

الفلسفة وتطور أسس الفيزياء النظرية

أ. كريمة بودرواز

المدرسة العليا للأساتذة بوزريعة

الجزائر

الملخص باللغة الفرنسية:

La physique moderne a fait un changement conceptuel épistémologique et philosophique. le concept de l'objectivité ; a changé du point de vue classique, elle signifie objectivité.

Aujourd'hui ; dans le domaine du macro physique et microphysique moderne ; elle constitue une «objectivité subjective» , c'est ce que Thomas SAMUEL KUHN(1922-1996) l'a nommé par "Le nouveau paradigme "qui contient dans son contenu un paradoxe et non paradoxe au même temps.

De ce fait la physique moderne s'est fondée sur des principes et des bases hétérogènes entre le quantum et la relativité. Ce qui élimine le principe de l'absolu, sauf l'absolu de la vitesse de la lumière. Par conséquent le changement des bases théoriques , d'une théorie à une autre est devenu le secret du développement de la science physique moderne. Et dans le développement des bases et des principes

physiques modernes la méthode axiomatique a joué un rôle très important.

مقدمة:

أحرزت فيزياء القرن العشرين فتوحات باهرة لم تكن متوقعة، فالإكتشافات الجديدة لم تُكْمَل فيزياء نيوتن في كل الحالات بل أطاحت بعدد مبادئها انطلاقاً من النظريات الفيزيائية المعاصرة وتحديدا النظرية الذرية، ونظريات الكوانتم، ونظريات النسبية الخاصة، والنسبية العامة، والمجال، لألبرت اينشتاين. وآراء روادها في موضوعات الفيزياء من مادة، وضوء، وزمان، ومكان، وحركة، يمكننا استقراء المبادئ النظرية التي قامت عليها الفيزياء المعاصرة كفيزياء ثورية على الأسس الميكانيكية الكلاسيكية النيوتونية. وعبر عن ذلك "جريبانوف" في قوله: "إن تطور علم الفيزياء، أي تطور نظرياته الأساسية في المقام الأول، لم يكن بأي حال من الأحوال اختصاراً لمحتواه النظري على أسس الميكانيك الكلاسيكي¹. الأمر الذي يعني قيام الفيزياء المعاصرة على مبادئ وأسس جديدة ومن ثم تحقيق نتائج متقدمة مقارنة بالفيزياء الكلاسيكية. والتساؤلات التي تطرح في هذا المقام هي: ما المبادئ النظرية التي قامت عليها الفيزياء المعاصرة؟ وما التحولات التي عرفتتها مقارنة بمبادئ الفيزياء الكلاسيكية أو التقليدية؟

لقد عرفت الفيزياء المعاصرة تطوراً في مبادئها وأسسها وهذا بفضل النقد الابيستمولوجي فثمة مبادئ قامت عليها نظرية الكوانتا بمختلف فروعها، وأخرى قامت عليها النسبية الاينشتاينية وتتمثل في ما يلي:

مبدأ الاحتمية :

هو المبدأ المعروف بمبدأ فيرنر هايزنبرغ أعلنه عام 1927 يعرف أحيانا بمبدأ اللاتحديد أو مبدأ اللايقين أو مبدأ الاحتمية، وهو ينص على أن لا يقين في الطبيعة. ونتج عن تحول معنى الحقيقة تبعا لما أكتشف في علم الفيزياء الكوانتية، حيث اختلت به الموازين القديمة كل الاختلال. فقد اتضح أن كل المعرفة الطبيعية التي حصل عليها العلم ليست إلا معرفة إحصائية تختفي وراءها حقيقة الأشياء وحقيقة العالم بما فيه من علل ومعلومات.² وأن هذا الكون المختفي أي عالم الميكروفيزياء يظم ظواهر ليست معروفة وغير قابلة لأن تعرف بل هي أيضا غير قابلة للتصور.

لقد أدلى هايزنبرغ بهذا المبدأ في صورة قانون طبيعي حيث تخيل تجربة وهمية ومضمون هذه التجربة بسيط، حيث حاول فيها ملاحظة موضع وسرعة الإلكترون واتجاه حركته باستخدام الإضاءة للإلكترون حيث يجب أن يكون طول موجته قريباً من أبعاد الإلكترون وحين تتدخل الأجهزة لتسجل ما يحدث للإلكترون كما هو في طبيعته، إما أن نقيس وضعه في المكان قياساً دقيقاً ولكن، حينئذ لا نستطيع قياس سرعة حركته واتجاهها قياساً دقيقاً وعبر عن هذا "ديفيد لندلي" في قوله: "تستطيع أن تقيس سرعة الجسيم، أو قد تستطيع أن تقيس موضعه، غير أنك لا تستطيع أن تتجزأ المهمتين معاً."³، فوصل بهذا هايزنبرغ إلى أن تحديد موضع وسرعة الإلكترون في لحظة واحدة مستحيل، فالفيزيائيون يحددون خواص الإلكترون بدقة مناسبة بالاستتباط من خواص مجملة منها، ولكنهم عندما يحاولون تحديد مكان إلكترون معين في الفضاء، فخير ما يقال في هذه الحالة هو أن نقطة معينة من نقط تحركات موجات الإلكترونات كمجموعة تمثل الوضع المحتمل للإلكترون المعين. فالإلكترون عبارة عن بقعة غير محددة شأنها في ذلك شأن الريح أو الموجات الصوتية. وكلما قل عدد الإلكترونات التي يلاحظها الفيزيائي كلما زادت مشاهداته حيرة وعدم تحديد.

ويؤكد هايزنبرغ استحالة وصف الإلكترون وصفاً دقيقاً. وبهذا وصل إلى استحالة تحديد موضع، وسرعة، واتجاه الإلكترون. إذ حسبته في اللحظة التي يسجل فيها مكانه تتغير سرعته وفي اللحظة التي يحاول فيها تسجيل سرعته يتغير مكانه. لأن إطلاق الضوء عليه لرؤيته ينقله من مكانه ويغير سرعته. والتعامل مع الوحدات الأساسية للمادة الطبيعية مستحيل فحينما نصل إلى عالم التركيب النووي يستحيل علينا التحديد.⁴

وبهذا فإن مفهوم مبدأ اللاتحديد هو أنه ليس باستطاعتنا أن نطلب من الباحث أن يكون دقيقاً للغاية. أي أن مبدأ هايزنبرغ يقول بأنه لا يمكن وصف أية أحداث ولا حتى الأحداث الذرية يقيناً، أي بدقة كاملة تامة. والأمر الذي يجعل هذا المبدأ عظيم الأثر هو أنه من منظوره يحدد درجة عدم اليقين التي يمكن الوصول إليها. ولهذا السبب أدخلت فكرة الاحتمال الإحصائي لوصف ما يمكن أن نعرفه عن الإلكترون بكل الدقة الممكنة لأن القوانين الإحصائية تعبير عن سلوك مجاميع هائلة من بلايين الإلكترونات أو الفوتونات.⁵ والملاحظ أن هذا المبدأ لا يلعب أي دور ذو أهمية في عملية ديناميكا الأجسام الكبيرة. فعالم الماكروفيزياء الكلاسيكي تحكمه الحتمية بينما عالم الميكروفيزياء احتمالي.

وأكد من جهته رودولف كارناب مبدأ الاحتمية في فيزياء العالم الأصغر حيث قال: "تعتمد السمة الاحتمية لميكانيك الكم أساسا على مبدأ عدم التحديد. ويطلق عليه أحيانا مبدأ اللاتعيين أو علاقة اللاتعيين، وهذا المبدأ يقر أن من المستحيل من حيث المبدأ أن نقيس زوجين معينين من المقادير المترافقة في نفس اللحظة وبدقة عالية." ⁶ كما أكد ثبات مبدأ اللاتعيين لهايزنبرغ بحجة أن طبيعة عالم الكم هي التي تقرر بهذه الاحتمية، وليس الإنسان الملاحظ هو السبب قائلا: "والنقطة الهامة هي أن هذه الاضطرابات الشديدة إنما تنحصر في أن عدم الدقة هذه تعد جزءا لا يتجزء من قوانين نظرية الكم الأساسية. ولا ينبغي أن نعتقد أن التقييد الذي ذكره مبدأ اللاتعيين يرجع إلى عيوب وسائل القياس. وبالتالي إذا أدخلت بعض التحسينات على تقنيات القياس نتمكن من إحراز الدقة، وإنما هو قانون أساسي ولسوف يظل هكذا طالما بقيت قوانين نظرية الكم على صورتها الحالية." ⁷

وبهذا أصبحت الكوانتم نظرية شاملة تحكم قبضتها على عالم الاشعاع والذرة، العالم المتناهي في الصغر، الذي تعجز فيزياء نيوتن الكلاسيكية عن التعامل معه. ولن تجد أي همزة وصل بينه وبين حتميتها الميكانيكية. إن عالم الكوانتم، والذرة، والاشعاع، عالم لا حتمي، وهذا انقلاب جذري في ابستمولوجيا العلم من النقيض إلى النقيض من الحتمية إلى الاحتمية. ⁸ ومن جهته عبر كارناب عن هذا التحول الواقع بقوله: "ويمكننا أن نقول أن حتمية القرن التاسع عشر، قد استبعدت من الفيزياء الحديثة. وأعتقد أن معظم علماء الفيزياء، اليوم يفضلون هذه الطريقة للتغيير الجذري، الذي أحدثته ميكانيك الكم في صورة الفيزيائية الكلاسيكية." ⁹ فهو بهذا مع التحول الحاصل من مبدأ الحتمية إلى الاحتمية. ونلمس بوضوح القطيعة الحاصلة بين دراسة العالم العيني الكلاسيكي والعالم اللاعيني في فيزياء الكوانتم.

إضافة إلى ذلك عبر "أمير أكزيل" عن مبدأ الاحتمية في مجال عالم الكوانتم بقوله: "ذلك أن عدم التحديد والغموض، ووجود الاحتمالات، والتشتت جميعها ببساطة لا يمكن أن تزول، فهذه العناصر - الملعزة والغامضة والمتحجبة - هي جزء متمم لأرض العجائب هذه. وبهذا لم نعد نتحدث عن "هنا أو هناك"، ففي عالم الكم نتحدث عن "هنا وهناك". وبهذا يتسم كل ما في عالم الكم بالغموض، فثمة خاصية ضبابية لكل الكينونات التي نتناولها، سواء كانت ضوء أو الكترونات أو ذرات، كما أن مبدأ عدم التحديد (أو عدم اليقين) هو المبدأ السائد في ميكانيكا الكم. حيث لا يمكن رؤية معظم الأشياء أو الإحساس بها أو معرفتها بدقة، بل فقط من خلال الاحتمال

والمصادفة الضبابيين. وعند هذا المستوى كل قوانين السلوك المألوفة لدينا لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وعند هذا المستوى فإن كل قوانين السلوك المألوفة لدينا تصبح فجأة غير صحيحة".¹⁰ وفي هذا إقرار بسقوط مبدأ الحتمية الكلاسيكي. علاوة على ذلك عبر هانز راشينباخ عن احتمالية ولاحتمية عالم الدقائق الصغيرة بقوله: "إن ما يسمى انحرافات سببية ما هي إلا وقائع تثبت أن ميكانيكا الكوانتم إنما تؤدي إلى تنبؤات غير دقيقة".¹¹

وبهذا فإن نظرية الكم هي نظرية احتمالية في جوهرها، ولا يمكن التهرب من الاحتمالات فثمة حد أدنى لعدم التحديد فيما يخص النتائج، ولا يمكن الإقلال منه على الإطلاق طبقا لنظرية الكوانتم، أيا كان الجهد الذي نبذله. لكن مبدأ الاحتمية أو اللابقيين لهايزنبرغ في واقع الدراسات الفيزيائية المعاصرة وجد معارضة من طرف أكبر رواد هذه الفيزياء الجديدة، وهو ألبرت اينشتاين صاحب نظرية النسبية. حيث كان من موجهي الانتقاد لنظرية الكم لأنه لم يكن يحب أن يعتقد أن الطبيعة تعمل على نحو احتمالي، فكان يرى أن الله يقضي بكل شيء، وهو لا يلعب النرد، ولذلك كان اينشتاين يعتقد أن ثمة شيئا غائب عن نظرية الكم ربما بعض المتغيرات فإذا استطعنا العثور على قيم هذه المتغيرات، يذهب إلى غير رجعة عدم التحديد، والعشوائية، و"زهر النرد". وزيادة هذه المتغيرات يمكن استكمال النظرية.¹² وعبر أمير إكزيل عن ذلك بقوله: "وفي واقع الأمر فإن أكبر علماء القرن العشرين وهو ألبرت اينشتاين طرح تحدي كبير لنظرية الكم مفاده أن هذه الأخيرة ممتازة كنظرية إحصائية، لكنها لا تقدم وصفا كاملا للواقع الفيزيائي. وعبارته الشهيرة " الله لا يلعب النرد بالعالم " كانت انعكاسا لاعتقاده بأن ثمة طبقة أعمق، غير احتمالية في نظرية الكم لم يتم اكتشافها بعد".¹³

وبهذا نجد اينشتاين قد اعتبر نظرية الكم نظرية غير كاملة، وأن مبدأ الاحتمية رمزا للعجز عن تحديد بعض المعطيات في العالم الذي فبمجرد ضبطها تحل مشكلة الاحتمال. لكن هذا الموقف من اينشتاين دفع - بمنطق جدلية- العلم المعاصر برواد الفيزياء المعاصرة الآخرين وتحديدًا نيلز بور وهايزنبرغ إلى دعوته صراحة للتراجع عن موقفه وهذا على لسانهما: "عزيزي اينشتاين لقد وهبت للفيزياء جواز طريقها. لقد كنا المتممين المخلصين لك. ها هي ثمرة أبحاثنا التي هي أيضا أبحاثك. لا يمكنك سوى موافقتنا".¹⁴ لكن اينشتاين بقي متمسكا بموقفه حيث كتب ديفيد لندلي معلقا عليه: " لقد اعترض على وجود الاحتمال في الفيزياء، لكنه لم يجد سبيلا للخلاص منه ".¹⁵ الأمر الذي جعل نلز بوهر يقول: " ثمة تحديات في الفيزياء الكمية تتعلق

بالطبيعة الخاصة للعالم المجهرى وبأنه من العبث المطالبة بتجاوز أو الانتهاء من النظرية للعودة إلى الفيزياء الكلاسيكية.¹⁶ وقصد بذلك أنه لا يمكن الرجوع إلى الحتمية الكلاسيكية.

ومن جهة أخرى أقر بور بأن قبوله احتمالية العالم الذري لا يعني نفىه لحتمية العالم العيني وأشار إلى هذا ديفيد لندلي بقوله: "كما أشار نلز بوهر وبقوة إلى أن الوضع والسرعة وسائر يقينيات الميكانيكا الكلاسيكية لم تفقد نفعها فجأة. في العالم خارج الذرة، تضل المفاهيم القديمة باقية. ينبغي وفق بوهر أن يكون هناك ربط. يتعين أن نكون قادرين على أن نصل من انفصال وتمايز العالم الكمومي إلى الاتصال السلس الذي يحكم العالم الكلاسيكي الذي نألف".¹⁷ والواقع بالنسبة لعلماء الفيزياء المعاصرة رغم هذا الجدل إلا أن القضية مفهومة العلم كانعكاس للطبيعة ثنائي. فهو يأخذ شكلا يمكن تمثله متصل وحتمي في العالم الأكبر، وتجريدي متقطع احتمالي في العالم المجهرى، وهي ازدواجية شاذة، غير قابلة للفهم، متناقضة، ولكن مسلم بها.

- **مبدأ التكامل بين المادة والإشعاع:** بعد أن اتضحت المزوجة بين مبدأ الاحتمية الكوانتي، ومبدأ الحتمية في العالم الأكبر، نجد مبدأ آخر اعتمدت عليه الفيزياء المعاصرة وهو مبدأ التكامل بين المادة والإشعاع، حيث أنه بعد أن كانت الفيزياء الكلاسيكية ترى أن الطاقة والإشعاع يستبعدان بعضهما، فالظاهرة إما ذرة، وإما إشعاع رفض "نلس بوهر" هذا ووضع مبدأه المعروف بمبدأ التكامل Complementary، الذي لبي الاحتياج لكلا المفهومين بغير أن يتصادما أو يتعارضا بل من منظوره يتحدا ويتآلفا.¹⁸

- **مبدأ الطبيعة المزدوجة للضوء:** إضافة إلى ذلك أعتمد مبدأ آخر جديد لم تقم عليه الفيزياء الكلاسيكية، فبعد أن كانت هذه الأخير تقر بالطبيعة الجسيمية وحدها عند نيوتن دون الموجية، وبالطبيعة الموجية عند هويجنز دون الجسيمية. جاءت النظريات المعاصرة لتثبت بعد جدل بين روادها لتعلن أخيرا أن الضوء يحمل الطابع الموجي والجسمي معا وهذا مع لوي دوبري. حيث أعلن أن الضوء مكون من جسيمات ومن موجات معا.

وكانت نقطة التحول في تطور نظريات الضوء والمادة هي الخطوة التي خطاها لوي دوبري بنجاح، حيث كشف عن الخاصية الثنائية الغريبة للضوء والتي تضيف عليه الصورة الموجية أحيانا وتصوره كمجموعة من الجسيمات في أحيان أخرى، واعتبر أن هذه الخاصية ليست للضوء فقط بل هي خاصة للمادة أيضا.¹⁹ وهكذا بدأ العقل العلمي عصر التفكير المزدوج وأصبحت طبيعة الضوء جسيمية وموجية في آن واحد. الأمر الذي يؤكد التجديد الحاصل في مبادئ الفيزياء

النظرية مقارنة بالفيزياء الكلاسيكية. ويؤكد ربما الطابع الثوري للفيزياء المعاصرة عل الفيزياء الكلاسيكية، هذا في عالم الميكروفيزياء أما إذا انتقلنا إلى عالم الأجسام الكبيرة فإننا نجده يرتبط بمبادئ أخرى تناولها ألبرت اينشتاين .

- مبدأ أن لا وجود للأثير: بينت معطيات الفيزياء المعاصرة، أن الثورة في مستوى العالم الأكبر كانت أعنف وأشد وطأة على مسلمات ومبادئ الفيزياء الكلاسيكية مقارنة بثورة الكوانتم، وهذا ما فعلته النظرية النسبية التي وضعها ألبرت اينشتاين، حيث بدأ من مشكلة الأثير التي تمخضت عنها تجربة ميكولسون MICHELSON (1852-1931) ومورلي MOSELEY (1887-1915)²⁰، والتي أسقطت فرض الأثير الكلاسيكي الذي اعتمدت عليه الفيزياء الكلاسيكية خصوصاً في تفسيرها للضوء والاشعاع. فقد افترض نيوتن أن ثمة وسط يملأه الأثير مثلما يحيط الهواء بالقشرة الأرضية، إلا أن تأثير الأثير أخف من الهواء والطف، واعتبره نيوتن مادة تملأ أرجاء الفضاء وتتخلل كل الأجرام والأجسام سواء كانت صلبة أو غازية ، كما رأى أن الضوء يحمله الأثير الذي تختلف كثافته باختلاف الأوساط. و أن ظاهرة الأثير تفسر كل الظواهر المصاحبة لانتشار الضوء.²¹

لكن معطيات الفيزياء المعاصرة وتحديدًا نظرية النسبية الخاصة قلبت فرض الأثير الكلاسيكي وأقرت بأن لا وجود للأثير في الطبيعة، ذلك أن التصور الميكانيكي للأثير غير متلائم مع المفاهيم الجديدة المتعلقة بالحقول الكهربائية والمغناطيسية، وتم بذلك التخلي عنه. وأكد اينشتاين ذلك في قوله: "كل المحاولات التي كانت تهدف إلى شرح الظواهر الكهرومغناطيسية في الأنساق الإحداثية المتحركة، سواء بواسطة حركة الأثير أو بواسطة الحركة عبر الأثير أو بهما معاً، باءت بالفشل."²² وبهذا أسقطت الفيزياء المعاصرة وتحديدًا نظرية النسبية الخاصة فرضية الأثير الكلاسيكية، وهذا انطلاقاً من معطيات تجريبية قام بها العالمين مورلي ونيكولسون.

- مبدأ نسبية السرعة: تضمنت النظرية النسبية الخاصة مبدأً أساسياً عاماً قائماً على أن المنظومات المرجعية الغاليلية متساوية من حيث صلاحياتها في القياس، أي أن مرجع القياس متغير، الأمر الذي ينتج عنه أن السرعة نسبية دوماً. فسرعة أي جسم ، كيفما كان إنما تقاس بالنسبة إلى جسم آخر سواء اعتبرنا الجسم الأول هو المتحرك أو عكسنا الأمر، وهو اعتبار الثاني هو المتحرك ، فالنتيجة ستكون واحدة ما دامت المنظومة المرجعية الخاصة بكل منهما منظومة مرجعية غاليلية. وهذا يعني أنه ليس هناك أي جسم ثابت في الفضاء ثباتاً مطلقاً وبالتالي فإن

سرعة أي جسم يمكن أن تحدد بقيم مختلفة باختلاف المنظومات المرجعية من حيث الحركة والسكون. فجمع وتحصيل السرعات كحساب السرعة النسبية لجسمين يتحركان بالنسبة لبعضهما في اتجاه معاكس، في الفيزياء الكلاسيكية هو حاصل جمع السرعتين، أما في النسبية المعاصرة فإنها ليست حاصل جمع السرعتين، بل هي أعقد كثيرا وتحكمها معادلة تدخل فيها سرعة الضوء كثابت أساسي.²³

- **مبدأ ثبات سرعة الضوء:** لقد جعل اينشتاين مبدأ ثبات سرعة الضوء قوام نظريته النسبية الخاصة، إذ اعتبر أن سرعة الضوء ثابتة لا تزيد ولا تنقص. وهذا المبدأ يؤدي إلى نتائج غريبة لا يستسيغها حدسنا العام أي غير مألوفة حيث كانت الفيزياء النيوتونية تسلم بتغير سرعة الضوء. إن هذا يعني أن سرعة أشعة الضوء المنبعثة من إحدى السفن الفضائية مثلا تساوي دوماً 300 ألف كلم في الثانية. الأمر الذي قلب به اينشتاين الفيزياء النيوتونية. وأكد ذلك في قوله : " أثبتت الأبحاث النظرية التي كان لها أثر بالغ والتي أجراها لورنتز على الظواهر الديناميكية الكهربائية والظواهر الضوئية المتعلقة بالأجسام المتحركة أن التجربة في هذا المضمار تؤيد تماما تفسيراً للظواهر الكهرومغناطيسية يستلزم الاحتفاظ بقانون ثبوت سرعة الضوء في الفراغ ".²⁴

- **مبدأ نسبية الزمن:** بعد أن سلمت الفيزياء الكلاسيكية بإطلاقه الزمن، وقع تحول كبير في الفيزياء المعاصرة حيث اعتمدت على مبدأ نسبية الزمن. كما اتضح من قبل في حديثنا عن النظرية النسبية لألبرت اينشتاين . حيث إن الزمن حسب مقدار متغير في الكون، وأنه لا يوجد زمن واحد للكون كله ممتد من مبدأ الوجود والخلقة إلى الآن. وإنما يوجد عدد من الأزمان. كلها مقادير متغيرة لا يمكن نسبتها إلى بعضها إلا بالرجوع إلى أنظمتها.²⁵

وبهذا يتباطأ الزمن تبعا للسرعة، وبالمعامل نفسه الذي ينكمش به الطول، لذلك يختلف الزمن أو يتباطأ باختلاف السرعة التي يسير بها حامل السرعة - أي الذي يقوم برصد الزمن - وبهذا ينهار الزمن الموضوعي الطلق في الفيزياء الكلاسيكية.²⁶ وهذا تحديدا ما عد ثورة على الزمن المطلق الكلاسيكي.

- **مبدأ انكماش الطول:** ارتكزت الفيزياء المعاصرة في إطار النظرية النسبية الخاصة على مبدأ انكماش الطول، فالحيز المكاني الذي يشغله جسم من الأجسام يختلف باختلاف الملاحظين الذين يتحرك بعضهم بالنسبة إلى بعض. الأمر الذي زرع الطرح النيوتوني القائل بإطلاقه المكان، فمن

منظور اينشتاين تتكلمش الأجسام في اتجاه حركتها، أي أن الجسم يزداد في القصر أو الانكماش كلما ازدادت سرعته ويختفي ببلوغه سرعة الضوء.²⁷

ومن ثم بما أن سرعة الضوء هي الثابت الوحيد الكوني فينبغي تعديل الكميات التي نعبر بها عن الزمان والمكان في كل معادلاتنا حتى تتفق مع الحقائق الجديدة الأساسية. وعبر عن ذلك مصطفى محمود على لسان اينشتاين بقوله: "ومن الآن فصاعدا يصبح الزمان مقدارا متغيرا والمكان مقدارا متغيرا." ²⁸ وبهذا تغيرت مطلقات الميكانيكا النيوتونية.

- مبدأ تمدد الكتلة وتحولها إلى طاقة: ارتكزت من جهة أخرى الفيزياء المعاصرة على مبدأ جوهري هو تمدد وتحول الكتلة، فبعد أن كانت ابستمولوجيا الفيزياء النيوتونية تقرر بمبدأ حفظ الكتلة، فإن اليوم جاءت فيزياء اينشتاين النسبية تقلب ذلك المبدأ الكلاسيكي، فما تعودنا عليه هو أن الكتلة مقدار ثابت وهي لا تتأثر بحركة الأجسام أو سكونها، فهي حقيقة جوهريّة فيها حسب نيوتن. لكن اينشتاين قلب المعطيات الكلاسيكية وأثبت أن الكتلة بدورها نسبية كنسبية الزمان والمكان، واعتبرها مقدارا متغيرا وأنها تتغير بتغير حركة الجسم. إذ أنه كلما ازدادت سرعة الجسم كلما ازدادت كتلته.²⁹ وقدم اينشتاين المعادلة التي تبين العلاقة بين كتلة الجسم وسرعته وتتمثل

$$\text{في: } 1 ك = \frac{ك}{\sqrt{1 - \frac{ع^2}{ص^2}}}$$

حيث أن: $1 ك$ هي كتلة الجسم وهو يتحرك، $ك$ كتلته وهو ساكن، $ع$ سرعته، $ص$ سرعة الضوء. وانطلاقا من أولويات علم الجبر أن "ع" حينما تكون مقاديرها صغيرة لا تؤثر بكثير في المعادلة ولكن حينما تقترب من سرعة الضوء فإن النتيجة تتضخم بشكل هائل، وتصبح قيمة الجذر التربيعي أقرب إلى الصفر وتصبح الكتلة الجديدة "ك" لا نهائية.³⁰

من جهة أخرى خطأ اينشتاين ومن ثم الفيزياء الجديدة خطوة أخرى في الفكر النظري حيث اعتبر المادة طاقة والطاقة مادة، وعبر عن هذا قائلا: "إنه مادام الجسم يكتسب مزيدا من الكتلة حينما يكتسب مزيدا من الحركة. وبما أن الحركة شكل من أشكال الطاقة فإن معنى هذا أن الجسم عندما يكتسب طاقة يكتسب في نفس الوقت كتلة يمكن أن تتحول إلى طاقة"³¹، حيث عبر اينشتاين عن علاقة الكتلة بالطاقة في معادلة رياضية هي: $ط = ك \times ص^2$ ، حيث "ط" هي الطاقة، و"ك" هي الكتلة، و"ص" هي سرعة الضوء.³²

وبهذا التحول الجديد تكون الفيزياء المعاصرة قد أحدثت قفزة نوعية أخرى عبر مراحل تطورها.

- مبدأ نسبية الحركة: والملاحظ أن أينشتاين أنكر في نظريته النسبية إمكان الحركة المطلقة فمن المستحيل حسبه أن نعرف أن جسما ما في حالة حركة أو سكون دون الرجوع إلى جسم آخر. وتوصل في النظرية النسبية العامة إلى أن قوانين الكون واحدة لكل الأجسام بصرف النظر عن حالات حركتها، وبهذا أكد رفضه لكل ما هو مطلق فحتى الحركة غير المنتظمة أصبحت نسبية لا يمكن الجزم بها بدون مرجع خارجي.³³

ويعد مبدأ نسبية الحركة الاينشتاينية ثورة في مجال الفيزياء المعاصرة، حيث ساهم في ترجمة عديد الظواهر التي كانت تثير تساؤلات كثيرة عند العامة والمتخصصين. وفي الحقيقة التطور الواقع في الفيزياء المعاصرة كان لإسهامات هذا المبدأ دور فيه.

وبهذا انتهت نظرية اينشتاين النسبية العامة إلى نفي معرفة كل ما هو مطلق، وإلى اعتبار الكون خاضعا لقوانين واحدة رغم اختلاف الحركة في داخله. وإلى استحالة معرفة الحركة من السكون بدون مرجع خارج عن نطاق الحركة وعن نطاق هذا السكون. ومن ثم يكون اينشتاين قد نقض المطلق النيوتوني بحسب معنى طريف الخولي في أول صياغة لقانون النسبية العامة حين أعلن أن الطبيعة تجعل من المستحيل تعيين الحركة المطلقة عن طريق أي تجربة مهما كانت.³⁴

- مبدأ الزمكان: ومن جهة أخرى قامت الفيزياء المعاصرة على مرتكز آخر هو الزمكان وورد تحديدا في النظرية النسبية لأينشتاين، حيث أطاحت النسبية بالانفصال التقليدي بين مفهومي الزمان والمكان، وجعلت الزمان بعدا رابعا للأبعاد الثلاثة التي لم يسلم الكلاسيكيون إلا بها وهي: الطول، العرض، والارتفاع، وأتت بالمتصل الزماني - المكاني الرباعي الأبعاد. وعبر عن ذلك هانز راشينباخ بقوله: "إن البحث الفلسفي لنظرية النسبية أوضح بأن الزمن هو شيء أعمق من الفضاء وأنه مرتبط به."³⁵ هذا التصور الذي هو نظام من العلاقات بين الأحداث حسب اينشتاين، يهدم تماما التصورات الكلاسيكية عن التتابع الزماني والتجاور المكاني.³⁶ كما يهدم مفهومي الزمان والمكان المنفصلين، والمطلقين عند الكلاسيكيين.

فحسبه دائما نحن سجناء حواسنا المحدودة، ولهذا نعجز عن رؤية حقيقة البعد الرابع وتصورها. ولكن كل ما في الكون من أحداث يثبت أن هذه التركيبية ليست تركيبية فرضية رياضية وإنما هي حقيقة. فالزمان ليس منفصلا عن المكان، وإنما هما نسيج واحد هو المجال.³⁷ وبهذا تزعزعت مرة أخرى الأسس الفيزيائية الكلاسيكية، من مبدأ الانفصال بين الزمان والمكان إلى مبدأ الاتصال بينهما وتشكيل نسيج واحد هو الزمكان المجال.

– **مبدأ انحراف الزمكان:** واعتبر كذلك انحراف الزمكان الانشتايني مبدأ من مبادئ الفيزياء الجديدة، حيث أن معطيات الهندسة الإقليدية لم تعد تصلح، فحقيقة المكان هي الانحناء، أي أن المكان الذي نعيش فيه مكان منحرف لا مستوي كما نعتقد، وذلك تأكيد لهندسة ريمان لا لهندسة إقليدس. وأكد رودولف كارناب ذلك بقوله: "طبقا لنظرية النسبية لأينشتاين، تتحرف بنية المكان في المجالات الجاذبية عن بنية الهندسة الإقليدية".³⁸

وبهذا فإن الهندسة السائدة في الفيزياء الجديدة هي الهندسة اللاإقليدية، أي هندسة ريمان وأهم ما في الأمر أن اينشتاين أخذ بهندسة ريمان التي تفترض أن السطح محدب، في مقابل هندسة إقليدس التي تأخذ بها الفيزياء الكلاسيكية والتي تقر باستوائه. وترى النظرية النسبية العامة لأينشتاين أن الفضاء غير منسجم . فهو يتحذب حول الكتل السابحة فيه، ويزداد تحدبه حول الكتل الكبيرة.³⁹ واعتبر راشنباخ من جهته أن اعتماد هندسة ريمان نصر في الفيزياء، ويظهر هذا في قوله: "بطريقة أخرى فإن الانحناء في الهندسة اللاإقليدية، قد هز أسس معرفتنا ودل على الانتقال إلى معرفة من نوع أسمى، في الأول يمكن أن تظهر لنا مبهمة وغير معترف بها. لكن الحقيقة تسمح لنا برؤية النصيرين الفضاء والزمن".⁴⁰

وبهذا من منظور اينشتاين أي جسم يوجد في مكان وزمان فإنه يحدث تغيرات في الخواص القياسية لهذا المكان الزمان فينحني الفضاء حول هذا الجسم كما تنحني خطوط القوى حول المغناطيس. ويعبر أن الكون شأنه شأن الأرض لا تطبق فيه هندسة إقليدس، لأنه ليس نظاما مسطحا، ومن منظوره النظرية النسبية تعطينا مفتاحا فهي تقول بأن كل جسم يوجد في مكان وزمان يخلق حوله مجالا وأن الفضاء حول هذا الجسم يتحذب وينحني بمقتضى خطوط هذا المجال.⁴¹ وانطلاقا من هذه المعطيات فإن المكان لم يعد مستويا كما نظر إليه نيوتن، بل أصبح منحيا تتطبق عليه مبادئ الهندسة الريمانية.

– **مبدأ أن الجاذبية مجال وليست قوة:** اتضح من قبل أن متصل المكان - الزمان يشكل نسيجا هو المجال حسب اينشتاين، ورد بكلمة المجال هذه على مفهوم الجاذبية عند نيوتن في الفيزياء الكلاسيكية، حيث أن نيوتن يقول بأن الجاذبية قوة كامنة في الأجسام تجذب بعضها إلى بعض وتؤثر عن بعد، ولكن مبدأ الجاذبية عند اينشتاين، يرفض نظرية التأثير عن بعد النيوتونية وينكر أن الجاذبية قوة. فهو يقول أن الأجسام لا تشد بعضها بعضا ولكنها تخلق حولها مجالا، فكل جسم يحدث اضطرابا في الصفات القياسية للفضاء حوله - كما تحدث السمكة اضطرابا في الماء

حولها_ ويخلق حوله مجالا. حيث كما في المغناطيس يمكن تخطيط المجال عن طريق رش برادة الحديد. كذلك يمكننا عن طريق الحساب والمعادلات حسبه أن نحسب شكل وتركيب مجال جسم معين عن طريق كتلته.⁴² وفسر آينشتاين ما سمي بلغز عطارذ من خلال معادلاته ، فقد ضلت حركة عطارذ حول الشمس لغزا حتى فسرتها هذه المعادلات. وبهذا نجد أن الجاذبية لم تعد قوة بل أصبحت في المنظور الانشطايني المعاصر مجالا.

— مبدأ نسبية الذاتية ولا إطلاقيه الموضوعية: الموضوعية المطلقة أمر لم يعد علماء الفيزياء المعاصرون يطمعون في الوصول إليها، وأن موضوعية البحث بداخلها دائما عناصر ذاتية لا مفر منها. هذا هو مبدأ الفيزياء الجديدة، وعبر عن هذا المبدأ أرنست شرودنجر وهو من أعلام الفيزياء المعاصرة، بقوله: "العالم تأليف عقلي من احساساتنا، وإدراكاتنا الحسية وذكرياتنا، ومن اليسير أن نقول أن له وجودا موضوعيا في ذاته.. لكن من المؤكد أنه لن يبدو لنا من مجرد وجوده، وإنما وجوده بالنسبة لنا مشروط بحدوث معينة تحدث في المخ."⁴³

وقال أيضا: " إن جسمي الذي ترتبط به حياتي العقلية ارتباطا جوهريا، هو جزء من العالم الواقعي من حولي، والذي ألفه من احساساتي وإدراكاتي وذكرياتني . ولا شك في وجود تلك المجالات الشعورية على الرغم منه أنه ليس لدى منها معرفة مباشرة بطريقة الإدراك الحسي، ومن ثم فإنني أميل إلى اعتبارها شيئا موضوعيا يؤلف من العالم الواقعي من حولي."⁴⁴ تدل هذه النصوص وأمثالها كثيرا على اعتراف بثنائية انطولوجية بين العالم والذات الواعية وثنائية ابستمولوجية بين هذين العالمين بمعنى أن العالم المادي ليس شيئا دون وعينا به وأن معرفتنا له تعتمد على وجودنا، بل أنه عالم يؤلفه العقل بما لديه من احساسات وإدراك وذكريات، ولا يطعن ذلك في وجوده المستقل ولا في موضوعية معرفتنا. لكن الموضوعية ليست مطلقة وإنما بداخلها دائما عناصر ذاتية. ومن جهته رأى ادوارد كار EDWARD CARR (1892-1982) أن علم الطبيعة المعاصر يميل إلى اعتبار أن كلا من المشاهد والشيء المشاهد (الذات والموضوع) يدخل في النتيجة النهائية للملاحظة، والقول بأن هناك انفصالا تاما بين ذات الباحث وموضوعه في العلم الطبيعي. هو قول يقابل النظرية التقليدية في المعرفة التي أقامت تفرقة ثنائية حادة بين الذات العارفة، وموضوع المعرفة. ولكن نظرية المعرفة هذه لم تعد تصلح للعلم الأكثر حداثة وبالذات علم الفيزياء . لأن العالم الفيزيائي أصبح اليوم أقل ميلا للظن بأن موضوعات الفيزياء هي أشياء مستقلة عنه، يصارعها من أجل السيطرة عليها، وإنما يرى في هذه الموضوعات أشياء تصلح

للتعاون معه، من أجل إخضاعها لرغباته، ولهذا فقد بدأ الفلاسفة في مراجعة نظرية المعرفة التقليدية على أساس أن عملية المعرفة تتضمن قدرا من تأثير كلا الجانبين (الذات والموضوع).⁴⁵ إن النصوص السابقة لكبار علماء الفيزياء المعاصرة توحى بمثاليتهن، فهم يتحدثون عن أولوية الوجود العقلي على وجود المادة واستحالة الوصول إلى معرفة موضوعية مطلقة عن العالم المادي، وإنما تقوم المعرفة نتيجة تدخل القدرات العقلية بجانب الآلات، والأجهزة والقياس، وأن المعرفة تركيب عقلي تلعب فيها الذات دورا هاما وأساسيا.

وعبر عن هذا فيرنر هايزنبرغ إذ من منظوره مفهوم الحقيقة الموضوعية قد تبخر. وهذا في قوله: "مفهوم الحقيقة الموضوعية قد تبخر، فغرض البحث لم يعد إذن الطبيعة بحد ذاتها بل الطبيعة الخاضعة إلى التحري البشري، وبهذا المعنى نرى من جديد أن الإنسان لا يلتقي إلا نفسه".⁴⁶ وفي هذا تأكيد على تفاعلية الذات والموضوع. ونجد ألبرت أينشتاين في نظريته النسبية الخاصة قد اعتبر المكان، والزمان، والمسافة والحركة كلها نسبية بالقياس إلى الملاحظ أو المشاهد، أي لا مطلقة. وهو هنا يقصد نسبية فيزيائية فمن الممكن أن تحل الآلات والأجهزة والمعدات محل الإنسان المشاهد، في حين في نظريته النسبية العامة كانت نظريته إلى المتصل الزمكاني كشيء مطلق. وهو الكون كله شيئا مطلقا لا يعتمد وجوده على وجود المشاهد أو المدرك. لذا فللكون موضوعيته واستقلاله عن الذات المشاهدة. وبهذا جمع أينشتاين بين الذاتية والموضوعية. حيث أدخلت النسبية الذات العارفة كمتغير في معادلة الطبيعة المفرطة الدقة لدرجة كبيرة، ليس هذا بطريقة لا ذاتية فحسب، بل لتحرز درجة هائلة من الموضوعية المدهشة لكن غير المطلقة.⁴⁷ وعبر هانز راشنباخ عن تطور الموضوعية في نظرية النسبية لأينشتاين في قوله: "فإن نظرية أينشتاين جعلت الحقيقة الموضوعية أوضح مما كانت عليه. إن نظرية النسبية تمثل أعلى مستوى في المنهج الذي يؤدي إلى العلم الدقيق للطبيعة والتي من خلالها بدأت العلوم الطبيعية نجاحا كبيرا".⁴⁸

خاتمة:

وما يمكن قوله أخيرا هو أن الفيزياء المعاصر قد أحدثت تحولا مفاهيميا من الناحية الالبيستمولوجية الفلسفية، حيث تغير مفهوم الموضوعية التي كانت بالمنظور الكلاسيكي تعني إبعاد الذات فها هي اليوم في عالم الميكروفيزياء والماكروفيزياء المعاصر تتحول إلى موضوعية ذاتية الأمر الذي عبر عنه توماس كون Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) بالباراديغم الجديد الذي يضم في داخله تناقضا ولا تناقضا في نفس الوقت. وبهذا فإن الفيزياء المعاصرة قامت على مبادئ وأسس متباينة، بين النظرية الذرية، والكوانتم، والنسبية، والمجال حيث لم يعد للإطلاقية وجود في عالم الفيزياء المعاصر باستثناء، إطلاقية ثبات سرعة الضوء، وأصبح تغير الأسس من نظرية إلى أخرى سر حركية العلم الفيزيائي الجديد، وكان لمنهج البحث الفرضي الاستنباطي الرياضي دورا كبيرا في تطور الأسس والمبادئ الفيزيائية المعاصر.

المراجع:

1. ب. جريبانوف وآخرون، إنشتاين والقضايا الفلسفية لفيزياء القرن العشرين، ترجمة: تامر الصفار، الأهالي للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق 1990م، ط1، ص 74.
2. رولان أومنيس، فلسفة الكوانتم...، ص 198.
3. ديفيد لندي، مبدأ الريبةية اينشتاين، هايزنبرغ، بور، و الصراع من أجل روح العلم، ترجمة: نجيب الحصادي دار العين للنشر، الاسكندرية 2009، ص 19.
4. فيرنر هايزنبرغ، المبادئ الفيزيائية لنظرية الكم، ترجمة: محمد صبري عبد المطلب، إنتصارات محمد حسن الشبكي، كلمات عربية للترجمة والنشر، القاهرة 2009، ص 112.
5. المصدر نفسه، ص 113.
6. رودلف كارناب، المرجع السابق، ص 317.
7. المرجع نفسه، ص 318.
8. يمني طريف الخولي، فلسفة العلم في القرن العشرين، سلسلة عالم المعرفة، العدد 264، الكويت 2000، ص 179.
9. رودلف كارناب، المرجع السابق، ص 321.
10. أمير أكزيل، التعالق أكبر لغز في الفيزياء، ص 8.
11. حسين علي، فلسفة العلم عند هانز رشنباخ، الدار المصرية السعودية، القاهرة 2005، ص 122.
12. أمير أكزيل، المرجع السابق، ص 107.
13. المرجع نفسه، ص 10.
14. فرانسوا دو كلوسيه، آينشتاين ضد الصدفة، ترجمة وتقديم: عزت عامر، المركز القومي للترجمة، القاهرة 2009، ط1، ص 386.
15. ديفيد لندي، مبدأ الريبةية اينشتاين...، ص 19.
16. فرانسوا دو كلوسيه، المرجع السابق، ص 386.
17. ديفيد لندي، المرجع السابق، ص 181.
18. يمني طريف الخولي، المرجع السابق، ص 181.
19. حسين علي، فلسفة العلم عند هانز رشنباخ، المرجع السابق، ص 113.

20. يمنى طريف الخولي، المرجع السابق، ص188.
21. سالم يفوت، إبيستيمولوجيا العلم الحديث، دار توبقال للنشر، المغرب 2008 ، الطبعة الثانية، ص 114.
22. ألبرت اينشتاين ، ليويولد إنفلد، تطور علم الطبيعة (تحول الآراء من المبادئ الأولى إلى نظرية النسبية والكمات) ترجمة: محمد الفندى، عطية عاشور، مراجعة: محمد مرسى أحمد، تقديم: عطية عاشور المركز القومي للترجمة، القاهرة2009، ط2 ، ص 24.
23. يمنى طريف الخولي، المرجع السابق، ص195.
24. ألبرت اينشتاين، النسبية النظرية الخاصة والعامة، ص65.
25. مصطفى محمود ، آينشتاين والنسبية، ص52.
26. يمنى طريف الخولي، المرجع السابق، ص196.
27. المرجع نفسه، ص194.
28. مصطفى محمود ، المرجع السابق، ص52.
29. مصطفى محمود ، المرجع السابق، ص64.
30. المرجع نفسه، ص68.
31. المرجع نفسه، ص67.
32. المرجع نفسه، ص67.
33. مصطفى محمود، المرجع السابق، ص73.
34. يمنى طريف الخولي، المرجع السابق، ص196.
35. Reichenbach. Hans, 1992, **From Copernicus To Einstein**, Winn Ralph B. trad, New York, p.112.
36. يمنى طريف الخولي، المرجع السابق، ص196.
37. مصطفى محمود، المرجع السابق، ص81.
38. رودولف كارناب ، الأسس الفلسفية للفيزياء...، ص179.
39. يمنى طريف الخولي ، المرجع السابق، ص199.
40. Reichenbach. Hans, **OP.cit**, p.123.
41. مصطفى محمود، المرجع السابق، ص75.

42. مصطفى محمود، المرجع السابق، ص82.
43. جون جريبين، البحث عن قطة شرودنجر، ص96.
44. جون جريبين، المرجع السابق، ص98.
45. عبد الفتاح مصطفى غنيمه، المرجع السابق، ص252 .
46. فيرنر هايزنبرغ، الطبيعة في الفيزياء المعاصرة، ترجمة: أدهم السمان، دار طلاس للدراسات والترجمة و النشر، دمشق 1986، ط1، ص20.
47. عادل عوض، فلسفة العلم....، ص87.
48. Reichenbach. Hans, **OP.cit**, p.106.