

Physics Teachers' Knowledge of Quantum Theory and its Relationship to their Understanding of the Nature of Science

Abdullah Salem Al-Zoubi* 

Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Educational Sciences, The World Islamic Sciences & Education University, Amman, Jordan

Received: 9/5/2024
Revised: 13/6/2024
Accepted: 7/8/2024
Published: 15/9/2024

* Corresponding author:
dr.azoubi@gmail.com

Citation: Al-Zoubi, A. S. . (2024). Physics Teachers' Knowledge of Quantum Theory and its Relationship to their Understanding of the Nature of Science. *Dirasat: Educational Sciences*, 51(3), 164–170.
<https://doi.org/10.35516/edu.v51i3.7637>



© 2024 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Abstract

Objectives: This study aims to investigate the level of physics teachers' knowledge of quantum theory and its relationship to their understanding of the nature of science.

Methods: To achieve the study's objective, a descriptive correlational method was used. The study sample consisted of 29 teachers who teach physics at the secondary level in schools in the city of As-Salt, selected through convenience sampling. The study instruments included a test to measure the teachers' knowledge of quantum theory, consisting of 30 multiple-choice questions, and a test to assess their understanding of the nature of science, consisting of 20 multiple-choice questions.

Results: The results showed that the level of knowledge of quantum theory among physics teachers was high, and their understanding of the nature of science was also high. Additionally, a strong positive correlation was found between their understanding of quantum theory and the nature of science.

Conclusions: The study provided several recommendations, the most important of which is considering the understanding of the nature of science as a fundamental approach to teaching quantum theory. It also recommended leveraging the experiences of secondary school physics teachers, particularly those related to the content of the curricula they teach and the strategies and teaching methods they adopt, to develop curricula and prepare science teachers at all educational levels.

Keywords: Physics teachers, quantum theory, nature of science.

درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم وعلاقتها بفهمهم لطبيعة العلم

عبد الله سالم الزعبي*

قسم المناهج والتدريس، كلية العلوم التربوية، جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان، الأردن

ملخص

الأهداف: هدفت هذه الدراسة إلى تقصي درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم وعلاقتها بفهمهم لطبيعة العلم. **المنهجية:** لتحقيق هدف الدراسة تم استخدام المنهج الوصفي الارتباطي، وشملت عينة الدراسة من (29) معلمًا يدرسون الفيزياء في المرحلة الثانوية في مدارس مدينة السلط، وجرى اختيارهم بالطريقة المتيسرة. وتألّفت أدوات الدراسة من اختبار لقياس درجة معرفة المعلمين بنظرية الكم، وتكون من (30) سؤالاً من نوع الاختيار من متعدد، واختبار لقياس درجة فهمهم لطبيعة العلم، وتكون من (20) سؤالاً من نوع الاختيار المتعدد. **النتائج:** أظهرت النتائج أن درجة معرفة نظرية الكم لدى معلمي الفيزياء كان مرتفعاً، وأن درجة فهمهم لطبيعة العلم مرتفعة أيضاً، وأن هناك علاقة ارتباطية طردية قوية بين درجة فهمهم لنظرية الكم وطبيعة العلم. **الخلاصة:** أوصت الدراسة بعدة توصيات، أهمها: اعتبار فهم طبيعة العلم مدخلاً أساسياً لتدريس نظرية الكم، كما أوصت بالاستفادة من خبرات معلمي الفيزياء للمرحلة الثانوية وخاصة المتصلة بمحتوى المناهج التي يدرسونها، واستراتيجيات وطرائق التدريس التي يتبنونها من أجل بناء المناهج، وإعداد معلمي العلوم في كافة المراحل الدراسية. **الكلمات الدالة:** معلمو الفيزياء، نظرية الكم، طبيعة العلم.

مقدمة:

تطورت الفيزياء الكلاسيكية منذ نيوتن بصورة مستمرة، وتوسعت تطبيقاتها على العديد من الأنظمة الديناميكية، بما يتضمن تفاعل المادة مع المجال الكهرومغناطيسي، ومع فشلها في تفسير عدد من الظواهر والملاحظات كالاستقرار الملحوظ في الذرات والجزيئات، وسلوك الضوء، وتفسير التركيب النهائي للمادة، اتجه العلماء إلى بناء مشروع جديد أكثر قبولاً لوصف الظواهر في المدى الذري يعرف بميكانيكا الكم.

ويعتبر العالم الألماني ماكس بلانك أول من أطلق مصطلح وفكرة الكم في عام 1900، بوضعه فرضية حول الموجات الكهرومغناطيسية، باعتقاده بأنها تصدر على شكل حزم متقطعة ومنفصلة، وليس كهيئة موجات مستمرة، كما كان يعتقد في الفيزياء الكلاسيكية، وأطلق على تلك الحزم المتقطعة من الطاقة مصطلح كمات، ومن هنا جاءت تسمية نظرية الكم (Zielinski, et. al, 2005).

وتعد النظرية الكمية ثورة في فهمنا وإدراكنا للمادة وللعالم على مستوييه الجاهري والدقائقي (الماكروسكوبي والميكروسكوبي)، إذ أنه عبر تاريخ العلم لا يوجد نظرية أحدثت جدلاً وصخباً علمياً كما أحدثته نظرية الكم؛ وذلك بسبب قدرتها في التعامل مع الظواهر والمفاهيم التي فشلت الفيزياء الكلاسيكية في تفسيرها، بل وتجاوزتها بالمفاهيم والأسس التي قامت عليها، كمبدأ الحتمية، والسببية، ونظرتها للزمان والمكان كجوهريين مستقلين ومطلقين، وطبيعة جسيمات الضوء، وكل ذلك أجبر جهابذة الفيزياء على دمج الوعي الإنساني، كونه عاملاً حاسماً في فهم وإدراك أية حالة كمومية للكون (فوزي ورشيد، 2020).

وجاءت نظرية الكم لوصف ماهية وطبيعة الجسيمات على المستوى الذري الميكروسكوبي، وما تحته، والتي تحكمها مبادئ وقوانين غير تلك السائدة في الفيزياء الكلاسيكية، وحتى قوانين اينشتاين النسبية الخاصة والعامة منها؛ إذ وجد علماء الفيزياء أن ما جاء به اينشتاين يتناسب وطبيعة الأجسام على المستوى الماكروسكوبي، وتعاملها مع السرعات العالية كسرعة الضوء، وباعتبار أن للضوء طبيعة موجية، لكنها لم تقدر على تفسير بعض المسائل حول الظواهر الذرية والجزيئية، كالاستقرار الملحوظ في الذرات والجزيئات، فمثلاً، إن كان يوجد نظام ذري اختل توازنه بشكل ما، ومن ثم ترك بمفرده، فسوف يتذبذب، ومن بعد ذلك تنطبع تلك الذبذبات على المجال الكهرومغناطيسي المحيط، إذ يمكن ملاحظتها باستخدام مطياف السبكتروسكوب، كما يمكن ملاحظة وجود ترددات أخرى جديدة، وأن هناك ارتباطاً بين تلك الترددات، وهذا ما يعرف بقانون ريتز للأطياف Rits Combination Law (ديراك، 2010).

وتتضمن نظرية الكم على عدد من المفاهيم والمبادئ المجردة والمعقدة التي يصعب فهمها نوعياً بوقت قصير، بل تحتاج لدراسة متأنية لإدراك معانيها بالشكل السليم (Ozcan, 2013)، كما تحتاج دراستها إلى تبني معتقد ذاتية العالم؛ أي تجربة العالم الشخصية، وهي الفكرة التي تبناها علماء الكم، ومنهم شرودنجر، ففي خطاب له، في عام 1931، موجه للعالم الألماني سومرفيلد قال فيه "إن ميكانيكا الكم لا تتناول سوى العلاقة بين الذات والموضوع أو الشيء"، كما أشار العالم الدينماركي نيلز بور، عام 1929، في مقال له على "أن الغرض من العلم لم يكن فقط الكشف عن الجوهر الحقيقي للظواهر، ولكن العثور على علاقات بين الجوانب المتعددة لخبرتنا في التناول والفهم" (Mermin, 2013). كما يحتاج فهمها إلى فهم تاريخ ومبررات ظهورها (Akarsu, Coskun & Kariper, 2011)، وإدراك جوانب القصور في الفيزياء الكلاسيكية، والنظر إلى المعرفة في الفيزياء على أنها متغيرة (Bao, & Redish, 2002)، والتخلي عن الرؤية الحتمية واليقينية المبنية وفق الفيزياء النيوتونية للتنبؤ، ولشرح نتائج التجارب (Galvez, 2019). وكل ما سبق يؤكد أهمية فهم طبيعة العلم لفهم مبادئ ومفاهيم نظرية الكم.

إن معلمي العلوم يستخدمون، بشكل صريح أو ضمني، لغة الحياة اليومية لوصف الأشياء الكمية وخصائصها، وقد تكون تلك اللغة موجودة في الكتب المدرسية أيضاً (Brookes & Etkina, 2007)، كتصميم الفيزياء على شكل كرات بلياردو صغيرة سالبة الشحنة، أو تبني نموذج الكواكب أو نموذج بور لتدريس نموذج الذرة (Adbo & Taber, 2009)، بينما تؤكد الأدبيات التربوية أن لا مفر للمعلم من بيان التفسيرات المختلفة للنظرية الكمية، ومناقشة الروابط والعلاقات بين النظريات المادية والواقع، وهذا يولد حتماً أسئلة ليس لها إجابات نهائية (Baily & Finkelstein, 2010). Greca & Freire, 2014، وهذا يتطلب الابتعاد عن الكثير من الخرافات العلمية، كاعتبار أن العلم يوفر الحقيقة المطلقة، وأن النماذج العلمية تمثل الواقع، والتركيز على الأفكار الأساسية في طبيعة العلم؛ كجعل الطلاب على علم بغاية المؤسسة العلمية، وتطوير المنظور المنطقي لدى الطلبة (Bungum, Bøe & Henriksen, 2018; Leden & Hansson, 2019).

ويقدم ستادمان وجودهارت (Stadermann & Goedhart, 2020) رؤية لبيان العلاقة بين جوانب طبيعة العلم ونظرية الكم، وتمثل بـ:

- دور النماذج العلمية: اعتبار كلا نمودجي الموجة والجسيمات مناسباً اعتماداً على الموقف.
- عدم اليقين في المعرفة العلمية: فليس من الممكن أن نفهم الظواهر الكمية مع فيزياء نيوتن.
- الإبداع في العلوم: فتطوير الفيزياء الكمية يتأتى بالتفكير خارج الصندوق والأفكار والتجارب الإبداعية.
- الموضوعية في العلوم: اعتبار أن النظرية الكمية ليست كاملة لوصف الطبيعة، وتقبل العشوائية فيها.
- الخلافات في العلوم: إن الخلافات والمناظرات بين اينشتاين وبوهر تؤكد تباين التفسيرات لدى المجتمع العلمي، وحتى الوقت الحالي لا يوجد

إجماع حول تفسيرات نظرية الكم، ويجب أن يبقى هذا المناخ العلمي متاح دون أيديولوجيات صارمة تحد من تطور هذه النظرية. تعد نظرية الكم وفهم طبيعة العلم، من المواضيع البحثية المهمة على المستوى العالمي، غير أن الاهتمام بدراسة العلاقة بينهما معدوم "على حد علم الباحث واطلاعه" على المستوى المحلي، ومن تلك الدراسات دراسة بارنسوشيا وأماليا (Paransucia & Amalia, 2022) لمعرفة الصعوبات التي تواجه معلمي الفيزياء في تدريس فيزياء الكم في التعليم الثانوي، وبينت نتائجها أن معلمي الفيزياء يجدون صعوبة في فهم مفهوم الكم، لكنهم لم يجدوا صعوبة كبيرة في تحديد النهج التربوي الصحيح لتدريسها. وأجرى ستادمان وجودهارت (Stademan & Goedhart, 2021) دراسة بينت نتائجها وجود ضعف بتضمن طبيعة العلم في صفوف الفيزياء، وخاصة في تدريس موضوعات فيزياء الكم. أما دراسة بوناشي (Bonacci, 2020) فقد هدفت إلى تحليل مناهج العلوم الإيطالية في ضوء تضمينها لموضوعات فيزياء الكم، وبينت نتائجها إلى وجود ضعف في درجة مراعاة مناهج العلوم للمرحلة الثانوية لموضوعات نظرية الكم. وهدفت دراسة (إسماعيل، 2016) إلى تعرف درجة فهم طلبة كليات العلوم في الجامعات الفلسطينية لمفاهيم ميكانيكا الكم، وبينت نتائجها تدني فهمهم لها، وانتشار عدد من المفاهيم البديلة حولها، وخاصة حول النموذج الذري والخاصية الازدواجية. أما بالنسبة للدراسات التي أجريت حول فهم طبيعة العلم، فقد أجرى الصمادي وخطابية والسعدي (2021) دراسة بينت نتائجها أن درجة مراعاة معلمي العلوم لطبيعة العلم جاءت مرتفعة، بينما أجرت خضر (2019) دراسة بينت نتائجها أن فهم طلبة كلية العلوم لطبيعة العلم منخفضاً، ودون المستوى المقبول تربوياً، أما دراسة التميمي وروافة (2017) فقد بينت أن فهم طبيعة العلم لدى معلمي العلوم متوسطاً، واتفقت مع هذه النتيجة دراسة الجنابي (2016) التي بينت أن مستوى فهم طبيعة العلم لدى مدرسي الفيزياء متوسطاً، وهذا ما خلصت إليه دراست شين (Chen, 2015) التي بينت أن مستوى فهم معلمي العلوم لطبيعة العلم متوسطاً. بينما وجدت دراسة زيتون (2013) أن مستوى فهم طبيعة المسعى العلمي لدى معلمي العلوم كان ضعيفاً.

باستعراض الدراسات السابقة لوحظ اهتمام الدراسات الأجنبية بموضوع ميكانيكا الكم بشكل أكبر من الدراسات العربية، بينما هناك اهتمام واضح بموضوع طبيعة العلم في الدراسات العربية والأجنبية، كما يتبين أن جميع الدراسات السابقة لم تدرس العلاقة الارتباطية بين فهم المعلمين لنظرية الكم وفهمهم لطبيعة العلم، مما يعطي الدراسة الحالية قيمة علمية.

مشكلة الدراسة وأسئلتها:

تعد نظرية الكم من الفروع الفيزيائية الأكثر تعقيداً، وذلك بسبب طبيعة المفاهيم المتضمنة في النظرية، ومخالفتها لكثير من الاعتقادات السائدة والمترسخة في ضوء نظريات الفيزياء الكلاسيكية، وقلة تطبيقاتها المحسوسة، وضعف تناولها في المناهج الدراسية، وكل ذلك قد ينتج عنه ضعف المعرفة حولها لدى معلمي العلوم عامة، وهذا ما أكدته الدراسات السابقة كدراسة كل من (Paransucia & Amalia, 2022, Bonacci, 2020)، وهذا ما يشكل تحدياً في تدريس الفيزياء (Akarsu, Coskun & Kariper, 2011)، ولعل من العوامل التي تسهم في تحسين فهم المعلمين للنظرية، درجة فهمهم لطبيعة العلم، والتي، تواجه أصلاً ضعفاً في تضمينها في تدريس الفيزياء (Stademan & Goedhart, 2020)، ومن هنا جاءت الدراسة الحالية لتقصي العلاقة الارتباطية بين معرفة معلمي الفيزياء لنظرية الكم وفهمهم لطبيعة العلم. وتحددت مشكلة الدراسة في الأسئلة الآتية:

1. ما درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم؟
2. ما درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم؟
3. هل هناك علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$) بين درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم وفهمهم لطبيعة العلم؟

أهمية الدراسة

تكتسب الدراسة أهميتها في تناولها مجاًلاً مهماً في تدريس الفيزياء يتصل بنظرية الكم، وتحديدًا فهم المعلمين للنظرية، وعلاقته بفهمهم لطبيعة العلم، كما تبرز أهميتها التطبيقية في أن نتائج الدراسة قد تفيد إبراز أهمية فهم طبيعة العلم في برامج تطوير مناهج الفيزياء وتدريسها، وخاصة بموضوعات نظرية الكم.

التعريفات الإجرائية

فهم طبيعة العلم: هي نظرية المعرفة في العلم، أو العلم كطريقة للمعرفة، أو القيم والمعتقدات اللازمة لتطوير المعرفة العلمية (Lederman, 2013). ويعرف إجرائياً بفهم معلمي الفيزياء للموضوعات الآتية: النظرة العلمية للعالم على أنه قابل للفهم، الاستقصاء العلمي، المسعى العلمي، وتقاس درجة فهمهم لها بإجابته عن اختبار فهم طبيعة العلم المعد خصيصاً لذلك.

فهم نظرية الكم: هي إحدى النظريات الفيزيائية التي وضعها العالم بلانك في بداية القرن العشرين، وتهتم بدراسة سلوك الضوء والمادة في المستويين الذري ودون الذري (Bouchée, Thurlings, de Putter – Smits, & Pepin, 2021)، ويعرف إجرائيًا بدرجة فهم معلمي الفيزياء لموضوعات مبدأ اللاتيقين، الخاصية الازدواجية، الخاصية الاحتمية، والنموذج الذري، ويقاس درجة فهمهم لها بالاختبار المعد لهذه الغاية.

حدود الدراسة ومحدداتها

تتمثل حدود الدراسة ومحدداتها بالآتي:

- الحدود البشرية: معلمي الفيزياء للمرحلة الثانوية.
- الحدود المكانية: مدينة السلط.
- الحدود الزمانية: الفصل الأول من العام المدرسي 2024/2023.
- تعميم النتائج في مدى توفر المؤشرات السيكمترية لأدوات الدراسة، وموضوعية إجابات المعلمين.

الطريقة والإجراءات

منهج الدراسة

اتبعت الدراسة الحالية المنهج الوصفي الارتباطي.

أفراد الدراسة

تمثل مجتمع الدراسة من معلمي الفيزياء للمرحلة الثانوية في مدارس مدينة السلط، وجرى تطبيق أدوات الدراسة على (29) معلمًا منهم، مثلوا عينة الدراسة، وجرى اختيارهم بالطريقة المتيسرة.

أداتا الدراسة:

أولاً: اختبار فهم طبيعة العلم

أعد اختبار لقياس فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم على وفق ما قدمته "الرابطة الأمريكية لتقدم العلوم" (AAAS) "American Association for the Advancement of Science"، والمشار لها في الزعبي (2009): "النظرة العلمية للعالم على أنه قابل للفهم، والاستقصاء العلمي، والمسعى العلمي". وتألّف الاختبار من (20) سؤالاً من نوع الاختيار المتعدد، وفق الأبعاد الثلاثة المشار لها، وحساب لكل سؤال درجة.

وتم التأكد من صدقه بعرضه على مختصين في مناهج تدريس العلوم، وطبق على عينة استطلاعية للتحقق من ثباته باستخدام طريقة التجزئة النصفية، وبلغ معامل الثبات (0.84)، واعتمد مستويين في تحديد درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم، هما: الأول؛ درجة منخفضة إذا حصل معلم الفيزياء على الدرجة (11) وأقل (ما يمثل 55%)، والثاني؛ درجة مرتفعة إذا جاءت درجة المعلم أكثر من تلك القيمة، وذلك باتباع أسلوب زيتون (2013).

ثانياً: اختبار معرفة نظرية الكم

لتقصي درجة معرفة أفراد الدراسة بنظرية الكم، جرى تطوير اختبار بالرجوع إلى عدد من المواقع المختصة بتقييم فيزياء الكم، ومنها (167) ritannicaca.com, insidetheperimeter.ca, proprofs.com)، كما تم الرجوع إلى بعض الدراسات ذات الصلة كدراسة (إسماعيل، 2016)، وجرى اختيار عدد من الأسئلة الموضوعية وترجمتها للغة العربية، وتم تطوير الاختبار المؤلف من (30) سؤالاً من نوع الاختيار من متعدد، وتم حساب لكل سؤال درجة، وتمثلت أسئلة الاختبار في المجالات الآتية: مبدأ اللاتيقين، الخاصية الازدواجية، الخاصية الاحتمية، والنموذج الذري. وجرى التأكد من صدق محتواه بتحكيمة من قبل مجموعة من المختصين بتدريس الفيزياء، كما تحقق من ثباته باستخدام طريقة التجزئة النصفية بعد تطبيقه على عينة استطلاعية، وبلغ معامل الثبات (0.72). وقد قسّمت درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم إلى مستويين، هما: الأول؛ درجة منخفضة إذا حصل معلم الفيزياء على الدرجة (16.5) وأقل (ما يمثل 55%)، والثاني؛ درجة مرتفعة إذا حصل المعلم على درجة أكثر من تلك القيمة.

نتائج الدراسة ومناقشتها

أولاً: إجابة السؤال الأول ومناقشتها: ما درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم؟

للإجابة عن السؤال، حُسب الوسط الحسابي، والانحراف المعياري لإجابات معلمي الفيزياء في اختبار فهم طبيعة العلم، كما هو مبين في الجدول (1).

الجدول (1). الوسط الحسابي والانحراف المعياري لمعرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم

البيانات	أفراد العينة	أقل درجة	أعلى درجة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الفهم
معرفة نظرية الكم	29	14	29	21.31	3.87	مرتفعة

يظهر من الجدول (1) أن درجات معلمي الفيزياء على اختبار معرفة نظرية الكم تراوحت ما بين (14-29)، وبوسط حسابي بلغ (21.31)، وانحراف معياري بلغ (3.87)، وأن درجة فهمهم لنظرية الكم بناءً على تلك القيم جاءت مرتفعة.

ويمكن عزو تلك النتيجة إلى العلاقة الوثيقة بين نظرية الكم وحقلهم المعرفي التخصصي، أي الفيزياء، إذ أن هذه النظرية تعد وليدة التطورات المعرفية في الفيزياء. كما تعزى تلك النتيجة ربما إلى جودة الإعداد المعرفي التخصصي لمعلمي الفيزياء قبل الخدمة في الخطط الجامعية بما يتواءم مع أبرز التطورات المعرفية في التخصص، كذلك إلى الجهود الذاتية لدى معلمي الفيزياء بمتابعة كل جديد وتحديث معلوماتهم التخصصية، وخاصة كونهم مكلفين بتدريس مرحلة دراسية مهمة وحرحة، وهي المرحلة الثانوية، والتي تعد مرحلة الإعداد لمستقبل الطلبة.

كما يمكن عزو النتيجة ربما إلى طبيعة الموضوع نفسه وأهميته، إذ أن نظرية الكم من أحدث الموضوعات الفيزيائية في العقود الأخيرة وأكثرها مناقشة وجدلاً في اللقاءات والمؤتمرات الفيزيائية، كما أشار فوزي ورشيد (2020)، ولعل هذا فرض على مدرسي الفيزياء، وخاصة في التعليم الثانوي والجامعي، معرفة هذه النظرية، ومتابعة النقاشات العلمية حولها، والتعرف إلى تطبيقاتها الحياتية، وخاصة كون هذه النظرية قدمت تفسيرات أكثر شمولاً لكثير من الظواهر الطبيعية مقارنة بنظريات الفيزياء الكلاسيكية.

ثانياً: إجابة السؤال الثاني ومناقشتها: ما درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم؟

للإجابة عن هذا السؤال، حُسب الوسط الحسابي، والانحراف المعياري لاستجابات عينة الدراسة في اختبار فهم طبيعة العلم، والجدول (2) يعرض النتائج.

الجدول (2). الوسط الحسابي والانحراف المعياري لأداء عينة الدراسة في اختبار فهم طبيعة العلم

البيانات	أفراد العينة	أقل درجة	أعلى درجة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الفهم
فهم طبيعة العلم	29	9	18	14.1	2.53	مرتفعة

تشير النتائج في الجدول (2) أن درجات معلمي الفيزياء على اختبار فهم طبيعة العلم تراوحت ما بين (9-18)، وبمتوسط حسابي بلغ (14.1)، وانحراف معياري بلغ (2.53)، وأن درجة فهمهم لطبيعة العلم بناءً على تلك القيم جاءت مرتفعة.

ومن الممكن تفسير هذه النتيجة إلى أن فهم طبيعة العلم تعد مجالاً رئيساً من مجالات التربية العلمية في جميع خطط إعداد معلمي العلوم، أو محتوى مناهج العلوم وطرائق تدريسها، وحتى كغاية تربوية رئيسة من غايات إعداد الطلبة المثقفين علمياً، وعليه فرض هذا الاهتمام بطبيعة العلم على جميع معلمي العلوم الاهتمام والإلمام بها بشكل كاف، كونهم مطالبين بتضمين أبعادها في خططهم واستراتيجياتهم التدريسية. وهذا يتفق مع ما أشار إليه ماك كوماس (McComas, 2002) حول أهمية مراعاة طبيعة العلم كجزء أساسي في تدريس العلوم.

ولعل من الممكن تفسير النتيجة بطبيعة مناهج المرحلة الدراسية التي يدرسها معلمي الفيزياء في هذه الدراسة، أي المرحلة الثانوية، إذ تعد مناهج الفيزياء في هذه المرحلة غنية بالاستقصاءات العلمية، ودراسة الظواهر العلمية، والتطبيقات العلمية لكثير من المفاهيم والمبادئ العلمية، وكل هذا يحتم مراعاة طرائق التفكير العلمي بجميع أشكالها من قبل الطلبة ومدرسيهم، وحتى يوظف المعلم الاستقصاءات العلمية كطريقة لتدريس المفاهيم والمبادئ العلمية، لا بد من أن يمتلك الفهم الصحيح والوافي لطبيعة العلم، وذلك كما أشار عبد الخالق (Abd-El-Khalick, 2012).

ثالثاً: إجابة السؤال الثالث ومناقشتها: هل هناك علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha = 0.05$) بين درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم وفهمهم لطبيعة العلم؟

للإجابة عن هذا السؤال، جرى استخراج معامل ارتباط بيرسون بين درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم ومعرفتهم بنظرية الكم من خلال معامل ارتباط بيرسون، والجدول (3) يظهر النتائج.

الجدول (3). معامل ارتباط بيرسون بين درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم ومعرفتهم بنظرية الكم

الأداة		درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم	المعرفة بنظرية الكم
درجة فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم	معامل الارتباط بيرسون	1	0.862
	الدلالة الإحصائية	0.000	**0.000

** دالة إحصائية عند مستوى الدلالة (0.01)

تشير النتائج إلى أن معامل الارتباط بيرسون بلغ (0.862)، عند مستوى الدلالة (0.00)، مما يدل على وجود علاقة ارتباطية بين فهم معلمي الفيزياء لطبيعة العلم ومعرفتهم بنظرية الكم، وتوصف هذه العلاقة بأنها طردية قوية، وذلك حسب ما أشار إليه عباس، نوفل، العبسي، وأبو عواد، (2022). ولربما تفسر هذه النتيجة إلى طبيعة العلم بمجالاتها، وخاصة المسعى العلمي، وكون المعرفة متغيرة، والخلافات في العلوم، تساعد بشكل كبير في فهم نظرية الكم؛ إذ أن التخلي عن البراداييم الفكري المتعلق بالميكانيكا الكلاسيكية يعد شرطاً أساسياً لتفسير الاستقرار الملحوظ في الذرات والجزيئات كما تزعم النظرية الكمومية، فعلى سبيل المثال، وكما ذكر ديراك (2010)، لو افترض المرء أن كل الترددات الملحوظة طيفياً هي ترددات أساسية لها درجة حرارتها، فإن الفيزياء الكلاسيكية لا تفي بالغرض، إذ أنها لا تعطي تفسيراً لقانون التوفيق لريتز Rits، وتؤدي إلى تعارض مع الدلائل العلمية لقياسات الحرارة النوعية. وعليه، تقبل تلك الظواهر والتفسيرات يفرض على المرء تغيير نموذج الفكري الكلاسيكي ليتفق مع النظرية الكمومية التي تعطي تفسيرات تتفق مع الدلائل العلمية، وهذا ما ترنو إليه أبعاد طبيعة العلم نفسها. وهذا التفسير يتفق مع ما ذكره باو وراديش (Bao & Redish, 2002)، إذ بين أنه يجب ادراك جوانب القصور في الفيزياء الكلاسيكية، والنظر إلى المعرفة في الفيزياء على أنها متغيرة، والتخلي عن الرؤية الحتمية واليقينية المبنية على وفق الفيزياء النيوتونية للتنبؤ.

التوصيات والمقترحات

كون نتائج هذه الدراسة قد أظهرت أن درجة معرفة معلمي الفيزياء بنظرية الكم وفهمهم لطبيعة العلم مرتفعة، وأن هناك علاقة ارتباطية طردية قوية بينهما، توصي الدراسة بالاستفادة من خبرات معلمي الفيزياء للمرحلة الثانوية وخاصة المتصلة بمحتوى المناهج التي يدرسونها، واستراتيجيات وطرائق التدريس التي يتبنونها، من أجل بناء المناهج وإعداد معلمي العلوم في كافة المراحل الدراسية، الأمر الذي قد ينعكس إيجاباً في تدريس نظرية الكم في جميع المراحل الدراسية، مع التركيز على اعتبار فهم طبيعة العلم مدخلاً مهماً لتدريس نظرية الكم.

المصادر والمراجع

- ديراك، ب. (2010). *مبادئ ميكانيكا الكم*. (ترجمة م. العقروع. عباده). القاهرة: كلمات عربية للترجمة والنشر.
- الزعبي، ع. (2009). *أثر استخدام منحنى القضايا الاجتماعية العلمية في تدريس علم الأحياء على قدرة الطلاب على اتخاذ القرارات إزاء القضايا الاجتماعية العلمية لدى طلاب الصف الأول ثانوي علمي في مدينة السلط*. أطروحة دكتوراة غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
- زيتون، ع. (2013). *مستوى فهم طبيعة المسعى العلمي في ضوء المشروع (2061) لدى معلمي العلوم في الأردن وعلاقته ببعض المتغيرات الديمغرافية*. *المجلة الأردنية للعلوم التربوية*، 2(9)، 119-139.
- عباس، م. ونوفل، م.، والعبسي، م. وأبو عواد، ف. (2022). *مدخل إلى مناهج البحث في التربية وعلم النفس*. ط 11. دار المسيرة: عمان.
- فوزي، ب. ورشيد، د. (2020). *مفهوم الواقع في فيزياء الكم بين التفسير العقلاني والتفسير الواقعي*. *مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية*، 6 (1)، 196-208.

REFERENCES

- Abbas, M. Nofal, M., & Al-Absi, M. & Abu Awad, F. (2022). *Introduction to research methods in education and psychology*. 11th edition. Amman: Dar Al Masirah.
- Abd-El-Khalick, F. (2012). *Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains*. Springer.
- Adbo, K. & Taber, S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: a study of 16 year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*. 31(6), 757-786.

- Akarsu, B., Coskun, H. & Kariper, A. (2011). An investigation on college students' conceptual understanding of quantum physics topics. *Journal of Social Sciences Institute*, 8(15), 349-362.
- Al-Zoubi, A. (2009). *The effect of using the social-scientific issues approach in teaching biology on students' ability to make decisions regarding social-scientific issues among first-year science secondary school students in the city of Salt*. Unpublished doctoral dissertation, University of Jordan, Amman, Jordan.
- Baily, C. & Finkelstein, N. (2010). Teaching and understanding of quantum interpretations in modern physics courses. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 6, 010101.
- Bao, L. & Redish, E. (2002). Understanding probabilistic interpretations of physical systems: A prerequisite to learning quantum physics. *American Journal of Physics*, 70(3), 210-217.
- Bouchée, T., Thurlings, M., de Putter – Smits, L. & Pepin, B. (2021). Investigating teachers' and students' experiences of quantum physics lessons: opportunities and challenges. *Research in Science & Technological Education*, 41 (2). 777-799.
- Brookes, D. & Etkina, E. (2007). Using Conceptual Metaphor and Functional Grammar to Explore How Language Used in Physics Affects Student Learning. *PHYSICS EDUCATION RESEARCH*. 3 (1), 1- 16.
- Bungum, B., Bøe, B. & Henriksen, E. (2018). Quantum talk: How small-group discussions may enhance students' understanding in quantum physics. *Sci. Educ.* 102(4), 856-877.
- Dirac, P. (2010). *The Principles of quantum mechanics*. (Translated by M. Al-Aqr & A. Ebadah). Cairo: Arabic Words for Translation and Publishing.
- Fawzi, B. & Rasheed, D. (2020). The concept of reality in quantum physics between rational interpretation and realistic interpretation. *Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(1), 196-208.
- Galvez, E. (2019). "Quantum optics laboratories for teaching quantum physics," in *Fifteenth Conference on Education and Training in Optics and Photonics*, Quebec City, Quebec, Canada, 2 July 2019. doi:10.1117/12.2523843
- Greca, I. & O. Freire, O. (2014). *Meeting the Challenge: Quantum Physics in Introductory Physics Courses*. Dordrecht: Springer
- Leden, L. & Hansson, L. (2019). Nature of science progression in school year 1–9: A case study of teachers' suggestions and rationales. *Res. Sci. Educ.* 49(2), 591-611.
- Lederman, N., Lederman, J., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- McComas, W. (2002). *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Springer.
- Mermin ND. (2013), "Annotated interview with a QBist in the making", In *Elegance and Enigma: The Quantum Interviews*, Schlosshauer M (editor). Berlin: Springer, 2013.
- Ozcan, O. (2013). Investigation of mental models of Turkish pre-service physics students for the concept of spin. *Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 52, 21-36.
- Paransucia, P. & Amalia, F. (2022). Physics teachers' difficulties in teaching introduction to quantum physics in senior high. *Research in Physics Education*. 1(1), 14–24.
- Stadermann, H. & Goedhart, M. (2020). Secondary school students' views of nature of science in quantum physics. *Int. J. Sci. Educ.* 42(6), 997-1016.
- Stadermann, H. & Goedhart, M. (2021). Why and how teachers use nature of science in teaching quantum physics. *Physical Review Physics Education Research*, 17, 020132, 1-17.
- Zaytoun, A. (2013). The level of understanding of the nature of scientific endeavor in light of Project (2061) among science teachers in Jordan and its relationship to some demographic variables. *Jordan Journal of Educational Sciences*, 2(9), 119-139.
- Zielinski, T., Harvey, E., Sweeney, R., & Hanson, D. (2005). Quantum States of Atoms and Molecules. *Journal of Chemical Education*, 82(12), 1880.