

دراسة إبستمولوجية لمفاهيم تأسيس الميكانيك الكلاسيكي وميكانيك الكم

لاج رابح*

تاريخ الإرسال 10 أبريل 2019

تاريخ القبول 20 جوان 2019

الملخص: يعتبر الاهتمام بالفيزياء واحدا من أكثر التطورات الاجتماعية الفريدة في عصرنا. يا ترى ما سر الاهتمام بالفيزياء، بصيغها الغامضة، ومصطلحاتها الفنية الغريبة، الذي يجعل جمهورا عريضا ينجذب إليها؟ نظن أن الإجابة عن السؤال تكمن في ما نعتقد في قدرتها الهائلة على تفسير الظواهر المختلفة. فمنذ أن تأمل الإنسان العالم من حوله تبين له وجود التغير، فالعالم ممتلئ بالنشاط فهناك حركة الشمس، وهبوب الرياح، وتحليق الطيور وجريان الجداول المائية إلى آخره.... وهذه التغيرات تتحكم فيها نواميس تربط مسببات التغير، ألا وهي نواميس (قوانين) الفيزياء. حيث أن الفيزياء علم يبحث في عالم الحركة والتحرك وخواص تتعلق بعالم المادة، كما أنها تعتبر هي الأداة الأولى للتطور الفكري والتطور الصناعي منذ بداية الخلق. بناء على ما سبق من أهمية، ارتأينا أن نقدم جزءا هامًا جدًا من فروعها العديدة، وهذا بأسلوب فكري بسيط يفهم من طرف جميع المهتمين بهذه العلوم ومن كل التخصصات. حيث سنقتصر في هذا العمل، على دراسة علم الميكانيك سواء كان ما يدعى بالميكانيك الكلاسيكي أو ميكانيك الكم. وسوف نتطرق إلى المبادئ والقوانين الأساسية في بناء الميكانيك الكلاسيكي والتحليلي وكذا المبادئ الأساسية في بناء ميكانيك الكم، حيث ندرس مواطن الاختلاف والتوافق بينهما بدراسة إبستمولوجية (Epistemological studies).

Epistemological Study of the basic Concept of the classical mechanics and of the quantum mechanics

Abstract :The interest of Physics' Science is one of the most social developments of this century. What is the secret of the interest in physics, in its mysterious form, and its exotic artistic terminology, which makes a wide audience attracted to it? We believe that the answers of these previous questions are its tremendous ability to interpret the various phenomena. Since human being contemplated, the world around him shows many changes,

*المدرسة العليا للأساتذة، القبة، الجزائر.

he noticed that the world is full of activity. There are the movement of the sun, the wind, the flight of birds and the flow of water and so on. Physics is a science, which study the motion in world and properties related to the world's mater. Physics science is also a science of intellectual and industrial development since the beginning of creation. Based on the above, we present in this work a very important part of physics branches, in a simple intellectual way that be understood by all the interested in this science from all disciplines. Where we will discuss mechanics' subject, whether the so-called classical mechanics, or quantum mechanics. We will address the basic principles and laws of classical and analytical mechanics as well as the basic principles and concepts of quantum mechanics, where we study epistemologically the differences and compatibility between them.

الجزء الأول

مفهوم وتعريف الفيزياء عامة، وتعريف الميكانيك الكلاسيكي والتحليلي:

- مفهوم الفيزياء وتعريفاتها (Concept of physics and its definitions): تعرّف الفيزياء بعدة تعريفات، منها: هي العلم الذي يدرس المادة وكل ما يتعلق بها من تكوين وتركيب وحركة. كما أنّها تعرّف على أنّها هي: علم القياس، وتعرّف على أنّها علم الموجودات (المحسوسات) الماديّة، (ليس الموجودات أو الكائنات التي بها روح الذي يدعى علمها بعلم البيولوجيا). ومن وجهة نظرنا تنقسم الدّراسة الفيزيائية الى عدة أقسام أهمّها:

دراسة تتعلّق بمكوّنات المادة من جزيئات، وذرات، ومكوّناتهما، ذلك من حيث استقرارها (أي المادة) وطاقات ربط مكوّناتها من جزيئات وذرات. وهذا ما يسمّى بميكانيك الكمّ والذي تنبثق منه الفيزياء الذريّة والنّووية وفيزياء الدّقائ (الجسيمات). ودراسة لا تخوض في مكونات المادة، وأنّها تهتمّ بحركاتها، ومسبّبات حركاتها من قوى خارجيّة وطاقات، وهذا ما يسمّى بالميكانيك الكلاسيكي والميكانيك التحليلي. ودراسة تقنيّة وتكنولوجيّة (فيزياء تطبيقية)، تهتمّ بقياسات خواصّ المادة عموماً، ومن ثمّة تصنيع مركبات تهتمّ التطّور الصّناعي.

الدّراسات والأبحاث الفيزيائية ما هي إلا دراسة وبحث في النّواميس أو القوانين التي أوجدت في المادة والتي تبقيها في توازنات وتناظر على مستوى الكون. هذه النّواميس لا يمكن بأيّ حال من الأحوال أن يتحكّم أو يغيّر فيها الإنسان (الباحث أو العالم)، أي "حتميّة"، وإنّما يلاحظها ويكتشف مسبّباتها وعلاقتها بمكوّنات محيط وجودها، وذلك بواسطة تجارب، (أحياناً تكون تجارب فكريّة) وملاحظات ثمّ يبحث عن ربط المسبّبات والغايات في قالب قوانين أو بكلمة أخرى (نواميس). هذه القوانين موجودة في الأصل، قبل اكتشافاتها. وكما سلف قوله هي نواميس مخلوقة أو موحاة من الله للمادّة وتتحكّم في حركة واتّزان المادّة، اكتشفها الباحث أو العالم ثم صاغها في علاقات رياضيّة، وهذا كلّ ما يستطيع فعله. وهذا ما يسمّى بالفيزياء الأساسيّة أو النّظرية. أمّا الفيزياء التّطبيقية، والتي تطوّرت في هذا العصر بسرعة مذهلة، فما هي إلاّ استغلال واستعمال للنّواميس الموجودة أصلاً في المادّة، وذلك لغرض صناعة وإبداع أداة أو جهاز يفيد تطوّر ورقي الإنسان. وحتّى نقرب المفهوم نقدم المثال التّالي:

الباخرة مثلاً، ما هي إلا ابتكار وتصنيع في إطار النّواميس الفيزيائية لمادة الباخرة، من كثافة وخواص أخرى. وكذلك نواميس وخواص الماء من حيث اللزوجة ودافعة أرخميدس الى آخره وباستغلال كلّ من نواميس مادّة الباخرة، ونواميس الماء الذي يتمّ التّحرك فيه، اخترعت الباخرة. اذن تقنيّة الباخرة ماهي إلا اختراع وتصنيع، لا يمكنه أن يخرج عن النّواميس الموجودة في المادّة، وهذه الصّناعة والتّقنيّة لا تغيّر أو تضيف أي شيء للنّواميس الإلهيّة الموحاه للمادّة.

كذلك ما نسمع عنه في هذا العصر بما يسمى بتقنية النانو والتي هي ابتكارات دقيقة جداً استشعارية تستغل فيها النواميس المتعلقة بالمادة (سواء كانت مادة صلبة بكل أنواعها أو غازية أو سائلة)، ومن هذه النواميس: نواميس مغناطيسية وضوئية وكهربائية....إلى آخره.

يجب ملاحظة أنه كما ذكرنا فإن الفيزياء التطبيقية عرفت في عصرنا هذا ثورة ابداع وابتكار وتصنيع هامة، وبخطى سريعة جداً. الشيء الذي لم تعرفه الفيزياء النظرية، حيث منذ بداية القرن العشرين عهد أينشتاين وبور والآخرين) لم يعرف أي تطوّر أو ثورة في عالم الفيزياء النظرية.

ملاحظة: ميكانيك الكم والنسبية يدعيان بما يسمى الفيزياء الحديثة.

الجزء الثاني

الميكانيك الكلاسيكي

1. **تعريف الميكانيك الكلاسيكي:** (Classical physics' definition): الميكانيك الكلاسيكي هو أحد أهم موضوعي الميكانيك، أي الميكانيك الكلاسيكي والميكانيك التحليلي، وهو مجموعة النواميس (القوانين) الفيزيائية التي تصف أو تبحث في حركة الأجسام وتحريكها. وهذه القوانين تشتق من بعضها بالترتيب أي القانون الأول هو القانون الأساسي ومنه اشتق القانون الثاني، ومن القانون الثاني اشتق القانون الثالث. أما القانون الرابع فهو قانون خاص بجذب الأرض للأجسام الأخرى والموجودة في ما يدعى مجال جاذبيتها. وتدعى هذه القوانين بقوانين نيوتن الأساسية الأربعة. والتي يكون فيها البحث في تحديد القوى المؤثرة على الجملة الفيزيائية هو الأساس. سنتعرض لها بدقة في ما بعد. أن دراسة حركة الأجسام هي من أقدم الدراسات، وبالتالي تجعل الميكانيك الكلاسيكي من أقدم وأوسع مواضيع العلم. وبما أنه علم قديم فطبعاً ساهم فيه العرب المسلمون منذ القرون الوسطى كباقي الحضارات الأخرى وكانوا يدعون بعلم الحيل يصف الميكانيك الكلاسيكي حركة الأجسام المايكروسكوبية (العينية)، أي التي تظهر بالعين المجردة، وذلك اعتباراً من الحبيبات التي تظهر مع أشعة الشمس إلى الأجسام الفضائية كالصواريخ والأقمار الصناعية وهكذا إلى الكواكب والنجوم وحتى المجرات. الميكانيك الكلاسيكي يتوقع نتائج دقيقة جداً، وذلك كل ما كان مجال الدراسة يخص الأجسام الكبيرة ذات السرعة التي لا تقترب من سرعة الضوء. (لأن الأجسام الدقيقة جداً هو مجال نواميس ميكانيك الكم، وعندما تكون سرعة الأجسام كبيرة جداً يستوجب استعمال نواميس النسبية الخاصة). أن بداية مرحلة تطوّر الميكانيك الكلاسيكي في صيغته الحالية والتي غالباً ما تنسب للفيزيائي البريطاني اسحاق نيوتن كانت في أوائل القرن السابع عشر، وهذا التطور المدعم بمفاهيم فيزيائية مع استعمال صيغ رياضية اكتشفت من طرف اسحاق نيوتن نفسه. اكتشاف وليس خلق. بمعنى آخر هي قوانين موحاة للمادة تم اكتشافها فقط.

كما هو معلوم عند الفيزيائيين، أن الميكانيك الكلاسيكي خاضع للمبادئ الفلسفية التالية، بالإضافة للمبدأ الأساسي ألا وهو مبدأ العطالة:

- مبدأ السببية الغائية
- مبدأ الحتمية
- مبدأ الاستمرارية
- مبدأ الفضاء ثلاثي الأبعاد، والزمن المستقل عنه
- مبدأ حفظ الطاقة

2. دراسة القوانين الأساسية الأربع للميكانيك الكلاسيكي، قوانين نيوتن Newton's

Laws.

ملاحظة هامة: في الحقيقة يطلق على قوانين نيوتن ب (القوانين نيوتن الثلاثة للحركة)، نحن هنا ذكرنا أربعة قوانين معتبرين قانون الجذب العام قانونا رابعا لنيوتن. تعتبر هذه القوانين هي القوانين الأساسية، التي تنبثق منها كل المعادلات الواصفة للحركة وللتحريك وكل ما يتعلق بهما في الميكانيك الكلاسيكي.

1.2. قانون العطالة أو القصور الذاتي Inertia law or Newton's first Law: ينص على أن الجسم

المادي يظهر مقاومة لأي تغيير في حركته. أي إذا لم تؤثر أي قوة خارجية على الجسم المادي، فإنه إذا كان ساكنا يبقى ساكنا، وإذا كان متحركا، بحيث هذا يبقى محافظا على حركة مستقيمة منتظمة.

فمثلا هل يمكن لعامل أن يعتقد أن جسما ماديا تحت المواصفات السابقة، "عاطل"؟ وليكن ساكن مثلا يمكنه أن يبدي حركة من تلقاء نفسه!!!. هذا القانون الطبيعي الهام صاغه نيوتن بصورة رياضية حيث استطاع أن يمثل العطالة في ثبوت كتلة الجسم m وثبوت متجه سرعته $\vec{v}$ وصاغه بالمعادلة التالية:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

2.2. قانون التحريك: (القانون الثاني) Newton's second Law : أو ما يعرف بالقانون الثاني وهو

قانون مشتق أو مستنتج من قانون العطالة الأساسي، حيث ينص على أنه إذا أبدى الجسم المادي تغييرا ما من حالته الحركية، فهذا ليس منه لأنه "عاطل" فإن هذا راجع لمجموعة تأثيرات خارجية أي مجموعة قوى خارجية محصلتها غير معدومة، هي التي تسبب تغير في حالته الحركية. وهذا يتقبله العقل لأن الجسم المادي المعزول أو شبه المعزول أو القريب من المعزول، لا يمكن أن يغير من حالته الحركية من تلقائه أي بحد ذاته. فتغير حالته الحركية ناتج عن تأثيرات خارجية (محصلة غير معدومة لمجموع من القوى الخارجية).

وهكذا استطاع اسحاق نيوتن صياغة ما ذكر آنفا في شكل قانون كما يلي: (JP. Pérez (1961)

$$\sum \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

في حالة ثبوت الكتلة المتحركة m مع الزمن، أي حركة الجسم المادي لا يرافقها تغير في كتلته، تأخذ العلاقة السابقة الصورة المولية: يعني هذا القانون والذي هو مستنبط من القانون الثاني، على أنه بما أن سبب تغير حالة حركة الجسم غير العاطل ناتج عن تأثير خارجي أي محصلة غير معدومة لقوى خارجية، هذه القوى منبثقة بالطبع من جسم أو أجسام أخرى، وبالتالي فهو كذلك (أي الجسم) يؤثر بدوره على الجسم أو الأجسام المؤثر عليه، بنفس مقدار التأثير. يدعى هذا التبادل في التأثير بين المؤثر والمؤثر عليه، بقوتي: الفعل ورد الفعل. بالطبع هذه التأثيرات المتبادلة هي مجموعة قوى متبادلة.

وكما رأينا أعلاه أن التأثير الخارجي ما هو إلا قوة خارجية. ومنه استطاع أن يعبر اسحاق نيوتن عن هذا القانون رياضياً كما يلي:

$$\sum \vec{F}_i = \frac{d(\vec{p})}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d(\vec{v})}{dt} = m\vec{a}$$

2. 3

3.2 قانون الفعل ورد الفعل: أو القانون الثالث Newton's third Law

$$\vec{F}_{ij} = -\vec{F}_{ji}$$

يعبر الدليلان i, j عن الجسمين المتبادلين التأثير الجسم i والجسم j . بمعنى $\vec{F}_{ij}$ هو ترميز لتأثير الجسم i على الجسم j (الفعل) و $\vec{F}_{ji}$ هو ترميز لتأثير الجسم j على الجسم i (رد الفعل). والفعل ورد الفعل هما قوتان حيث أنهما:

- متساويتان في الشدة؛
- متعاكستان في الاتجاه؛
- من نفس الصنف؛
- يؤثران على جسمين مختلفين.

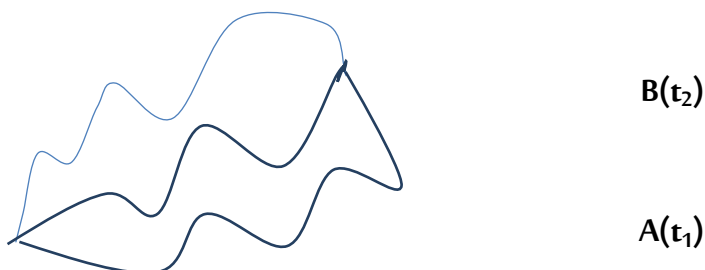
ونظرا لصعوبة التعامل مع قوانين الحركة أعلاه لنيوتن وذلك لوجوب التعامل مع كميات شعاعية يصعب التعامل معها، وخاصة في حالة الجمل المكونة من عدة عناصر، جاء كل من العلماء لقرانج هاملتون ودالمير وغيرهم بأفكار مبنية على طاقات وأعمال الجمل حتى تعالج حركات الجمل بسهولة كبيرة نظرا لأن مقدار الطاقة مقدار سلمي ليس كحالة القوى حيث هو مقدار شعاعي.

١. ميكانيك Lagrange: بنيت فكرة نيوتن في دراسة حركات جملة فيزيائية على أساس مبدأ السببية الغائية، حيث الجسم المادي يسلك مسارا $S[path]$ حتمياً يعتمد على الكميات الفيزيائية التي تصف الحركة وتعين مسارها، والتي يرمز له بـ q_k ، $\dot{q}_k$ ، وأن مساره هذا أو مساره حقق المعادلة " الفعل الأدنى". (L. Landau et Lifchitz (1969).

$$S[path] = \int_{t_1}^{t_2} L(q_k, \dot{q}_k, t) dt \Rightarrow \delta S = \delta \int_{t_1}^{t_2} L(q_k, \dot{q}_k, t) dt = 0$$

$$\text{we get the equation } \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0 \text{ where } L = T - V \text{ called the Action}$$

و بالتالي وباستخدام العلاقة أعلاه يمكن الحصول على معادلات تفاضلية من الدرجة الثانية تصف حركات جملة ما.



ملاحظة: الكميتان، q_k ، $\dot{q}_k$ يمكن قياسهما بدقة وفي آن واحد ولذلك يمكن تحديد مسار حركة الجسم المادي، هذا يستحيل في ميكانيك الكم الغير حتمي كما سنرى لاحقا.

بد ميكانيك Hamilton: جاء هاملتون بمعادلات الحركة لجملة فيزيائية اعتمادا تابعه H الذي يمثل الطاقة الميكانيكية للجملة اعتمادا تحويلة لوجندر لتابع لغرانج L كما يلي: $H = \dot{q}p - L(q, \dot{q}, t)$ ، حيث تحصل على معادلات تفاضلية من الدرجة الأولى لوصف حركة الجملة: (حيث يمثل p الدفع الخطي).

L. Landau et Lifchitz (1969)

$$q_i = \frac{\partial H}{\partial p_i} \text{ and } p_i = \frac{\partial H}{\partial q_i}$$

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i} \text{ and } \dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$$

بما أنه قام علماء آخرون بمجهودات أخرى للتعبير عن وصف الحركة، ارتأينا أن نقتصر على ما سبق ذكره.

الجزء الثالث

ميكانيك الكم

ظهر ميكانيك الكم في أواخر القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، وهذا عندما تطورت التجارب حتى بلغت تجرى على المستوى الذري، عنها بيّت هذه التجارب أنّ تصرف الدقائق على هذا المستوى لا يمكن للفلسفة المبني عليها الميكانيك الكلاسيكي أن يفسّر نتائجها، نذكر منها على سبيل المثال " تجارب استقرار الذرة، وتجربة إشعاع الجسم الأسود"، حيث لوحظ أنّ الدقائق من سلم الذرة تبدي تصرفاً عند حركاتها أحياناً وكأنّها جسيمات، كما هو الحال في الميكانيك الكلاسيكي، وأحياناً تبدي تصرفاً عند حركاتها وكأنّها أمواج، ممّا يؤدي الى عدم استمرارية في طاقتها، وظهور مفهوم تكميم الطاقة.

و ممّا سبق نقر بأن ميكانيك الكم هو وصف لحركات الدقائق التي من رتبة أو سلم الذرة ومكوناته. ونتيجة لما ذكرناه ظهرت عدّة أفكار تطوّرت بعد ذلك إلى مدارس فكرية، تحاول إعطاء تفسيرات يمكنها أن تتماشى مع نتائج التجربة.

و من المدارس المعتمدة الآن، مدرستان، إحداهما مدرسة جماعة كوبنهاغن للفيزيائيين (بور) و(هيزنبرغ) للعلم هذه المدرسة هي التي تتبع في تدريس ميكانيك الكم في كلّ جامعات العالم، هذه المدرسة مبنية على أساس يناقض تماماً مبدأ الحتمية ومبدأ السببية الغائية المبني عليها الميكانيك الكلاسيكي. ومدرسة أخرى تدعى مدرسة عدّة العوالم المتعددة، لصاحبها إيفريت هوغ، والتي تتبنى مبدأ الحتمية، ومبدأ السببية الغائية.

نذكر أنّ الاختلاف بين المدرستين ليس النتائج وإنما تفسير النتائج التجريبية.

ألمدرسة جماعة كوبنهاغن (مدرسة غير حتمية "الاحتمالية"):

جاءت نظرة مدرسة كوبنهاغن لإعطاء تفسير لحركات الدقائق الميكروسكوبية، وبنيت هذه المدرسة على مبدئين أساسيين ومفهوم رياضي.

- الاكتمال، ل"بور".

- مبدأ عدم قدرة القياس ل هيزنبرغ.

- مفهوم كثافة احتمال التابع الموجيل ماكس بورن، (Davidov, A.S. (1965).

• معنى مبدأ الاكتمال هو أنّ الدقائق في السلم الذري لهما صفتان، أو يمكن أن تظهر بإحدهما، ألا وهما الصفة الجسيمية أو الصفة الموجية، ولكن لا يمكنها أن تظهر بهما في آن واحد، مع أنّ الصفتين هما عريضتان للدقيقة وليستا جوهراً، بحيث كلّ منهما يكمل الآخر، (Beller, M. (1992).

يقول (بور) عميد مدرسة كوبنهاغن حول الموضوع مايلي:

"Which asserts that a particle: is whatever it is measured is to be; a wave or a particle but that it cannot be assumed to have specific properties, or even to exist, until it is measured.

By other word, the concepts wave and corpuscle of the object are not an intrinsic aspect, but are only appearances", Bohr, N. (1933–1957).

يعبر عن هذا المبدأ رياضيا بالعلاقين المواليتين اللتين تحملان الصفة الموجية والصفة الجسيمية معا.

- العلاقة الأولى تدعى العلاقة الأولى بعلاقة ديبراي $\lambda = \frac{h}{|\vec{p}|}$ نلاحظ أن العلاقة تحمل مقدارا موجيا

المعبر عنه ب: λ ، والذي يدعى طول الموجة، ومقدار جسيمى معبر عنه ب: $\vec{p}$ ، الذي يدعى الدفع الخطي $\vec{p} = m\vec{v}$.

- أما العلاقة الثانية وهي بمثابة علاقة التحريك في الميكانيك الكلاسيكي فهي معادلة شرودينجر هي كذلك تحمل مقدار عطالي يمثل التجسيم ألا وهو m وتابع موجي يمثل الصفة الجسيمية، وهي معالة تفاضلية حلها يعطي لنا حلها كل القيم التي نريد معرفتها على الدقيقة، من طاقة، ودفع خطي والسبين ... للدقيقة، التي تكتب كما يلي:

$$\hat{H}\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} ; i\hbar \frac{\partial}{\partial t}; \text{ is called energy operator}$$

$$\hat{H} = \hat{E}_c + \hat{V} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \hat{V}$$

• أما مبدأ عدم التحديد لهيزنبرغ فهو يشمل علاقتين، علاقة عدم قدرة التحديد بين موضع وسرعة (أو الدفع الخطي) في نفس الوقت للدقيقة، وعلاقة عدم التحديد بين طاقة وزمن في نفس الوقت الدقيقة.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx \hbar$$

$$\Delta t \cdot \Delta E \approx \hbar$$

تعني العلاقتان أعلاه أن توجد مقادير فيزيائية مرتبطة في ما بينها، بحيث عند قياس أحد المقدارين يتأثر المقدار الثاني، مما يبين أن عمليات القياس أو الملاحظة لمقادير فيزيائية مختلفة، ليست دوما مستقلة عن الجملة الفيزيائية المدروسة. أي أن حركات الدقائق في الوصف الكمي حسب نظرية جماعة كوبنهاغن غير حتمية كما هو الحال في الميكانيك الكلاسيكي وتقاس المقادير أو الكميات الفيزيائية حسب جماعة كوبنهاغن قياسا احتماليا. معنى العلاقة الأولى أنه كلما حاولنا التدقيق في موضع الدقيقة أي كلما حاولنا حصرها ($\Delta x \rightarrow 0$) كلما فقدنا الدقة في قياس سرعتها أو دفعها الخطي، ($\Delta p \rightarrow \infty$) والعكس صحيح، نفس الشيء بين طاقة الدقيقة والزمن المقابل لها، (Heisenberg, W. (1955)).

يقول (هيزنبرغ) في هذا الموضوع ما يلي: يمكن للإنسان في يوم ما أن يصنع جهازا يمكنه من نقل الأشياء عبر المجرات، لكنه لا يمكنه قياس موضع والدفع الخطي للدقيقة في نفس الوقت.

Human beings may someday build a device capable of transporting objects across the galaxy, but no one will *ever* be able to measure both the momentum and the position of an object at the same time, (Heisenberg, W. (1955)).

• أما المبدأ الثالث والذي يعين كثافة احتمال تواجد الدقيقة لبورن ماكس هو: بما أنه لا يمكن تعيين موضع الدقيقة بدقة كاملة، نظرا لما جاء في مبدأ عدم التحديد، ونظرا أن الدقيقة لها مفهوم موجي يحقق شروطا فيزيائية تتماشى والصفة الجسيمية للدقيقة، حيث أنه تابع موجي عقدي ومستمر ومتقارب، فإن الكثافة الاحتمالية لتواجد الدقيقة ضمن صفحتها الموجية المعبر عنها بالتابع:

$$(\text{Born, M. (1954)}) \cdot |\psi(\vec{r}, t)|^2 = \psi^*(x, t) \cdot \psi(x, t) \langle \infty$$

بد مدرسة عدة عوالم (مدرسة حتمية)

إن فكرة عدة عوالم في تفسير ميكانيك الكم لصاحبها "هوق إفريست"، تأسست مدرسة العوالم المتعددة من طرف إفريست سنة 1957

، فكرتها مبنية على مبدأ الحتمية، وتعتبر ثاني مدرسة تفسيرية اعتبارا بعد مدرسة كوبنهاغن الاحتمالية. حيث أنها "عدة عوالم" مؤيدة من قبل أغلبية علماء الفيزياء المعاصرين، منهم "ستيفن هاوكينغ"، "ريتشارد فايمان"، و"موراي جال-مان" الخ.....

يعتقد هوق إفريست أنه كلما كانت إمكانية قابلة للتطبيق (الوجود)، ينقسم العالم الى عدة عوالم متشابكة (Entangled states) ومتوازنة وذلك حسب الإمكانية المتاحة، بحيث يحتوي كل عالم على إمكانية ملاحظة واحد، من طرف ملاحظ واحد، (Everett H. (1957))، وهذه العوالم تكون متوازنة في ما بينها، لا يمكن أن يكون أي نقل للمعلومة بين هذه العوالم، تدعى كذلك العوالم بالأكوان.

لقد نشرنا مقالا حول هذه المدرسة، بحيث قمنا بنمذجة أصلية لطرح فكرة هذه المدرسة مزودة بتطبيق (R.Ladj(2017)).

و بالتالي يمكن كتابة التابع « $|\psi\rangle$ The Universal Wave Function» بدلالة العوالي الممكنة المنقسمة منه $|\phi\rangle_n$ كما يلي:

$$|\psi\rangle = |\phi\rangle_1 \otimes |\phi\rangle_2 \dots \otimes |\phi\rangle_n$$

$$|\psi\rangle = \prod_{j=1}^{n \geq 2} |\phi\rangle_j \otimes |\phi\rangle_{j+1}, \quad j(\leq n)$$

$$j(\leq n) = \begin{cases} 1, 3, \dots, (n-1); & \text{if 'n' Even} \\ 1, 3, \dots, n; & \text{if 'n' Odd} \\ \text{'n' world's number} \\ |\phi\rangle_{j_{Max}+1} = |\phi\rangle_n \end{cases}$$

وبإجراء عملية القياس لكمية فيزيائية ما، وذلك باستعمال المؤثر المقابل لها في الكم في كل عالم من العوالم $|\phi\rangle_n$ ، نحصل على:

$$|\psi\rangle = \prod_{j \neq i}^{n \geq 2} \sum_{i=1}^{n \geq 2} (\pm)^{i-1} \alpha_i \alpha_j |\phi\rangle_i \otimes |\phi\rangle_j$$

ملاحظة 1- توجد حوالي ست عشرة مدرسة تفسيرية لميكانيك الكم، حيث تنطلق كل هذه المدارس من معادلة شرودينجر وبالطبع تتحصل على نفس القيم المتطابقة مع القيم التطبيقات العملية، لكن تختلف فيما بينها في تفسيرات النتائج، منها من تعتمد مبدأ الحتمية، ومنها من تخرج عما هو مألوف وتعتمد مبدأ غير الحتمي.

ملاحظة 2- في ميكانيك الكم لدراسة جملة ما من الدقائق Particles' System، لا يمكن دراستها بدقة بدقيقة وهذا عندما تكون متفاعلة في ما بينها، كما هو الحال في الميكانيك الكلاسيكي، وإنما تدرس الجملة كلياً مع بعضها وهذا ما يجعل حل معادلة شرودينجر ليس لها حل صحيح وإنما تحل بإحدى الطرق التقريبية، الحل الوحيد الصحيح هو في حالة ذرة الهيدروجين ذات الإلكترون الوحيد.

الخلاصة: لقد قمنا بتقديم جزء هام من علوم الفيزياء، ألا وهو ميدان الميكانيك عموماً - ميكانيك كلاسيكي، وميكانيك كم - بدراسة ابستمولوجية، حيث بينا أن قوانين الفيزياء هي قوانين أونواميس موجودة في المادة والكون والفيزياء هي فقط علم يحاول فهم كيف تتصرف هذه المادة أي فهم النواميس التي موجودة فيها وموجودة في كونها، ومن ثمة محاولة صياغة قوانين رياضية تربط بين مسببات تصرفاتها. لقد بينا أن نماذج هذه القوانين الرياضية ليست نماذج نهائية أي قطعية بل هناك اختلاف في تفسيرها حتى بين مؤسسيها. وهذا لنبيّن أن عالم الفيزياء خاصّة ما يسمّى الفيزياء الحديثة، (ميكانيك الكم والنسبية)، يبقى مجالاً مفتوحاً على التجديد والإثراء من حقبة إلى أخرى.

المراجع:

- Beller, M. (1992), "The Birth of Bohr's Complementarity: The Context and the Dialogues", in *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 23, p. 147-180.
- Heisenberg, W. (1955), "The Development of the Interpretation of the Quantum Theory", in *Pauli W. Bohr N. and the Development of Physics*, vol. 35 London: Pergamum, p. 12-29.
- Bohr, N. (1933–1957). *The Philosophical Writings of Niels Bohr*, Vol. 2, *Essays, On Atomic Physics and Human Knowledge* (Woodbridge: Ox Bow, 1987), p. 4– 12.
- Born, M. (1954). "The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics". Nobel Lecture.
- Davidov, A.S. (1965). "Quantum Mechanics" Pergamon Press Ltd, chapter 1. p. 16.
- Everett, H. (1957). "Relative state formulation of quantum mechanics", *Review of Modern Physics*, vol. 29, p. 254-462.
- Ladj, R. (2017), *A Comparative Epistemological study between Copenhagen and Many World's Quantum Mechanics Interpretations, with a Simple Educational Application*, *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 11, No. 4, Dec. 2017*.
- Landau Let Lifchitz (1969). *Mécanique*, Editions Mir, 1969.
- Perez J.P., *Mécanique Physique*. Masson, *Cours de physique à l'usage de la licence*, 1961