين أن الخواص الاشعاعية لليورانيوم وغيره من المواد ترجع إلى التغيرات السريعة داخل تركيب الذرة، وكل المحاولات التي بذلت لإيقاف تلك التغيرات بالطرق الطبيعية المعروفة كتأثير الحرارة والبرودة والتفاعلات الكيميائية لم تنجح، ولم تحُد من قوة نشاطها الاشعاعي، وكما نعرف لا يتعدى تأثير تلك المحاولات سحب الالكترونات الخارجية التي تحيط بالنواة، ولذلك استنتج على الفور– أن النشاط الاشعاعي لابد وأنه تغيرات سريعة عالية في السرعة في مركز الذرة وتستمر هكذا حتى تنتهي المادة المشعة، وتتحول إلى أخرى خاملة. وعلى ضوء هذه الحقائق تابعت "ماري" و "بيير كوري" بحوثهما جريًا وراء

1 – المرجع نفسه، ص 74.

2 – جون جربين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 42.

استكشاف مواد مشعة جديدة. ولا يقل ما قام به "آل كوري" أهمية عن اكتشاف أي جزء من مكونات الذرة، فقد ابتدأ "بيار كوري" بخمسة أطنان من خامة «البتشبلند Betchblende» وهي من المواد الخام الغنية بالراديوم Radium والبولونيوم Polonium، وحصل على كمية ضئيلة من مادة الراديوم الباحثين عنها، وهي أقوى العناصر المعروفة بشدة النشاط الاشعاعي[1].

تنشأ الاشعاعات الذرية من اضطرابات نواة ذرة المادة المشعة فتبعث من النواة ثلاثة أنواع من الأشعة ، وهي:

1- **أشعة ألفا α rayon Alfa**: هي عبارة عن جسيمات تحتوي كل منها على بروتونين ونيوترونين وتحمل شحنة كهربائية موجبة قدرها ضعف شحنة البروتون الموجبة، وبانبعاثها من النواة تتحول النواة إلى نواة ذرة أخرى أقل منها في العدد الذري[2]، وكتلتها أربعة أضعاف كتلة ذرة الهيدروجين تقريبًا[3].

2- **أشعة بيتا β rayon Beta**: وهي عبارة عن إلكترونات تكونت بالنواة نتيجة لتحلل النيوترون إلى بروتون وإلكترون، فيبقى البروتون بالنواة ويحولها إلى نواة ذرة أخرى أكبر منها في العدد الذري ويتطاير الإلكترون ويسمى أشعة بيتا، ولذلك فهي سالبة الشحنة ولا تختلف عن أشعة المهبط rayon de Cathode سوى أنها ذات طاقة عالية[4].

3- أشعة جاما γ rayon Gama: وهي أشعة كهرومغناطيسية كالضوء والأشعة السينية وتصاحب أشعة ألفا أو بيتا إذا لم يتحقق للنواة الاستقرار. طول موجتها أقصر من طول

---

1 - عبد الفتاح مصطفى غنيمةمرجع سبق ذكره، ص 74-75.

2 - المرجع نفسه، ص 75.

3 - جون جربين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 44.

4 - عبد الفتاح مصطفى غنيمةمرجع سبق ذكره، ص 75.

موجة الضوء العادي لا تؤثر في الألواح الحساسة ولا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية[1].

و- التفتت الاشعاعي: في سنة 1902 عزز "رذرفورد" النظرية القائلة بأن النشاط الاشعاعي يتسبب عن تحطيم الذرات، وكان ذلك نتيجة بحوث أُجريت على طبيعة الاشعاع المنبعث من المواد المشعة ففي حالة الراديوم، وجد أن جسيمات ألفا تنبعث منه، وهذه الجسيمات مشابهة تماما لنواة ذرة الهليوم، إذ تتحطم ذرات الراديوم واحدة تلوى الأخرى مشعة من داخلها جسيمات ألفا، وكذلك ينبعث جزء من طاقة الراديوم المشع على هيئة أشعة جاما التي قلنا أنها أشعة كهرومغناطيسية كالضوء ولكنها أقوى منه بكثير، وذرات الراديوم المتحطمة لا تحتفظ بخاصية عنصر الراديوم بل تتحول إلى مادة أخرى جديدة هي غاز الرادون. وقد بدأ التحول غريبًا، فعندما تنفصل نواة الهليوم التي تتكون من بروتونين ونيوترونين من ذرة الراديوم تفقد الأخيرة شحنتين موجبتين فيترتب على هذا أن تفقد الكترونين، لتحتفظ بتعادلها الكهربائي. ولما كان العدد الذري للراديوم 88 فإن الذرة الجديدة تكون ذات عدد ذري 86 أي يحيط بها 86 إلكترونا وبالرجوع إلى جدول العناصر لـ"مندليف" نجد أن الذرة الجديدة ذرة "غاز الردون Gaz Radon"[2].

ي- التركيب الذري للمادة ونموذج رذرفورد: في عام 1911 قام "رذرفورد" بتجاربه، بحيث تنتج جسيمات ألفا عن طريق تحلل الراديوم بمروره من خلال شريحة معدنية رقيقة، لوحظت الجسيمات تنفصل بخفة عن مسارها المبدئي، ومادامت جسيمات ألفا مشحونة، فربما يعود التأثير إلى قوى كهربائية، على أن الالكترونات في الذرات أخف كثيرًا من أن تفسر الانحرافات[3]. وفقًا لهذه الفكرة، فإن القسم الأعظم من كتلة الذرة يتركز في نواة موجبة الشحنة، صغيرة بدرجة عظيمة إذا قورنت بمقاييس الذرة كلها. حول النواة يتحرك عدد من

---

1 - المرجع نفسه، ص 76.

2 - المرجع نفسه، ص 76.

3 - رولان أومنيس، مرجع سبق ذكره، ص 186.

إلالكترونات الخفيفة سالبة الشحنة. وبهذه الطريقة اتخذت مشكلة بنية الذرة شبهًا كبيرًا بمشاكل الميكانيكا السماوية، وسرعان ما أظهرت الاعتبارات القريبة، مع ذلك، وجود اختلاف أساسي بين الذرة ومنظومة الكواكب. ولابد أن تملك الذرة استقرارًا وثباتًا مما يقدم سمات غريبة تمامًا على نظرية الميكانيكا، وهكذا تسمح قوانين الميكانيكا بالتعبير المستمر للحركات الممكنة، التي يتغير تبعًا للتحديد النهائي لخواص العناصر. ويظهر الفرق بين الذرة والنموذج الكهربي الديناميكي كذلك عندما نأخذ في اعتبارنا تركيب الاشعاع المنبعث[1].

إن الشبه بين المجموعة الشمسية والذرة ليس كاملا، فإلكترونات المجموعة الذرية تحمل شحنات كهربائية ولقد بين "ماكسويل" أن الشحنات الكهربائية المتحركة بسرعة تشع موجات كهرومغناطيسية، وهذه الموجات تحمل طاقة، وطبقًا لقانون حفظ الطاقة، يجب أن يسبب اشعاع الموجات الكهرومغناطيسية نقصًا في طاقة الحركة للإلكترون، ولما كان اتساع المدار يتوقف على طاقة الحركة للكوكب، فيزداد بازديادها، ويقل بانخفاضها، فإننا نتوقع أن يكون مدار الإلكترون في الذرة مختلفًا عن مدار الكوكب حول الشمس. فهذا الأخير ثابت ما لم يصطدم الكوكب بجرم سماوي يزيحه من مساره، أما المدار الإلكتروني فيجب أن يتناقص تدريجيا[2]، نتيجة للإشعاع الصادر عن الإلكترون المتحرك، ويكون هذا المدار أشبه بحلزون ينتهي في نهاية الأمر إلى النواة. طبقا لهذه الصورة نتوقع أن تبعث الذرة بموجات كهرومغناطيسية بجميع الترددات الممكنة، وألا تختلف اشعاعات ذرة عن أخرى. وأن لكل ذرة اشعاعاتها (أضواءها) ذات ترددات المميزة لها، وعلى ذلك فهذه الصورة لا تمثل الواقع اطلاقًا إذ أنها لا تحدد ترددات معينة لكل ذرة كما أنها تحتم انبعاث الضوء (الموجات الكهرومغناطيسية من الذرات طالما كان هناك إلكترونات تدور حولها)، وهذا لا نراه في

---

1 – نيلس بور، النظرية الذرية ووصف الطبيعة، تر. أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، القاهرة، 2009، ص 35–36.

2 – ينطبق نموذج "رذرفورد" على حركة الإلكترون، فإن مداره يصغر تدريجيًا حتى يلتصق بالنواة وتتلاشى الشحنة الكهربائية في الذرة وهذا خلاف الواقع، ولا يمكن تفسير الحالة التي توجد عليها الذرة إلا بفرض أنه يمكن للإلكترون أن يدور في مدار معين دون أن يفقد جزءا من طاقته.

الواقع فلا ينبعث الضوء من المادة غازية كانت أو صلبة إلا عندما تزود بالطاقة، بأن تسخن إلى درجة حرارة عالية، أو يمرر فيها تفريغ كهربائي décharge Gaz. يؤدي هذا النموذج إلى انهيار الذرة في نهاية الأمر، إذ يدور الإلكترون في مساره الحلزوني وينتهي به المطاف إلى النواة فيسقط فيها وبذلك تنهار الذرة ولا سبيل إلى ارجاعها إلى ما كانت عليه.

كان هذا هو الموقف حتى عام 1913، حقيقة أن الفيزيائيين توصلوا إلى نموذج ذري –وبأخص "رذرفورد"– مقبول شكلاً، ولكن ما الذي يجعل الذرة مستقرة لا تبعث بإشعاعاتها طالما كانت بعيدة عن الاستثارة (تزويدها بالطاقة) وما الذي يجعلها تبعث بالترددات نفسها كلما استثيرت مهما تكن الطريقة التي تستثار بها؟ وما الذي يحفظ للذرة كيانها ويرشد الإلكترونات إلى مداراتها السابقة بعد كل عملية تدخل فيها الذرة؟ فذرة الهيدروجين تحتفظ بكيانها بعد خروجها من جزيء الماء، أي لا يؤثر اتحادها مع الأوكسجين أو التحلل منه على شكلها وسلوكها، وكذلك إذا استثيرت لتبعث بضوئها المميز فإنها تعود بعد ذلك إلى ما كانت عليها وهذا مخالف للحركة المدارية، فإذا أزيح الكوكب عن مداره إلى مدار آخر ظل في هذا المدار الجديد إلى أن يتعرض لواقعة جديدة تغير مداره إلى مدار آخر مختلف عن مداريه السابقين. لابد إذن من البحث عن نموذج جديد يفسر الحقائق الملاحظة ويجيب عن هذه الأسئلة[1].

إن الباحث في طبيعة المادة وتركيب الذرة يحاول التماس الأدلة في كل النتائج التي يتوصل غيره من العلماء في كل مكان، وكلما تجمع لديه عدد من الأدلة المقرونة بالنتائج خلا إلى نفسه ليضع الواحد منها إلى جانب الآخر محاولاً أن يستشف منها نظرية تؤدي إلى الحقيقة كاملة، وفي أغلب الأحيان لا يصل إلى تلك الحقيقة من أول مرة، بل يظهر له عدد من الاحتمالات فيسعى ثانية إلى جمع الأدلة التي ترجح أحد الاحتمالات، ويظل يفكر في النظرية المعقولة، ويضع الخطط للحصول على الأدلة القاطعة إلى أن يصل في النهاية إلى الحقيقة كاملة أو شبه كاملة. ما لم تكن هناك قوى خفية تعمل على تضليله بمهارة وحذق.

1 – عبد الفتاح مصطفى غنيمة، مرجع سبق ذكره، ص 79–81.

وينطبق ذلك تمام على رجال العلم في بحثهم لمعرفة سر تركيب المادة. فيجمعوا الأدلة الواحد تلو الآخر، وتبين لهم أن الذرة تركيب معقد لا بسيط، يحتوي الإلكترونات وجزءًا ثقيلاً موجب الشحنة. ثم جاءهم الدليل على أن هذا الجزء الثقيل يكون مركز الذرة وتحيط به الإلكترونات فعكفوا على وضع نظرية لتركيب الذرة وأقاموا أسسها على معلوماتهم السابقة، فلاحت لهم فكرة المجموعة الشمسية الذرية. ولكن ظهرت أمامهم صعوبات جديدة، إذ أن طبيعة الإلكترونات كما عرفوها تجعلها تشع أثناء دورانها، فتضيق مداراتها وينهار التركيب الذي تصوروه.

نجدهم مرة أخرى ينطلقون في بحثهم عن أدلة أخرى تمكنهم بالتوفيق بين الصورة التي تخيلوها والحقائق المعروفة. فطبقا للميكانيكا الكلاسيكية التي أصبحت في ذلك الوقت أساس جميع الحركات المعروفة يجب أن تسير الإلكترونات في مدارات حول النواة، فهل يوجد شيء ما لا يعرفه يمنع صدور الاشعاع عن الإلكترون المتحرك ويجعل هذا الإلكترون يسير في مدار ثابت؟[1]

أصبح نموذج "رذرفورد" هو 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 تمامًا ومضادة من شحنة سالبة في سحابة الإلكترونات التي تحيط بالنواة، وهنا تصنع النواة والإلكترونات معًا ذرة متعادلة كهربيًا. وقد بينت التجارب فيما بعد أن حجم النواة[2] يبلغ جزءًا من مائة ألف جزء من حجم الذرة. فقطر نواة عادة نحو 10^{-13} سم داخل سحابة إلكترونية قطرها عادة 10^{-8} سم، ولتصور هذه الأرقام تخيل رأس دبوس بقطر ربما يصل إلى مليمتر واحد وموجود في منتصف (مركز) كاتدرائية "سان بول" بلندن ومحاط بسحابة من دقائق الغبار الميكروسكوبية تملأ قبة الكاتدرائية التي تمتد

1 – المرجع نفسه، ص 81.

2 – المقصود قطر النواة أصغر مائة ألف مرة من الذرة ويكون حجم النواة بذلك أصغر 10^{15} مرة أي ألف تريليون مرة من حجم الذرة.

مسافة 100م من رأس الدبوس، يمثل رأس الدبوس نواة الذرة، وتمثل دقائق الغبار الحاشية من الإلكترونات. ويدل ذلك على كم الفراغ الموجود في الذرة، وقد صنعت من هذا الفراغ كل الأجسام التي تبدو لنا صلبة والتي يتماسك بعضها مع بعض بواسطة الشحنات الكهربية[1].

أدى مقدرًا لنموذج "رذرفورد" للذرة إلى نقل الفيزياء كما حدث بالفعل إلى سؤال بادي الوضوح: بما أن الشحنات المختلفة تتجاذب فيما بينها بنفس شدة تنافر الشحنات، فلماذا إذن لا تسقط الإلكترونات السالبة على النواة الموجبة؟ وقد جاءت الإجابة من تحليل الطريقة التي تتداخل بها الذرات مع الضوء، بشيرًا بالعصر الآتي لنموذج نظرية الكوانتم الأول[2].

2- نظرية بلانك للكوانتم

اقترح "ماكس بلانك" Max Planck (1858-1947) أن جهاز رنان le résonateur مكنه من احداث فعل أحادي الجانب، إذن قطعي في الطاقة المحيطة به، لكن ما جلب انتباهي هو تناقض الطاقوي لـ "بولتزمان"[3]. بالتجارب الصحيحة التي أدت إلى هذا النوع من التساؤل، الذي أدى إلى توضيح بأن كل انطلاقًا من القوانين الحركية الكلاسيكية، الذي أدى إلى توضيح أن كل الظواهر التي رآها يمكن أن تكون لها مكان في اتجاه واحد كما هو في الاتجاه الآخر، يعني كموجة دائرية بعثها المرنان مكنه عكس ذلك إلى العودة إلى نفس المرنان على شكل واجهة كروية الذي يقلص شيئًا فشيئًا إلى غاية امتصاصه كليًا. يمكن للمرنان أن يبعث الطاقة التي امتصها في الفضاء طبقًا للاتجاه الذي جاءت منه الطاقة[4]. إذا أمكن "بلانك" القول في فرضيته للإشعاع، ما حدث أيضا انفرادي

---

1 - جون جربين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 46-47.

2 - المرجع نفسه، ص 47.

3 - Ludwig Boltzmann, Sitzungsberichte der Preussische Akadimie der Wissenschaten, der 5 März 1898, Berlin, p. 182.

4 - Max Planck, Initiations à la physique, traduit de l'allemand par J. du Plessi de Grenédan, nouvelle édition, revenue et augmentée, Flammarion, Paris, 1993, pp. 71-72.

كما هو بالنسبة للموجة بالمعنى الموحد، نقدم شرطاً خاصًا، لم يبقى صراحة أن كل التحليلات توضح بشكل بديهي غياب مخرج أساسي للوصول إلى حل نهائي للمسألة[1].

كان من الصعب الكشف عن معنى ثاني ثابت الكوانتي لقانون الاشعاع الأسود لحسابي الأول الذي أعطى لـ قيمة $6,55x10^{-27}$erg/s في الثانية، والذي حدده باسم فعل الكوانتم الأساسي، لأنه كان ناتج عن طاقة في الزمن. هذا من جهة، بالفعل، هذا الثابت ضروري بشكل مطلق للحصول على قيمة حقيقية لأنثروبيا l'entropie، كما يعود الفضل الوحيد إلى استطاعة تحديد الفترات المطلوبة لحساب الاحتمالات، ومن جهة ثانية، إنها مستحيلة على الاطلاق، الدخول بالقوة في اطار النظرية الكلاسيكية لما أحدثت[2].

قذف الإلكترون بومضة ضوئية عادية بأشعة Röntgen أو أشعة y على المادة هي ظاهرة معكوسة لانبعاث كوانتم الضوء عن طريق ارتطام الإلكترون، كوانتم الطاقة المحددة بكوانتم الفعل وإحداثيات الاهتزاز يمكنها في هذه الحالة أن تلعب دور مميز. الشيء الملاحَظ هو أن سرعة الإلكترونات لا تعتمد على الاطلاق على كثافة الاشعاعات الحادثة[3]، لكن فقط لون الضوء[4] يسمح لـ يرتاب soupçonner منذ مدة، لكن ما هو ملاحَظ أكثر هو أن قوانين الفوتوكوانتية وجدت محققة نقطة بنقطة كما أنجزت في مقاييس الفيزيائي الأمريكي "روبار أندوز ميليكان" Robert Andrews Millikan (1868-1953)، حول سرعة الإلكترون المقذوف وأيضا اكتشافات الفيزيائي الألماني "إميل فاربورج"

1 - Ibild, p. 72.

2 - Ibild, p. 77.

3 - Philippe Lenard, Über die Lichtelektrische Wirkung, in: Annalen der Physik, vol,8, Leipzig, 1902, p. 149.

4 - E. Ladenburg : Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, vol.9, Hamburg, 1907, p. 504.

Emil Warburg (1846–1931) حول أهمية كوانتم الضوء المقدم من طرف "آينشتاين" في الفتيلة –ردود فعل الفوتوكيميائية[1].

المقدمة الكوانتية للفعل في الفيزياء لا يجب أن تكون صحيحة، تأخذ فقط أن تكون نظرية كوانتية واقعية[2].

سؤال من بين التوضيحات التي جئنا بها في نظري، لكثير من النظريات هو: كيف تصبح طاقة الكوانتم عندما ينتهي الانبعاث؟ هل تتوزع الطاقة فيما بعد في كل الاتجاهات بمعنى النظرية الموجية لـ "هويجينز" لها حجم أكثر كثافة؟ أو هل الانبعاث في اتجاه واحد كما أرادته نظرية "نيوتن" للانبثاق l'émanation؟

في الحالة الأولى، مستحيل لكم كوانتم أنه في حالة تركيز طاقته في مكان صغير جدًا من أجل اقتلاع إلكترون عن ذرة التي ينتمي إليها. هي الحالة الثانية، يجب التكريس على أن أكثر اسهام لانتصار نظرية "ماكسويل": الاستمرارية بين حقل ساكن وحقل متحرك، هي التي تسمح بتوضيح ظاهرة التداخل حتى في أبسط التفاصيل.

لكن في هذا السؤال كما هو في كل الأسئلة الأخرى، ليس الشك في أن العلم ينتهي بإيجاد الحل وأن يُجعل معضلة كبيرة عندما يحين الوقت. لا يرضي الفيزيائيين اليوم بما لوحظ كسنفونية بشكل خاص مفرح للكل لأنهم سيعرفون وجهة نظر بارزة للظفر بها. بانتظار الوصول إلى الهدف، مشكل كم الفعل لا يتوقف عن التحفيز والإنتاج للبحث العلمي. الأهم هو القدرة على التعمق في معرفة الفيزيائيين في الفيزياء، وقياس مختلف الكميات التي كان ينبغي التغلب عليها للوصول إلى حل[3].

1 – Max Planck, Initiations à la physique, p. 80.

2 – Ibild, p. 82.

3 – Ibild, p. 84.

تبدأ نظرية الكوانتم قصتها مع "بلانك" الذي نشرت دراساته الرائدة لطبيعة الاشعاع ببداية عصر جديد هزت اكتشافاته أعمق أسس الفيزياء الكلاسيكية وأنهت بذلك العصر الذي سماه "جيمس جينز" «عصر العلم الميكانيكي». فوفقًا لرأي الفيزيائي الدانماركي "نيلس بور": «أحدثت نظرية الكوانتم (أو نظرية بلانك) انقلابًا جذريًا في تفسير العلم للظواهر الطبيعية، لأن صورة العالَم التي تكونت في ضوء الفيزياء الكوانتية بحيث أن يُنظر إليها على أنها تعميم مستقل عن الفيزياء الكلاسيكية التي تُضاهيها نظرية الكوانتم بجمال تصورها وانسجام منطقها الداخلي»[1].

باكتشاف "بلانك" ينذر بنهاية عصر الفيزياء الكلاسيكية وبداية عصر جديد في تفكير الانسان ونظرته إلى قوانين الطبيعة، وهذا ما كان واعيًا بأهميته، إذ قال لابنه "أرفين" وهو يسير معه في نزهة في ذلك اليوم نفسه «لقد حققت اليوم اكتشافًا يعادل في أهميته اكتشاف نيوتن»، فكان توسعه في اكتشافه معلنا «بتكميم Quantization الفعل» وأن كل فعل هو لهذا السبب مضاعفات تامة من «كم فعل أولي» ألا وهو h «ثابت بلانك». ولكل هذه الاعتبارات جعل هذه النظرية تختلف اختلافًا كبيرًا في مفاهيمها عن النظرية الكلاسيكية، فلابد أن يتساءل المرء كيف يمكن لمفهوم ثوري مثل التكميم الذي يؤدي إلى وصف ظواهر الطبيعة وصفًا تقطعيًا في أساسه، أن ينبثق من نظريات تقليدية وصفها للظواهر متصل، بل لابد أن يبلغ هذا العجب أقصاه حين يتأمل المرء في وضع الفيزياء عندما كان "بلانك" منساقًا بعكس رغبته وعكس ما كان يظن أنه الأفضل، إلى فرض وجود كم الفعل كي يشرح به خواص اشعاع «الجسم الأسود» الغريبة. غير أن الفيزياء الكلاسيكية بدت في أوج انجازاتها في وضع منيع لأن قوانين "نيوتن" في الحركة وقانونه في الجاذبية كانت ذات دقة رائعة، إذ أن وصف حركات الكواكب وحركة الأجسام على سطح الأرض كان يبدو كاملاً، بل هذه القوانين فسرت حركة ارتفاع المد وانخفاض الجزر، هذا من جهة، ومن جهة أخرى

1 – لويد متز، جيفرسون هين ويخر، قصة الفيزياء، تر. طاهر تربدار، وائل الأتاسي، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، ط2، دمشق، 1999، ص 197.

فقد حققت نظرية "ماكسويل" الكهرومغناطيسية الرائعة للضوء في مجال الاشعاع، كما صيغت في معادلات "ماكسويل" الشهيرة للحقل الكهرومغناطيسي، ما حققه "نيوتن" عامة لحركات الأجسام المادية، ثم توسعت هذه المثنوية إلى ثلاثية رائعة عند اكتشاف قانوني الترموديناميك، أي قانون انخفاض الطاقة وقانون الأنثروبية.

لما كان "بلانك" مندفعًا نحو نظرية الكوانتم، كانت الفيزياء تبدو فرعًا من المعرفة مكتملاً خاليًا من الفجوات التي تحتاج إلى نظريات جديدة لتملأها ولاسيما نظرية في الانقطاع، ولكن ذوي النزعة النقدية من الفيزيائيين الذين تفحصوا الوقائع بدقة في ذلك الوقت أظهروا أماكن الضعف في هذا البناء الجميل الذي شيده "نيوتن" و"ماكسويل" ومن تبعهم، فقد وجدوا أن هناك مجموعتين من الظواهر لم يتمكنوا من تفسيرها، وتتألف أولاها من النتائج السلبية التي توصل إليها تجارب "مايكلسون"–"مورلي" (وأعني بها عدم قدرتهم على اكتشاف حركة الأرض بملاحظتهم أشعة الضوء التي تنتشر في اتجاهين مختلفين) اضافة إلى تقدم حضيض مدار عطارد المخالف للتنبؤات النيوتنية. وقد حلت هاتان المعضلتان بعد ذلك بنظريتي النسبية الخاصة والعامة. أما المجموعة الثانية فتتألف من تعارض القيم المقاسة مع القيم المحسوبة في الحالات التالية: الحرارة النوعية للغازات، خواص الاشعاع الصادر من ثقب صغير في جدار فرن (جسم أسود أو اشعاع حراري)، الخطوط المضيئة المنفصلة في طيف الذرات، وقد فُسرت هذه الظواهر الغامضة كلها بنظرية الكوانتم[1].

كان الدافع الذي أثار اهتمام "بلانك" بالإشعاع هو اليقين المتزايد بعجز الفيزياء الكلاسيكية عن تفسير النتائج التي أكدتها التجارب، إلا أن عمله لم يستهدف الضوء بل الترموديناميك، وانبثق عن قياسات الاشعاع في طيف اصدار الجسم الأسود[2]. فكانت النظريات القديمة عن الاشعاع من الجوامد الساخنة تستند على الفرض بأن الذرات والجزيئات تتذبذب في الجوامد في نطاق متصل فتنبعث فيها أمواج ضوئية مثلما تبعث

1 – لويد متز، جيفرسون هين ويخر، مرجع سبق ذكره، ص 201–202.

2 – المرجع نفسه، ص 200.

الأمواج الضوئية من عدد ضخم من الأوتار المتذبذبة المختلفة الأنغام. من المعلومات العامة المعروفة قبل ذلك لجميع الفيزيائيين. أن الأجسام المعدنية كالأسلاك عندما تسخن تتوهج وتبعث اشعاعًا 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 جميعها بالفشل، وقد حاول العلماء استنباط قانون يبن العلاقة بين الطاقة المشعة من الجسم الساخن ومن طول الموجة ودرجة الحرارة وقد فشلت أيضا جميع المحاولات، وهذا في بداية القرن الماضي. يقول لنا العلم الطبيعي أن القائمة المعروفة للأشعة الضوئية، الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والبنفسجي... يمكن تحديدها إلى أرقام كمية، فكل هذه الأشعة عبارة عن موجات تختلف في أطوالها وذبذباتها، كل لون له موجة طولها كذا وذبذبتها كذا. وكذلك كل صنوف الاشعاع، الأشعة السينية، أشعة الراديوم، الأشعة الكونية كلها أمواج يمكن أن تقاس[1].

بدأ "ماكس بلانك" في عام 1900 من تلك الحقيقة البسيطة المعروفة –احمرار القضيب المعدني ثم تحوله إلى اللون البرتقالي فالأصفر فالأبيض المتوهج، إذن هناك علاقة رياضية بين الطاقة التي يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التي تنبعث منه. افترض "بلانك" في بادئ الأمر أن الذرات أو الجزيئات المعدنية لا تشع اشعاعًا متصلاً[2] مثل تيار الماء المتدفق من خرطوم[3] ، بل تشع اشعاعًا متقطعًا يخرج في نبضات منفصلة[4]، أشبه بطلقات من الرصاص تنطلق من مدفع رشاش. فالإشعاع ينطلق على هيئة مقادير منفصلة، أو بمعنى آخر يخضع لتحكم أعداد صحيحة، أي أنه يسير تبعاً لأعداد صحيحة لوحدة أولية للطاقة، أطلق عليها اسم الكوانتم Quantum (الكم)[5]. فتبعًا

1 – عبد الفتاح مصطفى غنيمة، مرجع سبق ذكره، ص 81–82.

2 – المرجع نفسه، ص 81–82.

3 – لويد متز، جيفرسون هين ويخر، مرجع سبق ذكره ، ص 202.

4 – عبد الفتاح مصطفى غنيمة، مرجع سبق ذكره ، ص 82.

5 – تعود كلمة كوانتم إلى أصل لاتيني، وهي ببساطة تعني كمية معينة مقيسة بعدد صحيح.

لرأيه تكون الطاقة مؤلفة من وحدات أولية هي "الكمات" Quanta وحينها تنبعث الطاقة أو تستوعب، بنقل كوانتم واحد أو اثنان أو مائة كوانتم، ولكن لا يكون هناك أبدًا جزء أو كسر من الكوانتم. فالكوانتم هو وحدة الطاقة الاشعاعية ولكن مع ملاحظة أن كمية وحدة الطاقة، تتوقف على طول موجة الاشعاع الذي ينتقل به الكوانتم، فكلما كان طول الموجة أقصر كان الكوانتم أكبر[1]، وهذا يعني أنه يمكننا رياضيًا بالسماح لحجم النبضات المنفصلة بأن يصغر شيئًا فشيئًا حتى تلتئم ويبدو تدفق الطاقة مستمرًا. والوضع هنا مماثل لعين الانسان التي لا تستطيع تسجيل الظواهر التي تراها بصورة منفصلة إذا ما كانت تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة كبيرة، فالسينما تعتمد على الديمومة Duration لدى عين الانسان فتبدو الحركة على الشاشة بالنسبة إلى الملاحِظ كأنها مستمرة، وهذا ما ينطبق على الضوء، فنبضات الطاقة المنبعثة من مصدر الضوء تتابع الواحدة بعد الأخرى بسرعة تفوق كثيرًا سرعة تتابع الصورة في الفيلم السينمائي ولهذا السبب فإن ردود أفعال العين لكل نبضة تتوحد في الانطباق الضوئي المستمر. كانت نتيجة هذه العملية الرياضية مذهلة، فقد وجد "بلانك" أنه إذا أجرينا الحسابات إلى نهايتها بالكيفية المذكورة فلن تكون النتيجة أفضل حظاً من نتائج النظريات السابقة. إلا أنه لاحظ في حالة استبقاء فكرة النبضات الاشعاعية المتقطعة وبافتراض أن لكل منها مقدارًا من الطاقة يتناسب مع تردد الاشعاع، فالنتيجة التي يتوصل إليها سليمة وتتفق تمامًا مع التجريب.

استخلص من ذلك أن الذرات لا تشع اشعاعًا متصلاً – بل يحدث الاشعاع في دفقات أو نبضات لكل منها طاقة محددة وهذا ما جعل "بلانك" يطلق على نبضة الطاقة المتقطعة لفظة كوانتم أو كمات. وهو اصطلاح يقصد به كمية محدودة من أي شيء وفي العادة أي شيء لا يقبل التجزئة. وعلى هذا الاعتبار فشحنة الالكترون تمثل كوانتم في الكهرباء.

استطاع "بلانك" التوصل إلى ايجاد العلاقة الحسابية بين الطاقة التي يشعها المعدن الساخن وطول أو ذبذبة الموجة الضوئية التي تنبعث منه – فوجد أن الطاقة المشعة مقسومة

1 – لويد متز، جيفرسون هين ويخر مرجع سبق ذكره ، ص 202.

على الذبذبة تساوي دائما كم ثابت، هذا الكم الثابت أسماه «ثابت بلانك»[1] والمعادلة هي الطاقة $E = \hbar \times \nu$ (ν الحرف الإغريقي نيو) وقد افترض أن الطاقة المشعة تنبعث في كميات متتابعة في دفعات أو حزم أو نبضات أو جسيمات من الطاقة أطلق عليها «فوتونات» Photons حيث $\hbar$ مقدار ثابت constant و ν هي ذبذبة الاشعاع وقد وجد أن ثابت بلانك مقدار صغير جدا يبلغ نحو $6{,}55x10^{-27}$erg/s واتضح فيما بعد أنه أهم المقادير الأساسية في الكون – ففي أي عملية اشعاع نجد أن مقدار الطاقة المنبعثة مقسومًا على الذبذبة يعطينا مقدارًا ثابتًا هو «ثابت بلانك» وهذا الثابت لا يمكن تفسير مقداره، كما لم يمكن تفسير سرعة الضوء –فهو كغيره من الثوابت الكونية عبارة عن حقيقة حقيقية رياضية لا يمكن تفسيرها.

يمكن القول أن "بلانك" وجد «حيلة» أو «خدعة» لتجنب مشكلة الاشعاع بافتراضه للكوانتم، والذي ينبعث من الاشعاع المادة، والطاقة المنبعثة على هذا النحو معادلة لحاصل التردد تبعا لعدد «ثابت بلانك»، وهو عدد بالغ الضالة تبعا للمقاييس الانسانية، ومن الملاحَظ أن الفرض بالغ البساطة، حتى إن كان لا يسهل استيعابه للوهلة الأولى، فقد تمخض عن توافق كامل مع أي شيء يمكن ملاحظته أو قياسه[2] .

لم يفت "بلانك" أن يشرح لنا أن أشعة الشمس نفسها كمثل أي أشعة أخرى صادرة من مصدر مشع من دفعات من الطاقة صغيرة وأن السبب في أن الضوء والحرارة يظهران لنا كما لو كانا سيلاً مستمرًا، السبب صغر هذه الكميات من الطاقة بحيث أن احساسنا لا يستطيع ادراكها وأن هذه الكميات الصغيرة من الطاقة ليست متساوية ولكنها تختلف باختلاف طول الموجة المشعة فكميات الطاقة المنبعثة من الضوء الأحمر أصغر من المنبعثة من الضوء الأزرق أو البنفسجي والكميات المنبعثة من الضوء الأزرق أصغر من

---

1 – الثابت Constant يقاس بالأرج Erg ، والأرج هو وحدة الطاقة وتعريفه هو الشغل المبذول لتحريك كتلة مقدارها ملغ من المادة مسافة قدرها 1سم ضد الجاذبية الأرضية, يعتبر هوفمان ثابت بلانك رمز فخار لعلم الطبيعة المعاصر.

2 – رولان أومنيس، مرجع سبق ذكره، ص 187.

المنبعثة من الأشعة السينية وكان قد تبين لـ"بلانك" أن الجسم الأسود مثالي في امتصاص وإشعاع الطاقة... وإن كان لا يشع الطاقة بصورة واحدة لجميع الموجات الممتصة، فافترض "بلانك" أن الجسم الأسود يتكون من جسيمات متذبذبة وأن لكل جسيم متذبذب كمًا من الطاقة يتوقف على درجة تذبذب الجسيم المشع.

كان من الطبيعي أن يُقبل رأي "بلانك" عن الكوانتم بحذر وتحفظ، وذلك لأنه بناء رياضيًا صرفًا فنستطيع أن نقول أنها كانت نتائجه ثورية، فهو ينادي بأن الضوء يتشعع في مقادير متقطعة، مما يُحمل على القول بأن الضوء ينتقل خلال الفضاء في كميات متقطعة، ويتبع ذلك، أن الضوء وفقًا لمبدأ الكوانتم، ليس تدفقًا مستمرًا من الطاقة بل أن له تركيبًا جسيميًا فكأننا قد جعلنا للضوء طابعًا جسيميًا، ولو أن هذه الجسيمات لا تملك كتلة فيما يظهر وكأننا قد وضعنا الأمواج الكهرومغناطيسية في فصيلة خاصة. إذ ليس ثمة دليل على أن الأنواع المألوفة من الأمواج ondes كالأمواج الضوئية والأمواج المائية، تمتلك هذه الخاصية الجسيمية. فوتر البيانو يرسل أمواجًا مستمرة غير متقطعة، طالما كان يتذبذب، وتؤلف هذه الأمواج قطارًا متصلاً خلال سيرها في الهواء، أما كوانتم الضوء فتؤلف قطارًا محدودًا من الذبذبات، والواقع يحق لنا أن نختار في المعنى المقصود بكلمة «موجة» ضوئية إذا كانت مؤلفة من نبضة غير متصلة من الأمواج.

ومن ثم بين "بلانك" خطأ النظرية التي كانت سائدة منذ أيام "هويجينز" والقائلة بأن الاشعاع إنما هو موجات في الأثير وأظهر عجز هذه النظرية عن تفسير كيفية انتشار الاشعاع كما أنها أصبحت عاجزة عن تفسير الخصائص الأساسية للإشعاع ذاته وأصر "بلانك" على أن الاشعاع إنما هو من طبيعة جسيمية لا موجية شارحًا أن جسيمات الشعاع تنتقل عبر الخلاء في خطوط مستقيمة. وعند امراره اشعاعًا في غاز ما –فإن عددًا قليلاً من جزيئات هذا الغاز تتأين (تتبعثر) بينما لا يتأثر عدد كبير من الجزيئات بمرور الاشعاع فإذا كان الاشعاع مؤلفًا من موجات تسير عبر الأثير لتأينت كل جزيئات الغاز، ولذا كان تأييد "بلانك" لنظرية "نيوتن" الجسيمية في الضوء وإن كان هذا التأييد لا يعني أن "بلانك" متفق

مع "نيوتن" تمام الاتفاق في نظريته الميكانيكية– فنظرية "بلانك" ثورة على كثير من تصورات "نيوتن" فقوانين عن الحركة صالحة للاستخدام في مجال الحياة العادية، ولكنها لا تصلح لمجال الجسيمات النووية كما لا تصلح لدراسة حركة الكواكب والنجوم الفلكية.

توجد 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" من شأنه أن يوحي بأن مكونات الذرة مقيدة في تحركاتها بقواعد كمية، إذ أن تغيرات الطاقة المسموح لها هي التغيرات المتقطعة المنفصلة فحسب[1].

3- الضوء جسيمة أم موجة؟

لقد لعب الضوء دورًا أساسيًا فريدًا في العالم الفيزيائي، وقد أفرد له الفيزيائيون الذين يدرسون الظواهر التي تتناولها الملاحظة مكانًا على حده في مجموع العوامل الطبيعية منذ أقدم العصور، فكانت طبيعة الضوء المتسامية تحيرهم دائمًا وكذلك تلك السرعة التي تكاد لا تُصدق التي ينتشر بها في الفضاء. لعل المكان الفريد الذي يشغله الضوء في معلوماتنا راجع ببساطة إلى أن احدى حواسنا الخمس –بطريق الصدفة بوجه عام– تتخصص في ادراك الظواهر الضوئية ولكن هذا ليس صحيحًا كما نرى بسهولة مما يلي: أن ظاهرة فيزيائية أخرى هي الصوت تتخصص احدى حواسنا في ادراكها أيضًا ولكنها لا تتعادل في الأهمية من وجهة نظر الفيزيائي العام مع الضوء. فالصوت –هو حركة دورية بسيطة لوسط صلب أو سائل غازي– ليس كيانًا متخصصًا قائمًا بذاته في العالَم الفيزيائي ودراسته مهما كانت أية في المتعة من عدة أوجه لا يمكن أن تعلمنا شيئًا كثيرًا عن بناء الكون. ونحن نعلم من الناحية الأخرى أن الظواهر الضوئية ليست إلا جزءًا يسيرًا من فصيلة أكثر اتساعًا من الظواهر هي ظواهر الاشعاع[2].

---

1 – عبد الفتاح مصطفى غنيمة، مرجع سبق ذكره ، ص 83–85.

2– لوي دي برولي، الفيزياء والمكروفيزياء، تر. رمسيس شحاته، محمد أحمد مرسي، ص63.

لقد أدرك الانسان بفطرته أن الضوء له خاصية رائعة وهي السرعة، فقد نسب "لوكريتس"[1] Titus Lucretius Carus (99-55) ق.م في كتابه: « de Natura Rerum» (في طبيعة الأشياء) «شرعية لا يعبر عنها لتلك الجسيمات التي تنفصل من سطوح الأجسام المادية مكونة في رأيه –الضوء». ولقد ظن الناس أمرًا طويلاً أن الضوء ينتشر فورًا بسرعة لانهائية. إلا أن جاء الفلكي الدنماركي "رومر" Ole Christensen Rømer (1644-1710) في سنة 1676 حيث استطاع حساب الزمن الذي يستغرقه الضوء لقطع مسافة المدار الذي تدور فيه الأرض حول الشمس من ملاحظة احتجابات المشتري لتوابعه (أقماره) والتي تبلغ 313 ألف كلم/ثا[2]. فقد لاحظ "رومر" أن مدة خسوف قمر المشتري (إيو) كان 11 دقيقة عندما تكون الأرض في أقرب نقطة إلى المشتري، و11 دقيقة أخرى عندما تكون في أبعد نقطة من المشتري. لذا تصبح المدة بين القراءتين 22 دقيقة. وهذه المدة تغطي المسافة المساوية لقُطر مدار الأرض حول الشمس، ولأن "رومر" كان يعمل في مرصد باريس، حيث تمّ قياس قطر مدار الأرض حول الشمس لأول مرة، فقد كان يُفترض أنه كان على علم بهذه المسافة. لكنه لم يُكلف نفسه مهمة تقسيم هذه المسافة على 22 دقيقة للحصول على سرعة الضوء. وفي أيام "رومر" كانت قراءة هذه المسافة تساوي 283 ألف كلم/ثا. وفي عام 1844 كان الفيزيائي الفرنسي "هيبوليت فيزو" Armand Hippolyte louis fizeau (1819-1896) أول من قدم قياسًا معقولاً لسرعة الضوء باستعمال المرايا، لأنها تعكس الضوء بلا إبطاء[3].

ماهو الضوء؟ إنه من أقدم الأسئلة في الفيزياء، ومن أهمها على الاطلاق، من الوجهة التاريخية. قاد هذا السؤال علماء القرن التاسع عشر فيما وراء فيزياء "نيوتن" إلى فيزياء القرن العشرين. أما من الناحية الاجتماعية، فيصبح الأمر ملحًا نظرا لتأثيرات الواضحة لكل من

1- شاعر وفيلسوف يوناني من المذهب الابيقوري.

2- لوي دي برولي، الفيزياء والمكروفيزياء، ص65-66.

3- علي الشوك، تأملات في الفيزياء الحديثة، العلم، الفلسفة، الايدولوجيا، دار الفارابي، ط1، بيروت، 2012، ص 290-291.

الضوء والأشكال الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي على البيئة والإنسان[1]. كانت محاولات كثيرة للإجابة عن هذا السؤال بدءًا بمحاولة "نيوتن" لتفسير سلوك أشعة الضوء التي تنتقل في خطوط مستقيمة[2] بافتراض أن الضوء يتألف من الجزيئات صغيرة تنبعث بسرعة هائلة من المصدر الضوئي[3] كما لاحظها، كما أن الطريقة التي يرتد بها الضوء عن المرآة تشبه كثيرًا جدًا الطريقة التي ترتد بها الكرة على حائط صلب[4]. للإشارة هنا أن في عام 1692 استكمل "نيوتن" كتابه "Opticks" حول طبيعة الضوء وانتشاره، وضاع الكتاب في حريق شب في منزله، ولذلك أعاد "نيوتن" كتابه مرة أخرى من أجل النشر في عام 1704، وتضمن كتابه أن الضوء يتألف من جسيمات دقيقة تسير بسرعات تعتمد على لونه[5]. وقد بنى "نيوتن" أول تلسكوب عاكس، وفسر الضوء الأبيض على أنه مزيج من كل الألوان في قوس قزح، وأجرى الكثير من الدراسات عن الضوء، لكن ظلت نظرياته تقوم على افتراض أن الضوء يتألف من جسيمات. تنثني أشعة الضوء عندما تعبر السطح الفاصل بين مادتين احداهما خفيفة والأخرى ثقيلة مثل الهواء والماء أو الماء والزجاج (وهذا هو السبب الذي تبدو فيه العصا وكأنها مثنية عند وضعها في اناء من الماء)، وتفسر نظرية الانكسار بجلاء إذا كانت الجسيمات تنتقل أسرع في المادة الأكثر «كثافة ضوئية» وحتى أيام "نيوتن" كانت هناك طريقة بديلة لتفسير كل ذلك[6] .

كان مفهوم "نيوتن" عن الضوء هو المهيمن حتى نهاية القرن الثامن عشر دون النموذج المنافس (الموجي)، ويرجع ذلك إلى نفوذ "نيوتن" بقامته الشامخة واعتباره رسول

1- جهاد ملحم، الفيزياء وقضايا العصر، دار الحوار للنشر والتوزيع، ط1، اللاذقية، 2012، ص 128.

2- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 23.

3- السيد شعبان حسين، برونشفيك وباشلار، ص72.

4- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 23.

5- أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، تر.عنان علي الشهاوي، المركز القومي للترجمة، ط1، القاهرة، 2008، ص 23.

6- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 23.

العناية العلمية، بقدر ما يرجع إلى افتقاد أي برهان يؤكد أن نظرية الجسيمية هي الأفضل حقيقة من النموذج الموجي. ولكن على مدى القرنين التاليين، أو نحو ذلك، ثم استحداث فهم جديد للضوء، والذي بيَّن أولاً وقبل كل شيء أن "نيوتن" ليس معصوما من الخطأ في كل ما قال، وواقع الأمر أن نفوذ "نيوتن" أعاق التقدم من هذه الزاوية، حتى يمكن القول، إنه منذ نهاية القرن الثامن عشر توافرت بيانات كثيرة تعتمد على الملاحظة، فكان في وسعها أن تؤدي بالفيزيائيين إلى تثبيت دعائم النموذج الموجي قبل عقدين من تاريخ ما حدث في الواقع. لقد توافر في الحقيقة ما يرقى إلى مستوى البرهان على أن الضوء ينتقل على هيئة موجة حتى قبل أن يظهر "نيوتن" على المسرح، على الرغم من عدم ادراك أهمية ذلك الرأي على نطاق واسع، وهذا ما تحقق على يد عالم الفيزياء الايطالي "فرنسيسكو غريمالدي" Grimaldi Francesco (1618–1663)، الذي كان يشغل منصب الرياضيات في الكلية اليسوعية في مدينة بولونيا (ايطاليا)، ودرس، مثلما درس بعد ذلك "نيوتن" الضوء، بأن جعل شعاعًا من ضوء الشمس ينفذ إلى داخل غرفته معتمة عبر ثقب صغير. واكتشف أن الشعاع حين نفذ عبر ثقب ثان صغير وسقط على شاشة فإن الصورة التي ارتسمت على الشاشة بفضل بقعة الضوء كانت لها حواف ملونة، وبدت أكبر على نحو طفيف مما لو أن الضوء انتقل عبر خطوط مستقيمة عند نفاذه من الثقب. واستنتج (عن صواب) أن الضوء انحنى قليلا تُجاه الخارج عند نفاذه عبر الثقب، وأطلق على هذه الظاهرة اسم «حيود الضوء». ووجد أيضا أنه عند وضع جسم صغير (مثل حافة سكين) في شعاع الضوء، فإن الجسم يلقي ظلاً ذا حواف ملونة حيث انكسر الضوء حول حافة الجسم وانسرب في الظلال[1]. واعتبر هذا دليلاً مباشرًا تمامًا عندما تتحرك موجات البحر أو الموجات على سطح بحيرة عبر عوائق أو فجوات داخل عوائق تعترضها، ولكن عندما يتعلق الأمر بالضوء، فإنه وبسبب أن أطوال الموجات صغيرة جدًا، تكون الآثار الناجمة دقيقة للغاية، ولا يمكن تسجيلها إلا بعملية قياس غاية في الدقة والحرص. ولم يتسنى نشر أعمال "غريمالدي" إلا بعد وفاته

1- الحواف الملونة مثلها مثل قوس قزح، لأن أطوال موجات الضوء مختلفة تنحني بنسب مختلفة وتتطابق أطوال الموجات المختلفة مع الألوان المختلفة، إذ لكل لون موجة مختلفة الطول.

بسنتين، وقد صدرت في كتاب بعنوان: « Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride»، ولم يكن موجودا ليطور أو ليدافع عن أفكاره. وربما كان القليلون ممن انتبهوا إلى الكتاب وقتذاك عاجزين (أو عازفين) عن اجراء وتنفيذ التجارب الدقيقة اللازمة لتأكيد النتائج. وجدير بالذكر هنا أن قارئًا واحدًا لهذا الكتاب هو الذي كان في وسعه على الأرجح أن يتحقق من أهميته، وهذا القارئ هو "نيوتن" نفسه، الذي كان في الحادية والعشرين من عمره وقتما توفي "غريمالدي"، ولكن يبدو أنه يعرف قدر وقيمة براهين "غريمالدي" التي تؤكد أنه لاانعكاس ولاانكسار يمكن أن يفسرَا الظواهر الملاحظة[1].

بعد وفاة "نيوتن" في عام 1727، كان هناك من الباحثين من يرون النموذج الموجي، ولعل أبرزهم عالم الرياضيات السويسري "ليونهارد أويلر"[2] Leonhard Euler (1707-1783)، وهو الذي استحدث فكرة مبدأ الجهد الأقل (الذي يفيد ما معناه بأن الطبيعة كسولة، وأحد مظاهر ذلك أن الضوء ينتقل عبر خطوط مستقيمة، أي أقصر طرف). فنشر في عام 1746 نموذجه الموجي وقتما كان يعمل في أكاديمية العلوم الكبرى في برلين. وجدير بالذكر أن القدر الأعظم من قوة حجة "أويلر" تكمن في أسلوبه الحريص الحذر في تنظيم جميع المشكلات المتعلقة بالنموذج الجسيمي، بما في ذلك مشكلة تفسير الحيود بالطريقة نفسها، علاوة على الوصول إلى دليل يدعم النموذج الموجي. وأجرى تحديدًا مناظرة بين موجات الضوء وموجات الصوت. وقال في رسالة له في ستينيات القرن السابع عشر إن ضوء الشمس «هو للأثير مثل الصوت بالنسبة إلى الهواء»، ووصف الشمس بأنها مثل «ناقوس زينة الضوء»، ولكن المناظرة وإن بدت هنا في صيغة بيانية، بيد أنها قاصرة، وتكشف لنا الآن كيف أن النموذج الموجي كان لا يزال أمامه طريق يتعين عليه أن يقطعه

1- جون جريبين، تاريخ العلم (1543-2001)، الجزء الثاني، تر.شوقي بلال، ص 107-109.

2- " ليونهارد أويلر" رائد الرياضيات في عصره الذي أسهم بمساهمات رئيسية في تطوير الهندسة وحساب التفاضل والتكامل وحساب المثلثات. وتعتبر المصطلحات الحسابية عن الرياضيات والفيزياء الحديثة بواسطة المعادلات، وقد قام "أويلر" بتطوير التقنات التي يعتمد عليها التوصيف الحسابي بصورة كبيرة، وأثناء هذا التطوير أدخل "أويلر" طرف الاختزال بالرموز التي ظلت مستخدمة حتى الآن-يرجع إليه استخدام الاسم بي (Pi) π نسبة محيط الدائرة إلى قطرها، والحرف í للدالة على الجذر التربيعي للعدد (-1).

في منتصف القرن الثامن عشر، ومن ثم ليس لنا أن ندهش حقيقة من أن عالِم الفيزياء لم يكن متحمسًا لتغيير نظرته إلى طبيعة الضوء[1].

كان الفيزيائي الهولندي "كريستيان هويجنز" Christian Huygens (1629–1695) من معاصري "نيوتن"، وقام بتطوير فكرة أن الضوء ليس تيارًا من الجسيمات لكنه موجة أقرب شبهًا بالموجات التي تتحرك على سطح البحر أو سطح بحيرة، إلا أنه ينتقل خلال مادة غير مرئية تسمى «الأثير الوضاء»[2] éther luminifères الذي يتألف من عدد هائل من جسيمات دقيقة مرنة، وحين يتم إثارة هذه الجسيمات إلى ذبذبات، تنتج عنها الموجات الضوئية[3] مثل التموجات التي تحدثها حصاة ألقيت في بركة، فإن موجات الضوء يمكن تخيلها تنتشر من مصدر الضوء في جميع الاتجاهات، وقد فسرت نظرية الموجات الانعكاس والانكسار تمامًا مثل نظرية الجسيمات، مع أنها تقول أن موجات الضوء تتحرك أبطأ خلال المادة الأكثف ضوئيًا، ولم تكن هناك وسيلة لقياس سرعة الضوء في القرن السابع عشر، وعليه فإن الفرق في السلوك كان سيفض الاشتباك والتناقض بين النظريتين، غير أن النظريتين تختلفان في أحد التنبؤات الحاسمة للملاحِظ، فعندما يَعْبر الضوء حافة حادة فإنه ينتج ظلاً ذا حافة حادة، وهذه هي بالضبط الطريقة التي يجب أن تسلكها تيارات الجسيمات التي تنتقل في خطوط مستقيمة، أما الموجة فإنها تنثني أو تحيد قليلاً متخذة طريقها خلال الظل[4] (تذكر التموجات على سطح البركة التي تنثني حول صخرة). وهذا ما يؤكده ما جاء في كتاب "هويجنز" المفصل في الضوء ما يلي: «فإذا كان الضوء، بالاضافة لذلك، يستغرق زمنًا لمروره، وهذا ما سنفحصه الآن، ينتج من ذلك أن تلك الحركة الممنوحة للمادة متتابعة وأنها، بسبب ذلك، تتوسع كحركة الصوت على سطوح وأمواج كروية: لأنني أسميها أمواجًا بالتشابه مع الأمواج التي نراها تتشكل على الماء عندما نرمي فيه حجرًا والتي

1- جون جريبين، تاريخ العلم (1543–2001)، الجزء الثاني، ص 109–110.
2- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 24.
3- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 23.
4- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 24.

ترسم صورة تُوسع بتتابع دائري رغم أنها تنجم عن سبب آخر وتتولد على سطح مستو»[1]، ومن خلال قوله نستطيع القول أنه لاحظ بأن ظاهرة الظل التي لجأ إليها "نيوتن" لتدعيم نظريته لا تدعمها حقًا. نعم حين يكون أمام الضوء جسم كبير، فإنه يلقى ظلاً لا ينفذ منه الضوء، ولكن إذا كان الجسم صغيراً فإننا نجد أن الأشعة تنحرف من حول هذا الجسم وتلتقي مرة ثانية من خلفه، ومن ثم لا توجد منطقة من الظل الكامل لا ينفذ إليها الضوء، تلك الخاصية لانحراف الأشعة الضوئية تربط الضوء بالموجة أكثر منه بالقذائف Projectiles التي هي جسيمات[2] .

ولم تصادف نظرية "هويجنز" في بداية عهدها نجاحًا كبيرًا، وانقضى قرن كامل قبل أن تُجرى بعض التجارب الحاسمة، التي أثبتت الطابع التموجي للضوء، وبذلك وضعت هذه التجارب حدًا للتفسير الذري للأشعة الضوئية. وقد تركزت هذه التجارب حول ظاهرة التداخل interférences التي يوضع فيها شُعاعان ضوئيان كل فوق الآخر فيمحوَا أحدهما الآخر. وهي نتيجة لا يمكن تصورها في نظرية جسيمية، ذلك لأن الجزئيين اللذين يتحركان في نفس الاتجاه لا يمكن أن ينتجَا إلا تأثيرًا أقوى، ويزيدَا من كثافة الضوء. أما الموجتان اللتان تتحركان في اتجاه واحد، فإن كلا منهما تلغي الأخرى إذا كانت قمم إحدى الموجتين تتطابق مع الأخرى. وظاهرة التداخل معروفة في الموجات المائية. فإذا رمينا بعود على سطح البركة تبدأ سلسلة التموجات الخفيفة من موقع العود في الظهور وتجد أن هذه السلسلة تتسع شيئاً فشيئاً على سطح البركة.

والضوء مثله مثل جميع الأشكال الإشعاعية الأخرى، يتكون من موجات، والموجات إما تكون طويلة أو قصيرة. ففي حالة أمواج البحر –على سبيل المثال– توجد موجات طويلة، ربما طولها يبلغ مئات الياردات، ويمكنها أن تهز حتى أضخم السفن. يوجد أيضا

1– ألبرت آينشتاين، ليوبولد إنفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، تر.أدهم السمان، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، ط2، دمشق، 1999، ص 82–83.

2– السيد نفادي، الضرورة والاحتمال بين الفلسفة والعلم، دار التنوير للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت، 2009، ص 139.

تموجات بسيطة طولها قليل من الياردات، لا تؤثر على السفن الكبيرة، ولكنها تهز قوارب التجديف، وربما لا يمكنها حتى أن تؤثر عليها، وإنما تؤثر فقط على الأشياء الصغيرة –مثل قطع الفلين أو قش البحر، مثل هذه الأمواج هي نفسها موجات الضوء، بعضها طويل والبعض الآخر قصير، وأمواجها مختلفة الطول، تؤثر على الأشياء بطرق مختلفة[1].

إن الضوء وكل الأشكال الأخرى للإشعاع متماثلة لتموجات المياه أو موجاتها، فتوزع فيها الطاقة من منبع مركزي وتوزع أشعة الشمس كميات ضخمة من الطاقة المستخرجة منها عبر الفضاء. كما أن الضوء وجميع الأشكال الأخرى من الإشعاع منتشرة في مثل هذا الشكل والذي له خواص تتابع الموجات.

رغم ما بدَا من مزايَا لنظرية "هويجنز" الموجية للضوء، ورغم تفوقها على نظرية الجسيمات لـ"نيوتن"، فإنه لم تُتَح لها فرصة الشهرة ولم يُعْتَرف بها إلا بعد مدة طويلة، ويرجع ذلك إلى ما كان يتمتع به "نيوتن" من ثقة وتقدير بين معاصريه من ناحية، ثم اخفاق "هويجنز" في صياغة آرائه بالدقة التي تُمكنها من الصمود ضد المعارضين من ناحية أخرى. وعلى هذا الأساس ظل السؤال الخاص بطبيعة الضوء مُعَلقاً في الهواء زهاء قرن كامل، إلى حين ظهور ورقة عام 1800، كتبها عالِم الفيزياء الإنجليزي "توماس يونج"[2] Thomas Young (1773–1829)، بعنوان «مخطط أولي لتجارب وتساؤلات المتعلقة بالصوت والضوء»[3]. وفسر "يونج" في ورقته ظاهرة حلقات "نيوتن" على أساس طبيعة الضوء الموجية. بحيث قارن وميَّز بين النموذجين المنافسين لكل من "نيوتن" و"هويجنز"، وخلص إلى دعم النموذج الموجي معتبرًا أن ألوان الضوء المختلفة تتطابق مع

1- المرجع نفسه، ص 139–140.

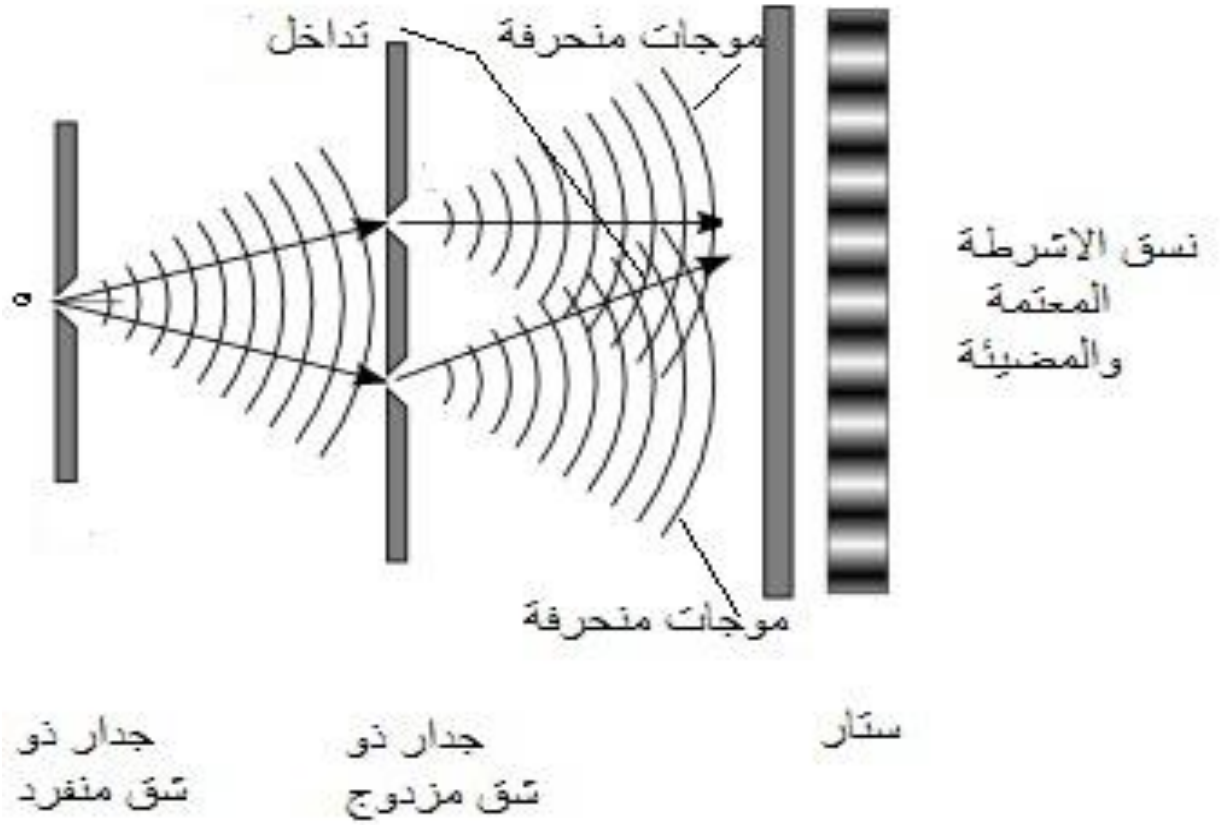
2–" توماس يونج" بريطاني الجنسية وهو فيزيائي تعلم القراءة في الثانية من عمره، وفي السن السادسة كان قد قرأ الكتاب المقدس مرتين وتعلم اللغة اللاتينية، وقبل أن يبلغ التاسعة عشرة كان يجيد 13 لغة منها: اليونانية، الفرنسية، الايطالية، والعبرية والكلدانية والسريانية والسومرية والفارسية والحبشية والعربية والتركية.

3– جورج جاموف، قصة الفيزياء، تر. محمد جمال الدين الفندي، تقديم أحمد فؤاد باشا، المركز القومي للترجمة، القاهرة، 2010، ص 140.

موجاتها المختلفة. وأوضح "يونج" أولاً كيف أن الظواهر التي لاحظها "نيوتن" نفسه، من مثل الحلقات عند "نيوتن"، كان في الامكان تفسيرها على أساس التداخل، واستخدم معطيات تجارب "نيوتن" ذاتها[1] والتي يطلق عليها «طول النوبة» التي هي أكبر للضوء الأحمر وأقصر للأزرق[2] والتي تقدر بـ $6,5 \times 10^{-7}$ متر للون الأحمر (وفق الوحدات الحديثة) و $4,4 \times 10^{-7}$ متر للون البنفسجي وتتفق هذه الأرقام كثيرًا مع القياسات الحديثة، والتي توضح إلى أي مدى كان "نيوتن" باحثاً تجريبيًا جيدًا وإلى أي مدى كان "يونج" منظرًا جيدًا[3] ولهذا تجربة "يونج" غيرت طريقة تفكيرنا في الضوء[4]. والتي هي: تجربة «الشق المزدوج»، يمرر الضوء (على فرض أنه مثاليًا ضوء خالص –أي طول موجة منفردة– وإن لم يكن هذا ضروريًا ضرورة مطلقة) عبر شق ضيق لقطعة ورق مقوى «ضيق» هنا تعني أن يكون الشق باتساع طول موجة الضوء، كما هو مبين في (الشكل)، أي تقريبيًا $\frac{1}{1000000}$ من المتر، ينتشر الضوء بعد نفاذه من الشق ويسقط على قطعة ورق مقوى عند خروجه ليسقط على شاشة ليضع نمطاً من ضوء وظِل، نسميه نمط «التداخل»[5] interférences وفسر "يونج" ذلك بقوله: يوجد ضوء حيث الموجتان الواصلتان من كل من الشقين تسيران في تناغم ومن ثم تنضم ذروة الموجتين إلى بعضهما، ويطلق عليه التداخل البناء[6]، وتجد ظِلاً عندما لا تكون الموجتان المتناغمتين حال نفاذهما من الشقين (أي تكونان غير متزامنتين) ويطلق عليه التداخل الهدام[7]، ولذلك فإن الفراغ أو الفاصل في احدى الموجتين يزيل قمة الموجة الأخرى[8]. وهذا يثبت بما لا يقبل الجدال أن الضوء هو موجة. وبما أن

1- جون جريبين، تاريخ العلم(1543–2001)، الجزء الثاني، ص 112.
2- جورج جاموف، مرجع سبق ذكره، ص 135.
3- جون جريبين، تاريخ العلم (1543–2001)، ص 112.
4- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 30.
5- جون جريبين، تاريخ العلم(1543–2001)، الجزء الثاني، ص 113.
6- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص29.
7- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص29.
8- جون جريبين، تاريخ العلم(1543–2001)، الجزء الثاني، ص113–114.

الضوء يتموج بين الشقين، فإما تُقوّى احدى الموجات بقية الموجات فيزداد الضوء اضاءة، أو تُضعِف احداها الأخرى فيخف الضوء[1].



إن التداخل يحدث بسبب الحركة الاهتزازية للموجات. فكل الأمواج تتولد من الاهتزازات في الوسط الذي تنتشر فيه الموجة. فالإحساس بالطرب عند سماع صوت جميل ليس أكثر من التكرار المتواصل لاهتزاز ذرات الهواء التي تُلامس طبلة الأذن. والتناغم الشهير لـ«رباعية حلاق اشبيلية»[2] ليس سوى تداخل أربعة ترددات اهتزازية مختلفة صادرة عن أربعة مغنيين، والموجات الصوتية، هي الأخرى، يمكن أن تتداخل معًا فتُعطي تناغمًا صوتيًا –صورة تداخل: الأهداب المظلمة والمُضِيئة[3].

1- ماركوس تشارن، نظرية الكمية لا يمكن أن تؤذيك، ص 32.

2- أوبرا هزلية ايطالية تمزج بين الموسيقى والفكاهة ألفها ايطالي "جواكينو روسيني" (1792-1868) في سنة 1816 تتهكم بسخرية على الأوضاع الاجتماعية في بدايات القرن التاسع عشر.

3- فريد آلان وولف، مع القفزة الكمومية، تر. أدهم السمان، دار طلاس، ط2، دمشق، 2002، ص 49.

إذن نموذج التداخل هو السمة المميزة للموجات. فالموجات بوسعها أن تتداخل مع بعضها البعض، وهو ما لا تفعله الجسيمات[1].

لقد توصل "أوغسطين فرينل"[2] Augustin Jean Fresnel (1788-1827) باستعمال مرآتين إلى الحصول على ما يسمى هدب التداخل les franges d'interférences، وهي المناطق المتعاقبة من الاضاءة والظلام التي تنشأ من تداخل الضوء المنسجم (أحد ألوان الطيف السبعة)، ثم فسر هذه الظاهرة في اطار النظرية الموجية، كما يلي: إذا توافقت قمة موجة مع قمة موجة أخرى تحدث اضاءة، وإذا تعاكست أي قمة مع قعر وقعر مع قمة تحدث ظلمة، ذلك لأن توافق الموجتين تُزيد من قوتهما. أما تعكسهما فيجعل الواحدة منها تُلغي الأخرى. وعندما عاد "فرينل" إلى باريس أخذ يدرس ظاهرة الحيود (الانعراج) Diffration أي خروج الضوء عن امتداده المستقيم -كما هو في تجربة الشق المزدوج. فافترض أن تواتر الاشعاع الضوئي يتم، لا في امتداد الضوء وانتشاره، بل في اتجاه عمودي على الأقل. وهذا يعني أن الموجات الضوئية عرضانية Transversales وليست طولانية Longitudinales[3]، فالأمواج التي تنتشر على سطح الماء عرضانية. لأن قطعة الفلين تعلو وتهبط في المنحنى الشاقولي عندما تمر بها الموجة وهي تسير في منحنى أفقي. أما الأمواج الصوتية فهي أشهر نماذج الأمواج الطولانية[4]. ولتوضيح أكثر نسرد تجربة الحيود: مرور الضوء في فتحتين مستطيلتين ضيقتين في حجاب (ستار) حاجز. ولتكن المسافة بين الفتحتين a وطول موجة الضوء λ. ولكن نرى كيف يتأثر الضوء بمروره في الفتحات تقيم ستارًا خلف الحاجز وعلى مسافة D منه. إذا كانت حزمة أشعة الضوء عمودية على الحاجز، فإننا نشهد على الستار نموذجًا لأهداب مضيئة ومظلمة، ويوجد في

1- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 31.

2- "أوجستين فرينل" مهندس فرنسي في القناطر والطرق، ففُصل من عمله وذهب إلى البادية وأخذ يدرس بعض مشاكل علم الضوء دون أن يكون لديه هناك ما يكفيه من الأدوات والتجهيز العلمي.

3- محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم، ص 231-232.

4- ألبرت آينشتاين، ليوبولد إنفلد، مرجع سبق ذكره، ص 81.

الوسط هدب مضيء وتوازيه أهداب أخرى مضيئة تفصل بينها أهداب مظلمة. فإذا كان طول الموجة λ صغيرا بالنسبة إلى المسافة a بين الفتحتين فإن المسافة بين كل هدبين مضيئين تكون $\frac{D\lambda}{a}$ على وجه التقريب[1].

رغم ما أثبتته النظرية الموجية إلا أن النظرية الجسيمية ظلت تلازمها وهذا من خلال تجربة الفيزيائي الفرنسي "فرنسوا آراجو" François Arago (1786-1853) الذي قام بوضع مصدران نقطيان للضوء أحدهما بالقرب من الآخر ويعلوه رأسيًا، وأمامهما مرآة تدور حول محور رأسي. يُضاء المصباحان في لحظة واحدة. تمر الأشعة الصادرة من النقطة العليا خلال أنبوبة ممتلئة بالماء، أما الأشعة الصادرة من النقطة السفلى فتصل إلى المرآة دون أن تمر في طريقها بغير الهواء. وافترض أن المرآة تدور من اليمين إلى اليسار بالنسبة إلى الملاحِظ. إذا كانت نظرية الانبعاث (نظرية الجسيمات) صحيحة، أي إذا كان الضوء مادة، فسوف تبدو النقطة العليا على يسار النقطة السفلى (بعد انعكاسها على المرآة). وعلى العكس من ذلك سوف تبدو على يمينها إذا كان الضوء هو نتيجة انتشار ذبذبات خلال الوسط الأثيري. ثم فسر: عندما تظهر صورة النقطة العليا على يسار النقطة الأخرى، يكون الضوء مادة، أما في حالة العكس تظهر صورة النقطة العليا إلى اليمين، فيكون الضوء موجة. ثم قام الفيزيائي الفرنسي "ليون فوكو" Léon Foucault (1819-1868) بإجراء التجربة بالفعل، وجد أن صورة النقطة العليا تظهر إلى اليمين. وقد استخلص من هذه النتيجة (طبقًا لحجة آراجو المنطقية) أن الضوء لا يتكون من جسيمات متحركة. ولا يمكننا طبعًا أن نستنتج أن الضوء هو حركة موجية خلال الوسط لأننا لا نستطيع أن نثبت أن هذه النظرية هي البديل الوحيد لنظرية الجسيمات. ومن ناحية أخرى لم تُوضع نظريات أخرى سوى نظرية التموج في الشكل الذي وضعه "يونج" و"فرينل" وهي: الضوء هو انتشار موجات

1- فيليب فرانك، فلسفة العلم الصلة بين العلم والفلسفة، تر. علي علي ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، ط1، 1983، ص 251-252.

مُستعرضة خلال وسط مرن. ومن ثم فإن تجربة "فوكو" (1850) تُعتبر من العلمية تثبيتًا أكيدًا لنظرية التموج لـ"يونج" و"فرينل"[1].

ظلت نظرية الموجية للضوء مقبولة بوجه عام بعد تجربة "فوكو" عام 1850، مع إدخال تعديل واحد هو أنه بعد أعمال الفيزيائي الأسكتلندي "جيمس كلارك ماكسويل" James Clerk Maxwell (1831- 1879) والفيزيائي الألماني "هاينريش رودولف هرتس" Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) حلت الذبذبات الكهرومغناطيسية محل الذبذبات المرنة. وفي عام 1902 أجريت تجربة حاسمة يمكن أن تحكم بين نظريات الجسيمات ونظرية الموجية في الضوء. لم يكن مبدع هذه التجربة الفيزيائي الألماني الجنسية "فيليب لينارد" Philipp Eduard Anton von Lenard (1862-1947) مدركًا لأهمية تجربته كما فعل سابقه "آراجو". وفي الواقع أن تجربة "لينارد" لم تُعرف على أنها تجربة حاسمة إلا في سنة 1905 بفضل "ألبرت آينشتاين" Albert Einstein (1879-1955)[2]، فوجد "فيليب لينارد" أن الطاقة التي يمتصها السطح تظل دائمًا أعلى من مستوى معين، وهي طاقة «جسيم ضوئي» واحد. وتقتضى نظرية الموجية بأن هذه الطاقة تتناقص إلى الصفر عندما تتزايد المسافة بين الستار ومصدر الضوء. وقد بينت تجربة "لينارد" بطريقة جازمة أن الحد الأدنى للإشعاع الذي يمتصه الستار عندما تزيد المسافة (بين مصدر الضوء والستار) لا يتوقف على هذه المسافة وإنما يتوقف فقط على لون (تردد) الضوء.

استبعدت هذه التجربة نظرية الموجية في شكلها الكلاسيكي الذي وصفه "فرينل"، وأثبتت إمكانية وجود نظرية الجسيمات[3]. ونظرية الجسيمات التي تفترضها هذه التجربة لا تحتوي على أية قوانين تجذب الجسيمات إلى المادة طبقًا لها، خلافًا لنظرية "نيوتن"، ولكنها تفترض فقط أن هذه الجسيمات تتحرك في الفراغ في خط مستقيم.

1- المرجع نفسه، ص 245-246.

2- المرجع نفسه، ص 248.

3- المرجع نفسه، ص 249.

وتبين تجربة "لينارد" أن الضوء عندما ينبعث من المصدر، ويسقط على السطح المعدني لتنبعث منه إلكترونات ضوئية، فإنه في الواقع يتبع هذا التموج. فبينما تُستبعد النظرية الموجية، وتتأكد النظرية الجسيمية بمعنى أن الضوء ينبعث من المصدر بحزم معينة سميت «كمات ضوئية» أو «فوتونات». والتجربة وحدها هي التي تُبيِّن أن الضوء ينبعث كحشد من الجسيمات، لكن حركة هذه الجسيمات لا يجب أن تخضع لقوانين "نيوتن" لكي تتفق مع تجربة "آراجو" الحاسمة. ولكن يغير "آينشتاين" النظرية الموجية في أضيق الحدود، افترض أن الضوء يجب أن يُبقي حركة موجية (الآن موجات كهرومغناطيسية) إلا أن الطاقة ليست مُوزعة في الموجة توزيعًا مُتجانسًا. وأن طاقة كل حزمة تتناسب مع تردد[1] الضوء: $E = \hbar\nu$ [2]، E هي طاقة الحزمة الواحدة، $\boldsymbol{\nu}$ يعني تردد الضوء المفترض أنه أحادي اللون، $\hbar$ «ثابت بلانك». فالوصف الذي قدمه "آينشتاين" للضوء كان مختلفًا جدًا عن التصور المألوف عن الموجات منذ "هويجينز". ولذا كان بالإمكان تفسير الضوء إما حركة موجية كهرومغناطيسية، كما ساد الافتراض منذ ابحاث "ماكسويل" و "هيرتز"، وإما يتركب من «كموم ضوئية» منفصلة، أو من «حزمات من الطاقة» تتحرك في الفراغ بسرعة عالية[3].

ثانياً: نظرية الكوانتم الحديثة

1- بداية نظرية كوانتم حديثة

كانت نظرية "بلانك" على تناقض مع النظرية الموجية الكلاسيكية لكنها تتنبأ بشكل صحيح سلوك الاشعاع الصادر عن الأجسام الساخنة، كانت الفكرة الجديدة هي أن جزيئة مهتزة تصدر اشعاعًا فقط عندما تتغير سويتها الاهتزازية من سعة (مستوى) اهتزازية معينة

1 - التردد في الموجات المائية هو عدد الموجات التي تعبر كل ثانية، وذلك فإن سرعة الموجة، أو السرعة التي تتقدم بها كل قمة من قمم الموجات تساوي طول الموجة مضروب في التردد.

2 - فيليب فرانك، مرجع سبق ذكره، ص 250.

3 - فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، تر.صلاح حاتم، دار الحوارللنشر والتوزيع، ط1، اللاذقية، 2011، ص 20.

إلى سعة أخرى، لكن ذلك يخالف النظرية الكهرومغناطيسية، التي تقول أن كل جزيئة مشحونة مهتزة تصدر موجة كهرومغناطيسية مستمرة خلال كامل الزمن الذي تهتز فيه. سار "بلانك" أبعد من ذلك حين جزم على أن الجزيئة المشحونة المهتزة لا تُغير من سعتها الاهتزازية تدريجيًا من حالة ابتدائية ما إلى حالة نهائية، لكنها بدلاً من ذلك تقفز آنيًا من الحالة الابتدائية إلى الحالة النهائية. تُدعى مثل هذه الانتقالات المُباغتة والمُتعلقة بالقفزات الكوانتية (الكمومية).

وجد "بلانك" أنه لكي تقود نظرية إلى تنبؤ صحيح لمنحنيات اشعاع للأجسام المُسخنة، هناك حاجة لافتراض اضافي، هو أن طاقة الاشعاع الصادر خلال قفزة كمومية يكون متناسبًا مع اهتزاز الجزيئة المشحونة. وحتى يحصل على توافق مع التجربة الفعلية، أعطى "بلانك" لثابته التناسب ħ من الطاقة E والتواتر (التردد) $\boldsymbol{\nu}$ قيمة مقدارها $6{,}62 \times 10^{-34}$ جُول لكل ثانية، وذلك حينما يعبر عن التواتر بالوحدات المترية. وبالصيغة الرياضية $E = \hbar\nu$ وهي العلاقة التي تعتبر فاتحة التطور في الفيزياء الحديثة.

أدرك "آينشتاين" قبل الجمع عندما كان يحلل معادلة "بلانك"، أنه إذا كان الاشعاع يصدر لحظيًا فقط خلال قفزات كوانتية، عندئذٍ يجب أن يصدر الاشعاع ذاته على شكل حِزم بدلاً من صدوره على شكل موجات مستمرة طويلة. هكذا نشأت فكرة «الفوتون»، وهي الفكرة القائلة بأن طاقة الاشعاع الكهرومغناطيسي يتألف من جسيمات ضئيلة، أو من فوتونات[1].

توافقًا مع النظرية الجديدة، لن يكون الاشعاع الصادر موجة بل سيكون جسيمًا صغيرًا أو فوتونًا. وقد أقرن "آيشتاين" تواترًا لهذا الفوتون طِبقًا لعلاقة "بلانك"، وبتعبير آخر، في النظرية الكوانتية للاشعاع فإن جسيمًا مشحونًا مُهتزًا يصدر إشعاعًا كهرومغناطيسيًا فقط عندما يقوم بقفزة كوانتية بشكل آني من حالة اهتزازية إلى حالة اهتزازية أخرى. وعادة ما

1- جهاد ملحم، الفيزياء وقضايا العصر،دار الحوار للنشر والتوزيع، ط1، اللاذقية، 2012، ص 155.

يظهر الاشعاع الصادر على شكل جسيمات ضئيلة، أو فوتونات تتناسب طاقتها مع تواترها[1].

2- الظاهرة الكهروضوئية

قدم "آينشتاين" تفسيرًا مُتماسكًا للظاهرة الكهروضوئية مبنيًا على نظرية "بلانك" الكوانتية الجديدة بدلاً من النظرية الموجية الكهرومغناطيسية التقليدية. علمًا أن الالكترون في معدن ما يكون مُرتبطًا بهذا المعدن بحيث يقتضي انتزاعه منه أن يتسلم طاقة من مصدر ما. لو لم يكن هذا صحيحًا، لكان على سطح المعدن أن يقذف الالكترونات تلقائيًا وباستمرار، حتى أقل الالكترونات ارتباطًا إلى المعدن، أي تلك التي تكون أقرب إلى السطح وتمتلك طاقة ابتدائية كافية، تحتاج إلى دفعة صغيرة من الخارج للهروب من المعدن (للانتزاع). من أجل معدن معين، يمكن الكشف تجريبيًا مقدار طاقة الدفع اللازمة لنزع أحد الكتروناته[2]. ولكن إذا غُيِرت طول موجة الضوء المُسلط على المعدن، بحيث تُستعمل على التتابع أشعة x ثم الأشعة فوق البنفسجية، ثم الأشعة المرئية (ألوان طيف الشمس)، وبعبارة أخرى إذا زاد طول الموجة، وبالتالي في قوة الضوء، فلاحظ الفيزيائيين أنه كلما زاد طول الموجة قل عدد الالكترونات المنتزعة (المقتلعة) من المعدن. وبما أن ازدياد طول الموجة يعني انخفاض التردد، فإن ذلك يعني أنه: كلما انخفض التردد قل عدد الاكترونات، وكلما زاد زادت. وهكذا فإذا استعمِلت أشعة x ، وهي ذات موجات صغيرة جدًا، وتردد كبير، اندفعت الالكترونات بكثرة وبسرعة، أما إذا استعمِلت الأشعة فوق البنفسجية (موجاتها أطول من موجات أشعة x وبالتالي فهي أضعف ترددًا) فإن عدد الالكترونات، التي ستُنتزع من المعدن سيقل. وهذا شيء غريب حقًا. وواضح أن وجه الغرابة هنا، هو أن الشُعاع الضعيف مثل أشعة x أو الأشعة فوق البنفسجية (ضعيف بمعنى أن موجته صغيرة جدًا إلى درجة أنه لا يُرى بالعين)

1- المرجع نفسه، ص 156.

2- المرجع نفسه، ص 154.

ينتزع من المعدن عددًا من الإلكترونات، في حين أن الشُعاع القوي، مثل الضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء (موجاتها أطول)، لا يُنتزع من المعدن أية إلكترونات[1].

فالنظرية التي تتواءم مع هذه النظرية هي النظرية الجسيمية، لأن الضوء يتكون من حبات أي فوتونات، وبمعنى آخر أن شعاع الضوء تيار من الحزم الجسيمية والتي أطلق عليها الكيميائي " جلبرت لويس" Gilbert N. Lewis اسم فوتونات[2] [3]، بحيث يُنتزع إلكترون واحد من المعدن، وانتزاعه يتطلب طاقة، لابد من مجهود يُصرف في عملية الانتزاع هذه. وهذا المجهود أو الطاقة المطلوبة، هو الفوتون. فعندما يصل الفوتون إلى المعدن يصطدم مع إلكترون حر(يُترك بحُرية)، فيدفعه بقوة الاصطدام إلى المعدن الآخر، وبتعبير آخر: إن الإلكترون يستولي على كوانتم الطاقة الذي يلتقي معه، فيُضيف إلى قوته الذاتية قوة جديدة اضافية، فيُصبح متوفرًا على قدر من الطاقة أكبر، ويستطيع بالتالي الانفلات (الهروب) من المعدن بسرعة معينة. فالظاهرة تتوقف على تردد الاشعاع[4]، أي على طاقة الفُوتونات، لا على قوة الضوء أو ضُعفه. ولتقريب هذه الصورة أكثر إلى الأذهان، بالقول – مع "آينشتاين"– إن أمواج البحر لاتنتزع من الجدار المصنوع من الإسمنت والذي تتلاطم عليه في الشاطئ، أية حجارة، مهما كثرت هذه الأمواج... أما إذا تعرض الجدار المذكور إلى وابل من الرصاص، فإنه لابد أن تُحدث فيه ثُقوب، أي لابد أن تُنتزع منه أجزاء مُعينة وستكثر هذه الأجزاء، وتزداد سرعة انطلاقها من الجدار إذا استعملنا أسلحة أقوى: رشاشات

1- محمد عابد الجابري ، مدخل إلى فلسفة العلوم، ص 370-371.

2- لم يظهر الاسم «فوتون» للدلالة على جسيمة الضوء إلا سنة 1926 بواسطة "جيلبرت لويس" في بيركلي بكاليفورنيا، ولم يصبح جزءًا من لغة العلوم إلا بعد مؤتمر سولفاي الخامس ("أرنست سولفاي" Ernest Solvay، الكيميائي البلجيكي الذي كون ثروة من طريقته في انتاج كربونات الصوديوم، ولأنه كان مهتمًا أكثر بالعلوم البحثية، قام سولفاي بتمويل ملتقيات للفيزيائيين) الذي عقد تحت عنوان «الالكترونات والفوتونات» سنة 1927.

3 - François Lurçat, Niels Bohr et la physique quantique, éd. Seuil, Oct 2001, p. 104-105.

4- يُحدِّد تردد الضوء (لونه) سرعة الالكترونات المُنْبعثة، بينما تُحدِّد شدة الضوء الكلية عدد الالكترونات المُنْبعثة.

بدل مسدسات أو مدافع بدل رشاشات، وهذا ما يدل على أن الضوء عبارة عن وابل من الفُوتُونات، وأن الفوتون هو كوانتم الوحدة للطاقة الضوئية[1].

لقد لُوحظ تجريبيًا أن سرعة الإلكترونات المُنبعثة (المُنطلقة) من المعدن تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط على المعدن. وبنفس الطريقة تقِل سرعتها إذا انخفض تردد الضوء. (بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية في الجزء المرئي من الطيف، فإن زيادة التردد يُقابلها تغير في اللون من الأحمر إلى البرتقالي إلى الأصفر إلى الأخضر إلى الأزرق إلى النيلي وأخيرا البنفسجي، والترددات الأعلى من البنفسجية ليست مرئية وتُقابل الأشعة فوق البنفسجية، وتأتي بعدها الأشعة السينية، أما الترددات الأقل من الترددات الحمراء فإنها أيضًا ليست مرئية وتُقابل الأشعة تحت الحمراء)[2]. وفي الحقيقة كلما قل تردد الضوء المستخدم سنصل إلى نقطة تقل فيها سرعة الإلكترونات المنبعثة إلى الصفر وتتوقف عملية بثها من السطح، بصرف النظر عن شدة الضوء المُبهِر المنبعث من المصدر.

نرى من صيغة "آينشتاين" أن شدة الضوء لا تُؤدي إلى زيادة طاقة الفوتونات المنبعثة منه، بل تُؤثر في زيادة عدد الفوتونات المنبعثة، أما طاقة كل فوتون فإنها تتحدد من خلال تردد الضوء (مضروبًا في ثابت "بلانك"). ومن أجل فك ارتباط إلكترون من شبكة من الذرات في المعدن يلزم استخدام حد أدنى من الطاقة، يُرمز لها بالرمز W (وهو يُقابل "الجُهد" –أي الجهد اللازم لإزاحة إلكترون واحد). وعلى ذلك إذا بلغ التردد حدًا أدنى معينًا، فإن الطاقة التي يكتسبها الإلكترون تتجاوز العتبة W، وينطلق الإلكترون. ويتحدد قانون "آينشتاين" الذي يوضح التأثير الكهروضوئي من العلاقة: $K = \hbar\nu - W$ حيث K هي طاقة حركة الإلكترون المنبعث، وهذه الطاقة تساوي طاقة "آينشتاين" $E = \hbar\nu$ مطروحًا منها الحد الأدنى اللازم لإزاحة الإلكترون. وهذه الصيغة توضح تمامًا التأثير

1- محمد عابد الجابري، مرجع سبق ذكره، ص 372.

2- برايان جرين، الكون الأنيق، الأوتار الفائقة، والأبعاد الدفينة، والبحث عن النظرية النهائية، تر. فتح الله الشيخ، المنظمة العربية للترجمة، مركز دراسات الوحدة العربية، ط1، بيروت، 2005، ص 115.

الكهروضوئي[1]، فمادامت $\hbar\nu$ أقل من W (أو $K<0$) فلا تكتسب الإلكترونات طاقة كافية من الفوتونات تمكنها من عبور السطح، وبذلك لا يحدث شيء ولكن بمجرد أن تصبح $\hbar\nu>W$، تبدأ عملية انطلاق الإلكترونات تحت وطأة الضوء المتساقط، وتزداد طاقة الإلكترونات متناسبة طرديًا مع ν[2].

تمخض قانونين هامين من خلال الدراسات المخبرية للظاهرة الكهروضوئية وهما:

أ- لأي تردد معلوم للضوء المتساقط لا تتغير طاقة الإلكترونات الضوئية، ولكن يزداد عددها متناسبًا طرديًا مع شدة الضوء.

ب- عندما يتغير تردد (ذبذبة) الضوء المتساقط (بالزيادة) لا تنطلق أية إلكترونات حتى يتم الحصول على تردد معين ابتدائي (يتوقف على المعدن). وعندما يزداد التردد بعد ذلك تزداد طاقة الالكترونات الضوئية متناسبة طرديًا مع فرق التردد المستخدم والتردد الابتدائي[3].

وفي الأخير نستطيع القول أن "آينشتاين" فسر قوانين الظاهرة الكهرومغناطيسية الغامضة، وأعطى بذلك سندًا قويًا لفكرة "بلانك" الأصلية المتعلقة بأفراد كوانتم الطاقة الاشعاعية. وكذلك ضرورة هذا التوفيق بين المظهرين الموجي والجسيمي توحي بفكرة توسيع هذا الازدواج بين الأمواج والجسيمات حتى يشمل كل عناصر المادة على الأخص الإلكترونات[4]. وهذا يؤدي بنا للوصول إلى نظرية عامة تعرف باسم «ميكانيكا الموجية».

تأكدت الطبيعة الكوانتية للضوء أكثر مع مجيء ظواهر أخرى أهمها ظاهرتان، الأولى تعرف باسم «مفعول كومبتون» نسبة إلى مكتشفه سنة 1923، العالم الفيزيائي الأمريكي، "آرتور هولي كومبتون" Arthur Holly Compton (1862-1962) والذي يوضح من

1- أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ص 105.

2- جورج جاموف، قصة الفيزياء، ص 319.

3- المرجع نفسه، ص 318.

4- لويس دي برولي، الفيزياء والميكروفيزياء، ص 187.

خلاله التصادم بين وحدات الكوانتم الضوئية (الفوتونات) والالكترونات[1]، فعندما يصطدم فوتون آشعة x إلكترونًا، يكتسب الإلكترون طاقة وكمية تحركه (زخم spin) ويتباعد بزاوية مختلفة. ويشبه هذا التصادم تأثير كرة البليار Billard المُتحركة على كرة ثابتة، ويحدث انتقال كمية الحركة بالطريقة نفسها بالضبط[2]، أي أن كوانتا الاشعاع ليس حامل للطاقة فقط، وإنما كذلك حامل لكمية الحركة المُوجهة[3]، أما بالنسبة إلى الفوتون فيفقد طاقة يعني تغيُّر تردد الاشعاع بمقدار $\hbar\nu$ التي اكتسبها الإلكترون[4]، وهذا يعني أن الفوتون يتخلى عن جزء من كمية حركته للإلكترون في الأجسام المادية[5]. وبالتعبير بلغة الكوانتم نقول: «في عملية التشتت Diffusion وهي اصطدام فوتون واحد مع إلكترونات الجزيء[6] تكون لوحدات كوانتم أشعة x التي تنحرف بزوايا كبيرة كمية أصغر من الطاقة، ومن ثم طول موجة أكبر»[7] فطاقة وكمية حركة الفوتون متغيرة، لكن غير مهملة[8] (على عكس التأثير الكهروضوئي). وارتداد الإلكترون هو نتيجة ثانوية للتشتت. وبهذا أبدت تجارب "كومبتون" تأييدًا مفصلاً لما تكهنت به الدراسات النظرية. فتجارب "كومبتون" كانت متوافقة مع هذا الوصف –الجسيمي، بحيث اتفقت تمامًا زوايا التشتت، وتغيرات طول الموجة، وارتداد الإلكترون مع فكرة أن أشعة x تأتي في شكل جسيمات طاقتها $\hbar\nu$[9].

1- جورج جاموف، مرجع سبق ذكره، ص 321.

2- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 100-101.

3 - François Lurçat, Niels Bohr et la physique quantique, p. 102.

4- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 101.

5 - Hervé Barreau, Que sais-je ? l'Epistémologie, PUF, 6 édition, 2008, p. 58.

6- فيرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، تر. محمد صبري عبد المطلب، انتصارات محمد حسن الشبكي، كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، 2009، ص 16.

7- جورج جاموف، قصة الفيزياء، ص 322.

8 - François Lurçat ,op.cit., p. 101.

9- فيرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، ص 16.

3- نظرية نيلس بور عن الأطياف الذرية

لقد أدت تجارب "رذرفورد" الشهيرة في 1911، على انكسار أشعة ألفَا المنبعثة من الأجسام المشعة في أثناء مرورها في المادة إلى إثبات أن كل كتلة الذرة تقريبًا محطتها النواة المركزية حيث تتحد مع شحنات موجبة من الكهرباء. وهنا يتكشف ميل جديد للكهرباء الموجبة في الارتباط مع المادة[1].

فوصف "رذرفورد" الذرة على أنها نموذج مصغر للمجموعة الشمسية، مجموعة من الإلكترونات تدور حول نواة متماسكة في المركز، ويجب على الإلكترون أن يستمر في حركته المدارية حول النواة كي يتجنب السقوط عليها، وهذه الصورة لا تتفق مع الميكانيكا الكلاسيكية فوفقًا لها يستمر الإلكترون يشع طاقته نتيجة لحركته المدارية، وبذا يسقط حلزونيًا بالتدريج نحو النواة التي ستمتصه في النهاية، ولذلك فالذرات ستكون تركيبات مؤقتة وأحجامها تتبدل وتتعدل باستمرار[2].

لاحظ "نيلس بور" Niels Henrik David Bohr (1885-1962) أن كمية الحركة الزاوية للإلكترون في مداره، طبقا لنموذجه عن ذرة الهيدروجين Hydrogène (H) لها نفس الأبعاد المطابقة لثابت "بلانك[3]. وللتوضيح هنا بأن حجم ذرة ما يكون حوالي 1 من عشر مليارات متر(10^{-10}م). وحجم النواة عشرة آلاف مرة أصغر (حوالي 10^{-14}م). أول مدار بعيد عنه، فلابد من ضرب حجم النواة في 100 ألف من أجل ايجاده، وكأنه ملعب كرة القدم[4]. فأفضى نموذجه إلى افتراض أن كمية الحركة الزاوية للإلكترون في مداره وهو Spin[5] فما هو هذا Spin ؟ وجود السبين طرح تقريبًا من طرف الفيزيائيين ما بين 1922

1- لويس دي برولي، مرجع سبق ذكره، ص 17.

2- جيمس جينز، مرجع سبق ذكره، ص 197.

3 - أمير آكزيل، مرجع سبق ذكره، ص51.

4- Guy Louis Gavet, La physique quantique, découvrez le comportement des atomes et voyagez dans le monde de l'infiniment petit, Eyrolles, Paris, 2014, p. 44 .

5 - في بعض المراجع يطلق عليه الزخم- العزم الزاوي- الحركة المدارية-الحركة المغزلية- اللف-.

و 1925 تبعًا لأعمال "أوتو شتارن" Otto Stern و "فالتر جيرلاخ" Walther Gerlach[1] حول مسار ذرة مقذوفة في حقل مغناطيسي مثل مسار Uhlenbeck و Goodsmit حول تحليل بعض خطوط الطيف. الوحدة S لزخم زاوي للسبين s لجسيمة يمكنها أن تأخذ إلا القيم التالية[2]، دائما مقارنة بالنموذج الكواكب، أنه يأخذ التمثيل البعيد المفترض، وهو بما أن الأرض لا تدور فقط حول الشمس، وإنما كذلك تدور حول نفسها، الإلكترون يدور بنفس الشكل الذي تدور عليه الأرض. وهذا ما اقترحه في 1925 الهولنديان "جايج أوهلنباك" George Uhlenbeck (1900-1988) و"ساميول جودسميت" Samuel Goudsmit (1902-1978): الإلكترون يملك خاصية جديدة تسمى Spin، (بالانجليزية to spin= tournoyer). هذه خاصية كوانتية. فكل الجسيمات تملك Spin. لابد أن يكون بمضاعفات عدد صحيح أو نصف العدد الصحيح بالنسبة إلى ثابت "بلانك" مقسوم على 2π[3]، أي أن:

$$mvr = n\left(\frac{h}{2\pi}\right), \left(\frac{h}{2\pi}\right), 2\left(\frac{h}{2\pi}\right), 3\left(\frac{h}{2\pi}\right),$$

حيث يرمز الطرف الأيسر إلى التعريف الكلاسيكي لكمية الحركة الزاوية (m هي كتلة الإلكترون، v سرعته، r نصف قطر مداره، n تمثل القيم التالية: 1،2،3،...). وهذا الفرض الذي مُؤداه أن كمية الحركة الزاوية هي مقدار كمي quantifié[4]، وحدة كوانتية تساوي $\frac{h}{2\pi}$ [5]، وهذا ما توصل إليه "بور".

1- استخدم "شتارن" و"جيرلاخ" في تجربتهما سنة 1922 لقياس سبين الإلكترون بين قطع الاستقطاب ممغنطة اللامتناظرة التي تنتج حقل مغناطيسي غير متجانس، وفيما بعد تنطلق إلكترونات من قذف ذرة الفضة بين قطع الاستقطاب، أختيرت ذرة الفضة لأنها تشبه نفس اللحظة الحرارية لإلكترون حر، والتي أيضا يتم التحكم فيها بكل سهولة.

2 - Alain Seret, Physique microscopique, première approche, Presses Universitaires de Liège, 2016, p. 35.

3 - Sven Ortoli, Jean-Pierre Pharabod, Le cantique des quantiques, le monde existe-il? Edition la Découverte, Paris, 2007, p. 30.

4 - أمير آكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ص51.

5 - Guy Louis Gavet, La physique quantique, p. 45 .

هذا بالنسبة إلى الطريقة الأولى التي استخدم فيها "بور" ثابت "بلانك"، أما في الثانية: افترض أن ذرة الهيدروجين أثناء انتقالها من مستوى أعلى للطاقة إلى مستوى أدنى، فإن الطاقة المنبعثة منها تكون في صورة فوتون آينشتايني واحد. وهذا ما سبق الاشارة إليه، وهو $h\,v$ (v تردد الضوء أو عدد الذبذبات في الثانية الواحدة). فانتهى إلى أن كل تردد ينجم عن إلكترون يهبط من مستوى للطاقة في الذرة إلى مستوى آخر، أدنى منه. وعندما ينتقل الإلكترون من مستوى معين إلى آخر، فإن الفرق بين الطاقة في الحالة الابتدائية والحالة النهائية يتم انبعاثه في صورة كم الطاقة. وفق علاقة رياضية[1]:

$$\mathrm{E1} - \mathrm{E2} = h\,v$$

حيث $\mathrm{E1}$ طاقة مستوى في الحالة الابتدائية للإلكترون، و $\mathrm{E2}$ طاقة مستوى في الحالة النهائية، وh ثابت بلانك، وv تردد كم الضوء المنبعث أثناء انتقال الإلكترون من مستوى الطاقة الأول إلى الثاني[2]. بحيث كلما كان قطر المدار أكبر، تعاظم قدر طاقة الإلكترون المُتحرِك فيه، حينها تمتص الذرة قدرًا من الطاقة، ويقفز الإلكترون من مدار أدنى إلى مدار أعلى، فإذا تدنى الإلكترون ثانيةً، تفقد الذرة القدر نفسه من الطاقة. غير أن حالات الامتصاص والفقد لا تحدث إلا بمقادير مثبة، تُمليها مجموعة المدارات الإلكترونية المُقيدة[3].

لقد بقيت فرضية "بور" مجرد فرضية صالحة كمنطق للبحث. ولم يكن من الممكن تحويلها إلى حقيقة علمية إلا بعد تأكدها بالتجربة، ولقد كان نجاح فرضية "بور" باقتراح "سومرفيلد" أن الذرة إذا كانت تشبه المنظومة الشمسية فيجب أن تكون مدارات الإلكترون مدارات إهليلجية لا مدارات دائرية. وبالتالي فإن نواة الذرة يجب أن توجد في أحد مركزي

1 – نيلس بور، النظرية الذرية ووصف الطبيعة، ص 36.

2 – أمير آكزيل، مرجع سبق ذكره، ص53.

3 – ديفيد لندلي، مبدأ الريبة، آينشتاين، هايزنبرج، بور والصراع من أجل العلم، تر. نجيب الحصادي، كلمة، ابوظبي، 2009، ص 74.

الإهليلج، وفقا لنظرية "كيبلر" الفلكية، وهكذا عدل "سومرفيلد" نظرية "بور" مستعينًا بنظرية النسبية في حساب طاقة الإلكترون عند انتقاله من مدار إهليجي إلى آخر، فالإلكترون لا يستطيع الانتقال من حالة قارة إلى حالة قارة أخرى إلا بواسطة طفرة[1]. إذن نظرية "بور" تعطي تصويرًا وصفيًا لا كميًا لما يحدث داخل الذرة، بأن ثمة ملمحًا جديدًا لسلوك المادة قد عبر عنه كميًا تحت الشروط الكوانتية التي ترتبط بدورها بالثنائية بين الموجات والجسيمات[2].

تبعًا لأعمال "بور" و"سومرفيلد" فالنظرية الكوانتية تسمح بإجراء ترتيب عقلي للأطياف Spectres، وتعطي قوانين الحزم الخيطية[3].

4- ميكانيكا الكوانتم

كانت ثنائية الضوء، أي معرفة أن الضوء يحوز على خواص موجية وجسيمية معًا، قد دفعت "دي برولي" عام 1924 لأن يطرح سؤالا مناظرا وهو: ألا يمكن أن تحوز الجسيمات الدقيقة خواصًا موجية إضافية إلى خواصها الجسيمية؟

من خلال مناقشات ثنائية الجسيمة-الموجة نشير إلى فكرتين رئيسيتين في هذا المجال:

- الأولى: تنطلق من أن التناقض هنا تناقض بين الصورتين الكلاسيكيتين «الجسمية والموجة»، وأن أيا منهما أن لا تساوي بالجسيم الكوانتي لأنها لا تطابقه مطابقة ملائمة واقعية، كما هو الحال في الماكروفيزياء، وأن ما يبرر استعمال هاتين الصورتين هو فقدان أنظمة ومفاهيم ملائمة للجسيم الكوانتي.

1 - محمد عابد الجابري، مرجع سبق ذكره، ص 378 - 379.

2 - فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ترجمة أحمد مستجير، المكتبة الأكاديمية، ط1، القاهرة، 1993، ص26.

3 - Antoine Grumbach, L'évolution des sciences physique et mathématique Ernst, Flammarion, 1935, p. 209.

– والثانية: تنطلق من أن للجسيم الميكروسكوبي الواحد خواصه الجسيمية الموجية، أي هي خواص متناقضة. وما لا تعتبر الجسيمة أو الموجة موضوعية ولهذا لا يستطيع أي من الجانبين لوحده استيعاب جميع خواص الجسيم الفيزيائي. وهنا يفهم النوعان من الخواص الواقعية الموضوعية للجسيم الفيزيائي الجسيمي والموجي كوحدة من الأضداد متناقضة جدليًا[1].

1.4– مبادئ ديتوش في ميكانيكا الكوانتم

أتى "فون نيومان" John von Neumann (1903–1957) في سنة 1931 بنظرية جديدة، والتي اقترح أن فضاء "هيلبرت" David Hilbert (1862–1943) يتلقى معامل هرميتي (نسبة إلى "شارل هارميت" Charles Hermite) والذي كان عاملاً رياضيًا صارمًا. والتي تختلف عن النظريات الكوانتية السابقة، فوضعت على عدد محدود من المبادئ، التي نعطيها تأويلات فلسفية مختلفة، لكن ليس بها غموض من وجهة النظر العلمية لـ "جون لويس ديتوش" Jean Louis Destouches (1909–1980)، في كتابه Que sais–je ? الذي كرسه للميكانيكا الموجية في عام 1957، آتيًا بخمسة مبادئ (التي نجدها معادلة في كل العروض الأكسيومية للنظرية الأرثوذكسية): مبدأ التطور، انطلاقًا من كل دالة موجية لميكانيكا الكوانتم هي حل لمعادلة الموجية لـ"شرودنجر"، مبدأ التكميم، الخاص بكل الكميات الفيزيائية هي مرتبطة مع معامل الذي حُدد بقيم صحيحة (نقية) propres، مبدأ التقطع الطيفي، الذي يتوافق مع الاحتمالات المتعددة بقيمها الصحيحة وهي تربيع الدالة المطلقة الخاصة بقيمها، مبدأ المبادئ الأولية، المتوافقة مع نتيجة قياس مدعوم بقيمة دالة صحيحة للمعامل المرتبط بمقدار مُقاس، أخيرًا مبدأ المعاملات المساعدة (المجتمعة)، المتوافقة بأن نستطيع تحديد المعاملات المساعدة بمختلف الكميات انطلاقًا من

1 – محمد عبداللطيف مطلب، الفلسفة والفيزياء، الجزء الثاني، الموسوعة الصغيرة، دار الحرية للطباعة، بغداد، 1985، ص 89 – 90.

العلاقات الكلاسيكية لهذه الكميات وللمعاملات المحددة للمعطيات ولكميات الحركة بشكل نظري[1].

2.4- تفسير دي برولي

خطا الأمير الفرنسي "لويس دي برولي" Louis De Broglie (1892-1987) خطوة هامة الذي قادته اهتماماته الفكرية إلى حدود الفيزياء، فيتساءل إذا كانت موجات الضوء تسلك مثل الجسيمات، فلماذا لا تسلك الإلكترونات أيضًا مثل الموجات؟

قدم "دي برولي" هذه الأفكار الحاسمة في بحثين في سبتمبر 1923، استنتج فيها طول موجة الإلكترون. وكان من رأيه أنه يمكن تأكيد فكرته، كموجة البحر عندما تصطدم بحاجز، يعني انثنائها (انحنائها) وراء الحاجز، على خلاف الحزمة الجسيمية التي تلقي ظلالاً حادة. والصوت موجات ولذلك نستطيع سماع الصوت على الجانب الآخر من زاوية البناء التي يثني حولها[2].

إن مضمون فكرة "دي برولي" أعمق في الواقع، إذ أن لحركة الأمواج سماتها الخاصة جدًا على كل من الصعيدين الفيزيائي والرياضي. فإحدى الخصائص الهامة في حركة الأمواج هي قابليتها للتداخل فيما بينها، تلك الظاهرة المألوفة لدينا جميعا في حياتنا العادية، والتي تلعب دورًا أساسيًا في الوصف الكمي للمادة وفي النتائج المريعة –التي توصل إليها الفيزيائيين– أن حوض الماء يمثل مكانًا جيدًا لملاحظة ظاهرة تداخل الأمواج على سطح الماء، فلو تم رمي حصاتين في الحوض في آن واحد، وفي نقطتين متجاورتين، فإن كل حصاة سوف تتسبب في ظهور تقاطعهما. يعود سبب هذه الظاهرة إلى أنه عندما تتلاقى المويجات وهي قممها فإنها تتضافر معًا، في حين أن التقاء قمة من الموجة الأولى مع قاع

---

1 – Hervé Barreau, op.cit.,p. 59– 60.

2 – هينز باجلز، رموز الكون، ترجمة محمد عبد الله البيومي، الدار الدولية للنشر والتوزيع، ط2،القاهرة 1989، ص 95-96.

من الموجة الثانية يجعلها تتفانيان معا (تضمحلان) ويظل سطح الماء عند نقطة التقائهما ساكنا[1].

أعد "دي برولي" حجة بديعة لكنها بارعة جمعت بين قاعدة "بلانك" الكوانتية للاشعاع ومعادلة "آينشتاين" الشهيرة $E = mc^2$ المتعلقة بالأجسام المتحركة، وقد مكنته هذه الحجة من تأمين تصور متسق منطقيًا يقيم علاقة بين طول الموجة وأي جسيم يتحرك بسرعة. كلما كان الجسيم أسرع، كان طول الموجة أقصر[2] بحيث ينطلق من هذه المعادلة –معادلة "آينشتاين"، التي تعطي $E = (mc)c$، لكتلة مضروبة في سرعتها والتي تمثل كمية الحركة p (Spin) ، يمكننا القول أن للذي للإلكترون يساوي pc ، كذلك $E = pc$.

والحالة هذه، سرعة الضوء c تساوي تردد موجته v مضروب في طولها λ ، يمكننا أن نكتب: $E = p(v\lambda)$.

بالمقارنة أننا نعرف بفضل "آينشتاين" أن الطاقة

$$E = (mc)c = pc = hv$$

فتكون: $hv = pv\lambda$ ،

الذي يعطي $h = p\lambda$ ،

كذلك يمكننا أن نجمع لكل الإلكترونات موجة الطول $\lambda = h/p$ أو $\lambda = h/mv$ (v سرعة الالكترون) والتي تبلغ حوالي مائة مرة أقل من سرعة الضوء[3]. وهذه يكافئها أيضًا $\lambda = c/v$ ، فكلما كان طول الموجة أصغر، كانت كمية حركة الجسيمة أكبر،

1 – بول ديفس، العوالم الأخرى، تر. حاتم النجدي، دالر طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق، 1994، ص 74.

2 – ديفيد لندلي، مرجع سبق ذكره، ص 152.

3 – Guy Louis Gavet, op.cit., p. 66.

ويجعل ذلك الإلكترونات التي لها كتلة صغيرة وبالتالي كمية حركته صغيرة، أكثر الجسيمات المعروفة وقتها «شبهًا بالموجات»[1].

قام "دي برولي" بفضل فرضيته السابقة، بلعبة التحويلات لهذه المسلمة بيقين، وسنلاحظ اشارته في أربع مراحل بسيطة للفهم:

1- سواء لمدار n أو nb ، عدد الموجة لكل منها طول λ ، ويمكننا كتابة ذلك كالتالي:

$$2\pi r = nb\lambda \qquad (1)$$

2- في المعادلة السابقة (1)، نعوض λ (طول الموجة لـ"دي برولي") بـ h/mv ، التي تُعطي المعادلة التالية:

$$2\pi r = nb(\frac{h}{mv}) \qquad (2)$$

3- نقسم المعادلتين السابقتين (1) و (2) على 2π ، سنحصل على المعادلة التالية:

$$r = nb(\frac{h}{mvx2\pi}) \qquad (3)$$

4- أخيرًا، يمكننا ضرب طرفي المعادلة في mv ، فنحصل على المعادلة التي وجدها "نيلس بور" حدسيًا:

$mvr = n(\frac{h}{2\pi})$ (بتعويض nb بـ n لأن nb هو عدد صحيح مضروب في n، وهو عدد المدارات).

اذن أعطى "دي برولي" صورة مختلفة جذريًا للذرة وللإلكترونات عن ذرة "بور". من أجل كل مدار ذرة، الإلكترونات ليست فقط جسيمات ولكنها أيضًا موجات مربوطة من

1- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 106.

نهايتين وتهتز بالانتظام وفق تردد الموجة والمرادفة لطاقة مختلفة[1]. هذه الموجة يسميها "دي برولي" «موجة المادة» أو «موجة استرشادية » onde pilote[2].

لقد أُثبتت وجود هذه السمة الموجية تجريبيًا، بواسطة "دافيسون" Clinton Davisson Joseph (1881–1958) و"جرمر" Lester Halbert Germer (1896–1971)، بإظهار أن الإلكترونات تملك خاصية مميزة للأمواج، وهي الانعراج (الحيود). حيث تتعرج الإلكترونات بواسطة بلورة وحيدة من النيكل[3]، فأخذا "دافيسون" و"جرمر" فرضية "دي برولي" القائلة بأن يكون الإلكترون مصحوبًا ومرفوقًا بموجة ذات طبيعة غير معروفة (غامضة)، التي أيدت العلاقة مع أدق ملاحظاتهم، والتي تُعرف منذ زمن بعيد عندما تضرب موجة أولية سلسلة من الشقوق (الفتحات) أو ذرة مُتساوية الأبعاد والتي تُعتبر موجة ثانوية... والتي تنتج على شكل تداخل متجانس على اللوح (الشاشة)[4]، وهذا ما لُوحظ في تجربة "يونج".

فما ترسخ كان ثُنائية المادة والإشعاع، وامتلاكهما سمات مميزة لكل من الأمواج والجسيمات. إن الضوء، الذي عُرف أنه يشبه أمواج، أُثبت أن له وجهًا آخر، وأنه يتصرف مثل الجسيمات، والمادة طالما عُرفت أنها جسيمات، أُثبتت أن لها وجهًا ثانيًا، وأنها تتصرف كما لو كانت موجة. ثنائية "دي برولي" للإلكترونات قُبلت بأسرع ما يمكن وبسهولة من ثنائية "آينشتاين" للفوتون[5].

---

1 – Guy Louis Gavet, La physique quantique, p. 70.

2 – Ibild, p. 74.

3 – بيتر أتكينز، اصبع غاليليو عشر أفكار عظيمة في العلم، تر. خضر الأحمد، أكاديميا أنترناشيونال، بيروت، 2009، ص 282–283.

4 – François Rothen, Aux limites de la physique: les paradoxes quantiques, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2015, p. 73.

5 – François Lurçat, op.cit., p. 104.

وهذا كله بفضل اشتقاقات "دي برولي" عدد من الصيغ الرياضية الخاصة، من أجل موجاته الاسترشادية، فتوصل إلى معادلته التي أضافت دفعًا قويا للعلم.

3.4- تفسير شرودنجر

لقد تحمس "أرفين شرودنجر" Erwin Schrödinger (1887-1961) لمعادلة "دي برولي"، وصاغ معادلة لموجات المادة والتي أثبت أن القواعد الغامضة التي تخضع لها ذرات الهيدروجين -لـ"بور"- ما هي إلا نتيجة طبيعية لهذه المعادلة، وهكذا استطاع الفيزيائيون لأول مرة من أن يخرجوا بصورة مفصلة عن جوف ذرة الأوكسجين ومن خلالها استطاعوا التعرف على خصائص ذرات أكثر تعقيدًا بل حتى الجزيئات. وفي ظرف أشهر قليلة استطاعت تلك النظرية الكوانتية الجديدة أن تُجيب على أعقد الأسئلة المُتعلقة بالطبيعة الذرية وأن تحل ألغازًا علمية كثيرة طالما حيرت العلماء منذ عهد الاغريق، وصار من الممكن حساب حركة الإلكترونات وانتقالها بين المدارات مُطلقة دُفقات (كمات) من الطاقة أو رابطة بين الجزيئات عن طريق معادلات تفاضلية جزئية[1]. والمعروف أن هذه المعادلات نوع من المعادلات الرياضية تُحدد العلاقة بين أي كمية ومُشتقاتها، بمعنى: العلاقة بين هذه الكمية ومعدل تغيُرها، على سبيل المثال، فإن السرعة هي مُشتقة (أو مُعدل تغيُر) الموضع، فإذا تحرك شخص بمعدل 60 ميلاً في الساعة، فإن هذا يعني أن موقعه على الطريق يتغير بمعدل 60 ميلاً كل ساعة. كما أن العجلة (التسارع) هي معدل تغير السرعة (فمن يتحرك بعجلة، يكون معنى ذلك أن السرعة تزداد)، ولذلك فإن العجلة هي المُشتقة الثانية للموضع. وكل معادلة تصف الموضع، كمُتغير، اضافة إلى السرعة، هي معادلة تفاضلية، كما أن كل معادلة تربط بين الموضع والسرعة، وكذلك العجلة هي معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية[2].

1- ميشو كاكو، كون آينشتاين، كيف غيرت رؤى ألبرت آينشتاين من ادراكنا للزمان والمكان، تر. شهاب ياسين، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط2، القاهرة، 2012، ص 131.

2- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 69.

لقد قدمت معادلة "شرودنجر" توصيفًا رياضيًا، بحيث شبه الذرة بوتر الكمان عندما يهتز وأن حركة الإلكترون من مدار لآخر ذي طاقة أقل ليس سوى تغيير في النغمة. فعندما يُعاني وتر الكمان مثل هذا التغيير يُتاح له، في لحظة ما، أن يُصدر النغمتين كليهما. وهذا ناتج عن شيء معروف في تآلف الأنغام أو كما يقول المختصون العلميون، علة ظاهرة التخافُقات battement. والتخافقات بين نغمتين هي التي نسمعها ونسميها تآلفًا harmonie. ونشعر بالتخافقات وكأنها نغمة ثالثة. وتتعين الصورة الاهتزازية للتخافقات بالفرق بين التواترين (الترددين) المُتآلفين[1].

استخدم "شرودنجر" تلك الأفكار، وطور دراسته لهذه الأمواج من بعد واحد إلى ثلاثة أبعاد. بحيث تتميز موجات الالكترون في مواقع ثلاثية الأبعاد في الذرة، فهي تحُل محل المدارات في نظرية "بور"، حتى إنه في الاستخدام العادي تسمى مدارات، حتى بالرغم من أنها مفهوميًا تختلف تمامًا عن مدارات نظرية "بور"[2]. يمكن القول أنها تُشبه الأغلفة الموجودة حول النواة، أو أنها سُحب (أو ضباب) حول النواة. ففي ظل الميكانيكا الموجية يتم وصف ودراسة جميع خصائص الجسيم المادي –الالكترون، كالموضع وكمية الحركة وطاقة الحركة وغيرها عن طريق ما يُسمى بالدالة الموجية la function d'ondes. ويُرمز لها بالرمز $\psi(\vec{r},t)$ ، وهي دالة Psi في الموضع والزمن. مركبة كمية الحركة الخطية p_x لها مُعامل (مؤثر) opérateur مناظر هو $p_x = -ih\frac{\partial}{\partial t}$ ، حيث $i = \sqrt{-1}$ عدد تخيلي، نلاحظ أن المُعامل يحتوي علي عملية رياضية وهي الاشتقاق، المُعامل المناظر لطاقة الوضع (الجهد) هو نفسه، أي $\hat{V} = V$ ، مُعامل الطاقة الكلية هو $E = ih\frac{\partial}{\partial t}$.

نعلم من قوانين الفيزياء الكلاسيكية أن الطاقة الكلية لأي جسم تُساوي طاقة الحركة مُضافًا إليها طاقة الوضع (أي الحالة التي عليها): $E = T + V$

1- فريد آلان وولف، مرجع سبق ذكره، ص 87-88.

2- نيثان سبيلبرج، برايون أندرسون، أفكار سبع هزت العالم، تر.أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط3، القاهرة، 2013، ص 267-268.

نضع الآن المعاملات (المؤثرات) المناظرة لكمية الحركة والجهد والطاقة الكلية، مع استخدام $T = \frac{P^2}{2m}$ ، ثم نقوم بضرب الطرفين بـ ψ [1]:

$$ih\frac{d\psi(x)}{dt} = -\frac{h^2}{2m}\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V(x)\psi(x)$$

أو

$$ih\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t} = -\frac{h^2}{2m}\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2} + V(x)$$

إن المعادلة المناسبة هي من الدرجة الأولى بالنسبة إلى الزمن ومن الدرجة الثانية بالنسبة إلى الموضع، وبصورة بسيطة يمكننا أن نكتب:

$$H\psi(x,t) = E\psi(x,t)$$

حيث H عامل رياضي مصفوفاتي يسمى «الهاملتوني» hamiltonien الذي يسمح باستعمال المصفوفات Matrices أكثر شبهًا بمصفوفات "هايزنبرج"[2]. «الهاملتوني» يمثل في الفيزياء الكلاسيكية طاقة المنظومة، بينما في الفيزياء الكوانتية الطاقة الممكن ملاحظتها. ومضمون معادلة "شرودنجر" يوضح كالتالي: التغيُر في الموضع في لحظة زمنية يتناسب مع فعل الطاقة مقسوم على معامل التوجيه (سهم) vecteur للموضع[3]. فهذه المعادلة مُستقلة عن الزمن، وهي موضوعة في أبسط صيغها الرمزية حيث الدالة ψ هي موجة "دي برولي" الاسترشادية pilote لأي جسيم[4].

---

1 – Michel le Ballac, Physique quantique, EDP sciences, 2eme édition 2007, les Ulis, p.298-299.

2 – Guy Louis Gavet, op.cit., p. 95.

3 – Michel Bitbol, Mécanique quantique, une introduction philosophique, Edition Flammarion, 2008, p. 178.

4- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 70.

وخلاصة القول بأن معادلة "شرودنجر" برغم من أنه لم يشرح كيف صيغت معادلته، يمكن أنه صاغها بالإحساس المتتابع حتى إلى ما جاءت عليه دالة الموجة ψ التي تتوافق مع الواقع التجريبي[1]. تدل على أن الحزمة الموجية paquets d'ondes تتفتت عندما تُصيب ذرة ما، فتنقلب إلى مُويجات تتناثر في كل الاتجاهات كما يتناثر رذاذ الماء الخارج من أنبوب سقاية الحديقة عندما يضرب صخرة صماء. كانت هذه الظاهرة محيرة ولكنها لا تتفتت، بل تظل الالكترونات سليمة[2]، والنتيجة هي عند طاقة ما يكون المدار الالكتروني المصاحب ليس له الشكل الدائري الواضح أو القطع الناقص، لكنه عبارة عن «سحابة» «كثافة احتمالية» تمتد على منطقة من الفراغ ذات حجم مجهول، وحيثما كانت السحابة أكثر كثافة فاحتمال وجود الالكترون يكون أكثر، وفي المناطق ذات الكثافة الأقل تكون فرصة وجود الالكترون أقل بكثير[3].

4.4- تفسير ماكس بورن

من النتيجة التي توصلنا إليها من معادلة "شرودنجر" بفكرة الاحتمالية، نجد أن "ماكس بورن" Max Born (1882-1970) صرح وبحسم أن موجات "شرودنجر" لا تصف الالكترون بل تصف «احتمالية» وجوده وقال أيضًا: «إن حركة الجسيمات تخضع لقوانين الاحتمالات، لكن الاحتمالات نفسها لا بد أن تتناغم مع قوانين السببية»[4]. ويُفهم من هذا أن هذه الصورة الجديدة تؤكد على أن المادة توجد في شكل جسيمات لا موجات، والعلامات التي تظهر على ألواح الفوتوغرافية ما هي إلا المسارات التي تخلفها الجسيمات الدقيقة لا

---

1 - Guy Louis Gavet, op.cit., p. 95.

2- ستيفن واينبرج، أحلام الفيزيائيين بالعثور على نظرية نهائية، جامعة شاملة، تر. أدهم السمان. دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، ط2، دمشق، 2006، ص 66.

3- نيثان سبيلبرج، برايون أندرسون، أفكار سبع هزت العالم، ص271.

4 - Folsing Albrecht, Albert Einstein, Peuguin Books, New-York, 1997, p. 585, نقلاً عن: ميشو كاكو، كون آينشتاين، كيف غيرت رؤى ألبرت آينشتاين من ادراكنا للزمان والمكان، تر. شهاب ياسين، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط2، القاهرة، 2012، ص 134.

الموجات، ووظيفة الموجات هي الاشارة إلى النقاط التي يُحتمل أن توجد فيها الجسيمات[1]. (يمكننا أن نقول بعبارة أكثر تحديدًا إن التربيع المطلق لموجات "شرودنجر" $|\psi(r)|^2$ كثافة احتمال مصاحبة الالكترون مع الجسيمة: احتمال أن تكون الجسيمة سواء في حجم متناهي في الصغر dV حول r هو $|\psi(r)|^2 dV$[2].

فمحاولة "ماكس بورن" ايجاد طريقة لجمع دالة الموجة ووجود الجسيمات معًا. أدت إلى الاقرار بأن الجسيمات حقيقية، ولكنها بصورة أو بلأخرى تنقاد بواسطة الموجة وإن شدة الموجة (أو بدقة أكثر قيمة $|\psi|^2$) في أي نقطة من الفراغ هي مقياس «لاحتمال» وجود الجسيمة في نقطة محددة، لا يمكن أن نعرف بالتأكيد أين يمكن أن توجد جسيمة مثل الالكترون، إلا أن دالة الموجة تمكننا من حساب احتمال وجود الالكترون في مكان معين، في تجربة مصممة لملاحظة الالكترون[3]. والغريب في هذه الفكرة أنها تعني أن أي إلكترون قد يوجد في أي مكان على الاطلاق، وكل ما في الأمر أنه من المرجح جدًا وجود الالكترون في بعض المواقع ومن غير المرجح أبدًا وجوده في مواقع أخرى.

إذن هذا التربيع المطلق للموجة يمثل احتمالية وجود الجسيمات في نقطة محددة من الزمان والمكان. مما يدل على أن حقيقة كون الموجات تتفرق حتى تختفي بمرور الزمن لا تتعارض مع أي شيء، فهو يعني أن الالكترونات لا تتلاشى بل تنتقل وتتحرك من مكانها لكن يمكن تحديد المكان الذي كانت فيه بكل دقة، وبهذا زالت كل التناقضات التي كانت تشكك في النظرية[4].

1- ميشو كاكو، مرجع سبق ذكره، ص 134.

2 - David Sénéchal, Mécanique quantique, avril 2000, p. 16.

3- جون جربين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 137.

4- ميشو كاكو، مرجع سبق ذكره، ص 134.

ثالثاً: اللغة الجديدة للكون الذري

1- مبدأ الارتياب لهايزنبرج

إن المقدمة وهي وجهة النظر العالمية بأن الطبيعة وحياتنا نفسها مقدرة تمامًا من الماضي إلى المستقبل –لتعكس حاجة الإنسان إلى اليقين في عالم لا يقطع فيه شيء. لقد ساندت الفيزياء الكلاسيكية وجهة النظر العالمية المبنية على الحتمية، طبقاً لهذه الفيزياء تحدد قوانين الطبيعة الماضي والمستقبل إلى أدق التفاصيل وكان العالم فيها شبيها بساعة بلغت حد الكمال، من أن نعلم موضع أجزائها في لحظة معينة حتى تحدد أوصافها إلى الأبد. فالبشر لا يستطيع بالطبع أن يعلموا مواضع وسرعات الجسيمات في هذا الكون في لحظة واحدة. وبظهور تفسير "ماكس بورن" الإحصائي لدالة موجة "دي برولي" و"شرودنجر" تخلى الفيزيائيون أخيرًا عن النظرة العالمية المبنية على الحتمية للطبيعة، وتحول العالم من حتمية الساعة إلى الاعتماد على الصدفة التي تحكم لعبة «الكرة والدبابيس» التي تطلق فيها كرة على سطح منحدر لتمر بين مجموعة من الدبابيس وهي من أجهزة المقامرة. ونظرية الكوانتم، تلك النظرية الجديدة التي حلت محل الفيزياء الكلاسيكية، تعطي تنبؤات إحصائية فقط. ولكن هل من المحتمل أن توجد وراء نظرية الكوانتم فيزياء جديدة مبنية على الحتمية، تصفها نظرية تحت كمية من نوع ما، وتستخدم في تحديد العالم؟ إن هذا مستحيل طبقًا لنظرية الكوانتم. فلابد من تأييد المعرفة بالتجربة، وما أن تجرى محاولة لتحديد إحدى الكميات الفيزيائية تجريبيًا حتى يتغير نظام بقية مكونات الطبيعة عشوائيًا، فالمحاولة التي تجري لإثبات الحتمية تحدث، هي نفسها اللاحتمية. فلا توجد عشوائية كالعشوائية الكمية.

وهذه العشوائية الزائدة هي التي أدت إلى ارتداد المؤمن بالحتمية. فيفترض في الفيزياء، كما فهمت على مر القرون، أن تتنبأ بدقة بما يمكن أن يحدث في الطبيعة. ونظرية الكوانتم تحدد بدقة الاحتمالات ولا شيء غير ذلك، ويجد المؤمن بالحتمية صعوبة في أن يتخلى عن

الأمل في وجود حقيقة مبنية على الحتمية خلف الحقيقة الكمية[1]. ولكن، في الواقع أغلقت نظرية الكوانتم كل باب أمام الحتمية.

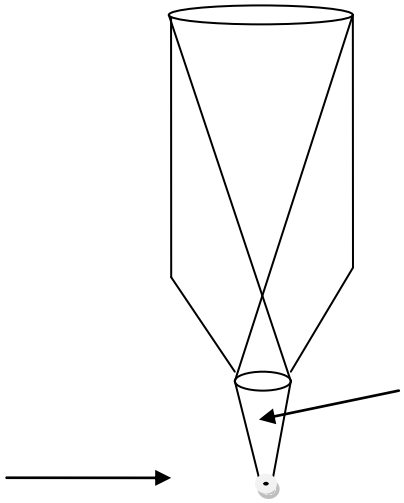
يُثار السؤال حول ماذا كان من الممكن ايجاد طريقة لإجراء القياسات على المادة للدرجة المرغوبة من الدقة دون احداث اضطراب لخطوات التجربة. قد يكون هذا الأمر صعبًا جدًا ويعني جهدًا أكبر مما تستحقه المعرفة المرغوبة، لكنه ومن حيث المبدأ أمر يجب أن يكون مفهومًا، فعلى سبيل المثال عندما يرغب الفيزيائيين في اجراء تجربة لملاحظة إلكترون لدراسة موجات الاحتمال التي تم وضعها في نظرية "شرودنجر"، فستكون هذه التجربة ذات أهمية كبيرة. فحلول معادلة "شرودنجر" مجرد احتمال ايجاد إلكترون عند نقطة ما في المكان، لكنها في الواقع تعني أن الالكترون نفسه قد انتشر في كل منطقة «سحابة» الالكترون[2]. واعتقد آخرون أنه من الممكن رؤية الإلكترون، ولو كان ذلك احتمالا فقط، عند نقطة معينة من المكان. وحتى من الممكن ربما أن يُرى الالكترون يدور بحركة مغزلية فعلاً حول محوره.

كيف لإنسان أن يرى جسيمًا من الصغر مثل الالكترون أو حتى مثل الذرة؟ يمكن للمرء، بالفعل، أن يراه بمساعدة الضوء، وذلك بحاسة البصر، لكن "فيرنر هايزنبرج" Werner Karl Heisenberg (1901–1976) كان يعلم أن رؤية شيء صغير بحجم الالكترون يستلزم مجهرًا microscope من نوع خاص. وفعلاً استخدم "هايزنبرج" سنة 1927 في تجربته للبرهنة العملية على مبدأ اللايقين، وكان مضمونها كالآتي: افترض أن جسيمًا يتحرك على بعد مسافة من المجهر تتشتت أشعته المخروطية من خلال فتحة زاوية ε. إذا كانت λ هي الطول الموجي للضوء الساقط عليها، فإن عدم اليقين في قياس الاحداثي x الموضح في الشكل طبقًا لقوانين البصريات التي تحكم تفريق أي جهاز تكون:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{\sin \varepsilon} \qquad 1-$$

1 – هينز باجلز، مرجع سبق ذكره، ص 103 – 104.

2 – نيثان سيبلبرج، برايون أندرسون، مرجع سبق ذكره، ص277.



لكن لأي قياس يمكن حدوثه فإن فوتونًا واحدًا على الأقل يجب أن يتشتت من الالكترون ويمر خلال المجهر إلى عين الملاحظ[1]، وبعبارة أخرى، يُسلط شعاع من الضوء (فوتون) على جسيم لينعكس على العدسة، ومع انعكاس شعاع الضوء من الجسيم إلى المجهر، فإنه يبذل بعض الضغط على الجسيم الساقط عليه، مما يسبب له انحرافًا عن مساره المُتوقع[2]. وهذا من جراء اصطدام فوتون ذي طول موجي قصير مع الجسيم، فإنه يستولي على جزء من كمية حركته[3] التي لا تكون معلومة بالضبط، حيث إن اتجاه تشتت الفوتون يُعين داخل حزمة الأشعة الداخلة إلى المجهر. لذلك يوجد عدم يقين كمية الحركة (الارتداد) في اتجاه x مقداره[4]:

$$2- \qquad \Delta P_x \sim \frac{h}{\lambda} \sin \varepsilon$$

1 – فيرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، تر. محمد صبري عبد المطلب، انتصارات محمد حسن الشبكي، كلمات عربية للترجمة والنشر، القاهرة، 2009، ص 28.

2- أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ص 81.

3 – بيتر أتكينز، اصبع غاليليو عشر أفكار عظيمة في العلم، ص 285.

4 – فيرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، ص 29.

بضرب المعادلتين 1 و2 نحصل على[1]:

$$\Delta P_x \cdot \Delta x \sim h$$

وإذا أردنا تقليل تأثير الضوء في الجسيم، لكي لا يتسبب في اضطراب كبير في كمية حركته، فلابد من زيادة الطول الموجي **λ**. لكن عندما يصل الطول الموجي إلى مقدار معين، فإن شعاع الضوء الداخل إلى المجهر التي يمكن الحصول عليها لناتج ضرب الموضع وكمية الحركة[2]

$$\Delta P_x \cdot \Delta x \sim h$$

وربما يظهر الاعتراض على الآتي: أن غير المعنيات للارتداد (كمية الحركة) هي سبب عدم اليقين لمسار كم الضوء (كوانتم) داخل حزمة الأشعة، وربما تبحث لتعيين المسار يجعل المجهر متحركًا ونُقيس الارتداد المستقبل من كم الضوء (كوانتم)، لكن هذا يتغلب على علاقة عدم اليقين، لأنه سيظهر مباشرة السؤال عن مكان المجهر، والمكان وكمية الحركة (العزم) سيكونان خاضعين للمعادلة:

$$\Delta P_x \cdot \Delta x \sim h$$

إن مكان المجهر لا يحتاج أخذه في الاعتبار، إذا كان الالكترون ومقياس ثابت سيلاحظان في آن واحد خلال المجهر المتحرك، وهذا سيتحمل هروبًا من قاعدة عدم اليقين. لكن الملاحظة عندئذ تحتاج آنية مسار كمّين (كوانتين) من الضوء على الأقل خلال المجهر إلى الملاحِظ –واحد من الالكترون، وواحد من المقياس– وقياس الارتداد إلى المجهر لن يكون كافيًا لتعيين اتجاه الضوء المشتت بواسطة الالكترون، وهكذا إلى ما لانهاية[3].

---

1 – Michel Bitbol, Mécanique quantique, p. 284.

2– أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ص 81.

3 – فيرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، ص 29.

نخلص بشكل عام إلى: أنه لا يمكننا معرفة موضع وسرعة الجسيمة الكوانتية في آن واحد، كما أنه خاصية بسيطة يمتلكها العالم الكوانتي وهو أننا لا نعرف في الوقت نفسه التوازن بين قوة وهشاشة القشدة[1].

يبن مبدأ "هايزنبرج" أن هذه الاحتمالات تنشأ لأن فعل الملاحظة يُشوش دومًا فعل القياس، وهذا التشويش يُولد ارتيابًا لا يمكن تجنبه في معلومات الملاحِظ الحاصلة عن الجسيم المقاس، وأفضل ما يمكن أن يفعله الملاحِظ هو وصف ما يعرف بدلالة احتمالية وليس يقينية[2]. وهذا ما يترجم قول "فولفجانج باولي" Wolfganag Ernst Pauli (1900-1958) بأنك تستطيع أن تنظر إلى الموضع أو تستطيع أن تنظر إلى كمية الحركة، لكنك لا تستطيع أن تنظر إلى الاثنين[3]، أي اللادقة Ungenauigkeit .

الحقيقة هي نتيجة رياضية لخاصية عدم الابدال المتعلقة بالمُؤثرين (العاملين) opérateurs المصاحبين لهذين النوعين من القياسات. وهذه الحقيقة، بأن موضع الجسيم وكمية حركته لا يمكن تحديدهما معًا بدقة عالية[4].

يعتمد "هايزنبرج" في صياغته لمبدأ اللايقين على تواترات (ترددات) الضوء الملاحَظ، لا على موضع وحركة إلكترون الذي لا يمكن ملاحظته ضمن ذرة غير مرئية، وهذا بفضل رياضيات العاملات (المؤثرات) **s**opérateur، لا من رياضيات الأعداد.

والعامل في الرياضيات يقوم بمهمة. إنه يُغير أو يُعدل تابعًا رياضيًا بطريقة مُعرفة. فالعامل الذي يُدعى «تربيعًا» مثلا، مهمته أن يضرب التابع الرياضي بنفسه (أي أن تسلط العامل «تربيع» على x يؤدي إلى x^2، وعندما يُسلط على العدد 5 يصنع 25 -أي 5x5،... الخ.)، ويمكن للعاملات أيضاً أن تتسلط بعضًا على بعض، فـ «التربيع» -أي

1 - Etienne Klein, Petit voyage dans le monde des quanta, Flammarion, Paris, 2004, p. 51.

2- جهاد ملحم، الفيزياء وقضايا العصر، ص 167.

3 - ديفيد لندلي، مبدأ الريبة، ص 185.

4- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 80.

25- يمكن أن يُضرب بالعدد 3، الذي يمكن اعتباره عاملاً أو عددًا على حد سواء. وهذا يصنع عاملاً جديدًا هو «3*تربيع». وعندما يتسلط «3*تربيع» على العدد 5 فإنه يصنع 75 بدلاً من 25 -أي 25x3= 75. وهكذا يمكن أن نضرب عاملين أو أكثر معًا...

فترتيب العاملات في هذه العمليات شيء مهم، فإذا كان العاملان، مثلا، هما A وB فإن $AB \neq BA$. (وفي المثال السابق نرى بسهولة، أن تسليط «علاقة*تربيع» لا يكافئ «تربيع*علاقة» لأن تسليط الأول على 5 يعطي 75 -أي 25x3= 75، في حين أن تسليط الثاني على 5 يعطي 225 -أي 75x3=225. وهكذا نرى أن «3*تربيع» لا يساوي «تربيع*3»). فهل يعني ذلك أن دنيا الفيزياء منوطة هي الأخرى بترتيب عمليات ملاحظة الأشياء؟[1]. وكل هذه الأدوات الخاصة بجبر العاملات ذات صلة بجبر المصفوفات matrices، والمصفوفة جدول أعداد الناتج عن ضرب جدول T1 في جدول T2 ، بينما لا يساوي الجدول الناتج عن ضرب جدول T2 في جدول T1 لأنها ليس تبادلية على عكس العمليات التقليدية مثل (2 x 3 = 3 x 2) فهذه المصفوفات يجب معاملتها بعناية محددة جيدًا. نأخذ على سبيل المثال ضرب الجدولين T1 و T2 التاليين:

T1				T2				
2	3	4	X	5	6	7	=	41	50	59
8	9	0		1	2	3		49	66	83
4	5	6		7	8	9		67	82	97

1 - فريد آلان وولف، مرجع سبق ذكره، ص 100-101.

T2 T1

5	6	7
1	2	3
7	8	9

X

2	3	4
8	9	0
4	5	6

=

86	104	62
30	36	232
114	138	82

إذن ضرب الجدول T1 x الجدول T2 يختلف عن ضرب الجدول T2 x الجدول T1 [1]. فالعدد 41 في الجدول الناتج عن ضرب الجدولين نتج عن (2 x 5)+(3 x 1)+(4 x 7) (ضرب كل عدد من السطر الأول من الجدول T1 في تلك في العمود الأول من الجدول T2)

هذه المعادلة أيضًا تُسمى مبدأ اللايقين principe d'incertitude، أو ببساطة «مُتباينة أو لامتساوية» "هايزنبرج" inégalités de Heisenberg. زوج «سرعة–موضع» vitèsse–position d'une particule لجُسيمة[2].

التمظهر الموجي للمادة يتحرك بفعل العلاقة بين تحديد الموضع والاندفاع في العالم المكروسكوبي، يعني أنه يستحيل قياس وتحديد الموضع والاندفاع لأي جُسيمة في الوقت نفسه. هذه اللاحتمية (اللاتحديد) صيغت بمبدأ اللايقين لـ"هايزنبرج "[3].

هذه اللادقة تعني أن تحديد الموضع وكمية الحركة في آن واحد في الفيزياء الميكروسكوبية مُستحيلة: الكميتين دائمًا مرتبطتين بالعلاقة[4]

1 – Guy Louis Gavet, La physique quantique p. 80–81.

2 – Ibild, p. 88.

3 – Walter Greiner, Mécanique quantique une introduction, Trad. Francois Jundt, avant–propos de Hubert Curien, Springer, p. 54.

4 – Ibild, p. 54.

$$\Delta P_x \cdot \Delta x \sim \pi h$$

مربع دالة الموجة $|\psi|^2$ هو احتمالية وجود إلكترون معين بوحدة الحجم في نقطة معينة. نحن لا نستطيع التنبؤ (أو مُتابعة) اتجاه إلكترون واحد في المكان والزمان.

في ميكانيكا الكوانتم توجد نهاية لا مفر منها في تحديد بعض القياسات. هذه النهاية لا تفرض التقيُد في تحديد الوسائل، لكنها تكون لاحقًا ميزة أساسية للطبيعة. إنها تُنتج معاملين: الثُنائية موجة–جُسيمة والتفاعل بين نظام المُلاحظ و وسائل الملاحظة[1].

سبب اللايقين هو أن الأدوات التي يستخدمها الفيزيائيون للقيام بالملاحظات تؤدي إلى بعث الاضطراب في نفس العلاقات التي يحاولون قياسها وهذا النوع من اللايقين يؤدي إلى ضرورة استخدام حساب الاحتمال بالأسلوب الاحصائي[2].

2- تتامية بور

اعتبر "بور" أن السبب الحقيقي وراء تسلل عدم الدقة إلى نظرية الكوانتم، والذي هو علامة خارجية عدم التطابق بين المبادئ الكوانتية والمبادئ الكلاسيكية. ولهذا رفض المزج بين مفاهيم غير قابلة للمقارنة –الجسيمات والأمواج، الصدامات الكوانتية والقدرة التبينية البصرية. إن هذا التأويل على حاله، يتسق بشكل رائع مع أفكار كان يتأمل فيها "بور" حين كان يتزلج وحيدًا في النرويج. لقد طور مبدءًا جديدًا، لم يلبث حتى سُمي بمبدأ «التتامية» complémentarité[3]، هنا نجد "بور" بأنه وضح عند قِراءته لبحث في مؤتمر دولي للفيزيائيين عُقد في «كومو» في سبتمبر سنة 1927 بمناسبة مئوية وفاة "فولتا". بأن صاحب البحث فضل استعمال مصطلح «التبادلية» réciprocité بدلاً من كلمة «التتامية»

---

1 – Doglas C.Gianedi, Physique générale 3, ondes, optique et physique modern, adaptation réaliseé par: Paul–etienne Onellette, 2eme edition, De Boeck, Canada 2004, p. 259.

2 – Sir Artur Eddigton, The nature of physical world, Macmillan .Co., New York 1933.

نقلاً عن: عبد الفتاح مصطفى غنيمة، فلسفة العلوم الطبيعية، ص 284.

3– نيلس بور، النظرية الذرية ووصف الطبيعة، ص 26.

complémentarité، للدلالة على علاقة الاستبعاد المُتبادل المميز لنظرية الكوانتم بالنسبة لتطبيق مختلف المفاهيم والأفكار الكلاسيكية. وفي الوقت نفسه، ونتيجة للمناقشات التي تلت ذلك، فقد نمى إلى علم "بور" أن المصطلح الأول قد يكون مُظللاً لأن كلمة «تبادلية» تستخدم غالبًا في النظريات الكلاسيكية بمعنى مُختلف تمامًا. أما مصطلح «تكاملية»، الذي أخذ يدخل مجال الاستخدام، فربما يكون مُناسبًا أكثر[1]، أي أن لدى الجانب الموجي والجانب الجسيمي من الأشياء الكوانتية أدورًا مُهمة لكنها متناقضة تقوم بها، وقفًا على المشكلة، قد يتبوأ هذا الجانب أو ذاك منزلة الصدارة، غير أنه لا سبيل لإغفال أي منهما كلية. إن اللايقين الذي يقول به "هايزنبرج"، فيما أكد "بور"، شاهد حقيقي على هذا التنافر المحتم[2]. وبتوضيح أكثر أن مبدأ «التكاملية» ينص على أنه على مستوى الأبعاد الذرية وأصغر من ذلك، ليس من الممكن ببساطة وصف الظواهر بالكمال المُتوقع من الفيزياء الكلاسيكية، مثل الموضع وكمية الحركة، يكون إما متناقضة أو حصرية تبادليًا، إذا كان تعريف هذه المقادير مفهوم جيدًا بمدلولات كيفية قياسها. في أي لحظة قِيست احدى الكميات بعيدًا عن مستوى معين من الدقة، تتشوه الكميات الأخرى لدرجة أن تأثير اضطراب القياس عليها لن نتمكن من قياسه دون التداخل مع القياسات الأصلية. وهذه النتيجة مُتأصلة في تعريفات الكميات التي تُقاس. ويستمر المبدأ إلى أن ينص على أن هناك غرض وتأثير، لكن أي من الكميات يمكن استخدامها في وصف علاقة الغرض والتأثير لابد من فهمها. وأشياء مثل موضع الالكترون في الذرة وكمية حركته ليست هي الكميات المناسبة للقياس، بل بالأحرى دالة الحالة (البديل والاسم الأفضل لدالة موجة الالكترون هو الذرة)[3]. وهذا ما ذهب إليه "هايزنبرج" بأن التوقعات الملاحظة بمبدأ «التتامية» يمكن أن تُوصف بصور الموجة والجسيم وكلاهما له نفس الصلاحية. هذا اللاتحديد لصورة العملية هو نتيجة مباشرة للاتحديدية لمفهوم «الملاحظة» –حيث لا يمكن أن يقرر، إلا اختياريًا، أي الأشياء تعتبر

1- ديفيد ليندلي، مبدأ الريبة، ص 186.

2- المرجع نفسه، ص 186.

3- نيثان سبيلبرج، برايون أندرسون، مرجع سبق ذكره، ص 284.

جزءًا للنظام المُلاحِظ وأيها جزء لجهاز الملاحِظ[1]. مبدأ «التكاملية» يذكرنا بحقيقة أن اتحاد السمات في الطريقة الكلاسيكية للتوصيف يظهر في نظرية الكوانتم منفصلاً، وهو ما يسمح لنا في النهاية أن نعتبر الأخير تعميمًا طبيعيًا للنظريات الفيزيائية الكلاسيكية. وأكثر من ذلك، فالغرض من مثل هذه المصطلحات التقنية هو تجنب تكرار الدوافع العامة ما أمكن، وكذلك لنتذكر باستمرار الصعوبات التي تنشأ من حقيقة أن كل تعبيراتنا الكلامية العادية تحمل بصمة الصيغ المُعتادة للمعتقدات، وذلك من وجهة النظر التي تقول إن وجود كم الفعل منطقي، وفي الواقع، نتيجة لهذه الحالة من العلاقات، تفقد حتى كلمات مثل «الكون» أو «يعرف» معناها غير غامض. وفي هذا الصدد، هناك مثال مثير للغموض الذي يكتنف استخدامنا للغة تقدمه العبارة المستخدمة للتعبير عن فشل الطريقة السببية في التوصيف، وبالذات تلك التي تتحدث عن الاختيار الحر فيما يتعلق بالطبيعة. وفي الواقع، وإذا شئنا الدقة في الحديث، فإن مثل هذه العبارة تتطلب فكرة وجود من يختار من الخارج، الذي ينكر وجوده مع ذلك استخدام كلمة طبيعة وتفاجأ هنا سمة أساسية في المشكلة العامة للمعرفة، وعلينا أن ندرك أنه، وفقًا لطبيعة المادة نفسها، فإننا نملك ملجأً أخيرًا من صورة كلامية تكون الكلمات فيها غير خاضعة للتحليل بذاتها. إذن – فعلينا في الواقع أن نتذكر أن طبيعة وعينا تتسبب في علاقة تكاملية في جميع ميادين المعرفة، بين تحليل المفهوم وتطبيقه اللحظي[2].

يؤكد "بور" على أن الصورتين الموجية والجسيمية صالحتان بالدرجة نفسها –وهما وصف يكمل بعضه للواقع نفسه. وليس كل وصف قائم بذاته كاملاً، لكن هناك ظروف تجعل من الأنسب استخدام مفهوم الجُسيمة وظروف أخرى تجعل من الأنسب استخدام مفهوم الموجة. أما الكينونة الأساسية مثل الالكترون فهي ليست جسيمة ولا موجة، لكنها تحت بعض الظروف تسلك كما لو كانت موجة، وتحت ظروف أخرى تسلك كأنها جسيمة (وهي في الحقيقة شيء زلق). ولكن لا يمكن تحت أي ظروف اختراع تجربة تظهر

1- فرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، ص 67-68.

2- نيلس بور، النظرية الذرية ووصف الطبيعة، ص 26.

الالكترون أثناء سلوكه المزدوج مرة واحدة[1]. وبفضل هذا المبدأ كان له أهمية حاسمة في تطور ميكانيكا الكوانتم. وبالارتباط مع التفسير الاستاتيكي لوظيفة الموجة، فقد شكل قاعدة لما يمكن أن نسميه بـ «تفسير» لهذه النظرية. وبعد أن تمت صياغة العناصر الأساسية للنظام المفاهيمي لميكانيكا الكوانتم، زادت امكانية تفسير النظرية على أساسها المنطقي[2]. وهكذا فإن مفهوم «التتامية» قد انبثق بفعل الحاجة إلى حل المفارقات التي وجدها "آينشتاين". تتامية الظواهر الموجية والجسيمية (مطلوب بفعل أن هذه الظواهر اقتضت من أجل اظهار شروط ذهنية متناقضة. ظهرت هنا بوضوح مذهل[3].

يرى "فيليب فرانك" أنه إذا أستخدم الكلمات بمعناها المعتاد أن نسمي هذه النصوص نصوصًا لا معنى لها، وحيث أن افتراض أن الشيء الذري يسلك مسلك «الجُسيم الحقيقي» هو افتراض غير متوائم مع الحقائق المتطورة للفيزياء الذرية فإن هذا الشيء لا يكون له موضع أو سرعة. أنه لا يستطيع قياسهما لأنهما غير موجودين. ولنفس السبب، لا يمكن اتلاف امكانية قياسهما لأن هذه الامكانية لم توجد قط. وطبقًا لمبدأ «التتامية» ليس للشيء الذري في حد ذاته موضع أو سرعة. وهذه الكلمات لا تعبر عن صفات الالكترون ولكنها تعبر عن صفات الترتيب العملي ككل، ففي نطاق ترتيب معين يمكن للإلكترون أن يكون له موضع، وفي نطاق ترتيب مختلف (متمم) يمكن أن يكون له سرعة. فإذا غيّر الترتيب فإنه يستطيع أن يُغيِّر الحالة التي يكون فيها الالكترون موضع إلى حالة أخرى يكون له فيها سرعة[4].

1- جون جربين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 236-237.

2- بيتز أتكينز، اصبع غاليليو عشر أفكار عظيمة في العلم ، ص 58.

3 - François Lurçat, op.cit., p. 149.

4- فيليب فرانك ، مرجع سبق ذكره، ص 284.

3- متناقضة EPR

كانت الفكرة الأساسية لجدل "آينشتاين" و"بور" هو استخدام الاختبارات الذهنية من نوع جديد، حيث تستخدم معلومات تجريبية لجسيمة واحدة لاستنتاج خصائص مثل الموقع وكمية الحركة لجسيمة أخرى[1]، فهذه تعرف بمسألة اللاموضعية الكمية أو التشابك أو التعالق الكوانتيenchevêtrement quantique[2] والتي هي غريبة الأمر، وبمعنى آخر، التعالق الكوانتي للموقع وكمية الحركة للجسيمتين اللتان تفاعلا في الماضي وبالتالي فهما مترابطتان[3]، مما أدى بـ"آينشتاين" إلى مقت النقص الظاهري في الموضوعية في الطريقة التي يجب أن توصف بها النظرية الكوانتية، في حين يرى "بور" أنها ليست ذات واقع فيزيائي فعلي، وأنها لا تمثل سوى ملخص "معرفتنا" المتعلقة بهذه الجملة. فيقول "بور" أن للعالم في المستوى الكلاسيكي واقعية موضوعية بالفعل بينما تفتقر حالات الجملة في المستوى الكوانتي إلى هذه الواقعية[4].

اجتمع "آينشتاين" و"بوريس بودولسكي" Boris Podolsky (1896-1966) و"ناثان روزن" Nathan Rosen (1909-1995) في بحث عرضوا فيه ما أصبح يعرف بعنوان «متناقضة EPR»، فكانت نقطة الجدل، وفقًا لـ"آينشتاين" ومساعديه، أن تفسير كوبنهاجن لابد أن يكون منقوصًا، ولابد من وجود شيء ما يجعل عمل الساعة التي تحرك الكون مستمرة، وهذا فقط ما يعطي الانطباع بعدم التيقن وعدم التنبؤ على المستوى الكوانتي خلال التعبيرات الاحصائية[5]. أراد EPR أن يوضحوا بأن نظرية الكوانتم حادث

1- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 202.

2- روجر بنروز، أبنر شيموني، فيزياء العقل البشري والعلم من منظورين، تر. عنان علي الشهاوي، دار كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، أبو ظبي، 2009، ص 83.

3- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 117.

4- روجر بنروز، العقل والحاسوب وقوانين الفيزياء، ص 334.

5- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 203.

مصطنع artefact، معضلة مركبة puzzle، ينقصها عنصر أساسي وبالتالي فهي نظرية غير كاملة[1].

تقول وثيقة EPR: تخيل جسيمتين تتداخل كل منهما مع الأخرى ثم تبتعدان عن بعضهما، ولا تتداخلان مع أي شيء آخر حتى لحظة أن يقرر الشخص الذي يجري التجربة أن يفحص إحداهما، ولكل جسيمة كمية حركة خاصة بها تقع كل منهما في موقع ما في الفضاء، وحتى بالنسبة إلى قواعد نظرية الكوانتم فإنه مسموح لنا بقياس كمية الحركة الكلية للجسيمتين معًا بدقة، بالإضافة إلى المسافة بينهما عندما كانتا قريبتين من بعضهما. وعندما نقرر قياس كمية الحركة لإحداهما بعد فترة طويلة فإننا نعلم تلقائيًا ما يجب أن تكون عليه كمية حركة الجسيمة الأخرى، حيث إن المجموع لا يجب أن يتغير، وبدلاً من ذلك نستطيع قياس الموقع الدقيق للجسيمة الأولى، وبنفس الأسلوب نستنتج موقع الجسيمة الأخرى. والآن قد ندفع بأن القياسات الفيزيائية لكمية الحركة للجسيمة A تدمر معرفة موقعها الخاص، ومن ثم لن نستطيع أن نعرف موقعها بالضبط، وكذلك بالمثل، فالقياسات الفيزيائية لموقع الجسيمة A يتسبب في اضطراب كمية حركتها، التي ستظل غير معلومة، ولكن الأمر قد يبدو مختلفًا تمامًا لـ"آينشتاين" ورفاقه ليدفعوا بأن حالة الجسيمة B تعتمد على أي من القياسين تختار أن يجري على الجسيمة A. كيف للجسيمة B أن تعرف هل يجب أن يكون لها كمية حركة محدودة بدقة أو موقع محدد بدقة؟[2] وهذا ما يتضح لـ"آينشتاين" بأن لأي مظهر من مظاهر الواقع شيئًا ما واقعيًا يجب أن تتضمنه أي نظرية جيدة عن الطبيعة، فإذا استطعنا تحديد كمية حركة الجسيمة A دون التسبب في اضطرابها، فهو عنصر للواقعية. أما الواقع فهو الفكرة الحدسية بأن شيئًا يحدث في مكان معين لا ينبغي أن يتأثر قط بما يمكن أن يحدث في موقع بعيد عنه، بطبيعة الحال فيما عدا، بث اشارة للموقع الآخر[3]، ويبدو في عالَم الكوانتم أن اجراء قياسات على جسيمة «هنا» تؤثر على شريكتها «هناك» وهذا ما يخالف

1 - Sven Ortili, Jean-Pierre, Le cantique des quantiques, le monde existe-il?, p. 52.

2- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 203-204.

3- أمير أكزيل، مرجع سبق ذكره، ص 107.

النسبية، وهو الاتصال التلقائي عبر الفضاء، وهو ما يُدعى «الفعل عن بعد»[1] أو «التأثير الشبحي عن بعد» ويعني أن بعض ذرات أجسادنا قد تكون مُتصلة عن طريق شبكة غير مرئية بذرات أخرى توجد في الجانب الآخر من الكون، بحيث تُؤثر حركة الذرات أجسادنا على حال ذرات أخرى تَبعُد عنها مسافة تُقدر بمليارات السنين الضوئية وهو ما يُناقض النسبية الخاصة أشد التناقض[2].

فخلاصة تجربة EPR أن سرعة وموضع الجسيمين «quantons» محددين قبل القياس، بسبب «مبدأ الواقعية» principe de réalité. وهذا ما هو مذكور في المقال: «إذا لم تُشوش بأي وجه على المنظومة يمكننا التنبؤ بيقين قيمة الكمية الفيزيائية، يوجد عنصر الواقعية الفيزيائية التي ترتبط بهذه الكمية الفيزيائية quantité physique»[3]. وبمعنى آخر، أن أي خاصية لنظام فيزيائي يمكن التنبؤ بها بدقة دون التسبب في اضطراب النظام هي عنصر من عناصر الواقع الفيزيائي، وكذلك الأخذ بالحسبان كل ما يصاحب الواقع الفيزيائي من عناصر[4]. فيرى EPR «اذا استطعنا دون تسبب في اضطراب أي نظام بأي شكل من الأشكال، التنبؤ بدقة (بمعنى أن الاحتمال يساوي الواحد الصحيح) بمقدار أي كمية فيزيائية. ويبدو لنا أن هذا المعيار، دون استنفاذ كل الوسائل الممكنة في التعرف على واقع فيزيائي، يُزودنا على الأقل بوسيلة واحدة منها، طالما تتوفر لها فئة الشروط اللازمة لحدوثها»[5]. اذن مضمون EPR يعتمد على تقديم وصف لحالات متعالقة (متراكبة). وهذه الحالات المتعالقة تتميز بالتعقيد، ذلك لأنها تستخدم كلا من موضع وكمية حركة (سرعة) جسيمين كانا قد تفاعلا في الماضي وبالتالي فهما مترابطان[6]. ومع أن "بور" يتوافق مع "آينشتاين" في أن نظرية الكوانتم ترى أن الكون غير منفصل. وكل ما في الكون

1- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 204.

2- ميشو كاكو، كون آينشتاين، ص 142.

3 - Sven Ortili, Jean-Pierre, op.cit., p. 53.

4- أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ص 116.

5- المرجع نفسه، ص 117.

6- المرجع نفسه، ص 117.

من كيانات معشقة بعضها في بعض في شكلية كونية معقدة، مما يعني أن تجربة EPR لم تبطل ميكانيكا الكوانتم بل أظهرت فقط ما تتميز به من جنون[1]. وبالتالي التجربة الذهنية لـ"آينشتاين" ليس لها معنى منطقي في سياق الفيزياء الكوانتية من وجهة نظر "بور" فكلا جسيمين مترابطان في نفس المنظومة[2].

فتجربة EPR لم تكن واقعية بل مثالاً آخر على أداة "آينشتاين" المُفضلة، التجارب الذهنية، كان اختبارًا لا سبيل لتخيل اجرائه في المخبر، لكنه مُتاح وفق قوانين الفيزياء. الأهم من ذلك، فيما حسب "آينشتاين"، إن قوانين الفيزياء في هذه الحالة تثبت أن التجربة سوف تُفضي إلى نتائج أفضل من تلك التي يسمح بها "هايزنبرج"[3] –لقد كانت بسيطة جدًا حال دون التشكيك فيها.

4- قطة شرودنجر

لقد تخللت نظرية الكوانتم أفكار وتصورات وتجارب افتراضية منافية للواقع ومن بين هذه التجارب التي اقترحها "شرودنجر" حيث يرى بأن نتصور حالات في غاية الهزلية، قطة موضوعة في صندوق مُغلق ومُحكم لا يمكن رُؤيتها ويحتوي كذلك على مصدر مُشع وكشاف (عداد جيجر) لتسجيل الجسيمات المشعة وزجاجة تحتوي على مادة سيانيدريك Cyanhydrique وهي غاز سام[4] لمدة ساعة واحدة فقط لتحقق فرضية 50% أن تتفكك احدى الذرات من المادة المُشعة، وإن سجل الكشاف وجود جسيمة، فإذا سجل الكشاف مثل هذا الحدث ستتكسر الزجاجة وتموت القطة، وإذا لم يحدث ستعيش القطة. وليس لدينا أي وسيلة لموجة ما حدث في التجربة إلى أن نفتح الصندوق وننظر داخله. ويحدث التفكك الإشعاعي بالصدفة البحتة ولا يمكن التنبؤ به إلا بالمعنى الإحصائي. وطبقًا لتفسير

1- ميشو كاكو، مرجع سبق ذكره، ص 142.

2 - Guy Luis-Gavet, La physique quantique, p. 127.

3- ديفيد لندلي، مرجع سبق ذكره، ص 211.

4 - Erwin Schrödinger, Physique quantique, p. 106.

كوبنهاجن الصارم، وتمامًا كما في تجربة الثقبين حيث إن الفرصة متساوية للإلكترون أن يمر خلال أي من الثُقبين، وينتج من هذين الاحتمالين المُتداخلين حالة من التطابق (التراكب)، وعليه فإنه في هذه الحالة تساوي فرصة حدوث التفكك الإشعاعي وعدم حدوثه. ويجب أن يُؤدي ذلك إلى حالة تطابق، وتتحكم في التجربة بأكملها، القطة وخلافه، «واقعية» قاعدة التطابق إلى أن ننظر إلى التجربة، وعند هذه اللحظة فقط من المُلاحظة تنهار دالة الموجة إلى احدى الحالتين، وإلى أن ننظر إلى الداخل فهناك عينة مُشعة قد تكون تفككت أو لم تتفكك وزجاجة بها سم مكسورة أو سليمة، وقطة حية وميتة[1]، وهذا يعني أن في هذه الحالة ممزوجة أو ضبابية بالتساوي[2]، أو قطة لا حية ولا ميتة. وإنه لأمر عادي أن نتصور جسيمة أولية مثل الإلكترون قد لا توجد هنا أو هناك، لكن في بعض حالات التطابق يكون الأمر أكثر صعوبة كي نتخيل شيئًا مألوفًا مثل قطة في هذا الوضع من الحياة المعلقة، فكر "شرودنجر" في هذا المثال ليثبت أن هناك عيبًا في تفسير كوبنهاجن الصارم حيث إنه من الواضح أن القطة لا يمكن لأن تكون حية وميتة في آن معًا، ولكن هل هذا أكثر «وضوحًا» من «حقيقة» أن الإلكترون لا يمكن أن يكون جسيمة وموجة في الوقت نفسه؟ وقد جرى اختبار أن الحكم بالفطرة للواقع الكوانتي لا يزال يتطلب المزيد. والشيء المُؤكد الذي نعرفه هو أن عالِم الكوانتم لا يثق بالحكم بالفطرة ويعتقد فقط في الأشياء التي نستطيع رؤيتها أو تسجيلها بأجهزتنا دون لُبس، فلن نعرف ماذا يدور داخل الصندوق ما لم ننظر فيه[3].

لنوضح أكثر تجربة "شرودنجر" من خلال اقتراح "روجر بنروز" Roger Penrose لتجربة فكرية نسخة مُشابهة لها، حيث يكون لدينا في هذه التجربة مصدر للفوتونات ومرآة نصف مَفضضة تُجزئ الحالة الكوانتية للفوتون المُصطدم بالمرآة إلى تراكب superposée لحالتين مُختلفتين، احداهما تنعكس على المرآة والأخرى تنفذ خلالها. ويوجد جهاز للكشف

1- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص225 .

2 - Erwin Schrödinger, Physique quantique, p. 106.

3- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 224-227.

عن الفوتون في مسار الفوتون المار يُسجل وصول أي فوتون بإطلاق النار من مسدس يقتل القطة. وقد يُعتقد أن القطة هي نقطة النهاية لعملية القياس، حيث إن الانتقال هنا يكون من المستوى الكوانتي إلى عالَم الأجسام القابلة للوزن والقياس عندما نجد القطة إما ميتة أو حية. لكن المشكلة هي أنه إذا أخذنا المستوى الكوانتي باعتباره الأسلوب المُلائم الحقيقي لمستوى القطط وخلافه، إذن يتعين علينا أن نعتقد أن الحالة الفعلية للقطة هي تراكب لكونها ميتة وحية في الوقت نفسه. والمسألة أن الفوتون يكون في تراكب لحالتين تتخذان طريقًا أو آخر، ويكون الكشاف في تراكب لحالتين التشغيل والتوقف، والقطة في تراكب لحالتين الحياة والموت. وهذه المُشكلة معروفة منذ زمن طويل، يستند "روجر بنروز" في شرح وجهة نظر الفيزيائيين على ملاحظة "بوب والد" Bob Wald، والتي تقول: «إذا كنت تؤمن حقًا بميكانيكا الكوانتم، فيجب ألا تتعامل معها بجدية».

انطلاقًا من هذه الملاحظة يصنف "بنروز" علماء الفيزياء إلى فئات مختلفة، وبصورة خاصة، إلى هؤلاء الذين يؤمنون بها وأولئك الذين يتعاملون معها بجدية. ولكن ماذا يعني بالفئة الثانية؟ يعني بها الفئة التي تستخدم متجه الحالة $|\psi>$ لوصف العالَم الواقعي، إذ أن متجه الحالة يعبر عن شيء واقعي. وأولئك الذين يُؤمنون حقًا بميكانيكا الكوانتم. لا يعتقدون أن هذا هو الموقف الصحيح الواجب اتخاذه تجاه ميكانيكا الكوانتم. فكان من يؤمنون بها "نيلس بور" وأتباع وجهة نظر مدرسة كوبنهاجن، لكن "بور" لم يتعامل مع متجه الحالة بجدية باعتباره وصفًا للعالَم[1].

يمكن تصور في العالَم الماكروسكوبي حالتين في حالة واحدة، مثل باب مفتوح ومغلوق في نفس الوقت، ويمكن أن تكون هنا وهناك... ويمكن أن تكون القطة حية وميتة، هذا هو مبدأ التراكب supoposition الكوانتي[2]. فهل فعلا القطة حية أم ميتة؟ من الطبيعي أن نرى هذا السؤال عدم منطقيته، وحتى إن لم نستطيع فتح الصندوق فإن المنطق يُخبرنا بأن

1- روجر بنروز، فيزياء العقل البشري، ص 90-91.

2 - Guy Louis-Gavet, op.cit., p. 100.

القطة لا بد أن تكون في واحدة من هذه الحالتين ولا يمكن أن تكون فيهما معًا، فلا شيء يمكن أن يكون حيًا وميتًا في نفس الوقت لأن هذا يُعارض كل ما نعرفه عن الكون وعن الواقع الطبيعي[1]، ولهذا نوافق "شرودنجر" على صعوبة ملاحظة الموقف. ونقول إن وجهة نظر "شرودنجر" قدمت في نظرية الكوانتم جزء من الذاتية (غياب أو حضور ملاحِظ). ليس فضولي من أجل علوم محسوبة (معتبرة) تصف الواقع الخارجي[2]. إذن فنظرية الكوانتم تقدم لنا إجابة غريبة وهي أننا لا نعرف حالة القطة، فقبل أن نفتح الصندوق تتمثل القطة لنا في صورة موجة والموجات يُضاف بعضها إلى بعض كالأعداد، وهذا يعني أن علينا أن نضيف موجة القطة الميتة إلى موجة القطة الحية، «أي أن القطة قبل فتح الصندوق ليست حية ولا ميتة»، وكل ما يمكننا قوله إنه في داخل الصندوق موجات تمثل القطة وهي حية وكذلك وهي ميتة في ذات الوقت[3]. يدل هذا الأمر على أن القطة توجد في وضعية لا معقولة والتي هي تراكب superposition لوضعية القطة حية ووضعية القطة ميتة، فهذا التناقض يأخذ بجدية طرح مشكلة القياس الكوانتي، بالفعل لا بد من أخذ الاعتبار في لحظة أو أخرى تقليص حزمة الموجة، التي مرت من تراكب الوضعيتين إلى وضعية واحدة، ولا يوجد إلا حلين[4]. فبعض الفيزيائيين يقرون بأن عقل الملاحظين هو الذي يحدد أو يضبط حزمة الموجات ويحدد حالة من الحالتين، إلا أن هذه التفسيرات ضيقة لا توضح لماذا رغم اختلاف العقول واختلاف الملاحظين يتفقون على نفس الحالة. وهذا ما يسميه البعض بـ«تداخل الذوات» concordance ذوات مختلفة. وبطريقة أخرى تصورها "برينو جاروسون" Bruno Jarrosson في كتابه «دعوة إلى فلسفة العلوم» أن القطة بدون وجود انسان يلاحِظها

1- مشيو كاكو، كون آينشتاين، ص 139-140.

2 - Etienne Klein, op.cit., p. 74.

3- مشيو كاكو، مرجع سبق ذكره، ص 140.

4 - Sven Ortoli, Jean-Pierre Pharabod, Le cantique des quantiques, le monde existe-il?, p. 71.

وملاحَظة الدليل الفتوغرافي قرن بعد ذلك. يومها يقول أن خروج القطة sort du chat بقي مُلغى طيلة هذا الوقت؟[1]

5- تفسير كوبنهاجن

تفسير كوبنهاجن لنظرية الكوانتم، الذي يُطلق عليه التفسير الأرثوذوكسي[2] ، وقد تم هذا بعد ميلاد ميكانيكا الكوانتم الحديثة في منتصف عشرينيات القرن العشرين. حيث يتزعم هذه المدرسة "بور" و"هايزنبرج"، اللذان بدأ بمفارقة، فكل تجربة فيزيائية سواء أكانت لها علاقتها بظواهر الحياة اليومية، أم بالفيزياء الكوانتية[3]، ففي الفيزياء الكلاسيكية يتصور الفيزيائيون أن منظومة أي جُسيمات متداخلة تعمل مثل الساعة بصرف النظر عما إذا كانت مراقبة أم لا، أما في الفيزياء الكوانتية فإن المُلاحِظ يتداخل مع المنظومة لدرجة أن المنظومة لا يُنظر إليها كوجود مُستقل، فإذا اختاروا قياس الموضع بدقة فإنهم يجبروا الجُسيمة أن تُطور المزيد من عدم اليقين في السرعة (كمية الحركة) والعكس صحيح، أي إذا اختاروا تجربة لقياس خصائص الموجة فأنهم يتغاضوا عن سمات الجُسيمة، ولا توجد تجربة عن سمات الجُسيمة والموجة في آن واحد. وهكذا، ويمكن في الفيزياء الكلاسيكية وصف موضع الجُسيمات بدقة في الزمكان والتنبؤ بميلها بنفس الدقة، أما في فيزياء الكوانتم فلا يمكن ذلك، وفي هذا السياق حتى الجُسيمة تُعتبر نظرية كلاسيكية[4].

استغرق الأمر وقتًا طويلاً لتطور هذه الأفكار ويستقر مغزاها، واليوم أصبحت السمات المحورية لتفسير كوبنهاجن أكثر سهولة في شرحها بمدلول ما يحدث عندما يُجري عالم ملاحظة تجريبية، **أولاً:** لا بد أن نسلم بأن مجرد ملاحظة الشيء تُغير منه، وأن الملاحِظون جزء حقيقي فعلاً من التجربة، ولا يوجد شيء مثل الساعة التي تدق سواء كان يُنظر إليها أم

---

1 - Bruno Jarrosson, Invitation à la philosophie des sciences, Ed. Seuil, 1992, p. 125.

2 - Sven Orloli, Jean-Pierre Pharabod, op.cit., p. 43.

3- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 38.

4- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 182.

لا. **ثانيًا:** كل ما يُعرف هو نتائج التجربة، يستطيع الفيزيائيين النظر إلى الذرة ليروا الإلكترون عند مستوى طاقة A ثم عند النظر ثانية يُرى الإلكترون عند مستوى طاقة B، وربما يتبادر إلى الذهن أن الإلكترون قد قفز من المستوى A إلى المستوى B لأنه نُظر إليه، ولكن في الواقع لا يمكنهم إن يجزموا بأنه هو الإلكترون نفسه، ولا باستطاعتهم الادلاء بشيء عما يحدث عندما لم يُنظر إلى الإلكترون، وما يستطيع تعلمه من هذه التجارب أو من معادلات نظرية الكوانتم أنه من المحتمل أن يصل إلى الاجابة A إذا نظر الفيزيائيين إلى نظام ما، وعند النظر مرة ثانية قد يحصلوا على الاجابة B، ولا يستطيعوا القول شيئًا عما يحدث عندما لا يُنظر إليه، أو كيف وصل النظام من الحالة A إلى B إذا حدث ذلك فعلاً؟ فما الذي يحدث بين الحالتين؟ أو كيف يحدث الانتقال من حالة إلى أخرى، وهو شيء غير ذي معنى تمامًا؟

هذه في الحقيقة سمة أساسية لعالم الكوانتم، ومن المُثير أن هناك حدودًا لمعرفة عما يفعله الإلكترون عندما لا يُنظر إليه، بل إنه شيء مثير للحيرة تمامًا عندما انكشف أنه ليست لدى العلماء أي فكرة عما يحدث عندما لا يُنظر إليه[1].

الارتياب يمنح الفرصة لنقل نتيجة الملاحظة إلى مخططات نظرية الكوانتم الرياضية ويوضع دالة احتمال يمثل الحالة التجريبية في زمن القياس بما فيه زمن الارتياب (الخطأ) الممكن للقياس.

وتمثل دالة الاحتمال هذه مزيجاً من عنصرين مختلفين، أي أن بعضه واقع، وبعضه درجة معرفتنا بهذا الواقع، الذي يعني النقص في دقة التجربة ونقص في معرفتنا بالإلكترون. صحيح أنه في الفيزياء الكلاسيكية لابد لملاحظة دقيقة أيضًا من مراعاة خطأ الملاحظة. وكنتيجة يتم الحصول عندئذ على التوزيع الاحتمالي للقيم الأولية، قيم الاحداثيات والسرعات، ثم يتم الحصول على ما هو شبيه بذلك من مثل دالات الاحتمال الخاصة بمكانيك الكوانتم.

1- المرجع نفسه، ص 182- 183.

على أن الارتياب الخاص الذي ينتج بالضرورة من علاقات اللايقين ينعدم في الفيزياء الكلاسيكية[1].

وأول ما تحددت دالة الاحتمال في نظرية الكوانتم في الزمن الابتدائي من الملاحظة كان في الامكان حساب دالة الاحتمال من قوانين هذه النظرية في زمن لاحق، وعلى هذا النحو كان في امكان المرء أن يعيّن سلفًا الاحتمال من أجل أن القياس يقدم قيمة محددة للقيمة التي يجب قياسها. وفي امكان الفيزيائيين أن التنبؤ مثلا بالاحتمال الذي سيجد به الالكترون في زمن لاحق في نقطة معينة من نقاط الغرفة الضبابية. لكن لابد من التنويه أن دالة الاحتمال لا تمثل بذاتها مجرى حوادث في الزمن. إنها تمثل ميلاً إلى حوادث أو الامكانية لحوادث أو معرفتنا بحوادث. ولا يمكن ربط دالة الاحتمال بالواقع إلا إذا حققت شرطاً جوهريًا، أي إذا تمّ اجراء قياس جديد أو مراقبة جديدة لتحديد صفة معينة للنظام. عندئذ فقط تسمح دالة الاحتمال بأن يتم حساب النتيجة المحتملة للقياس الجديد، وبالتالي فإن نتيجة القياس تتعين من جديد بمفاهيم الفيزياء الكلاسيكية. وعلى هذا يتطلب التفسير النظري لتجربة ما ثلاث خطوات متباينة تباينًا واضحًا. ففي **الخطوة الأولى** يتم نقل الوضع الأول للتجربة إلى دالة الاحتمال، وفي **الخطوة الثانية** يتم تتبع هذه الدالة تتبعًا حسابيًا بمرور الوقت، وفي **الخطوة الثالثة** يتم اجراء قياس جديد على النظام يمكن حسابه عندئذ من دالة الاحتمال. ومن أجل الخطوة الأولى تكون صلاحية علاقة اللايقين شرطاً ضروريًا. ولا يمكن وصف الخطوة الثانية بمفاهيم الفيزياء الكلاسيكية. وإنه لمُحال تعيين ما يحدث بالنظام بين الملاحظة الأولية والقياس التالي. وفي الخطوة الثالثة وحدها يمكن أن يتم التحول من الممكن إلى الواقعي[2].

ولتوضيح هذه الخطوة بتجربة أسردها "هايزنبرج" والتي جاء فيها مايلي: أن الذرة تتكون من نواة والكترونات وهذه الأخيرة تتحرك حول النواة وهذا بطبيعة الحال في مدارها،

1- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 38.

2- المرجع نفسه، ص39.

ويتم ملاحظة ذلك عن طريق مجهر يستعمل أشعة جاما وله طول موجي أصغر من كتلة الذرة، يجب أن يكفي الملاحظة –حيث أنه لم يُصمم مثل هذا المجهر في عهد "هايزنبرج". فيتساءل "هايزنبرج" حول امكانية تحقق الخطوة الأولى في هذه التجربة الذهنية، والتي هي نقل نتيجة الملاحظة إلى دالة احتمال، فيُجيب بأنها ليست ممكنة إلا إذا تحققت علاقة الارتياب (اللايقين) بعد الملاحظة. وسيكون موضع الالكترون معلومًا بدقة تعطى عن طريق طول موجة أشعة جاما. فافترض "هايزنبرج" عمليًا أن الإلكترون كان في سكون قبل الملاحظة. وفي عملية الملاحظة يجب أن يكون مرّ كوانتم ضوئي على الأقل من أشعة جاما عبر المجهر ولابد أن يكون اتحاد قبل ذلك عن الإلكترون. ولهذا تلقى الإلكترون صدمًا من الكوانتم الضوئي فيُغير كمية حركته وسرعته. وفي وسع المرء أن يُظهر أن احتمال التغيير كبير بما يكفي لكي يضمن صحة علاقة الارتياب أو اللايقين بعدم الصدام. فلابد إذن أية صعوبة في أثناء الخطوة الأولى[1].

أما في الخطوة الثانية والتي هي التتبع الحسابي لدالة الاحتمال لا تدل على حزمة موجية تدور حول نواة الذرة، بل على حزمة موجية تبتعد في حركتها عن نواة الذرة، ذلك لأن الكوانتم الضوئي الأول قد صدم الإلكترون وأبعده عن الذرة. فكمية التحرك لكوانتم جاموي هو أكبر بكثير من كمية الحركة الأصلية وبهذا يكفي الكوانتم الضوئي الأول لكي يصدم الإلكترون ويُبعده عن الذرة، ولن يعود في الامكان ملاحظة أكثر من نقطة مدار الالكترون. فلا تعارض إذن مع التجربة إذا ما قلنا: إنه لا يوجد مدارات إلكترونات بالمفهوم العادي.

والملاحظة في الخطوة الثالثة، ستُظهر إذن الإلكترون في مداره بعيدًا عن الذرة، وإنه لمُحال بعامة أن يُصف وصفًا بيِّنًا ما يحدث بين مُلاحظتين مُتعاقبتين. وطبيعي أن المرء يميل إلى القول أن الإلكترون يجب أن يكون في مكان ما في فترة ما بين كلتا الملاحظتين ولابد أن يكون تمّ وصف أي نوع من أنواع المدارات أو الطرق، حتى لو استحال اثبات هذا الطريق.

1- المرجع نفسه، ص 40.

وبذلك كان يمكن أن نُحاجج في الفيزياء الكلاسيكية عن حكمة. أما في نظرية الكوانتم فالمسألة هي أثناء ذلك مسألة سوء استعمال اللغة التي لا يمكن تسويغه[1].

إن النقطة الجوهرية في تفسير كوبنهاجن هي الفصل القاطع بين المنظومة نفسها وبين الجهاز المستخدم لقياس وضعيتها. وهنا يُلح "ماكس بورن" على أن قيم الدالة الموجية تتطور، في الزمن الفاصل بين قياس وآخر، تطورًا استمراريًا وحتميًا جدًا تفرضه نسخة مُعممة من معادلة "شرودنجر". وفي أثناء هذا التطور لا يمكن أن نقول إن المنظومة موجودة في وضعية محددة (الموضع والسرعة)[2].

من المؤكد أن تفسير كوبنهاجن صحيح من مفهوم أنه قابل للاستخدام، وأي تفسير آخر لقواعد الكوانتم لابد أن يتضمن تفسير كوبنهاجن كرؤية قابلة للاستخدام، وأنها تمكن التجريبيين من التنبؤ بنتائج تجاربهم على الأقل بالمعنى الاحصائي –وتمكن المهندسين من تصميم أنظمة الليزر العاملة والكمبيوتر وخلافه[3]. فكان تفسير كوبنهاجن بلورة للرؤية القياسية في ميكانيكا الكوانتم. وظل هذا التفسير عبر عقود مُراوغًا بقدر ما كان مؤثرًا، مؤيديه يتحدثون عن عمقه وقوته، في حين يُسلمون بالعجز عن التعبير عنه بالكلمات. هذه على وجه الخصوص هي المشكلة، فيما يقول نُقاده، لقد حصل على سلطة الأمر الواقع، رغم أنه لم يبدو أن هناك من يستطيع أن يحدد ماهيته[4]. وهذا ماأدى إلى أزمة جديدة في ميكانيكا الكوانتم وهي مشكلة القياس والتي حاول الكثير من الفيزيائيين حلها فهل فعلا حُل مشكل القياس ووصول إلى واقع حقيقي في ميكانيكا الكوانتم؟ هذا ما سنتناوله في الفصل القادم.

1- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 41.

2- ستيفن وانبرج، مرجع سبق ذكره، ص 68.

3- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص 199.

4- ديفيد لندلي، مبدأ الريبة، ص 202.

الـفـصـل الـثـالـث

أهم المشاكل الابستمولوجية في نظرية الكوانتم

المبحث الأول: نظرية القياس

المبحث الثاني : دور الملاحِظ

المبحث الثالث: دور المحيط

المبحث الرابـع: مشكلة الواقع الكوانتي

المبحث الخامس: مناقشة ابستمولوجية معاصرة خاصة بالمعرفة الناتجة عن الفيزياء الكوانتية

أولاً: نظرية القياس

1- مشكل القياس

إن دراسة الظواهر الكوانتية أمر مختلف عن الفيزياء الكلاسيكية التي لا يوجد فيها اختلاف بين الوصف لأجهزة القياس وبين الموضوعات المدروسة حول تحققها، وهذا راجع إلى أن كم الفعل يضع بعض الحدود في وصف لحالة النظام بإحداثيات الزمكان وكمية الاندفاع والطاقة[1]. فهذه لا تعطينا تسجيلات عن الحركة المستمرة، فلا وجود لهذه الحركة المستمرة، لأن اطلاق كل كمة يكسر الاستمرار، فأي ملاحظة لا بد أن تؤثر في مجرى النظام في المستقبل[2]. وبما أن الوصف المحدد للفيزياء الكلاسيكية قائم على فرضية التوافق الموجود بين الاحداثيات في الزمكان وبين قوانين حفظ الطاقة، هذا ما نجده متعلق بمشكلة المعرفة إذا كان لأي وصف أن يتلاءم دون تقييد مع الأشياء الذرية. وهذا ما أظهره الدور الأساسي للتفاعل بين الأجسام وأجهزة القياس. ولتوضيح هذه النقطة الأساسية التي كما حددها "هايزنبرج"، تعيين جسيم في زمكان محدد لتبادل الاندفاع والطاقة بين الأجهزة والجسيمة على حد تصور ميكانيكا الكوانتم بأنه أكبر من مجال المعتبر وأصغر بكثير، كانت نقطة مهمة للتحقق في أي قياس يمكننا الأخذ بعين الاعتبار هذا التفاعل الضمني للملاحظة في وصف الظواهر. هذا التساؤل أحدث نقاش حاد وأدى بالفيزيائيين إلى إعادة النظر في طرح فرضيات تأخذ بعين الاعتبار كل التفاعلات. لكن هذه الاعتبارات لم تصل إلى المطلوب كما هو في وصف عمل أجهزة القياس، بما فيه تدخل كم الفعل في كل التفاعلات الواقعة بين الأجهزة ذاتها وبين الأجسام الذرية الذي يكون جزء لا يُستهان به للظواهر[3].

---

1 - Niels Bohr, Physique et connaissance humaine, trd. De l'anglais par Edward Bauer et Roland Omnès, revue par Catherine Chevalley, Gallimard, 1991, p. 286.

2- لويس دي برولي، الفيزياء والميكروفيزياء، ص 147.

3 - Niels Bohr, Physique et connaissance humaine, op. cit., p. 286.

تحدد لدى "برنارد دي اسبانيا" عملية قياس في الفيزياء الذرية كأنها إجراء عملية وبالذات ما تكتسبه هو إذا أعدناه على نفس الموضوع وسنحصل من جديد على نفس المعطيات. هذا التحديد لعملية القياس يقدم نموذج أساسي «مُلاَحَظ» (المركز على فكرة الملاحظة). هذا النموذج لا يدفعنا للنسيان بأن المجرب الذي يستمع للعملية، بما أنه مسار فيزيائي، لمعرفة تفاعل «جسم صغير» (إلكترون، مثلا) وجهاز قياس (هذا الأخير الذي جُهز بطريقة لها شروط كافية). باختصار سمى سير هذا التفاعل، بكل بساطة المسار le processus، واحتفظ بكلمة القياس لسلسة القياس والوعي الذي يكون موضع التساؤل، تدعو فرضيته العامة إلى اعتبار أن تكون أجهزة القياس خاضعة ككل نظام لميكانيكا الكوانتم[1]. قد يسمى هذا المشكل بـ "مشكل القياس" والذي ينص على اقتراح تأويل مرضي لميكانيكا الكوانتم (وأخيرا، صياغة جديدة للنظرية)، والذي يكون متناسب مع النتائج التجريبية. وإنه يبدو مشروعا لتقديم تأويلات أخرى للنظرية. وهكذا فإن مشكل القياس قد أعتبر عموما أصل تعددية التأويلات الكوانتية[2].

بتكرار القياس نفسه مرات عديدة نحصل على معطيات قابلة للجمع الاحصائي، الذي تكون نتيجته متفقة بالضرورة مع الاحتمالات الأولية للنظرية كما فُرضت من البداية. ظهرت هذه الاحتمالات من انشائها النظري كأداة منطقية، أو لغوية. وعندها تكتسب الاحتمالات الأهمية التجريبية التي كانت تفتقدها، وتدخل المصادفة الاطار النظري. بهذا يكون قد تحقق الهدف والغاية، وهي امكان النظرية أن تقارن بالخبرة، ويكون الطريق المُوصل إلى الواقعية العيانية كاملاً إلى حد بعيد؟[3]

---

1 – Bernard d'Espagnat, Traité de physique et de philosophie, Fayard, Paris, 2002, p. 199-200.

2 – Thomas Boyer-Kassem, Qu'est-ce que la mécanique quantique ? Librairie philosophique J.VRIN, Paris, 2015, p. 47.

3– رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم، فهم العلم المعاصر وتاويله، تر. أحمد فؤاد باشا، يمنى طريف الخولي، عالم المعرفة العدد 350 أفريل 2008، الكويت، ص 270.

1.1 – التابع الموجي

نتساءل: إذا كانت الجسيمات تستطيع أن تتصرف كالموجات، فما هو الشيء الذي يتموج فيها؟

موجة مائية يمكن وصفها من خلال كمية رياضية تمثل سعة موجة الماء $\psi(x,t)$ هو تابع، أي إنه يحدد مقدار ارتفاع الموجة المائية بالنسبة إلى مستوى البحر في كل نقطة من المكان x وفي كل لحظة t. يظهر الشكل الذي يتخذه تابع الموجة المنتشرة بطريقة طبيعية، لأنه في الحقيقة حل للمعادلات التي تصف حركة الماء عندما يضطرب وتتم إهاجته. وهكذا توصف جميع الأمواج المحطمة أو الأمواج المدِّية (التسونامي) أو أي شكل من أشكال الموجات المائية وهيئاتها بمعادلة تفاضلية واحدة تحدد التابع الموجي للماء $\psi(x,t)$، أي ارتفاع أو سعة الماء عند النقطة x وفي اللحظة t. رغب الفيزيائيين بسرقة مفهوم عن الموجة مثل التابع $\psi(x,t)$ واستعماله في ميكانيكا الكوانتم. لكنهم عندما ارتكبوا هذه السرقة أُصيبوا بداية بالارتباك حول ما الذي يقوموا به فعلاً.

إنه لو كانت الالكترونات تتصرف فعلا كالموجات، فعندها لا بد من وجود معادلة موجية نصف حركتها تماما كحالة المعادلات الموجية التي تصف حركة الموجة المائية. هذا الوصف الجديد الذي أطلق عليه "شرودنجر" بـ التابع الموجي $\psi(x,t)$ لا نستطيع في ميكانيكا الكوانتم القول بأن الجسيم في لحظة t يقع في الموضع $\vec{x}$، بل بالأحرى يجب أن نقول إن الحالة الكوانتية لحركة الجسيم هي التابع الموجي $\psi(x,t)$ الذي يعطي السعة amptitude (الطويلة) الكوانتية ψ في الموضع $\vec{x}$ وعند اللحظة t[1].

لقد وجد "شرودنجر" أن التابع الموجي الذي يصف جسيمتان هو تابع مستمر في الزمكان –مثله في ذلك مثل أي موجة– ولكن القيم التي يأخذها ليست الأعداد الصحيحة

1– ليون.م. ليدبرمان وكريستوفر ت. هيل، التناظر والكون الجميل، تر. نضال شمعون، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، 2009، بيروت، ص 386–388.

المألوفة. يختلف الأمر هنا عن حالة موجة ماء –أو حالة الموجة الكهرومغناطيسية– التي تُعطي سعتها دوماً كعدد حقيقي في كل نقطة من الزمكان. في حالة الموجة المائية–على سبيل المثال– نستطيع القول إن ارتفاع الأمواج من القاع إلى الذروة يبلغ عشرة أمتار، أي إن سعة الموجة هي خمسة أمتار، وبالتالي يمكن إصدار تقرير استشاري صغير بخصوص حركة المركب. يُعبر عن سعة هنا بأعداد حقيقية يمكن قياسها من خلال أدوات وأجهزة متنوعة.

مقابل ما سبق ظهر أن القيم التي تأخذها سعة التابع الموجي الكوانتي هي أشياء تُدعى بالأعداد المركبة (العُقدية أو التخيلية)[*1] يمكن أن تقول من أجل موجة كوانتية ما إن سعتها في نقطة معينة من المكان تبلغ 3+5i حيث $i=\sqrt{-1}$، ويعني ذلك أن i هو العدد الذي إذا ضربته بنفسه فإنك تحصل على النتيجة 1−. إن الأعداد التي تتكون من أعداد حقيقية مجموع لها أعداد حقيقية مضروبة بـ i هي أعداد مركبة. وهذا ما يُلزم التابع الموجي على أن يأخذ قيماً عقدية[2].

نذكر هنا بأن العدد المركب يكون بهذه الصيغة a+ib ، حيث a و b عددان حقيقيان موجبان أو سالبان، و i عدد غير واقعي أو تخيلي يساوي $\sqrt{-1}$. إذن الأعداد الحقيقية ممثلة هندسيا مثل الأعداد الأخرى على خط مستقيم والأعداد المركبة ممثلة هندسيا على سطح متعامد له محوران متعامدان. محور أفقي لـ x الذي يمثل الأعداد الحقيقية ومحور عمودي لـ y (الذي يشكل مع محور لـ x زاوية قائمة، مساوي لـ $\pi/2$)، محور تخيلي، يعني مضاعفات i. ضرب i بعدد حقيقي a يناظر كذلك لـ دوران بـ $\pi/2$. لذا، إذا ضربنا النتيجة

1– مثال حل المعادلة $x^2=-9$، حيث $i=\sqrt{-1}$، هناك حلان للمعادلة x= 3i و x=−3i، يستطيع عندئذٍ بناء أعداد من الشكل z= a+bi، حيث a و b عددان حقيقيان، تدعي هذه الأعداد بالأعداد المركبة (العقدية أو التخيلية). نعرف المرافق العقدي لـ z بأنه العدد z*= a−bi أما طويلة (نظيم) z فهي $|z| = \sqrt{zz*} = \sqrt{a^2 + b^2}$. تمثل الأعداد المركبة (العقدية أو التخيلية) بُعدا ثانيا أو محورا عموديا على مستقيم الاعداد الحقيقية الاعتيادي، بينما يمثل محور الـ y مجموعة كل الأعداد الحقيقية مضروبة بi، وبذلك تكون الأعداد المركبة آشعة في المستوى المركب (التخيلي أو العقدي).

2– ليون.م. ليدبرمان وكريستوفر ت. هيل، المرجع نفسه، ص 388–390.

من جديد في í فإننا نعود لضرب أو مضاعفة) المعنى الابتدائي في $í^2$، في النهاية نحصل على دورة لـ π. إذن سنجد المحور الأفقي معكوس مقارنة بالأصل 0(صفر). الضرب بـ $í^2$ نعود لأخذ عدد معكوس مقارنة بالأصل 0. مثل عكس عدد حقيقي a ونظيره a− ، لدينا $aí^2 = -a$، ولذا $í^2 = -1$.

استعملت الأعداد السالبة كما هو الشأن في الأعداد المركبة، والتي تأخذ معنى هندسي بسيط بفضل هذا التفسير للأعداد المركبة. تكون الاحداثيات لنقطة $w=a+íb$ حيث a لمحور حقيقي و b لمحور تخيلي، للعدد المركب w يمكننا ربطه بعدد حقيقي: تكون طويلته (سعته) |w| والتي هي مسافة (موجية) لنقطة w بالنسبة إلى 0 في وحدة module السطح التخيلي. تسمح لنا مبرهنة فيثاغورس $c^2=a^2+b^2$ بحساب بسيط لمربع هذه الوحدة module (طويلة العمدة): $|w|^2=a^2+b^2$. لذا، يسمح هذا الرابط بين الأعداد المركبة والأعداد الحقيقية الكشف عن مبدأ السعة (الطويلة) والاحتمال في الفيزياء الكوانتية. الاحتمال يكون مساوي لمركب الوحدة (الطويلة) للعدد المركب الخاص بالسعة. إذا كان هذا العدد المركب هو w، فسوف يكون الاحتمال مساوي لـ $|w|^2$. من الطبيعي يكون الاحتمال إذا كانت $|w|^2$ محصورة بين 0 و 1، و0 مرتبط باحتمال أقل، و 1 باحتمال أقصى. إذن السعة مرتبطة بالاحتمالات دون أن تكون مماثلة لها. لماذا نسميها «سعة الاحتمال» des amplitudes de probabilité[1].

اقترح "ماكس بورن" أن مربع القيمة المطلقة (مربع الطويلة) $|z|^2$ للتابع الموجي–وهو دوما عدد حقيقي وموجب– يمثل احتمال أن تجد الجسيم في موقع معين من الفضاء وعند لحظة زمنية معطاة: $|\psi(\vec{x}, t)|$ تساوي احتمال وجود الجسيم في الموقع $\vec{x}$ وفي اللحظة t[2]. وأن قيم تابع الموجة تتطور، في الزمن الفاصل بين قياس وآخر، تطورا استمراريا

1 – Alain Séguy–Duclot, La réalité physique, Hermann éditeurs, Paris, 2013, p. 317–318.

2– ليون.م. ليدبرمان وكريستوفر ت. هيل، المرجع نفسه، ص 392.

وحتميا جدا تفرضه نسخة معممة من معادلة "شرودنجر"[1]. إن ميكانيكا الكوانتم نظرية احتمالية في جوهرها وذاتها. هناك قسم من التابع الموجي للفوتون الوحيد المنفرد ينفذ عبر الزجاج وقسم آخر ينعكس إلينا[2] –أي أن الفوتون لا ينقسم إلى قطعتين اثنتين، ولكن تابعه الموجي هو الذي فعل ذلك! فالفوتون في النهاية إما أن ينفذ بشكل قاطع أو لا، ولكننا لا نستطيع حساب إلا احتمال حصول نتيجة معينة ما لا أكثر ولا أقل[3].

ميكانيكا الكوانتم نظرية فيزيائية تعمل بشكل جيد وهو ما تؤكده التجربة العلمية والتي تفتح الطريق أمام العديد من التطبيقات التقنية، بما في ذلك التطبيقات التي تستغل التشابك الكوانتي intrication quantique. والسبب هو قدرة الفيزيائيين في التركيز على دالة الموجة الخوارزمية algorithme التي تسمح بحساب التنبؤات الدقيقة باحتمال من أجل نتائج محددة (ألا وهي، قاعدة "بورن" والتي تقول باختصار أخذ مربع دالة الموجة المحددة على فضاء رياضي مرتب لحساب احتمالات نتائج القياس). إذ يرى "ميكائيل اسفالت" Michael Esfeld الوضعية التالية: لدينا قاعدة خوارزمية algorithme التي تعمل بشكل جيد ولكن يجب أن نواجه المشكل الناشئ لفهم ما تقوله لنا هذه القاعدة الخوارزمية algorithme عن الطبيعة[4].

مبدأ التراكب: إذا كانت $|\psi_a>$ و $|\psi_b>$ حالتين كوانتيتين ممكنتين، إذن

$$|\psi> = \alpha|\psi_a> + \beta|\psi_b> \quad \text{حيث} \quad |<\psi|\psi>|^2 = 1$$

إنها حالة كوانتية ممكنة.

1- ستيفن واينبرج، أحلام الفيزيائيين بالعثور على نظرية نهائية، جامعة شاملة، تر. أدهم السمان، دار طلاس، الطبعة الثانية، 2006، دمشق، ص 68.

2- ليون.م. ليدبرمان وكريستوفر ت. هيل، المرجع نفسه، ص 393.

3- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، تر. صلاح حاتم، دار الحوار للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، 2011، سوريا، ص 47.

4 – Michael Esfeld, Physique et métaphysique, une introductions à la philosophie de la nature, Presses polytechniques et universitaires romandes, Italie, 2012, p. 108.

هذه الملاحظة لتراكب الحالات هي نقية propres بالنسبة لميكانيكا الكوانتم، وتعكس الصورة الموجية لهذه النظرية[1].

في ميكانيكا الكوانتم حالة العالم ليست محددة بالحشد essaim من الجسيمات، فلكل جسيمة موضع محدد في لحظة معطاة وأيضا بأنه متجه لحظي، لكنه جاء بتجريد رياضي، متجه خاص، ليس بثلاثة أبعاد، بل بعدد لانهائي بالإحداثيات. وللتوضيح أكثر هذه الإحداثيات هي أعداد مركبة (عقدية أو تخيلية) وليست أعداد حقيقية، عادية. هذا «الفضاء لمتجه الحالة» لعدد الأبعاد اللانهائية يسمى بفضاء هيلبرت، الحالة الوحيدة التي تمتلك القيم المحددة هي مميزة، التي نسميها «حالة نقية» état propres للمعاملات المعنية[2]. وهي الحالة التي يمكن اهمال فيها العنصر الذاتي كلياً في دالة الاحتمال بالقياس إلى العنصر الموضوعي[3].

2.1- اختزال الدالة الموجية

نجد "نيوتن" هو من بيَّن كيف يمكن استنباط قوانين "غاليلي" و"كيبلر" من قوانينه باعتبارها حالات خاصة، يطلقون فلاسفة العلوم على هذا النوع من استنباط القوانين الخاصة بإحدى النظريات من القوانين الخاصة بنظرية أخرى يطلقون عليه: «الاختزال البيني للنظريات» inter-théoriques reduction أو ببساطة: «الاختزال»، ويتطلب الاختزال أن تكون القوانين في النظرية المُخْتَزَلة مستنبطة من القوانين الخاصة بالنظرية المُخْتزِلة. فإذا كان التفسير شكلا من الاستنباط، إذن فإن رد إحدى النظريات إلى نظرية أخرى يفسر

1 - Claude Fabre, Charles Antoine, Nicolas Traps, Introduction à la physique moderne : Relativité et physique quantique, cours et exercice, Dunod, Paris, 2015, p. 175.

2 - Peter Woit, Même pas fausse ! la physique renvoyée… dans ses cordes, Trad. De l'anglais par Michel Cassé, Dunod, Paris, 2007, P. 43-45.

3- ليون.م. ليدبرمان وكريستوفر ت. هيل، المرجع نفسه، ص 394.

النظرية المُختزَلة. وفي الواقع، فإن ذلك يبين أن بديهيات النظرية الأقل أساسية هي نظريات مبرهنة théorèmes بالنسبة إلى النظرية الأكثر أساسية[1].

في الحقيقة إن الاختزال ينظر إليه على أنه العلاقة المميزة بين مجالات المعرفية بمجرد أن تكتسب صفة العلم. عندما يتم اختزال نظرية إلى نظرية أوسع وأكثر أساسية، فإن وجود النظرية المختزَلة يتم الاحتفاظ بها. والسبب في ذلك أن الاختزال أمر يتعلق باستنباط القانون في النظرية المختزلَة من بين قوانين النظرية المختزِلة. وهذا الاستنباط ممكن فقط عندما تكون مصطلحات النظريتين مشتركة[2].

واحدة من أهم القواعد التي نشرها "بور" تتعلق بقياسين متتاليين. هذه القاعدة، في أضعف صورة لها، تنص على أن احتمالات نتائج القياس الثاني يمكن حسابها «كما لو» كانت نتيجة القياس الأول قد حددت الدالة الموجية عند الخروج من جهاز القياس. والمسألة المطروحة هي الكشف عما إذا كانت الكلمة المذكورة أعلاه «كما لو» as if تخفي طريقة إجراء عملية أم واقعاً فيزيائيا. على أية حال، لقد تأكدت القاعدة ذاتها على نطاق واسع من خلال تجارب عديدة، بحيث إن صحتها لم تعد محل شك. لم يعتبر "بور" قاعدة الاختزال مجرد فرضية تجريبية، وإنما واحدة من أهم القوانين الأساسية في ميكانيكا الكوانتم –قاعدة متأصلة في الطبيعة[3] كما أنها شرطاً لازماً ومتطلباً أساسياً لأي تنبؤ.

من المعروف أن اختزال الحزم الموجية في التفسير الكوبنهاجي يظهر دائما عندما يتم الانتقال (في الصورية بصورة دائما من «خليط احصائي» mélange statistique من حالات) من الممكن إلى الواقعي، وهذا يعني انتقاء الواقعي من الممكن، وهذا يحدث في

1- أليكس روزنبرج، فلسفة العلم، مقدمة معاصرة، تر. أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، مراجعة، نصار عبد الله، المركز القومي للترجمة، القاهرة، الطبعة الأولى، 2001، ص 155.

2- المرجع نفسه، ص 156-159.

3- رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم، ص 270.

الوصف التقليدي عن طريق الملاحِظ. هذا وإن ازالة حدود التداخل عن طريق أفعال متبادلة غير محددة بين جهاز القياس والنظام وبقية العالم. إذن في الصورية صُنع الخليط شرط[1].

لقد كان المغزى من الاحتمال في عهد "نيوتن"، في الرياضيات أو في الميكانيكا الاحصائية يعبر عن قُصر مدى معرفتنا للواقع الموضوعي. لكن موجة الاحتمال التي اقترحها الفيزيائي الأمريكي "جون كريمر" John Gleason Cramer (1934–)، تعني أكثر من هذا: إنها تعني ميلا قطرياً إلى التطور أو نزوعاً نحو معرفة شيء ما. وهكذا تكون موجة الاحتمال شيئاً آخر يقع في منتصف المسافة بين فكرة الحادث (قبيل وقوعها) وبين الحادث الواقع نفسه. إن الاحتمال –نوع عجيب من الحقيقة الفيزيائية يتوسط بين الامكانية والواقع[2]. والتفسير الذي طرحه "كريمر" J. G. Cramer للفيزياء الكوانتية مرده أن تفسير كوبنهاجن يشكو من خطأ خطير لأنه يفشل في معالجة موضوع اختزال réduction الموجة الكوانتية بفعل الملاحظة. فقبل اجراء أي قياس على المنظومة الفيزيائية كانت المنظومة تُعدّ موجودة في حالة كوانتية تتمثل بصيغة رياضية اسمها تابع الموجة الكوانتي. وعند ما تحدث الملاحظة يقال عن تابع الموجة الكوانتي إنه اختزل من «موجة الاحتمالات كلها» إلى واقع مؤكد مفرد.

هذا ليس صحيحا فحسب، بل إن حساب احتمال حدوث هذا الاختزال –احتمال الحادث المشارك لهذا الاختزال– يقتضي ضرب الموجة بموجة مرتبطة بها رياضيا تسمى المُزاوج العقدي conjugale complexeé أي، بتعبير آخر، أن الموجة ومُزاوجها (مايسميه الرياضيون أعداد مركبة) يجب أن تشكلا حاصل ضرب كي يستطاع تعيين الاحتمال الفعلي لوقوع الحادث[3]. إن الموجة المُزاوجة لم تُعطي حتى الآن أي معنى فيزيائي. فالموجة المُزاوجة تتحرك بشكل تقهقري عبر الزمن وتتفاعل مع الموجة الأصلية بضرب شكليهما

1– فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 159.

2– السيد شعبان حسن، برونشفيك وباشلار بين الفلسفة والعلم، دراسة نقدية مقارنة، دار التنوير، ص 92.

3– فريد آلان وولف، مع القفزة الكمومية، تر. أدهم السمان، دار طلاس، الطبعة الثانية، 2002، دمشق، ص 235.

الموجيين أحدهما بالآخر. يسمي "كريمر" الموجة الأصلية باسم الموجة المطلوقة والموجة المُزاوجة باسم الموجة الصدى، وحدوث الرجعان يتطلب مطلوقة وصدى[1]. يقول "إدينجتون" Eddington في هذا الصدد: «بين عالم تجربتنا وعالم الواقع الموضوعي تتوسط الاحتمالية كستار دخاني»[2]. ويضيف قائلا: «كان علينا أن نتخلى عن محاولة تحديد عالم موضوعي الذي يرتبط فعلا بما يمكن معرفته تقريبا»[3].

لكنه يوجد عامل آخر للذاتية –التي لم يقولها أبداً "إدينجتون" التي تقع في أشكال التفكير– التي تتدخل هنا وهي الاحتمالية: «وبالتالي، انطلاقا من التجربة بين العالم الأدنى والعالم الموضوعي يتوسط مفهوم محير للاحتمالية»[4]. إن المفهوم الاحتمالي للواقع الذري ينبثق من التعامل مع الجسيمات الذرية على شكل مجامع وليس انفراديا، إذن المقابل للاحتمالية الرياضية نظرية في الفئات وليست موضوعات فردية[5]. والاحتمال هنا طريقة تفرضها طبيعة الموضوعات المدروسة، ويظهر لنا ذلك واضحا عندما نقارن الاحتمال الاحصائي المستخدم في الفيزياء الكوانتية بذلك المستخدم في بعض الظواهر الانسانية، يقول دي برولي: «إن لم يعد في فيزياء الكوانتم قوانين حاسمة، فإن هناك قوانين احتمال»[6].

3.1- تفسير كوبنهاجن (الأرثوذوكسي)

أول صعوبة في القياس هي وجود ارتياب في نقل نتيجة الملاحظة إلى الصورية في نظرية الكوانتم الرياضية ووضع دالة احتمال تمثل الحالة التجريبية في زمن القياس بما فيه

1- المرجع نفسه، ص 236.

2 - Sir Arthur Eddington, New Pathways in Science, Cambridge University Press, 2012, p. 46.

3 - Ibild, p. 104.

4 - Ibild, p. 104.

5 - Bertrand Russel, Human Knowledge: Its Scope and Limits, with an introduction by John G. Slater, London and New-York, 2009, p. 360.

6- لويس دي برولي، الفيزياء والميكروفيزياء، ص 224.

الارتياب الممكن للقياس. دالة الاحتمال تمثل مزيج من عنصرين مختلفين، أي أنّ بعضه واقع، وبعضه درجة معرفتنا بهذا الواقع، فهو يمثل اليقين التام. فدالة الاحتمال تمثل مثلا في حركة الإلكترون، درجة معرفتنا بقدر ما يستطيع ملاحِظ أن يعرف موضع الإلكترون على نحو أدق. وليس في الامكان اعتبار خطأ التجربة، ولو إلى حدٍ ما، خاصية من خواص الإلكترون، بل هو نقص في معرفتنا بالإلكترون. فهذا النقص يُعبر عنه أيضا بدالة الاحتمال[1].

دالة الاحتمال لا تمثل بذاتها مجرى حوادث في الزمن. إنها تمثل ميلا إلى حوادث أو امكانية للحوادث أو معرفتنا بحوادث. ولا يمكن ربط دالة الاحتمال بالواقع إلا إذا حققت شرطا جوهريا، أي إذا تمّ إجراء قياس جديد أو ملاحظة جديدة لتحديد صفة معينة للنظام. عندئذٍ فقط تسمح دالة الاحتمال بأن يتم حساب النتيجة المحتملة للقياس الجديد. وبالتالي فإن نتيجة القياس تتعين من جديد بمفاهيم الفيزياء الكلاسيكية[2].

طور "بور" بدوره نظرية صورية حول القياس الكوانتي. فقد رآها غير نافعة نظرا لوصفه فيما يخص المفاهيم الكلاسيكية في علاقاتها بالظواهر الكوانتية. في نظره أن التناقض بين الملاحظة الماكروسكوبية وظواهر العالم الماكروسكوبي قد رُفعت نهائيا. أو قد طُوعت بمبدأ التكاملية، الذي يطرح عدة قراءات اضافية للظواهر–إن مشكل القياس لم يكن في هذا المنحى من طبيعة مختلفة: إن الأجهزة الماكروسكوبية للقياس هي أول شيء (نمد...)، قبل ملاحظة الظواهر الكوانتية نفسها، وقبل النظرية الكوانتية. إن الوسيلة الماكروسكوبية السابقة منطقيا هي النظرية الكوانتية، هذه الأخيرة ليست فقط غير قادرة على استيعابها، بل غير مطلوب منها القيام به، وبالتالي لا يمكن أن يكون في هذا المنظور، نظرية كوانتية حول جهاز القياس. هذا الجهاز يدخل في الامكانيات الضرورية لمعرفة الظواهر الكوانتية، وبنفس القدر المفاهيم الكلاسيكية التي تشكل في نظر "بور" المرجعية

1– فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 38.

2– المرجع نفسه، ص 39.

الأساسية لنظرية الكوانتم. وتكون بلا معنى محاولة ارجاع المفاهيم الكلاسيكية لكيانات ميكروسكوبية، لكي نعبر بعد ذلك عن هذه الأخيرة بحدود كلاسيكية: نفس الأمر يصدق على القياس. إن نظرية الكوانتم للقياس ينبغي لها إذن أن تتجاهل لصالح مبدأ اختزال حزمة موجية، والنظر بنفس القدر إلى المبادئ الأخرى أو القضايا الأساسية لميكانيكا الكوانتم[1].

ألا يُلخص هذا الموقف من قبل بور" عمق المشكل؟ هذا ما يعتقده الفيزيائي البلجيكي "ليون روزنفالد" Léon Rosenfeld (1904-1974) بالنظر إلى التغييرات اللاحقة للإجابات التي قدمت لمشكل القياس. لكن بالنسبة لآخرين، فإن اعتبارات جد عامة كهذه لا يمكن اعتبارها مرضية وقد بدا لهم أن "بور" قد أخص بقضية فلسفية مشكل كان من المحتمل، رغم كل شيء، أن يكون ذو صيغة فيزيائية، وفي اطار كلا الافتراضي[2]، الأفضل بالتأكيد هو النظر بقرب أكبر إلى المشكل.

تتميز كل نظريات الفيزياء الكلاسيكية بمبادئ أربعة التي طرحها "آينشتاين"، تحديد الموضع، الانفصالية، الفعل المحلي والفردية، في حين يرى الفيلسوف الألماني "ميكائيل أسفالت" Michael Esfeld (1966-) أن النظرية الكوانتية تستند على فكرة الخصائص الغير متوافقة: خاصيتين أو أكثر لنظام فيزيائي لا تتوافق إذا وفقط إذا كان بإمكان أحد هذه الخصائص أن تمتلك قيمة عددية محددة بدقة في لحظة معطاة. مثل ما هو في الفيزياء الكوانتية الموضع والاندفاع هما لا متوافقان، ويترتب عن ذلك أن الأنظمة الكوانتية ليست محددة موضعياً (مكانياً) بشكل عادي في نقاط أو بشكل اعتباطي في جهات صغيرة من الزمكان. إذا قسناه فالتفاعل مع جهاز القياس يترتب عنه أن النظام الكوانتي يكتسب قيمة عددية محددة لخاصية مُقاسة. يستطيع التنبؤ بنتائج القياس بشكل احتمالي[3].

---

1 - Banesh Hoffmann, Michel Paty, l'étrange histoire des quanta, Edition du Seuil, 1981, p. 245-250.

2 - Ibild, p. 250.

3 - Michael Esfeld, Philosophie des sciences, une introduction, Presses polytechniques et universitaires romandes, ,Lausanne, 1re édition 2006, p. 140.

هذا المبدأ هو قاعدة التقييم الذي يطبق على حالة النظام في حالة قياس كمية فيزيائية مرتبطة بالنظام. الذي يوجه الروابط بين الصورية الكوانتية وكميات الملاحَظة (كوضعية إبرة أو أثر على الشاشة) بحسب المفهوم الكلاسيكي.

يأتي مشكل القياس من التطور الناتج عن تطبيق معادلة "شرودنجر" لحالة نظام ليست متطابقة مع التي تتحصل عليها من خلال تطبيق مبدأ اختزال حزمة الموجة. بالفعل، وجود مبدأي التطور يؤديان إلى نتائج مختلفة لا تكون مدهشة choquante إذا استطعنا تحديد بوضوح في أي حالة يتطلب تطبيق واحدة منهما، يعني إذا استطعنا القول أن المقاربة الجديدة قدمت اجابة أكثر واقعية بحيث لا يظهر فيها اختزال الدالة الموجية كتأثير فيزيائي حقيقي، ولا يلزم حتى ذكرها لكي يتم تطوير نظرية القياس كاملة[1].

وهكذا، فإن اختزال دالة موجية ليس أكثر من قاعدة ملائمة، ولكنها غير أساسية، أي أنه صيغة مراوغة تسمح لنا بأن نتجنب الحساب المنطقي، بحيث لا نأخذ بعين الاعتبار إلا المعطى الذي أنتجته، عندئذٍ نتتبع تاريخ الذرة المقيسة بمجرد أن تدخل الجهاز الثاني وتحصل على النتيجة بالطريقة التي تتوقعها القاعدة. اختزال الدالة الموجية هو نوع من طريقة الاثبات أو الوضع، وهي طريقة منطقية مختصرة تُشطب منها جميع أجزاء تواريخ أجهزة القياس. ويكون التأثير الفيزيائي الحقيقي الوحيد الذي تتوقف عليه النتيجة هو التساوق المفقود (اللاإتساق) الذي يحدث فعلا في أداة (جهاز القياس) –وليس في الجسيم الذي سيُقاس، مثلما كان الاعتقاد لفترة طويلة خلت[2]. وهذه الطريقة طرحها الفيزيائي الأمريكي "روبار غريفيث" Robert Griffiths عام 1984 مفادها أن يتوجب الفهم الجيد لماهية القياس والتمييز بين مفهومين غامضين: معطيات (عينية concrete) ونتيجة (ذات معنى) للتجربة. فالمعطيات حقيقة عيانية (ماكروسكوبية) كلاسيكية بالنسبة إلينا. وبهذا عندما نرى

1 – Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, un débat avec Bernard d'Espagnat, Editions Frontiéres, Didrot Editeur, 1997, p. 169.

2– رولان أومنيس، مرجع سبق ذكره، ص 271.

العدد أعلى الشاشة عداد جايجر، فإن هذا يكون هو المُعطى. أما النتيجة فهي شيء مختلف، إنها خاصية كوانتية بصورة صارمة، وهي في الأغلب وبلا تغير تكون متعلقة بالعالم الميكروسكوبي، مما يعني أن نواة مشعة قد تحللت، على سبيل المثال، أو أنه قد رُكِّبَت مركبة لسبين جسيم. المعطى هو خاصية كلاسيكية تتعلق بالجهاز فقط، إنها تعبير عن واقعة أو حقيقة. والنتيجة تتعلق بخاصية عالم الكوانتم. إن المعطى وسيط أساسي للوصول إلى نتيجة. إذن نستطيع أن نصنع من الصفات للأداة التجريبية معينة في شكل جهاز قياس المعايير التي هي مفتاح الاستنتاج النهائي التالي: المعطى والنتيجة متكافئان منطقيا. هذا التكافؤ ربما يمنح العذر لأولئك الذين لم يميزوا أبدا بين الاثنين، حتى ولو كانت هذه المبرهنة تكتسب ميزة القوة الكاملة للصورية المنطقية الديناميكية للنظرية[1].

معادلة الموجة التي أقامها "شرودنجر" لتتميم نظرية "هايزنبرج" تشير إلى «سعة الاحتمالات»[2]. فهل كان ينبغي اعتبار السلوك الاحتمالي للموضوعات الكوانتية علامة على «عدم الدقة» أم تدخلا لا يحتمل للمصادفة في صميم المادة؟ [3]

2. عملية القياس

يتساءل "دي اسبانيا" Bernard d'Espagnat حول عملية القياس الخاصة بميكانيكا الكوانتم المواضعاتية (لا وجود للمتغيرات الخفية). ولتوضيح السبب أنه يوجد لغز في قلب مسار القياس، وكثير من النظريات طرحت فكرة حل هذا اللغز. بالفعل، هذا باعتبار أنه مر العدد الكثير على تداول حل هذا اللغز، إلا أنه كان مستحيلا. فظهرت في النظرية الكوانتية

1- المرجع نفسه، ص 269-270.

2 - Alain Séguy-Duclot, La réalité physique, Hermann éditeurs, Paris, 2013, p. 317.

3- دومينيك لوكور، فيم تفيد الفلسفة إذن؟ من علوم الطبيعة إلى العلوم السياسية، تر. محمد هشام، افريقيا الشرق، 2011، الدار البيضاء، ص 75.

للقياس، الصعوبة الأساسية للتفسير. حتى إذا أخذنا بعين الاعتبار التفاعل بين جهاز القياس ومحيطه الضيق بمعنى الصعوبة، فلا يمكن اهمالها[1].

1.2- تطور حالة

إن حالة نظام مرتبطة بالزمن. فكيف تتطور؟ وحسب أي قوانين؟ إن ميكانيكا الكوانتم الأرثوذوكسية تعترف بقوانين مختلفة للتطور، حسب ما إذا قمنا بقياس نظام أولاً.

1.1.2- خارج القياس

إذا لم نقم بأي قياس، تتطور الحالة طبقا لبعض المعادلات الخطية المختلفة، معادلة الموجية التي تسمح بمعرفة حالة $\psi(t)$ في أي لحظة ابتدءًا من الحالة الابتدائية $\psi(t_0)$، شريطة أن لا يُحدث أي قياس اضطرابًا للنظام بعد تحديده الأولي[2]. فإن في هذه الحالة حسب معادلة "شرودنجر". والتي تبين أن الحالة في اللحظة t قد تغيرت بفضل القوى التي تؤثر على النظام في هذه الحالة. وبمعرفة الحالة الأولية للنظام والتفاعلات التي تواجهها في اللحظة ذاتها، ويمكن للفيزيائي حل المعادلة ومعرفة الحالة في كل لحظة. وبالمقابل يمكن أن تكون مفيدة هنا، لنفرض أن حالة يكون فيها شعاع ثلاثي الأبعاد، ويمكن تمثيله بسهم في الفضاء، وليكون هذا السهم مادي، مثلا عصا رقيقة، والتي تتجه إلى جهة معينة[3]. تقول معادلة "شرودنجر" كيف لهذه العصا أن تتطور أو تتمايل في الوقت الذي يستقبل فيه النظام الوضعية الأساسية والتفاعلات.

---

1 - Bernard d'Espagnat , Le réel voilé, analyse des concepts quantique, Fayard, 1994, p. 173-174.

2 - Jean Perdijon, Les grandes idées de la physique, comment l'ésprit vient aux physiciens, Dunod, Paris, 2002, p. 88.

3 - Thomas Boyer-Kassem, Qu'est-ce que la mécanique quantique ? Librairie philosophique J.VRIN, Paris, 2015, p. 38.

2.1.2- عند القياس

إذا قمنا بقياس حالة نظام ما، يمكنها أن تتغير فجأة عند القياس. وحسب النتيجة المتوصل إليها عند القياس أنها منحت للنظام حالة جديدة. وبالمثال المذكور أعلاه، عصا جديدة تعوض بالعصا القديمة، وذلك بتوجيهها في اتجاه جديد. ولنفكر أولا الوضعية البسيطة لحالة خاصة (غير متراكبة)، مثلا ذرة هيدروجين والتي حالتها هي <13,6eV- |. تتنبأ ميكانيكا الكوانتم بيقين أن قياس الطاقة يعطي نتيجة <13,6eV- |، هكذا رأينا كيف ستكون الحالة الصحيحة بعد القياس؟ لن تتغير وستكون قيمته دائما: <13,6eV- |، وبصفة عامة، حالة خاصة لا تتغير بقياس القيمة المترابطة. ولنتأمل ذرة أخرى للهيدروجين في حالة متراكبة: < 3,4eV- | + <13,6eV-|. ميكانيكا الكوانتم تتنبأ بأنه، إذا قِسنا الطاقة، فيكون هناك حظ على اثنين للحصول على <13,6eV-| وحظ على اثنين للحصول على < 3,4eV-|. ولنفترض أن القياس المقام به، نتحصل من خلاله على نتيجة <13,6eV-|. في هذه الوضعية الحالة الجديدة التي تمنحها إياها ميكانيكا الكوانتم هي بالتحديد <13,6eV-|، يعني الجزء من المترابطة مع القيمة المتحصل عليها. ونتحدث عن رد أو اختزال للحالة عند القياس، لأننا مررنا من حدين إلى واحد بالنسبة إلى نظام في حالة متراكبة، جعل اللجوء إلى القياس يغير حالة النظام. اذن، وبصفة عامة، التفسير الأرثوذوكسي يعتبر أن القياس لا يمكنه أن يكشف النظام فقط، بل يغيره بصفة عشوائية[1].

كما رأينا لا يمكننا الاستغناء عن دور أجهزة القياس في تحديد الظواهر في الفيزياء الكوانتية، فلابد من وضع ميزة بين الذات والموضوع في كل حالة لضمان استخدام المفاهيم الفيزياء الذرية بدون غموض التي تسمح لنا بوصفها. بعيد عن كل لُبس في العقل العلمي،

1 – Ibild, p. 39.

فملحوظة التكاملية مبنية على شروط منطقية التي تملأ بها الوصف وفهم التجربة في الفيزياء الذرية[1].

2.2- نتيجة عن تفسير كوبنهاجن عن القياس

مازال تفسير كوبنهاجن غير كاف فكرياً، فماذا يحدث لكل هذه العوالم الكوانتية الشبحية التي تنهار (تختزل) مع دوالها الموجية عندما تقوم بقياس نظام تحت ذري؟ وكيف لواقع متداخل لا أقل ولا أكثر من الواقع الذي نقيسه في النهاية، ويختفي ببساطة عندما تتم عملية القياس؟ وأفضل اجابة هي أن الواقعيات البديلة لا تختفي، وإن قطة "شرودنجر" في الواقع حية وميتة في الوقت نفسه، ولكن في عالمين أو أكثر مختلفين. إن تفسير كوبنهاجن وتضميناته العملية موجودة كلية في رؤية الواقعية الأكثر اكتمالاً، يفسر العوالم المتعددة[2].

3.2- القياس أثناء الملاحظة

ماذا يطرأ عندما يقيس الملاحِظ خاصية من خصائص منظومة فيزيائية؟ وعلى فرض أن كل جسم في هذا الكون –الناس والقطط والآلات بأنواعها والأدمغة والعقول والطائرات والجبال، الخ– تخضع لقوانين الفيزياء الكوانتية، كيف يمكن أن يلاحظ بالفعل أي شيء؟

قد تستطيع الآن أن تدرك أنها مسألة صعبة لأن القوانين الكوانتية تسمح، بل تتطلب، من المنظومة الفيزيائية، أي كانت، أن توجد ضمن حالات كوانتية متراكبة معا (مضمومة)، فالإلكترون في الذرة، مثلا، يمكنه أن يحتل عددا لا نهائيا من المواضع في وقت واحد، وكل موضع من هذه المواضع حالة من حالات الإلكترون. ولكن الذرة تمتلك حالة ذات طاقة واحدة مستقرة يجب على الإلكترون أن يوجد في تراكب من حالات الموضع. إن هذا التراكب يتخذ شكل غمامة تسمى الغمامة الموجية الالكترونية، بدون هذه الغمامة لا يمكن للذرة أن

---

1 – Niels Bohr, Physique et connaissance humaine op.cit., p. 287-288.

2- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، الفيزياء الكمية والواقع، تر. فتح الله الشيخ وأحمد عبد الله السماحي، كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، القاهرة، 2009، ص 253.

تكون مستقرة بل معرضة للتفكك تلقائيا، إن هذا التفكك يحدث إذا عمد أحدنا إلى القاء نظرة على الالكترون. عندئذٍ، تختزل الغمامة فجأة إلى موضع واحد في نقطة مفردة من الزمكان وتتقطع الرابطة بين الالكترون والذرة. أما إذا لم يتعرض الالكترون لعملية قياس موضعه في الذرة قِيست طاقة الذرة فإن الغمامة تظل موجودة وتظل الذرة في حالة طاقية مستقرة. إن هذا التناوب بين قياسات ممكنة معروف باسم «مبدأ التتامية» وقد كان مشكلة للفيزيائيين منذ ظهور ميكانيكا الكوانتم[1]. كانت المسألة هي: بما أن الفيزياء الكوانتية تتطلب أن يكون الالكترون غمامة، فأين يكون محله عندما يحتل مكانا في الذرة؟ بما أن الجسم الأصغر من الذرة، كالإلكترون، مفترض نقطيا فإنه لا يستطيع أن يحتل حجم الذرة كله، بل المحل الذي يستطيع ملأه. وإذا كانت نقطة، أين يوجد كنقطة؟ ثم كيف يمكن لحادث لطيف، كملاحظة الالكترون، أن يجعله يظهر فجأة على شكل نقطة؟

فالجواب، هو أن الالكترون موجود كجسيم نقطي في كل واحد من العوالم العديدة المتوازية المتراكبة. إن تراكم هذه الالكترونات، كلاً في عالم موازٍ، هو الذي يظهر بمظهر غمامة الكترونية مفردة.

3. العوالم المتوازية لايفيريت

نشأ تفسير العوالم المتعددة في أبحاث "هيو ايفريت" Hugh Everett (1930-1982) في خمسينات القرن العشرين، بحيث اقترح "ايفريت" Everett أن كل العوالم الرياضية تكون حقيقية réels. فضبط بوضوح وجهة نظره حول واقع النتائج المختلفة الممكنة: «من وجهة نظر النظرية، كلها (...) جميلة وكذلك لا واحد كان حقيقيا أكثر من الآخرين»[2]. حيث كان متحيراً حول الطريقة الغريبة التي تنهار بها دوال الموجة في تفسير كوبنهاجن بطريقة سحرية عند الملاحظة، وقد ناقش البدائل مع "جون ويلر" John

1- فريد آلان وولف، مرجع سبق ذكره، ص 231.

2 - Peter Byrne, The Many Worlds of Hugh Everett Ш, Oxford University Press, Oxford, 2010, p. 177.

Wheeler (1911–2008)، بحيث بدأت رؤيته البديلة بسؤال بسيط جداً كيف للبديل أن يصبح كوناً؟ ما الذي يميز الجسيمة عند ملاحظتها عن التي لا نلاحِظها، ومن الذي يقود إلى الأوصاف المختلفة جذرياً؟ أن الذروة المنطقية للتعبير عن الانهيارات المتتالية لدالة الموجة تعني أنه عندما أُجري التجربة في حجرة مغلقة ثم أخرج وأُخبرك بالنتائج، التي ترسلها أنت إلى صديق، الذي بدوره يبلغها لشخص آخر، وهكذا، وفي كل خطوة تصبح دالة الموجة أكثر تعقيداً وتحتضن أكثر من «العالم الواقعي»، ولكي تبقى البدائل عند كل مرحلة متساوية، وتتداخل الواقعيات حتى تصل أخبار النتائج النهائية للتجربة.

ينحصر تفسير "ايفريت" في أن دوال الموجة المتداخلة لكل الكون، والواقعيات البديلة التي تتداخل تنتج تداخلاً يمكن قياسه عند المستوى الكوانتي، الذي لا ينهار، وكل الدوال متساوية في واقعيتها، وتوجد في أجزائها الخاصة بها من «الفضاء الفائق» (والزمان الفائق). والذي يحدث عند اجراء قياسات عند المستوى الكوانتي هو أننا مضطرون عن طريق الملاحظة أن نختار أحد البدائل، الذي يصبح جزءاً مما نراه في عالمنا «الواقعي»، وتقطع الملاحظة الروابط التي تربط الواقعيات البديلة بعضها البعض، وتسمح لها بأن يذهب كل منها في طريق منفصل عبر الفضاء الفائق، وتحتوي كل واقعة بديلة على مُلاحِظها الخاص بها الذي حصل على الملاحظة نفسها لكنه توصل إلى «اجابة» كوانتية مختلفة ويتصور أنه «تسبب في اختزال (انهيار) دالة الموجة إلى بديل كوانتي وحيد»[1]. العوالم المتعددة حقيقية أثناء الملاحظة، فهي حاصلة وموجودة على الأقل حين يضع المُلاحِظ منظاره ولا يرى إلا جزء قليل من زمكانه[2].

لقد حل "ايفريت" مشكل الاختزال موضحا، بأنه لا يوجد اختزال أثناء التفاعل بين أجهزة القياس –مدروس بطريقة كوانتية– ونظام تحت المراقبة يفرض بأخذ اللاانفصالية دالة الموجة لمجموعة جهاز–نظام في الحسبان، أي، أن في اللحظة التي كان فيها التفاعل،

1- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر ، ص 254–257.

2 – Banesh Hoffmann, Michel Paty, l’étrange histoire des quanta, p. 250–252.

تكون اللاانفصالية. إذن، القياس لا يسمح بإلغاء حالة معزولة عن النظام الكوانتي مُلاحَظ، إلا المفاهيم المعلنة مسبقا «مُختزلة réduit»، في هذا التفاعل، لمكونات القياس[1].

هذه المقارنة تبنها بالتزامن أيضا "جون ويلر" John A.Wheeler، وأعادها بعد ذلك "نايل جراهام" R.Neil Graham و "بريس دو وايت" Bryce Seligman De Witt (1923-2004) باسم مفهومية «العوالم المتعددة» des univers multiples. بحيث يتجاهل الجوانب المختلفة بالوعي والغيب في نظرية الكوانتم، ويأخذ بالوصف الرياضي للنظرية بحرفيته[2]. واعتبار أن الموجة حقيقية وليست موجة احتمال، وكان الغرض من ذلك هو الرفع من قدر الموجة ووضعها في اطار الوجود الحقيقي، وهي ليست التحول إلى حقيقة أثناء عملية القياس بل موجودة مسبقاً كما أنها تكون خاضعة للارتيابات الكوانتية على خلاف تفسير كوبنهاجن.

إن تفسير "إيفريت" في نظر "كارل بوبر" Karl Popper (1902-1994) هو مناقشة موضوعية تماما لميكانيكا الكوانتم. ويعتبر جميع الأنظمة الفيزيائية نظام ميكانيكي، لاسيما الأجهزة المستعملة بالفعل في القياسات في الكون. يشير "إيفريت" بأن اختزال (انهيار) دالة الموجة -قبله كان يعتبر كأنه شيئا خارج نظرية "شرودنجر"- يمكن تفسيره كأنه ناشئا في سياق ما تسمى نظرية دالة الموجة للكون. فالعالم ينقسم في كل تفاعلات ميكانيكا الكوانتم إلى عوالم متعددة[3].

---

1 - Joseph Silk, L'univers et l'infini, traduit de l'anglais par Pierre Kaldy, Odile Jacob, Paris, 2005, p. 155-156.

2- بول ديفس، العوالم الأخرى، صورة الكون والوجود والعقل والمادة والزمن في الفيزياء الحديثة، تر. حاتم النجدي، مر. أدهم السمان، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، ط1، 2006، ص 150.

3 - Karl Popper, La théorie quantique et le schisme en physique post-scription à la logique de la découverte scientifique, III, Edition établie et annotée par W.W. Bartley III, Traduction et présentation d'Emmanuel Malolo Dissaké, Hermann, Paris, 1996, p. 88-89.

1.3- قطة شرودنجر صورة لعوالم متعددة

تدلنا معادلة ميكانيكا الكوانتم أن داخل صندوق تجربة "شرودنجر" الذهنية الشهيرة صورتين لدالة الموجة «قطة حية» و «قطة ميتة» والاثنان حقيقتان على قدم المساواة، وينظر تفسير كوبنهاجن المتفق عليه إلى هذه الاحتمالات من منظور مختلف، ويقول إن الدالتين في الواقع غير حقيقية بنفس المقدار وإن احداهما فقط ستتبلور كواقع عندما ننظر داخل الصندوق، ويتقبل تفسير "ايفريت" معادلات الكوانتم كلية بكامل وجهاتها، ويقول إن كلا من القطتين حقيقة واقعية، فهناك قطة حية وقطة ميتة، وكلتهما يوجدان في عالمين مختلفين. والأمر ليس خاص بتفكك الذرة أو لا تتفكك، فالعالم ينقسم على نفسه في صورتين متطابقتين ماعدا صورة تفكك الذرة وقطة ميتة، وفي الصورة الأخرى لا تفكك الذرة وقطة حية، ويبدو هذا كخيال علمي، إلا أنه مبني على معادلة رياضية متماسكة[1].

إذا كان التراكب هو الحل يكون جذابا، فهذا لأنه يحل فعلا مشكل القياس، يُظهر صعوبات أخرى والتي تعتبر غير مقبولة كما هي. نلاحظ هذه الصعوبات الجديدة من خلال مثال. ما عدا مسلمة الإسقاط projection، تستعمل هنا في ميكانيكا الكوانتم الأرثوذوكسية. نعتبر أن إلكترونا دخل في جهاز قادر على قياس سبينه spin (حركته دورانه). فنتيجة قياس هذا السبين يمكن أن يكون «+» أو «−». ومن بين الذي نعتبره النظام الكوانتي ليس مبني على الإلكترون، بل على الإلكترون والجهاز الذي يُقيس سبينه. وبما أن الحالة الكوانتية المتعلقة بالنظام الذي يُعنى بالإلكترون والجهاز. مثلا، إذا أحصي إلكترون بجهاز في وضعية «+»، ويكون الجهاز قد سجل النتيجة «+»، حالة منظومة إلكترون−جهاز يمكنها أن تكتب:

L’ectron est + et l’appareil a mesuré «+» >

1- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، الفيزياء الكمية والواقع، ص 257.

الإلكترون + والجهاز قاس «+» > الذي لاحظناه، أن تكون قد سجلنا الذي يخص الإلكترون وبعد ذلك نتيجة الجهاز بـ $|+_j>$

أو أيضا، يفصل حالة النظام إلى حالتين، واحدة للإلكترون والأخرى للجهاز: |+> |+> قبل أن يقيس الجهاز سبين، لم يسجل بعد النتيجة، نفترض أنه في حالة ممكنة تسجيل «|prêt>». فرضا أن الجهاز قاس السبين بشكل صحيح، يعني، بالفكرة التالية: إذا كان جاهز للقياس وبأن الإلكترون يكون في حالة |+>، إذن الجهاز يتعرف بشكل صحيح على حالة |+> وحالة الإلكترون لم تُعدل (أي بقيت كما هي)، وأيضا في حالة |+>، نسجل ما يلي:

$$|+>|prêt> \rightarrow (mesurer) \rightarrow |+>|+> \quad (1)$$

نفس الشيء بالنسبة لحالة |–> :

$$|->|prêt> \rightarrow (mesurer) \rightarrow |->|-> \quad (2)$$

أو

$$|+>|prêt> + |->|prêt>$$

ماذا يحدث عندما يدخل هذا الإلكترون ويكون سبينه قد قيس؟ لكل واحدة من هذه المفاهيم للحالة السابقة يكون ببساطة قد حُلت انطلاقا من المعادلة (1) و (2) السابقتين:

$$|+>|prêt> + |->|prêt> \rightarrow (mesurer) \rightarrow |+>|+> + |->|-> \quad (3)$$

قول آخر، النظام مكون من إلكترون وجهاز فهما متراكبان[1].

1 – Thomas Boyer–Kassem, op.cit.,, p. 58–59.

2.3 – نتيجة أخرى لمشكل القياس

كما لاحظنا أن ميكانيكا الأرثوذوكسية لا تتوقف في هذه الحالة النهائية

<–| <–| + <+| <+| وتقول بأنها أيضا يمكن أن نختزل انطلاقا من نتائج القياس. مثلا، إذا كانت النتيجة «+» التي لوحظت، إذن أول مفهوم الذي أُحتفظ به هو اختزال والحالة النهائية للنظام تكتب: <+| <+|. لهذه الحالة تفسير واضح: الإلكترون له سبين «+» والجهاز سجل النتيجة «+».

لكن إذا كانت كالحالة التي لاحظناها، تسحب مسلمة الاسقاط، إذن الحالة النهائية <–| <–| + <+| <+| تكون محتفظة بهما كليا. ماذا تعني؟ ما الذي يمكن قوله عندما يكون الإلكترون والجهاز في وضعية متراكبة؟ نذكر بأن من وجهة نظر الأرثوذوكسية، هذه الحالة تعني لا وجود لأثر سبين الإلكترون، ولا وجود لأثر نتيجة مسجلة في الجهاز. تعبير آخر، لا وجود لنتيجة خاصة بالقياس. الجسم objet الماكروسكوبي كما هو بالنسبة لجهاز قياس السبين يمكن أن يكون في حالة متراكبة مع الإلكترون، من دون قيمة (خاصية propriété) محددة.

عندما يثبت الفيزيائيون في المخبر بأنه توجد بشكل جيد وجميل نتيجة «+» أو «–». الإلكترون يقفز إلى أعلى أو إلى أسفل الجهاز، لكنه يقفز والجهاز يسجل نتيجة قياس السبين. إذن، هناك تناقض ظاهر بين الحالة النهائية <–| <–| + <+| <+| كالتي أولناها والنتائج التجريبية.

من أين أتى هذا المشكل؟ له بالأصل حذف حقيقي وبسيط لمسلمة اسقاط projection التي لها دور أساسي لأنها أعادت عملية اختيار من بين المفهومين <+| <+| أو <–| <–|، بما أنه يوجد أثر خاص بالنتائج. دون مسلمة الاسقاط، المشكل الأساسي للقياس يختفي، بل يعود للظهور. يعتبر هذا المشكل بصفة عامة، بأن نسميه تراكبية

الأجسام الماكروسكوبية la superposition d’objets macroscopiques، كما لها نسخة أخرى لمشكل القياس.

إذا أردنا اقصاء نتائج مسلمة الاسقاط في هذا الاتجاه، إذن لمن الضروري اعطاء معنى آخر للتراكبية بالنسبة لـ <–| <–| + <+| <+|، وبما أنه مهما كان متوافق مع الملاحظات التجريبية، وبتعبير آخر، أنه من الضروري تعديل النواحي الأخرى للتفسير الأرثوذوكسي. فيطرح تفسير العالم المتعدد في هذا المنوال[1].

4- الفرق بين تداخل كوبنهاجن وايفريت

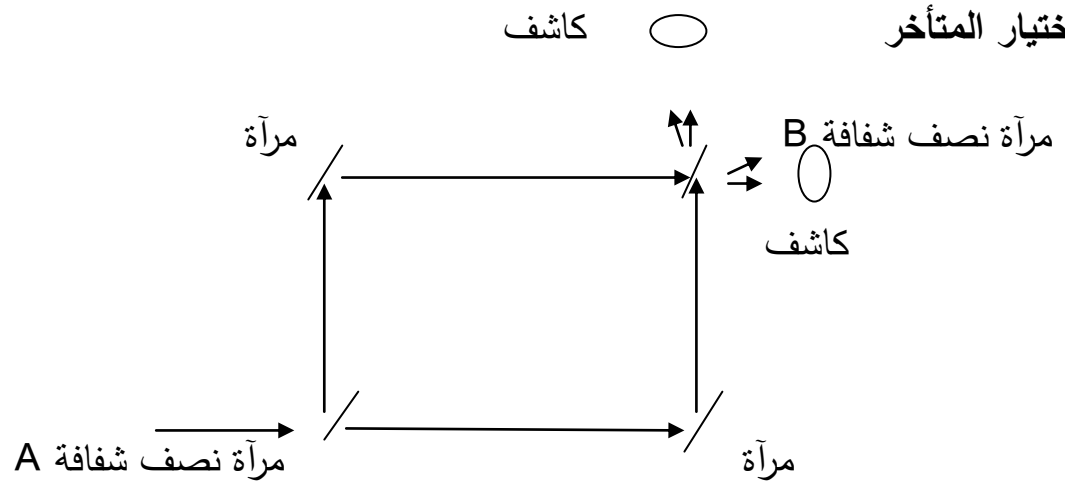
عندما يظهر نظام التداخل على شاشة تجربة الثقبين، ومرور جسيمة واحدة فقط عبر الجهاز قد شُرح على أن الأمر تداخل بين واقعتين تبادليتين تمر في أحدهما الجسيمة خلال الثقب A وفي الآخر تمر خلال الثقب B، وعندما ننظر إلى الثقبين نرى جسيمة واحدة تمر خلال أحدهما وليس هناك تداخل. ولكن كيف للجسيمة أن تختار من أي الثقبين تمر؟ بالنسبة لتفسير كوبنهاجن فإن الاختيار عشوائي، وهو ما يتفق مع احتمالات الكوانتم. وبتفسير العوالم المتعددة فإن الجسيمة لا تختار، وبالمواجهة فالاختيار على المستوى الكوانتي ليس للجسيمة نفسها فقط، بل ينشطر كل كون إلى نسختين، تمر في أحد الكونين خلال الثقب A وتمر في الآخر خلال الثقب B، وفي كل كون هناك ملاحِظ الذي يرى الجسيمة تمر خلال ثقب واحد فقط، ويصبح العالمان بعد ذلك وللأبد منفصلين تماماً ولا يتداخلان، وهذا هو السبب في عدم وجود تداخل على شاشة التجربة[2].

---

1 – Ibild, p. 59–61.

2- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، الفيزياء الكمية والواقع، ص 260.

1.4- الاختيار المتأخر



تجربة تداخل "ماخ–تساندر" Mach–Zehnder

تجربة الاختيار المتأخر بمساعدة تداخل "ماخ–تساندر" انطلاقا من تفسير "بور" أن مجموعة جهاز القياس هو الذي يختار تحديد الوجه الجسيمي أو الموجي للجسيم الكوانتي الذي نقيسه. فإذا أخذنا تداخل ماخ–تساندر من دون أخذ المرآة نصف الشفافة الثانية (B) ستكون جسيمة، وإذا كانت المرآة موجودة فستكون موجة. استخلص الفيزيائي الفرنسي "آلان آسبكت" Alain Aspect (1947–) بلباقة من هذه الفرضية في مداخلته التي قدمها في المعهد الفيزياء الفلكية في باريس في 2 ماي 2007: «لأننا لا نستطيع اجراء تجربتين في لحظة واحدة وأن "بور" يُلح على أن سلوك الأجسام تنفلت عن جهاز القياس، ونقول: «أنظر، لقد وصل الالكترون متأخراً». يقول : آه لم يضعوا لي صفيحة نصف شفافة، إذن، سأختار أن أكون جسيمة (إي، جسيمة). لكن لحظة من بعد، يصل الفوتون، والصفيحة نصف شفافة موجودة، يقول: «آي، إنه تداخل، هنا فهمت، إذن، أكون كموجة». الآن تحاول إجراء التجربتين في آن واحد، وفرضية "بور" لا نأخذ بها. يمكن للإلكترون فيما بعد أن يجتاز المرآة الأولى نصف شفافة، في اتجاهه (أكثر تحديد بشكل فعال) أو ليس المرآة الثانية نصف شفافة، نتساءل حول طبيعة الاصطدام النهائي للفوتون، ونثمن بأن الالكترون الذي جلب انتباهنا عند ما أحدثت المرآة الثانية تداخلاً، في حين الأخرى لم تتداخل. إذن، التفسير الصحيح للظاهرة هو أن الالكترون مر دائما من الاتجاهين، وأن القياس واختزال

حزمة الموجة هي التي أعطت النتيجة النهائية وهذا بفضل اللاتموضع الأساسي للنظرية الكوانتية[1].

اعتبر "روجر بنروز" Roger Penrose (1931-) التجربتين كيف ما كانت تتميز وتجمعها في تجربة الاختيار المتأخر، الذي كتب في هذا الموضوع: «في التجربتين السابقتين، دالة الموجة تنقسم إلى قسمين بعد الفاصل الذي حدث في البداية، والوجه الجسيمي لموجة-جسيمة لا يظهر إلا على مستوى الكاشف، يعني، أثناء القياس. تأثير القياس يحدث في النهاية الطبيعة الشمولية holistique لدالة الموجة، بهذا المعنى أن الجهاز لا يظهر إلا اتجاه واحد، شبحها يمنع كل أشباح أخرى المتزامنة معها»[2].

2.4- التمظهر المتعدد للجسيم الكوانتي

يمكن لخاصية الملاحظة أن تظهر بخصائص مختلفة لبعض الأجسام. تجربة الشق لـ"يونج" Young توضح بأنه من خلال جهاز الملاحظة للفوتونات تظهر إما كموجات أو كجسيمات. هل يمكننا القول بأن شروط الملاحظة تغير من طبيعة الجسيم objet؟ الالكترون يكون موجة في الميكروسكوب الإلكتروني، يكون جسيمة في غرفة ويلسون. يجمع على القول بأن الالكترون جسيم كوانتي بمظاهر متعددة...[3].

1 - Philippe Miné Jean, Pierre Pharabod, La miraculeuse efficacité de la théorie quantique, Odile Jacob, Paris, 2014, p. 275-277.

2 - Roger Penrose, A la découverte des lois de l'univers, La prodigieuse histoire des mathématiques et de la physique, trd. De l'anglais par Céline Laroche, Odile Jacob, 2007, p. 498-499.

3 - Marc Lacoste Lareymondie, Une philosophie pour la physique quantique, Essai sur la non-séparabilité et la cosmologie de A.N. Whitehead, préface d'Anne Fagot-Largeant et de Bernard Saint-Sernim, L'Harmattan, 2006, Paris,p. 78.

5- خلاصة

ينشأ مشكل القياس بطريقة مستعجلة وخصوصا في ميكانيكا الكوانتم لأنه ينشأ على مستوى الصورية في حد ذاتها. عقلانيا القياس الكوانتي هو أيضا ترتيب يعود إلى واحدة من بين دالتها الصحيحة و«يختزل» دالة الموجة ψ (تعبر قبل القياس بتراكب دالات صحيحة للمعامل المرتبط بالكمية الفيزيائية المُقاسة) لم يعد النظام المُقاس لحظة تمثيله عن طريق التراكب، ليس هناك توزيع احتمالي لإيجاده في كل حالة من الحالات المميزة بقيمة محددة لكمية مُقاسة. إنها وبيقين في حالة نقية التي تحدد نتائج القياس. لأحد مركبات مسار اختزال لا معكوس لدالة الموجة ψ[1]. لا يمكنها في ذلك الحين تمثيلها بمعادلة "شرودنجر".

إذن مشكل القياس هو في قلب ميكانيكا الكوانتم، وليس فقط من منظور فيزيائي بل من منظور صوري. وجهة النظر المعتادة هي أن ميكانيكا الكوانتم أتت بافتراض تواجد نوعين من التطور الغير قابل للاختزال، تطور معكوس ومستمر وصفته معادلة شرودنجر واختزال لا معكوس ولا مستمر أثناء القياس. هذا التعايش يكون غير قابل للاختزال لأن التطور المعكوس لا يصف الكمية الفيزيائية بل وحدة مجردة التي تتضمن الاحتمالات لقياسات مختلفة، وبالتالي هذا التطور ليس له معنى من دون القياس اللامعكوس، بالرغم من ذلك فهو غير قابل للوصف[2].

كما أشار الفيزيائي الإسرائيلي ذو أصل ألماني "ماكس يامير" Max Jammer (1915-2010)، مؤرخ الكوانتم، شرحه في أحد كتبه صورانية ميكانيكا الكوانتم سبقت زمنيا تفسيرها، ومشكل القياس الذي يمكنه الظهور فيما بعد كأساس في هذه النظرية، بدون أخذ الاعتبار بالفعل أن النظرية تضمن لنفسها أحيانا بعض الشيء[3]. حتى الآن –جميع

1 - Ilya Prigogine & Isabelle Stengers, La nouvelle alliance, Métamorphose de la sciences, Gallimard, 1986, p. 318.

2 - Ibild, p. 319.

3 - Max Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics, New-York The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective, Wiley and Son, 1974, p. 471.

مجالات الفيزياء على خلاف الكوانتم- القياس لم يظهر كمشكل أو على الأقل كمشكل أساسي، يعني كانت قضية عملية: كيف العمل على قياس ظاهرة بالدقة بالغة والمميزة لاختبار النظريات أو النماذج معتبرة؟ كانت لدينا امكانية تحسين التجارب أو إدخال عليها تعديلات بما تتطلبه وأخذ بعين الاعتبار التشوهات المحتملة التي تسببها طريقة الملاحظة: ومن أمثلة هذه التشوهات، أخطاء المنظر الملازم لمؤشر إبرة المثبتة أو إبرة على شاشة، انحراف أجهزة الرؤية أو في حالة الأرصاد الفلكية، آثار انكسار الضوء في الغلاف الجوي وحركة دوران الأرض، إلخ... [1]

ثانياً: دور الملاحظ

يقدم مبدأ الارتياب علما بمعضلات مشوقة. العلم مخصص كما هو مفترض به لدراسة العالم الطبيعي، أما الآن فماذا يمكن أن يعني العالم الطبيعي؟ إذا كان يعني أي شيء على الأقل، فهو بالتأكيد يعني العالم خارج خبرة الانسان الذاتية، خارج التخيل الانساني، خارج المشاعر الانسانية. بالتأكيد يعني العالم الموضوعي، تلك الظواهر التي يمكن ملاحظتها من قبل كامل الناس (مجهزين بمجاهر ملائمة، تلسكوبات فضائية،الخ...)، وهي حوادث تحصل هناك في الكون بدلا من حصولها في عقولنا فقط.

في مسعاهم لدراسة موضوعية العالم الطبيعي، دائما ما أزاح العلماء الملاحظ الانساني الذاتي بعيدا ما أمكن من طريقهم. يحاول العلماء أن يستخدموا فقط المفاهيم الموضوعية العالمية المتوافقة، والقابلة للقياس، مثل التواتر ودرجة الحرارة بدلا من المفاهيم الذاتية والكيفية، مثل اللون والسخونة. يفصل العلم بين الذات (المُلاحِظ) عن الموضوع (المُلاحَظ)

1 - Banesh Hoffmann, Michel Paty, l'étrange histoire des quanta, p. 241-242.

ويدرس فقط تلك البنود التي تقع في الجانب الموضوعي[1]. هذا الانقسام بين الذات والموضوع يكون مركزيا بالنسبة للعلم وربما لكامل الثقافة الغربية.

وفي نهاية المطاف، بدا التفكير فيما يحصل وفق المستوى الذري، اكتشف العلماء أن العالم الطبيعي الموضوعي يقع وراء حدود المظاهر والخيال الانساني، وأن الملاحظ الانساني يربك المجاهر وعالم الذرات من الخارج، بدا واضحا لأول مرة أنه لا يمكن ابعاد العامل الانساني على الاطلاق. بدلا من ذلك، فقد دُرنا كامل الدائرة وعُدنا إلى الانسان. لا توجد طريقة لفصل الذات عن الموضوع ولا القائِس عن المُقاس. بالنسبة لنا العالم المُلاحَظ هو العالم المتغير الذي يتأثر بالمُلاحِظ. فالعالم الطبيعي، منفصلا عن الجنس البشري وغير متأثر به، هو مفهوم بحد ذاته يقع خارج نطاق العلم الحديث. يتعامل العلم مع ما يمكن ملاحظته فقط، ومبدأ الشك يُخبرنا بأن عالماً طبيعياً مستقلاً كهذا غير قابل للملاحظة.

نقل "هايزنبرج" روح هذه الأفكار في سيرته الذاتية، عندما أكد على أن الذرات ليست أشياء محددة. فالالكترونات التي تشغل طبقات الذرة لا تعد أشياء بالمعنى الفيزيائي الكلاسيكي للكلمة. أي ليست أشياء يمكن وصفها بوضوح مستخدمين مفاهيم مألوفة لدينا مثل الموضع، السرعة، الطاقة، الحجم. بالنزول إلى السوية (المستوى) الذرية، فالعالم الموضوعي في الزمكان غير موجود، والرموز الرياضية للفيزياء النظرية تشير فقط إلى الاحتمالات، وليس إلى الحقائق[2].

1- القياس والملاحظة

خطاب الارتياب الذي ينتشر فلسفيا في أشكال لا مادية متجددة. فإذا حددت منظومة ما تحت ذرية خاضعة للقياس بـ «الموضوع» ومنظومة القياسات بـ «الملاحِظ»، أي بـ «الذات»، بل بـ «الشعور» أو بـ «الفكر» هذا الشعور، فإنك تظهر أن الذات مبدئيا، لا

1- جهاد كامل ملحم، الفيزياء وقضايا العصر، دار الحوار للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، 2012، سوريا، ص 168-169.

2- المرجع نفسه، ص 169.

يمكنها أن تعرف إلا آثار تدخلاتها الخاصة في الواقع الذي يظل «محجوباً» إلى الأبد (دي اسبانيا)، وخطوة أخرى وستقول إن الفكر ذاته وقدراته الخاصة هو الذي يجد نفسه في المادة، ولا شيء آخر[1]. لا يمكن انكار الوعي بينما في المقابل من الممكن منطقيا انكار العالم الخارجي رغم أن ذلك يشكل صعوبات. في ظل هذه الظروف، إذا كان معطى على أنه وصف لتجربة فلابد من احترام أولا اليقين الخاص بتفكيرنا وإحساساتنا الفورية[2].

يرى "جون ويلر" أن ميكانيكا الكوانتم عكست الوضع تماماً بالنسبة للإنسان في كل فيزياء "نيوتن". فمن المستحيل ملاحظة أي جسيم مهما بلغ من الصغر كالإلكترون دون اقحام هذا الجسيم بنفسه بآلات القياس المناسبة. بل إن الخيار الذي يأخذ به العالم أو المُلاحِظ فيما يلاحظه، يحدث اختلافاً لا سبيل إلى اعادته فيما ينتهي إليه من نتائج[3]. ومنه أصبح المُلاحِظ في ميكانيكا الكوانتم مُشاركاً.

في القياس حيث ادراك لمحتوى الوعي هو أيضا ملاحظة ومسألة انفصال الذات والموضوع تطرح نفسها بشكل أوسع بكثير ما وراء نطاق محدود من الفيزياء في مثل الظواهر الوجودية بصفة عامة[4].

2- اللاحتمية تساؤل حول تدخل الملاحظ

يشير "هايزنبرج" إلى أن كل ملاحظة لواقع ما تحت ذري تضطرب إلى حد كبير الموضوع الملاحَظ بحيث أن الملاحِظ قد لا يفعل شيئا آخر سوى ادراك وضبط أثر تدخله الخاص. ولقد كان يكفي أن يحل شعور ذات ما محل «الملاحِظ» المذكور لإعلان اختفاء «الموضوع»، بل لاعتبار أن الانسان في النهاية لا يتعامل، في الفيزياء، تحت ظاهر واقع

1- دومينيك لوكور، فيم تفيد الفلسفة إذن؟ مرجع سبق ذكره، ص 90.

2 - Bernard d'Espagnat, Conceptions de la physique contemporaine, les interprétations de la mécanique quantique et de la mesure, Hermann, Paris, 1965, p. 133.

3- بدوي عبد الفتاح محمد، فلسفة العلوم، دار قباء للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2001، ص 221.

4 - Wolfgang Pauli, Physique moderne et philosophie, traduit de l'allemand par Claude Maillard, Edition Albin Michel S.A , Paris, 1999, p. 159.

خارجي، إلا مع حركات فكره الخاص[1]. فالفيزياء الكوانتية تفسر الطبيعة بمنطق الاحتمال بدلاً من منطق اليقين. وهذا ناتج حسب "هايزنبرج" من فعل الملاحظة التي تشوش دوماً فعل القياس، وهذا التشويش يولد ارتيابا لا يمكن تجنبه في معلومات الملاحِظ الحاصلة عن الجسيم المُقاس. أفضل ما يمكن أن يفعله الملاحِظ هو وصف ما يُعرف بدلالة احتمالية وليست يقينية[2].

3- صعوبة الملاحظة

يرى "ماكس بورن" Max Born (1882-1970) بأنه يصعب ملاحظة الظاهرة الطبيعة بدقة، فلا يمكن وصف الظواهر الطبيعية في كل مجال الذرة إلا بالرجوع للإنسان الملاحِظ. ليس بالنسبة لسرعته فقط كما في حالة النسبية. بل في جميع الأنشطة التي يقوم بها حال قيامه بأبحاثه العلمية، بما في ذلك الأجهزة التي يستخدمها وطريقته في التعامل معها[3].

كما يرى في هذا الصدد "جون ويلر" عام 1973 بأنه: لا توجد نظرية فيزيائية تتعامل مع الفيزياء لوحدها تستطيع أبداً أن تفسر الفيزياء. وأعتقد أيضا أنه في طريق الصحيح لفهم الكون، فإنه في الوقت ذاته حاول فهم الانسان. العالم الفيزيائي هو بالمعنى العميق للكلمة مرتبط مع الكائن الانساني[4].

4- شروط القياس المعاصر

إن كل أشكال القياس والملاحظة تتضمن العنصرين التوأمين (الجملة الصغرية وأدوات القياس العيانية المحسوسة) واللذين يمثلان جزءاً لا يتجزأ من عملية القياس: ترابط الشروط الصغرية للجملة المدروسة مع بعض حالات آداة القياس القابلة للتمييز بوسائل الحس

1- دومينيك لوكور، فيم تفيد الفلسفة إذن؟ مرجع سبق ذكره، ص 74.

2- جهاد كامل ملحم، مرجع سبق ذكره، ص 167.

3 - Max Born, Physics in my generations, Bergamon Press, London, 1956, p. 48.

4- جهاد كامل ملحم، مرجع سبق ذكره، ص 170.

العادية، وتضخيم الآثار الكوانتية الضئيلة لإنتاج تغير ملموس كانحراف المؤشر مثلا. حسب نظرية الكوانتم، يجب وصف الحالة الصغرية للجملة الفيزيائية بتراكب مجموعة موجات، كل منها تمثل قيمة محددة لمقدار معين كموضع جُسيم وحركته وسبينه واستقطابه، مع الأخذ بعين الاعتبار أن الموجات المتراكبة لا تمثل هنا مجموعة بدائل لشيء واحد وإنما هي تراكب فعلي لحقائق ممكنة. أما تحديد الحقيقة الواقعة فيتم فقط عندما تتم عملية قياس تلك المقادير[1]، وهذا هو بيت القصيد.

هل هناك من أداة القياس لا تخضع اطلاقًا لمظاهر الكوانتم؟ لو وجدت مثل هذه الأداة لأصبح ممكناً عندئذٍ خرق قواعد الكوانتم، وإذا لم توجد فلن تكون هناك حقيقة موضوعية. فهل من مخرج من هذا المأزق : مأزق الحقيقة؟

توصل الفيزيائي الأمريكي من أصل مجري "جون فون نيومان" John Von Neumann (1903-1957) بمحاكمة رياضية لمسألة القياس في مجال الكوانتم، حيث يرى بأنه عندما يتم الاتصال بين أداة القياس المحسوسة والجملة الصغرية موضوع الاهتمام، يؤدي هذا الاتصال بالجملة للتصرف وكأن آثار التداخل بين العوالم المختلفة ليست موجودة. وبتعبير آخر، تبدو حالة الجملة الصغرية وكأنها تتحول من مجموعة من الحالات المتراكبة المتداخلة إلى مجموعة من الامكانيات البديلة المستقلة[2]. هنا يلعب الوعي دور سببي، والتي تسمى بـ «حركية كأس فون نيومان» بين الذات والموضوع[3]. لم يبلغ هذا التحليل مرتبة البرهان على التحول إلى حقيقة (لم يتحقق)، إذ أن إحدى نتائج اتصال أداة القياس مع الجملة الصغرية هي انتقال آثار التداخل إلى أداة القياس عندها المكونة من الذرات أيضا، ولكن تتحول تلك الأداة إلى حقيقة يجب إجراء عملية القياس أخرى عليها، الأمر الذي

1- بول ديفس، العوالم الأخرى، ص 144.

2- المرجع نفسه، ص 145.

3 - Guido Bacciagaluppi, Une solution par la physique? La décohérence, traduit par Soazig Le Bihan, In : Soazig Le Bihan, Précis de philosophie de la physique, Vuibert, Paris, 2013, p. 63-64.

يتطلب أداة قياس ثانية تقيس حالة الأولى. إلا أن ما ينطبق على أداة القياس الأولى ينطبق أيضا على الثانية، وهذا يعني لزوم أداة قياس ثالثة ثم رابعة... [1] وهكذا دواليك.

يشير الفيزيائي البريطاني من أصل أسترالي "بول ديفس" Paul Dives (1946-) هنا إلى مفارقة قطة "شرودنجر"، وقارنها بتحليل "فون نيومان" بحيث افترض بأن الموجتين المتراكبتين اللتين تمثلان النواة في حالتي تفككها وعدم تفككها، مرتبطتان بالموجتين المتراكبتين الممثلتين لحالتي القطة (موت أو حياة)، فإن إحدى هاتين الموجتين ستمثل عندئذٍ حالة: القطة حية، بينما تمثل الأخرى: القطة ميتة. لكن هاتين الموجتين موجودتان كلاهما ومتداخلتان (ولو قليلا) إحداهما مع الأخرى، وبالتالي فإن حالة القطة بعد مرور دقيقة من الزمن لا يمكن أن تكون، بسبب هذا التراكب، إما حية وإما ميتة (وإنما كلا الأمرين معًا).

كما أن هناك تجربة للفيزيائي الأمريكي من أصل مجري "أوجين بول فيجنر" Eugene Paul Wigner (1902-1995)، الذي استبدل القطة بإنسان متطوع والذي سمي بـ«صديق فيجنر» هذا الانسان المتطوع واعي، فعند فتح الصندوق سوف يجيبنا عن حالته قبل فتح الصندوق بلا شيء[2]. فيرى "فيجنر" أنه لا يمكن لنظرية الكوانتم أن تكون صحيحة في جميع الظروف: فعندما يكون وعي الملاحِظ جزءًا من التجربة، تنهار النظرية، ويصبح وصف العالم، على أساس أنه مجموعة من الموجات المتداخلة، أمرًا غير مشروع. إذن، في تفسير "فيجنر" لنظرية الكوانتم، يلعب عقل الكائنات الواعية دوراً أساسياً في قوانين الطبيعة وفي ترتيب العالم، وذلك لأنه عندما تدخل المعلومات الناتجة عن الملاحظة إلى وعي الملاحِظ، وحينئذٍ فقط، ينهار(يختزل) تراكب الأمواج ليتحول حقيقة[3]. فالوعي يمتلك القدرة على تغيير الاحتمالات المتعلقة بالاختزال من حالة التراكب للدماغ إلى حالة واحدة[4] وهي

1- بول ديفس، مرجع سبق ذكره ، ص 145.

2- المرجع نفسه، ص 147.

3- المرجع نفسه، ص 148.

4 - Henry Stapp, Mind, Matter and Quantum Mechanics, Springer, Berlin, 1993, p. 153.

الحالة المُختزلة[1]. وهكذا، وبمعنى ما، يكون مشهد الوجود الكوني برمته قد خُلق من قِبل ساكنيه.

5- تداخل الذاتي بالموضوعي في نظرية القياس عند "بور" و"فون نيومان"

لقد صاغ "بور" روايته من منظوره الذاتي الذي اختلط فيه الشك باليقين والتمثيل على الكثير من الأمور اللاعقلانية[2*]، الأمر الذي أزعج أنصار التوجه العقلاني من علماء الذرة والفيزياء أمثال "طومسون" و"رذرفورد" و"آينشتاين". وكان "بور" يقصد أن تكون هذه الرواية بهذا الأسلوب إيماناً منه بأن تفكيرنا لا يتحقق بصورة مكتملة، والواقع العيني واللحظة الراهنة هما الآخران غير متعينين بشكل مكتمل. في حين أن الرواية التي صاغها "فون نيومان" لوصفه عالم الكوانتم، تملك تطورا ذاتيا مختلفا عما هو الحال في رواية "بور"، فهي نظرة ينتبها التفاؤل ويسودها اليقين والعقلانية، وأن الكثير في معطيات عالم الكوانتم، بحسب ما ترى روايته، محسومة بصفة نهائية ولا تحتاج إلى المزيد من البحث.

هاتين الروايتين تختلفان في الرؤية الذاتية ولكل رواية لها أثر في نتائج البحث العلمي. فرؤية "بور" كانت تقف وراء اكتشافات كثيرة وفروض جريئة وملاحظات صائبة واكبت المرحلة الزاهرة من مراحل البحث العلمي، في حين لم تحقق رؤية "فون نيومان" برغم عقلانيتها المتفائلة سوى عدد من المبرهنات التي لم تجد لها تطبيقا على الواقع العيني

---

1 – Pierre Uzan, Conscience et physique quantique, Librairie philosophique, J.VRIN, Paris, 2013, p. 148.

2- من أهم الأمور اللاعقلانية في رواية بور عن عالم الكوانتم الذي لم يتدخل فيه الوعي، أن هذا العالم الوجودي الدقيق تتراكب فيه الطاولات على الكيان الذري الواحد نفسه، فقد يكون الأيون سالب وموجب في نفس الوقت ولا ينحل هذا التراكب إلى حالة واحدة إلا حينما يتدخل الوعي في الكشف عنه. وكذلك من الممكن أن تكون الكيانات الذرية في عالم الكوانتم المجرد من الوعي موجودة في أماكن مختلفة وفي آن واحد، ولم تتخذ مكانا معينا إلا حينما يتدخل الوعي ويقوم بملاحظتها.

التجريبي، بينما ظلت رواية "بور" على اتصال دائم بالواقع الفيزيائي وإن كانت تشوبها الكثير من الأمور اللاعقلانية. فهذه الاختلافات جوهرية ومهمة لتطور العلم ذاته[1].

كيف تصبح حالة النظام الكلي (جهاز + الشيء المقاس) بعد القياس؟ هل يوحي «التحول السببي» transformation acausale مهما كانت طبيعته بأن يكون حالة جديدة الممثلة بأي من متجه نقي vecteurs propres؟ هل يتحول إلى مزيج من الحالات المختلفة؟ بالعكس، الحالة الكوانتية لا تسمح لكميات الحالات الكلاسيكية بتوجيه مجموعة الكميات الموصوفة الخاصة بالجسيم. لا تعرض إلا متوسط الحسابي الاحصائي لكل قيمة للمجموعة المُلاَحَظة محددة بالنسبة لسياق قياسها[2]، حسب رأي "ميشال بيتبول" Michel Bitbol.

6- ترتيب القياس

إن ترتيب القياس لا يستحق هذه التسمية إلا إذا كان على علاقة وثيقة ببقية العالم وكان هنالك فعل فيزيائي متبادل بين ترتيب القياس والملاحِظ. فالارتياب في سلوك المجهري للعالم ستنفذ هنا إلى وصف نظرية الكوانتم للنظام كما في التفسير الأول. فلو كان ترتيب القياس لبقية العالم معزولاً لما عاد في الامكان تسميته بترتيب القياس، ولما صار في الامكان وصفه بمفاهيم الفيزياء الكلاسيكية[3].

إن نظام القياس قد وضعه في حقيقة الأمر الملاحِظ، فما نلاحظه ليس الطبيعة نفسها، بل الطبيعة التي هي عرضة للكيفية التي نطرح بها السؤال، المتمثلة في اللغة التي نملكها[4]، اللغة الرمزية المبنية على مفاهيم رياضية واللغة العادية المبنية على مفاهيم التي

1- كريم موسى، فلسفة العلم من العقلانية إلى اللاعقلانية، دار الفارابي، ط1، 2012، بيروت، ص 399-401.

2 - Michel Bitbol, L'aveuglante du réel, Flammarion, 1998, Paris, p. 250.

3- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 51.

4- المرجع نفسه، ص 52.

يمكن قياسها تجريبياً[1]، والحصول على جواب عن طريق الوسائل التي نملكها، إذن، على حسب قول "بور" إن نظرية الكوانتم تذكرنا بأنه لا يجوز للمرء أن ينسى أبداً في أثناء البحث عن الاتساق في الحياة أننا في مشهد الحياة ملاحِظون ومشاركون في التمثيل في آن واحد[2]، مثل تراكب الظاهرة مع الملاحظ وهذا يشير إلى تداخل الذات مع الموضوع.

الكثير من المُجربين قلقين على محدودية ضبط نتائجهم، والتي لا تجمع على طغيان دور الملاحِظ أو التداخل مع نتائجهم التي لا تعلق بالنسبة للتجارب الحساسة الكلاسيكية وبالنسبة لأغلب المنظرين، الأمر واضح من أننا بحاجة إلى نظرية جديدة وعامة.

يجب علينا أن نعتبر الملاحِظ أو الذات في النظرية الذرية كأمر مهم، لأن النظرية الذرية ترسم طبيعتها الخاصة في أكبر جزء لتداخل الذات أو الملاحِظ (وأجهزة قياسه) مع الظاهرة (الموضوع) الفيزيائية المدروسة. للإشارة إلى النص النوعي لـ"بور"، فعلا، التفاعل الحادث بين الموضوع وجهاز القياس يتضمن ضرورة التخلي نهائياً عن الفكرة الكلاسيكية ومراجعة جذرية لموقفنا بمراعاة مشكل الواقع الفيزيائي[3].

أعرب "هايزنبرج" بنفس الطريقة عن: «أن المتطلبات التقليدية للعلم [...] تسمح بتقسيم العالم إلى ذات وموضوع (ملاحِظ وملاحَظ). [...] هذه الفرضية غير مسموح بها في الفيزياء الذرية، فالتفاعل بين الملاحِظ والموضوع يسبب تغيرات غير محكومة وكبيرة في النظام الملاحَظ، وذلك بسبب التغيرات غير المتصلة المميزة للعمليات الذرية»[4].

---

1 - Niels Bohr, Physique atomique et connaissance humaine, op.cit., P 237.

2- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ص 52.

3 - Patricia Kauark-Leite, Théorie quantique et philosophie transcendantale : dialogues possibles, Préface de Michel Bitbol, Hermann Editeurs, Paris, 2012, p. 41.

4 - فرنر هايزنبرج، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، تر. محمد صبري عبد المطلب و انتصارات محمد حسن الشبكي، كلمات عربية للترجمة والنشر، ط1، القاهرة، 2009، ص 12.

ثالثاً: دور المحيط[1]

1 - حل هاينتس ديتر تسه

لقد أشار "هايزنبرج" والفيزيائي الألماني "هاينتس ديتر تسه" Heinz Dieter Zeh (1932-) -له كتاب بعنوان: فيزياء بلا واقع، هل حقيقة أم وهما؟، دار شبرينجر، برلين Physik ohne Realität:Tiefsinn oder Wahnsinn? Springer/2012- إلى خطأ غير مقصود وقع سهوا في نموذج "فون نيومان": أن آلية حقيقية للقياس ليست فكرة يمكن وصفها تماماً باستخدام متغير واحد x. يوجد نموذجيا بليون بليون بليون (10^{27}) جسيم في قطعة جهاز معملي، لهذا فإن الدالة الموجية الصحيحة يجب ألا تكتب على الصورة $\psi(x)$، بل بالأحرى أن تكون $\psi(x,y)$، حيث ترمز y إلى بليون بليون بليون متغير، أو نحو ذلك[2].

أشار الفيزيائي "تسه" Zeh إلى نقطة مهمة المتعلقة بعملية القياس وهي أن يجب الأخذ بعين الاعتبار المحيط الذي يُقاس فيه الجسيم المُقاس[3]. يتضح فعلا بأنه فتح بابا للاحتمالات المهمة. فملاحظة "هاينتس تسه" H.Zeh مهمة ومهما كان صغر العالم الكوانتي فهو جنب إلى جنب إلى النظام الماكروسكوبي، ينجر عن ذلك أن الانتقال من مستوى إلى آخر يمكنه أن يتأثر بالمجال الخارجي الضعيف جدا. حقيقة ضعيف حسب ما أوضحه لنا الحساب المفصل حتى ولو كان حبيبة غبار دقيقة مفقودة في فضاء النجوم، فلا يمكن اعتبارها معزولة. النتيجة هي أن في عملية القياس أو النظريات الملاحظة المشار

1- المحيط (البيئة) مثلا، المجال المغناطيسي الأرضي أو الهواء المحيط أو مجال الجاذبية.

2- رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم، ص 260.

3 - Heinz-Dieter Zeh, On the Interpretation of Measurement in Quantum Theory, In: Foundation of Physics Vol. 1, Nr. 1, March, Springer, 1970, p. 69-71.

إليها تصف نظام الجسيم S+ نظام الجهاز A معزول، لا يمكن اعتبارها كافية. يتطلب تغييرها بنظرية واضحة، تحتوي على تفاعل بين الجهاز (الماكروسكوبي) A و محيطه E[1].

جاء "تسه" Zeh بهذه الفكرة في 1970 من أجل كشف عن الغموض الذي ينتج اللاإتساق décohérence مع المحيط (البيئة). جهاز القياس ليس معزولا، إنه يتضمن عدد كبير من التفاعلات مع محيطه: أي تفاعل لا يُغير إلا القليل، لكن تجمعها يختلط مع التراكبية، أن جهاز القياس يكون مثقل. أثبتت هذه الفرضية تجارب حديثة، لم يبقى إلا القليل بأن مسلمات ميكانيكا الكوانتم تتناقض مع مسلمة واقعية réaliste: فالقياس هو الذي حدد الكمية وليس العكس. أيضا اللاتحديد لا يكون في الذهن بينما يكون في الواقع[2].

2- حل فويتشيش هوبرت تسوراك

طريقة جديدة لرؤية مشكل القياس الذي ظهر حديثا تبعا لتحسينات الفيزيائي البولوني "فويتشيش هوبرت تسوراك" Wojciech Hubert Zurek (1951-) في سنة 1982 من مخبر الأمريكي "لوس آلاموس" Los Alamos، بملاحظة التي أشار إليها "تسه" Zeh في بداية السبعينيات. يرى "ميشال بيتبول" بأن هذه الملاحظة تتضمن أن نثق بأننا نسينا كلياً دور المحيط (البيئة) في وصف مسار القياس. وهذا مشروع في الفيزياء الكلاسيكية، لذلك يمكن أن يكون هذا الدور في أغلب الأحيان مأخوذ لإهمال بأي طريقة بأن النظام المدروس يمكن اعتباره معزول. بالمقارنة: في الفيزياء الكوانتية مستويات الطاقة لنظام الماكروسكوبي تكون إذا اقتربت من الانتقال بين المستويات يمكنها أن تُثار من المجال الخارجي حتى ولو كان ضعيفاً. بتعديل وصف ألية القياس بإدخال المحيط، عرض "تسوراك" Zurek ألية اللاإتساق، الذي يسمح بتوضيح كيف أدت معادلة "شرودنجر" إلى تطور اختزال حزمة موجة. لهذا أدخل "تسوراك" Zurek تفاعل جهاز القياس مع المحيط. وهذا التفاعل طُرح في بداية لحظة التفاعل بين نظام ميكروسكوبي وجهاز القياس. إذن لدى وصف مسار القياس

1 - Bernard d'Espagnat , Le réel voilé, analyse des concepts quantique, p. 192.

2 - Jean Perdijon, op.cit., p. 89.

يكون كالتالي: نظام ميكروسكوبي S يتفاعل في لحظة معطاة مع جهاز القياس A مقارنة بالوصف الذي أعطاه "ميشال بيتبول" من قبل. مثلا، إلكترون يتفاعل مع جهاز مماثل لجهاز "أوتو شتارن" و "فالتر جيرلاخ" [1] Otto Stern-Walther Gerlach أثناء قياس أحد خصائص سبينه. بينما توقف التفاعل بين نظام S والجهاز A، الجهاز A يتفاعل مع المحيط E. نعتبره أيضا بأنه نظام S، الجهاز A والمحيط E والتي وصفتهم ميكانيكا الكوانتم. نستنتج أن تطور للنظام الكبير S+A+E يجب أن يكون كالتي وصفتها معادلة "شرودنجر" المطبقة في حالة مصفوفة كثافة للنظام الكبير. عندما يتم الحساب، نثبت بأن النظام الكبير يوجد في حالة متشابكة مقارنة بالتي وصفناها سابقا. لكن هنا تدخل أساس مختلف الذي يدل على أننا لم نقيس الكميات الفيزيائية المرتبطة بالمحيط (أولا لسبب عدد درجات الحرية المتضمنة وأيضا لأنه أثناء قياس كمية فيزيائية في نظام، لا نهتم فيه بمحيط جهاز القياس)[2].

يرى "تسوراك" Wojciech Hubert Zurek بأن تلاشي التداخل في نظام صغير يتدخل بسرعة في فعل تداخل النظام مع محيطه (بيئته). فالنظام الكوانتي يمكن اعتباره معزولا، والتوسع في محيطه يؤدي إلى التوقف السريع للتداخل المتعامد مع الحالات الممكنة (les éventualités). وهذا ما يرتبط بما نسميه «اللاإتساق» الكوانتي[3].

هذا «اللاإتساق» décohérence يشرح الانتقال بين العالم الميكروسكوبي والعالم الماكروسكوبي. الأمر الذي لا يمكن للفيزيائيين من أن يثبتوا في العالم الماكروسكوبي المواجهة l'emmêlement الفيزيائية للعالم الميكروسكوبي الذي بدوره يفرض على المحيط

1- استخدم "شتارن" و"جيرلاخ" في تجربتهما سنة 1922 لقياس سبين الالكترون بين قطع الاستقطاب ممغنطة اللامتناظرة التي تنتج حقل مغناطيسي غير متجانس، وفيما بعد تنطلق الكترونات من قذف ذرة الفضة بين قطع الاستقطاب، أختيرت ذرة الفضة لأنها تشبه نفس اللحظة الحرارية لإلكترون حر، والتي أيضا يتم التحكم فيها بكل سهولة.

2 - Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, op.cit., p. 173.

3 - Alain Séguy-Duclot, op.cit., p. 321-322.

أن لا يترك لهم الوقت[1]. نظرية اللاإتساق تسمح بوضع الحالات المتراكبة مختزلة عن طريق الملاحظة في حالة واحدة[2].

3- هل حُلَ مشكل القياس؟

إذن الحل الذي اقترحه "تسوراك" Zurek أظهر حلول مشكل القياس وذلك بحله لبعض طرق التطور بمعادلة "شرودنجر" وكذلك بمبدأ اختزال حزمة الموجة. التطورين أعطايا نفس النتيجة في نهاية المطاف. الحساب الذي يجرى بتطبيق معادلة "شرودنجر" على النظام الكبير S+A+E هو الوحيد الذي له المعنى الفيزيائي الصحيح. لا شيء يفر من الصورية الكوانتية والوصف الفيزيائي البحت للأشياء فلا بد أن يُتناول في الحالة العامة للنظام المعني، الذي يتطور طبقا لمعادلة "شرودنجر". وهذا يمكن اعتباره كمبدأ وحيد للتطور الفيزيائي. لكن نظرا للقيود المادية المتأصلة في ظروفنا البشرية (وأيضا الحجم المحدد للكون) توجد بعض القياسات التي تؤخذ في المحيط ليست ممكنة. هذا ما يدل على أن حالة النظام والجهاز يمكن أن تنضم إلى مزيج احصائي الذي هو كمية فيزيائية مُقاسة حاصلة على قيم محددة كما كان متوقعا من طرف مبدأ اختزال حزمة الموجة. إذن، تصبح هذه الأخيرة على شكل رابط دائم للتنبؤ الصحيح دون انجاز حساب طويل وشاق معتمد على ادخال المحيط، بل يفقد خاصيته الأساسية الفيزيائية[3]. إذن، استطاع "ميشال بيتبول" أن يقول أن مشكل القياس حُلَ، أي، يمكن أن نفكر بأنه بداخله صورية كوانتية، وجدنا ألية التي تسمح بشرح لماذا تحتل إبرة جهاز القياس وضعية محددة بشكل جيد أثناء القياس ولماذا يظهر العالم الماكروسكوبي الذي حولنا دائما محدد بشكل تام، وليس بصورة متراكبة؟ هو ما نسمعه من "تسوراك" Zurek في كتاباته الخاصة بالاقتراح أن اختزال حزمة الموجة خاضع لألية اللاإتساق décohence وكذلك أن المواد الماكروسكوبية تحصل بسرعة شديدة على

---

1 - Marc Lacoste Lareymondie, op.cit., p. 82.

2 - Jean-Jacques Gaubicher, La conscience, entité matérielle, spirituelle ou quantique ? L'Harmattan, Paris, 2015, p. 124.

3 - Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, op.cit., p. 174.

قيم محددة. إذن، العالم الماكروسكوبي هو كلاسيكي لأنه لا يتركه أن يبقى كوانتيا وقتا طويلا إلا لبعض أجزاء من الثانية. إذا اتبعنا "تسوراك" Zurek في خلاصته، يمكننا أن نكون راضين. العالم الذي يحيط بنا يظهر لنا كلاسيكيا لأنه يصبح مع سرعة ما والتي يستحيل حسابها في لحظة خاطفة حينها تكون كوانتية.

مما سبق، ميكانيكا الكوانتم والميكانيكا الكلاسيكية صالحتان، والميكانيكا الكلاسيكية كحالة محدودة من ميكانيكا الكوانتية عندما تهمل قياس بعض الكميات الفيزيائية (صعبة المنال) والتي لا نأخذ بعين الاعتبار لملاحظة الظواهر الخاطفة (عمرها في الظهور قليل جدا). لابد أن نرى بأن هذا الوصف ترك اقتراح أن الواقعية وُصفت عن طريق الميكانيكا الكوانتم وهذه الواقعية ظهرت لنا كلاسيكية، تختفي الظاهرة الكوانتية على الفور تقريبا.

اللاإتساق هو الحالة غير المرغوبة والخاصة في سير البحث العلمي وليست الحالة الأصلية والعامة في العلم. أما إذا كنا نتكلم عن لاإتساق في بنية فكرية أو نظرية علمية مثل نظرية الكوانتم، فهذا اللاإتساق لا يشكل خاصية إيجابية وأصيلة للنظرية وللعلم، بل يشكل خللاً في البنية التفسيرية للنظرية، فهو لاإتساق على صعيد التفسير وليس على صعيد الاتساق الصوري للنظرية، فهي متسقة من الناحية الأخيرة، وإلا كيف تحقق نتائج تجريبية وعملية مذهلة، وربما يأتي هذا الخلل التفسيري نتيجة صعوبة وتعقد المجال الذي تبحث فيه النظرية مثل صعوبة العالم الذري الذي تبحث فيه نظرية الكوانتم[1].

4- خلاصة

الملاحِظ في ميكانيكا الكوانتم بحكم التعريف هو غير مرئي والغير قابل للملاحظة إنه فقط تحديده رياضيًا في فضاء "هيلبرت" الذي يبرر واقعه المادي. الخصائص الفيزيائية البحتة لهذا الكيان الرياضي لم تكن محددة بخلاف ذلك والملاحِظ يمكنه أن يكون جهاز قياس وعامل مكاني أو زمكاني ميكروسكوبي أو ماكروسكوبي، فقط التفاعل نظام مُلاحَظ-

1- كريم موسى، مرجع سبق ذكره، ص 418.

نظام المُلاحِظ هو الذي يهمنا. هذا التفاعل يغير قياسات الاحتمالية على المستوى ما تحت الفضاء المتعامد من فضاء "هيلبرت" ليس بطريقة التصادم أو صدمة كوانتية كما قال البعض والأستاذة الأمريكية في الفلسفة "نانسي كارتوراي" Nancy Cartwright (1944-) وغيرهم لكن محليان يعني في التفاعل مع ملاحِظ محلي.

إنه ليس فقط لدينا نتائج لقياس الذي يمكننا اعتباره قياس وقياس دون نتائج ليس بقياس. إنه قياس مثالي وصف مجرد لمسار التفاعل بمعنى إنه كعنصر فقط لجهاز تحليلي للنظرية الفيزيائية والتي تتطلب قياسات ونتائج القياسات الفعلية réels وملاحِظ محلي. التفاعل بين الملاحِظين لا يكشف عن ما هو فيزيائي إلا عن تفسير ميتافيزيائي ليس إلا من مرونة فيزيائي باعتباره فيزيائي. مابين الذاتية l'intersubjectivité أو الاحتكاك l'interface بين الماكنة والمفسر أنهما غير محددان بتفاعل نظام مُلاحَظ ونظام الملاحِظ. المعالجة الرياضية للتفاعل تقتصر على نظرية القياس «الفعلي» في فيزياء الكوانتم[1].

إن السبب الكامن وراء هذه التناقضات هو أن الموضوعات التي عالجتها الفيزياء الكوانتية ليست منفتحة علينا مباشرة. بالتحديد من خارج الفوتونات في نطاق الترددات المنخفضة جدا يمكننا ملاحظتها كضوء، أما الباقي فهو لا يعطينا خبرة حسية وليس لدينا أي تمثيل حدسي. الذرات، البروتونات، النيترونات والإلكترونات لا تساهم مباشرة في خبراتنا الحسية. لا نلاحظ ذرة كما نلاحظ كرة أو شمس. ليس لدينا تمثيل للكون المادي بهذا المقياس[2].

1 - Yvon Gauthier, La logique interne des théories physiques, Collection Analytiques-5, Edition Fides, Québec, 1992, p. 55-56.

2 - Vahé Zartarian, Physique quantique, l'esprit de la matière, Editions Le Temps Présent, 2014, p. 29.

إن الحلول المختلفة التي اقترحت لمشكل القياس والتي لم تحضى بدعم من قبل الفيزيائيين التي تدل على أننا نتعامل إما مع مشكل خاطئ أو مع مشكل عويص[1].

رابعاً: مشكلة الواقع

من الملاحَظ أن الملاحِظ لا يكون محايدا أبداً في العالم الذري، بل ينتهي به الأمر دائماً إلى تفاعل ما. ويتفاعل هذا الخليط بشدة مع فوتون ما الذي كان يدغدغه لحظة ما. وعلى الفور ينهار التكدس الافتراضي ويجد نفسه ثانية في حالة، وحالة واحدة، هي الحالة القابلة للملاحظة. عندئذٍ يحدث أن يظهر الجسيم أو الموجة من العالم الافتراضي كصورة للمصورة المجسمة. ولن يعود العشرة آلاف شبح غير المرئيين سوى شخصية واحدة في الصورة[2]. وهكذا فإن الواقع النهائي ليس مُتاحاً أبداً لأنظارنا. يظل «محجوباً»[3]، تبعا لتعبير عالم الفيزياء الفرنسي "برنارد دي اسبانيا" Bernard d'Espagnat، مكتفيا باستجوابنا له وتولد تلك الاجابة من السؤال. إنه غير موجود بشكل مسبق، يعيد العالم الكوانتي ارسال أصداء إلينا، وكما نعرف، فإن الحوائط صامتة، إنها لا تفعل سوى اعادة النداءات التي تستقبلها. من هنا سبب أن ميكانيكا الكوانتم لا تعرف سوى تتابع الملاحظات وتتخلى عن وصف ما لا يمكن ملاحظته، بينما تعرف الميكانيكا الكلاسيكية جيداً ما تبدو عليه الكواكب عندما تختفي خلف الشمس[4]. هذا ما ذهب إليه آينشتاين بالاعتقاد بوجود القمر من دون رؤيته.

وهكذا، فإن الفيزياء الكوانتية تجعلنا ندرك تفاعلا مع الواقع يعيد تأسيسه ليجعل منه ادراكا متماسكا. مثال عن الألوان فالألوان لا تظهر إلا في تصوراتنا التي نصوغها، إنها لا توجد كما هي في الطبيعة.

---

1 – Ibild, p. 37.

2– فرانسوا دو كلوسيه، آينشتاين ضد الصدفة، تر. عزت عامر، المركز القومي للترجمة، الطبعة الأولى، 2009، القاهرة، ص 398–399.

3 – Bernard d'Espagnat, Traité de la physique, p. 279.

4– فرانسوا دو كلوسيه، المرجع السابق نفسه، ص 399.

يشير "فرانسوا دو كلوسيه" François De Closets (1933-) إلى أن هذه الفكرة تصيب بالدوار، وهي أن الواقع النهائي الذي ليس له علاقة بالعالم العادي، ربما يكون أقل اثارة للحيرة، لو أدركنا الفرق الهائل الموجود بين هذا العالم والصورة التي تكون لدينا. لأننا سُجناء الوضوح الخاص بالحواس. كيف يمكن الشك في أننا ندرك الواقع في حد ذاته، كما هو عليه؟ كيف نتصور أننا نُخترق بمليارات من جسيمات النوترينو، وأننا موجودون في مجالات مغناطيسية، محاطون بسحابة من الموجات الهرتيزية دون أن ندرك ذلك؟ وأننا نقوم بإطلاع انتقائي إلى حد كبير يُعاد انشاؤه كلياً للوصول إلى صورة مألوفة تبدو لنا الواقع نفسه؟ تتيح لنا ميكانيكا الكوانتم رابطة مدهشة في اعادة الاكتشاف هذه للواقع بأن تظهر لنا هذه المحيطات الجياشة للافتراضي الكوانتي الموجودة في أساس كل شيء والتي تفلت تماما من أحاسيسنا ومن البُنى المنطقية لتفكيرنا. هذا إذا صح القول الوسط المغذي الغني، في كل نقطة، لكل ما هو كامن، الذي يعيد في كل لحظة انشاء عالمنا، الغير السحري الذي لا تظهر فيه الأسماك إلا وهي عالقة في الصنارة[1]. وفي ذلك وصل بعض علماء النظريون حتى إلى التفكير بأنه ليس هناك واقع واحد بل العديد من هذا الواقع التي تظهر هكذا لتشكيل أكوان متوازية وليست متصلة، هذا ما لاحظناه مع "ايفريت".

لا توجد ميكانيكا الكوانتم تصنف علماً، إلا بالنظر إلى قدرتها على تعريف القواعد التي توجه مسلك هذا الواقع التحتي بالنسبة للواقع القابل للملاحظة. ما الذي يحدث عندما يتجمد التعقد الاهتزازي في بساطة جسيم؟ أيُ من هذه الحالات المختلطة هي التي تظهر في التجربة؟[2]

يمكننا التخلي عن فكرة الملاحظة، مهما كانت على المستوى الكوانتي ويعتقد بعض الفيزيائيين بوجود واقع حقيقي على المستوى الكوانتي ومفضلين الاكتفاء بالصورة الرياضية

1- المرجع نفسه، ص 400-401.

2- المرجع نفسه، ص 401.

لميكانيكا الكوانتم للحصول على النتائج[1]. هل المتغيرات الحركية «واقعية»؟ هل حالاتها واقعية؟ أو هل يجب علينا القول أنه لا نمر إلى الواقع إلا من خلال ما يأتينا من المقادير الكلاسيكية عندما تصبح قيم نقية propre للمتغيرات الحركية (أو لمعاملات أخرى)؟ فعلاً، لم يقدم فيزيائي الكوانتم الإجابة على هذه الاسئلة[2].

1- الواقع

يخمن القارئ بـ: لا اعتقد بأننا قد وجدنا «طريق الواقع»، بالرغم من التقدم العلمي الهائل والمتمم بعد أكثر من ألفي سنة، وخاصة في القرون الأخيرة. أفكار أساسية جديدة ستكون ضرورية.

بالفعل، يمكن للفيزيائي الرياضي البريطاني "روجر بنروز" Roger Penrose (1931-) أن يتساءل السؤال التالي: ما الواقع، ما هو الواقع المادي؟ سؤال «ماذا؟» Quoi ? طرحته الانسانية منذ آلاف السنين، وعلى مر الزمن، جاء الفلاسفة بعدة أجوبة مختلفة. ففي العودة إلى الماضي من وجهة نظر العلوم الحديثة، يعتقد "بنروز" بأنه يتبنى وضعية معتدلة، وبالأحرى أن يحاول الإجابة عن سؤال ماذا؟، حاول غالبية العلماء المعاصرين تجنبه، فيوحي أن السؤال طُرح بشكل خاطئ أو بشكل سيئ، لأننا لا يتوجب علينا تساؤل حول ما هو الواقع ? Ce qu'est la réalité، بل نسأل كيف يعمل؟ Comment elle opère ?، بالفعل سؤال أساسي، حيث يمكننا القول أنه من صميم هذه الصفحات: كيف نصف القوانين التي تسير عالمنا وما يحتويه؟[3]

1 - Roger Penrose, À la découverte des lois de l'univers, op.cit., p. 479.

2 - Ibild, p. 492.

3 - Roger Penrose, À la découverte des lois de l'univers, op.cit., p. 989.

نتجت مشكلة الواقع في فلسفة العلوم أثناء تدخل الصدفة لحظة القياس في فيزياء الجسيمات، حيث الصدفة المطلقة تُطرح في الواقع المتفرد[1]. والسؤال حول انهيار الواقع يحتاج إلى اعادة صياغته، فالواقع حسب ما نعني به، بل الواقع هو ما تعطيه حواسنا، لكن ليس له هوية محددة من دون لغة وتصنيف الذي يفرض: الكل في حد ذاته يدخل في تصنيف لا نهائي. الواقع هو مرجعية ما نقول عنه واقعي لما تعطيه لنا حواسنا، أو الذي تحوله: إلى مجموعة محتويات دلالية. مهما يكن فالواقع يتمثل في لغة أو لغات الفيزياء، عن طريق الثوابت الموجودة. الواقع، بهذه النظرة هو كل ما يحتفظ به. الصعوبات الحقيقية تأتي قبل بعلامة نفسها لمحتوى دلالي، أو بجانب أو متجنب في مبدأ محتوى القضايا الوضعية، والحوادث التي تُكون حيزها[2].

فضل العديد من الفيزيائيين التقيد بتصور عن الكون الموجود بطريقة أو أخرى في منتصف الطريق بين الواقعية والوضعية ولهذه الأخيرة فلسفة التي تفترض شكوك حول امكانية المعرفة الحقيقية عن الواقع، بجعل فرضية وجود «شيء ما في ذاته» في حين أن ملاحظاتنا وعلومنا هي انعكاس غير مُخلص على الاطلاق[3].

1.1 – العلم والواقع في حد ذاته

واحد من أكثر القضايا الشائكة في فلسفة العلوم هو التفكير في العلاقة بين الخطاب الانساني والواقع. الواقعية هي الفكرة التي تقر بوجود عالم مستقل عن الوعي البشري أو عن المعرفة التي نملكها ويمكننا أن نعرف بعض من خصائصه عن طريق الملاحظة والتجربة والتفكير. ما يهمنا هو الفكرة التي يتضمنها الواقع أو بنيته أو خصائصه تكون بالفعل من نتاج عقولنا أو نابعة من احساساتنا أو من تمثلاتنا. بالنسبة للمثالية ليس هذا هو العالم الذي

1 – Roland Omnès, Les indispensables de la mécanique quantique, Odile Jacob, Paris, 2006, p. 183.

2 – Jaques Croizer, De la mesure qu'entend-on par fait physique ? L'Harmattan, Paris, 2007, p. 10.

3 – Bernard d'Espagnat, Conceptions de la physique contemporaine, p. 98.

يتكشف لنا من خلال حواسنا، إنها عقولنا التي تسلط بنيته على العالم والتي تؤسس أو تبني بشكل ما[1].

من الواضح عندما يقترح الفيزيائيين التخلي عن الواقعية لحل مشاكل ميكانيكا الكوانتم ولم يفكروا قطعا في الواقع المعاش، بل حول واقع أو موضوعية خصائص (الموضع، السرعة والطاقة إلخ.) الأشياء التي تتصل مباشرة بنظرية الكوانتم: الذرة، الفوتون والإلكترون وإلخ...[2]

الحضور الانساني ليس له أهمية أساسية في التمثيل الذي اقترحه العلم، لأن «الأشياء المادية» تمتلك خصائص مستقلة عن عقولنا وعن أجهزتنا الحسية أو عن لغتنا. من وجهة نظرة واقعية نظرية صادقة هي إذن نظرية مطابقة للواقع، والمتوقع أن هذه المطابقة تناولت بواسطة إجراءات التحقق الصحيحة. لكن كيف نكون واقعيين عندما يتعلق الأمر بالأشياء أو الكيانات التي هي أيضا غير مرئية وغير محسوسة كما هو الحال غالبا في الفيزياء الأساسية؟

2.1- العلم

لا يوجد علم يقين ولا منهج للحصول على يقين أو بصنعه. كلمة علم ترمز دائما إلى معرفة واقع نستطيع ادراكه وفهمه. لكن أين سيكون هذا الواقع وماذا سيكون؟ Mais ou serait ce réel et quel serait-il ? كلمة «علم» مبتذلة، لا بد من تنقيتها وتفنيدها بتقنية. العلم والتقنية مختلفان لكن غير منفصلان في نقطة إن مزجنا كلمة «تقنوعلمية» technoscience وليس بالضرورة تحديد تشابكهما imbrication. العلم في المجرد abstrait، والتقنية في انتاج الملموس concret. العلم نموذج مخصص للتقليد في المجرد فهو السلوك الذي يُعرض لنا أثناء شعورنا به في البداية، الذي نسميه أبعاد الأشياء

1 - Jean Bricmont & Hervé Zwirn, Philosophie de la mécanique quantique, Edité par Thierry Martin, société de philosophie des sciences, Vuibert, 2009, Paris, p. 10.

2 - Ibild, p. 11.

والظواهر، والذي لا يسميه أحد بالطبيعة. فالظاهرة ليست معزولة عن النظرية التي «عرفناها» كظاهرة، فهي غير معزولة عن العقل الذي يقبلها كظاهرة في اطار هذه النظرية[1].

3.1- الواقع في ذاته

كلمة الطبيعة مستعملة يوميا بشكل غامض. كلمة «واقع» تتقاطع أيضا في بعض الأحيان مع كلمة الطبيعة. نصف دائما طبيعة «الواقع» Le Réel. بينما فكرة الواقع لا تتضح في حد ذاتها: ما هي الطبيعة، والذي يعرض حقيقة لحظة وقوعه في شعورنا هو عالم الأشياء والظواهر بعيد عن المحسوس sensible هو واقع نكون نحن فيه ملاحظين مستقلين وليس متضمنين فيه؟ إنه بداية الواقع التجريبي[2]. إذن، يسمى «الواقع في حد ذاته»، بالنسبة إلى "كانط"، لكن من بعد كانط لا يظهر شيء في ذاته اطلاقا في الظاهرة، ولا حتى بشكل مباشر[3]. فهذا الواقع سيكون الواقع «الحقيقي» الخفي caché وراء الأشياء المحسوسة التي ليس لها إلا تمثلها المتناقض مع قدرات الانسان المحدودة. هذا الواقع سيكون واقع مطلق، «حقيقي» ويتضمن التعالي transcendance[4]. ويسمى في بعض الأحيان «واقعية الماهيات» réalisme des essences التي أرسها "أفلاطون" والقديس "أوغسطين" والذين لاحظ بانتظام، أن المعرفة الأصلية تبدو من هذا المنظور كتجلي جوهري

1 - Bernard Vidal, Réel concret, Métaphysique quantique ou Baguette magique ? pour ceux qui n'ont rien compris au monde quantique parce que qu'il n'y a rien à comprendre, Technedit, Paris, 2014, p. 9-11.

2 - Ibild, p. 25.

3 - Werner Heisenberg, La partie et le tout, le monde de la physique atomique (souvenirs, 1920-1965), traduit de l'allemand par Paul Kessler, Flammarion, 2010, p. 211.

4 - Bernard Vidal, op.cit., p. 25-26.

للظواهر، جوهر قوي أو على الأقل خفي وراء المظاهر المحسوسة بينما المواضيع الرياضية تكون قابلة للتعبير عنها[1].

كما أن مفهوم الواقع في حد ذاته وراء المحسوس، هو واقعية كانط المنتشرة عند العلماء، مثل "زويرن" Zwirn يسميها «واقعية ميتافيزيائية» réalisme métaphysique، تكلم "زويرن" Zwirn أيضا عن «الواقعية الإبستمية» réalisme épistémique التي لها طابع تجريبي لأن العلم يسمح بالوصف وكشف الظواهر. الواقع الملاحَظ يكون أيضا حقيقي، الواقع الوحيد والواقعية الإبستمية تتضح بأنها كافية. ومع ذلك لاحظ "زويرن" Zwirn جوهريا أنها قوية بين هذا الواقع وعقولنا[2].

وجود واقع في حد ذاته وموضوع المعرفة العلمية –والمعرفة بصفة عامة– لا يعتمد على الفكر الذي هو خارج عنه (لكن ليس بالمعنى أن يكون الفكر خارجه لأن الفكر بالفعل هو جزء أساسي من هذا الواقع، وهذا البرنامج الذي انطوت عليه فلسفة أحادية المادية philosophie du monisme matérialiste) وسابقة له. هذا الواقع في حد ذاته أو من الأحسن القول هذ الواقعي Réel مأخوذ من صنف فلسفي للتعبير عن طريق الفكر وأي واقع معين. التفكير العقلاني يمَكن من الوصول إلى معرفة هذه الواقعي Réel أو الواقع في حد ذاته بل بطريقة غير مباشرة، عن طريق توسط المفاهيم والرموز التي تمثلهم والمبادئ: اقترحت المفاهيم والرموز والمبادئ كبنيات للتفكير والبدائل في الفكر التمثيلي لتحديد الواقعي réel وكيفيته تُمكن من خلال قواعد الارتباط بين بعض الكميات المحددة والمرتبطة بالبعض الآخر بعلاقات نظرية والمعطيات التي تم الحصول عليها عن طريق التجريب والتي تضمن من تركيب بين مصادر الفكر النظري والتجريب. معرفة الواقع في ذاته لا تكتمل أبدا بشكل كلي، يرى فلاسفة العصر الحالي بأنهم لم يحصلوا أبدا على تراكب superpotion محدد

1 – Alexis Rosenbaum, Leçon d'introduction à la philosophie des sciences, Presses de l'ENSTA, Paris, 2009, p. 100-101 .

2 – Bernard Vidal, op.cit., p. 26.

من بين المقاربات المتعاقبة أو النظريات المتنافسة والتي هي ذات طبيعة ديناميكية، والتي تناشد مختلف التحديدات ذات طبيعة منطقية جزئيا بل أيضا ذات طبيعة تاريخية واجتماعية[1].

ليس هناك طبيعة في حد ذاتها ولا هناك علم في حد ذاته، إذن ليس هناك نموذج علمي مثالي idéal، لأنه ليس هناك بلوغ لإحداثيات المطلق: ليس هناك نموذج مطلق لبلوغه وليس هناك تفرد للنموذج العلمي في كل شيء، ليس هناك قانون للطبيعة، بل فقط قوانين العلم[2]. والنموذج الكوانتي غير مكتمل بالنسبة إلى الواقعيين، لا يعني إلا أننا لا نشاهد إلا جزء من الواقع في حد ذاته (موجة-جسيمة)[3].

4.1 - الواقع هو الذي يغدو تمثُّلا

الاختبار بحد ذاته هو فعل نظري مكوِّن للتكون العلمي، ولا قيمة له إلا بما توفره لنا العلاقات المجردة، المفهومية، من فهم للعلم. وبقالب جدلي للمنظار، لم يعد العالَمُ هو الذي يُحقِّق العلم: بل هو بخلاف ذلك، تلك الصورة الدائمة التبدُّل والتي يقدمها العلمُ لنا في لحظة تحقُّقه، إنه «تحقُّقنا» أو خُبْرُنا[4] أي تحقق الباحث والعالم، كما يقول "باشلار". ومثال ذلك أن نظرية الكوانتم، كمبادرة مجرَّدة وخالصة من طرف الرياضيين، كما يمكن أن نقول واقعي، إنما تمثُّلُ إرصاناً فيزيائيا بالغ البعد عن المعنى المشترك لدرجة أنها تستوجب علماً تربوياً حقيقياً، وتستلزم تربية للعقل لكن تتمثَّل بكل جلاءٍ عواقبها المتعلقة بعالم الاختبار الجاري[5].

---

1 - Michel Paty, Mach et Duhem, l'épistémologie de «savants-philosophes», in : Epistémologie et matérialisme, séminaire sous la direction de Olivier Bloch, Librairie des Méridiens Klinsksieck, Paris, 1986, p. 309-310.

2 - Bernard Vidal, Réel concret, Métaphysique quantique ou Baguette magique ?, p. 28.

3 - Ibild, p. 70.

4- غاستون باشلار، العقل العلمي الجديد: «إننا ندعو العقول إلى التوافق والتواضع، معلنين الخبر العلمي ومعلنين في الوقت نفسه فكراً واختباراً، رابطين الفكر بالاختبار في تحقُّق ما: إذن العالم العلمي هو تحقُّقنا».

5- فرانسوا غيري، مداخل الفلسفة المعاصرة، علم العلم، تر. خليل أحمد خليل، دار الطليعة للطباعة والنشر، الطبعة الأولى، بيروت، 1988، ص 72-73.

فكرة الواقع لنظام كوانتي لا يمكن عزله عن الأجهزة الماكروسكوبية المستعملة لملاحظته ولا يمكننا جعل ما إذا كان لدى هذا الواقع وجود مستقل عن تلك. بالنسبة لـ"بور" ليس هناك خصائص جوهرية لنظام كوانتي وتمثيلنا لحالته الكوانتية بواسطة متجه حالة[1]، «القفزة الكوانتية»[2]، وبالتالي يمكن أن يكون فقط إلا تمثيل رمزي الذي لا يمد الصلة بأي واقع خارجي[3].

5.1- الواقع يحدث عند ما نلاحظه

تتضمن النظرية الكوانتية أن بعض الأشياء غريبة، ولها اهتمام كبير يحدث عندما نلاحِظ نظام كوانتي –للظواهر الكوانتية التي ليست موضوع الملاحظة، أنها مختلفة جذريا عن الظاهر للملاَحَظة. أثناء الملاحظة أو القياس للإلكترونات لا تفعل حتى الآن موضوعا لأي ملاحظة وما دامت إذن في لحظة واحدة موجة وجسيمة، الفوتونات التي لم تُلاحظ تصبح موجة أو جسيمة، لقد نجحت بطريقة نوعا ما غامضة أن تمر باتجاه الفتحتين في نفس الوقت، مختارة المرور من أحد منهما. القطط الغريبة تصبح قطط مألوفة[4].

قد يكون الواقع شيء مختلف تماما عن الذي كنا نعتقده. يبدو هذا الواقع كوحدة متكاملة غير مقسمة حيث لا نستطيع السيطرة عليه[5].

---

1 – Michel Le Bellac, Le monde quantique, préface d'Alain Aspect, EDP Science, 2010, Les Ulis, p. 183.

2 – Roger Penrose, op.cit., p. 501.

3 – Michel Le Bellac, op.cit., p. 183.

4 –Danah Zohar, Conscience et science contemporaine, le moi quantique, traduit de l'anglais par Paul Couturian, Edition du Rocher, 1992, p. 46.

5 – Raphael Cannenpasse–Riffard ; Physique de matière, De la matière à l'esprit, Collection Résurgence, macro pietteur, édition, Embourg, Belgique, 2009, p. 110.

6.1- الواقع علاقة

لا تصف النظرية كيف هي الأشياء بل كيف تحدث وكيف تؤثر في بعضها البعض. إنها لا تصف فيها الجسيمة بل أين تظهر هذه الجسيمة بفضل الجسيمات الأخرى. عالم الأشياء الموجودة مُختزل لعالم التفاعلات الممكنة، الواقع مختزَل لتفاعل، الواقع مختزَل لعلاقة.

هذا يعنى أنه ليس سوى امتداد جذري للنسبية، لقد أكد "أرسطو" أننا نتصور بالفعل فقط السرعات النسبية، مثلا، عندما نكون على متن سفينة، فنقدر سرعتنا بالنسبة إلى السفينة، وبالنسبة إلى اليابسة(الأرض)، تقدر سرعتنا بالنسبة إلى الأرض. وقد أدرك "غاليلي" Galilée أن هذا هو السبب في أن الأرض يمكنها أن تتحرك بالنسبة إلى الشمس من دون ملاحظتنا إليها مباشرة[1]. بما فيها السرعة التي ليست خاصية لشيء معزول بل خاصية لحركة الشيء بالنسبة إلى شيء آخر. لقد رحب "آينشتاين" في الوقت نفسه بفكرة النسبية: فحواها أن يمكن لحدثين متزامنين أن يكونا نسبيا لحالة حركة أحدهما، فيما رحبت ميكانيكا الكوانتم بهذه النسبية بشكل جذري إلى حد ما: كل المواصفات لشيء ما موجودة فقط بالنسبة إلى الأشياء الأخرى التي تكمن في العلاقة التي تبرز الأحداث الطبيعية.

ليس هناك واقع من دون علاقة بين الأنظمة الفيزيائية في العالم الذي تصفه ميكانيكا الكوانتم. ليست الأشياء التي يمكنها أن تدخل في علاقة بل هي العلاقات التي تؤسس فكرة «شيء». عالم ميكانيكا الكوانتم ليس عالم الأشياء: إنما هو عالم الأحداث الدقيقة والأشياء تبنى على مصير هذه الأحداث الدقيقة. هذا ما كتبه الفيلسوف الأمريكي "نيلسون جودمان" Nelson Goodman (1906-1998) في الخمسينيات مستعملا توضيح جميل: «الشيء هو مسار مرتب monotone»، المسار الذي يعيد نفسه بنفسه في فترة معينة. الحصاة

1 - Carlo Roveli, Par-delà le visible la réalité du monde physique et la gravité quantique, traduit de l'italien par Patrick Vighetti, Odile Jacob, Paris, 2015, p. 123.

هي ذبذبة لكمة التي تحافظ على بنيتها لفترة معينة كموجة تحافظ على هويتها قبل أن تتداخل مع أخرى وتتلاشى في البحر.

ما هي الموجة التي تنتشر على سطح الماء من دون أن تحمل أي شيء إن لم تكن هذه قصتها خالصة؟ الموجة ليست شيء بالمعنى أنها لم تتشكل بالمادة التي تحتلها. وذرات أجسامنا تترك أجسامنا أيضا كالموجات وكباقي الأشياء، نحن فيض un flux من الأحداث، نحن مسارات التي تدوم وقت قصير، إنها مرتبة... وميكانيكا الكوانتم لا تصف الأشياء بل المسارات والأحداث التي هي التفاعلات بين المسارات[1].

يرى الفيزيائي الايطالي "كارلو روفيلي" Carlo Roveli (1956-) أن ميكانيكا الكوانتم تعلمنا أن لا نفكر في العالم بمصطلح الأشياء مهما تكن حالتها بل بمصطلح المسار. تظهر خصائص الأشياء بشكل حبيبي فقط أثناء التفاعل، يعني في حيز المسار والتي تكون إلا في علاقة بالأشياء الأخرى، كما أنها لا يمكن توقعها بشكل موحد بل فقط بشكل احتمالي[2].

2- مستويات الواقع

يقصد الفيزيائي الروماني من أصل فرنسي "باسراب نيكولسكو"Basarab Nicolescu (1942-) بالواقع ما يقاوم خبراتنا والتمثيل والصور أو الصيغ الرياضية. كما يعطي أيضا بعد أنطولوجي لمفهوم الواقع، بقدر ما يشارك الطبيعة في وجود العالم. الواقع لا يقتصر على بناء اجتماعي وتوافق آراء جماعية واتفاق ذاتي مشترك، أيضا هو بعد فوق-ذاتي trans-subjective بقدر ما إن أبسط عمل تجريبي يمكنه تدمير أجمل نظرية علمية.

1 - Ibild, p. 124.

2 - Ibild, p. 125.

بالطبع وجب على "نيكولسكو" أن يميز بين واقعي Réel وواقع Réalité. الواقعي يعني هو حينما يرتبط الواقع بالمقاومة في خبراتنا البشرية. الواقعي هو بحكم التعريف محجوب دائما في حين أن الواقع يمكنه الوصول إلى معرفتنا.

لابد القصد من مستوى الواقع مجموعة من الأنظمة اللامتغيرة الخاضعة لعدد من القوانين العامة: مثلا، الكيانات الكوانتية خاضعة لقوانين الكوانتية والتي هي غير متصلة بقوانين العالم الكبير. وهذا يعني أن مستويي الواقع مختلفان إذا انتقلنا من أحدهما إلى الآخر، هناك قطيعة rupture للقوانين وللمفاهيم الأساسية (مثل السببية).

تظهر على الأقل ثلاث مستويات مختلفة للواقع في دراسة النظم الطبيعية –مستوى العالم الكبير (الفيزياء الكلاسيكية)، العالم الذري (الفيزياء الكوانتية والظواهر البيولوجية والنفسية) والسيبرانية الزمكان (الخبرات الدينية، الفلسفية والفنية)، ينبغي اضافة مستوى رابع إلى حد الآن نظري محض، مثل الأوتار الفائقة التي يعتبرها الفيزيائيين كنسيج أسمى للكون[1]، إنه حدث بالغ الأهمية في تاريخ المعرفة.

يتفق في نفس الفكرة الابستمولوجي الفرنسي "فيليب صولال" Philippe Solal أن حياته تنقسم فيزيائيا إلى ثلاث فترات، في الأولى يعتقد أن الكل يتكون من جسيمات، في الثانية الكل يتكون من موجات، وفي الثالثة كان انطباعه هو أن الكل عبارة من معلومة information[2].

يترك نموذج «السيبراني» Cybernétique مكانه للانطولوجيا تدريجيا، أي إلى النظريات العلمية التي تعتبر أن المعلومة ليست فقط بُعد من الأبعاد التي تُضم إلى خصائص الطاقة–المادة بل هي الأساس نفسه والجوهر العميق للواقع. و"ريتشارد

1 – Basarab Nicolescu, Nous, la particule et le monde, E.M.E. & InterCommunications s.p.r.l, Bruxelles, 2012, p. 94.

2 – Philippe Solal, Ovnis et conscience, L'inexpliqué au cœur du nouveau paradigme de la physique, préface de Stéphane Allix, Editon Le Temps Présent, 2015, p. 328.

فاينمان" Richard Feynmann (1918-1988) هو من بين الذين عمل على هذا النموذج[1].

يرى "فيليب صولال" أننا لا نعرف على الاطلاق هل هي بالضبط جسيمة أو موجة (المجال). ولهذا السبب اقترح الكثير من الفيزيائيين مخطط موجة-جسيمة للخروج من أزمة التمثيل وأشاروا إلى أن المكونات الأساسية للعالم المادي هي كيانات «غير ملموسة» intangibles مثل العلاقات والخصائص. صفة غير ملموسة intangibles تعني غير محسوسة non-sensible، أي مفهومة intelligible بحتة. فكرة جذرية تبنى على تأكيد أن الكل يقتصر على العلاقات دون الاشارة إلى الأشياء objets. بالنسبة إلى بعض المنظرين أن الشيء المهم ليس الأشياء بل العلاقات التي تحافظ على ارتباطها. الجواب المباشر هو التأكيد على أن العلاقات هي الموجودة لأن «الأشياء» (الجسيمات والموجات) لا وجود لها. الفراغ نفسه، هو فراغ الجسيمات وبالتالي يحتوي على علاقات، أي على معلومة information[2].

تنقسم حياة المنظر الخاصة إلى ثلاثة مراحل: أولا، «الكل مكون من جسيمات» tout est Particules، ثانيا، «الكل مكون من موجات» tout est Champs وثالثا، «الكل مكون من معلومة» tout est Information. وفي هذه الفترة السؤال المثير لمعرفة ما إذا كانت هناك علاقة تربط الحياة والروح l'Esprit بالكون أو العكس كانا بالنسبة إليه مركزه.

تكون الجسيمة قبل الملاحظة في حالات متعددة، تعدد الحالات المسماة «التراكب» أو كما سماها "جون ويلر" «تنين ضبابي» un dragon nébuleux عندما نلاحظ الجسيمة بالتزامن مع حالاتها المختزلة في موضع واحد[3]. اقترح "ويلر" أن الواقع تم انشاؤه من قبل

1 - Ibild, p. 334-335.

2 - Ibild, p. 338-339.

3 - Ibild, p. 339-340.

الملاحِظ وأن هكذا «أي ظاهرة غير واقعية طالما لم يتم ملاحظتها»[1]. وفقا لـ"ويلر" أن وعي الملاحِظ ضروري لإحضار الكون إلى الوجود[2].

هذه المستويات الثلاث للواقع هي نتيجة لتفاعل بين الذات والموضوع –بين مسار المعرفة وما يشخصه العلماء. ينبغي التأكيد قليلا على كلمة «الواقع»، بالنسبة لـ"هايزنبرج" أن الواقع هو التقلب fluctuation المستمر للخبرة التي أكتسبها الوعي. وعلى هذا النحو فإنه غير قابل للتعرف عليه ككل في نظام معزول. يعني الواقعي le réel أنه لا يتسامح مع أي صفة والذي لا يعرض n'offre المقاومة، بل هو الذي يفترض offre مقاومة résistance[3].

3 – الجسيمات الافتراضية

تكلم كثير من الفلاسفة حول مسألة المعرفة ما إذا كانت للكيانات النظرية وجود مستقل. هنا أيضا حملت ميكانيكا الكوانتم الجديد. يتحدث هنا الفيلسوف البلجيكي "بول قوشي" Paul Gochet (1932–2011) على أن "هارفي زويرن" Hervé Zwirn أشار إلى أنه يستحيل انشاء وجود مستقل لكيانات نظرية (جسيمات أو مجالات) مع الضروريات النظرية للفيزياء، حتى لو كان مشكل اللاتحديد مستبعد. «الاعتقاد بأن الالكترونات موجودة موضوعيا في زمكاننا (أو أن مجال الأوتار موجود موضوعيا في مكان ذو عشرة أبعاد)»، هذا ما كتبه "هارفي زويرن" «يؤدي إلى اللاتناسق الذي يظهر غير متجاوز insurmantables»[4]

1 – Heinz Pagels, L'univers quantique, des quarks aux étoiles, traduit de l'américain par Jacques Corday, InterEditions, Paris, 1985, p. 95.

2 – Basarab Nicolescu, Implications philosophiques de la science contemporaine, Tome 2, Les interprétations de la physique quantique, sous la direction de Bernard d'Espagnat de l'Institut, Presses Universitaire de France, 2002, p. 20.

3 – Ibild, p. 20.

4 – Hervé Zwirn, Les limites de la connaissance, Odile Jacob, Paris, 2000, p. 332.

موقف "هارفي" الخاص بواقع الكيانات النظرية الأقل حِدة. إذ أشار إلى قبول وجود مستقل لهذه الكيانات، ولكن التي اعترفت بأن للمفاهيم النظرية دور في معرفتنا للواقع. نلاحظ هنا أن اختبار ميكانيكا الكوانتم أتت بحجج جديدة ضد واقعية الحس المشترك. بالنسبة للإنسان المثقف الذي يأخذ بالحس المشترك، مسار إلكترون المحتوي على إلكترون نفسه فيما بعد إلا بوسائل صورية للنظرية التي تحدثنا عنها[1]. ليست هي الحالة نفسها بالنسبة لمنظري ميكانيكا الكوانتم.

ابداع الجسيمات المسماة الافتراضية هو عَرَضِي (ليس جوهري). مصطلح سيء الاختيار لأن هذا ما ترك الفيزيائيين أن يفكروا بأن الجسيمات الأخرى واقعية réelles في ذاتها، لذلك فالميكروفيزياء هي ميتافيزياء، عالم من المفاهيم، نموذج مجرد. الميكروفيزياء لها هذا العنوان الافتراضي، مثل كل نماذج الطبيعة. الجسيمات الافتراضية مثلها مثل الفوتونات الافتراضية لا يمكنها أن تكون قابلة للقياس وللكشف، إذا احتفظنا بمفردات واقعية وخاصة. لا تُرى، كأنها لم تكن موجودة، لكنها ضرورية ككيانات ميتافيزيائية، بأخذ الاعتبار التفاعل بين الجسيمات كالإلكترونات مثلا[2].

الواقع فينا (بغض النظر على أن قدراتنا العقلية لا وجود لها وليس أقلها مثل الدماغ) للثنائية الأنطولوجية هي الواقع سواء يكون كامل أو الذي لا يفقد جزء من الواقع الواسع، حيث أننا لا نستطيع تحديد الواقع خارج العقل الانساني، لأن عقلنا جزء من هذا الواقع، في هيكل واحد. مادتنا ودماغنا هما جزء من هذا الهيكل. نحن لا نستطيع إدراك أي شيء يكون خارج الكائن العقلي l'être-esprit و معا خارج الكائن الكوني l'être-monde. ولهذا السبب أن الكون غير موجود إذا أخذناه ببعد، وحرمناه من العقل الانساني[3]. تبعا لأعمال الفيزيائي الفرنسي "آلان آسبكت" Alain Aspect (1947-)، يمكننا القول أن الملاحِظ هو

1 - Léna Soler, Philosophie de la physique, p. 141.

2 - Bernard Vidal, Réel concret, Métaphysique quantique ou Baguette magique ?, p. 99.

3 - Ibild, p. 135.

الذي أنتج العالم، أي: الواقع الكوانتي هو جزء من الواقع الذي أنشأه الملاحِظ[1]. على الأقل أن الملاحِظ هو الذي أنتج الميكروفيزياء لأن التجارب تعتمد على هذا حتى ولو وجدت في المحسوس. لكن لا نعرف بالفعل أن الملاحِظ هو الذي عقلن نموذج مشوه لجعل الواقع فينا، الذي يشارك في انتاج نفسه ويشارك في انتاج الملموس concret والمجرد؟[2].

4 - الجانب الابستمولوجي في تداخل الوعي مع الواقع

1.4- الفكر خلق الواقع

لا يوجد انقطاع بين الوعي والمادة الحية، بين الفكر والجسم بل اختلاف في الذبذبة vibration. الكائن الحي، الانسان، الحيوان، النبات كلهم جسيمات متفاعلة (في تفاعل). ثنائية الموجة-الجسيمة المشابه لمثل العقل-الدماغ. الانسان موجة بعقله ومادة بجسمه، الكل كجسيمة تعرف حالتين حالة مادية وحالة موجية المترجمة في أفكار الروح (النفسâme)، العقل، الخ. الانسان مرسل للتفكير مرتجم لظواهر موجية[3].

يختزل وعي الملاحِظ عند الفيزيائي الأمريكي من أصل مجري "أوجين بول فيجنر" Eugène Paul Wigner (1963-) دالة الموجة -الملاحظة التي تقود بقوة اختزالها، لاختيار امكانية واحدة المعروفة بالموجية كما وضحتها مدرسة كوبنهاجن. الجسيمة ليس لها وجود مستقل عن الملاحِظ. ما دامت الجسيمة لم تلاحَظ، توجد في حالة محللة أو غير محللة- إنها الملاحظة هي التي تحدد حالتها[4]، «قوانين ميكانيكا الكوانتم نفسها لا يمكنها أن تُصاغ [...] من دون الطعن في مفهوم الوعي»[5].

---

1 - Raphael Cannenpasse-Riffard, op.cit., P 49.

2 - Bernard Vidal, op.cit., p. 135.

3 - Jean-Jacques Gaubicher, La conscience, entité matérielle, spirituelle ou quantique ? L'Harmattan, Paris, 2015, p. 122.

4 - Ibild, p. 124.

5 - Eugène Paul Wigner, The Probability of the Existence of a self-reproducing Unit, In M. Palanyi, The Logic of Person of Knowledge, 1961, p. 231-238, Voir p. 232.

إذا كان الملاحِظ هو الذي لا يختار الحالة أثناء اختزالية دالة الموجة، فكيف يتم ذلك (فكيف نتج هذا)؟ إذا تمكن الوعي من اختزال دالة الموجة فلا نعرف كيف ذلك!

من المستحيل اعطاء تحديد للظواهر الذرية من دون تدخل الوعي la pensée (الفكر خلق الواقع). الملاحظة تغير المعطى! والتفاعل بين الملاحِظ والشيء الملاحَظ يؤدي إلى اختزال حزمة الموجة، دالاً على اختيار من بين الامكانيات الكثيرة للانتقال إلى واحدة، سامحاً بتحويل معلومة لاواعية إلى معلومة واعية[1]. فالواقع متوقف على الملاحِظ، واقع محجوب[2] لـ"برنارد دي اسبانيا". لأن مبادئ الفيزياء لا تستطيع تشكيله من دون جعل له مرجعية في عقل الملاحِظ[3]. فكل كون يكون قابل للرؤية، (يكون مرئيا) يكون في الحسبان ادخال العقل الواعي. بضرورة منطقية، لأنه بالتحديد الوعي الذي يلعب الدور الأساسي «للملاحِظ»[4].

أثبت "فيجنر" بأنه لا يوجد قياس دقيق أكثر من نتائجه التي لم يسجلها وعي الملاحِظ محدداً قدر الجسيمات. الوعي يؤثر على دالة موجية بتغير الاحتمالات في النظرية. فإذا أثر على الجسيمة–الموجة، فهذا يعني أن الوعي ترتيب كوانتي، الذي يوجد خارج الزمكان، الانسان هو المتوقع النهائي في كل الأوقات، متداخلا مع الحركة الجسيمية. إذ نتكلم عن واقع موضوعي خارج كل الملاحظات التي ليس لها معنى. وأنه تفاعل وعينا مع العالم على المستوى الذري الذي يحدد خصائص هذا العالم، ولا شيء موجود خارج الوعي. فالعالم غير موجود من دون الملاحِظ (لا يوجد مستقلا عن الملاحِظ). لا يمكن تحقيق مثالية الموضوعية العلمية لأنها تدخل الملاحِظ كمشارك، وليس هناك خصائص موضوعية للطبيعة المستقلة عن الملاحِظ[5].

---

1 – Jean–Jacques Gaubicher, op.cit., p. 124.

2 – Bernard d'Espagnat, Traité de la physique, p. 279.

3 – Jean–Jacques Gaubicher, op .cit., p. 124.

4 – Roger Penrose, À la découverte des lois de l'univers, op.cit. p. 991.

5 – Ibild, p. 124–125.

يرى الأنثربولوجي الفرنسي "جان جاك غوبيشي" Jean-Jacques Gaubicher بأن دالة الموجة ليست لها واقع موضوعي، والاحتمال هو انعكاس للذاتية، إنه اختيار الملاحِظ الذي يعطي حالة للنظام باحتمال دالة الموجة التي تصبح معطى ذاتي أكثر منه موضوعي[1].

2.4- الوعي نموذج ميكانيكي كوانتي

يعتبر الوعي شيء مهم جدا لميكانيكا الكوانتم. لكنه أيضا حقيقي vrai، وبالتحديد على المستوى التحليلي، إن ميكانيكا الكوانتم ليست غريبة عن الوعي. فمنذ 66 سنة وضع "دافيد بوهم" David Bohm (1917-1992) بالدليل التعدد المتشابه بين سلوك مسار تفكيرنا ولبعض مسارات كوانتية[2]. مسار تفكيرنا بالأساس كنظام كوانتي. يوجد تماثل بين مسار التفكير والأنظمة الكوانتية، بهذا المعنى الذي لا يسمح إلا بتحليله بدالة العناصر المميزة، بفعل الطبيعة الجوهرية لكل عنصر والتي ليس لها خاصية موجودة منفصلة ومستقلة عن العناصر الأخرى، خاصية منتجة جزئيا عن طريق علاقتها مع العناصر الأخرى[3].

إذن يُوجد توازي غريب بين نوع الذي يساعد فيه المنطق في الأشياء على تركيز مسارنا التفكيري الغير محدد والنوع الذي تسمح فيه قوانين الفيزياء الكلاسيكية بوصف العالم اليومي للأشياء المنفصلة والعلاقة السببية الكامنة ورائها تشير إلى حدود مسارات كوانتية. من دون تحديد هذا التصوير الكلاسيكي لا يكون هناك عالم فعلي، حقيقي réel، ومن دون منطق لا تكون هناك وسيلة لشرح تفكيرنا بوضوح ومقارنته بالعالم الخارجي. إذن "بوهم" Bohm خلص إلى: «بما أن الحياة التي نعرفها تكون ممكنة إلا إذا أصبحت لنظرية الكوانتم

1 - Ibild, p. 130.

2 - Danah Zohar, op.cit., p. 81.

3 - Thomas Nagel, Mortal Question, Cambridge : Cambridge University Press, 1979, p. 164.

حدودها الكلاسيكية الحالية، للتفكير الذي نعرفه أنه مستحيل إذا استطعنا فقط شرح نتائجه بمفاهيم منطقية»[1].

3.4- الوعي غير موجود من دون معلومات

أكبر انجاز للفلسفة المعاصرة هو الكشف عن عدم حدوث تفكير من دون معلومة على الاطلاق. إنه بالفعل ليس وعيا خالصا بذاته، لكنه دائما «مفتوح على...» ouverture à، مفتوح على الخارج، على المعطيات الحسية، على الذكريات، على الصور، على العاطفة وعلى الأفكار وباختصار على المعلومات وهذه هي النتيجة الرئيسية لتيار مسيطر على الفلسفة المعاصرة والفينومولوجيا والتي تسمي هذا التفتح منذ الفيلسوف النمساوي "إدموند هسرل" Edmund Husserl (1859-1938) بـ «القصدية»[2].

خامساً: مناقشة ابستمولوجية معاصرة خاصة بالمعرفة الناتجة عن الفيزياء الكوانتية

موقف متناسق نوعا ما تبناه "برنارد دي اسبانيا" هو إذن اعتبار أن صورية ميكانيكا الكوانتم تصف الواقع التجريبي بصورة منعكسة في بنيته، بصمات الواقع في حد ذاته، مثل التراكب أو اللاانفصال. مشكل القياس وما يخص الظهور الكلاسيكي للعالم هما قاعدتان، بما أن هذين المشكلين الخاصين بالواقع التجريبي وأن تأخذ في الاعتبار آلية اللاتناسق بشكل كافي. بالمقابل، الواقع في حد ذاته لم تمسه هذه الآلية ولم ينتج أبدا اختزال حزمة الموجة[3]. الواقع في حد ذاته يبقى كوانتيا في العمق، متراكب ولاإنفصالي، لكننا لا نملك امكانية الوصول اليه مباشرة، إنه محجوب حسب ما شرح "دي اسبانيا"، هذا يعني أنه ليس منغلقا علينا منذ أن كشفت لنا الفيزياء الكوانتية عن بعض خطوطه لكن يبقى في جزئه الأكبر غريب عن فهمنا.

---

1 - Ibild, p. 164.

2 - Philippe Solal, op.cit., p. 361.

3 - Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, p. 175-176.

إذن تُطرح مسألة أخرى: هل حقيقة أن من غير المُتاح التسليم بوجود واقع في حد ذاته وراء الواقع التجريبي؟ هل من الضروري حقا أن نفترض وجود واقع في حد ذاته وراء واقع تجريبي؟ لكن هذا ما يدعو إلى تطورات جديدة[1].

1 - التوافق الممكن ما بين الواقعية والمثالية

لقد نوقشت هذه المسألة في الحوار الذي دار بين الفيلسوف الفرنسي ومدير CNRS "ميشال بيتبول" Michel Bitbol (1954-) و"صاندرا لوجي" Sandra Laugier (1961-) في جانفي 1996 حول "برنارد دي اسبانيا". هذا الأخير ناقش أطروحة «الحد الأدنى من الواقعية» réalisme minimal التي سماها «مسلمة الواقعية المفتوحة» postulat du réalisme ouvert والتي حددها كالتالي: «هناك شيء ما (هذا الشيء ما يمكن أن يكون مجموعة من المواضيع، كما لجيمع الذرات، للأحداث، الله، الأفكار الأفلاطونية؟ في هذا المضمار ليس بالتحديد: نقول فقط شيء ما) حيث الوجود ليس شعاراً للفكر». هذا شيء ما سماه "برنارد دي اسبانيا" بـ «الواقعي» réel أو «الواقع المستقل» réalité indépendante. بحجج صادرة عن الفيزياء، بيّن أن هذا الواقع لا يمكن أن يكون «واقعية الظواهر» réalisme des phénomènes التي تتطلب سببية محلية فندتها الفيزياء الكوانتية وبالتحديد اللاإنفصالية[2]. «إن التمييز بين الواقع المستقل والواقع التجريبي هو لب فكرة الواقع "المحجوب". بالإضافة، الواقع التجريبي ليس هو الجزء المعروف للواقع المستقل»[3].

1 - Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, p. 176.

2 - Ibild, p. 48-49.

3 - Bernard d'Espagnat, Traité de la physique, p. 279, et in : Agnès Surbezy, Etre ou ne pas être… quantique, le théâtre contemporain à l'épreuve de la physique moderne, Lansman, Hispania 18, 2015, p. 138.

هل للفيزياء دعوة لوصف هذا الواقع المستقل مثل ما قامت به الفيزياوية physicalisme؟ ينطبق هذا على «اختزالية غير متوقعة» réductionnisme contestable التي هي مثل تحرر الفكر (الذي يفكر) من المادة (التي لا تفكر).

إذن هناك طرق أخرى للفيزياء بأن تقبل بهذا الواقع المستقل: الفلسفة، الفن، الصوفية (الزهد)، الدين[1]،... لكن "برنارد دي اسبانيا" خص: «فرضية معقولة مثل بعض القوانين الفيزيائية تعطي بصيص الأمل المتعلق بالبنية العامة للواقع وليس لم تقله المعطيات الفيزيائية»[2].

2 - «موضوعية قوية» و «موضوعية ضعيفة»

تحدد هذه الوضعية بمساعدة الملاحظات التي قدمتها الفيزياء الكوانتية، دائما تكون متعارضة مع التي جاءت بها الفيزياء الكلاسيكية (والتي جاء بها "آينشتاين"). أو ملاحظة التمييز بين «موضوعية قوية» و «موضوعية ضعيفة». أقامت قضايا الفيزياء الكلاسيكية موضوعية قوية بهذا المعنى، لديها التوقع الذي تُعلمنها حول خصائص الموضوعات المدروسة بقبول أنها حصلت على هذه الخصائص واقعيا من قبل الموضوعات: الكتلة، الشحنة الكهربائية الخ... على عكس القضايا الفيزياء الكوانتية، التي مثل كل القضايا العلمية تريد أن تكون «موضوعية»، تتوقف فقط على الذي لوحظ أثناء التجريب. يمكن حقا لهذه القضايا أن تكون موضوعية لأنها صادقة في الأعمال الموجودة لدى كل الفيزيائيين.

هناك موضوعية ليست من نفس طبيعة المسماة بموضوعية «قوية»، لأنها لا تهتم بوصف الأشياء مهما كانت لكن فقط بإعطاء النتائج لطريقة العمل. ولهذا سميت بموضوعية «ضعيفة». للإشارة بأن القضايا التي لها موضوعية قوية يمكنها أن تتحول إلى قضايا لها موضوعية ضعيفة وليس العكس. فعلا يمكننا أن نقول (موضوعية قوية) أن «كتلتين لهما

1 - Marc Lacoste Lareymondie, op.cit., p. 115.

2 - Michel Bitbol, Sandra Laugier, Physique et réalité, op.cit., p. 49.

القدرة على التجاذب»، أو (موضوعية ضعيفة أن «في بعض الظروف نلاحظ بأن كتلتين تتجاذبان من دون حكم مسبق إذا علم أولا نوعية حاصلة بالضبط من قبل الكتل»[1].

دعوة «الواقع المستقل» للعقل، التي دائما ببساطة كما لدى «الواقع»، يمكن تقديم غموض ما دامت الفلسفة الكانطية الجديدة تنظر بأن معرفة الظواهر تؤثر على الواقع. أيضا هذا الأخير دائما يسمى «واقع تجريبي» من طرف معارضي الواقع المستقل، الذي يميز «الشيء في ذاته أو « الناموس» le noumène. هذا التحديد للمفردات يكون مستقل عندما نريد تمييز النظرية الكوانتية عن النظرية الكلاسيكية[2].

يحدد الفيزيائي البلجيكي من أصل روسي "إليا بريغوجين" Ilya Prigogine (1917-2003) أن التحقق يعني قابل للملاحَظة. يبدو هذا التحديد غير لازم عندما تعطي الفيزياء الكلاسيكية انطباعا للعلموية scientisme على أنها وصلت إلى «موضوعية قوية» une objectivité forte على حد تعبير "برنارد دي اسبانيا"، أي، وصفت الواقع في ذاته: قال "بريغوجين" «أن الموضوعية العلمية حُددت منذ وقت طويل على أنها غياب لإحداثية الملاحِظ وتوجد منذ الآن-1986- محددة بإحداثية لا يمكن تجاوزها من منظور إنساني – إحداثية الإنسان»[3]. «إذن وبالتالي تؤدي إلى منع تأسيس نظرية حول الكميات التي تعرف أنها مبدئيا غير قابلة للملاحَظة»[4].

3 – الواقع الظاهري، واقع تجريبي وواقع غير قابل للتصور.

قدم "هارفي" مفهوم واقعي للواقع، يتضمن في بنيته من ثلاث مستويات. في المستوى الأول، يوجد واقع ظاهري يتضمن الادراك الحسي مثل نتائج القياس. المستوى الثاني الذي

1 – Marc Lacoste Lareymondie, op.cit., p. 117.

2 – Ibild, p. 117.

3 – Ilya Prigogine & Isabelle Stengers, La nouvelle alliance, Métamorphose de la sciences, Gallimard, Paris, 1986, p. 291.

4 – Ibild, p. 291.

يسمى الواقع التجريبي: مجموع الشروط التي تجعل كل احساساتنا ممكنة اللزوم. أنه لا يتضمن الشيء، بل على الامكانية. نلاحظ هنا أن "هارفي" انفصل عن "فيتجنشتاين" Ludwig Wittgenstein (1889-1951) الذي كتب في "شذرات" Tractatus أن العالم هو كل الأحداث وليست الأشياء والتي انفصل بها أيضا عن الفيلسوف والمنطقي الأمريكي "كواين" Willard Van Orman Quine (1908-2000) بأن الواقع هو أحداث الأشياء المادية ومجموع لتلك الأشياء[1].

عرض "هارفي" أيضا تصور جذري عميق لحدود معرفة الطبيعة. اللاممثلة للواقع التجريبي الذي ينتج على حسب "هارفي" إلا أحداث بعض أجزاء من هذا الواقع والتي هي بعيدة، لكن الأحداث «الواقع الذي ليس ممكنا والأحداث ليست معروفة بالتزامن، وليس قابل لإعادة بناء بعدي بشكل كامل للواقع التجريبي انطلاقا من القطع الجزئية التي هي الوقائع الظاهرية»[2]. والسبب هو أن أي واقع تجريبي ليس قابل للتمثيل أخذا شكلا للإمكانية التمثيل هو جوهريا مُشخص[3]. الواقع التجريبي هو بالمقارنة تصوري لكن كما أشرنا بفعل للاتحديد، له عدة كيفيات لامتوافقة irréconciliable. استنجد "هارفي زويرن" بالمستوى الثالث الذي ختم حقيقة واقعيته. أكد بأنه توجد أشياء لاتصورية (غير قابلة للتصور). يُلح على الاختلاف بين هذا التأكيد وذاك بأنه توجد أشياء لا تصورية. هذا التمييز مهم[4].

1 - Léna Soler, Philosophie de la physique, Dialogue à plusieurs voix autour de controverses et classiques, entre Michel Bitbol - Pascal Engel - Bernard d'Espagnat – Paul Gochet – Léna Soler et Hervé Zwirn, L'Harmattan, 2006, p. 145.

2 - Hervé Zwirn, Les limites de la connaissance, Odile Jacob, Paris, 2000, p. 361.

3 - Ibild, p.360.

4 - Léna Soler, Philosophie de la physique, p. 146.

4 – اللااتساق تمظهر للواقع

كتب هارفي : «اللااتساق هو حل لمشكل القياس لأنه يتنبأ بحالة النظام بعد التفاعل وأن هذه الحالة الكوانتية تكون متوافقة مع كل ملاحظاتنا»[1]، فعلى حسب "هارفي" يستحسن في تحليلنا ادخال واقع وسيط بين الواقع في حد ذاته (الغير قابل للمعرفة وغير قابل للتصور) والواقع التجريبي بالمعنى العادي (الذي يسميه "هارفي" الواقع الظاهري). ولهذا المستوى الوسيط الذي جعل "هارفي" يعطيه اسم «الواقع التجريبي». عرفه "هارفي" كمجموعة الامكانيات القابلة للتحقق، أي اعطاء ظهورها في الادراك الحسي. اعتقد أن الفهم على هذا المستوى الوسيط يضع فيما بينها الكميات الفيزيائية التي تلعب دور أساسي في تنبؤات الملاحظات لمعرفة متجهات الحالة ومصفوفة–كثافة الخ.

ادخال فكرة اللااتساق لـ"هارفي" تتنبأ بحالة النظام بعد القياس، أين يخص بالذكر الذي يعنيه الواقع التجريبي ذاته يكون واضحا. الواقع أجاب بلغة الفيزيائيين العادية التي تتكلم عن حالة لنظام كوانتي ووصفه بعد القياس (وبعد أثر اللااتساق)، عن طريق وسيلة مصفوفة–كثافة[2].

في النهاية، تمييز مهم، الذي تنبه إليه "دي اسبانيا"، بين وصف الواقع التجريبي ووصف الواقع في حد ذاته. الواقع التجريبي هو واقع الظواهر التي نلاحظها[3] «واقع قوي وكثيف وصلب (أصم)»[4] عن واقعنا لأن الملاحظات المأخوذة من طرف الكل بأجهزة القياس الأخرى ستكون بنفسها متغيرة ومجتمعة بشكل مغاير في فرضيات أخرى للتنبؤ[5]. والواقع في حد ذاته هو واقع الكامن وراء هذه الظواهر. ما توضحه ظاهرة اللااتساق في الواقع التجريبي هي وصف كافي من طرف ميكانيكا الكوانتم وأن ظهورها الكلاسيكي قد

1 – Léna Soler, Philosophie de la physique, p. 82–83.

2 – Ibild, p.85.

3 – Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, op.cit., p. 175.

4 – Bernard d'Espagnat , Le réel voilé, analyse des concepts quantique, p. 376.

5 – Léna Soler, Philosophie de la physique, p. 65.

فُسر. بالمقارنة، ما يجب تجنبه في الاستدلال على عجل هو أن هذه النتيجة تطبق أيضا في الواقع في حد ذاته[1]. هذا ما هو ساري في الكوانتم.

خلاصة:

ليست العلوم تراكم لمعطيات الخبرة بل هي «شرح» explication أو «تفسير» interprétation لهذه المعطيات. نلاحظ على الفور أن التفسير يكون على مستويين: مستوى المفاهيم الخاصة لكل علم. ومستوى العلاقات أو النظام الذي عبرت عنه النظريات العلمية.

بما أن العلم وضعي وعملي فليس له أسس في حد ذاته وهذا ما لاحظه "بلانك" بشكل جيد. إذا قبلنا بالحس المشترك واقع العالم، أي، تماسكها وراء احساساتنا الفردية المتغيرة، فيرى "بنروز" أننا مضطرين إلى الاعتراف مع "بلانك" أن هناك ثلاثة عوالم: «لهذين الكيانين entités، العالم الحسي والعالم الحقيقي ويُضاف عالم ثالث: عالم الفيزيائي (المادي) أو الصورة لعالم المفترض من قبل الفيزياء. وهذا الأخير مقابل العالمين الآخرين، فهو عالم أنشأه العقل البشري تلبية لمتطلبات معينة وبالتالي عالم متغير ومكتمل perfectible. يمكننا صياغة وظيفته بطريقتين ومقارنته بالعالم الحقيقي réel أو بالعالم الحسي sens. في الحالة الأولى وظيفته هي أن تؤدي إلى معرفة كاملة كما هي ممكنة للعالم الحقيقي، وفي الحالة الثانية تؤدي إلى وصف بسيط كما هي ممكنة للعالم الحسي. سيكون من غير المعقول الاختيار لواحد من هذه الطموحات وأخذ كل واحدة بشكل معزول تكون غير كافية. من جهة، فعلا، معرفة مباشرة لعالم حقيقي هي ببساطة مستحيلة، إنه ليس ممكننا معرفة ما هو الوصف الأكثر بساطة قبليا لمجموعة التصورات المتصلة فيما بينها.

1 – Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, p. 175.

حدث أكثر من مرة في تاريخ الفيزياء أنه من هذين الوصفين ظهر أحدهما أولاً أنه الأكثر تعقيد ثم أكتشف أنه الأكثر بساطة»[1].

الملاحِظ في ميكانيكا الكوانتم بحكم التعريف هو غير مرئي والغير قابل للملاحظة إنه فقط تحديده رياضيًا في فضاء "هيلبرت" الذي يبرر واقعه المادي. الخصائص الفيزيائية البحتة لهذا الكيان الرياضي لم تكن محددة بخلاف ذلك والملاحِظ يمكنه أن يكون جهاز قياس وعامل مكاني أو زمكاني ميكروسكوبي أو ماكروسكوبي، فقط التفاعل نظام مُلاحَظ–نظام المُلاحِظ هو الذي يهمنا.

1 – Max Planck, L’image du monde dans la physique moderne, Gauthier, Paris, 1933, p. 7.

خـــاتـــمـــة

خـــاتـمـة

مما سبق نستطيع أن نستنتج أن الابستمولوجيا تلعب دور الناقد للتطبيقات العلمية الواردة في مجال العلوم وخاصة الفيزياء الكوانتية. الابستمولوجيا هي نظرية علمية في

المعرفة تتلون بلون المرحلة التي يجتازها العلم في سياق تطوره ونموه على مر العصور، وخاصة في العصر المعاصر تلونت بلون مميز باقحام الوعي الانساني. فالابستمولوجيا هي تلك الأبحاث المعرفية منظور إليها من زاوية علمية معاصرة أي من خلال المرحلة الراهنة لتطور الفكر العلمي والفلسفي. كما أنها علم المعرفة التي تختص ببحث العلاقة بين «الذات والموضوع». إن الانسان يبني معرفته بهذا العالَم من خلال نشاطه العملي والذهني. والبناء الذي يقيمه الانسان بواسطة هذا النشاط هو ما نسميه العلم– أو المعرفة. أما فحص عملية البناء نفسها فذلك ما يشكل موضوع الابستمولوجيا.

تعتبر الابستمولوجيا انعكاس حول المعرفة البشرية، وتهتم على الأقل بالمحتوى مثل المناهج واجراءات المعرفة، فهي تدرس المناهج التي توضح طرق: كيف للعقل أن يكون قادرا على التكيف مع الواقع انطلاقا من وجهات النظر والصيغ المتعددة؟ كيف تنتظم الحياة الفكرية من دخولها بطرق مختلفة في مجالات مختلفة أيضا؟ العقل البشري له القدرة على معرفة كل شيء مهما يكن، ويمكنه أيضا معرفة ما يعرفه. لقد عرف العقل وعرف ما عرفه. يمكنه تبيان ما يملكه من طرق للمعرفة وما يقدمه. الابستمولوجيا هي انعكاس ثانوي حول المعارف التي تأسست، تدرس الأحداث مثل حياة الفكر البشري.

توجد أربعة أنماط أو نماذج من الابستمولوجيات في الوقت الراهن مشكلة حقل معرفي فلسفي متنوع ابستمولوجيا خاصة بفهم الخطاب العلمي بارجاع المفاهيم إلى المرحلة التي وردت فيها أي السياق الزمني والمكاني. أيضا خاصة بتحليل النظريات المنتجة وتقييمها بأدة منطقية مجردة. والنموذج الثالث الذي يتخذ فيها بتحليل الخطابات الآتية من جهة العلم فلسفيا من أجل استخراج قواعد المعرفة. بالاضافة ابستمولوجيا داخلية للعلم، الخطاب الابستمولوجي للعلم الناتج عن طريق ملاحظة الملاحظين في الزمكان وباستعمال رياضيات من نوع خاص والحاصل بمدركاتنا. فهذه الابستمولوجيات تشكل بانوراما داخلية–خارجية

إن التغير العميق الذي حدث خلال القرن العشرين في آراء الفيزيائيين والذي اعتنقوه عن الأسس الرياضية لموضوعهم، لقد افترضوا سابقًا أن مبادئ ميكانيكا نيوتن تقدم الأساس لوصف كل الظواهر الفيزيائية وأن ما على الفيزيائي النظري عمله هو أن يطور ويطبق هذه المبادئ. مع الاعتراف بأن لا يوجد سبب منطقي يجعل مبادئ نيوتن والمبادئ التقليدية صالحة خارج نطاق تحقيقها وتجريبيا، وأصبح ادراك التخلي عن الأفكار التقليدية ضرورة واجبة. هذا التخلي تم التعبير عنه من خلال تقديم صياغة رياضية جديدة ومجموعة بديهيات جديدة وقواعد للمعالجة أدخلت إلى طرق الفيزياء النظرية. تزودنا ميكانيكا الكوانتم بمثال جيد للأفكار الجديدة حيث وجب ربط حالات منظومة ديناميكية بالمتغيرات الديناميكية بطرق غريبة تمامًا تستعصي على الفهم من وجهة النظر التقليدية. ويتطلب تمثيل الحالات والمتغيرات الديناميكية بكميات رياضية ذات طبيعة مختلفة عما هو مستخدمًا عادة في الفيزياء. والمشروع الجديد يصبح نظرية فيزيائية دقيقة عندما تكون كل البديهيات والقواعد العملية التي تحكم الكميات الرياضية محددة. بالإضافة إلى طرح قوانين معينة تربط الحقائق الفيزيائية بالصياغة الرياضية بحيث إنه يمكن استخلاص معادلات بين شروط فيزيائية معطاة وكميات رياضية، والعكس بالعكس، وفي أي تطبيق للنظرية يمكن للمرء أن يعطي معلومات فيزيائية معينة ويود أن يشرع في التعبير عنها بواسطة معادلات بين كميات رياضية وعندئذ يود المرء استنتاج معادلات جديدة بمساعدة البديهيات والقواعد العملية ثم يود أن يختم بتفسير هذه المعادلات الجديدة كشروط فيزيائية. تعتمد تزكية المشروع بعيدًا عن التوافق الداخلي، على اتفاق النتائج النهائية مع التجربة.

لم تعد فيزياء الكوانتم تقودنا إلى وصف موضوعي للعالم الخارجي متفق مع المثل الأعلى للفيزياء الكلاسيكية. إنها لم تعد تمدنا بشيء سوى العلاقة بين حالة العالم الخارجي ومعرفة كل ملاحِظ وهي علاقة أصبحت لا تعتمد على العالم الخارجي وحده بل وأيضا على الملاحظات والقياسات التي يجريها الملاحِظون وهكذا يفقد العلم جزءاً من طابعه الموضوعي. إذا لم يعد العلم تأملاً سلبيا لكون مثبت إنما أصبح عراكاً بالأيدي ينال الباحث

بغيته إذ يخطف من العالَم الفيزيائي الذي يود أن يفهمه، معلومات معينة وهي دائما جزئية تسمح له بأن يتنبأ تنبؤات ناقصة وعلى العموم ليست إلا «محتملة الوقوع».

إن العلم ليس بمجموعة من العقائد الجامدة، فالحقائق التي نسميها بأنها حقيقة علمية يتم باستمرار مراجعتها وتحديها وتنقيحها، فالعلم ليس تجميع قوانين ولا سرد وقائع ليس بينها صلة. إنه بناء متواصل ينشئه العقل البشري من أفكاره ومن مفاهيمه المخترعة بكل حرية. والنظريات الفيزيائية تسعى لرسم صورة للحقيقة ولربطها بعالم انطباعاتنا الحسية الواسع. وعلى هذا فإن منشآتنا الذهنية (العقلية) تبرر حصرًا بمقدار متانة وصدق الروابط التي تحيكها نظرياتنا بين تلك الصورة وذلك العالَم.

ابتدعت فيزياء الكوانتم صور جديدة وأساسية للحقيقة. فحل التقطع محل الاستمرار. وظهرت القوانين الاحتمالية بدلاً من القوانين التي تنبئ عن سلوك الفرد. فالفيزياء هي تقرير لكذا ظواهر وليست وصف للواقع في حد ذاته، إنها تدير ظهرها للواقع الفيزيائي بكل أشكاله، وتبقى نتيجة فلسفية مهمة: هي معرفة إما نستطيع أو لا نستطيع القيام بتقديم الحجج، التي تبدو مقنعة جدًا، والحجج تضع في أولويتها الدفاع عن هذا الواقع.

فيبدو أن المشروع العلمي يناقض ذاته بذاته. فهذا المشروع بكامله كان مبنيًا على فكرة وجود عالم طبيعي مستقل، عالم غير متأثر بالمُلاحِظ. أما الآن، فتؤكد لنا الفيزياء الكوانتية حقًا، باعتبارها تقدم وصفا أكثر أساسية حول العالم الطبيعي، أن المبدأ الأساسي في العلم ينص على عدم وجود مثل هذا العالم الطبيعي المستقل عن فعل القياس والملاحظة.

جددت الفيزياء الكوانتية مع مشكلتها في القياس جدل الموضوع والذات، بالمعنى العام، الشيء الذي نراه ونعتبره في علاقة معه. يمكننا أن نرى أفق بين المعرفة الانسانية وقياس خاصية من خواص: الموضوع الخارجي الذي يعرض على حواسنا، والذي تأثرت به حواسنا وبنفس الكيفية أن الشيء المقاس تأثر به جهاز القياس لتحديد طبيعته الفيزيائية. لكن يجب أن لا ندفع الأفق بعيدا وضم جهاز القياس إلى العقل الانساني في عملية التفكير.

يمكن أن يأتي التشويش في عملية تحديد «الذات». إذا أخذنا فكرة الموضوع بالمعنى المنطقي الذي يحمل ويختبر التضمن (الضم) بشكل قانوني. لكن مصطلح «الذات» هو أيضا يستعمل الاستيعاب للتفسير أن يكون واقعيًا، يمد بمعرفة وحرية، بطرح أفعال. إذن التضمن (الضم) يظهر أكثر منافسة، إلا بتقبله عند المرء. كذلك الوسائل للاستيعاب الوضعية والإرادة، معطية لهم شعور معين.

إن العلاقة بين ميكانيكا الكوانتم وبين تأويله الفلسفي ضعيفة لدرجة أنه بدأ ينتابنا شعور بأن كل هذه الاسئلة العميقة عن معنى القياس فارغة حقا، بأن لُغتنا هي التي تجُرّنا إليها، لأنها لغة تطورت في عالم تحكمه الفيزياء الكلاسيكية حُكمًا شبه مباشر.

كما يمكن الاشارة إلى بعض النتائج الأخرى والمتمثلة فيما يلي:

– أن المفاهيم هي الوسائل الوحيدة لتبليغ واضح وتفاهم حول الوقائع وترتيب التجارب ونتائج هذه التجارب.

– قادت ثنائية الجسيمات والموجات في نظرية الكوانتم إلى أن الواقع نفسه يظهر سواء بمظهر المادة أو بمظهر القوة (المجال).

– اللغة الأولى التي يتم الحصول عليها من عملية الشرح العلمي في فيزياء الكوانتم لغة رياضية مجردة تختلف عن لغة فيزياء الكلاسيكية.

– مفهوم الاحتمالية خلق في تفكيرنا صورًا، وفي الوقت نفسه تبعث فضلاً عن ذلك الاحساس بأن الصور ليس لها إلا ارتباط غير واضح بالواقع وانها لا تمثل إلا الاتجاه نحو الواقع.

– مفهوم الحالة من حيث أنطولوجيا نظرية الكوانتم مختلفة عن الحالة الأنطولوجيا المادية العادية بحيث إنه لمن الممكن الشك فيها إذا كنا نستعمل هنا مصطلحًا مناسبًا يفي

بالغرض. هذا وإذا فهمنا كلمة حالة بأنها أقرب إلى أن تعبر عن امكانية من أن تعبر عن واقع أو حقيقة.

– يعتبر الملاحِظ أو الذات في نظرية الكوانتم أمر مهم، لأن نظرية الكوانتم ترسم طبيعتها الخاصة في أكبر جزء لتداخل الذات أو الملاحِظ مع الموضوع. فالتفاعل الحادث بين الموضوع وجهاز القياس يتضمن ضرورة التخلي نهائياً عن الفكرة الكلاسيكية ومراجعة جذرية لمواقف الفيزيائيين بمراعاة مشكل الواقع الفيزيائي.

وأخيرًا يمكن القول بأن هذا الموضوع شائك جدًا لما يتناوله من قضايا جد مهمة من الجانب النظري والجانب العملي، لاحظنا أن النتائج العلمية في مجال الفيزياء أنها ليست دقيقة ويقينية وهذا يعود إلى عدة عناصر مشاركة في قراءة نتائج التجارب، منها العنصر الأول: الملاحِظ أو الوعي والذي يعد الفاعل الأساسي في التجارب العلمية فبدونه لا تكون هناك نتائج، ضِف إلى ذلك طبيعة أجهزة القياس المستخدمة في التجارب التي تنتمي إلى العالم الماكروسكوبي، والعنصر الثالث هو المحيط الذي يُجري فيه الملاحِظ قياساته بالتداخل مع الأجهزة، بحيث تشكل هذه العناصر تشابك فيما بينها. كل هذه النتائج تدل على النسبية، أي أن العلم يقبل اعادة النظر في كل ما سبق من حيث المفاهيم والتصورات واللغة الشارحة والوسائل المستعملة، فلا وجود لنتائج دقيقة ومطلقة. فإذا كان هذا هو حال العلم فكيف يكون حال الانتاج المعرفي لمجتمعاتنا؟ ألا يحق لنا اعادة النظر في كل ما أُنتج سابقًا وتكييفه مع الوقت الراهن؟ فلا وجود لمفاهيم مقدسة ولا للغة صالحة لكل الميادين وهذا ما يتطلب منا خلق مفاهيم ولغة تتناسب والظروف الحالية لتجاوز الأزمات الواقعة في ميدان العلم اليوم مثل نظرية الاوتار الفائقة ونظرية الفوضى وما إلى ذلك.

فـــهـــرس الـــمـــراجـــع

المصادر والمراجع

1- باللغة العربية

1- أبو يعرب المرزوقي، الابستمولوجيا البديل، الدار المتوسطية للنشر، الطبعة الأولى، تونس، 1428هـ-2007.

2- أفلاطون، ثيثياتوس، ترجمة الأب فؤاد جرجي بربارة، الهيئة العامة السورية للكتاب، الطبعة الثانية، دمشق 2013.

3- ألبرت آينشتاين، ليوبولد إنفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، ترجمة: أدهم السمان، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، دمشق، طبعة 1999.

4- السيد شعبان حسن، برونشفيك وباشلار بين الفلسفة والعلم، دراسة نقدية مقارنة، دار التنوير.

5- السيد نفادي، الضرورة والاحتمال بين الفلسفة والعلم، دار التنوير للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت ، طبعة 2009.

6- أليكس روزنبرج، فلسفة العلم، مقدمة معاصرة، ترجمة: أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، مراجعة: نصار عبد الله، المركز القومي للترجمة، القاهرة، الطبعة الأولى، 2001.

7- أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ترجمة: عنان على الشهاوي، مراجعة: مصطفى ابراهيم فهمي، المركز القومي للترجمة، الطبعة الأولى، القاهرة، 2008.

8- باتريك هيلي، صور المعرفة، مقدمة لفليفة العلم المعاصرة، ترجمة: نور الدين شيخ عبيد، مراجعة: حيدر حاج اسماعيل، المنظمة العربية للترجمة، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الأولى، بيروت، 2008.

9- باسم راجح جمال الدين الألوسي، مشكلات في فلسفة العلم من وجهة نظر هانس رايشنباخ، ابن النديم للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، لبنان، 2015.

10- بدوي عبد الفتاح محمد، فلسفة العلوم، دار قباء للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة، 2000.

11- برايان جرين، الكون الأنيق، الأوتار الفائقة، والأبعاد الدفينة، والبحث عن النظرية النهائية، ترجمة: فتح الله الشيخ، المنظمة العربية للترجمة، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الأولى، بيروت، 2005.

12- بول ديراك، مبادئ ميكانيكا الكم، ترجمة: محمد أحمد العقر، عبد الشافي فهمي عبادة، كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، أبوظبي، 2010.

13- بول ديفس، العوالم الأخرى، صورة الكون والوجود والعقل والمادة والزمن في الفيزياء الحديثة، ترجمة: حاتم النجدي، مراجعة: أدهم السمان، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، الطبعة الثالثة، دمشق، 2006.

14- بيتر أتكينز، اصبع غاليليو عشر أفكار عظيمة في العلم، ترجمة: خضر الأحمد، أكاديميا أنترناشيونال، بيروت، 2009.

15- جان بياجي، الابستمولوجيا التكوينية، ترجمة: السيد نفادي، مراجعة: محمد علي أبو ريان، دار التكوين، دمشق.

16- جهاد كامل ملحم، الفيزياء وقضايا العصر، دار الحوار للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، سوريا، 2012.

17- جورج جاموف، قصة الفيزياء، ترجمة: محمد جمال الدين الفندي، تقديم: أحمد فؤاد باشا، المركز القومي للترجمة، القاهرة.

18- جورج كانغيلام، دراسات في تاريخ العلوم وفلسفتها، ترجمة: محمد بن ساسي، مراجعة: محمد محجوب، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الأولى، بيروت، 2007.

19- جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، الفيزياء الكمية والواقع، ترجمة: فتح الله الشيخ وأحمد عبد الله السماحي، كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، القاهرة، 2009.

20- ـــــــــــ، تاريخ العلم(1543-2001)، الجزء الثاني، ترجمة: شوقي بلال، عالم المعرفة، الكويت، 2012.

21- جون فرانسوا برونشتاين، باشلار، كانغلام، فوكو، الأسلوب الفرنسي في الابستمولوجيا، ترجمة: هدى الكافي، مراجعة: محمود بن جماعة، محمد بن ساسي، من: مقالات في النمذجة وفلسفة العلوم، الجزء الأول، دار سيناترا، الطبعة الأولى، تونس 2012.

22- جيمس جينز، الفيزياء والفلسفة، ترجمة: جعفر رجب، دار المعارف.

23- حسين علي، منهج الاستقراء العلمي، دار التنوير، الطبعة الأولى، بيروت، 2010.

24- د. ب. جريبانوف وآخرون، آينشتاين والقضايا الفلسفية لفيزياء القرن العشرين، ترجمة: ثامر الصفار، الآهالي للطباعة والنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، دمشق، 1990.

25- دومينيك لوكور، فيم تفيد الفلسفة إذن؟ من علوم الطبيعة إلى العلوم السياسية، ترجمة: محمد هشام، افريقيا الشرق، الدار البيضاء، 2011.

26- ديفيد لندلي، مبدأ الريبة، آينشتاين، هايزنبرج، بور والصراع من أجل العلم، ترجمة: نجيب الحصادي، كلمة، الطبعة الأولى، أبوظبي، 2009.

27- روبير بلانشي، نظرية العلم (الابستمولوجيا)، ترجمة: محمد اليعقوبي، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2004.

28- روجر بنروز، العقل والحاسوب وقوانين الفيزياء، تصديق بقلم مارتن غاردنر، ترجمة: محمد وائل الأتاسي، بسام المعصراني، مراجعة: محمد المرياتي، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، الطبعة الأولى، دمشق، 1997.

29- ـــــــــ، فيزياء العقل البشري والعلم من منظورين، ترجمة: عنان علي الشهاوي، دار كلمة وكلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، أبو ظبي، 2009.

30- رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم، فهم العلم المعاصر وتاويله، ترجمة: أحمد فؤاد باشا، يمنى طريف الخولي، عالم المعرفة العدد 350 أفريل 2008، الكويت.

31- ستيفن واينبرج، أحلام الفيزيائيين بالعثور على نظرية نهائية، جامعة شاملة، ترجمة: أدهم السمان، دار طلاس، الطبعة الثانية، دمشق، 2006.

32- عبد الفتاح مصطفى غنيمة، فلسفة العلوم الطبيعية، القاهرة.

33- عبد القادر بشتة، الابستمولوجيا مثال فلسفة الفيزياء النيوتونية، دار الطليعة، الطبعة الأولى، بيروت، 1990.

34- علي الشوك، تأملات في الفيزياء الحديثة، العلم، الفلسفة، الايدولوجيا، دار الفارابي، الطبعة الأولى، بيروت، 2012.

35- علي حسين كركي، الابستمولوجيا في ميدان المعرفة، شبكة المعارف، الطبعة الأولى، بيروت، 2010.

36- فؤاد زكريا، نظرية المعرفة والموقف الطبيعي للإنسان، مكتبة مصر، دار مصر للطباعة، الفجالة، 1991.

37- فرانسوا دو كلوسيه، آينشتاين ضد الصدفة، ترجمة: عزت عامر، المركز القومي للترجمة، الطبعة الأولى، القاهرة، 2009.

38- فرانسوا غيري، مداخل الفلسفة المعاصرة، علم العلم، ترجمة: خليل أحمد خليل، دار الطليعة للطباعة والنشر، الطبعة الأولى، بيروت، 1988.

39- فرنر هايزنبرج، الفيزياء والفلسفة، ترجمة: صلاح حاتم، دار الحوار للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، سوريا، 2011.

40- ـــــــــــ، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، ترجمة: محمد صبري عبد المطلب وانتصارات محمد حسن الشبكي، كلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، القاهرة، 2009.

41- ـــــــــــ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية، ترجمة: أحمد مستجير، مراجعة: محمد عبد المقصود النادى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1972.

42- فريد آلان وولف، مع القفزة الكمومية، ترجمة: أدهم السمان، دار طلاس، الطبعة الثانية، دمشق، 2002.

43- فيليب فرانك، فلسفة العلم الصلة بين العلم والفلسفة، ترجمة: علي علي ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، الطبعة الأولى، 1983.

44- كريم موسى، فلسفة العلم من العقلانية إلى اللاعقلانية، دار الفارابي، الطبعة الأولى، بيروت، 2012.

45- لويدمتز، جيفريسون ويفر، قصة الفيزياء، ترجمة: وائل الآتاسي، طاهر تربدار،دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر، الطبعة الثانية، دمشق، 1999.

46- لويس دي برولي، الفيزياء والميكروفيزياء، ترجمة: رمسيس شحاته، مراجعة: محمد مرسي أحمد، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، 1967.

47- ليفي برول، فلسفة أوجيست كونت، ترجمة: محمود قاسم، السيد بدوي، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

48- ليون. م. ليدبرمان وكريستوفر ت. هيل، التناظر والكون الجميل، ترجمة: نضال شمعون، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، 2009.

49- ماركوس تشارن، نظرية الكمية لا يمكن أن تؤذيك، دليل إلى الكون، ترجمة: يعرب قحطان الدوري، الدار العربية للعلوم ناشرون، الطبعة الأولى، بيروت، 2008.

50- محمد عبد اللطيف مطلب، الفلسفة والفيزياء، الجزء الثاني، الموسوعة الصغيرة، دار الحرية للطباعة، بغداد 1985.

51- محمد عابد الجابري، مدخل إلى فلسفة العلوم، العقلانية المعاصرة وتطور الفكر العلمي، مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة السادسة، بيروت، 2006.

52- محمد كامل حسين، وحدة المعرفة، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة.

53- محمد وقيدي، ما هي الابستمولوجيا؟ مكتبة المعارف للنشر والتوزيع، الرباط، الطبعة الثانية، 1987.

54- مصطفى النشار، نظرية المعرفة عند أرسطو، دار المعارف، الطبعة الثالثة، القاهرة، 1995.

55- ميشال دوبوا، مدخل إلى علم اجتماع العلوم والمعارف العلمية، ترجمة: سعود المولي، المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، 2008.

56- ميشو كاكو، كون آينشتاين، كيف غيرت رؤى ألبرت آينشتاين من ادراكنا للزمان والمكان، ترجمة: شهاب ياسين، كلمات عربية للترجمة والنشر، ، الطبعة الثانية، القاهرة، 2012.

57- نيثان سبيلبرج، برايون أندرسون، أفكار سبع هزت العالم، ترجمة: أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الثالثة، القاهرة، 2013.

58- نيلس بور، النظرية الذرية ووصف الطبيعة، ترجمة: أحمد عبد الله السماحي، فتح الله الشيخ، كلمات عربية للترجمة والنشر، الطبعة الأولى، القاهرة، 2009.

59- هينز باجلز، رموز الكون، ترجمة: محمد عبد الله البيومي، الدار الدولية للنشر والتوزيع، الطبعة الثانية، القاهرة، 1989.

2- باللغة الأجنبية

1- Agnès Surbezy, Etre ou ne pas être… quantique, le théâtre contemporain à l'épreuve de la physique moderne, Lansman, Hispania 18, 2015.

2 - Alain Séguy-Duclot, La réalité physique, Hermann éditeurs, Paris, 2013.

3- Alain Seret, Physique microscopique, première approche, Presses Universitaires de Liège, 2016.

4-Albert Chapelle, Epistémologie, préface d'Emmanuel Tourpe, Lessius, Bruxelles, 2008.

5- Alexis Rosenbaum, Leçon d'introduction à la philosophie des sciences, Presses de l'ENSTA, Paris, 2009.

6- André-Marie Ampère, Essai sur la philosophie des sciences, ou exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines, Bachelier, Paris, 1834.

7- Anouk Barberousse, Max Kistler, Pascal Ludwig, La philosophie des sciences au XX^{e} siècle, Flammarion, 2000.

8- Antoine Augustin Cournot, Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophiques, T1, Librairie de L. Hachette et C^{ie}, Paris, 1851 et 2eme édition 1912.

9- Antoine Grumbach, L'évolution des sciences physique et mathématique Ernst, Flammarion, 1935.

10- Antoinette Virieux-Reymond, Introduction à l'épistémologie, P.U.F., 1re édition, Paris, 1966.

11- Auguste Comte, Cours de philosophie positive, 2^{e} Lecons,T1, Vol.1, Les préliminaires généraux et la philosophie mathématique, Introduction de Sylvain Pérignon, édit. Anthropos, Paris, 1968.

12- Banesh Hoffmann, Michel Paty, l'étrange histoire des quanta, Edition du Seuil, 1981.

13- Basarab Nicolescu, Nous, la particule et le monde, E.M.E. & InterCommunications s.p.r.l, Bruxelles, 2012.

14- Bernard d'Espagnat, Conceptions de la physique contemporaine, les interprétations de la mécanique quantique et de la mesure, Hermann, Paris, 1965.

15- _____, le réel voilé, analyse des concepts quantiques, Fayard, 1994, Paris.

16- _____, Traité de physique et de philosophie, Fayard, Paris, 2002.

17- Bertrand Russel, Human Knowledge : Its Scope and Limits, with an introduction by John G. Slater, London and New-York, 2009.

18- Bernard Vidal, Réel concret, Métaphysique quantique ou Baguette magique ? Pour ceux qui n'ont rien compris au monde quantique parce que qu'il n'y a rien à comprendre, Technedit, Paris, 2014.

19- Bruno Jarrosson, Invitation à la philosophie des sciences, Ed. Seuil, 1992.

20- Carlo Roveli, Par-delà le visible la réalité du monde physique et la gravité quantique, traduit de l'italien par Patrick Vighetti, Odile Jacob, Paris, 2015.

21- Claude Bernard, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Flammarion, Paris, 2010.

22- Claude Fabre, Charles Antoine, Nicolas Traps, Introduction à la physique moderne : Relativité et physique quantique, cours et exercice, Dunod, Paris, 2015.

23- Danah Zohar, Conscience et science contemporaine, le moi quantique, traduit de l'anglais par Paul Couturian, Edition du Rocher, 1992.

24- Daniel Parrochia, Y-t-il une philosophie française des sciences ? in: Philosophie des sciences, expériences, théories et méthodes, L.P.J. VRIN, 2004.

25- David Sénéchal, Mécanique quantique, avril 2000.

26- Doglas C.Gianedi, physique générale 3, ondes, optique et physique modern, adaptation réalisée par: Paul-Etienne Onellette, 2eme edition, De Boeck, Canada 2004.

27- Dominique Lecourt, la philosophie des sciences, PUF, Paris, 2001.

28- Eduard Jan Dijksterhuis, Die Mechanisierung des Weltbildes, Springer-Verlag OHG., Berlin-Göttingen-Heidelberg.

29- E. Ladenburg : Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, vol.9, Hamburg,1907.

30- Erwin Schrödinger, physique quantique et représentation du monde, Edition Seuil, 1992.

31- Etienne Klein, Petit voyage dans le monde des quanta, édition Flammarion, Paris, 2004.

32- Eugène Paul Wigner, The Probability of the Existence of a self-reproducing Unit, In M. Palanyi, The Logic of Person of Knowledge, 1961.

33- Fabio Minazzi, L'épistémologie comme herméneutique de la raison, préface de Jean Petitot, La Cita del Sole, Naples, 2005.

34- Folsing Albrecht, Albert Einstein, Peuguin Books, New-York, 1997.

35- François Lurçat, Niels Bohr et la physique quantique, éd. Seuil, Oct 2001.

36- François Rothen, Aux limites de la physique : Les paradoxes quantiques, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2015.

37- Gérard Fourez, Apprivoiser l'épistémologie, édition De Boeck et Larcier, Belgique, 2003.

38- Gerhard Frey, Philosophie und Wissenschaft, eine Methodenlehre, W. Kohlhammer, 1970.

39- Guy Louis Gavet, La physique quantique, découvrez le comportement des atomes et voyagez dans le monde de l'infiniment petit, Eyrolles, Paris, 2014.

40- Heinz-Dieter Zeh, On the Interpretation of Measurement in Quantum Theory, In: Foundation of Physics Vol. 1, Nr. 1, March, Springer, 1970.

41- Heinz Pagels, L'univers quantique, des quarks aux étoiles, traduit de l'américain par Jacques Corday, InterEditions, Paris, 1985.

42- Henry Stapp, Mind, Matter and Quantum Mechanics, Springer, Berlin, 1993.

43- Hermann von Helmholtz, Schriften zur Erkenntnistheotrie, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1921.

44- Hervé Barreau, Que sais-je ? L'Epistémologie, 6ème édition, Presses Universitaire de France, 2008.

45- Hervé Zwirn, Les limites de la connaissance, Odile Jacob, Paris, 2000.

46- Ilya Prigogine & Isabelle Stengers, La nouvelle alliance, Métamorphose de la science, Gallimard, 1986.

47- Jaques Croizer, De la mesure qu'entend-on par fait physique ? L'Harmattan, Paris, 2007.

48- Jean Bricmont & Hervé Zwirn, Philosophie de la mécanique quantique, Edité par Thierry Martin, société de philosophie des sciences, Vuibert, Paris, 2009.

49- Jean-Jacques Gaubicher, La conscience, entité matérielle, spirituelle ou quantique ? L'Harmattan, Paris, 2015.

50- Jean Leroux, Une histoire comparée de la philosophie des sciences, Vol.I, Aux sources du Cercle de Vienne, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 2010.

51- Jean-Michel Salanskis, Conflit des épistémologies, épistémologie du conflit, in : L'épistémologie et l'histoire des sciences, collection, l'école des philosophies N° 9, Centre Régional de Documentation Pédagogique du Nord-Pas de Calais, Septembre 2005, Lille.

52- Jean Perdijon, Les grandes idées de la physique, comment l'esprit vient aux physiciens, Dunod, Paris, 2002.

53- Jean Piaget, Logique et connaissance scientifique, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard ? Paris, 1967.

54- _____, L'épistémologie et variétés, Gallimard, Paris, 1967.

55- Jean-Pierre Jameux, Réflexions sur la réalité en philosophie, la pensée empiricale versus la pensée transcendantale, L'Harmattan, Paris, 2015.

56- Jeanne Parain-Vial, Philosophie des sciences de la nature, Tendances nouvelles, Librairie du Méridiens-Klincksieck et Cie, Paris, 1983.

57- Joseph Silk, L'univers et l'infini, traduit de l'anglais par Pierre Kaldy, Odile Jacob, Paris, 2005.

58- Julien Dutant, Qu'est-ce que la connaissance ? Librairie Philosophique J. VRIN, Paris, 2010.

59- Karl Popper, La théorie quantique et le schisme en physique post-scription à la logique de la découverte scientifique, III, Edition établie et annotée par W.W. Bartley III, Traduction et présentation d'Emmanuel Malolo Dissaké, Hermann, Paris, 1996.

60- Léna Soler, Introduction à l'épistémologie, Nouvelle édition revue et augmentée, préface de Bernard d'Espagnat, 2ème édition Ellipses, Paris, 2009.

61- _____, Philosophie de la physique, Dialogue à plusieurs voix autour de controverses et classiques, entre Michel Bitbol – Pascal Engel – Bernard d'Espagnat – Paul Gochet – Léna Soler et Hervé Zwirn, L'Harmattan, 2006.

62- Léon Brunschvicg, Les étapes de la philosophie mathématique, nouveau tirage augmenté d'une préface de Jean-Toussaint Desanti, A. Bachelard, Paris, 1993.

63- _____, L'expérience humaine et la causalité physique, Presses Universitaires de France, 1949.

64- Louis Althusser, Philosophie et philosophie spontanée des savants, édition Fr. Maspero, 1967.

65- Lucien R. Karhausen, Les flux de la philosophie des sciences au 20e siècle, L'Harmattan, 2001.

66- Ludwig Georg Boltzmann, Sitzungsberichte der Preußische Akademie der Wissenschaften, der 5 März 1898, Berlin.

67 - Marc Lacoste Lareymondie, Une philosophie pour la physique quantique, Essai sur la non-séparabilité et la cosmologie d'A.N. Whitehead, préface d'Anne Fagot-Largeant et de Bernard Saint-Sernim, L'Harmattan, Paris, 2006.

68- Marco Panza, Jean-Claude Pont, Les savants et l'épistémologie vers la fin du XIXe siècle, Librairie scientifique et technique + Albert Blanchard, Paris, 1995.

69- Marie-Dominique Pobelard, Denis Vernant, Les grands courant de la philosophie des sciences, Seuil, 1997.

70- Maurice Gagnon, Daniel Hébert, En quête de science, Introduction à l'épistémologie, FIDES, Québec, 2000.

71- Max Born, Physics in my generations, Bergamon Press, London, 1956.

72- Max Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics, New-York The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective, Wiley and Son, 1974.

73- Max Planck, Initiations à la physique, Trd. De l'allemand par J. du Plessis de Grenédan, nouvelle édition, Flammarion, Paris, 1993. (en allemand : Wege zur physikalischen Erkenntnis, Leipzig, 1934.)

74- _____, L'image du monde dans la physique moderne, Gauthier, Paris, 1933.

75- Michael Esfeld, Philosophie des sciences, une introduction, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1re édition 2006.

76- _____, Physique et métaphysique, une introduction à la philosophie de la nature, Presses polytechniques et universitaires romandes, Italie, 2012.

77- Michel Bitbol, L'aveuglante du réel, Flammarion, Paris, 1998.

78- _____, Mécanique quantique, une introduction philosophique, Edition Flammarion, 2008.

79- Michel Bitbol et Sylvain Laugier, Physique et réalité, un débat avec Bernard d'Espagnat, Editions Frontières, Didrot Editeur, 1997.

80- Michel le Bellac, Le monde quantique, préface d'Alain Aspect, ERP Sciences, Les Ulis, 2010.

81- _____, Physique quantique, EDP sciences, 2ème édition les Ulis, 2007.

82- Michel Paty, Mach et Duhem, L'épistémologie de «savants-philosophes», in : Epistémologie et matérialisme, séminaire sous la direction de Olivier Bloch, Librairie des Méridiens Klinsksieck, Paris, 1986.

83- Niels Bohr, Physique atomique et connaissance humaine, Trd. De l'anglais par Edmond Bauer et Roland Omnès, revue par Catherine Chevalley, Gallimard, 1991.

84- Olivier Bloch, Epistémologie et matérialisme, séminaire, Librairie des Méridiens Klinsksieck, Paris, 1986.

85- Pascal Nouvel, La philosophie des sciences, 1re édition, PUF, Paris, 2011.

86- Patricia Kauark-Leite, Théorie quantique et philosophie transcendantale : dialogues possibles, préface de Michel Bitbol, Hermann Editeurs, Paris, 2012.

87- Peter Byrne, The Many Worlds of Hugh Everett III, Oxford University Press, Oxford, 2010.

88- Peter Woit, Même pas fausse ! la physique renvoyée… dans ses cordes, Trad. De l'anglais par Michel Cassé, Dunod, Paris, 2007.

89- Philipp Lenard, Über die lichtelektrische Wirkung, in: Annalen der Physik, vierte folge, Band 8, Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1902.

90- Philippe Miné Jean, Pierre Pharabod, La miraculeuse efficacité de la théorie quantique, Odile Jacob, Paris, 2014.

91- Philippe Solal, Ovnis et conscience, L'inexpliqué au cœur du nouveau paradigme de la physique, préface de Stéphane Allix, Editons Le Temps Présent, 2015.

92- Pierre Jacob, L'âge de la science, lectures philosophiques, N°2 épistémologie, Edition ODILE JACOB, Paris, 1989.

93- Pierre Léon Boutroux, L'Idéal scientifique des mathématiciens : dans l'antiquité et les temps modernes, nouvelle collection scientifique, édition Presse Universitaires de France, Paris, 1955.

94- Pierre Sagaut, Introduction à la pensée scientifique moderne, cours du culture générale, Université Pierre et Marie Curie- Paris 6, 2008/2009.

95- Pierre Uzan, Conscience et physique quantique, Librairie philosophique, J.VRIN, Paris, 2013.

96- Pierre Wagner, Les philosophes et la science, édition Gallimard, Paris, 2002.

97- Raphael Cannenpasse-Riffard, Physique de matière, De la matière à l'esprit, Collection Résurgence, macro pietteur, édition, Embourg, Belgique, 2009.

98- Robert Locqueneux, Une histoire des idées en physique, préface de Bernard Maitte, Vuibert, Paris, 2009.

99- Roger Penrose, A la découverte des lois de l'univers, La prodigieuse histoire des mathématiques et de la physique, Trd. De l'anglais par Céline Laroche, Odile Jacob, 2007.

100- Roland Omnès, Les indispensables de la mécanique quantique, Odile Jacob, Paris, 2006.

101- Sir Arthur Eddington, New Pathways in Science, Cambridge University Press, 2012.

102- _____, The nature of physical world, Macmillan .Co. New York 1933.

103- Soazig Le Bihan, Précis de philosophie de la physique, Vuibert, Paris, 2013.

104- Solange Gonzalez, Epistémologie et histoire des sciences, éd. VUIBERT, Paris, 2010.

105- Stanislaw Ossowski, Maria Ossowska, The science of science, repris dans : Bohdan Walentynowicz, éd, Polish contributions to the Science of Science, Theory and Decision Library, V 29 (Dordrecht, Holland, Boston : D. Reidel, Hingharn, MA : Distributor for the U.S.A. Kluewer Boston, 1982.

106- Sven Ortoli, Jean-Pierre Pharabod, Le cantique des quantiques, le monde existe-il ? Edition la Découverte, Paris, 2007.

107- Thomas Boyer-Kassem, Qu'est-ce que la mécanique quantique ? Librairie philosophique J.VRIN, Paris, 2015.

108- Thomas Nagel, Mortal Question, Cambridge : Cambridge University Press, 1979.

109- Vahé Zartarian, Physique quantique, l'esprit de la matière, Editions Le Temps Présent, 2014.

110- Walter Greiner, Mécanique quantique une introduction, Trad. de L'allemand François Jundt, avant-propos de Hubert Curien, Springer, Berlin, 1999.

111- Werner Heisenberg, La partie et le tout, le monde de la physique atomique (souvenirs, 1920-1965), traduit de l'allemand par Paul Kessler, Flammarion, 2010.

112- William Whewell, The philosophy of inductive sciences, founded up on their history, 2 Vol, Parker, Londres, 1840.

113- Wolfgang Pauli, Physique moderne et philosophie, traduit de l'allemand par Claude Maillard, Edition Albin Michel S.A, Paris, 1999.

114- Yvon Belaval, Histoires des sciences et épistémologies, In : Sciences, Histoire, Epistémologie pour une pratique pluridisciplinaire, Librairie Philosophie J.VRIN, Paris, 1981.

115- Yvon Chatelin, Une épistémologie des sciences du sol, édition ORSTOM, Paris 1979.

116- Yvon Gauthier, La logique interne des théories physiques, Collection Analytiques-5, Edition Fides, Québec, 1992.

المعاجم والموسوعات

1- باللغة العربية

1- أندري لالاند، الموسوعة الفلسفية، المجلد الأول A-G، تعريب خليل أحمد خليل، منشورات عويدات، الطبعة الثانية، بيروت، 2001.

2- باللغة الأجنبية

2- Duden, das große Wörterbuch der deutsche Sprache 2. Band 2: Bin-Far, Dudenverlag, Mannheim, 1993.

3- Gehrard Wahrig-Hildegard Krämer, Harald Zimmermann, 2 Band Bu-Fz, F.A. Brockhaus, Wahrig, Deutsches Wörterbuch, F.A. Brockhaus, GmbHm Wiesbaden und Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart, 1981.