استخدام نموذج مقترح لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة قائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لطلاب الجامعة التكنولوجية

إعـداد

د. عيد محمد عبد العزيز أبو غنيمة
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية . جامعة بني سويف

د. محمد السيد عبد البر الزعليك
مدرس تكنولوجيا التحكم في العمليات
كلية التكنولوجيا والتعليم . جامعة بني سويف

مستخلص البحث

هدف البحث الحالي إلى بناء نموذج مقترح قائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وتعرف أثره في تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لدى طلاب الجامعة التكنولوجية. ولإجابة أسئلة البحث والتحقق من صحة فرضياته الموجهة، تم اتباع الإجراءات البحثية التي تتفق مع المنهج التجريبي ذي التصميم البحثي "شبه التجريبي" نظام المجموعتين المتكافئتين. وتمثلت أداتا القياس المستخدمة لجمع البيانات في: مقياس "التفكير الحاسوبي" واختبار "المبادئ والتعميمات العلمية". كما تم اختيار الطلاب المشاركين في مجموعة البحث الأساسية من طلاب الفرقة الثانية ببرنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية، وذلك للعام الدراسي (٢٠٢٣/ ٢٠٢٤م)، وبلغ قوامها (٦٤) طالب وطالبة، قسمت لمجموعتين متكافئتين إحداهما مجموعة تجريبية والأخرى مجموعة ضابطة، بواقع (٣٢) طالب وطالبة لكل منهما. وكشفت نتائج البحث عن وجود أثر دال إحصائي لاستخدام النموذج التدريسي المقترح في تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لدى طلاب المجموعة التجريبية، وذلك مقارنة بطلاب المجموعة الضابطة الذين درسوا بالطريقة المعتادة.

الكلمات المفتاحية: نموذج تدريسي مقترح، النمذجة العلمية، النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs)، روبوتات المحادثة، فيزياء المتحكمات الدقيقة، طلاب الجامعة التكنولوجية.

Abstract

Title: "Using A Proposed Model for Teaching Microcontroller Physics Based on Scientific Modeling and Large Language Models (LLMs) for Developing Computational Thinking and Scientific "Principles & Generalizations" among Technological University Students".

By: Dr. Eid Mohamed Abd-ElAziz Abou-Ghaneima: Associate Professor of Curricula and Methods of Teaching Science, Faculty of Education, Beni-Suef University.

Dr. Mohamed El-Sayed Abdalbar Elzalik: Lecturer Process Control Technology, Faculty of Technology and Education, Beni-Suef University.

This research aimed to design a proposed model based on scientific modeling and (LLMs) for teaching microcontroller physics, and to determine its impact on the developing of computational thinking and Scientific "Principles and generalizations" for the Technological University students. To answer the research questions and examine its hypotheses, the research procedures that were consistent with the experimental method were followed, and the research design was a "quasi-experimental", two equivalent groups system. The measurement tools included: the scale of computational thinking and the test of scientific "principles and generalizations", all tools prepared by the authors of the research. The participants were selected from the second-year students of the "Mechatronics" program, at the Egyptian-Korean College of Industry and Energy Technology, Beni-Suef Technological University, for the academic year (2023/2024), and the participants were (64) students, divided into two groups, each group (32) students. The results of the research revealed that there was a significant effect of using the proposed teaching model in the developing of computational thinking and Scientific "principles and generalizations" among the students of the experimental group, compared to the control group that studied in the traditional way.

Keywords: *Proposed Teaching Model, Scientific Modeling, Large Language Models (LLMs), Chatbots, Microcontrollers Physics, Technological University students.*

استخدام نموذج مقترح لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة قائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لطلاب الجامعة التكنولوجية

إعداد: د/ عيد محمد عبد العزيز أبو غنيمة(١)
د/ محمد السيد عبد البر الزعليك(٢)

مقدمة:

تبوَّأ التفكير الحاسوبي (CT) "Computational Thinking" مكانة جلية بأبعاد تعلم العلوم، مُشكِلًا فيها مع التفكير الرياضياتي إحدى الممارسات العلمية والهندسية. ورُسمت خطوطه العامة للمراحل الدراسية المختلفة بوثائق معايير العلوم الفاعلة؛ كما في وثيقة المجلس القومي للبحث بالولايات المتحدة حول "إطار العمل لتعليم العلوم من الروضة إلى الصف الثاني عشر" (NRC, 2012)، ومعايير العلوم للجيل التالي (NGSS Lead States, 2013a; 2013b). ومن ثم؛ أصبح تنميته لدى المتعلمين يُمثل أحد أهداف تدريس العلوم الطبيعية المتسقة مع احتياجات القرن الحادي والعشرين.

وتوقعت رائدته "Jeannette Wing" أن يصبح مهارة أساسية كالقراءة والكتابة والحساب، يستخدمها الجميع بحلول منتصف القرن الحالي، لكونه من متطلبات العصر الرقمي الذي قد يهيئ المتعلم للمساهمة في فعالياته وحل مشكلاته. إضافة لاعتباره من المقومات التي قد تؤهل المتعلم لشغل المهن المستقبلية المتصلة بالعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) (Wing, 2017: 7-9)[3]. وقد يساعده في تطوير فهم أعمق لكيفية عمل الظواهر والمواقف العلمية (NRC: 2012: 64).

ودفع هذا البعض للمناداة بضرورة تنميته لدى المتعلمين في جميع المراحل الدراسية بما فيها مرحلة التعليم العالي، وخاصة في برامجها التطبيقية ذات الصلة بـ (STEM) (Lyon & Magana, 2020: 1174). كبرامج مؤسسات التعليم التقني التي تسعى لضمان امتلاك

---

(١) أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد بكلية التربية جامعة بني سويف.
(٢) مدرس تكنولوجيا التحكم في العمليات بكلية التكنولوجيا والتعليم جامعة بني سويف.
(3) تم اتباع نظام توثيق (APA) الإصدار السابع، مع تعديل بسيط تضمن: إضافة رقم الصفحة، وتقديم اللقب على الاسم الأول في حالة المراجع غير العربية فقط.

الخريجين للمهارات اللازمة للازدهار في عالم يعتمد على التقنيات التكنولوجية بشـــكل متزايد (Huang & Chun-Te, 2024: 319). ويُناط بمثل هذه الكيانات تأهيل مُنتســـبيها للمهن العصـــرية، كالمرتبطة بفيزياء الإلكترونيات ودوائر المتحكمات الدقيقة أو الميكاترونيكس "Mechatronics" (Hermans, et al, 2024: 2).

وقد يرجع ذلك لطبيعة مكونات التفكير الحاســـوبي التي قد تســـاعد خريجي مثل هذه التخصصات على الانخراط في تولي وظائفها الحالية والمستحدثة وتطويرها والمنافسة عليها. خاصـــة وأنها تتطلب المعرفة الوظيفية بمكونات إلكترونية عديدة كالمقاومات والمكثفات والترنزستورات والمستشعرات والمعالجات الدقيقة وغيرهم، إضافة للمبادئ والعلاقات الفيزيائية التي تحكم سلوكهم الفيزيائي، وأكواد برمجيات تشغيل دوائرها. وكيفية تركيب المناسب من كل ذلك في إنشـــاء تصـــميمات دوائر متحكمات إلكترونية دقيقة لحل مشـــكلات الواقع الحياتي والصناعي.

ويُدلل على أهمية دوره في إعداد المتعلمين؛ تطور مفهومه خلال العقدين الأخيرين، حيث أُختزل ملمحه في البدايات لنمط "التفكير كعالم الحاســـوب"، مصـــحوبًا بالتكهن على أنه مهارة أساسية للجميع ولا يُقتصر على متخصصي علوم الحاسوب فقط (Wing, 2006: 33-34). وبتوالي نتائج الدراسات التي تقصت طبيعته، اتضح أنه عملية تفكير، وبالتالي قد يكون مستقل عن التكنولوجيا، ويتطلب قدرات معينة يمكن تنفيذها بواسطة تقنيات رقمية أو إنسان أو من خلالهما معًا (Bocconi, et al., 2016: 15). ومن ثم تبلورت صورته كعملية تفكير ذهني من متطلبات العصر الرقمي تركز على صياغة المشكلة والتعبير عن حلها بطريقة يستطيع الإنسان أو الآلة تنفيذها بفعالية (Wing, 2017: 7).

ومن ثم؛ يرى البعض أن مهارات التفكير الحاســـوبي كمهارات الاســـتقصـــاء يُمكن أن تُكتسب وتُوظف عبر مجالات المعرفة العلمية التخصصية (NRC, 2011: 54-55; Bocconi, et al., 2016: 16). ومن فئات المعرفة العلمية التي قد يُمكن اســـتخدام وممارســـة مكونات التفكير الحاسوبي من خلالها؛ "المبادئ والتعميمات العلمية".

وتشـــغل المبادئ والتعميمات العلمية فئة متقدمة في البنية الهرمية للمعرفة العلمية، ويتشـكلان من خلال تنظيم أفكار المعرفة التقريرية للمجالات الأكاديمية المختلفة (Marzano & Kendall, 2007: 25-26). ومن تلـك المجـالات فيزيـاء المتحكمـات الـدقيقـة "Microcontrollers"، التي تركز على الدراســة التطبيقية للمبادئ الفيزيائية والتعميمات التي تحكم الدوائر والعناصـــر الإلكترونية المســـتخدمة في بناء المتحكمات الإلكترونية الدقيقة وتشـغيلها، وتسـتند عليهما لتفسـير تفاعل مكوناتها في سـياق الدوائر المتكاملة التي تشـكلها لتحقيق وظائفها، كما ترتكز عليهما لتطوير تلك الدوائر لحل مشـــكلات العالم الطبيعي، وذلك من خلال تصـميم بُنى إلكترونية لمتحكمات دقيقة متنوعة يُمكن أن تسـتخدم في إجراء التجارب الفيزيائية والأنظمة المدمجة والتحكم الآلي والأجهزة الذكية (Suwondo & Sulisworo, 2017: 117-122; Husni & Purnama, 2020: 1-7; Marzoli, et al., 2021: 309-312; Salar, 2022: 71-82). وقد يُعلي هذا من قيمة اكتساب المتعلمين للمبادئ والتعميمات العلمية.

ويؤكد تلك القيمة للمبادئ والتعميمات؛ ظهورهما معًا بأطر التصـــنيفات الرئيســـية للأهداف التعليمية، حيث اتفق تصـنيف "بلوم" الأصـلي "Original Bloom's Taxonomy" (OBT) والمُعدل "Revised Bloom's Taxonomy" (RBT) على اعتبارهما أفكار عريضـــة أو تجريدات معينة تلخص ملاحظات عن الظواهر، وذات قيمة كبيرة في الوصـــف والتفســـير والتنبؤ وتحديد الفعل والاتجاه بصـــورة أكثر مواءمة وصـــلة (لورين أندرســـون وديفيد كرازوول، ٢٠٠٦: ١١٠-١١٤). ووصفهما "بلوم وزملاؤه" بأنهما أعلى مستويات التجريد والتعقيد، لكونهما يســـتخدما لتنظيم أفكار المجال العلمي (Bloom, et al., 1956: 75-76). وإيمانًا بدورهما جعلهما "مارزانو" في تصـنيفه الجديد على قمة تراتبية فئات المعرفة التقريرية لمجال التخصـص ليشـكلا معًا فئة "الأفكار المنظمة" "Organizing ideas"، واعتبر المبادئ حالة خاصـــة من التعميمات (Marzano & Kendall, 2007: 25).

وأشـار تصـنيف بلوم المُعدل ثنائي البُعد (RBT) إلى أن كلا من المبادئ والتعميمات ينموان معًا ليسـودا المجال المعرفي الأكاديمي، ويسـتخدمان لدراسـة الظواهر أو حل مشـكلات مجال التخصـــص. ويجمعان عددًا كبيرًا من الوقائع المعينة والأحداث، ويصـــفان العمليات

والعلاقات المتداخلة فيما بين التصنيفات والفئات. ويُمكّنان المتعلم من تنظيم الأفكار التخصصية في صورة مقتصدة ومتماسكة (لورين أندرسون وديفيد كرازوول، ٢٠٠٦: ١١٣-١١٤).

ويتجلى من كل ذلك، أهمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية في مساعدة المتعلمين على استيعاب موضوعات وظواهر الفيزياء، وتوظيفها لإنتاج التصميمات وحل مشكلات العالم الطبيعي المتعلقة بها، وذلك بما قد يُسهم في تأهيلهم لمهن (STEM)، وإعدادهم للإفادة من أدوات العصر الرقمي. وبالنظر إلى واقع تدريس الفيزياء؛ نجد أنه يركز على تدريس المعارف في فئاتها الدنيا وعلى نحو غير وظيفي، وعادة ما يرتكن إلى فنيات تدريس تقليدية تميل إلى التلقين والحفظ والاسترجاع، وتقديم خبرات وحلول فيزيائية جاهزة، متجنبًا ممارسات النمذجة واستخدام منتجاتها. الأمر الذي قد يُحد من إدراك الظواهر الفيزيائية وتجريد خصائصها واكتشاف أنماطها واستيعاب مُنظمات أفكارها، والتوصل لحلول مشكلاتها. وهذا ما استخلص من الاطلاع على بعض الدراسات، كدراسة (Dos Santos, 2023)، و(عباس الركابي، ٢٠٢٣)، و(منى البيومي، ٢٠٢٣)، و(نواف السراني، ٢٠١٧)، و (Oh & Oh, 2011). وقد يُستدل من ذلك؛ على أن تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة بوضعها الحالي قد لا يؤدي إلى تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات لدى المتعلمين.

ونظرًا لكل هذا؛ يحاول البحث الحالي التوصل لنموذج تدريسي يُمكن أن ينمي التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية. ويُلائم في نفس الوقت طبيعة تدريس الأفكار التخصصية لموضوعات فيزياء دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، ويساير توظيف مستحدثات العصر الرقمي الذي نعيشه بما تبدى فيه من ثورة في مجال تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

ومن التوجهات التدريسية التي قد تلائم طبيعة فيزياء دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة؛ التعلم المستند على النمذجة، حيث أكد المتخصصون على أهمية إدراج النمذجة في سياقات تعليم العلوم الطبيعية، كونها إحدى العمليات الأساسية في إنتاج المعرفة العلمية والتحقق من صحتها ونشرها واستخدامها (Gilbert & Justi, 2016: 57). وكونها تحقق صيغة تعليم الموضوعات العلمية المنصوص عليها في إطار ونظام معايير العلوم للجيل التالي "NGSS" (Schwarz, Passmore, & Reiser, 2017: 133-134). وتسهم في تحقق هدف

تعليم العلوم الطبيعية المتعلق ببناء النماذج العلمية واستخدامها في فهم الظواهر العلمية وتفسيرها والتنبؤ بها (NRC, 2012: 50).

وتُمثل النمذجة نشاط مركزي للعلم، باعتبار العلماء يشاركون بنشاط في تطوير وإنشاء النماذج المفاهيمية، ونتيجة لذلك يتقدم العلم من خلال العمليات المستمرة لبنائها والتحقق من صحتها ونشرها ومراجعتها. ومحاكاة هذا في تعلم الفيزياء؛ يشكل ممارسة نشطة بالضرورة، تدفع المتعلمين للمشاركة في ممارسات علمية أصيلة، إضافة للانخراط في تعلم الفيزياء من خلال العمل، وتوظيف الأفكار المحورية واكتساب المهارات والخبرات التخصصية (Brewe & Sawtelle, 2018: 1-3).

ودفع هذا الكثير من الباحثين للاعتراف بأهميتها في تعليم الفيزياء (Dounas-Frazer and Lewandowski, 2018: 1). لكونها تُثمر عن ظهور نماذج علمية تُشكل بناءات إبستمولوجية، ترتبط أغراضها بالعديد من الممارسات العلمية مثل التبسيط، والشرح، والتجريد، والتفسير، والمُحاجة، والاستدلال، والتنبؤ، وتطوير المعرفة العلمية (Gilbert & Justi, 2016: 32). وتستخدم كتبسيطات للمكونات والعوامل الفيزيائية، والتفاعلات بينها، والأنظمة التي تتكون منها، إضافة للعمليات المؤثرة فيها والناتجة عنها، وذلك لفهم الظواهر الفيزيائية، وتفسيرها، والتنبؤ بنتائج ظواهر جديدة (Etkina, Warren and Gentile, 2006: 34-35). وبذلك فهي تساعد على تعزيز استيعاب المتعلمين للأفكار والمعارف العلمية بشكل يتجاوز الحفظ عن ظهر قلب. وتُدعم ممارسة مهارات التفكير العليا التي يمكن استخدامها في المواقف والمشكلات المختلفة، وفهم جوانب محددة تتعلق بطبيعة العلم (Gilbert & Justi, 2016: 58).

هذا ولتحسين كفاءة استخدام النمذجة في تدريس العلوم الطبيعية ومنها الفيزياء، نادى البعض بأهمية تدعيمها بالتقنيات الرقمية الحديثة. حيث أشار البعض لضرورة توظيف التكنولوجيا الحديثة والاستفادة منها في تكاملها مع التدريس القائم على النمذجة (سحر عزالدين، ٢٠٢٢: ١٣٠). إضافة إلى أن دمج مثل هذه التقنيات مع النمذجة، قد يجعلها أقوى في مساعدة المتعلمين لإنشاء النماذج واستخدامها في فهم ظواهر العالم الطبيعي وحل مشكلاته (Campbell, et al., 2015: 163).

ويأتي في مقدمة التقنيات التكنولوجية الحديثة في الوقت الحالي "أدوات الذكاء الاصطناعي"، التي أصبحت جديرة بالاهتمام في كافة المجالات الحياتية ومنها التعليم، نظرًا لقدراتها ووظائفها المُبهرة، وإمكاناتها الكبيرة والمتعددة التي لم يألفها البشر من قبل. ومن هذه الأدوات نماذج اللغة الكبيرة (LLMs) المعروفة بروبوتات المحادثة "Chatbots"، مثل: "ChatGpt"، و"Gemini-AI"، و"Microsoft Bing-AI"، وغيرهم، والتي يُمكن لها التفاعل مع المتعلمين باللغة البشرية الطبيعية في مساعدتهم لتحقيق الأهداف التدريسية المرجوة.

حيث أظهرت تلك النماذج أداء غير مسبوق قد يجعلها قابلة لاستخدام بفاعلية في التدريس، إضافة لتميزها بسهولة الاستخدام وتوافرها في حوزة الكثير من المعلمين والمتعلمين على أجهزتهم الشخصية، ما يجعلها أداة تعليمية شخصية (Riabko & Vakaliuk, 2024: 59-60). ومن ثم فإن استخدام مثل هذه النماذج في تدريس مجالات الفيزياء؛ قد يثري الممارسة الصفية ويساعد في تحقيق الأهداف التدريسية المرجوة (Bitzenbauer, 2023: 8). لكونها توفر فرص مثيرة للمعلمين والمتعلمين على حد سواء؛ بما في ذلك تيسير إمكانية الوصول للخبرات، وإنشاء محتوى علمي مترابط، وإضافة التعليقات الشخصية، وفهم الاستفسارات باللغات البشرية والرد عليها، والحفاظ على أسلوب حوار واقعي مع الفرد يحاكي التواصل مع المعلم والزملاء، وإتاحة أشكال جديدة لتدريس المفاهيم المعقدة، وتطوير المهارات والتفكير التحليلي والإبداعي، وتصميم التمارين والمسابقات للمقررات الدراسية، وتقديم المقترحات (رضا أبو عصر، ٢٠٢٣: ١١-١٥).

وبذلك يُمكن (LLMs) أن تكون بمثابة مساعدين افتراضيين موثوق فيهم لتعليم الفيزياء، وأدوات لترسيخ التقييم النقدي للأفكار التخصصية سواء التي يستخلصها المتعلم ويُمكن لتلك النماذج أن تقيمها، أو التي تنتجها مثل هذه النماذج وتخضع لمراجعة وتنقيح المتعلم ذاته للتأكد من صحتها. كما تعزز الأساليب الحوارية بين المعلم والمتعلم من ناحية والذكاء الاصطناعي من ناحية أخرى، لتصبح أداة مفيدة لحل مشكلات الفيزياء والتغلب على صعوبات تعلمها (Polverini and Gregorcic, 2024: 27-28). وتسمح أيضًا للمتعلمين بالتعلم بشكل

أكثر استقلالية، وتزودهم بتغذية راجعة تصحيحية بشكل فوري، وتعزز أدائهم الأكاديمي، إضافة لكونها تخفف العبء التدريسي عن كاهل المعلم (Adiguzel, Kaya & Cansu, 2023: 2-5).

ومع ذلك؛ ناقش باحثون التهديدات التي قد تصاحب استخدام مثل هذه النماذج بالنظام التعليمي، كأن يعتمد عليها المتعلم بشكل أعمى، أو يُولد مخرجات من خلالها وينسبها لنفسه، أو يستخدمها بشكل غير أخلاقي في أداء الاختبارات وإنجاز التكليفات، مما قد يؤثر سلبًا في قدراته ومهاراته (رضا أبو عصر، ٢٠٢٣: ١٧). ورغم جدية هذه التخوفات؛ إلا أن البعض قلل منها وتوقعوا تلاشيها مع الوقت، مثلما توارى ذعر "أفلاطون" من تأثر آليات التذكر الذهنية نتيجة انتشار الكتابة والاعتماد على ما يُدون (Tate et al, 2023: 3)، وتبدد الخوف من أن يؤدي اختراع المطبعة إلى التآكل الأخلاقي للمجتمع (Birhane, et al., 2023: 277).

ويتكشف مما عُرض آنفًا؛ مدى ميزات التدريس القائم على النمذجة العلمية، وفوائد التدريس القائم على النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs)، وقد يزداد جدوى استخدامهما عندما يتألفان معًا في نموذج تدريسي يُمكن أن يُعظم من نقاط تميزيهما ويتلافى ما قد يعتريهما من هنات. وقد يُستدل من هذا؛ أن استخدام النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية و(LLMs) في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة قد يُنمي التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية. خاصة وأنه قد يكون أصاب مستوى هاتين المتغيرين بعض الوهن لدى الكثير من المتعلمين بصفة عامة ومنهم متعلمو الجامعة التكنولوجية.

حيث لوحظ من خبرة تدريس "أحد مُعِدَّي البحث" لطلاب الجامعة التكنولوجية؛ تواجد صعوبات لديهم في الوعي بمكونات التفكير الحاسوبي وممارساتها في حل المشكلات وإنجاز المهام والتكليفات العلمية. إضافة لضعف استيعابهم لمبادئ وتعميمات فيزياء المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وانخفاض قدراتهم على استخدامها بشكل وظيفي في مقابلة تحديات العالم الطبيعي.

كما بين بعض التربويين أن دمج التفكير الحاسوبي بنجاح في التعليم الرسمي لا يزال يواجه قضايا وتحديات لم يتم حلها (Bocconi, et al., 2016: 2). وتفعيله ظل بعيد المنال في الكثير من نُظم تعليم العلوم الطبيعية (Hurt et al., 2023: 2-3). كما ظهر أن الاهتمام به أقل

في برامج التعليم العالي المتعلقة بـــ (STEM) مقارنة بمثيلاتها في التعليم قبل الجامعي، وذلك لضـعف التوجهات المتماسـكة في سـياق التعليم العالي التي تدعو لدمجه كمهارة أسـاسـية في تخصـصـات أخرى خارج نطاق موضـوعات البرمجة وعلوم الكمبيوتر (Czerkawski & Lyman, 2015: 57-61; Chichekian, et al, 2024: 860). وبالنسـبة للمبادئ والتعميمات؛ فقد أشار تصنيف "بلوم المُعدل" (RBT) إلى أنها تُشكل أفكار عريضة يكون من الصعب على الطلاب فهمها، لكونها تتطلب الإلمام بالظاهرة العلمية، وربط وتنظيم جزء كبير من المادة الدراسية، واستبصار أكبر لأفكارها التخصصية، وامتلاك ذاكرة أفضل لمكوناتها (لورين أندرسون وديفيد كرازوول، ٢٠٠٦: ١١٤).

ولاسـتقراء الواقع عن مسـتوى التفكير الحاسـوبي (CT) والمبادئ والتعميمات العلمية؛ تم إجراء دراسـة كشـفية في بداية الفصـل الدراسـي الأول للعام الدراسـي ٢٠٢٣/٢٠٢٤م لتقصـي مسـتوييهما لدى مجموعة من طلاب الجامعة التكنولوجية ببني سـويف، وكان قوامها (٣٠) طالب وطالبة ممن سبق لهم دراسة فيزياء المتحكمات الدقيقة. وأُستخدم لقياس (CT) الصورة المختصرة التي صـممها (Guggemos, Seufert & Román-González, 2019: 191) من بنية المقياس الذي قدمه (Korkmaz et al., 2017: 565) لطلاب الجامعة، وذلك بعد تعريبه وتعديله ليناسـب سـياق مجتمع البحث، وتضـمن (١٥) مفردة من نمط اسـتجابة "ليكرت"، واختزل نمط اسـتجابته لتكون خماسية بدلًا من السباعية، وكانت درجته العظمى (٧٥) درجة. إضافة لاستخدام اختبار من (إعداد الباحثين)[٤] لقياس مسـتوى المبادئ والتعميمات العلمية بفيزياء المتحكمات الدقيقة، اشـتمل (٨) مفردات مصـاغة في ضـوء مستويات تصـنيف "مارزانو" الجديد للأهداف التعليمية (MNT)؛ منهم (٤) مفردات من نمط الاختيار من متعدد، و(٤) مفردات إنشائية تقيم كل منها بـ(٣) درجات، وبذلك كانت درجة الاختبار الكلية (١٦) درجة.

وأظهرت نتائج الدراسـة الكشـفية أن أغلب اسـتجابات الطلاب على مفردات مقياس التفكير الحاسـوبي خماسـي الاسـتجابة؛ جاءت ما بين مسـتويات الاسـتجابة الثلاث الأدنى، بمتوسط حسابي (٣٩.٢٣) ونسبة مئوية (٥٢.٣١٪) وانحراف معياري (٤.٦٤)، وبذلك لم تصل

(٤) أداتي قياس الدراسة الكشفية [ملحق (٥)].

لمعدل مستوى الاستجابة المتوسطة. بينما كان متوسط درجات الطلاب في اختبار المبادئ والتعميمات العلمية (٥.٨٣) بنسبة مئوية (٣٦.٤٤٪) وانحراف معياري (١.٦٢). بما قد يشير إلى ضعف مستوى التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لدى الطلاب.

ومما قد يؤكد ذلك نتائج بعض الدراسات التي أجريت في مجال العلوم الطبيعية، كدراسة (2020) "Mensan, Osman & Abdul-Majid" التي أشارت إلى أن الكثير من المتعلمين لم يسبق لهم معرفة بالتفكير الحاسوبي. ودراسة "محمد علي وجمال العلوي" (٢٠٢٤) التي دللت عن وجود صعوبات لدى المتعلمين في استيعاب المعرفة الفيزيائية المفاهيمية بما تنطوي عليه من مبادئ وتعميمات. ودراسة (2018) "Harahap & Sudrajat" التي لَمَّحت عن ضعف قدرة المتعلمين على استيعاب واستخدام المبادئ والتعميمات في مجالات العلوم الطبيعية.

واتضح من هذا التحري؛ وجود قصور لدى طلاب الجامعة التكنولوجية في التفكير الحاسوبي، وكذلك في مستوى المبادئ والتعميمات العلمية لمحتوى فيزياء المتحكمات الدقيقة، بالرغم من أهميتهما. لذا ظهرت الحاجة للوقوف على مدى كفاءة النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) في تنمية هاتين المتغيرين لدى مجموعة من هؤلاء الطلاب.

مشكلة البحث:

تأسيسًا على ما تقدم؛ حُددت مشكلة هذا البحث في تدني مستويات التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لدى طلاب الجامعة التكنولوجية، وضعف قدرة استراتيجيات ونماذج التدريس التقليدية على علاج هذا التدني. ولمجابهة هذه المشكلة والمساهمة في حلها؛ تقصى البحث الحالي الإجابة عن السؤال الرئيس التالي:

كيف يمكن بناء نموذج مقترح لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة قائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لطلاب الجامعة التكنولوجية؟

وتطلب هذا الإجابة عن ستة أسئلة فرعية؛ تكونوا من أربعة أسئلة إجرائية وسؤالين تجريبيين، وهم:

١. ما مكونات التفكير الحاسوبي المناسبة لطلاب الجامعة التكنولوجية؟
٢. ما أبعاد قياس المبادئ والتعميمات العلمية المناسبة لطلاب الجامعة التكنولوجية؟

٣. ما أسس النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية؟
٤. ما النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية؟
٥. ما أثر استخدام النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لتنمية التفكير الحاسوبي لطلاب الجامعة التكنولوجية؟
٦. ما أثر استخدام النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لتنمية المبادئ والتعميمات العلمية لطلاب الجامعة التكنولوجية؟

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي بناء نموذج مقترح قائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية، وتعرف أثر استخدامه في تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لديهم.

محددات البحث: اقتصر البحث الحالي على:

١. ثلاث وحدات لمحتوى فيزياء دوائر المتحكمات الدقيقة بمادة "أنظمة الميكاترونيكس للتقنيين" المقررة بالفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي ٢٠٢٣/٢٠٢٤م على طلاب برنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية. (أسماء الوحدات ومبررات اختيارها موضحة بـ"الإطار الإجرائي للبحث" ببند "اختيار المحتوى العلمي").
٢. مجموعة من طلاب الفرقة الثانية ببرنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية.
٣. مكونات التفكير الحاسوبي، وهي: التجريد، التفكير الخوارزمي، النمذجة والمحاكاة، حل المشكلات، التفكير عالي الرتبة. وذلك لملاءمتها لطبيعة طلاب مجتمع البحث. (كما تبين في البُعد الثاني للمحور الثاني بالإطار النظري للبحث).
٤. أبعاد قياس المبادئ والتعميمات العلمية، وهي: الاسترجاع، الفهم، التحليل، توظيف المعرفة، التي تشكل النسق المعرفي بتصنيف "مارزانو" الجديد (MNT). وتم مراعاة جميع عمليات المعالجة العقلية التي تتضمنها المستويات الأربعة، عدا عملية التنفيذ "Executing" بمستوى "الاسترجاع"، لكونها تتعلق بمجالي المعرفة للإجراءات "العقلية" و"النفسحركية"، وليس بمجال المعرفة التقريرية التي تتضمن "المبادئ والتعميمات العلمية". هذا واختيرت تلك المستويات لملاءمتها لطبيعة مجتمع البحث. (كما تبين في البُعد الثاني للمحور الثالث بالإطار النظري للبحث).

تحديد مصطلحات البحث:

النمذجة العلمية "Scientific modeling":

تُعرف إجرائيًا في هذا البحث بأنها عملية تشكيل المتعلم نماذج علمية لدوائر متحكمات إلكترونية دقيقة بالتكوين أو التعديل والتطوير، بحيث تتصرف وفق القوانين الفيزيائية، إضافة لتفاعله مع نماذج موجودة مُسبقًا تسمح له بمراقبة التأثيرات الناتجة عن إحداث تغيير في عامل "parameter" أو أكثر بها، واستخدام تلك النماذج لفهم وتفسير موضوعات وظواهر فيزياء المتحكمات الدقيقة المطلوب دراستها والتنبؤ بمتغيراتها، وتوظيفها لحل المشكلات الحياتية والصناعية المختلفة.

النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) "Large Language Models":

يُمكن تعريفها إجرائيًا بأنها تُمثل أحد تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) الحديثة، التي يُمكن للمتعلم إجراء محادثة تفاعلية باللغة البشرية الطبيعية معها، للإجابة عن استفساراته العلمية، ومعاونته على استيعاب الأفكار الفيزيائية التخصصية في مجال فيزياء دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وإنجاز المهام الدراسية المرتبطة بدراسة موضوعاتها، وتقييم تعلمه وتوجيهه، وذلك بما قد يساعده في تحقيق الأهداف المرجوة.

النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs):

يُعرف إجرائيًا بأنه نموذج تدريسي يتضافر ويتكامل فيه التدريس من خلال النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs)، ليُكَوِّنا معًا مراحل خمس متتالية تنطوي كل منها على خطوات فرعية، تبدأ بمرحلة تجهيز متطلبات عملية النمذجة وتحديد (LLMs) المناسبة، ثم تحديد المهمة العلمية والتقصي عن أفكارها التخصصية بمعاونة (LLMs)، والوصول منها لمرحلة تشكيل النموذج العلمي واستخدامه للحصول على النتائج والبيانات اللازمة لحل المهمة، ويليها صياغة الحل ومراجعته وتنقيحه، وتتمم بالتقييم البنائي لجوانب التعلم. ويُمكن استخدام هذه المراحل في تقديم موضوعات فيزياء المتحكمات الدقيقة للطلاب بما قد يساعدهم في تحقيق أهداف تدريسيها المرجوة.

المتحكمات الدقيقة "Microcontroller":

تعرف إجرائيًا بأنها أجهزة أو دوائر إلكترونية صغيرة الحجم يتمرس على تصميمها واستخدامها طالب الجامعة التكنولوجية لتنمية أفكاره وقدراته التقنية، وتتكون من العديد من العناصر الإلكترونية كالترانزستورات والمقاومات والمكثفات والدوائر المتكاملة وغيرهم، ويُمكنها معالجة المعلومات والكميات الفيزيائية التي تستقبلها مستشعراتها الإلكترونية من البيئة المحيطة، وتحويلها الى إشارات كهربية، وتتخذ قرارات استنادًا على تلك الإشارات من خلال أكواد برمجية تُثبت على ذاكراتها، لتقوم بوظيفة التحكم وتشغيل أنظمة إلكترونية أخرى؛ كالتحكم في إضاءة مصباح أو ضبط سرعة مروحة أو تشغيل محرك أو روبوت.

فيزياء المتحكمات الدقيقة "Microcontroller Physics":

تعرف إجرائيا بأنها جوانب المعرفة الفيزيائية التي يدرسها طالب الجامعة التكنولوجية، وترتكز عليها المتحكمات الإلكترونية الدقيقة في أداء مهامها، وتحكم سلوك مكونات دوائرها الإلكترونية وتكاملها مع بعضها، ومبادئ قياس مستشعراتها للمتغيرات الفيزيائية كدرجة الحرارة والضغط والكتلة وشدة الإضاءة والمسافة والسرعة وغيرهم، ومبادئ تحويل كمياتها الفيزيائية إلى إشارات كهربية قابلة للمعالجة البرمجية. وذلك بما يساعد الطالب في إدراك كيفية عمل المتحكمات الدقيقة، وتوظيف استخدامها بشكل فعال في التحكم وتشغيل تطبيقات حياتية متنوعة.

التفكير الحاسوبي (CT) "Computational Thinking":

يُعرف إجرائيًا بأنه: نهج للتفكير يمارسه طالب الجامعة التكنولوجية في سياق رقمي أو بشري أو مزيج منهما. وذلك من خلال عمليات التجريد والتفكير الخوارزمي والنمذجة والمحاكاة وحل المشكلات والتفكير عالي الرتبة، لإنجاز المهام والتكليفات العلمية وتصميم النماذج والمشروعات المرتبطة بظواهر وموضوعات العالم الطبيعي، والتغلب على عوائقها ومعضلاتها المحتملة. ويُقاس بالدرجة التي يحصل عليها المتعلم في المقياس المُعد لذلك.

المبادئ والتعميمات العلمية "Scientific Principles and Generalizations":

يتبنى البحث الحالي تعريف "مارزانو" للمبادئ والتعميمات باعتبارهما "أفكار منظمة" "Organizing ideas"؛ تُعبر التعميمات فيها عن عبارات أو صياغات علمية يمكن تقديم أمثلة عليها. وتُمثل المبادئ أنواع محددة من تلك التعميمات التي تُعنى بالعلاقات، وتظهر في شكلين بوجه عام؛ أحدهما مبادئ السبب والنتيجة، والثاني المبادئ الارتباطية أو العلاقية التي

تصف العلاقات التي يرتبط فيها التغيير في عامل ما بتغير في عامل آخر (Marzano, 1998: 31-32; Marzano & Kendall, 2007: 25-26; Marzano & Kendall, 2008: 10-12). وتقاس "المبادئ والتعميمات العلمية" في هذا البحث بالدرجة التي ينالها المتعلم في الاختبار المُعد لذلك.

خطوات البحث وإجراءاته:

١- تحديد أسس النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية، وتم ذلك من خلال:

- استقراء الأدبيات والدراسات السابقة التي تناولت استخدام النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة في تدريس العلوم الطبيعية بصفة عامة وتدريس الفيزياء وتطبيقاتها الهندسية بصفة خاصة.
- إعداد قائمة أولية بالأسس التي يمكن في ضوئها بناء نموذج تدريس مقترح قائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وعرضها على مجموعة من الخبراء والمتخصصين لتحديد مدى مناسبتها، ومراعاة آراء سيادتهم.
- تحديد قائمة الأسس النهائية التي يمكن في ضوئها بناء النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة والنماذج اللغوية الكبيرة لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة.

٢- تصميم النموذج المقترح لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وفقًا للإجراءات التالية:

- بناء النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة في صورته الأولية، وذلك بصياغة مراحله الأساسية، والخطوات الإجرائية لكل مرحلة.
- عرض النموذج الناتج من المرحلة السابقة على مجموعة الخبراء والمتخصصين للحكم على صلاحيته وقابليته للتطبيق لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية.
- تجربته النموذج التدريسي المقترح على عينة استطلاعية، لتبيان مدى صلاحيته ومناسبته قبل تطبيقه على مجموعة الدراسة الأساسية.
- إعداد النموذج المقترح في صورته النهائية.

٣- تحديد مكونات التفكير الحاسوبي وأبعاد قياس المبادئ والتعميمات العلمية المناسبة لمجتمع البحث، وتصميم أدوات البحث، وذلك كما يلي:

- دراسة الأدبيات والدراسات السابقة التي تناولت قياس التفكير الحاسوبي، وكذلك المبادئ والتعميمات.
- تحديد مكونات التفكير الحاسوبي المناسبة لمجتمع البحث، وذلك من خلال التحري عن مكوناته في أعمال رواده والباحثين الذين تناولوه بالدراسة، وإعداد قائمة بها، وعرضها على مجموعة من المحكمين لتحديد أنسبها.
- تحديد أبعاد قياس المبادئ والتعميمات العلمية المناسبة لمجتمع البحث، وتم ذلك من خلال تقصي توجهات تصنيفات أبعاد قياسهما في أطر تصنيفات الأهداف التعليمية الرئيسية، وعرض تصنيفات تلك الأبعاد على مجموعة من المحكمين لتحديد أنسبها.

- إعداد أداتي القياس للتفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية، وضبطهما.
- إعداد الصـــورة الأولية لدليل القائم بالتدريس للمحتوى العلمي وفقًا لمراحل وخطوات النموذج المقترح، وعرضه على السادة المحكمين، ومن ثم وصياغته في صورته النهائية.

٤- تحديد أثر النموذج المقترح في تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية، وذلك وفقًا للخطوات التالية:

- اختيار مجموعة البحث الأساسية من طلاب برنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية، وتقسيمها إلى مجموعتين تجريبية وضابطة.
- تطبيق أداتي القياس قبل تدريس المحتوى العلمي لفيزياء المتحكمات الدقيقة على مجموعتي البحث.
- تدريس المحتوي العلمي لمجموعة البحث التجريبية باستخدام النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة، وتدريس نفس المحتوى باستخدام الطريقة المعتادة للمجموعة الضابطة.
- إعادة تطبيق أداتي القياس بعد الانتهاء من تجربة البحث الميدانية مباشرة على أفراد المجموعتين.
- جمع وتبويب البيانات الناتجة من تطبيق أداتي القياس، ومعالجتها إحصـــائيًا للتوصـــل إلى النتائج، ومناقشتها وتفسيرها، وتقديم التوصيات والمقترحات.

منهج البحث:

اســـتخدم البحث الحالي المنهج التجريبي، ذا التصـــميم البحثي "شـــبه التجريبي"، نظام المجموعتين المتكافئتين، من خلال تطبيق مقياس التفكير الحاســـوبي واختبار المبادئ والتعميمات العلمية قبليًا على المجموعتين، ثم التدريس لطلاب المجموعة التجريبية باستخدام النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة، وبالطريقة المعتادة للمجموعة الضـابطة، وبنهاية التدريس تم تطبيق أداتي القياس بعديًا على المجموعتين، ومقارنة نتائج تطبيقهم.

أهمية البحث:

١. يُقدم للقائمين بالتدريس نموذج تدريســـي مقترح يراعي طبيعة موضـــوعات الفيزياء بصـــفة عامة والمتحكمات الدقيقة بصفة خاصة، ويوظف تطبيقات الذكاء الاصطناعي الحديثة.

٢. يتيح لمســـئولي التقويم أداة لقياس التفكير الحاســـوبي لطلاب الجامعة التكنولوجية، وأداة أخرى للمبادئ والتعميمات العلمية مُتشبعة بمحتوى فيزياء المتحكمات الإلكترونية الدقيقة.

٣. قد يساعد المتعلمين في تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية، ويحسن قدراتهم على تصميم دوائر متحكمات دقيقة لحل مشكلات العالم الطبيعي.

٤. قد يرفع مستوى وعي الباحثين بتصـنيف "مارزانو" الجديد للأهداف التعليمية، وتشـجيع اسـتخدامه، والذي من شأنه أن يوفر فرصًا تعليمية أكثر ثراء للمتعلمين.

الإطـــار النظـــري

"نموذج تدريسي مقترح وتعليم دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة"

هدف الإطار النظري للبحث اســـتخلاص أســـس النموذج المقترح للتدريس القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs)، وتصـــميم مراحل اســـتخدامه في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، إضـافة إلى تحديد مكونات التفكير الحاسـوبي المناسـبة لمجتمع البحث، وكذلك أبعاد قياس المبادئ والتعميمات العلمية، ولتحقيق ذلك تشـــكل الإطار النظري للبحث من أربعة محاور رئيســـة؛ تناول الأول النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) لتدريس فيزيـاء المتحكمـات الـدقيقـة، والثـاني التفكير الحـاســـوبي، والثـالـث المبـادئ والتعميمات العلمية، أما الرابع فأظهر علاقة اســـتخدام النموذج المقترح بتنمية التفكير الحاســـوبي والمبادئ والتعميمات العلمية. وتمم ذلك بتسطير الإفادة من هذا الإطار النظري، وصـوغ فرضـيات البحث في ضوئه. وذلك كما يلي:

المحور الأول: النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة.

هدف هذا المحور إلى اسـتخلاص أسـس ومراحل النموذج المقترح للتدريس القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة. وللوصـــول لذلك، تم تناول ثلاثة أبعاد رئيسية؛ اختص الأول بالنمذجة العلمية، وتحرى الثاني عن النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs)، أما الثالث فارتكز عليهما معًا لاستخلاص أسس، ومراحل النموذج التدريسي المقترح، ودور المعلم والمتعلم فيه. وذلك كما يلي:

١- النمذجة العلمية "Scientific modeling":

تعتبر النمذجة العلمية ممارســـة مركزية راســـخة في الاشـــتغال بالعلم أو تعلمه (Campbell, Oh & Neilson, 2014: 402). وإيمـانًـا بـأهميتهـا في تعليم العلوم الطبيعيـة وتطبيقاتها الهندســـية، ركزت الكثير من الجهود في الآونة الأخيرة على الممارســـات التربوية المتعلقة بها. وأدى ذلك لوضـعها في صـدارة حركات إصـلاح تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسـة والرياضـيات (STEM)، وأصـبحت واحدة من الممارسـات العلمية والهندسـية الثمانية (NRC, 2012: 50; NGSS Lead States, 2013a: xx). كما جعلتها حركة أبحاث تعليم الفيزياء

محور اهتمامها (Hestenes, 2006: 1). وللوقوف على كيفية استخدامها؛ حاول هذا البعد تقصي أساسها الفلسفي والسيكولوجي، وعلاقة النماذج بالنمذجة العلمية، وتعرف أنواعها الرئيسية في مجال تعليم الفيزياء، ومراحل التدريس القائم عليها، وأهمية استخدامها في مجال تعليم فيزياء المتحكمات الدقيقة. وذلك كما اتضح في الأبعاد الفرعية التالية.

أ- الأساس الفلسفي والسيكولوجي للتدريس القائم على النمذجة العلمية:

يُشكل سعي الفرد الفطري لاستكشاف العالم الطبيعي وفهمه جوهر ممارسة النمذجة وأساس المشروع العلمي (Schwarz, Passmore, & Reiser, 2017: 111-112). وبالتالي فإن محاولة تعرف تاريخ تطور العلم الطبيعي كالفيزياء، يتطلب بالتبعية دراسة تاريخ بناء نماذجه التوضيحية وإجراءات اختبارها واختيار أفضلها. كما أن عملية دحض الأفكار والمعارف العلمية أو تطويرها واكتشاف الجديد منها، عادة ما يصاحب توصل العلماء إلى النماذج المختلفة التي تشرح الظواهر الطبيعية وتُفسرها (Oh & Oh, 2011: 1117-1118).

وينسب البعض بداية نهج النمذجة في الفيزياء إلى الفيلسوف وعالم الفيزياء الفرنسي "رينيه ديكارت" "Descartes" في القرن السابع عشر؛ الذي كان أول من اقترح أن البنى العقلية للمشتغل بالعلم الطبيعي لا ينبغي اعتبارها افتراضات تمثل معتقداته الخاصة، بل كنماذج مفيدة يمكن للمرء أن يستنتج منها نتائج تتوافق مع الملاحظات المرصودة. وكان هذا واضحًا تمامًا في نظريته عن الضوء (Holton & Brush, 2005: 526).

أما بلورة استخدام النماذج في تعليم الفيزياء فبدأت في ثمانينيات القرن العشرين علي يد "David Hestenes"؛ الذي نظر للنموذج في سياق تعليم الفيزياء باعتباره كيان بديل، أو تمثيل تصوري لشيء حقيقي. واستنبط من تحليل البنية الوقائعية "Factual" والإجرائية للمعرفة للفيزياء أن النمذجة يجب أن تكون الموضوع الرئيسي لتعليم الفيزياء. واقترح نظرية تربوية عن النمذجة العلمية لتوضيح بنية الفيزياء وتدريس موضوعاتها. واعتبرها من سُبل علاج القصور في تعليم الفيزياء، وبديل ملائم عن الطرق التقليدية غير الفعالة لتدريسها خاصة بالمرحلة الجامعية (Hestenes, 1987: 440-448). واتفاقًا مع ذلك، أقرت وجهات النظر الفلسفية

لبعض رواد التربية العلمية؛ بأن النمذجة العلمية تلعب أدوارًا رئيسية في تطوير فهم ظواهر وموضوعات العالم الطبيعي، وتدعم تعليمها بطرق مختلفة (Oh & Oh, 2011: 1123).

وهذا ما جعل النمذجة راسخة في ممارسة الفيزياء، واعتبار تكامل المكونات النظرية الكامنة وراء تعليم الفيزياء القائم على النمذجة، بمثابة دعم رئيسي في توفير الفرص للمشاركة في ممارسات علمية أصيلة، وتعلم الفيزياء من خلال العمل (Brewe & Sawtelle, 2018: 1). ويستفاد دارس فيزياء المتحكمات الدقيقة من هذا التوجه المتوائم مع طبيعة دوائرها ووحداتها الإلكترونية، التي تتطلب نمذجة مادية لتكوين نماذج علمية يُمكن استخدامها في حل مشكلات العالم الصناعي والحياتي المحيط.

ومن الناحية السيكولوجية يُمكن أن تستند النمذجة العلمية على إطار "Seymour Papert" البنائي (Louca & Zacharia, 2015: 195). والذي يشترك مع بنائية "بياجيه" في فكرة أن المعرفة يتم بناؤها من قبل المتعلم، ولكنه يضيف فكرة أن التعلم يكون أكثر فاعلية عندما يتم تجربته في بناء منتج أو كيان ذي مغزى (كالنموذج العلمي). وشدد على أهمية التأثير الوجداني، وإشراك المتعلمون في إنشاء منتجاتهم الخاصة (Mackrell & Pratt, 2017: 419-421). وتشكيل الأشياء "Artifacts" في عملية التعلم، والتفاعل مع تلك الأشياء سواء كانت من تصميمهم أو مُعدة مسبقًا من آخرين. وأشار "Papert" إلى أهمية هذه التفاعلات في تُعزيز التعلم الذاتي وتسهيل بناء المعرفة الجديدة في النهاية. وقدر دور الأدوات والوسائط الرقمية والسياق في التطور البشري (Ackermann, 2001: 438).

كما أكد "Papert" على أهمية التعلم من خلال "التدريب العملي" و"التنفيذ المباشر"؛ الذي يدفع المتعلم للمشاركة في بناء أو تطوير كيان علمي يثير اهتمامه، مما قد يجعله يواجه مشكلات غير متوقعة لا يوجد لها تفسير محدد مسبقًا، وبالتالي تقوى قدراته على حلها. ومن ثم؛ فإن قيام الطلاب في مجالات (STEM) بإنتاج واستخدام المنتجات اليدوية جنبًا إلى جنب مع توظيف التقنيات الرقمية قد يرتكز على منحى "بابيرت البنائي" "Papert's Constructionism" (Valente & Blikstein, 2019: 253-254). ومن أمثلة هذه المنتجات؛ مخرجات النمذجة العلمية في مجال تعليم فيزياء المتحكمات الدقيقة، التي قد يُنشئها المتعلم أو

يســـتخدمها ويطورها بمفرده أو مع زملائه، وتتطلب تآلف وتناغم مكونات إلكترونية عديدة كالمقاومات والدوائر المتكاملة والمعالجات الدقيقة ووحدات الإدخال والإخراج وغيرهم، إضـــافة لتزويد دوائرها بأكواد تشغيلها، حتى تتمكن من العمل بشكل آلي لتحقق الغرض من تصميمها.

ب – النماذج والنمذجة، وأنواعهما في مجال تعليم فيزياء المتحكمات الدقيقة:

تعتبر النماذج "Models" أدوات وموارد مركزية في مجال العلوم الطبيعية، وتُســتخدم كوسـائط لتوصـيل الأفكار المعروفة بالفعل وللحصـول على رؤى جديدة. كما يُنظر إليها على أنها تمثيلات لأشياء أو ظواهر أو أنظمة أصلية في العالم الطبيعي، وتسمح باستنتاج واختبار فرضيات لغرض معين ولفترة زمنية محدودة (Belzen, Driel & Krüger, 2020: 7). وتوصف بأنها تبسيطات "simplifications" تستخدم لفهم الظواهر الفيزيائية، وتفسيرها، والتنبؤ بنتائج ظواهر جديدة (Etkina, Warren and Gentile, 2006: 34-35). وتُعد بذلك مُمثلات أو بناءات معرفية "Epistemic Artefacts" (Gilbert & Justi, 2016: 32). تســتخدم كبديل مفاهيمي لنظام حقيقي يتصـــرف وفق القوانين الفيزيائية (Van-Joolingen, 2004: 1096). وتعمل بمثابة "جســر" يربط بين النظرية والظاهرة العلمية (Oh & Oh, 2011: 1109). ويتفق هذا مع الرؤية الأولى للنموذج في سـياق تعليم الفيزياء؛ باعتباره كيان بديل أو تمثيل تصـوري لشيء حقيقي، وناتج لعملية النمذجة "Modeling" (Hestenes, 1987: 441-444).

واتساقًا مع ذلك، عُرفت النمذجة بأنها عملية إنتاج أو بناء النماذج، كما تتضمن أيضًا اســـتخدام النماذج أو معالجتها (Gilbert & Justi, 2016: 24). بمعنى أنها تتمحور حول النماذج، بحيث يستكشفها الطلاب وينشئونها ويختبرونها ويقيمونها وينقحونها في دورات منفردة أو متكررة "Iterative" من عمليات صـنع المعنى داخل فصـول العلوم الطبيعية (Campbell, et al., 2015: 160).

واقتران النماذج بالنمذجة بهذا الشـــكل؛ جعل البعض يُميز بين النماذج وبنائها المُشخص، وبرهنوا على أنها ليست نسخًا من الكيان الذي يتم نمذجته، أو الأنماط التي يجب اتباعها، أو الأنواع المميزة لفئة معينة من الكائنات أو الأشياء (Gilbert & Justi, 2016: 67). وعوضًـــا عن ذلك؛ اعتبروا أشـــكالها المُجســـدة نماذج في حالة اســـتخدامها كأدوات للتفكير

والاستدلال. ونصحوا بالحذر من التعامل مع بناءاتها على أنها نماذج إلا في حالة وجود تفاعل مع الأفكار التي تُظهرها هذه الكيانات، وتوظف للمساعدة على فهم وتفسير الظواهر المراد دراستها. أما إذا كان الأمر مجرد إظهار أجزاء النظام للمتعلم، وجعله يدركها كمعرفة تقريرية خاملة، فإن ذلك يُجافي الهدف من ممارسة النمذجة ويصبح الكيان مجرد شكل تصويري (Schwarz, Passmore, & Reiser, 2017: 115-116). وتدلل هذه الرؤية على أن التداخل بين مصطلحي "التعليم القائم على النماذج" و"النمذجة" قد يصل أحيانًا لدرجة التماهي.

ورغم ذلك؛ هناك من فرق بينهما، وقصر "التدريس القائم على النموذج" على استخدام النماذج المُعدة سلفًا، وبَوَّب بناء النماذج واستخدامها في فئة "التدريس القائم على النمذجة" (Gilbert & Justi, 2016: 57). وفي مقابل ذلك وتأكيدًا لانصهارهما معًا؛ نظر آخرون لاستخدام النماذج الجاهزة كأحد أشكال التدريس من خلال النمذجة، وصنفوه تحت نمط النمذجة الاستكشافية "Exploratory modeling"، التي يقوم المتعلمون فيها بتقصي خاصية علمية، من خلال التفاعل مع النموذج المُعد مسبقًا بتغيير عامل "parameter" فيه ومراقبة التأثيرات الناتجة عنه (Campbell, et al., 2015: 162). ولمزيد من الاستيضاح؛ تم فحص بعض الدراسات التي تضمن عنوانها استخدام أحد أشكال التدريس القائم على النموذج، مثل (Banker, 2023; Tolba, & Al-Osaimi, 2023; Demirçalı & Selvi, 2022; Campbell, Zahng & Neilson, 2011)، وتبين أنها لا تعني به استخدام نماذج جاهزة فقط، ولكنها تتناوله كبناء نماذج جديدة أو تعديل نماذج موجودة. وتأكيدًا لذلك؛ أفصح "Gilbert & Justi" (2016: 59) في سياق عرض فرضيتهما عن التمييز بينهما، أنه يتم استخدام الاختصار "MBT" للتعبير عن كليهما، ويستخدما أحيانًا بالتزامن، إضافة لأن الكثير يستخدمهما كمترادفين.

وتتضح النماذج/النمذجة أكثر بتعرف تصنيفاتها الرئيسية، والتي بدأها "Bliss" عام (١٩٩٤) بتمييز نوعين من النمذجة يُمكن استخدامهما في سياق تعليم الفيزياء؛ أحدهما استكشافي "Exploratory Modeling"، وفيه يتقصى المتعلم خصائص نموذج موجود مسبقًا ولم يشارك في إنشائه، كالذي يُعده القائم بالتدريس. والثاني تعبيري "Expressive Modeling"، ويظهر في تعبير الطلاب عن أفكارهم لوصف أو شرح الظواهر العلمية من خلال إنشاء نماذج جديدة أو استخدام نماذج موجودة. وأضاف "Van-Joolingen" لهما نوع ثالث عام (٢٠٠٤م)؛ أسماه

النمذجة الاستقصائية "Inquiry Modeling"، والتعامل مع نماذج هذا النوع يحاكي بدقة سلوك العلماء، حيث يتم فيها بناء نماذج متطابقة مع بنية وسلوك الظاهرة، ويُمكنها توضيح النتائج التجريبية للظواهر العلمية والتنبؤ بنتائج جديدة (Van-Joolingen, 2004: 1096-1097). وأوصل "Oh & Oh" (2011: 1124-1125) هذا التصنيف لخمسة أنواع؛ وذلك باقتراح نهجين آخرين: أحدهما النمذجة التقييمية، وفيها يقارن المتعلمون النماذج البديلة التي تعالج نفس الظاهرة أو المشكلة، ويقيمون مزاياها وقيودها ويختارون الأنسب منها لشرح الظاهرة أو حل المشكلة. والأخرى النمذجة الدورية، التي تنتج عن مشاركة الطلاب في عمليات مستمرة لتطوير النماذج وتقييمها وتحسينها بهدف إكمال مشاريع علمية طويلة الأمد إلى حد ما.

وإضافة لتصنيفها الثنائي كنماذج/نمذجة ذهنية في مقابل المادية، وثنائية البُعد في نظير ثلاثية البعد، والكمية في مواجهة الكيفية (Buede & Miller, 2024: 66; Coll & Lajium, 2011: 5)، قُسمت بشكل آخر لأنواع أربعة وفق نسق مُتصل؛ تبدأ بنماذج المكونات "Models of objects" وفيها تبسط المكونات الفيزيائية (كما في نموذج لبنية الترانزستور). ثم "نماذج التفاعلات"، التي تُستخدم لتقصي التفاعلات في حالة وجود مكونات فيزيائية متعددة، ومن أمثلتها نموذج تفاعل أشعة الضوء مع مستشعر كهروضوئي مُزود بمصدر تيار مستمر. أما النوع الثالث فيُسمى بنماذج الأنظمة ويجمع بين نماذج المكونات والتفاعلات لنظام فيزيائي، كما في نموذج دائرة متحكم دقيق تنضوي على المكونات الضرورية. في حين يُضيف النوع الرابع العمليات ويتخذ شكلين، أحدهما نماذج العمليات النوعية وتصف التغييرات في النظام كنتيجة التفاعلات بين المكونات الموجودة في النظام أو مع المكونات خارج النظام، ومن أمثلتها نموذج دائرة متحكم دقيق للتحكم بمحرك "DC". والشكل الثاني يُعرف بنماذج العمليات الكمية، والتي يُمكن من خلالها التوصل لصياغات رياضية تصف خصائص النظام الفيزيائي ومدى تأثرها بمتغيرات البيئة المحيطة (Etkina, Warren & Gentile, 2006: 34-35).

ويُستدل من ذلك؛ أن استخدام النماذج/النمذجة في تعليم فيزياء المتحكمات الدقيقة يُحاكي دوائرها تجسيدًا ووظيفة، ويتطلب تضافر النمذجة الذهنية والمادية معًا. ويُمكن أن يجمع بين أنواعها الاستكشافية والتعبيرية والتقييمية والدورية والاستقصائية، ويساعد على ذلك تصميم لوحات توصيل وتثبيت الوحدات الإلكترونية بشكل مرن، يتيح إزالة أي من مكوناتها أو إضافة

أخرى، ويسمح بإعادة تشكيل مكونات لوحة دائرة المتحكم الدقيق وتطويرها وفقًا للغرض العلمي من استخدامها. إضافة إلى أنه يُمكن أن يُبرز أجزاء ما فيها لتصبح كنماذج المكونات. كما تعتبر من نماذج التفاعلات، وتتعداها لتغطي كل من نماذج الأنظمة والعمليات.

ج – مراحل التدريس القائم على النمذجة، وأهمية استخدامها في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة:

ظهرت العديد من الصيغ لمراحل استخدام النمذجة في تدريس العلوم الطبيعية ومنها الفيزياء، فعلى سبيل المثال؛ أشار "Louca & Zacharia" (2015: 193) لمراحل أربع تضمنت جمع الملاحظات والخبرات المتعلقة بالموضوع أو الظاهرة العلمية، ثم بناء نموذج أولي في ضوء المعلومات المُتحصلة، وتقويمه للتحقق من فائدته وقدرته على الوصف والتفسير والتنبؤ، ومراجعته وتطبيقه في مواقف جديدة. واقترح "Gilbert & Justi" (2016: 69) نموذجًا رباعيًا أسماه إطار النمذجة، اشتمل على إنشاء نموذج ذهني أولي "Proto-Model"، ثم تمثيله والتعبير عنه ببناء، واختباره لاتخاذ القرار بتعديله أو رفضه، وتقويمه بتحديد نطاق استخدامه في سياقات جديدة وتحديد قيود ذلك الاستخدام إضافة لإقناع الآخرين بصلاحيته.

كما استخدمت دراسة "Dounas-Frazer & Lewandowski" (2018) إطارًا لتوصيف استخدام الفيزيائيين للنماذج في الفيزياء التجريبية كالمتعلقة بالكهربية والإلكترونيات، تشكل من خمس مهام فرعية بدأت بإجراء القياسات، ثم بناء نموذج للمعدات والظواهر، وإجراء مقارنات بين البيانات والتنبؤات، واقتراح أسباب التناقضات، وانتهت بمراجعة النماذج والأجهزة. أما دراسة "أحمد محمد" (٢٠٢٠) فصاغت استراتيجية مقترحة خماسية المراحل لتدريس العلوم القائم على النمذجة؛ انطوت على التهيئة وتحديد المهمة، وبناء النموذج، واستكشاف نماذج سابقة وتقييمها ومقارنتها بنماذجهم الخاصة، وتممت بمراجعة النموذج وتقييمه، ونشره. وتمشيًا مع ذلك، أظهرت دراسة "Banker" (2023) خطوات خمس لاستخدام الاستقصاء القائم على النموذج، تضمنت تقديم الظاهرة العلمية، وبناء النموذج الأولي، واختباره، وتنقيحه، والدفاع عن النموذج المستند على أدلة.

في حين عرض "White and Frederiksen" عدة مراحل لاستخدام النمذجة في تدريس العلوم الطبيعية، تضمنت: صياغة سؤال بحثي قابل للتقصي، ثم التنبؤ بتوليد فرضيات وتوقعات بديلة ومتنافسة حول ما قد يحدث ولماذا، والتجريب من خلال تصميم وإجراء التجارب باستخدام أجهزة حقيقية أو محاكاة حاسوبية، يلي ذلك مرحلة النموذج وتستكمل بتحليل البيانات لبناء نموذج مفاهيمي يتضمن قوانين علمية وتنبؤية وتفسيرية، ويتم بظهور أسئلة كنتيجة لتطبيق النموذج على مواقف مختلفة لتقصي فائدته وكذلك حدوده ، مما يثير بدوره أسئلة بحثية جديدة [نقلا عن: (Sands, 2021: 3)]. واستخلصت دراسة "Tolba, & Al-Osaimi" (2023) ست مراحل رئيسية لاستخدام استراتيجية التفكير القائم على النموذج في الفيزياء؛ تمثلت في: عرض الظاهرة العلمية، وتوليد أسئلة حول الظاهرة العلمية، وتقصي الظاهرة العلمية وبناء الشكل الأولي للنموذج، ومراجعة النموذج الأولي، وتعديل النموذج المتعلق بالظاهرة العلمية، والتفكير أو التأمل في النموذج.

وبالتأمل في مثل هذه الصيغ لمراحل النمذجة العلمية السابق عرضها؛ يتضح أنه يُمكن استخدامها في تدريس فيزياء المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وذلك لطبيعة موضوعاتها العلمية التي تميل للتطبيق العملي على حساب المعالجة النظرية، إضافة لكونها توظف عادة في تكوين دوائر فعلية لمتحكمات دقيقة "Micro-Controller" قد تساهم في حل المشكلات الحياتية والصناعية. ولتعلم مثل هذه الدوائر بشكل مُرضي قد يتطلب الأمر انخراط المتعلمين في تشكيل نماذج لها تكون قابلة للاختبار والتجريب لحل مثل تلك المشكلات.

حيث يُشير بعض المتخصصين في الفيزياء وتعليمها، إلى أن استخدام النمذجة قد يكون من أنجح السبل لإصلاح تعليم فيزياء (Hestenes, 2006: 3). لكونه قد يُشكل جوهر العمل الفكري الذي يساعد في تنظيم ودمج العمل النظري والتجريبي نحو هدف أساسي يتمثل في فهم الظواهر العلمية وحل مشكلات العالم الطبيعي. الأمر الذي يمكن أن يجذب المتعلمين لممارسة الموضوعات الفيزيائية، وليس مجرد الاستماع إليها أو التعلم عنها (Schwarz, Passmore, & Reiser, 2017: 112). إضافة لأن النمذجة قد تساعد على تصحيح العديد من نقاط الضعف في الطرق التقليدية لتدريس الفيزياء. وتواجه مشكلة تجزئة المعرفة العلمية،

وسلبية الطلاب، واستمرار المعتقدات الساذجة حول العالم المادي. وقد تجعل تدريس الفيزياء وتطبيقاتها الهندسية أكثر تماسكًا وتركيزًا على المتعلم (Jackson, Dukerich & Hestenes, 2008: 11).

حيث تلعب دورًا مهمًا في تعليم تطبيقاتها الهندسية كتصميم واستخدام المتحكمات الدقيقة في العمليات الصناعية، وإنشاء تمثيل رياضي أو حاسوبي أو مادي يحاكى النظام المطلوب التحكم به. وذلك للتنبؤ بأدائه ودراسة خصائصه وسلوكه قبل التنفيذ واكتشاف الظواهر والتغيرات التي تؤثر على أدائه، بما يُسهم في حل مشكلاته واكتشاف أعطاله وتحديد استقرار نظمه الكهربية، ودراسة مدى تأثره بالتغيرات الفزيائية (Bequette, B. W. 2003: 31–32).

علاوة على أنها قد تكون أدوات مفيدة لتحسين استيعاب المتعلمين والكشف عن المفاهيم الخاطئة (Rooserina, et al., 2024: 175-177). وتسهل عليهم التقاط الأفكار الفيزيائية، ومعالجتها، وتخزينها، واسترجاعها (Oh & Oh, 2011: 1120-1121). وبالتالي قد تُسهم في تشكيل البنى المعرفية للمتعلمين (سحر عزالدين، ٢٠٢٢: ١٣٠).

كما ترتبط بممارسة الاستدلال العلمي (أحمد محمد،٢٠٢٠: ٢٥)، والتفسير، والمحاجة العلمية القائمة على الأدلة (Campbell, Oh & Neilson, 2014: 416-417). وتوفر ركيزة للانخراط في مجموعة كاملة من الممارسات العلمية والهندسية (Schwarz, Passmore, & Reiser, 2017: 133-134). وتتيح بيئة تفاعلية تنطوي على بعض ممارسات المجتمع العلمي كبناء الحجج، والدفاع عنها أو تفنيدها، وجمع الأدلة وتفسيرها، وبناء النماذج واستخدامها كوسيلة لإنتاج البيانات، وتحليلها، وتفسيرها (Louca & Zacharia, 2015: 196). وبذلك تدعم ممارسات الاستقصاء العلمي (Campbell, Oh & Neilson, 2014: 414). ومهارات حل المشكلات (Demirhan, & Sahin, 2021: 1019).

وللتدليل على أهمية استخدام النمذجة في تدريس الفيزياء؛ حاولت بعض الدراسات تقصي أثرها في تدريس موضوعاتها بمراحل دراسية مختلفة، كدراسة "Demirçali & Selvi" (2023) التي بينت نتائجها وجود أثر دال لاستخدامها في التطور المفاهيمي لموضوع الدوائر الكهربائية لدى مجموعة من طلاب الصف السابع بتركيا. ودراسة "Tolba, & Al-Osaimi" (2023) التي أظهرت كفاءتها في تنمية المفاهيم الفيزيائية ومهارات التفكير الاستقصائي لدى

طلاب المرحلة الثانوية بمديرية الدمام. إضـــافة لنتائج دراســـة "Wangdi, Kanthang & Precharattana" (2017) التي خلصت إلى أن دمج استخدام النماذج العلمية مع الاستقصاء الموجه أدى لتعزيز اســـتيعاب مجموعة من طلاب المرحلة الثانوية بمملكة بوتان "Bhutan" لقانون حفاظ الطاقة الميكانيكية بمقرر الفيزياء. ونتائج دراســة "Bilal & Erol" (2012) التي أشـارت لفعاليتها في تعزيز اسـتيعاب مفاهيم الفيزياء الكهربية لدى مجموعة من طلاب الجامعة بتركيا.

٢- النماذج اللغوية الكبيرة "Large Language Models" (LLMs):

نشهد في الوقت الحالي اجتياح متنامي للنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) المستندة على الذكاء الاصـــطناعي التوليدي "Generative-AI" لكافة جوانب الحياة بما فيها التعليم، وذلك منذ أن أطلقت شركة "Open-AI" نموذجها العام لروبوت المحادثة "Chatbot"، والذي عُرف بـــ "ChatGPT". والتي يُمكن أن تسهم في تحسين عمليتي التعليم والتعلم وتصبح جزءً من منظومة التدريس لمجالات علمية مختلفة بما فيها الفيزياء وتطبيقاتها الهندســـية (Polverini and Gregorcic, 2024: 1-4). وللوقوف على كيفية الاســـتفادة منها في تعليم فيزياء دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة؛ تم تناول الإطار الفلسـفي والسـيكولوجي التي تسـتند عليه تلك النماذج، ومفهومها، وكيفية توظيفها في تدريس مجالات الفيزياء المختلفة ومنها دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وذلك كما يلي:

أ- الإطار الفلسفي والسيكولوجي لنماذج اللغة الكبيرة (LLMs)، ومفهومها:

يمكن إرجـاع أصـــول نمـاذج اللغـة الكبيرة (LLMs) إلى بزوغ مصـــطلح الـذكـاء الاصـــطنـاعي Artificial Intelligence (AI) على يـد عـالم البرمجـة الأمريكي "John McCarthy" عام (١٩٥٦م)، والذي إدعى بأن "كل جانب للتعلم أو أي سـمة للذكاء توصـف بدقة يمكن صنع آلة لمحاكاتها" (Tietz, 2020: 2). ونجح مع "Marvin Minsky" في إثبات صـحة ذلك الادعاء وبلورته تقنيًا (Sack, 2020: 2-3). وتواصـلت أبحاث الذكاء الاصـطناعي على أثرهما؛ ليظهر نموذج لغوي كبير عام (٢٠١٨م) باسم (BERT) لشركة "Google-AI"، وتطور بامتداد مُحسن في استخدامات شركة Facebook عام (٢٠١٩م). ثم قدمت "Google-AI" نموذج آخر عُرف بـ (T5) عام (٢٠١٩م) (Dao, et al, 2023: 1).

ودخلت شركة "OpenAI" المنافسة عام (٢٠٢٠م) بنموذج (GPT-3) (Adiguzel, Kaya & Cansu, 2023: 3). ثم طرحت نموذجها الشهير (ChatGPT-3.5) في ٣٠ نوفمبر ٢٠٢٢م (Dao, et al, 2023: 1). وشاهدنا بعد ذلك توالي ظهور (LLMs) فائقة القدرة؛ كنموذج (ChatGPT-4)، ونموذج (Bard) لشركة "Google-AI" الذي طورته بعد ذلك وغيرت اسمه إلى (Gemini-AI) في بداية فبراير ٢٠٢٤م، وكذلك نموذج (Microsoft Bing-AI)، وغيرهم الكثير من النماذج التي تتطور باطراد تنافسي متنامي مُتحاشية الثبات، ومُجتاحة لكافة مجالات الحياة، بما فيها مجال تعليم العلوم الفيزيائية وتطبيقاتها الهندسية، مُعطية له أبعاد ورؤى جديدة تُجبر مناهجه وأنظمة تدريسه للحاق بطفراتها المتسارعة.

وبالتحري عن التأصيل الفلسفي والسيكولوجي لتلك النماذج؛ تبين وجود رؤية لتفسيرها مبنية على التجربة الفكرية الفلسفية التي قدمها "بلوك" عام (١٩٨١م)، والمعروفة باسم "Blockhead"، واستنادًا لهذا التصور؛ فإن (LLMs) تُمثل نظاما افتراضيا يحاكي الاستجابات الشبيهة بالإنسان دون فهم حقيقي أو ذكاء (Milliere & Buckner, 2024: 21). ومال لهذا التوقع في البدايات بعض باحثي علم النفس؛ معتقدين أنها ما تزال بعيدة عن فهم اللغة ودلالاتها على المستوى البشري (Binza, and Schulza, 2023: 1). وبالتالي يصعب عليها وفقًا لهذا التصور الكلاسيكي تأدية أدوار تعليمية تضاهي السياق البشري.

ونتيجة لظهور (LLMs) فائقة القدرة؛ تشكك بعض باحثي الفلسفة في ذلك التكهن، وحاولوا تَبصُّر طبيعتها في ضوء أسئلة الفلسفة الكبرى، مما آل بهم لتفنيد تلك الرؤية، وتقديم الحجج على كونها تتجاوز تشبيه Blockhead، وتتحدي العديد من الافتراضات الفلسفية القديمة المتعلقة بالشبكات العصبية الاصطناعية (Milliere & Buckner, 2024: 11-20). ودلل على ذلك بعض باحثي علم النفس من خلال إخضاعها لعدة تجارب مأخوذة من أدبيات علم النفس المعرفي، وتبين قدرتها على اتخاذ القرار، والبحث عن المعلومات، والمداولات، والتفكير السببي، وأداء مهام بمستوى لائق قد يفوق قدرات البشر. وإن كانت ما زالت تفتقر إلى ميزات مهمة للإدراك البشري (Binza, and Schulza, 2023: 9).

وهذا جعل البعض يعتبرها تطبيقًا لنظرية شبكة الفاعلين "Actor-Network Theory" (ANT)؛ وذلك لقدرتها على التفاعل كشركاء ناشطين مع المستخدمين البشريين في شبكة هجينة، ومعالجة المدخلات، وإنتاج المخرجات، والتكيف مع المعلومات والبيانات الجديدة، والمشاركة بإيجابية في محادثات طبيعية وتفاعلية. وبذلك قد يُنظر لهذه النماذج كمساعدين أذكياء يُعظمون القدرات البشرية، وليس كأدوات تقنية (Dos Santos, 2023: 5).

كما قد ترتكز استخدامات تلك النماذج على النظرية التواصلية "Connectivism"، التي قدمها "George Siemens" عام (٢٠٠٤م). والتي ترى أن التكنولوجيا قد تُعيد تشكيل أدمغتنا، وأدواتها تحدد وتوجه تفكيرنا (Siemens, 2004: 1). وتفترض أن التعلم قد يكمن في أدوات غير بشرية، والتعلم والمعرفة يعتمدان على تنوع الآراء، وتعتبر التعلم عملية اتصال بالعُقد أو مصادر المعلومات. ومن ثم تشدد على الحاجة لرعاية الاتصال والحفاظ عليه مع تلك الأدوات لتسهيل التعلم المستمر. كما تُعلي من قيمة التعلم في مقابل المعرفة. وتعتبر صنع القرار في حد ذاته عملية تعلم، والقدرة على رؤية الروابط بين المجالات العلمية والأفكار والمفاهيم من المهارة الأساسية (Siemens, 2005: 7-8).

وتأكيدًا لذلك التأصيل؛ توصف (LLMs) بأنها تقنيات ذكاء اصطناعي متقدمة ذات أحجام مَعلمات "parameters" ضخمة وقدرات تعلم استثنائية، تعمل من خلال المحولات التوليدية المدربة مسبقًا Generative Pre-trained Transformer (GPT)، والتي يتم فيها عملية التدريب من خلال خوارزميات التعلم الآلي العميق (Polverini and Gregorcic, 2024: 3-5). مما يجعلها تمتلك القدرة على فهم وتوليد لغة بشرية متماسكة. وتنطوي على "الانتباه الذاتي"، الذي يُمكّنها من التعامل مع البيانات المتسلسلة بالتوازي وبكفاءة. إضافة لتميزها بسمات التعلم في السياق، والتعلم المعزز من ردود الفعل البشري (RLHF)، الذي يؤهلها للتعلم من أخطائها ومن ثم يتحسن أدائها بمرور الوقت، ويجعلها مناسبة لتطبيقات المحادثة التعليمية التفاعلية (Chang, et al, 2024: 4-5).

وتأسيسًا على ما تقدم؛ يُمكن تعريفها بأنها تُمثل أحد تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) الحديثة، التي قد يُمكن للمتعلم إجراء محادثة تفاعلية باللغة البشرية الطبيعية معها، للإجابة عن استفساراته العلمية، ومعاونته على استيعاب الأفكار الفيزيائية التخصصية وتطبيقاتها الهندسية في مجال فيزياء دوائر المتحكمات الدقيقة، وإنجاز المهام الدراسية المرتبطة به، وتقييم التعلم وتوجيهه.

ب- توظيف (LLMs) في تدريس فيزياء دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة:

تمتلك نماذج اللغة الكبيرة (LLMs) القدرة على حل وشـــرح وتوليد المهام الفيزيائية المختلفة ومنها المتعلقة بدوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وذلك على مســـتوى يقترب من الأداء البشري (Ding, Cen & Wei, 2023: 2). وتتحلى بمزايا عدة تجعلها مفيدة في مساندة الطلاب على اكتســـاب المعارف الفيزيائية المختلفة، حيث يمكنها إنجاز المهام والإجابة على الاستفسارات بسرعة، وتتيح للطلاب الحصول على المساعدة وفقًا لاحتياجاتهم الفردية بشكل آني، ما يجعلها أداة تعليمية شـخصـية. فضـلًا عن كونها متاحة للكثيرين، وذلك لتوفرها على هواتفهم وأجهزتهم المتصلة بالإنترنت. ومن ثم فهي تُعد بمثابة مساعد افتراضي لشرح المفاهيم والصيغ الفيزيائية، وتوفير موارد تعليمية إضافية، لتعليم الطلاب كيفية حل المشكلات والمهام ذات الصـــلة، واقتراح الحلول الممكنة، كما تعاونهم في تجاوز الصـــعوبات التي قد تواجههم (Riabko & Vakaliuk, 2024: 58-60).

ويسمح تنوع القدرات التعليمية لتلك النماذج، بإمكانية استخدامها عبر مجموعة واسعة من السياقات التعليمية، بدءا من مراحل التعليم المدرسي ومرورًا بمؤسسات التعليم العالي وحتى برامج التدريب المهني وما بعدها. حيث يمكن للمعنيين بالتعليم الاستفادة من إمكاناتها لتحسين جودة تجارب التدريس والتعليم ومساعدة المتعلمين لتحقيق الأهداف بفاعلية. وذلك لكون بعض هذه النماذج تشـــمل: أدوات المســـاعدة على التعلم، وأدوات التعلم القائمة على القدرات والاحتياجات الشخصية، وإنشاء مواد وموارد التعلم، وآليات تيسير التواصل وتخطي حواجز اللغة، وتحليل البيانات وتفسيرها، وتوفير التجارب والمحاكاة الافتراضية، والتحضير للامتحانات ودعم إجراءات الاختبارات البنائية والتجميعية، وتقديم الدعم وفقًا لطبيعة كل متعلم (Gan, et al., 2023: 4780-4781).

وشـجع ذلك بعض الباحثين على تقصـي كيفية توظيف تلك النماذج في مجال العلوم الطبيعية؛ كدراسة "Tsai, Ong & Chen" (2023) التي اقترحت خطوات ست لاستخدامها في تدريس الهندسة الكيميائية، تضمنت: تنمية وعي المتعلمين بالمشكلات المناسبة للحل بواسطة نماذج (LLMs)، وتدريبهم على كيفية وصف المشكلات بوضوح عند كتابة الاستفسارات (Prompts) المتعلقة بها، وتطوير مهارات حل المشـــكلات بكفاءة من خلالها، وتعزيز فهم

صـياغة وترميز المشـكلات من خلال التحقق من الشـفرة ذات البنية الجيدة التي تم إنشـاؤها بواسـطة تلك النماذج، وتمكين الطلاب من تقييم دقة حلول النموذج وتحديد الأخطاء المحتملة، وتشجيعهم على استكشاف الحلول البديلة من خلال استخدام مصادر أخرى.

كما طرحت دراسـة "Bitzenbauer" (2023) خمس خطوات لتوظيفها من خلال اسـتراتيجية "فكر زاوج شـارك" في تدريس الفيزياء الكمية. بدأت بتوجيه أحد المتعلمين نموذج (LLM) لإنتاج استجابة نصية حول الاستفسار الفيزيائي المطلوب، ثم يحلل كل طالب بشكل فردي الاسـتجابة المُنتجة ويقيم دقتها ووضـوحها، وبعدها يتشـكل المتعلمين على هيئة أزواج لفحص الاسـتجابة النصـية وتقييمها، ومراجعة النص من خلال الاسـتعانة بمصـادر إضـافية كالكتب المدرسـية أو المقالات العلمية أو الموارد الرقمية وذلك للتحقق من صـحة المعلومات ودقتها من مصادر متعددة، وفي النهاية يشارك الأزواج نتائجهم وتناقش مع الفصل ككل.

وتمشـيًا مع ذلك؛ صـممت دراسـة "Riabko & Vakaliuk" (2024) برنامج محادثة آلية مخصص باستخدام نموذج اللغة الكبير "ChatGPT" لمحاكاة سلوكيات التوجيه الرئيسية للمعلم في تدريس المسـائل الفيزيائية، وتقديم الدعم الشـخصـي والتفاعل المشـابه للمعلمين البشريين، وكان مستوى مهارات حل المسائل الفيزيائية للطلاب الذين درسوا من خلاله مشابه لأداء الطلاب الذين درسوا من خلال معلم فيزياء.

ومع ذلك؛ قد تُنشأ هذه النماذج نواتج علمية غير صحيحة، بسبب ميلها إلى "الهلوسة" "Hallucination" في توليد اللغة الطبيعية. وقد تكون بعض هذه الهلوسـات مفيدة أحيانًا، لتضـمنها أفكار جديدة وغير مألوفة (Ji, et al, 2023: 1-3). ويسـتوجب ذلك على الطلاب توخي الحذر في قراءة استجاباتها بعناية وربما تحديها، بدلا من التسليم بصحتها (Tate et al, 2023: 8-9; Dao, et al, 2023: 10).

ولتحسـين جودة المخرجات التي تنتجها نماذج (LLMs) عن الاسـتفسـارات الفيزيائية والتقنية ومنها المتعلقة بدوائر المتحكمات الإلكترونية، يجب مراعاة الصـياغة المناسـبة "للاستفسار"[٥] "Prompt" الذي يكتبه المتعلم من خلال واجهة محادثة النموذج (Polverini and Gregorcic, 2024: 10). وبالتالي فإن هندسة الاستفسار الدقيقة ضرورية لأداء أفضل

(٥) يُمكن أن يُترجم مصطلح (Prompt) إلى: موجِه، مُحفز، مطالبة، استعلام، استفسار. واستخدم البحث الحالي مصطلح "استفسار" لمناسبتها سياق التقصي عن الأفكار الفيزيائية التخصصية التي تتم من خلال المحادثة التفاعلية مع النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs).

(Chang, et al, 2024: 2). ويُشير "الاستفسار" هنا إلى الاستعلام الذي يُصاغ باللغة الطبيعية في صورة رسالة محادثة، يرسلها المستخدم في بيئة قائمة على الدردشة التفاعلية إلى أي من نماذج (LLMs)، وذلك لتوجيهه لتوليد استجابة نصية ردًا على هذا الاستعلام. وبالتالي يُمثل "الاستفسار" "Prompt" شكل من أشكال البرمجة التي تستخدم لإعطاء تعليمات للنموذج، وذلك لتسهيل أداء مهام محددة وتوليد المخرجات (White, et al, 2023: 1).

ويُشار غالبًا لحرفة صياغة "الاستفسارات" التي تُحفز (LLMs) بصورة فعالة لإنتاج مخرجات جيدة؛ باسم "هندسة الاستفسار" "prompt engineering". وذلك لكون أداء النموذج يتحسن بشكل ملحوظ بمجرد إعطائه "استفسارات" مُنقحة بشكل حصيف (Kojima, et al, 2022: 3-4)، كما قد يرجع إخفاقها لعدم التمكن من كيفية الصياغة الجيدة للاستفسارات التي تُطرح عليها (Bowman, 2023: 7). وهذا ما أكدته نتائج دراسة (Ding, Cen & Wei, 2023). وبذلك يعد كتابة استفسارات فعالة مهمة جديرة بالاعتبار، وتتطلب على الأقل بعض الفهم لكيفية عمل LLMs، ودراية بهندسة تصميم الاستفسار، حتى لا يميل الأفراد إلى صياغتها كما لو كانوا يتعاملون مع إنسان وليس نموذج لغوي كبير (Zamfrescu-Pereira, et al, 2023: 1-3).

وتعزيز قدرة الفرد على هندسة صياغة الاستفسار الفيزيائي، يتطلب بعض العوامل؛ كتدعيم سياق صياغة الاستفسار بمعلومات أساسية توجه التقصي نحو مجال التخصص المرتبط بالاستفسار، وتضييق مجاله النوعي كاقتصاره على موضوع دقيق حتى يستخلص منه استدلالات أكثر تركيزًا عند إنشاء الاستجابة. والتَنَبُّه لصوغه في سياق فيزيائي بشكل صريح أو ضمني برموز ومصطلحات دالة لتفادي تولد إجابات غير ذي صلة. والاكتراث بتنقيته من المعلومات غير الضرورية التي قد تتسبب في تشتت ردودها. ولصقل الاستجابة أكثر؛ يُحدد التصرف المطلوب في سياق صياغة "الاستفسار"، بأن يتضمن مثلًا عبارة "قدم الإجابة كخبير في مجال فيزياء المتحكمات أو "كما يفعل معلم الفيزياء (Polverini and Gregorcic, 2024: 11-18). إضافة لتدعيم صيغته النصية بمستحثات مداخل تسلسل الأفكار "Chain of Thought Approaches" (CoT)، وذلك بوضع الفواصل بشكل مناسب، وتضمينها مطالبات لعرض الاستجابة خطوة بخطوة أو تقديم أمثلة أو تحديد منطق إنشائها (Kojima, et al, 2022: 2-4; Park, et al, 2024: 1-2).

ويُستخلص مما عُرض آنفًا؛ أن استخدام (LLMs) في تدريس فيزياء دوائر المتحكمات الإلكترونية قد يتطلب عدة خطوات: تبدأ بتحديد الموضـــوع العلمي المطلوب تعلمه، واختيار (LLMs) المناسبة له، وتحديد الأفكار التخصصية والمهام المطلوبة، وصياغة الاستفسارات (Prompt) المتعلقة بها بدقة، وتزويد نموذج اللغة الكبير به لينتج على أثر ذلك استجابة نصية لاستفسار، ثم يفحص الطالب الاستجابة ويراجعها وينقحها ليوظفها في استكمال مهامه الدراسية وتحقيق الأهداف التدريسية المرجوة.

وإيمانًا بأهمية (LLMs)؛ حاولت بعض الدراسات تقصي أثرها في مجال تدريس العلوم الطبيعية وتطبيقاتها الهندسية، كدراسة (2023) "Dos Santos" التي كشفت نتائجها عن كون (Bard, Bing, ChatGPT-3.5, ChatGPT-4) يُمكن أن تعمل كـــ "وكلاء للمساعدة على التفكير في الفيزياء"، وتعزز التفكير النقدي وحل المشـــكلات واســـتيعاب المفاهيم الفيزيائية والتعلم الشخصي وإظهار المعرفة بالموضوعات الفيزيائية. ووجدت أن ChatGPT-4 أظهر تفوقًا أكثر في تســهيل تعلم الفيزياء مقارنة بالنماذج الثلاثة الأخرى. كما كانت اســتجابات "Bard" تفتقر إلى العمق الذي يحتاجه دارسي الفيزياء. واتفقت معها نتائج دراسة (2023) "Holmes, et al" التي بينت تفوق نموذج "CHatGPT-4" على نماذج "ChatGPT-3.5" و"Bard" و"Bloomz" في الإجابة عن أسئلة فيزياء علاج الأورام بالإشعاع، إضافة لتفوقه على مجموعة من اختصاصي العلاج الإشعاعي.

وأظهرت دراســـة (2023) "Tsai, Ong & Chen" فاعلية (LLMs) في تنمية حل مشكلات الهندسة الكيميائية والتفكير الناقد والقدرة على تقييم الحلول التي تولدها تلك النماذج لدى مجموعة من طلاب الجامعة بتايوان. كما أشارت نتائج دراسة (2023) "Bitzenbauer" إلى أن استخدام أحد نماذج (LLMs) من خلال استراتيجية "فكر زاوج شارك" في تدريس موضوع ازدواج الموجة والجسيم في فيزياء الكم، بدا فعالًا في التأثير على تصورات طلاب الصف الثاني عشر بالمدرسة الثانوية الألمانية. أما دراسة (2024) "Filippi & Motyl" فقد استخلصت من خلال فحص عدد من الدراســـات لكفاءتها في تحســـين أداءات الطلاب في مجالات التعليم الهندســـي، وتعزيز استعدادهم الوظيفي.

٣- أســـس ومراحل النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية و(LLMs) لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة.

أرتكز هذا البُعد الرئيســـي على البُعدين الســـابق عرضـــهما حول "النمذجة العلمية"، والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs). وذلك بهدف اســتخلاص أســس ومراحل النموذج التدريســي المقترح القائم عليهما لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وتعرف دور المعلم والمتعلم فيه. وللوصول لهذا الهدف تم تناول الأبعاد الفرعية التالية:

أ- أسس النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs).

في ضـوء ما سـبق عرضـه حول الإطار الفلسـفي والسـيكولوجي لاسـتخدام "النمذجة العلمية"، والنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) في تدريس الفيزياء؛ تبين ترسخ النمذجة في ممارسة الفيزياء، وتبدى ظهورها في آراء الفيلســـوف والفيزيائي الفرنســـي "رينيه ديكارت"، وتبلورت في أعمال رواد وفلاســـفة التربية العلمية بداية من "Hestenes" الذي اقترح نظرية تربوية عنها، واعتبرها بديل مُوات عن الطرق غير الفعالة لتدريس الفيزياء خاصـة بالمرحلة الجامعية. وتمكن البعض من تأصـيلها سيكولوجيًا ارتكازًا إلى إطار "Papert" البنائي. أما (LLMs) فقد تخطت الكثير من الرؤى لتعاظم قدراتها التي أصـبحت تحاكي قدرات البشـر، وأظهرت ضـعف البُنى الفلسـفية والسـيكولوجية التقليدية كما اسـتبان من تجربة "Blockhead" وتوقعات بعض باحثي علم النفس. ومع ذلك تجلت دلائل على إمكانية تأصـيلها اسـتنادًا لنظريتي شـبكة الفاعلين والتواصلية.

وتأسيسًا على ذلك؛ أمكن استخلاص مجموعة من الأسس التي قد يستند عليها النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، تمثلت فيما يلي:

- **التعلم قد يكون أكثر فاعلية عندما يتم من خلال بناء منتج ذي مغزى كالنماذج العلمية.**
- **التدريس القائم على النمذجة العلمية و(LLMs) يشجع المشاركة النشطة في عملية التعلم.**
- **ممارسة النمذجة العلمية وتوظيف** (LLMs) **قد يدعم التعلم الذاتي ويسهل اكتساب الخبرات الجديدة.**
- **التدريس القائم على النمذجة و(LLMs) قد يُعزز القدرة على مواجهة المشكلات غير المألوفة.**
- **التعلم قد يكمن في أدوات غير بشرية كالنماذج اللغة الكبيرة** (LLMs).
- **انتقاء المعلومات العلمية المهمة وتمييزها والتحديث المستمر لخريطة المعرفة أمر حيوي في العصر الرقمي.**

- **توظيف** (LLMs) **في تدريس الفيزياء وتطبيقاتها الهندسية يتوافق مع اتجاهات التعلم في العصر الرقمي، ويواجه إشكالية تقلص "زمن نصف العمر للمعرفة العلمية" من لحظة اكتسابها وحتى تقادمها.**
- **معرفة المزيد من الأفكار والمعارف العلمية أهم من المعروف منها في الوقت الفعلي.**
- **تيسر النماذج العلمية و**(LLMs) **للمتعلمين الوصول لمصادر المعرفة العلمية والتنقيب فيها للإجابة عن استفساراتهم العلمية واستكمال مهامهم الدراسية وإثراء شبكة معارفهم.**
- **القدرة على رؤية الروابط بين الأفكار من مجالات مختلفة، ضروري لفهم ظواهر العلم بشكل أشمل.**

وللتأكد من انتماء هذه الأسس لتنظيراتها وملائمتها كمرتكزات لتصميم مراحل النموذج التدريسي المقترح وتوظيفه في التدريس؛ تم إعداد قائمة أولية منها، وعرضها على مجموعة من المتخصصين في التربية العلمية وتعليم الفيزياء وتطبيقاتها. وأشار سيادتهم لصلاحيتها جميعًا، وبذلك أصبحت القائمة في صورتها النهائية مكونة من العشرة أسس المُسطرة بالأعلى.

ب – مراحل استخدام النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية و(LLMs) **في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، ودور القائم بالتدريس والمتعلم فيه.**

تَطلب تصميم النموذج التدريسي المقترح في البداية؛ تفحص الأسس التي تم استخلاصها آنفًا، ودراسة صيغ استخدام النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) في تدريس العلوم الطبيعية بصفة عامة ومجالات الفيزياء وتطبيقاتها الهندسية بصفة خاصة، كما تجلى بالبُعدين الرئيسيين الأول والثاني السابق عرضهما بالمحور الأول. وبالاستفادة من ذلك والارتكاز على تلك الأسس؛ أمكن التوصل للنموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وتألف من مراحل رئيسية خمس، تضمنت كل منها خطوات فرعية، كما يلي:

المرحلة الأولى: التجهيز.

- تجهيز المكونات المتوقعة لتشكيل واستخدام النموذج العلمي المرتبط بالموضوع أو الظاهرة العلمية.
- تحديد (LLMs) والبدائل المناسبة منها؛ للتوصل للأفكار التخصصية المطلوبة لحل المشكلات والإجابة عن التساؤلات وتشكيل النموذج العلمي، والتأكد من صلاحية روابطها الإلكترونية ومدى إتاحتها.

المرحلة الثانية: تحديد المهمة العلمية والتقصي عن الأفكار المحورية التخصصية المرتبطة بها.

- تقديم الموضوع أو الظاهرة العلمية، وتحديد المهمة العلمية المتعلقة بها.
- تحديد الأفكار التخصصية المطلوبة لاستيعاب العوامل والمتغيرات المرتبطة بالمهمة العلمية.

- تحديد (LLMs) المناسبة للوصول للأفكار المحورية التخصصية المطلوبة.
- صياغة استفسار أو أكثر (Prompt) بشكل دقيق عن الأفكار المطلوبة، وتسجيله بواجهة محادثة (LLMs).
- الحصول على الاستجابة باللغة الطبيعية، وفحصها ومراجعتها للتأكد من صحتها، وتنقيحها.
- مناقشة الأفكار المستخلصة جماعيًا وتقييمها، وتنظيمها للاستفادة منها في صياغة حل مبدئي للمهمة.

المرحلة الثالثة: تشكيل نموذج علمي، واستخدامه لاختبار مدى صحة الحلول المبدئية واستكمال حل المهمة العلمية.

- التخطيط لتجهيز النموذج بالاستفادة من الأفكار المستخلصة من (LLMs).
- توفير مكونات إعداد النموذج، وفحص سلامتها يدويًا أو من خلال (LLMs) إن أمكن.
- تجهيز النموذج، وتركيب مكوناته، وتزويده بأكواد التشغيل من خلال (LLMs) إذا تطلب ذلك.
- اختبار النموذج، ومراجعة سلامة مكوناته، وتعديله إذا لزم الأمر.
- استخدام النموذج لاستخلاص النتائج والبيانات اللازمة لاختبار صحة الحل المبدئي واستكمال حل المهمة.
- التأكد من صحة النتائج والبيانات المستخلصة من استخدام النموذج، وتوظيفها في تأكيد أو دحض الحل المبدئي.

المرحلة الرابعة: صياغة حل المهمة العلمية، ومراجعته وتنقيحه:

- صياغة الحل النهائي للمهمة العلمية.
- عرض الحلول جماعيًا، وتقييمها، وتوفير التغذية الراجعة التصحيحية.
- مراجعة حل المهمة العلمية في ضوء التغذية الراجعة، وتنقيحه وتطويره، وتجهيزه في شكل نهائي.

المرحلة الخامسة: التقييم البنائي لجوانب تعلم الموضوع العلمي:

- إنشاء أداة تقييم بنائي من خلال (LLMs) ونشرها للطلاب، للتأكد من مدى تحقق أهداف التعلم.
- الاستجابة على أداة التقييم البنائي الكترونيًا، وتلقي التغذية الراجعة التصحيحية.
- الاطلاع على استجابات المتعلمين، للتعرف على مستوى تمكنهم من جوانب تعلم الموضوع العلمي.
- انتقال المتعلمين لدراسة الموضوع التالي بعد تمكنهم من جوانب تعلم الموضوع العلمي.

يتضح من عرض المراحل الخمس للنموذج المقترح؛ أن خطواتها التفصيلية ذات الطبيعة المتعلقة بالنمذجة العلمية تتضافر وتتكامل مع الخطوات المستقاة من توظيف (LLMs)، بالشكل الذي قد يدعم كل منهما الآخر. وتمثل كل خطوة منها ركيزة لما تليها. بما قد يساعد المتعلم في إنجاز المهام التدريسية المطلوبة وتحقيق الأهداف المرجوة. هذا وتم التأكد من صلاحية هذا النموذج التدريسي المقترح للتطبيق في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وذلك من خلال عرضه على مجموعة من المتخصصين، وتجريبه على عينة استطلاعية، كما هو موضح بالإطار الإجرائي للبحث.

وبالنسبة لأدوار القائم بالتدريس لاستخدام هذه النموذج المقترح لتدريس موضوعات فيزياء المتحكمات الدقيقة؛ فتتمثل في: تجهيز المكونات والأدوات الكهربية والإلكترونية التي قد يحتاج إليها المتعلمين لتشكيل النموذج العلمي المطلوب لاستكمال حل المهمة، وفحص صلاحيتها. وكذلك تحديد أكثر من (LLM) لتكون بدائل احتياطية لبعضها في حالة تعثر المتعلم في الوصول لإحداها للتقصي عن الأفكار المحورية التخصصية، والتأكد من صلاحية روابطها ومدى إتاحتها والقيود على استخدامها. وفي بداية الجلسة الدراسية يقدم للموضوع أو الظاهرة العلمية، ويساعد المتعلمين في تحديد المهمة العلمية المتعلقة بها. ويوجههم لتحديد الأفكار التخصصية المطلوبة والتقصي عنها باستخدام (LLMs). والإفادة منها في صوغ حل مبدئي مقترح. وإرشادهم لتشكيل نموذج علمي، واستخدامه لاختبار صحة الحل المبدئي واستكمال حل المهمة، وتشجيعهم لتقييم تلك الحلول المبدئية وتدعيمها بأدلة التأكيد أو الرفض. وحثهم للوصول للحلول النهائية وتقييمها جماعيًا، ومراجعتها وتنقيحها وصوغها في شكل نهائي. وفي النهاية يقيمهم بنائيًا وبشكل الكتروني من خلال (LLMs) للتأكد من وصولهم للأهداف المرجوة.

أما أدوار المتعلمين فتتركز في تعرف المهمة العلمية المطلوبة، وتحديد الأفكار التخصصية المناسبة لها، وتزويد واجهة محادثة (LLMs) بالاستفسار (Prompt) المناسب والدقيق للوصول لتلك الأفكار. وفحص الأفكار المُتحصل عليها ومراجعتها للتأكد من صحتها، وتنقيحها، والمشاركة في المناقشات الجماعية لتقييمها. وتنظيم الأفكار المنقحة للاستفادة في تقديم ادعاء علمي كحل مبدئي مقترح للمهمة العلمية. والمشاركة في التخطيط وتشكيل النموذج العلمي. وفحص سلامة مكونات تشكيل النموذج. وتصميمه وتزويده بأكواد التشغيل، واختباره وتعديله إذا لزم الأمر. واستخدامه لاستخلاص النتائج والبيانات اللازمة لاختبار مدى صحة الحل المبدئي واستكمال حل المهمة العلمية. والإفادة من ذلك في محاولة صياغة حل نهائي للمهمة، والاشتراك في تقييم الحلول جماعيًا، ومراجعة الحل الخاص بمجموعته في ضوء التغذية الراجعة المتوفرة، وتنقيح صياغته وتطويره. وتتمم أدواره بالاستجابة على أداة التقييم البنائي الكترونيًا، والاستفادة من التغذية الراجعة التصحيحية لتحقيق الأهداف التدريسية المرجوة.

المحور الثاني: التفكير الحاسوبي (CT) "Computational Thinking":

حجز التفكير الحاسـوبي مقام له بين أهداف تدريس العلوم الطبيعية والتطبيقية، متخذًا مسـاحة بارزة عبر وثائق معايير تعليم العلوم المرموقة. ومشـفوعًا باعتباره من متطلبات إعداد الأفراد للمهن المستحدثة والمتطورة للفترة الحالية والآتية بالقرن الحادي والعشرين. ويستدعي هذا إكسابه بشكل وظيفي لطلاب مؤسسات التعليم العالي، الذين يؤهلون للمهن القائمة والمستقبلية ذات الصلة بـ (STEM) ومنها المتعلقة بفيزياء المتحكمات الدقيقة. هذا وللوقوف على التفكير الحاسـوبي؛ تناول هذا المحور تطور مفهومه، وأبعاده المناسـبة لمجتمع البحث، وأهميته في تعليم فيزياء المتحكمات الدقيقة.

١ – تطور مفهوم التفكير الحاسوبي (CT):

ظهر مفهوم (CT) في ثمانينيات القرن العشـرين، وتزايد الاهتمام به منذ أن نشـرت "Jeannette M. Wing" مقالـة عنـه عـام ٢٠٠٦م (Guggemos, Seufert & Román-González, 2019: 183). وحفزت تلك المقالة منذ ذلك الحين نقاشـا دوليا حيويا حول طبيعة التفكير الحاسـوبي وقيمته في التعليم (Bocconi, et al., 2016: 15). ونظرت "وينج" له كنهج لحل المشـكلات، وتصـميم الأنظمة، وفهم السـلوك البشـري، من خلال الاعتماد على المفاهيم الأساسية لعلوم الحاسوب (Wing, 2006: 33). وأضـافت بأن جوهره التجريد الذي يكون أكثر ثراءً وتعقيدًا من نظيره في العلوم الرياضـياتية والفيزيائية، لذلك اعتبرته نوعًا من التفكير التحليلي (Wing, 2008: 3717-3718). وأعادت "جانيت وينج" تبيان مفهوم التفكير الحاسوبي؛ بوصـفه "عمليات تفكير تتضـمن صـوغ المشـكلات وحلولها، بحيث يتم تمثيل الحلول في شـكل يمكن تنفيذه بفعالية بواسطة أدوات معالجة المعلومات" (Wing, 2011: 1).

ويُسـتدل من تعريف "وينج" الأخير؛ أن التفكير الحاسـوبي عملية تفكير، وبالتالي مسـتقل عن التكنولوجيا. ونوع محدد من حل المشـكلات تتطلب قدرات معينة يمكن تنفيذها بواسطة جهاز حاسوب أو إنسان أو مزيج منهما. ومن ثم يظهر التفكير الحاسوبي كأنه عملية تفكير (أو مهارة تفكير بشرية) تستخدم مداخل تحليلية وخوارزمية لصياغة المشكلات وتحليلها وحلها (Bocconi, et al., 2016: 15). واسـتنادًا إلى ذلك طورت "وينج" (Wing, 2017: 7)

تعريفها مرة أخرى لتطرحه بشكل واضح؛ في هيئة عمليات التفكير التي تنطوي على صياغة مشكلة والتعبير عن حلها (حلولها) بطريقة يستطيع الحاسوب أو الإنسان أو الآلة تنفيذها بفعالية.

وتمشيًا مع ذلك؛ أُعتبر التفكير الحاسوبي عملية معالجة معرفية أو فكرية تكون موجهة نحو المنتج وترتبط بحل المشكلات، وتعكس القدرة على التجريد، والتقسيم "Decomposition"، والتفكير الخوارزمي، والتقويم، والتعميمات (Selby, & Woollard, 2013: 5). كما وصف بأنه القدرة على تطوير حلول إبداعية للمشكلة باستخدام نهج خوارزمي من خلال التعامل مع مشكلة من قبل الأفراد الذين يمكنهم إقامة اتصال صحي في بيئة تعاونية (Korkmaz, Çakir & Ozden, 2017: 562). وزادت على كل هذا الجمعية الملكية بالمملكة المتحدة؛ حيث رأت أنه موجود في الطبيعة كما في الحمض النووي، وليس بالضرورة أن يكون بناء بشريًا. ومن ثم عرفته بأنه عملية التعرف على جوانب الحوسبة في العالم المحيط بنا، وتطبيق الأدوات والتقنيات من علوم الحاسوب لفهم وإدراك كل من الأنظمة والعمليات الطبيعية والاصطناعية (The Royal Society, 2012: 29).

ونظرًا لكل هذا التنوع في تعريفات التفكير الحاسوبي، فقد صنفت من خلال مراجعة الأدبيات المنهجية الحديثة لفئتين عريضتين: إحداهما تتعلق بمجال محدد، أي حل المشكلات في علوم الكمبيوتر أو البرمجة. والثانية المجال العام، أي الحل المنهجي للمشكلات في الحياة اليومية (Tikva & Tambouris, 2021: 2). وبذلك تواجد اتجاه يؤكد على أن الانخراط في التفكير الحاسوبي لا يتطلب بطبيعته معرفة البرمجة أو استخدام أجهزة الحاسوب على الإطلاق؛ ودلل عليه أصحابه بتوافر تجارب تعلم التفكير الحاسوبي التي تستخدم منهجًا تربويًا غير متصل بأجهزة Unplugged أو غير رقمي (Hurt et al., 2023: 2). ويؤكد ذلك دراسة "Mensan, Osman & Abdul-Majid" (2020) التي صممت وحدة دراسية في العلوم الطبيعية لتنمية التفكير الحاسوبي بدون استخدام البرمجة أو الأجهزة التكنولوجية، وأثبتت فاعليتها في تحسين مكوناته.

واستنادًا لكل ذلك؛ يُمكن وصف التفكير الحاسوبي في سياق البحث الحالي بأنه: نهج للتفكير يمارسه المتعلم في سياق رقمي أو بشري أو مزيج منهما. وذلك من خلال عمليات

التجريد، والتفكير الخوارزمي، وحل المشـكلات، والنمذجة والمحاكاة، والتفكير الناقد والإبداعي، لإنجاز المهام والتكليفات العلمية وتصـميم النماذج والمشروعات المرتبطة بظواهر وموضـوعات العالم الطبيعي، والتغلب على عوائقها ومعضلاتها المحتملة.

٢ – مكونات التفكير الحاسـوبي المناسـبة لمجتمع البحث، وأهميته في تعليم فيزياء المتحكمات الدقيقة:

تباينت الرؤى لمكونات التفكير الحاسوبي تأثرًا بالتغاير الذي بدا في توجهات تعريفاتها؛ فهناك من قصـرها على مهارات التجريد، والأتمتة "Automation"، والتحليل (Lee, et al., 2011: 33)، في حين أشارت دراسة "Selby, & Woollard" (2013) إلى أنها تشتمل التجريد، والتقسـيم، والتفكير الخوارزمي، والتقويم، والتعميم. واتفقت معها دراسـة مركز البحوث المشـترك (JRC) التابع لمفوضـية الاتحاد الأوربي في تلك المهارات دون التقويم، وأضـافت مهارتي الأتمتة، وتصـحيح الأخطاء "Debugging" (Bocconi, et al., 2016: 18). وتوصـلت نتائج دراسـة "Angeli, et al." (2016) لنفس مهارات دراسة مركز البحوث المشترك (JRC)، ولكنها فصلت التفكير الخوارزمي لمهارتي وضـع الإجراءات بالتسـلسـل الصـحيح "Sequencing"، وتدفق السيطرة "Flow of control" الذي يتعلق بالترتيب الذي يتم به تنفيذ التعليمات أو الإجراءات.

وعرض "Weintrop, et al" (2014: 4-5) فئات أربعة لها في إطار تصـنيف مهارات (STEM)؛ بدأت بفئة مهارات البيانات والمعلومات، ثم فئة مهارات النمذجة والمحاكاة، وفئة مهارات حل المشكلات، في حين كونت فئة مهارات إدارة النظم الفئة الرابعة. أما دراسة "Hurt et al." (2023) فاقترحت إطار ثنائي البُعد لمكوناته في تعليم العلوم؛ تشـكل البعد الأول من أعمدة ثلاث للعمليات المعرفية، حَوَت: التأمل، والتصـميم، والتقويم. أما البعد الثاني فراعى النشاط العلمي بأربعة صفوف، اشتملت: جمع البيانات، ومعالجتها، والنمذجة، وحل المشكلات. كما دلل إطار الجمعية الدولية لتكنولوجيا التعليم (ISTE, 2015) على أنه يتضـمن مهارات: الإبداع، والتفكير الخوارزمي، والتفكير النقدي، وحل المشكلات، وإقامة التواصل، والتعاون [نقلًا عن: (Korkmaz, Çakir & Ozden, 2017: 559)].

ويتضح مما عُرض؛ أن اختلاف رؤى الباحثين لأبعاد التفكير الحاسوبي، أدى لتغطيتها فئة عريضة من المهارات: كالتجريد، التحليل، الأتمتة، التفكير الخوارزمي، التقسيم، التقويم، التعميم، تصحيح الأخطاء، مهارات المعلومات والبيانات ومعالجتها، النمذجة والمحاكاة، حل المشكلات، إدارة النظم، التأمل، التصميم، الإبداع، التفكير الناقد، التواصل، التعاون. وبالتأمل فيها؛ يلاحظ أن بعضها كالتقسيم وتصحيح الأخطاء والتأمل والتصميم، قد يتداخل مع مهارات أخرى مثل التفكير الخوارزمي وحل المشكلات والنمذجة والمحاكاة على سبيل المثال. كما يُمكن دمج التفكير الناقد والإبداعي تحت مسمى التفكير عالي الرتبة لكون تآلفهما معًا قد يكون مناسب لطبيعة التفكير الحاسوبي في مجال العلوم الطبيعية؛ وذلك استنادًا لاتجاه الفيلسوف الأمريكي "ماثيو ليبمان" (١٩٩٨: ٧٨) الذي قدم التفكير عالي الرتبة وبرهن على أنه مزيج منهما.

ولتحديد أي من هذه المكونات مناسب لمجتمع البحث؛ تم حصرها في حدود علم الباحثين، وعرضها على مجموعة من السادة المتخصصين في تعليم العلوم الطبيعية وتطبيقاتها. واتفق أكثر من (٧١٪) من سيادتهم على مناسبة التجريد، التفكير الخوارزمي، النمذجة والمحاكاة، حل المشكلات، والتفكير عالي الرتبة. حيث جاء التفكير الخوارزمي بأعلى نسبة أتفاق (٩٢،٨٪) والتجريد بأقل نسبة أتفاق (٧١،٤٪). في حين لم تتجاوز نسبة الاتفاق (٥٠٪) على مناسبة بقية المهارات لمجتمع البحث. هذا وقد تبنى البحث الحالي المهارات التي حصلت على نسبة اتفاق أعلى من (٧٠٪).

وبالتأمل في تلك الأبعاد وغيرها، تتجلى دواعي أهمية توظيفها في مجال دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، التي تُمثل مكون رئيسي في معظم الأجهزة الإلكترونية الحياتية والآليات الصناعية. ويتطلب تصميمها بجودة ممارسة التفكير الحاسوبي؛ بما ينطوي عليه من عمليات النقد والإبداع، وانتقاء المعلومات المهمة وتجاهل غيرها، وتتابع تسلسل الإجراءات بشكل خوارزمي منطقي، وتجزئة العوائق وتحليلها، وأتمتة الأجزاء التي تتطلب القيام بمهام متكررة، والنمذجة والمحاكاة، وذلك لتحسين الجوانب المعيشية للبشر وحل مشكلات العالم الطبيعي والنظم الصناعية.

ويؤكد ذلك، تغلغل التفكير الحاسوبي بشكل كبير في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM)، ومنها التخصصات المرتبطة بفيزياء المتحكمات الدقيقة. ويرجع هذا جزئيًا إلى اعتبار أبعاده أساسًا مهمًا في تلك المجالات، إضافة لسهولة ترجمة مفاهيمه وممارساته وآلياته إلى موضوعات مثل هذه التخصصات وتطبيقاتها (Denning & Tedre, 2021: 379-381).

إضافة لكون التفكير الحاسوبي بمصاحبة الرياضياتي غالبًا ما يجمعا العلوم الطبيعية والهندسة معًا؛ وذلك من خلال تمكين المهندسين من تحويل صيغ النظريات العلمية لتصورات ونماذج تطبيقية، وتمكين العلماء من استخدام تقنيات المعلومات والتطبيقات التي صممها المهندسون، للمساعدة في إنجاز الاستقصاءات العلمية وإجراء التحليلات وبناء النماذج المركبة (NRC, 2012: 65). وكما أن الرياضيات هي الأداة الأساسية لفهم العلوم الطبيعية، وضرورية لتمثيل المتغيرات الفيزيائية وعلاقاتها، وإجراء التنبؤات الكمية وغيرها. فإنه يُعول على التفكير الحاسوبي من خلال الأدوات الرقمية تعزيز قوة الرياضيات وبناء النماذج العملية، وأتمتة العمليات الحسابية والأداءات الميكانيكية المتكررة، وتقريب الحلول للمشكلات العلمية المعقدة، وتحليل البيانات العلمية المتاحة لتحديد الأنماط ذات المعنى. ومن ثم فإن انخراط المتعلمين في التفكير الحاسوبي، يدفعهم لتنظيم البيانات والخبرات والبحث فيها، وإنشاء تسلسل من الخطوات تسمى الخوارزميات، واستخدام وتطوير عمليات محاكاة جديدة لنظم الظواهر العلمية المصممة والطبيعية (NGSS Lead States, 2013b: 58).

وإيمانًا بدوره في مجالات العلوم الطبيعية؛ تم تضمينه بمعايير العلوم للجيل التالي (NGSS) كمُكمل للتفكير الرياضياتي، ضمن ممارسة رئيسة ببعد الممارسات العلمية والهندسية لأبعاد تعلم العلوم، متخذة اسم "استخدام التفكير الرياضياتي والحاسوبي" (NGSS Lead States, 2013a: 109). وبالتالي أصبح تعزيز المتعلمين بذلك النوع من التفكير في العلوم الطبيعية أمرًا أساسيًا لتطوير فهم أعمق لكيفية عمل الظواهر والنماذج العلمية (NRC: 2012: 64). كما أُعتبر من المهارات الأساسية المطلوبة لتنشئة أفراد العصر الرقمي، ليصبحوا قادرين على حل المشكلات بشكل إبداعي (Kong, & Abelson, 2019: V).

وإدراكًا لكل هذه الأهمية؛ حاولت دراسة "Korkmaz, Çakir & Ozden" (2017) تصميم مقياس له خماسي الاستجابة من نوع "ليكرت Likert" لاستخدامه مع طلاب الجامعة بتركيا، مستندة في إعداده على أبعاد التفكير الحاسوبي لإطار الجمعية الدولية لتكنولوجيا التعليم. وسايرتها دراسة "Guggemos, Seufert & Román-González" (2019) بتقديم أداتين لقياسه لدى طلاب المرحلة الثانوية في البلدان الناطقة بالألمانية؛ إحداهما مقياس تقرير ذاتي من نوع "ليكرت" سباعي الاستجابة، يُمثل صورة مصغرة من المقياس التي قدمته دراسة (Korkmaz, Çakir & Ozden, 2017) السابق عرضها. في حين تمثلت الأداة الأخرى في اختبار أداء استند في أبعاده على مهارات "إطار تطوير التفكير الحاسوبي في التعليم الإلزامي للاتحاد الأوربي"، وذلك لاستخدامه مع المتعلمين الذين يدرسون برامج أو مناهج خاصة بالبرمجة.

كما حاولت دراسات أخرى تنميته لدى المتعلمين بمراحل دراسية مختلفة، كدراسة "Bati, et al." (2018) التي كشفت نتائجها عن كفاءة برنامج في تعليم العلوم حول "المفهوم الفيزيائي للزمن" قائم على نهج (STEAM) في تحسينه لدى طلاب المدارس المتوسطة بتركيا. ودراسة "هالة العوفي وعبد الله الزعبي" (٢٠٢٣) التي أوضحت وجود أثر دال لبرنامج تعليمي مقترح في الذكاء الاصطناعي لتنميته لدى مجموعة من طالبات الصف الأول الثانوي بدولة الإمارات. وكذلك دراسة "Jaipal-Jamani & Angeli" (2016) التي بينت فعالية تدخل تصميم الروبوت ضمن برنامج أساليب تعلم العلوم في تنميته لدى طلاب السنة الأولى ببرنامج إعداد معلم العلوم بجامعة "بروك" "Brock" بكندا. ودراسة "Chichekian, et al." (2024) التي أشارت لقدرة أنشطة تعلم الروبوتات التعليمية من خلال التعلم النشط في تنميته لدى مجموعة من الطلاب الجامعيين الملتحقين ببرنامج للعلوم البحتة والتطبيقية.

المحور الثالث: المبادئ والتعميمات العلمية "Scientific Principles and Generalizations":

هدف المحور الثالث إلى تعرف طبيعة "المبادئ والتعميمات العلمية" وموقعهما من فئات المعرفة الأخرى، واستخلاص أبعاد قياسهما المناسبة لمجتمع البحث. وللوقوف على ذلك؛ تم تناول "المبادئ والتعميمات العلمية" في البُنى التنظيرية الرئيسية، ومفهومهما، ومستويات معالجتهما وقياسهما المناسبة لمجتمع البحث، وأهميتهما في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، وذلك كما يلي:

١- المبادئ والتعميمات العلمية في البُنى التنظيرية الرئيسية، ومفهومهما:

ظهر مصطلح "المبادئ والتعميمات" بفئة "الكليات والتجريدات" "Universals and Abstractions"، وذلك بمستوى المعرفة "Knowledge" لتصنيف "بلوم" السداسي للجانب المعرفي "Cognitive" الذي نُشر عام (١٩٥٦م). ووصفا معًا بأنهما "تجريدات خاصة تُصاغ من تلخيصات الملاحظات المرصودة للظواهر"، وتمثل هذه التجريدات قيمة كبيرة عند شرح ووصف وتوقع الظواهر، أو تحديد أكثر الإجراءات أو الاتجاهات ملاءمة وفعالية. واُعتبرت المبادئ والتعميمات فيه من أعلى مستويات التجريد والتعقيد، لكونها تستخدم لتنظيم أفكار المجال العلمي، وتترابط مجموعات منها لتُشكل نظريات وبُنى التخصص (Bloom, et al., 1956: 75-77). ولوحظ من فحص المكونات التي تُشكل بناء المعرفة العلمية بهذا التصنيف تجاهل تسكين المفاهيم بأي من فئاتها، وبالتالي صعب وفقًا لهذا المنحى تخمين ترتيب موضعها من المبادئ والتعميمات وشكل العلاقة بينهما.

أما تصنيف "بلوم" المعدل "Revised Bloom's Taxonomy" (RBT) ثنائي البُعد المنشور عام (٢٠٠١م)؛ فقد سكّن المبادئ والتعميمات ببُعد المعرفة "Knowledge Dimension"، ضمن نمط المعرفة المفاهيمية "Conceptual Knowledge". وتعامل معهما بصيغة واحدة تشغل فئة وسيطة؛ حيث تتشكل من "التصنيفات والفئات" التي تسبقها في الترتيب، وتُمثل هي بدورها أساس لتكون "النظريات والنماذج والبُنى" التي تليها. واتفق مع تصنيف "بلوم" الأصلي "Original Bloom's Taxonomy" (OBT) على اعتبارها أفكار عريضة أو تجريدات معينة تلخص ملاحظات عن الظواهر، وذات قيمة رفيعة في الوصف والتفسير والتنبؤ وتحديد الفعل والاتجاه بصورة أكثر مواءمة وصلة. كما اعتبر القوانين الفيزيائية شكلًا من أشكالها (لورين أندرسون وديفيد كرازوول، ٢٠٠٦: ١١٠-١١٤).

بينما وضعهما تصنيف "مارزانو" الجديد للأهداف التعليمية "Marzano's New Taxonomy" (MNT) في مجال "المعلومات" المرادف للمعرفة التقريرية "Declarative Knowledge"؛ والذي انطوى على فئتين عريضتين؛ "الأولى التفاصيل" وتضمنت مصطلحات المفردات والحقائق والتسلسلات الزمنية، والثانية "الأفكار المنظمة" "Organizing ideas"

واشتملت على المبادئ والتعميمات (Marzano & Kendall, 2008: 10). ووصفت التعميمات فيها بأنها صـــياغات Statements يمكن تقديم أمثلة عليها، وتحدد خصـــائص التجريدات أو فئات وتصنيفات الأشياء. وتُمثل المبادئ أنواع محددة من التعميمات التي تتعامل مع العلاقات، وبوجه عام تظهر المبادئ في نمطين؛ أحدهما مبادئ السـبب والنتيجة، والآخر يُعرف بالمبادئ العلاقية التي تصـــف العلاقات التي يرتبط فيها التغيير في عامل ما بتغير في عامل آخر (Marzano & Kendall, 2007: 25).

واتسـق تصـنيف "مارزانو" مع تصـنيفي "بلوم" و"بلوم المعدل" في عدم إظهار المفاهيم بأي من المكونات أو الفئات التراتبية للمعرفة المعلوماتية. وزاد (1998: 32) "Marzano" على هذا في سياق عرض نظريته "للسلوك الإنساني" التي استند عليها في إجراء دراسته المرجعية لتحليل أبحاث التدريس؛ وذلك بإعلاء منزلة المفاهيم لتُمثل الطريقة الأكثر عمومية للتفكير في المعرفة، ورأى أنه يمكن تصـــنيف جميع طرق التفكير في المعرفة تقريبًا تحتها. وأضـــاف، أنه يمكن أن تكون الفئة العامة والمُنظِمة التي تندرج تحتها المبادئ والتعميمات وفئات المعرفة التقريرية الأخرى. وأعاد (2007: 26) "Marzano & Kendall" تعديل موضـــعها في متن تصـــنيفه الجديد تأســـيسًـــا على أعمال بعض رواد التربية وعلم النفس أمثال "Carroll" و"Gagne" و"Klausmeier" وغيرهم؛ واعتبرها في الأســـاس مرادفة للتعميمات، وبرهن على أنها تتطابق بشكل أساسي مع ما تم تعريفه على أنه تعميم أو مبدأ في تنظيراته. واستدل من ذلك على عدم الحاجة لوضع فئة باسم المفاهيم في مكونات المعرفة التقريرية لمجال التخصص العلمي.

كما تراءت المبادئ والتعميمات بهيئة خافتة في متن الفئات الخمس التي طرحها "روبرت جانييه" (٢٠١٢: ٨٠-٩٢) للقدرات البشـــرية المميزة لمخرجات التعلم، حيث لاحت بشكل عابر في فئة "المعلومات اللفظية" "Verbal Information"، عندما أُشير إلى أن هذه الفئة تتضمن "الحقائق" و"الأسماء" و"المبادئ" و"التعميمات". في حين عرضت المفاهيم بفئة "المهارات الذهنية" التي تتشـــكل حســـب تعقد العملية العقلية التي تدخل فيها من: التمييز، والمفاهيم بشـــقيها المحســـوس والمُعرف، ثم القواعد، والقواعد عالية الرتبة. ويرى "جانييه" أن

المفاهيم المُعرفة "Defined Concepts" تُمثل قاعدة للتصـــنيف، ومن ثم يعتبرها مجرد حالة خاصة من القواعد.

وخلافًا لذلك؛ تواترت في أدبيات التربية العلمية تصـنيف هرمي للبناء المعرفي؛ تكونت قاعدته من الحقائق والبيانات العلمية، ثم أرتقى لمســـتوى المفاهيم، ليتشـــكل منها المبادئ والتعميمات والقواعد والقوانين، التي تترابط معًا لتكون صـــيغ النظريات العلمية بقمته الهرمية (إبراهيم المحيســـن، ٢٠٠٧: ٢٨-٣٢؛ عايش زيتون، ٢٠١٠: ٤٩؛ نبيهة الســـامرائي، ٢٠١٤: ١٩؛ عادل سلامة ومحمد السناني، ٢٠٢٣: ٧-٩).

يتضـــح مما ســـبق أن "المبادئ والتعميمات" ظهرا معًا في التصـــنيفات الثلاثة الشـــهيرة للأهداف التعليمية؛ بدءًا من تصنيف بلوم الأصلي (OBT)، مرورًا بالتصنيف المُعدل (RBT)، ليشغلا مكانة جلية بالتصنيف الجديد لـــــ"مارزانو" (MNT). وامتلكا موقعًا وسيطًا بالتصنيف الهرمي المتواتر بأدبيات التربية العلمية، الذي تباين موضـــعهما فيه بالنســـبة للمفاهيم العلمية مقارنة بطبيعتيهما في رؤية "مارزانو" بنظريته للســـلوك الإنســـاني وتصـــنيفه الجديد للأهداف التعليمية. وإن كان لكلٍ من الاتجاهين حجته التي قد تبدو مقنعة لأصـــحابها، فإن التوصـــيف الذي قدمه "مارزانو" لهما في اتجاهه التنظيري قد يكون سهل الاستخدام والتوظيف في مجالات تدريس الفيزياء وتطبيقاتها الهندسـية، وقد يُمكن تفادي تعارضـه مع التوجهات الأخرى في حالة تلافي لغط مقاربة المفاهيم التي طرحها.

وتشـييدًا على ما تقدم، يُمكن وصـف "المبادئ والتعميمات العلمية" بأنهما "أفكار علمية منظمة"؛ تُعرف التعميمات فيها بأنها عبارات أو صـــياغات علمية يمكن تقديم أمثلة عليها. وتُمثل المبادئ أنواع محددة من تلك التعميمات التي تتناول العلاقات بمجال المعرفة التقريرية التخصـصـية. وبشـكل عام تظهر المبادئ في نمطين؛ أحدهما مبادئ السـبب والنتيجة، والآخر المبادئ العلاقية التي تصف العلاقات التي يرتبط فيها التغيير في عامل علمي بتغير في عامل علمي آخر.

٢- أبعاد قياس "المبادئ والتعميمات العلمية" المناسبة لمجتمع البحث، وأهميتهما في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة:

يُمكن استخدام أطر تصنيفات الأهداف التعليمية في قياس مستوى اكتساب المتعلمين للمبادئ والتعميمات العلمية في مجال تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، لأنها تستعمل كأساس لبناء الاختبارات وتقييم نواتج التعلم المختلفة التي منها هذا المتغير. وتأتي في صدارة تلك الأطر تصنيف "بلوم" الأصلي (OBT) أحادي البُعد ذو المستويات الستة، التي تبدأ بالمعرفة "Knowledge" ثم الفهم "Comprehension" والتطبيق مرورًا بالتحليل والتركيب وانتهاء بالتقويم (Bloom, et al., 1956: 201-207).

وقد اعترى مستوى المعرفة في إطار "بلوم" الأصلي (OBT) الغموض والالتباس، لكونه خلط بين فئات المعرفة المختلفة وعملية الاسترجاع المعرفية التي تعمل على تلك الفئات بما تتضمنه من "مبادئ وتعميمات"، إضافة لبنيته الهرمية غير المتماسكة من منظور منطقي أو ميداني، ومبالغته في تبسيط طبيعة الفكر وعلاقتها بالتعلم (روبرت مارزانو وجون كيندال، ٢٠١٣: ٢٣-٢٧). وكان هذا دافعًا قويًا للتفكير في معالجة إشكالية هذا التداخل بين المعرفة "Knowledge" بمجالاتها وفئاتها والعمليات المعرفية "Cognitive Process" أو عمليات المعالجة العقلية "Mental Processing" التي تعمل عليها، بالإضافة لتحسين طبيعة ومكونات كل منهما.

وحاول التغلب على هذه الإشكالية الإطار المنقح المعروف بتصنيف "بلوم المُعدل" (RBT)، الذي صاغه "لورين أندرسون" "Anderson" و"ديفيد كرازوول" "Krathwohl" وزملائهما عام (٢٠٠١م). وفصل هذا التصنيف المعرفة عن العمليات المعرفية، وذلك من خلال تشكيل بُعدين رئيسيين؛ أحدهما خُصص للمعرفة "Knowledge"، وانطوى على أنماط أربعة عامة للمعرفة: الوقائعية "Factual" والمفاهيمية "Conceptual" والإجرائية "Procedural" وما وراء المعرفة "Meta-Cognitive". أما البُعد الثاني فتكون من ست فئات رئيسية من العمليات المعرفية "Cognitive Process" المُتدرجة وفقًا لمستوى تعقدها، حيث استهلت بفئة عمليتي التذكر "Remember" وتدرجت لفئة عمليات الفهم "Understand" ثم

التطبيق لترتقي للتحليل والتقويم ووصـــلت في هامته لفئة عمليات الإبداع "Create"، وذلك بإجمالي (١٩) عملية معرفية نوعية للفئات الســت (لورين أندرســون وديفيد كرازوول، ٢٠٠٦: ٨٠-٨٢).

وتماشيًا مع الاستجابة لمعالجة أوجه القصور بتصنيف "بلوم" الأصلي (OBT)؛ ظهر تصنيف "مارزانو" الجديد (MNT) متألفًا من بُعدين أيضًا؛ أحدهما مَثَّل جانب المعرفة بمجالات ثلاثـة: المعلومـات "Information" (المعرفـة التقريريـة)، والإجراءات العقليـة، والإجراءات النفسحركية. وركز البُعد الثاني على المعالجة العقلية "Mental Processing" التي تعمل على مجالات المعرفة الثلاث الســابقة؛ وتتضــمن أنســاق ثلاثة للتفكير: الذاتي، وما وراء المعرفة، والمعرفي (Marzano & Kendall, 2007: 12-14).

ويُنظر لمكون بُعد المعالجة العقلية بأن أنســاق تفكيره الثلاث نشـطة ومجالات المعرفة الثلاث التي يعمل عليها سالبة (Irvine, 2020: 2). ويُمثل النسق الذاتي الترس الأول للمعالجة العقلية كمحدد أولي لدافعية المتعلم للانتباه لمهمة التعلم. وبعدئذ نسق ما وراء المعرفة بما يؤكد عليه من تقرير المتعلم للأهداف وتحديد الاسـتراتيجيات، وأخيرًا الولوج لعمليات النسـق المعرفي (روبرت مارزانو وجون كيندال، ٢٠١٣: ٣١-٣٢).

وتُعد عمليات النسـق المعرفي مسئولة عن المعالجة المؤثرة لمجالات المعرفة المختلفة، بما فيها المبادئ والتعميمات العلمية بمجال المعرفة التقريرية. وأوى هذا النســـق (١٤) عملية معرفية للمعالجة، وزعت على مسـتويات أو أنسـاق فرعية أربع؛ بدأت بمسـتوى "الاسـترجاع" "Retrieval" وحوى عمليات ثلاث تمثلت في: "التعرف" "Recognition"، والاســتدعاء" "Recall"، والتنفيـذ "Executing". ثم "الفهم" وتضـــمن عمليتي الـدمج "Integrating"، والترميز أو التمثيل الرمزي "Symbolizing". وأتي "التحليل" في المســتوى الثالث واشـــتمل خمس عمليـات هي: المطـابقـة، والتصـــنيف، وتحليـل الأخطـاء، والتعميم، والتحـديـد "Specifying". بينما شـغل "توظيف المعرفة" "Knowledge Utilization" المسـتوى الرابع من النســق المعرفي وضـــم عمليات أربع تركزت في: اتخاذ القرار وحل المشـــكلة والتجريب "Experimenting" والتقصي "Investigating" (Marzano & Kendall, 2008: 4-5).

ويرى "مارزانو" أن تصنيفه الجديد (MNT) عالج معضلات تصنيف "بلوم" الأصلي (OBT)، وتميز على تصنيف "بلوم المُعدل" (RBT). ودلل على ذلك باعتبار تصنيفه يصل لكونه يُمثل نموذجًا أو نظرية للفكر الإنساني تتيح للفرد التنبؤ بالظواهر السلوكية المُعطاة، في حين يُمثل كل من تصنيفي "بلوم" الأصلي والمعدل اطار مرجعي يتشكل من مجموعة من المبادئ سهلة التنظيم يُمكن من خلالها وصف خصائص الظاهرة (السلوك) دون التنبؤ بنوع السلوك المطلوب. كما انتقد وضع تصنيف (RBT) لفئة "ما وراء المعرفة" ضمن أنماط المعرفة، وعدم تخلصه من جل هنات (OBT)، كاستمراره في ترتيب العمليات المعرفية هرميًا وفق مستويات التعقد والصعوبة. وفي مقابل ذلك داوى (MNT) التراتبية الهرمية استنادًا إلى تدفق المعالجات ومستوى الوعي بتنفيذ المعالجة (Marzano & Kendall, 2007: 16-19).

واتساقا مع هذا، فضلت دراسة "Colley, Bilics & Lerch" (2012) استخدام تصنيف مارزانو الجديد (MNT) مُعللة ذلك بالأنساق التي لا تتواجد بغيره. وتماشت معها دراسة "Greatorex, Ireland & Coleman" (2019) التي قارنت بين (٩) أطر تصنيفية للأهداف التعليمية من بينها تصنيف "بلوم" المُعدل" (RBT)، ووجدت أن (MNT) هو الأقرب لمراعاة أغلب المعايير المستخدمة في المقارنة. هذا، وبالتأمل في مستويات المعالجة الأربعة للنسق المعرفي بتصنيف مارزانو (MNT)، يُلاحظ أنها قد تكون أكثر مناسبة من غيرها لمعالجة وقياس المبادئ والتعميمات العلمية بفيزياء المتحكمات الدقيقة. وذلك لتضمنها عمليات معالجة تلائم الجوانب العلمية وتطبيقاتها؛ كالتكامل، والتمثيل الرمزي، والتصنيف، وتحليل الأخطاء، والتعميم، والتحديد، واتخاذ القرار، وحل المشكلة، والتجريب، والتقصي.

وللوقوف على الأبعاد التي قد تكون مناسبة لقياس المبادئ والتعميمات العلمية لمجتمع البحث، تم عرض التصنيفات الثلاث على مجموعة من المتخصصين، ومال أغلب سيادتهم لاستخدام عمليات النسق المعرفي بتصنيف "مارزانو الجديد (MNT). وبناءً على كل ما سبق، تبنى البحث الحالي عمليات المعالجة لمستويات "الاسترجاع" و"الفهم" و"التحليل" و"توظيف المعرفة" للنسق المعرفي، وذلك لكونها مسئولة عن المعالجة المؤثرة للمبادئ والتعميمات العلمية. واستثنيت عملية التنفيذ "Executing" بمستوى "الاسترجاع" من تلك العمليات لكون توصيفها

يتعلق بالأداءات البسيطة لمجالي المعرفة للإجراءات "العقلية" و"النفسحركية"، وليس بفئات المعرفة التقريرية التي منها "المبادئ والتعميمات العلمية" [انظر: Marzano & Kendall, 2008: 41].

ويتجلى من كل ذلك، انعكاس مكانة المبادئ والتعميمات العلمية بتصنيفات الأهداف التعليمية الرئيسية وأبعاد معالجتهما، على مدى أهميتها في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة. خاصة وإن دوائر المتحكمات الدقيقة ومكوناتها المختلفة تستند على الكثير من التعميمات والمبادئ الفيزيائية في عملها، والتي تُمكن المتعلم من إدراك وتخيل العلاقات بين مكونات تلك الدوائر وتصميمها وتطويرها وتشغيلها بشكل وظيفي يساعد في حل مشكلات العالم الطبيعي.

وتأكيدًا لأهميتهما، صاغ بهما "مارزانو" قمة البنية المعرفية التقريرية التخصصية، وعنوانها بمنظمات الأفكار (روبرت مارزانو وجون كيندال، ٢٠١٣: ٥٣). ورأى مُعِدّي تصنيف (RBT) أن المبادئ والتعميمات تنمو لتسود المجال المعرفي الأكاديمي، وتستعمل لدراسة الظواهر أو حل المشكلات في مجال التخصص العلمي. وتصف العمليات والعلاقات المتداخلة فيما بين التصنيفات والفئات. وتُمكن المتعلم من البدء في تنظيم الكل في صورة مقتصدة ومتماسكة (لورين أندرسون وديفيد كرازوول، ٢٠٠٦: ١١٣-١١٤).

ورغم كل هذه الأهمية للمبادئ والتعميمات العلمية، إلا أن هناك ندرة في الدراسات التي تناولت أي منهما بشكل مباشر في مجال تعليم العلوم الطبيعية بصفة عامة، وذلك في حدود اطلاع الباحثين. وبالتحري تم التوصل لبعض الدراسات التي حاولت تقصي مدى تنميتهما تحت مظلة المعرفة المفاهيمية في سياق تعليم الفيزياء؛ كدراسة "محمد علي وجمال العلوي" (٢٠٢٤) التي وجدت أثر دال لبرمجية تعليمية مدعومة بالمحاكاة في تعزيز المعرفة المفاهيمية بمادة الفيزياء لطلاب الصف الثالث الثانوي باليمن. ودراسة "Panggabean, Siregar, & Rajagukguk" (2021) التي دللت عن كفاءة فرق الألعاب والبطولات التعاونية لتنمية المعرفة المفاهيمية الفيزيائية لطلاب المرحلة الثانوية بدولة إندونيسيا. وكذلك دراسة "Harahap & Sudrajat" (2018) التي أظهرت فاعلية نموذج التعلم بالاستقصاء العلمي في تنمية المعرفة المفاهيمية الفيزيائية للطلاب بالمرحلة الابتدائية بدولة إندونيسيا. أما دراسة "أسامة عبد اللطيف" (٢٠٢٠) فبينت كفاءة برنامج أنشطة مستند على مدخل مشروعات منحى "STEM" في تحسين فهم مبدأ حفظ الطاقة لتلاميذ الصف الثاني الإعدادي بمحافظة القاهرة.

رابعًا: استخدام النموذج التدريسي المقترح وتنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية:

يرتكز النموذج التدريسي المقترح على ممارسة النمذجة العلمية وتوظيف النماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة. وجوهر ممارسة النمذجة هو تطوير واستخدام أفكار محددة حول الأشياء النظرية والتطبيقية والعلاقات بينها وفيما بينها لمراعاة سلوك الأنظمة في العالم الطبيعي والمصمم. وفي كثير من الأحيان، يمكن أن تُسهم مكونات التفكير الحاسوبي في تحديد هذه العلاقات واستخلاصها، وبالتالي يمكن أن تصبح ممارسة النمذجة والتفكير الحاسوبي متشابكة (Schwarz, Passmore, & Reiser, 2017: 119-122).

وتأكيدًا لذلك، حاول "Gilbert & Justi" (2016: 76-77) التدليل على أن انخراط المتعلمين في أنشطة النمذجة، قد يوفر لهم الفرص لممارسة عمليات التفكير والممارسات العلمية والهندسية المتنوعة، ومنها ممارسة استخدام الرياضيات والتفكير الحاسوبي. ويرى أن هذه الممارسة توظف عادة بشكل جوهري في أنشطة النمذجة المتعلقة بالأفكار الفيزيائية. واتفاقًا مع هذا، أشار "Banker" (2023: 37) إلى أن التدريس القائم على النمذجة يمكن أن يكون مدخل للانخراط في جميع الممارسات العلمية والهندسية الثمانية بما تنطوي عليه من استخدام التفكير الحاسوبي.

وتدعيم النمذجة العلمية بالنماذج اللغوية الكبيرة (LLMs) قد يوفر بيئة مواتية لاستخدام مكونات التفكير الحاسوبي، والوصول للمعارف العلمية التقريرية بما تنطوي عليه من مبادئ وتعميمات علمية. وذلك من خلال تحديد الأفكار الفيزيائية المطلوبة دون غيرها، وتحديد الاستفسار (Prompt) الذي سيوجهه للنموذج اللغوي الكبير، وهندسة صياغته، وفحص الاستجابة المتولدة وتحليلها وتقييمها، واستخلاص الأفكار العلمية منها وتوظيفها في بناء واستخدام النماذج العلمية.

ومن ثم قد يؤدي استخدام النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة؛ لتعزيز قدرة المتعلم على تحديد واستخراج المعلومات الفيزيائية المُفيدة لتحديد الأفكار الرئيسية، واستيعاب وتوظيف المبادئ والتعميمات العلمية التي تحكمها، والإجراء خطوة بخطوة للتعامل مع المكونات الإلكترونية وإنتاج المخرجات والتصميمات المطلوبة، والانخراط في المعالجة العقلية لفهم وحل المشكلات المتعلقة بها والتي لا تكون طرق حلها واضحة. وقد يؤول كل ذلك بالمتعلم للتمرس على تلك المكونات والمستويات المتعلقة بالتفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية.

ويُستَدل من ذلك، أن استخدام النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة قد يؤدي إلى تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية لطلاب الجامعة التكنولوجية. وهذا ما قصد البحث الحالي إلى تحري مدى صحته تجريبيًا.

أوجه الإفادة من الإطار النظري للبحث:

- استخلاص أسس النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة العلمية و(LLMs)، وظهرت نصوص تلك الأسس بالبند الفرعي (أ) من البُعد الرئيسي رقم (٣) بالمحور الأول من الإطار النظري للبحث.
- بناء مراحل النموذج التدريسي المقترح، والخطوات الفرعية لكل مرحلة، وتجلى ذلك بالبند الفرعي (ب) من البُعد الرئيسي رقم (٣) بالمحور الأول من الإطار النظري للبحث.
- تحديد مكونات التفكير الحاسوبي المناسبة لطلاب مجتمع البحث، والتي تمثلت في: "التجريد"، "التفكير الخوارزمي"، "النمذجة والمحاكاة"، "حل المشكلات"، و"التفكير عالي الرتبة".
- تحديد أبعاد قياس "المبادئ والتعميمات العلمية" المناسبة لطلاب مجتمع البحث، والتي تمثلت في مستويات "الاسترجاع" و"الفهم" و"التحليل" و"توظيف المعرفة" للنسق المعرفي بتصنيف (MNT).
- تبين أن متغيرات البحث بجانبيها المستقل والتابع من التوجهات التي تتطلب الدراسة.
- توجيه صياغة الفرضيات التي يسعى البحث للتثبت من صحتها في الصورة الموجهة التالية.

فرضيات البحث:

١. يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ودرجات طلاب المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس التفكير الحاسوبي لصالح أفراد المجموعة التجريبية.
٢. يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لمقياس التفكير الحاسوبي لصالح التطبيق البعدي.
٣. يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ودرجات طلاب المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لاختبار المبادئ والتعميمات لصالح أفراد المجموعة التجريبية.
٤. يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيقين القبلي والبعدي لاختبار المبادئ والتعميمات العلمية لصالح التطبيق البعدي.

الإطار الإجرائي للبحث

للإجابة عن أسئلة البحث، واختبار صحة اتجاه فرضياته، تم القيام بالتالي:

أولًا: اختيار المحتوى العلمي.
ثانيًا: تحديد مكونات التفكير الحاسوبي.
ثالثًا: تحديد أبعاد قياس المبادئ والتعميمات.
رابعًا: تحديد أسس النموذج المقترح.
خامسًا: تصميم مراحل النموذج المقترح.
سادسًا: إعداد دليل القائم بالتدريس.
سابعًا: إعداد أداتي القياس.
ثامنًا: التصميم التجريبي وإجراءات التجربة الميدانية.
تاسعًا: المعالجة الإحصائية.
عاشرًا: عرض النتائج ومناقشتها وتفسيرها.

وتم عرض كل إجراء بالتوضيح كما يلي:

أولًا: اختيار المحتوى العلمي:

تمثل اختيار المحتوى العلمي لفيزياء المتحكمات الدقيقة في وحدات ثلاثة، هي: "المكونات والعناصر الإلكترونية في دوائر المتحكمات الدقيقة والعلاقات الفيزيائية الحاكمة"، "دوائر وحدات الإدخال والإخراج الرقمي"، "دوائر وحدات الإدخال والإخراج التناظرية والخصائص الفيزيائية لمكوناتها الأساسية". وذلك بمادة "أنظمة الميكاترونيكس للتقنيين" المقررة بالفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي ٢٠٢٣/٢٠٢٤م على طلاب برنامج "الميكاترونيكس" "Mechatronics" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية. وذلك للأسباب التالية:

- يمثل محتوى هذا المقرر تكامل بين المعارف الفيزيائية وتطبيقاتها الهندسية في الدوائر الكهربية والإلكترونية وعمليات التحكم الصناعي؛ كتطبيقات قانون "أوم" وقانوني "كيرشوف" ومعادلات "ماكسويل" و"ديزاك، مع دوائر المتحكمات الدقيقة. وكذلك تحديد المتغيرات الفزيائية واستقبالها وتعيين كمياتها من خلال "Sensors"، وتحويلها الى إشارات كهربية يمكن معالجتها وفقا لكود التشغيل، ومن ثم التحكم في المشغلات "Actuators"، والتي تعمل بدورها وفقًا لمبادئ فيزيائية عديدة كمبدئ حفظ الطاقة وتحويلها من صورة إلى أخرى.
- يعتبر بمثابة متطلب قبلي لأغلب مقررات برنامج "الميكاترونيكس"، ويصعب على الطالب الانخراط في دراستها دون استيعاب موضوعات هذا المحتوى، إضافة إلى أنه يحوي تطبيقات فيزيائية وتقنية تتعلق بإعداد الطالب وتأهيله للمهن المتعلقة بـ(STEM)، مما يتطلب تعلمها وممارستها بشكل تطبيقي ووظيفي.
- يُمثل محتواها وما ينطوي عليه من أنشطة علمية لتصميم وبناء دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة مجال خصب لاستخدام النموذج المقترح بما يرتكز عليه من نمذجة علمية و(LLMs).

- قد يجد الطالب في دراسته لذلك المحتوى العلمي صعوبة لاستيعاب وتوظيف خبراته العلمية وفق عمليات المعالجة العقلية العليا.
- تُعد مدة دراسة المحتوى العلمي مناسبة نسبيًا، حيث تمتد لـ (١١) أسبوعًا دراسيًا، بواقع (٢٢) لقاء تدريسي تتضمن (اللقاءات العملية والنظرية)، مما قد يتيح تنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات.

ثانيًا: تحديد مكونات التفكير الحاسوبي:

تم تحديد أبعاد التفكير الحاسوبي المناسبة لأفراد مجتمع البحث من خلال الإطار النظري بالبُعد الثاني لمحور التفكير الحاسوبي، وتمثلت في خمسة أبعاد، هي: التجريد، التفكير الخوارزمي، النمذجة والمحاكاة، حل المشكلات، التفكير عالي الرتبة. **وبذلك يكون قد تمت الإجابة على السؤال الأول للبحث وفقًا لنصه المذكور آنفًا.**

ثالثًا: تحديد أبعاد قياس المبادئ والتعميمات العلمية:

تم تحديد أبعاد قياس المبادئ والتعميمات من خلال الإطار النظري بالبُعد الثاني بالمحور الثالث المتعلق "بالمبادئ والتعميمات العلمية"، وغطت المستويات الأربعة للنسق المعرفي بتصنيف "مارزانو" الجديد (MNT)، المتمثلة في: (الاسترجاع، الفهم، التحليل، توظيف المعرفة). بحيث تراعي جميع عمليات المعالجة العقلية التي تتضمنها تلك المستويات، عدا عملية التنفيذ "Executing" بمستوى "الاسترجاع" لكونها تتعلق بمجالي المعرفة للإجراءات "العقلية" و"النفسحركية"، وليس بمجال المعرفة التقريرية التي تتضمن "المبادئ والتعميمات العلمية". **وبذلك يكون قد تمت الإجابة على السؤال الثاني للبحث وفقًا لنصه المذكور آنفًا.**

رابعًا: تحديد أسس النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية.

تم التوصل للقائمة النهائية بأسس النموذج المقترح خلال الإطار النظري للبحث، وذلك كما هو موضح بالبُعد الفرعي (أ) من البُعد الرئيسي رقم (٣) بالمحور الأول من الإطار النظري للبحث، وتكونت تلك القائمة من (١٠) أسس. **وبذلك يكون قد تم الإجابة على السؤال الثالث للبحث، وفقًا لنصه المذكور آنفًا.**

خامسًا: تصميم النموذج المقترح القائم على النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) **لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة بالمرحلة الجامعية.** مر بالخطوات التالية:

- تصميم النموذج التدريسي المقترح خلال الإطار النظري للبحث، والذي تكون من خمس مراحل متتابعة ومتكاملة، وانطوت كل مرحلة على عدد من الخطوات الإجرائية. وذلك كما هو موضح بالبُعد الفرعي (ب) من البُعد الرئيسي رقم (٣) بالمحور الأول من الإطار النظري للبحث. هذا وتم تصميم النموذج المقترح بناءً على الأسس التي تم الإشارة إليها في الخطوة السابقة، والإفادة من صيغ استخدام النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) في تدريس العلوم الطبيعية، كما تجلت أمثلة لها بالبُعدين الرئيسيين الأول والثاني بالمحور الأول للإطار النظري.
- تحديد أدوار القائم بالتدريس والمتعلم في تنفيذ النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة العلمية ونماذج اللغة الكبيرة (LLMs) لتدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة بالمرحلة الجامعية. وتم تبيان ذلك بالبُعد الفرعي (ب) من البُعد الرئيسي رقم (٣) بالمحور الأول من الإطار النظري للبحث.
- وللتأكد من قابلية النموذج المقترح للاستخدام في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة، تم عرضه على مجموعة من السادة المتخصصين بالتربية العلمية وتعليم الفيزياء والإلكترونيات والتحكم الصناعي وعلم النفس. وأفصح سيادتهم عن مناسبته، وأشار أحدهم لإضافة: عبارة (ومدى إتاحتها) بالخطوة الثانية بالمرحلة الأولى للنموذج المقترح، وعبارة (أو أكثر) بالخطوة الرابعة بالمرحلة الثانية. ونظرًا لمنطقية هذين التعديلين وبساطتهما، تم إجراؤهما على نسختها المسطرة بالإطار النظري والمُشار لموضعها سابقًا.
- ولمزيد من الاطمئنان لصلاحية النموذج التدريسي للتطبيق، تم تجربته على عينة استطلاعية قوامها (٢٥) طالب وطالبة من نفس مجتمع البحث بنهاية الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي ٢٠٢٣/٢٠٢٤، وذلك لمراقبة مناسبته قبل تطبيقه على مجموعة الدراسة الأساسية. وكان المحتوى العلمي الذي تم تدريسه باستخدامه، موضوع (المكونات الإلكترونية والعلاقات الفيزيائية الحاكمة لها بدوائر المتحكمات الدقيقة)، بإطار زمني ثلاث جلسات تدريسية (بواقع ساعة ونصف لكل جلسة)، وقام بالتدريس أحد الباحثين المُعدين للبحث الحالي. وبملاحظة تصرفات الطلاب وتفاعلهم مع مراحل النموذج التدريسي المقترح، تبين صلاحيته للتطبيق، ومن ثم أصبح النموذج التدريسي المقترح جاهزة للاستخدام في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لطلاب الجامعة التكنولوجية. **وبذلك يكون قد تم الإجابة عن السؤال الرابع للبحث وفقًا لنصه السابق.**

سادسًا: دليل القائم بالتدريس (إعداد الباحثين):

لتدريس المحتوى العلمي وفق النموذج التدريسي المقترح، تم إعداد دليل القائم بالتدريس وفقًا لأسسه ومراحله المنوه إليهما آنفًا. وذلك للاسترشاد به في تدريس موضوعاته، وليكون بمثابة دليل مرجعي لتيسير مواقف التعلم بما يساعد قي تحقيق الأهداف المرجوة من تدريس المحتوى العلمي. ويمتاز الدليل بمرونة إجراءاته، ويحرر مستخدمه من الالتزام الحرفي بها، ويتيح له التعديل في ضوء أسس ومراحل النموذج التدريسي المقترح. وتضمن الدليل: مقدمة، وتوجيهات وإرشادات عامة، والأسس المرتكز عليها النموذج التدريس المقترح، ومراحل استخدامه في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، والأهداف العامة والإجرائية للوحدات الثلاث للمحتوى، والخريطة الزمنية لتدريس موضوعاتها. وكذلك خطة تنفيذ كل موضوع وفقًا لهذا النموذج. هذا واشتملت خطة كل موضوع: الأهداف التدريسية، وأمثلة من المبادئ والتعميمات العلمية المتضمنة بالموضوع، ومصادر التعليم/التعلم، والغلاف الزمني المقترح لتقديمه، وإجراءات تدريسه وفق كل مرحلة من مراحل النموذج.

ووصفت إجراءات سير المرحلة الأولى: تجهيز المكونات المتوقعة لممارسة النمذجة العلمية، ومنها المكونات الإلكترونية، وكذلك بناء لوحات التوصيل الإلكترونية الأساسية، خطوات إعدادها موضحة بدليل المعلم (وهي من إعداد الباحثين)، وتسمح للطالب بتشكيل نماذج لدوائر متحكمات جاهزة أو مبتكرة، وتركيب وفك واستبدال وإضافة المكونات والعناصر الإلكترونية المختلفة عليها [كما بالصورة (١)]. وصممت هذه اللوحات لكون إعدادها يحتاج لوقت وإمكانات قد لا تتوافر لبعض الطلاب، إضافة إلى أنها تعتبر قاعدة أساسية لبناء وتصميم نماذج فعلية لدوائر متحكمات دقيقة. ولا تُفرض على الطلاب، بل يُسمح لهم بتصميم غيرها وفقًا لمتطلباتهم. وإضافة لذلك؛ تُحدد (LLMs) والبدائل المناسبة منها وفق إمكاناتها وطبيعة الموضوع العلمي، والتأكد من صلاحية روابطها الإلكترونية ومدى إتاحتها للمستخدمين. كما تضمنت خطوات سير المراحل التالية؛ صور تفاعلية وملفات مرئية وعروض تقديمية ودوائر

صورة (1) لوحة توصيلات أساسية مثبت عليها بعض المكونات الإلكترونية

ووحدات إلكترونية افتراضـــية، وأوراق عمل، وبطاقات أنشـــطة، وكيفية بناء أدوات تقييم بنائي إلكترونية للموضوع العلمي، والحصول على التغذية الراجعة التصحيحية.

وقد تم عرض الدليل على مجموعة من المحكمين، لإبداء الرأي بشـأنه. وأشـار سـيادتهم لصـــلاحيته للتطبيق، ونصـــح بعضـــهم بإظهار أمثلة المبادئ والتعميمات بعد الأهداف الإجرائية، وتزويد الدليل بصـــور واضـــحة للوحات دوائر المتحكمات، وتم مراعاة ذلك في الصـــياغة النهائية للدليل، وبذلك أصبح دليل القائم بالتدريس [ملحق (٢)]، صالح وجاهز للاستخدام.

سابعًا: إعداد أداتي القياس (إعداد الباحثين):

- مقياس التفكير الحاسوبي لطلاب الجامعة التكنولوجية (إعداد الباحثين).
- اختبار المبادئ والتعميمات العلمية بمحتوى فيزياء المتحكمات الدقيقة (إعداد الباحثين).

١- مقياس التفكير الحاسوبي لطلاب الجامعة التكنولوجية: تم إعداده وفقًا للخطوات التالية:

- **الهدف من المقياس:** قياس مستوى التفكير الحاسوبي لدى طلاب الجامعة التكنولوجية.
- **أبعاد المقياس:** تم تحديد أبعاد التفكير الحاســوبي المناســبة لأفراد مجتمع البحث من خلال الإطار النظري بالبُعد الثاني لمحور التفكير الحاسوبي، وتمثلت في خمسة أبعاد، هي: التجريد، التفكير الخوارزمي، النمذجة والمحاكاة، حل المشكلات، التفكير عالي الرتبة.
- **صـــياغة المفردات:** تم الإفادة من بعض الأدبيات والدراســـات التي تناولت قياس التفكير الحاســوبي، مثل: (Korkmaz et al., 2017; Guggemos, Seufert & Román-González, 2019) وذلك في صـوغ المفردات وفقًا لطريقة ليكرت خماسية الاستجابة (تنطبق دائمًا، تنطبق أحيانًا، لا تنطبق، لا تنطبق دائمًا). وجزء من هذه المفردات إيجابي الصـــياغة، والجزء الآخر ســـلبي الصياغة. وروعي في صوغها أن تكون واضحة ومناسبة لمجتمع البحث.
- **طريقة الاستجابة والتصحيح:** يستجيب الطلاب على مفردات مقياس التفكير الحاسوبي في نفس كراســة مفردات المقياس، وذلك تيســيرًا عليهم، حيث يســجل الطالب علامة (✓) أمام العبارة وأسفل الاستجابة المناسبة لها. وتقدر درجة المفردة الموجبة الصياغة بـ(٥، ٤، ٣، ٢، ١) وفقًا لترتيب الاستجابة كما وُضحت آنفًا، وفي حالة الصياغة السلبية تقدر بـ (١، ٢، ٣، ٤، ٥).
- **الصورة الأولية للمقياس:** تضـمنت (٢٦) مفردة، وزعت على أبعاد المقياس الخمسـة، بواقع (٦) مفردات لبُعد التجريد، و(٥) مفردات لكل بُعد من الأبعاد الأربعة الباقية.

- **آراء السادة المحكمين:** تم عرض مقياس التفكير الحاسوبي في صورته المبدئية على السادة المحكمين لتعرف آرائهم حول: وضوح الصياغة، وارتباط المفردات بأبعاد المقياس، ومناسبتها لمجتمع البحث. وأشار سيادتهم لسلامة المفردات ومناسبتها لمجتمع البحث.
- **حساب الخصائص السيكومترية لمقياس التفكير الحاسوبي:** تم تطبيق المقياس يوم (١٢ ديسمبر ٢٠٢٣م)، وذلك على أفراد مجموعة حساب الخصائص السيكومترية البالغ قوامها (٤٢) طالب وطالبة من طلاب برنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية، والذين سبق لهم دراسة المحتوى العلمي لفيزياء المتحكمات الدقيقة، وذلك لحساب ما يلي:
- **ثبات الاختبار:** تم تقدير ثبات مقياس التفكير الحاسوبي بطريقة "ألفا كرونباخ"، وتراوحت قيم معاملات "ألفا" لأبعاد المقياس من (٠.٧٤٩: ٠.٨١١) كما بجدول (١)، في حين وصلت قيمته للمقياس ككل (٠.٩٢١)، وجميعها قيم مقبولة، مما يدل أنه ذات درجة ثبات مناسبة.

جدول (١) قيم معاملات "ألفا" كرونباخ لأبعاد مقياس التفكير الحاسوبي

المكون	التجريد	التفكير الخوارزمي	النمذجة والمحاكاة	حل المشكلات	التفكير عالي الرتبة
معامل الفا كرونباخ	٠,٧٤٩	٠,٨١١	٠,٨٠٦	٠,٧٤٩	٠,٧٧٣

وبحساب معامل ألفا لثبات أبعاد مقياس التفكير الحاسوبي في حالة غياب كل مفردة على حدة، وجد أن جميع معاملاتها في حالة غياب مفردات الأبعاد الخمسة تقل عن معامل ألفا للبُعد الذي تنتمي إليه. مما يدل على أن حذف أي منها لن يسهم في رفع معامل ثبات البُعد الذي تنتمي إليه.

- **الاتساق الداخلي:** تم حساب الاتساق الداخلي لمقياس التفكير الحاسوبي بحساب مصفوفة معاملات الارتباط بين درجات أفراد المجموعة لكل مفردة على حدة ودرجاتهم للمفردات الأخرى، وكان "متوسط معاملات الارتباط بين المفردات" –المرادف لمصطلح "الاتساق الداخلي"– لكل مستوى وللمقياس ككل كما بجدول (٢)، حيث تراوحت من (٠.٣١٢: ٠.٤٦٣)، وجميعها قيم مقبولة، مما يدل على مقبولية الاتساق الداخلي لمفردات الاختبار.

جدول (٢) قيم معاملات الاتساق الداخلي للمقياس

البُعد	التجريد	التفكير الخوارزمي	النمذجة والمحاكاة	حل المشكلات	التفكير عالي الرتبة	الاختبار ككل
معامل الاتساق الداخلي	٠,٣٣٣	٠,٤٦٣	٠,٤٥٨	٠,٣٧٤	٠,٤٠٨	٠,٣١٢

كما تم حســـاب معاملات الارتباط بين درجات أفراد المجموعة في كل بُعد من أبعاد المقياس ودرجاتهم الكلية عليه، كما هو مُبين بجدول (٣). وقد تراوحت معاملات الارتباط من (٠.٧٥٠: ٠.٨٤٦)، وجميعها قيم دالة عند مستوى (٠.٠١)، مما يدل على صلاحية الاختبار للتطبيق.

جدول (٣) قيم معاملات الارتباط بين كل بعد من أبعاد المقياس والدرجة الكلية

البُعد	التجريد	التفكير الخوارزمي	النمذجة والمحاكاة	حل المشكلات	التفكير عالي الرتبة
قيمة (ر)	٠,٨٠٦	٠,٧٥٠	٠,٨٤٠	٠,٨١٠	٠,٨٤٦

- **مدى وضـوح التعليمات:** أفصـح أفراد مجموعة الخصـائص السـيكومترية عن وضـوح صـياغة بنود مقياس التفكير الحاسوبي، وبذلك أصبحت مناسبة لمجتمع البحث من طلاب الجامعة التكنولوجية.
- **الصـورة النهائية لمقياس التفكير الحاسـوبي:** تضـمن المقياس في صـورته النهائية (٢٦) مفردة [ملحق رقم (٤)]. ودرجته العظمى (١٣٠) درجة، ويوضح جدول (٤) توصيفه.

جدول (٤) توصيف مقياس التفكير الحاسوبي

م	أبعاد المقياس	أرقام العبارات		عدد المفردات	الوزن النسبي
		الموجبة	السالبة		
١	التجريد	١، ٢، ٤	٣، ٥، ٦	٦	٢٣,٠٨٪
٢	التفكير الخوارزمي	٨، ١٠، ١١	٧، ٩	٥	١٩,٢٣٪
٣	النمذجة والمحاكاة	١٢، ١٣، ١٤	١٥، ١٦	٥	١٩,٢٣٪
٤	حل المشكلات	١٨، ١٩، ٢١	١٧، ٢٠	٥	١٩,٢٣٪
٥	التفكير عالي الرتبة	٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥	٢٦	٥	١٩,٢٣٪
	المجموع	١٦	١٠	٢٦	١٠٠٪

٢- **اختبـار المبـادئ والتعميمـات العلميـة لمحتوى فيزيـاء المتحكمـات الـدقيقـة:** أُعـد وفقًـا للخطوات التالية:

- **الهدف من الاختبار:** قياس مســـتوى المبادئ والتعميمات العلمية بمحتوى فيزياء المتحكمات الدقيقة لدى طلاب الفرقة الثانية ببرنامج "الميكاترونيكس" "Mechatronics" بالجامعة التكنولوجية.
- **أبعاد الاختبار:** وفقًا لما نُوِه إليه بالند ثالثًا من الإطار الإجرائي؛ حددت أبعاد الاختبار في المستويات الأربعة للنسق المعرفي بتصنيف "مارزانو" الجديد (MNT)، المتمثلة في: (الاسترجاع، الفهم، التحليل، توظيف المعرفة). وتم مراعاة جميع عمليات المعالجة العقلية التي تتضـــمنها تلك المستويات، عدا عملية التنفيذ "Executing" بمستوى "الاسترجاع".

- **صـــياغة مفردات الاختبار:** وفقًا لتوصـــيات "مارزانو" بتصـــنيفه الجديد للأهداف التعليمية (Marzano & Kendall, 2007; Marzano & Kendall, 2008)، تم صوغ مفردات الاختبار كما يلي:
  - مفردات بُعد "الاســـترجاع" جزء منها من نمط الاختيار من متعدد ذي البدائل الأربعة لقياس عملية "التعرف". والجزء الآخر من نمط الاستجابة الإنشائية القصيرة لقياس عملية "الاستدعاء".
  - مفردات الأبعاد الثلاثة الأخرى من نمط الاســـتجابة الموســـعة، والتي قد يصـــاحبها التدعيم بمنظمات رسومية أو رسوم بيانية وما إلى ذلك.
- **طريقة الاستجابة والتصحيح:** بعد إكمال صَوغ مفردات الاختبار، تم ترتيبها في جزئين:
  - **الجزء الأول:** مفردات "الاختيار من متعدد"، ويســـتجيب عليه الطالب بوضـــع دائرة حول رقم البديل الصحيح لكل مفردة. وتقدر درجة المفردة بدرجة واحدة في حالة اختيار الاستجابة الصحيحة.
  - **الجزء الثاني:** المفردات ذات نمط الاستجابة الإنشائية القصير أو الموسعة والمصحوب منها برسوم بيانية أو تخطيطية أو جداول وما إلى ذلك، يُدون الطالب اســـتجابته على تلك المفردات في المكان المخصص لذلك، وتقدر الاستجابة عليها كما يلي:
    * استجابات المفردات الإنشائية ذات الاستجابات القصيرة لعملية "التعرف" بمستوى "الاسترجاع"؛ تقدر من درجةٍ إلى درجتين، وتُعطى الإجابة المتروكة أو الخطأ صفرًا.
    * استجابات المفردات الإنشائية لعمليات مستويات الفهم والتحليل وتوظيف المعرفة، تقدر من درجةٍ إلى ثلاث درجات وفقًا لقواعد التقدير المتدرجة المُعدة لذلك، وتُعطى الإجابة المتروكة أو الخطأ صـــفرًا.

    هذا وقد تم إعداد مفتاح التصـــحيح لأجزاء الاختبار الثلاثة [ملحق رقم (٤)]. هذا ولتيســـير تدوين الاستجابة؛ أُتيح للطلاب أماكن مخصصة للاستجابة بكراسة أسئلة الاختبار.
- **الصـــورة الأولية للاختبار:** تم إعداد اختبار المبادئ والتعميمات في صـــورته الأولية، حيث تضـــمن (٢٦) مفردة، كان نصـــيب المبادئ العلمية منها (١٢) مفردة، و(١٤) مفردة للتعميمات. وبالنسبة لتوزيعها وفقًا لعمليات المستويات الأربعة؛ كان بيانها كالتالي:
  - (٩) مفردات لمســـتوى "الاســـترجاع"، منهم (٦) مفردات من نمط الاختيار من متعدد لعملية "التعرف" [رقمت من (١): (٦)]، و(٣) مفردات من نمط الاستجابات الإنشائية ذات الاستجابات القصيرة لعملية "الاستدعاء" [كان ترقيمها من (٧): (٩)].
  - (١٧) مفردة من نمط الأسئلة ذات الاستجابات الإنشائية القصيرة والموسعة. منهم (٦) مفردات لعمليات مستوى الفهم، و(٦) مفردات لعمليات التحليل، و(٥) مفردات لعمليات توظيف المعرفة.

- **آراء المحكمين:** بعد تهيئة الصورة الأولية لاختبار "المبادئ والتعميمات العلمية"، تم عرضها على مجموعة من المتخصصين. وأشار سيادتهم لبعض الملاحظات منها على سبيل المثال: تعديل صياغة التعميم العلمي في مقدمة السؤال رقم (٦)، وتنظيم عناصر الاستشعار "Sensors" المتصلة بالمتحكمات الإلكترونية الدقيقة المذكورة في المفردة رقم (٢٠) على هيئة نقاط لإظهارها.
- **الخصائص السيكومترية للاختبار:** تم تطبيق اختبار المبادئ والتعميمات يوم الاثنين الموافق ١٨ ديسمبر ٢٠٢٣م على مجموعة حساب الخصائص السيكومترية، البالغ عددها (٤٢) طالب وطالبة من طلاب برنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية، والذين سبق لهم دراسة المحتوى العلمي لفيزياء المتحكمات الدقيقة، وذلك لحساب ما يلي:
- **ثبات الاختبار:** قُدر ثبات اختبار المبادئ والتعميمات العلمية بطريقة "ألفا كرونباخ"، وتراوحت قيم معاملات "ألفا" لأبعاد الاختبار من (٠.٨٢٣: ٠.٨٤٥) كما بجدول (٥)، في حين وصلت قيمته للاختبار ككل (٠.٩٢٧)، وجميعها قيم مقبولة، مما يدل أنه ذات درجة ثبات مناسبة.

جدول (٥) قيم معاملات "ألفا" كرونباخ لأبعاد اختبار "المبادئ والتعميمات العلمية"

البعد	الاسترجاع	الفهم	التحليل	توظيف المعرفة
معامل الفا كرونباخ	٠,٨٤٥	٠,٨٤٢	٠,٨٢٨	٠,٨٢٣

وبحساب معامل ألفا لثبات أبعاد اختبار المبادئ والتعميمات العلمية في حالة غياب كل مفردة على حدة، وجد أن معاملات ألفا في حالة غياب مفردات الأبعاد الأربعة تقل عن معامل ألفا للبُعد الذي تنتمي إليه، ما عدا المفردة الثالثة في مستوى الاسترجاع والمفردة رقم (١٨) التابعة لمستوى التحليل؛ حيث زادت قيمة معامل ألفا للبُعد الذي تنتمي إليه في حالة غياب كل منهما إلى (٠.٨٦٠) و(٠.٨٤٠) على الترتيب، وقد استبقي على العبارتين لكون ثبات مستوييهما لن يرتفع بشكل مؤثر عند حذفهما.

- **الاتساق الداخلي:** تم حساب الاتساق الداخلي لاختبار المبادئ والتعميمات العلمية بحساب مصفوفة معاملات الارتباط بين درجات أفراد المجموعة لكل مفردة على حدة ودرجاتهم للمفردات الأخرى، وكان "متوسط معاملات الارتباط بين المفردات" لكل مستوى وللاختبار

ككل كما بجدول (٦)، حيث تراوحت من (٠.٣٤٠: ٠.٤٨٧)، وجميعها قيم مقبولة، مما يدل على مقبولية الاتساق الداخلي لمفردات الاختبار.

جدول (٦) قيم معاملات الاتساق الداخلي للاختبار

البعد	الاسترجاع	الفهم	التحليل	توظيف المعرفة	الاختبار ككل
معامل الاتساق الداخلي	٠,٣٨٦	٠,٤٨٢	٠,٤٥٨	٠,٤٨٧	٠,٣٤٠

كما تم حساب معاملات الارتباط بين درجات أفراد المجموعة في كل بُعد من أبعاد الاختبار ودرجاتهم الكلية عليه، كما هو مُبين بجدول (٧). وقد تراوحت معاملات الارتباط من (٠.٧٤٢: ٠.٩١٨)، وجميعها قيم دالة عند مستوى (٠.٠١)، مما يدل على صلاحية الاختبار للتطبيق.

جدول (٧) قيم معاملات الارتباط بين كل بعد من أبعاد الاختبار والدرجة الكلية

البعد	الاسترجاع	الفهم	التحليل	توظيف المعرفة
قيمة (ر)	٠,٧٤٢	٠,٩١٨	٠,٨٤٣	٠,٨٤٠

- **معاملات الصعوبة والتمييز للمفردات:** حُسبت معاملات صعوبة لمفردات "الاختيار المُقيد" والإنشائية القصيرة والموسعة للاختبار وفقًا لتوصيف "معامل صعوبة المفردة "بأنه "نسبة من استجابوا على المفردة بشكل صائب" (Crocker & Algina, 2008: 90)، بمعنى أنه كلما زاد "معامل الصعوبة" قلة صعوبة المفردة وزادت سهولتها. ووجد أن معاملات الصعوبة تتراوح من (٠.٢٥: ٠.٧٦)، وتتنوع بين الصعبة ومتوسطة الصعوبة والسهلة تبعًا لمؤشر صعوبة المفردات، ولا تشتمل مفردات شديدة الصعوبة (أقل من أو يساوي٠.٢٠) أو شديدة السهولة (أكبر من ٠.٨٠).

وبالنسبة لحساب معامل تمييز المفردة "P–Value Item Discrimination"؛ تم حسابه اعتمادًا على قيمة (ر) وفقًا لتعريفه بأنه عبارة عن "الارتباط بين الأداء على المفردة والأداء على معيار خارجي أو الدرجة الكلية للاختبار" (Wu, Tam & Jen, 2017: 84 ;Hogan, 2019: 172). وبحساب معاملات تمييز المفردات باستخدام "SPSS" وفقًا لذلك؛ وجد أنها تقع في المدى المقبول حيث تراوحت بين (٠.٤٠١: ٠.٧٧٠)، ما عدا المفردة رقم (٣) حيث بلغ معامل تمييزها (٠.٣٠٤) والمفردة رقم (٥) التي وصل معامل تمييزها (٠.٣٧١)، وتم مراجعة المفردتين وتعديل صياغتهما.

- **تحديد الزمن المناسب للاختبار:** تبين أن متوسط زمن استجابة طلاب وطالبات المجموعة على جميع مفردات اختبار المبادئ والتعميمات العلمية بلغ تقريبا (٩٠) دقيقة، وعلى ذلك اعتبر الزمن المناسب للاستجابة على الاختبار ساعة ونصف.

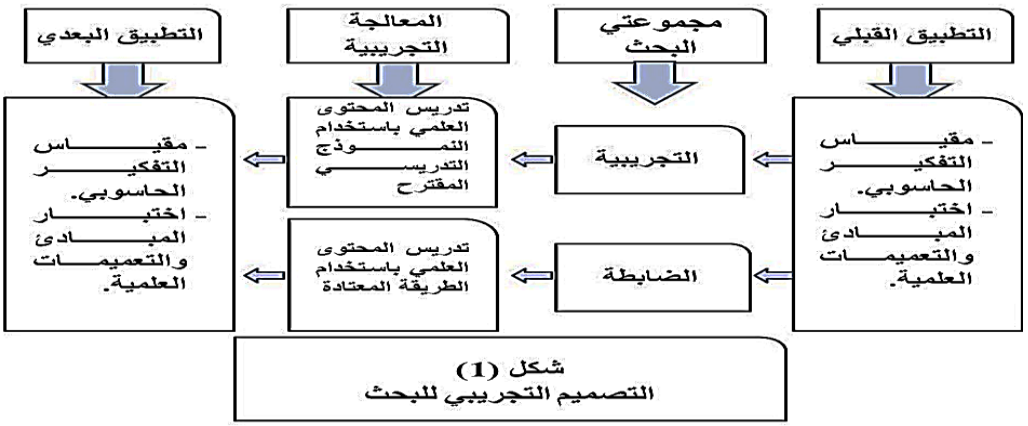
- **وضوح تعليمات الاختبار**: كان هناك بعض الاستفسارات من الطلاب والطالبات المستجيبين حول بعض المصطلحات في مفردات الاختبار مثل (مبدأ علمي- تعميم علمي- خصائص غير ضرورية- منظم رسومي- مرآب)، وتم إعادة صياغتها وعرضها مجددًا على مجموعة من الطلاب والطالبات للتأكد من وضوحها. وأكدوا على وضوحها، مما دل على ملائمة الاختبار لمجموعة البحث.
- **الصورة النهائية لاختبار المبادئ والتعميمات العلمية**: تضمن الاختبار في صورته النهائية (٢٦) مفردة [ملحق رقم (٤)]. ودرجته العظمى (٦٣) درجة وفقًا لما تم توضيحه سابقًا لتقدير الدرجات، ويوضح جدول (٨) توصيفه.

جدول (٨) توصيف اختبار المبادئ والتعميمات العلمية

الوحدة	المبادئ والتعميمات	أرقام الأسئلة في أبعاد الاختبار				عدد المفردات ودرجاتها			
		الاسترجاع	الفهم	التحليل	توظيف المعرفة	عدد المفردات	النسبة	جملة الدرجات	نسبة الدرجة
الأولى	التعميمات	٢، ٧	١٣	٢١	٢٣	٥	١٩,٢٪	١٢	١٩,١٪
	المبادئ	٣	١٤	١٦	٢٥	٤	١٥,٤٪	١٠	١٥,٩٪
الثانية	التعميمات	١	١٢	٢٠	٢٤	٤	١٥,٤٪	١٠	١٥,٩٪
	المبادئ	٨، ٩	١١	١٨		٤	١٥,٤٪	١٠	١٥,٩٪
الثالثة	التعميمات	٥، ٦	١٠	١٧	٢٢	٥	١٩,٢٪	١١	١٧,٥٪
	المبادئ	٤	١٥	١٩	٢٦	٤	١٥,٤٪	١٠	١٥,٩٪
الإجمالي	مفردات التعميمات	٥	٣	٣	٣	١٤	٥٣,٨٪	٣٣	٥٢,٤٪
	مفردات المبادئ	٤	٣	٣	٢	١٢	٤٦,٢٪	٣٠	٤٧,٦٪
	العدد الكلي للمفردات	٩	٦	٦	٥	٢٦	١٠٠٪	٦٣	١٠٠٪
	الدرجة العظمى	١٢	١٨	١٨	١٥	-	-	٦٣	١٠٠٪

ثامنًا: التصميم التجريبي وإجراءات التجربة الميدانية:

تم استخدام المنهج التجريبي نظام المجموعتين المتكافئتين في البحث الحالي، وبذلك استخدم نمط التصميم البحثي "شبه التجريبي"، نظام المجموعتين التجريبية والضابطة ذات القياس القبلي والبعدي، والذي يعتمد على مقارنة نتائج التطبيق البعدي لمقياس التفكير الحاسوبي واختبار المبادئ والتعميمات العلمية لأفراد المجموعتين المتكافئتين (التجريبية التي تدرس باستخدام النموذج المقترح القائم على النمذجة والنماذج اللغوية الكبيرة، والضابطة التي تدرس بالطريقة المعتادة)، ويتضح التصميم التجريبي في الشكل التالي.



شكل (1)
التصميم التجريبي للبحث

وفيما يلي إجراءات التجربة الميدانية وفق هذا التصميم:

١. اختيار مجموعة البحث:

تكونت مجموعة البحث الأساسية من (٦٤) طالب وطالبة من طلاب الفرقة الثانية ببرنامج "الميكاترونيكس" بالكلية المصرية الكورية لتكنولوجيا الصناعة والطاقة بجامعة بني سويف التكنولوجية، للفصل الدراسي الثاني بالعام الدراسي (٢٠٢٣/٢٠٢٤م)، وكان قوام كل من التجريبية والضابطة (٣٢) طالب وطالبة.

٢- تهيئة القائم بالتدريس لتطبيق تجربة البحث:

قام عضو هيئة التدريس الذي أسند له تدريس المحتوى العلمي لطلاب البرنامج الذي تقع فيه مجموعة البحث الأساسية، وهو: د. محمد السيد عبد البر الزعليك (أحد مُعِدَّي البحث الحالي)؛ بالتدريس لطلاب المجموعتين التجريبية والضابطة. ولم يتيسر إسناد التدريس للمجموعة الضابطة لعضو هيئة تدريس مختلف. لذا تم أخذ الحيطة والحذر بالشكل الذي لا يجعل طلاب المجموعة الضابطة يتأثروا بسياق تعلم التجريبية أو ينتقل لهم أثر التعلم؛ وذلك بتجنب حضور أي من أفراد إحدى المجموعتين مع الأخرى، وتدريس الموضوعات بترتيب يبدو مختلف عن ترتيب تدريسها للمجموعة الثانية، وإيهام كل مجموعة بأنها تدرس موضوعات محتوى علمي مختلفة عن الأخرى، إضافة لاستبعاد نتائج تقييم طلاب الضابطة الذين تبين أنهم على صلة بطلاب من المجموعة التجريبية.

وقبل البدء في التدريس؛ تم مراجعة أسس النموذج التدريسي مع القائم بالتدريس، وكيفية تنفيذ مراحله لتحقيق الأهداف المرجوة، وإعادة الاطلاع على الدليل المرجعي للقائم بالتدريس، ومناقشة كيفية الإفادة منه، والتأكد من توافر الموارد اللازمة لتنفيذ أنشطته المقترحة.

٣. **التطبيق القبلي لأداتي القياس:** تم التطبيق القبلي لمقياس التفكير الحاسوبي واختبار المبادئ والتعميمات العلمية على مجموعتي البحث يوم الأربعاء ١٤/ ٢/ ٢٠٢٤م، وذلك بهدف التأكد من تكافؤ المجموعتين، وتشخيص المستوى المبدئي للطلاب. وكانت النتائج كالتالي:

جدول (٩) نتائج التطبيق القبلي لمقياس التفكير الحاسوبي واختبار المبادئ والتعميمات (ن=٣٢)

أداة القياس	المجموعة	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة (ت)	مستوى الدلالة
مقياس التفكير الحاسوبي	ضابطة	٦٠,٥٣	٧,٦١	٠,٥٠٤	غير دالة
	تجريبية	٥٩,٥٠	٨,٧٣		
اختبار المبادئ والتعميمات العلمية	ضابطة	٤,٢٢	٥,٨٨	٠,٤٧٨	غير دالة
	تجريبية	٣,٥٩	٤,٤٨		

يستدل من هذه النتائج على تكافؤ مجموعتي البحث؛ حيث لا توجد فروق دالة إحصائيًا بين متوسطي درجاتهما القبلية عند مستوى دلالة (٠.٠٥) على مقياس التفكير الحاسوبي، وكذلك على اختبار المبادئ والتعميمات العلمية.

٤. **تدريس المحتوى العلمي:** تم البدء يوم الأربعاء ٢٠٢٤/٢/٢١ في تدريس المحتوى العلمي للمجموعة التجريبية باستخدام النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة، والتدريس للمجموعة الضابطة بالطريقة المعتادة. وأُتمم التدريس للمجموعتين يوم الأربعاء ٢٠٢٤/٥/٨.

ولوحظ في بداية التطبيق؛ شكوى طلاب المجموعتين من صعوبة موضوعات محتوى المتحكمات الدقيقة، وأشاروا إلى أن دراستها تتطلب خبرات وقدرات عالية. وبمرور الوقت؛ بدا الضجر من استكمال التكليفات والمشاريع الدراسية واضحًا على بعض أفراد المجموعة الضابطة. وفي المقابل أبدى طلاب المجموعة التجريبية إقبال على دراسة موضوعات المحتوى وتنفيذ التكليفات وبناء النماذج العلمية، وتوظيف أعمق لإمكانات النماذج اللغوية الكبيرة. كما أشار طلاب المجموعة التجريبية إلى أن طريقة التدريس الجديدة ساعدتهم في اكتشاف خبرات جديدة، وطورت من أفكارهم، وزادت من ثقتهم في ذواتهم بأنهم يستطيعون إنتاج دوائر متحكمات دقيقة يُمكن أن تفيد في حل المشكلات الحياتية والصناعية، وربطت موضوعات الدراسة بالواقع المهني.

٥. **التطبيق البعدي لأداتي البحث:** بعد إتمام تدريس محتوى فيزياء المتحكمات الدقيقة لمجموعتي البحث، أعيد تطبيق مقياس التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات العلمية يوم الأربعاء ١٥ مايو ٢٠٢٤م، وقد تم استخلاص وتبويب البيانات لأفراد المجموعتين لمعالجتها إحصائيًا.

تاسعًا: المعالجة الإحصائية، تم معالجة البيانات باستخدام برنامج "SPSS". وذلك في حساب المؤشرات الإحصائية، التي أسهمت في تحديد أثر المتغير المستقل في تنمية المتغيرات التابعة. إضافة لتقدير (Cohen's d) و(η^2) لحجم الأثر باستخدام برنامج "Excel".

عاشرًا: عرض النتائج ومناقشتها وتفسيرها:

١. نتائج البحث المتعلقة بالتفكير الحاسوبي:

للإجابة عن سؤال البحث الخامس، والذي نصه "ما أثر استخدام النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لتنمية التفكير الحاسوبي لطلاب الجامعة التكنولوجية؟" وللإجابة عن هذا السؤال اختبرت صحة الفرضية الأولى التي نصها "يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ودرجات طلاب المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس التفكير الحاسوبي لصالح أفراد المجموعة التجريبية"، وصحة الفرضية الثانية التي نصها" يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لمقياس التفكير الحاسوبي لصالح التطبيق البعدي". وتم ذلك بمعالجة البيانات الناتجة من تطبيق مقياس التفكير الحاسوبي، والوصول للنتائج التي يوضحها الجدولين التاليين.

جدول (١٠) نتائج التطبيق البعدي لمقياس التفكير الحاسوبي (ن لكل مجموعة**=٣٢)**

المكون	المجموعة	الدرجة العظمى	م	ع	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	حجم الأثر (η^2)	
التجريد	ضابطة	٣٠	٢٠,٩٧	٢,٧٦	٤,٦٩	دالة عند (٠,٠١)	٠,٢٦	كبير
	تجريبية		٢٣,٧٥	١,٩٠				
التفكير الخوارزمي	ضابطة	٢٥	١٦,٥٩	١,٩٧	٥,٣٤	دالة عند (٠,٠١)	٠,٣٢	كبير
	تجريبية		١٩,٤٧	٢,٣٣				
النمذجة والمحاكاة	ضابطة	٢٥	١٣,٨٤	١,٩٠	٧,٠٣	دالة عند (٠,٠١)	٠,٤٤	كبير
	تجريبية		١٧,٥٩	٢,٣٤				
حل المشكلات	ضابطة	٢٥	١٤,٧٢	٢,٠٨	٦,٣٦	دالة عند (٠,٠١)	٠,٣٩	كبير
	تجريبية		١٨,٠٣	٢,٠٩				
التفكير عالي الرتبة	ضابطة	٢٥	١٥,١٩	٢,٠٥	٦,٣٩	دالة عند (٠,٠١)	٠,٤٠	كبير
	تجريبية		١٨,٥٣	١,٨٠				
إجمالي درجة المقياس	ضابطة	١٣٠	٨١,٣١	٨,٧٦	٧,٨١	دالة عند (٠,٠١)	٠,٥٠	كبير
	تجريبية		٩٧,٣٨	٧,٦٥				

تبين نتائج جدول (١٠)؛ أن جميع قيم "ت" دالة عند مستوى (٠.٠١) لصالح طلاب المجموعة التجريبية، وذلك لمكونات مقياس التفكير الحاسوبي ولإجمالي درجته. كما يتضح

أيضًـــا أن جميع قيم (η^2) كبيرة وفقًا للقيم المرجعية، ويُســـتدل منها أن حجم تأثير المتغير المسـتقل (تدريس محتوى فيزياء المتحكمات الدقيقة باسـتخدام النموذج التدريسـي المقترح) على المتغير التابع (التفكير الحاســـوبي) كبير للمقياس ككل، ولكل مكون على حدة. ويعني هذا قبول الفرضية الأولى كما صيغت سابقًا.

ومما يُعزز تلك النتائج؛ تبيان نتائج المقارنة بين القياســـين القبلي والبعدي لطلاب المجموعة التجريبية على مقياس التفكير الحاسوبي، كما يوضحها جدول (١١):

جدول (١١) نتائج القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية على مقياس التفكير الحاسوبي (ن=٣٢)

المكون	المجموعة	الدرجة العظمى	م	ع	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	مؤشر كوهين لحجم الأثر "d"	
التجريد	قبلي	٣٠	١٦,٢٥	٢,١٨	٢٢,١٢	دالة عند (٠,٠١)	٣,٩١	كبير
	بعدي		٢٣,٧٥	١,٩٠				
التفكير الخوارزمي	قبلي	٢٥	١٢,٦٣	٢,١١	١٤,٩٤	دالة عند (٠,٠١)	٢,٦٤	كبير
	بعدي		١٩,٤٧	٢,٣٣				
النمذجة والمحاكاة	قبلي	٢٥	٩,٥٦	٢,٣٣	١٧,٣٣	دالة عند (٠,٠١)	٣,٠٦	كبير
	بعدي		١٧,٥٩	٢,٣٤				
حل المشكلات	قبلي	٢٥	١٠,٤١	٢,٣٥	١٥,٨٥	دالة عند (٠,٠١)	٢,٨٠	كبير
	بعدي		١٨,٠٣	٢,٠٩				
التفكير عالي الرتبة	قبلي	٢٥	١٠,٦٦	٢,٢٨	١٩,١٧	دالة عند (٠,٠١)	٣,٣٩	كبير
	بعدي		١٨,٥٣	١,٨٠				
إجمالي درجة المقياس	قبلي	١٣٠	٥٩,٥٠	٨,٧٣	٢٥,٨١	دالة عند (٠,٠١)	٤,٥٦	كبير
	بعدي		٩٧,٣٨	٧,٦٥				

تبين النتائج المبوبة بجدول (١١)؛ أن جميع قيم "ت" دالة عند مســـتوى (٠.٠١) لصـــالح القياس البعدي، وذلك لمكونات مقياس التفكير الحاسوبي ولإجمالي درجته. كما يتضح أيضًا أن جميع قيم "مؤشـــرات كوهين لحجم الأثر" كبيرة وفقًا للقيم المرجعية، ويُســـتدل منها أن حجم تأثير المتغير المسـتقل على تنمية التفكير الحاسـوبي كبير للمكونات ككل، ولكل مكون على حدة. ويعني هذا قبول نص الفرضـية الثانية كما صـيغت سـابقًا. كما تُجيب نتائج الجدولين السـابقين عن السـؤال الخامس للبحث؛ بأن النموذج التدريســي المقترح كان ذا أثر دال في تنمية التفكير الحاســوبي لطلاب الجامعة التكنولوجية.

مناقشة وتفسير النتائج المتعلقة بالتفكير الحاسوبي:

نستنتج من عرض النتائج السابقة أن استخدام النموذج التدريسي المقترح في تدريس المحتوى العلمي للمتحكمات الدقيقة، كان ذا أثر دال في تنمية التفكير الحاســـوبي ككل ولكل مكون على حدة لدى طلاب المجموعة التجريبية، مما يدل على صحة الفرضيتين الأولى والثانية كما صيغتا سابقًا.

وقد تعود هذه النتيجة إلى استخدام النموذج التدريسي المقترح، بما يرتكز عليه من نمذجة علمية ونماذج لغوية كبيرة (LLMs). حيث تترسخ النمذجة العلمية في ممارسة الفيزياء وتمثل أحد الممارسات العلمية والهندسية الثمانية، وقد تُعد مدخلا لتوظيف الممارسات الأخرى بما تنطوي عليه من استخدام التفكير الحاسوبي. أما النماذج اللغوية الكبيرة؛ فإنها تهيئ سياق قد يشجع على استخدام مكونات التفكير الحاسوبي، وذلك لتطلب توظيفها في تعليم المتحكمات الدقيقة تدقيق صياغة الاستفسارات وهندستها، والتعامل معها خطوة خطوة، وفحص استجاباتها والتأكد من صحتها، والاستفادة من إمكاناتها في المساعدة على المحاكاة والنمذجة وفحص أكواد برمجة الدوائر الإلكترونية، وحل المشكلات وتطوير الحلول، ومصاحبة كل ذلك بقيام الطالب بعمليات النقد والإبداع لتوظيف ما يتحصل عليه من أفكار علمية مناسبة في بناء واستخدام نماذج دوائر التحكم الدقيقة.

إضافة لما يستند عليه النموذج المقترح من أسس؛ تؤكد على أن التعلم قد يكون أكثر فاعلية عندما يتم من خلال بناء منتج ذي مغزى كنماذج دوائر المتحكمات الدقيقة، والتدريس القائم على النمذجة و(LLMs) قد يُعزز القدرة على مواجهة مشكلات العالم الطبيعي غير المألوفة. إضافة لما تشجع عليه مراحله من تحديد للمهام العلمية وتقصي عن الأفكار الفيزيائية والتقنية التخصصية، وفحص ومراجعة استجابات النماذج اللغوية الكبيرة وتنقيحها وعدم التسليم بصحتها، وتنظيمها للاستفادة منها في ممارسة النمذجة وتشكيل نماذج دوائر المتحكمات الدقيقة، وتزويدها بأكواد التشغيل، واختبارها، وتطويرها، واستخدامها لوصف الظواهر وتفسيرها وحل الإشكالات وإجراء الاستدلالات.

وقد يُمكن هذا المتعلم من تعزيز قدرته على تحديد واستخلاص الأفكار الفيزيائية والهندسية المطلوبة، والإجراء الخوارزمي خطوة بخطوة للتعامل مع المكونات الإلكترونية وإنتاج نماذج دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وإخضاع نماذج الدوائر للفحص والتقييم والمراجعة والتعديل، والانخراط في المعالجة العقلية لفهم واستنتاج الأفكار منها، والإفادة منها في حل المشكلات التي لا تكون طرق حلها واضحة. وقد يكون كل ذلك ساهم في تحسين مكونات التفكير الحاسوبي لطلاب المجموعة التجريبية. هذا واتفقت هذه النتائج مع نتائج دراسة كل من:

(Dos Santos, 2023; Holmes, et al, 2023; Demirçali & Selvi, 2023; Tolba, & Al-Osaimi, 2023)، والتي أوضحت كل منها كفاءة استخدام النمذجة العلمية أو النماذج اللغوية الكبيرة في تنمية متغير أو أكثر من متغيرات تعليم الفيزياء. كما اتفقت مع نتائج دراسة كل من: (Chichekian, et al, 2024; Bati, et al, 2018; Jaipal-Jamani & Angeli 2016)، والتي توصلت كل منها لتنمية التفكير الحاسوبي من خلال تدريس العلوم الطبيعية باستخدام المتغير المستقل الذي تبنته.

٢. نتائج البحث المتعلقة بالمبادئ والتعميمات العلمية:

للإجابة عن سؤال البحث السادس، والذي نصه "ما أثر استخدام النموذج المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة لتنمية المبادئ والتعميمات العلمية لطلاب الجامعة التكنولوجية؟" وللإجابة عن هذا السؤال اختبرت صحة الفرضية الثالثة التي نصها "يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية ودرجات طلاب المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لاختبار المبادئ والتعميمات العلمية لصالح أفراد المجموعة التجريبية"، وصحة الفرضية الرابعة التي نصها" يوجد فرق دال إحصائيًا بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لاختبار المبادئ والتعميمات العلمية لصالح التطبيق البعدي". وتم ذلك بمعالجة البيانات الناتجة من تطبيق اختبار المبادئ، التي يوضحها التي يوضحها الجداول الثلاثة التالية.

جدول (١٢) نتائج التطبيق البعدي لاختبار المبادئ والتعميمات العلمية (ن لكل مجموعة=٣٢)

البُعد	المجموعة	الدرجة العظمى	م	ع	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	حجم الأثر (η^2)	
الاسترجاع	ضابطة	١٢	٧,٠٦	٢,١٧	٤,٦٥	دالة عند (٠,٠١)	٠,٢٦	كبير
	تجريبية		٩,٤١	١,٨٥				
الفهم	ضابطة	١٨	٥,٨٤	٢,٣٠	٥,٤٨	دالة عند (٠,٠١)	٠,٣٣	كبير
	تجريبية		٩,١٣	٢,٤٩				
التحليل	ضابطة	١٨	٥,٨٤	٢,٧٧	٦,٣٤	دالة عند (٠,٠١)	٠,٣٩	كبير
	تجريبية		٩,٨١	٢,٢١				
توظيف المعرفة	ضابطة	١٥	٤,٩٧	١,٨٠	٨,٧٦	دالة عند (٠,٠١)	٠,٥٥	كبير
	تجريبية		٩,١٩	٢,٠٤				
إجمالي درجة الاختبار	ضابطة	٦٣	٢٣,٧٢	٧,٨٢	٨,٢٩٥	دالة عند (٠,٠١)	٠,٥٣	كبير
	تجريبية		٣٧,٥٣	٥,٢٥				

تبين النتائج المبوبة بجدول (١٢)؛ أن جميع قيم "ت" دالة عند مستوى (٠,٠١) لصالح طلاب المجموعة التجريبية، وذلك لأبعاد اختبار المبادئ والتعميمات العلمية ولإجمالي درجته.

كما اتضــح أيضًــا أن جميع قيم (η^2) كبيرة وفقًا للقيم المرجعية، ويُســتدل منها أن حجم تأثير المتغير المســـتقل كان كبير على المتغير التابع. ويعني هذا قبول نص الفرضـــية الثالثة كما صيغت سابقًا.

ومما يُعزز هذا؛ عرض نتائج المقارنة بين القياســين القبلي والبعدي لطلاب المجموعة التجريبية على اختبار المبادئ والتعميمات العلمية، كما يوضحها جدول (١٣):

جدول (١٣) نتائج القياس القبلي والبعدي للمجموعة التجريبية على اختبار المبادئ والتعميمات العلمية (ن=٣٢)

البُعد	المجموعة	الدرجة العظمى	م	ع	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	مؤشر كوهين لحجم الأثر "d"	
الاسترجاع	قبلي	١٢	١,٣١	١,٧٣	٢٣,٤٠	دالة عند (٠,٠١)	٤,١٤	كبير
	بعدي		٩,٤١	١,٨٥				
الفهم	قبلي	١٨	٠,٦٢٥	١,١٩	٢١,١٠	دالة عند (٠,٠١)	٣,٧٣	كبير
	بعدي		٩,١٣	٢,٤٩				
التحليل	قبلي	١٨	٠,٧٥	١,٣٤	٢٣,٩٦	دالة عند (٠,٠١)	٤,٢٤	كبير
	بعدي		٩,٨١	٢,٢١				
توظيف المعرفة	قبلي	١٥	٠,٩١	١,٤٧	٢٣,٩٦	دالة عند (٠,٠١)	٤,٢٤	كبير
	بعدي		٩,١٩	٢,٠٤				
إجمالي الاختبار	قبلي	٦٣	٣,٥٩	٤,٤٨	٤٥,٥٨	دالة عند (٠,٠١)	٨,٠٦	كبير
	بعدي		٣٧,٥٣	٥,٢٥				

تبين النتائج المبوبة بجدول (١٣)؛ أن جميع قيم "ت" دالة عند مستوى (٠.٠١) لصالح القياس البعدي، وذلك لأبعاد اختبار المبادئ والتعميمات العلمية ولإجمالي درجته. كما يتضـــح أيضًـــا أن جميع قيم "مؤشـــرات كوهين لحجم الأثر" كبيرة وفقًا للقيم المرجعية، وتؤكد أن حجم تأثير المتغير المســـتقل على "المبادئ والتعميمات العلمية" كبير للاختبار ككل، ولكل بُعد على حدة. ويعني هذا قبول نص الفرضية الرابعة كما صيغت سابقًا.

ولمزيد من التأكد؛ تم حســـاب النتائج المتعلقة بكل من المبادئ والتعميمات على حدة، وذلك في القياس البعدي لكل من التجريبية والضابطة، كما يوضح نتائجهما جدول (١٤):

جدول (١٤) نتائج كل من المبادئ والتعميمات العلمية على حدة في القياس البعد (ن لكل مجموعة=٣٢)

البُعد	المجموعة	الدرجة العظمى	م	ع	قيمة (ت)	مستوى الدلالة	حجم الأثر (η^2)	
المبادئ العلمية	ضابطة	٣٠	١٠,٨٨	٤,٢٥	٧,٣٦	دالة عند (٠,٠١)	٠,٤٧	كبير
	تجريبية		١٧,٥٠	٢,٨١				
التعميمات العلمية	ضابطة	٣٣	١٢,٨٤	٣,٩٥	٨,٢٩٣	دالة عند (٠,٠١)	٠,٥٣	كبير
	تجريبية		٢٠,٠٣	٢,٩٠				
الدرجة الكلية	ضابطة	٦٣	٢٣,٧٢	٧,٨٢	٨,٢٩٥	دالة عند (٠,٠١)	٠,٥٣	كبير
	تجريبية		٣٧,٥٣	٥,٢٥				

تبين النتائج المبوبة بجدول (١٤)؛ أن جميع قيم "ت" دالة عند مستوى (٠.٠١) لصالح طلاب المجموعة التجريبية، وذلك للمبادئ العلمية وأيضًا للتعميمات العلمية والدرجة الكلية. كما اتضح أيضًا أن جميع قيم (η^2) كبيرة وفقًا للقيم المرجعية، ويُستدل منها أن حجم تأثير المتغير المستقل على المتغير التابع بشقيه (المبادئ، والتعميمات العلمية) كبير. وبذلك تُجيب نتائج الجداول الثلاثة السابقة عن السؤال السادس للبحث؛ بأن النموذج التدريسي المقترح كان ذا أثر دال في تنمية المبادئ والتعميمات العلمية.

مناقشة وتفسير نتائج البحث المتعلقة بالمبادئ والتعميمات العلمية:

نستنتج من العرض السابق لنتائج السؤال السادس والفرضية الثالثة والرابعة، أن استخدام النموذج التدريسي المقترح في تدريس فيزياء المتحكمات الدقيقة، كان ذا أثر دال في تنمية المبادئ والتعميمات العلمية لدى طلاب المجموعة التجريبية، مما يدل على صحة الفرضيتين الثالثة والرابعة كما صيغتا سابقًا.

وقد تعود هذه النتيجة إلى استخدام النموذج التدريسي المقترح، بما يستند عليه من نمذجة علمية ونماذج لغوية كبيرة (LLMs). حيث تواجه النمذجة مشكلة تجزئة المعرفة العلمية، واستمرار المعتقدات الساذجة حول العالم المادي، وقد تجعل تدريس معارف الفيزياء وتطبيقاتها الهندسية أكثر تماسكًا وتركيزًا على المتعلم. وتعتبر بديل مفاهيمي لنظام حقيقي يتصرف وفق للمبادئ والتعميمات الفيزيائية، وتستخدم كأدوات للتفكير والاستدلال لتفسير ظواهر العالم الطبيعي وحل مشكلاته. كما قد تعتبر نماذج دوائر المتحكمات الدقيقة التي يتم بنائها أو استخدامها بمثابة أدوات وموارد مركزية في مجال التخصص، وتُستخدم كوسائط لتوصيل المبادئ والتعميمات المعروفة، والحصول على مبادئ وتعميمات جديدة واختبارها. أما النماذج اللغوية الكبيرة فتساعد في التوصل للمبادئ والتعميمات العلمية المطلوبة وتدعيمها بالأمثلة التوضيحية، وتأكيد صحة المبادئ والتعميمات التي يتوصل لها المتعلم أو تفنيدها من خلال أدلة منطقية.

إضافة لما يعتمد عليه النموذج المقترح من أسس؛ تؤكد على أن التدريس القائم على النمذجة العلمية و(LLMs) يشجع المشاركة النشطة في عملية التعلم، وقد يدعم التعلم الذاتي ويسهل اكتساب الخبرات والمعارف الجديدة، وييسر الوصول لمصادر المعرفة العلمية والتنقيب

فيها للإجابة عن استفساراتهم العلمية واستكمال مهامهم الدراسية وإثراء شبكة معارفهم. إضافة لما تشجع عليه مراحله من تقصي عن المبادئ والتعميمات الفيزيائية وتطبيقاتها الهندسية المتعلقة بتصميم دوائر المتحكمات الإلكترونية الدقيقة، وفحصها ومراجعتها للتأكد من صحتها، وتنقيحها، ومناقشتها جماعيًا وتقييمها، وتنظيمها للاستفادة منها في تشكيل نماذج دوائر المتحكمات واستخدامها. واستخدام نماذج تلك الدوائر لاختبار المبادئ والتعميمات الفيزيائية التي تم اكتسابها.

وقد يُمكن هذا المتعلم من تحسين قدرته على تعرف التعميمات العلمية بما تنطوي عليه من مبادئ علاقية ومبادئ السبب والنتيجة، واستدعائها، واستخلاص خصائصها الأساسية وسماتها الحرجة وتنظيمها بشكل مختصر ومُعمّم، وإنشاء تمثيل رمزي لها بطريقة غير لغوية أو مجردة، وإعادة تنظيم الأفكار المتعلقة بها، واستخدامها في مواقف جديدة وسياقات مختلفة. وقد يكون كل ذلك ساهم في تنمية المبادئ والتعميمات العلمية لدى طلاب المجموعة التجريبية. هذا واتفقت هذه النتائج مع نتائج دراسة كل من: (Bitzenbauer, 2023; Dos Santos, 2023; Demirçali & Selvi, 2023; Tolba, & Al-Osaimi, 2023; Wangdi, Kanthang & Precharattana, 2017; Bilal & Erol, 2012)، والتي أوضحت كل منها كفاءة استخدام النمذجة العلمية أو النماذج اللغوية الكبيرة في تنمية أحد فئات المعرفة الفيزيائية المفاهيمية.

أهم النتائج التي أسفر عنها البحث: نستخلص من عرض النتائج السابقة؛ أن النموذج التدريسي المقترح كان ذا أثر دال في تنمية:

- مكونات التفكير الحاسوبي لدى طلاب المجموعة التجريبية مقارنة بالطريقة المعتادة.
- المبادئ والتعميمات العلمية لدى طلاب المجموعة التجريبية مقارنة بالطريقة المعتادة.

توصيات البحث: في ضوء هذه النتائج يُمكن تقديم التوصيات التالية:

- توعية وتشجيع أعضاء هيئة التدريس بتوظيف النموذج التدريسي المقترح لتدريس المتحكمات الدقيقة والمجالات الفيزيائية المشابهة لها.
- تقديم ومتابعة أنشطة مشروعات إنتاج دوائر المتحكمات الدقيقة لطلاب برنامج "الميكاترونكس" بشكل يسمح لهم باستخدام مراحل النموذج التدريسي المقترح بما يرتكز عليه من ممارسة للنمذجة العلمية وتوظيف النماذج اللغوية الكبيرة أو روبوتات المحادثة.

- تضمين برنامج تدريبي تطبيقي على استخدام النموذج التدريسي المقترح بحزمة البرامج التدريبية التي تتيحها الجامعات التكنولوجية لأعضاء هيئة تدريسها.
- الاهتمام بتنمية التفكير الحاسوبي والمبادئ والتعميمات لدى طلاب البرامج العلمية والتطبيقية.
- تشجيع القائمين بتدريس الفيزياء وتطبيقاتها الهندسية على استخدام تصنيف "مارزانو" الجديد للأهداف التعليمية في إعداد توصيفات المقررات وتدريس موضوعاتها وتقييم نواتج التعلم.

مقترحات البحث: في ضوء نتائج البحث الحالية؛ يمكن اقتراح إجراء الأبحاث التالية:

- دراسة أثر استخدام النموذج التدريسي المقترح القائم على النمذجة العلمية والنماذج اللغوية الكبيرة في تدريس:
  - الفيزياء الكهربية لتنمية مهارات التفكير التصميمي والاتجاه نحو استخدام تطبيقات (LLMs).
  - فيزياء الإلكترونيات لتنمية مهارات تصميم الدوائر الإلكترونية.
  - الفيزياء لتنمية المعرفة العلمية المفاهيمية والممارسات العلمية والهندسية لدى طلاب المرحلة الثانوية.
  - المتحكمات المنطقية المبرمجة "PLC" لتنمية مهارات تصميم الروبوتات الصناعية لدى طلاب كليات التكنولوجيا والتعليم الصناعي.
  - دوائر التحكم الصناعي التقليدي والمبرمج لدى طلاب المدارس الثانوية الصناعية.
- تصميم وحدة مقترحة في المتحكمات الدقيقة بمنهج الفيزياء للمرحلة الثانوية، وتعرف أثرها في تنمية مهارة تصميم نماذج الروبوتات وعمليات الإبداع.
- دراسة مقارنة لقياس مستوى التفكير الحاسوبي لدى طلاب البرامج المختلفة بالجامعات التكنولوجية.

مراجع البحث

- إبراهيم عبد الله المحيسن (٢٠٠٧). ***تدريس العلوم تأصيل وتحديث***. الرياض: مكتبة العبيكان.
- أحمد عمر أحمد محمد (٢٠٢٠). فاعلية استراتيجية مقترحة للتدريس القائم على النمذجة لتنمية الاستدلال العلمي والتحصيل الدراسي لدى تلاميذ المرحلة المتوسطة. ***مجلة كلية التربية في العلوم التربوية***، مج٤٤(ع١)، ص١٥-٩٢.
- أسامة جبريل أحمد عبد اللطيف (٢٠٢٠). برنامج أنشطة قائم على مدخل مشروعات STEM لتنمية مهارات ريادة الأعمال والميول المهنية نحو مجالات STEM وفهم المبادئ العلمية لدي تلاميذ المرحلة الإعدادية. ***مجلة البحث العلمي في التربية***، (ع٢١)، ص٣٤٨-٣٩٥.
- رضا مسعد السعيد أبو عصر (٢٠٢٣). تطبيقات نماذج الذكاء الاصطناعي "ChatGPT" في المناهج وطرق التدريس (الفرص المتاحة والتهديدات المحتملة). ***مجلة تربويات الرياضيات***، مج٢٦(ع٤)، ص١٠-٢٣.

- روبرت جانييه (٢٠١٢). ***أساسيات التعلم من أجل التعليم الصفي***. ترجمة: محمد محمود الخوالدة. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
- روبرت مارزانو وجون كيندال (٢٠١٣). ***التصنيف الجديد للأهداف التعليمية***. ترجمة: فايز مراد مينا وعبد المسيح سمعان عبد المسيح. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
- سحر محمد يوسف عز الدين (٢٠٢٢). أثر التعلم بالنمذجة المعززة بالإنفوجرافيك ودورها في تنمية الانخراط في تعلم العلوم والتمثيل المعرفي للبناء الذري والروابط الكيميائية لدى تلاميذ المرحلة المتوسطة بالسعودية: دراسة مختلطة. ***مجلة البحث العلمي في التربية***، مج٢٣(ع١١)، ص١٢٦-١٨٩.
- عادل أبو العز سلامة ومحمد بن خليفة السناني (٢٠٢٣). ***طرق تدريس العلوم والتربية العلمية. معالجة تطبيقية معاصرة***. عمان: الآن ناشرون وموزعون.
- عايش محمود زيتون (٢٠١٠). ***الاتجاهات العالمية المعاصرة في مناهج العلوم وتدريسها***. عمان: دار الشروق للنشر والتوزيع.
- عباس جواد الركابي (٢٠٢٣). فاعلية استراتيجية مقترحة قائمة على نظرية الأعصاب الحديثة في تحصيل مادة الفيزياء والكفاءة الذاتية المدركة عند طلاب الصف الخامس العلمي. ***مجلة كلية التربية للبنات للعلوم الإنسانية***، مج١٧(ع٣٢)، ص٤٥١ – ٤٨٧.
- لورين أندرسون وديفيد كراثوول (٢٠٠٦). ***مراجعة لتصنيف بلوم للأهداف التعليمية***. ترجمة فايز مراد مينا. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
- ماثيو ليبمان (١٩٩٨). ***المدرسة وتربية الفكر***. ترجمة: إبراهيم يحي الشهابي. دمشق: مطابع وزارة الثقافة.
- محمد عبد الرحمن علي وجمال أحمد أحمد عبد الله العلوي (٢٠٢٤). تصميم برمجية تعليمية مدعومة بالمحاكاة لتنمية المعرفة المفاهيمية في الفيزياء لدى طلاب الصف الثالث الثانوي بمدينة تعز. ***مجلة العلوم التربوية والدراسات الإنسانية***، (ع٣٨)، ص٦١٨-٦٤٦.
- منى خالد فهمي البيومي (٢٠٢٣). استراتيجية مقترحة في حل المسائل الفيزيائية لتنمية مهارات التفكير التحليلي ومتعة التعلم لدى طلاب المرحلة الثانوية. ***مجلة تطوير الأداء الجامعي بجامعة المنصورة***، مج٢١(ع١)، ص٣٠٧ – ٣٢٤.
- نبيهة صالح السامرائي (٢٠١٤). ***الاستراتيجيات الحديثة في طرق تدريس العلوم***. عمان: دار المناهج للنشر والتوزيع.
- نواف بن مقبل السراني (٢٠١٧). تقييم الأداء التدريسي لأعضاء هيئة التدريس بكلية العلوم بجامعة طيبة من وجهة نظر طلبتهم. ***مجلة اتحاد الجامعات العربية للبحوث في التعليم العالي***، مج٣٧(ع٢)، ص١٠١ – ١٢٥.
- هالة صبحي العوفي وعبد الله سالم الزعبي (٢٠٢٣). فاعلية برنامج تعليمي مقترح في الذكاء الاصطناعي وقياس أثره في تنمية مهارات التفكير الحاسوبي لدى طالبات الصف الأول ثانوي. ***مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع***، (ع٩٥)، ص٧٢-٨٨.
- Ackermann, E. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's The Difference? ***Future of Learning Group Publication***, V5(N3), P438-449.
- Adiguzel, T., Kaya, H., & Cansu, K. (2023). Revolutionizing Education With AI: Exploring the Transformative Potential of ChatGPT. ***Contemporary Educational Technology***, V15(N3), ep429. Retrieved From: https://doi.org/10.30935/cedtech/13152
- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., & Zagami, J. (2016). A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework- Implications for Teacher Knowledge. ***Educational Technology & Society***, V19(N3), P47–57.
- Banker, A. (2023). ***Teaching Non-Experimental Chemistry Content through the Pairing of Strategically Curated Data Sets and Model-Based Inquiry***. Master of Arts in Teaching, Hamline University, Saint Paul, Minnesota.
- Bati, K., Yetişir, M., Çalişkan, I., Güneş, G. & Saçan, E. (2018). Teaching The Concept of Time: A Steam-Based Program on Computational Thinking In Science Education. ***Cogent***

Education, V5(N1), P1-16. Retrieved From: https://www.doi.org/10.1080/2331186X.2018.1507306

- Belzen, A., Driel, J. & Krüger, D. (2020). ***Introducing a Framework for Modeling Competence***. In: Belzen, A., Krüger, D. &Driel, J. (Ed.), Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education (P3-20). Switzerland AG: Springer
- Bequette, W. (2003). ***Process control: modeling, design, and simulation***. New Jersey: Prentice Hall Professional.
- Bilal, E., & Erol, M. (2012). Effect of Teaching Via Modeling on Achievement and Conceptual Understanding Concerning Electricity. ***Journal of Baltic Science Education***, V11(N3), P236-247.
- Binza, M. and Schulza, E. (2023). Using Cognitive Psychology to Understand GPT-3. ***Proceedings of the National Academy of Sciences***, V120(N6). P1-10.
- Birhane, A., Kasirzadeh, A., Leslie, D. & Wachter, S. (2023). Science in The Age of Large Language Models. ***Nature Reviews Physics***, V5(N5), p277-280.
- Bitzenbauer, P. (2023). ChatGPT in Physics Education: A Pilot Study on Easy-To-Implement Activities. ***Contemporary Educational Technology***, V15(N3), p1-10.
- Bloom, B., Engelhart, M., Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (Eds.). (1956). ***Taxonomy of Educational Objectivities: The Classification of Educational Goals***. Handbook I: Cognitive Domain. New York: David Mckay.
- Bocconi, S., Chioccariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K. (2016). ***Developing Computational Thinking in Compulsory Education – Implications for Policy and Practice***. EUR 28295 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bowman, S. (2023). ***Eight Things to Know about Large Language Models***. Retrieved From: https://arxiv.org/pdf/2304.00612
- Brewe, E. & Sawtelle, V. (2018). Modelling Instruction for University Physics: Examining the Theory in Practice. ***European Journal of Physics***, V39(N5), P1-25.
- Brewe, E. (2008). Modeling Theory Applied: Modeling Instruction in Introductory Physics. ***American Journal of Physics***, V76(N12), P1155-1160.
- Buede, D. & Miller, W. (2024). ***The Engineering Design of Systems "Models and Methods"***. Fourth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell, T., Oh, P. S., & Neilson, D. (2014). ***Reification of Five Types of Modeling Pedagogies with Model-Based Inquiry (MBI) Modules for High School Science Classrooms***. In "IRMA" (Ed.), K-12 Education: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications (p401-421). Hershey, PA: IGI Global. Retrieved From: https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4502-8.ch024.
- Campbell, T., Oh, Phil Seok, Maughn, M., Kiriazis, N. & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. ***EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education***, V11(N1), P159-176.
- Campbell, T., Zhang, D. & Neilson, D. (2011). Model Based Inquiry in The High School Physics Classroom: An Exploratory Study of Implementation and Outcomes. ***Journal of Science Education and Technology***, V20 (N3), P258-269.
- Chang, Y., Wang, X., Wang, J., Wu, Y., Zhu, K., Chen, H., Yang, L., Yi, X., Wang, C., Wang, Y., Ye, W., Zhang, Y., Chang, Y., Yu, P., Yang, Q., & Xie, X. (2024). A Survey on Evaluation of Large Language Models. ***ACM Journals***, V15(N3), P1–45.

- Chichekian, T., Trudeau, J., Jawhar, T. & Corliss, D. (2024). Experimenting with Computational Thinking for Knowledge Transfer in Engineering Robotics. ***Journal of Computer Assisted Learning***, V40 (N2), P859-875. Retrieved From: https://doi.org/10.1111/jcal.12921
- Coll, R. & Lajium, D. (2011). ***Modeling and The Future of Science Learning***. In: Khine, M.& Saleh, I. (Eds.), Models and Modeling (P3–21). New York: Springer.
- Colley, B., Bilics, A. and Lerch, C. (2012) Reflection: A Key Component to Thinking Critically.***The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning***, V3(N1), Article 2. Retrieved From: http://dx.doi.org/10.5206/cjsotl-rcacea.2012.1.2
- Crocker, L. & Algina, J. (2008). Introduction to Classical and Modern Test Theory. Ohio, USA: Cengage Learning
- Czerkawski, B. and Lyman, E. (2015). Exploring Issues about Computational Thinking in Higher Education. ***Journal of Tech Trends***, V59(N2), P57-65.
- Dao, X., Le, N., Phan, X., Ngo, B. & Vo, T. (2023). ***Evaluation of ChatGPT and Microsoft Bing AI Chat Performances on Physics Exams of Vietnamese National High School Graduation Examination***. Retrieved From: https://arxiv.org/pdf/2306.04538
- DEMİRÇALI, S. & Selvi, M. (2022). Effects of Model-Based Science Education on Students' Academic Achievement and Scientific Process Skills. ***Journal of Turkish Science Education***, V19(N2), P545-558.
- DEMİRÇALI, S. & Selvi, M. (2023). Effects of Model-Based Teaching Approach on 7th Grade Students' Conceptual Development of "Electrical Circuits". Online Submission, ***Paper presented at the International Eurasian Educational Research Congress (EJERCongress)***, Ani Publishing, ERIC Number: ED638434, P520-537
- Demirhan, E. & Sahin, F. (2021). The Effects of Different Kinds of Hands-on Modeling Activities on Academic Achievement, Problem-Solving Skills, and Scientific Creativity of Prospective Science Teachers. ***Research in Science Education***, V51, P1015-1033.
- Denning, J. & Tedre, M. (2021). Computational thinking: A Disciplinary Perspective. ***Informatics in Education***, V20(N1), P361–390
- Ding, J., Cen, Y., & Wei, X. (2023). ***Using Large Language Model to Solve and Explain Physics Word Problems Approaching Human Level***. Retrieved From: https://arxiv.org/pdf/2309.08182.pdf
- Dos Santos, R. (2023). Enhancing Physics Learning with ChatGPT, Bing Chat, and Bard as Agentsto-Think-With: A Comparative Case Study. ***SSRN Electron Journal***, V1, P1-26.
- Dounas-Frazer, D. and Lewandowski, H. (2018). The Modelling Framework for Experimental Physics: Description, Development, and Applications. ***European Journal of Physics***, V39(N6), P1-14.
- Etkina, E., Warren, A., and Gentile, M. (2006). The Role of Models in Physics Instruction. ***The Physics Teacher***, V44, P34-39. Retrieved From: https://doi.org/10.1119/1.2150757
- Filippi, S., & Motyl, B. (2024). Large Language Models (LLMs) in Engineering Education: A Systematic Review and Suggestions for Practical Adoption. ***Information***, V15(N6), P1-19. Retrieved From: https://doi.org/10.3390/info15060345
- Gan, W., Qi, Z., Wu, J., & Lin, C. (2023). Large Language Models in Education: Vision and Opportunities. ***IEEE International Conference on Big Data (BigData***), P4776-4785.
- Gilbert, J. & Justi, R. (2016). ***Modelling-based Teaching in Science Education***. Switzerland AG: Springer International Publishing.

- Greatorex, J., Ireland, J. & Coleman, V. (2019). Two Taxonomies Are Better Than One: Towards A Method of Analyzing a Variety of Domains and Types of Thinking in An Assessment. ***Educational futures***, V10(N1). P1-28.
- Guggemos, J., Seufert, S., & Román-González, M. (2019). Measuring Computational Thinking Adapting a Performance Test and A Self-Assessment Instrument for German-Speaking Countries. **16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)**, November 7 - 9, 2019 – Cagliari, Italy. P183-191. Retrieved From: https://www.iadisportal.org/digital-library/mdownload/measuring-computational-thinking-%C2%96-adapting-a-performance-test-and-a-self-assessment-instrument-for-german-speaking-countries
- Harahap, M., & Sudrajat, A. (2018). The Influence of Scientific Inquiry Learning Models on Conceptual Knowledge and Science Process Skills in Themes Always Save Energy in Class IV SDN 101928 Rantau Panjang Labu Beach. In 3rd Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership. Advances in Social Science, ***Education and Humanities Research***, V200. P450-455
- Hermans, S., Neutens, T., wyffels, F., Van Petegem, P. (2024). Empowering Vocational Students: A Research-Based Framework for Computational Thinking Integration. ***Education Science***, V14, (N206), P1-23. Retrieved From: https://doi.org/10.3390/educsci14020206
- Hestenes, D. (1987). Toward A Modeling Theory of Physics Instruction. ***American Journal of Physics,*** V55(N5), P440-454.
- Hestenes, D. (2006). ***Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction***. Retrieved From: https://www.researchgate.net/publication/253847244_Notes_for_a_Modeling_Theory_of_Science_Cognition_and_Instruction
- Hogan, T. (2019). ***Psychological Testing: A Practical Introduction***. Fourth Edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Holmes, J., Liu, Z., Zhang, L., Ding, Y., Sio, T., McGee, A., Ashman, B., Li, X., Liu, T., Shen, J. & Liu, W. (2023) Evaluating Large Language Models on A Highly Specialized Topic, Radiation Oncology Physics. ***Frontiers in Oncology,*** V13, P1-11.
- Holton, G. & Brush, S. (2005). ***Physics, the Human Adventure: From Copernicus to Einstein and Beyond***, 4th ed. New Jersey: Rutgers University Press.
- Huang, L. & Chun-Te, H. (2024). A Study on the Application Effect of Blended Teaching Method in Vocational College Students' Computational Thinking Courses. ***Educational Administration: Theory and Practice***, V30(N3), P318-326.
- Hurt, T., Greenwald, E., Allan, S., Cannady, M., Krakowski, A., Brodsky, L., Collins, M., Montgomery, R. & Dorph, R. (2023). The Computational Thinking for Science Framework: Operationalizing CT-S For K-12 Science Education Researchers and Educators. ***International Journal of STEM Education***. V10(N1), P1-16.
- Husni, M. & Purnama, W. (2020). ***Designing A Microcontroller Based Electric Physics Experiment Board "Mini Serial Lab 01"***. Retrieved From: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/850/1/012023/pdf
- Irvine, J. (2020). Marzano's New Taxonomy as A Framework For Investigating Student Affect. ***Journal of Instructional Pedagogies***, V24, P1-31.
- Jackson, J., Dukerich, L. & Hestenes, D. (2008). Modeling Instruction: An Effective Model for Science Education. ***Science Educator***, V17(N1), P10-17

- Jaipal-Jamani, K., & Angeli, C. (2016). Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers' Self-Efficacy, Science Learning, and Computational Thinking. ***Journal of Science Education and Technology***, V26(N2), P175 - 192.
- Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y., Chen, D., Dai, W., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. ***ACM Computing Surveys***, V55 (N12), P1 - 38. Retrieved From: https://doi.org/10.1145/3571730
- Kojima, T., Gu, S., Reid, M., Matsuo, Y. & Iwasawa, Y. (2022). Large Language Models Are Zero-Shot Reasoners. ***36th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)***. Retrieved From: https://openreview.net/pdf?id=e2TBb5y0yFf
- Kong, S. & Abelson, H. (2019). ***Computational Thinking Education***. Singapore: Springer Open
- Korkmaz, Ö., Çakir, R. & Ozden, M. (2017). A Validity and Reliability Study of The Computational Thinking Scales (CTS). ***Computers in Human Behavior***, V72, P558-569
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J. & Werner, L. (2011). Computational Thinking for Youth in Practice. ***ACM Inroads***. V2 (N1), P32-37.
- Louca, L. & Zacharia, Z. (2015). Examining Learning Through Modeling in K-6 Science Education. ***Journal of Science Education and Technology***, V24(N2), 192-215.
- Lyon, J. & Magana, A. (2020). Computational Thinking in Higher Education: A Review of The Literature. ***Computer Applications in Engineering Education***, V28(N5), P1174-1189.
- Mackrell, K. & Pratt, D. (2017). Constructionism and The Space of Reasons. ***Mathematics Education Research Journal***, V29(N4), P419-435.
- Marzano, R. & Kendall, J. (2007). ***The New Taxonomy of Educational Objectives***. Second Edition. California: Corwin Press.
- Marzano, R. & Kendall, J. (2008). ***Designing & Assessing Educational Objectives "Applying the New T New Taxonomy"***. California: Corwin Press.
- Marzano, R. (1998). A ***Theory-Based Meta-Analysis of Research on Instruction***. ERIC Number: ED427 087. Retrieved From: https://eric.ed.gov/?id=ED427087
- Marzoli, I., Rizza, N., Saltarelli, A., & Sampaolesi, E. (2021). ***Arduino: From Physics to Robotics***. In Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environments: Research and Experiences from FabLearn Italy 2019, in the Italian Schools and Beyond (P309-314). Springer International Publishing.
- Mensan, T., Osman, K. & Abdul-Majid, N. (2020). Development and Validation of Unplugged Activity of Computational Thinking in Science Module to Integrate Computational Thinking in Primary Science Education. ***Science Education International***, V31(N2). P142-149.
- Milliere, R., & Buckner, C. (2024). ***A Philosophical Introduction to Language Models - Part I: Continuity with Classic Debates***. Retrieved From: https://arxiv.org/pdf/2401.03910
- National Research Council (NRC). (2011). ***Report of a Workshop on the Pedagogical Aspects of Computational Thinking***. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). ***A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas***. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013a). **Next Generation Science Standards: For States, By States *(Volume 1: The Standards—Arranged by Disciplinary Core Ideas and by Topics)***. Washington, DC: The National Academies Press.

- NGSS Lead States. (2013b). **Next Generation Science Standards: For States, By States *(Volume2: Appendixes)***. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: an overview. ***International Journal of Science Education***, V33(N8), P1109–1130.
- Panggabean, J., Siregar, M., & Rajagukguk, J. (2021). The Effect of Teams Games Tournament (TGT) Method on Outcomes Learning and Conceptual Knowledge in Physics Science. ***In Journal of Physics: Conference Series***, V1819(N1). P1-6. IOP Publishing. Retrieved From: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1819/1/012047/pdf
- Park, Y., Kim, H., Choi, C., Kim, J. & Sohn, Y. (2024). ***Can Separators Improve Chain-of-Thought Prompting***? Retrieved From: https://arxiv.org/pdf/2402.10645.pdf
- Polverini, G., and Gregorcic, B. (2024). How Understanding Large Language Models Can Inform the Use of Chatgpt in Physics Education. ***European Journal of Physics***, V45, P1-35.
- Riabko, A. & Vakaliuk, T. (2024). Physics on Autopilot: Exploring the Use of an AI Assistant for Independent Problem-Solving Practice. ***Educational Technology Quarterly***, V1(N1), P56-75.
- Rooserina, K., Devetak, I., Utomo, Y., Effendy, E., Putri, D. & Habiddin, H. (2024). Teaching Stereochemistry with Multimedia and Hands-On Models: The Relationship between Students' Scientific Reasoning Skills and The Effectiveness of Model Type. ***Center for Educational Policy Studies Journal***, V14(N1), P171-197**.** Retrieved From: https://doi.org/10.26529/cepsj.1547
- Sack H. (2020). ***Marvin Minsky and Artificial Neural Networks***. Retrieved From: http://scihi.org/marvin-minsky-artificial-neural-networks/
- Salar, R. (2022). ***A New Technological Tool for Teaching Physics: Arduino***. In: Elif Bengu (Ed) International Research in Education II, P65-89. Turkey: Eğitim Yayinevi.
- Sands, D. (2021). Modeling As Sensemaking: Towards A Theory of Modelling in Physics Education. ***European Journal of Physics***, V42(N6), P1-20.
- Schwarz, C., Passmore, C., & Reiser, B. (2017). ***Helping Students Make Sense of The World Using Next Generation Science and Engineering Practices***. Arlington, Virginia: NSTA Press.
- Selby, C. C., & Woollard, J. (2013). ***Computational Thinking: The Developing Definition. University of Southampton***. Local E-Prints ID: 356481. Retrieved From: http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/356481
- Siemens, G. (2004). ***Connectivism: A Learning Theory for The Digital Age***. Retrieved From: http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for The Digital Age. ***International Journal of Instructional Technology & Distance Learning***, V2(N1), P3-10.
- Suwondo, N. & Sulisworo, D. (2017). Hands-on Learning Activity Using an Apparatus for Transient Phenomena in RC Circuit Based on Arduino UNO R3-LINX-Labview. ***International Journal of Online and Biomedical Engineering***, V13(N1), P116-124.
- Tate, T., Doroudi, S., Ritchie, D., Xu, Y. and Uci, M. (2023). ***Educational Research and AI-Generated Writing: Confronting the Coming Tsunami***. Retrieved From: https://doi.org/10.35542/osf.io/4mec3
- The Royal Society (2012). ***Shut Down or Restart? The Way Forward for Computing in UK Schools. London: The Royal Society Education Section***. Retrieved From: https://royalsociety.org/~/media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf
- Tietz, T. (2020). ***John McCarthy and the Raise of Artificial Intelligence***. Retrieved From: http://scihi.org/john-mccarthy-artificial-intelligence/

- Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping Computational Thinking Through Programming in K-12 Education: A Conceptual Model Based on A Systematic Literature Review. ***Computers & Education***, V162(N1), P1-33. Retrieved From: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083.
- Tolba, E. & Al-Osaimi, A. (2023). The Effectiveness of Using The Model-Based Thinking Strategy in Developing First-Grade High School Students' Physical Concepts and Inquiry Thinking Skills. ***EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education***, V19(N4), P1-24.
- Tsai, M., Ong, C., Chen, C. (2023). Exploring The Use of Large Language Models (LLMs) in Chemical Engineering Education: Building Core Course Problem Models with Chat-GPT. ***Education for Chemical Engineers*** V44, P71–95.
- Valente, J. & Blikstein, P. (2019) Maker Education: Where Is the Knowledge Construction? ***Constructivist Foundations***, V14(N3): P252–262.
- Van-Joolingen, W. (2004). Roles of Modeling in Inquiry Learning. ***Paper presented at the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies***, Joensuu, Finland. P1096-1097. Retrieved From: https://doi.org/10.1109/ICALT.2004.1357768.
- Wangdi, D., Kanthang, P. & Precharattana, M. (2017). Development of a Hands-On Model Embedded with Guided Inquiry Laboratory to Enhance Students' Understanding of Law of Mechanical Energy Conservation. ***Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching***, V18(N2), P1-26. Retrieved From: https://www.eduhk.hk/apfslt/v18_issue2/monamorn/index.htm
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M. S., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2014). Defining Computational Thinking for Science, Technology, Engineering, and Math. ***Poster presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA 2014). Philadelphia. USA***. Retrieved from http://ccl.northwestern.edu/2014/CT-STEM_AERA_2014.pdf
- White, J., Hays, S., Fu, Q., Spencer-Smith, J. & Schmidt, D. (2023). ***ChatGPT Prompt Patterns for Improving Code Quality, Refactoring, Requirements Elicitation, and Software Design***. Retrieved From: https://arxiv.org/pdf/2303.07839
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. ***Communications of the ACM***, V49(N3), P33–35.
- Wing, J. (2008). Computational Thinking and Thinking about Computing. ***Philosophical Transactions of the Royal Society***, V366, P3717–3725. Retrieved From: https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118
- Wing, J. (2011). ***Research Notebook: Computational Thinking-What and Why? The Link. Magazine.*** Retrieved From: https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf
- Wing, J.M. (2017). Computational Thinking's Influence on Research and Education for All. ***Italian Journal of Educational Technology***, V25(N2), P7-14.
- Wu, M., Tam, H. & Jen, T. (2017). ***Educational Measurement for Applied Researchers: Theory into Practice***. Singapore: Springer Nature.
- Zamfrescu-Pereira, J., Wong, R., Hartmann, B. and Yang, Q. (2023). Why Johnny Can't Prompt: How Non-AI Experts Try (and Fail) to Design LLM Prompts. In ***Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '23)***, April 23–28, 2023, Hamburg, Germany. P1-21. Retrieved From: https://doi.org/10.1145/3544548.3581388