التكامل بين التعلم المتوافق مع الدماغ و"علوم المواطن" Citizen Science في تنمية الاستيعاب المفاهيمي و"مهارات الحياة والمهنة" والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية

إعداد:

د/ رانيا عادل سلامه راغب

مدرس المناهج وطرق تدريس العلوم

كلية التربية– جامعة الإسكندرية

مستخلص البحث

استهدف البحث الحالي تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي من خلال استخدام نموذج تدريسي مقترح ناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ ولتحقيق ذلك استُخدم المنهجان: الوصفي التحليلي، والمنهج التجريبي ذو المجموعتين: الضابطة، والتجريبية؛ لتعرُّف أثر النموذج التدريسي المقترح، وتمثلت أدوات البحث في: اختبار الاستيعاب المفاهيمي، وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقياس الاهتمام بالعلم، وطُبقت تجربة البحث على مجموعة ضابطة قوامها ١٧ تلميذًا، ومجموعة تجريبية قوامها ٢٠ تلميذًا من تلاميذ الصف الأول الإعدادي في العام الدراسي ٢٠٢١– ٢٠٢٢. وأثبتت النتائج وجود فرق دال إحصائيًا بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: الضابطة، والتجريبية في اختبار الاستيعاب المفاهيمي، وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقياس الاهتمام بالعلم؛ لصالح المجموعة التجريبية؛ ومن ثم فإن النموذج التدريسي المقترح؛ قد أثر في تنمية كل من: الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. ومن التوصيات التي أكدها البحث: ضرورة تضمين النموذج التدريسي المقترح في برامج إعداد معلم العلوم قبل الخدمة، والتنمية المهنية بعد الخدمة، وكيفية استخدامه في تدريس العلوم، وكذلك تشجيع الشراكة بين معلمي العلوم، والطلاب، وأساتذة الجامعات المصرية لإجراء مشروعات"علوم المواطن".

الكلمات المفتاحية: التعلم المتوافق مع عمل الدماغ– مشروعات "علوم المواطن"– الاستيعاب المفاهيمي– "مهارات الحياة والمهنة"– الاهتمام بالعلم.

"The Integration between Brain Compatible Learning and Citizen Science to Develop Conceptual Understanding, Life and Career Skills, and Interest in Science for Middle School Students"

Dr. Rania Adel Salama Ragheb

Abstract:

The current research aimed to develop conceptual understanding, life and career skills, and interest in science for students of the first grade of middle school by using a proposed instructional model based on the integration between brain compatible learning and citizen science projects. To achieve this aim, the descriptive method and the two groups -control and experimental- method were used. The tools of the research included: a test of conceptual understanding, an observation sheet of life and career skills, and a scale of interest in science. The research experiment was applied to a control group represented by 17 students and an experimental group formed of 20 students from the first grade of middle school in the academic year 2021-2022. The main results indicated: the development of conceptual understanding, life and career skills, and interest in science for students of the first grade of middle school who used the proposed instructional model based on the integration between brain compatible learning and citizen science projects. In light of the research results, the recommendations emphasized: the need to include the proposed instructional model in pre-service and in-service teacher education programs and encourage partnership among science teachers, students and Egyptian university professors to work on developing citizen science projects.

Keywords: **Brain Compatible Learning- Citizen Science Projects- Conceptual Understanding- Life and Career Skills- Interest in Science.**

مُقدمة:

أحدث القرن الحادي والعشرون تغييرات في جميع مناحي الحياة؛ وبخاصة الاقتصادية، والاجتماعية، والثقافية، فضلاً عن تتابعات الثورة الصناعية الرابعة؛ وعليه اتجهت الأنظار إلى كثير من النداءات؛ ولعل أهمها: كيفية إعداد نشء قادر على التعامل مع تلك التغييرات، والتفكير جديًّا في كيفية مواجهة المتعلمين لها؛ الأمر الذي يتطلب تغيير المشهد التعليمي؛ من خلال أن يصير للتعليم دور متغير في إعداد المتعلمين لمجتمعهم؛ فبدلاً من إعدادهم لأداء أدوار تنطوي على العمل اليدوي، اختلف الوضع مؤخرًا؛ نتيجة التطور التكنولوجي، والآلات المستخدمة في أداء مهام كان يؤديها حشد كبير من الأفراد؛ مما يستوجب اتقان الأجيال القادمة المهارات التي يصعب إنجازها؛ باستخدام أجهزة الحاسوب بشكل مستقل.

وبناءً على ذلك اقترح المتخصصون مهارات القرن الحادي والعشرين التي تعزز قدرة المتعلمين على التكيف مع العالم المتغير، وإعدادهم للمنافسة، والإبداع في سوق العمل؛ نظرًا لقصور النظم التعليمية المعاصرة؛ من حيث تركيزها على تلك المهارات؛ وأكد ذلك المركز القومي للبحوث National Research Council (NRC) (2011)[1]؛ حيث أوضح أن النظام الاقتصادي –حاليًا– يتطلب عديدًا من المهارات التي ينبغي أن يمتلكها المتعلمين؛ نظرًا لحاجة سوق العمل إلى عمالة يمكنها حل المشكلات بطرق غير روتينية، والتفكير المجرد، وإدارة المعرفة، وامتلاكهم مهارات اجتماعية يصعب على البرامج التكنولوجية؛ إتمامها خاصة في أداء مهام تعتمد على تفاعلات بشرية.

وفي نفس السياق دارت مناقشات في المنتدى العالمي للتربية الذي نظمته اليونسكو عام ٢٠١٥؛ المعنون "بالتعليم حتى عام (٢٠٣٠)"؛ بشأن إكساب المتعلم مهارات القرن الحادي والعشرين. ومن أهم النتائج التي تُوصل إليها: ضرورة المزج بين التعلم والحياة في المدرسة والأسرة أو في نطاق المجتمع المحلي؛ من خلال تنمية مهارات توظيف تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في مواصلة التعلم الذاتي، والوعي بالمسئولية والمشاركة في اتخاذ القرار في المجتمع، وتمكين المتعلم من تنمية قدراته الشخصية، وحفز التفكير النقدي والإبداعي؛ لتحقيق

[1] اتبع نظام الجمعية النفسية الأمريكية American Psychological Association (APA) -(الإصدار السابع)- في التوثيق.

التنمية الاجتماعية، والثقافية، والإيكولوجية، والاقتصادية؛ مما ييسر إيجاد الحلول للمشكلات المحلية، والعالمية في جميع مجالات التنمية المستدامة (منظمة اليونسكو، ٢٠١٦).

وتُرجم ذلك في تعاوُن منظمة الشراكة من أجل مهارات القرن الحادي والعشرين Partnership for 21St Century Skills (P21st CS) مع الرابطة القومية لمعلمي العلوم National Science Teacher Association (NSTA) في عام ٢٠٠٨، ونجم عنه إصدار خريطة تدلل على كيفية دمج مهارات القرن الحادي والعشرين في تعليم العلوم وتعلمه، كما أوضحا رؤيتهما في أن جودة التربية العلمية ومهارات القرن الحادي والعشرين يدعم كل منهما الآخر؛ وعليه أكدت رابطة NSTA تدعيمها لتلك المهارات، وعززت ضرورة تضمينها في سياق التربية العلمية بمختلف ميادينها (NSTA, 2013).

وفي ضوء الأهمية التي أولتها التربية العلمية لمهارات القرن الحادي والعشرين؛ فعلى النظم التعليمية إعداد المتعلمين؛ للعمل في مجتمع متغير باستمرار يقوده التقدم التكنولوجي؛ من خلال مساعدتهم في تحسين مهارات؛ منها: التفكير، والتواصل، والقيادة، والمساءلة، والمبادرة اللازمة لسوق العمل؛ والتي ستسمح للطلاب –أيضًا– بالتكيف، والمرونة عند مواجهة التحديات، والتغييرات الناتجة عن التطور التكنولوجي.

وأكد ذلك Morrison, Roth McDuffie and French (2015)؛ حيث أوضحوا إن إعداد المتعلمين في عالم تقوده التكنولوجيا، وبيئات العمل والحياة الأكثر تعقيدًا في عصر المعلومات التنافسي عالميًا؛ يتطلب –بشكل جوهري– تجويد "**مهارات الحياة والمهنة**" Life and Career Skills المناسبة لدى المتعلمين.

وإبرازًا لأهمية "مهارات الحياة والمهنة"؛ استهدفت دراسة Ongardwanich, Kanjanawasee and Tuipae (2015) تقييم مهارات القرن الحادي والعشرين كما يراها طلاب المدارس التايلانديون؛ ومنها: التعلم والابتكار، وتكنولوجيا المعلومات، والحياة والمهنة، ومن نتائجها تبين أن "مهارات الحياة والمهنة" تعد من أكثر مهارات القرن الحادي والعشرين؛ من حيث الأهمية؛ حيث يكتسب المتعلمين –من خلالها– المرونة، والتكيف، والمبادرة، والتوجيه الذاتي، والمهارات الاجتماعية، وغيرها من المهارات المهمة للحياة.

ونظرًا لأن تعليم العلوم وتعلمه في مرحلة التعليم الأساسي يسعى إلى بناء الشخصية المتكاملة للمتعلم؛ لذلك أكدت وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني (٢٠١٨) "مهارات الحياة والمهنة"؛ التي تعد من أبرز مهارات القرن الحادي والعشرين المرتبطة بتوجهات، وأهداف

التعليم من أجل التنمية المستدامة في مصر؛ لأنها تسهم في بناء الشخصية المتكاملة، وإطلاق إمكاناتها بشكل ممتد؛ من خلال تأكيد تحمل المسئولية، واحترام التنوع بين الأفراد، والتواصل، وتكوين الاتجاهات اللازمة للنجاح كمواطن في المجتمع، والقدرة على مواجهة المنافسة مع الكيانات؛ سواء الإقليمية منها، أم العالمية.

وفي حال استهداف التربية العلمية إعداد مواطنين قادرين على اتخاذ قرارات مستنيرة قائمة على البحث، والاكتشاف؛ بشأن أنفسهم، والعالم الذي يعيشون فيه؛ فإن تنمية **الاستيعاب المفاهيمي** Conceptual Understanding أمرًا جوهريًّا في التربية العلمية (Martin, Mulli, Foy, & Stanco, 2015)؛ لكونه عملية –بموجبها– يُسلط الضوء على تطبيق الطلاب ما تعلموه، ويستند إلى مبدأ أن "الحفظ عن ظهر قلب لا يدعم مهارات حل المشكلات"، وانطلاقًا من هذا المبدأ؛ ينبغي التوجه إلى الاهتمام باستكشاف المعرفة، وتكوين معرفة جديدة (Miller, McNeal, & Herbert, 2010).

وتبرز أهمية الاستيعاب المفاهيمي في كونه يسهم في تحسين المهارات المعرفية للمتعلمين؛ كالتوضيح، والتعبير عن المفاهيم الجديدة بطرق مختلفة، وجمع البيانات، والتعميم، والمقارنة، كما يساعدهم في فهم كيفية تأثير العلوم، والتكنولوجيا في المجتمع (Pratiwi, Cari, Aminah, & Affandy, 2019)، فضلاً عن أثر الاستيعاب المفاهيمي الملحوظ في عمليتي: التعليم، والتعلم؛ سواء أكان ذلك في سلوكيات المتعلمين، أم الاختيارات، وكذلك في كيفية مواجهة التحديات، كما يؤدي دورًا مهمًا في كيفية حل المشكلات؛ في بيئة التعلم، وفي الحياة اليومية (Uliyandari, Candrawati, Herawati, & Latipah, 2021).

وثمة علاقة تأثير وتأثر بين الاستيعاب المفاهيمي و**الاهتمام بالعلم** Interest in science الذي في حال دعم النظام التعليمي له؛ يترتب عليه زيادة حب استطلاع المتعلم، ودافعيته للتعلم؛ وعلى النقيض عندما لا تتاح للمتعلم الفرص التي تعزز اهتمامه بالعلم؛ فإن ذلك يؤثر سلبًا في تعلمه مادة العلوم، وقد يؤدي إلى ضعف استيعابه المادة العلمية.

وفي هذا السياق أوضح Nieswandt (2007) أن قلة اهتمام المتعلمين بالموضوعات العلمية؛ يؤدي بالتبعية إلى الشعور بالملل واللامبالاة لديهم، وقد يتسبب في عزوفهم عن دراسة العلوم في مراحل متقدمة؛ نظرًا للتأثير الإيجابي لمجال الاهتمام بالعلم، ودوره في تنمية الشعور بالإنجاز لدى المتعلمين، وتحسين التنظيم الذاتي، والمثابرة، والعمليات المعرفية ذات المستويات العليا، والمشاركة، وحل المشكلات الإبداعي.

ويعد الاهتمام بالعلم مفهومًا مركزيًّا في التربية العلمية؛ لكونه متطلبًا، وهدفًا، ووسيلة لها، وأحد الأهداف التي ينبعي أن تدعمها المدارس، وتسعى إلى تحقيقها؛ لأنه يتيح الفرص لدمج المتعلمين في التعليم، والحياة المهنية في المستقبل (Krapp & Prenzel, 2011).

وبتتبع حركة التطوير في مجال التربية العلمية خلال السنوات الماضية؛ يلحظ تركيزها على متغيرات شتى؛ منها: تنمية الاستيعاب المفاهيمي، وتحسين "مهارات الحياة والمهنة"، وتنمية الاهتمام بالعلم لدى المتعلمين؛ وفقًا لنتائج البحوث والدراسات؛ مما يتطلب وضع فلسفة جديدة؛ لتطوير التعليم تهتم بأساليب التعليم، والتعلم؛ بقصد تنمية تلك المتغيرات لدى المتعلمين؛ لتطبيقها في حياتهم على المدى البعيد.

ومن النظريات التي أفادت المجال التعليمي؛ وبخاصة التربية العلمية: نظرية **التعلم المتوافق مع عمل الدماغ** Brain Compatible Learning القائمة على المبادئ المستمدة من أبحاث الدماغ بشأن بنية الدماغ، ووظيفته (Jensen, 2005, PP.144- 150)؛ التي تطورت من خلال استخدام أجهزة لفحص الدماغ، ومقاييس الطيف، والدراسات الإكلينيكية، والتشريح؛ مما أسهم في التمكن من ملاحظة التغييرات في نشاط دماغ المتعلم في أثناء تعلمه، ومتابعة العمليات التي يؤديها، وقد نشأت تلك النظرية؛ نتيجة الدمج بين نتائج الأبحاث في مجالات عدة؛ منها: علم الأعصاب، وعلم وظائف الأعضاء، والكيمياء الحيوية، والطب، وعلم النفس المعرفي، وشكلت سياقًا شاملاً؛ لتصميم نهج تعليمي متكامل (Jensen, 2008a).

وقد أكد –في هذا الصدد– Jensen and McConchie (2020) أنه كلما زادت المعرفة عن أدمغة المتعلمين تحسن الأداء التدريسي للمعلم، كما أن التدريس المتوافق مع عمل الدماغ يسهم في منح المعلم الأدوات اللازمة لتعزيز الأداء المعرفي لدى طلابه، والحد من مشكلات الانضباط، ودعم متعة التعلم، ويتحقق ذلك؛ من خلال امتلاك المعلم رؤى معمقة عن تأثير العلاقات، والحواس، والحركة، والمشاعر في التعلم، والاستراتيجيات الذكية Savvy Strategies؛ لخلق بيئة تعليمية فائقة الجودة؛ لتحفيز الطلاب المتعثرين، ومساعدتهم في تخطي الصعاب التي يواجهونها أثناء عملية التعلم؛ مما يجعل الصف الدراسي ناجحًا على المستويات: الأكاديمية، والاجتماعية، والوجدانية.

وقد أثبتت عديد من الدراسات فاعلية تدريس العلوم باستخدام التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ ومنها: تنمية الاستيعاب المفاهيمي، وأنماط التفكير (آل رشود، ٢٠١٠؛ عبد الفتاح،

٢٠٢٠)، والتحصيل العلمي (Kunar & Mishra, 2019)، وتنمية التفكير عالي الرتبة وبعض عادات العقل (الحكيمي والتويتي، ٢٠٢٠؛ القرني، ٢٠١٥)، والتفكير التأملي والدافعية (أميمة أحمد، ٢٠١٧)، واكتساب المفاهيم العلمية والقدرة على حل المشكلات (منى محمد، ٢٠١٩)، ومهارات التفكير التخيلي ومعالجة المعلومات (هاني، ٢٠٢٠)، وتنمية اتجاهات الطلاب نحو تعلم العلوم (Akyurek & Afacan, 2013).

وبرغم تزايد أبحاث التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في السنوات الماضية؛ فلا تزال الحاجة مُلحة للبحث في هذا المجال؛ لما يوفره ذلك من فهم أعمق لكيفية عمل الدماغ، وكيفية استقباله المعلومات ومعالجتها؛ وعليه فصار تصميم التعلم المتوافق مع عمل الدماغ ضرورة في مدارسنا؛ بوصفه مدخلاً للتكامل بين الدماغ، والتربية لدى المتعلمين (غنايم، ٢٠١٧).

وثمة عديد من الاستراتيجيات، والمداخل التي تدعمها نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في أثناء تدريس العلوم، وتتلاءم مع المبادئ التي تستند إليها تلك النظرية؛ منها: مدخل التعلم القائم على المشروعات؛ وبخاصة مشروعات "علوم المواطن".

ويعد مجال "**علوم المواطن**" Citizen Science من المجالات الآخذة في التوسع في التعليم، والتعلم؛ وبخاصة مجال التربية العلمية؛ حيث يمكنه سد الفجوة بين العلم والمجتمع، كما أنه لا يفيد المواطن، والبحث العلمي فحسب؛ بل أفاد مؤخرًا التربية العلمية الرسمية؛ إذ يعزز فهم المشاركة في البحث العلمي، وكذلك إدراك أهمية الموضوعات العلمية.

وتوصف "علوم المواطن" بأنها: مشاركة غير المتخصصين في البحث العلمي الحقيقي Authentic scientific research، وصار مؤخرًا أداة للبحث والتعلم شائعة بشكل متزايد؛ خاصة في سياق التنوع البيولوجي، والقضايا البيئية (Dickinson et al., 2012; Peter, Diekötter, & Kremer, 2019).

وقد أحدث مجال "علوم المواطن" تحولاً في إنشاء المعرفة العلمية؛ حيث يشارك المواطنون في البحث العلمي بصورة نشطة؛ للوصول إلى قواعد البيانات؛ من خلال شبكة الإنترنت، كما توصلت دراسة Golumbic, Fishbainc and Baram-Tsabari (2020) إلى أن ٧٠% من المشاركين في الدراسة صاروا قادرين على تفسير البيانات المقدمة في صورة تمثيلات بصرية، وفهم البيانات العلمية، وتطبيقها في الحياة اليومية، وتنمية المهارات العلمية، وفهم العامة للعلم من خلال "علوم المواطن".

وقد اقترحت بعض الدراسات في هذا المجال أنه يمكن تنفيذ مشروعات "علوم المواطن" في التربية العلمية الرسمية؛ من خلال تزويد المعلمين بمواد تعليمية مخططة بشكل جيد (Vohland et al., 2021)، وأن يكونوا على استعداد لأن يصيروا مشاركين نشطين في المشروع، قادرين على الاستجابة لتجارب طلابهم؛ من خلال المناقشات، والتأملات في الصف الدراسي (Aivelo & Huovelin, 2020).

وأضافت دراسة Lüsse, Brockhage, Beeken and Pietzner (2022) أنه للاستفادة من مدخل "علوم المواطن"؛ فثمة حاجة إلى التعاون الوثيق بين الباحثين، والمعلمين، والطلاب، واقترحت الدراسة أن تولى الأبحاث المستقبلية مزيدًا من الاهتمام للتقييم المنهجي لمخرجات التعلم في التربية العلمية، مع مراعاة مستوى مشاركة الطلاب في تصميم المشروعات، والتركيز على الجوانب المتعلقة بالسلوكيات، والكفاءة الذاتية، وغيرها من الجوانب الأخرى التي لها دور محوري في تنمية الثقافة العلمية لدى الطلاب.

وقد أسفرت نتائج البحوث والدراسات في الميدان التربوي عن أهمية "علوم المواطن" في مجال التربية العلمية؛ وأوضحت تركيزها –بشكل محوري– على الاهتمام بالعلم، والكفاءة الذاتية، وزيادة الدافعية (Phillips, Porticella, Constas, & Bonney, 2018)، وتنمية بعض عمليات العلم لدى المتعلمين؛ كالتفسير البياني، والجدل العلمي، والتواصل العلمي، وكذلك تحمل المسئولية في سياق مجتمعي، والدفاع عن آرائهم، واحترام أفكار الآخرين، وقدرتهم على اتخاذ القرارت المناسبة (Kermish-Allen, Peterman, & Bevc, 2019)، والفهم العميق لممارسة البحث العلمي، فضلاً عن أن مشروعات "علوم المواطن" لا تركز على الجانب الأستقصائي للعلم فحسب؛ ولكنها تركز –أيضًا– على المهارات الاجتماعية التي تؤدي دورًا محوريًّا؛ من خلال الأنشطة، والمواد التعليمية المختارة (Ruiz-Mallén et al., 2016; Silva et al., 2016)، وتدعم أهداف الطلاب لاختيار المهنة في المستقبل (Hiller & Kitsantas, 2014).

والمستقرئ لمجال مشروعات "علوم المواطن" في سياقات المدرسة؛ يستنتج أن الحاجة إليها تعزى إلى أن تعليم العلوم في الصف الدراسي لا يعكس –بالشكل المطلوب– الممارسة الفعلية للعلم؛ كطريقة لتطوير تفسيرات الظواهر الطبيعية؛ باستخدام الأدلة، والمنطق (Crawford, 2013)، فضلاًعن دورها في تحفيز دافعية الطلاب، والمتعة، وتنمية المعرفة، ومهارات التواصل (Lüsse et al., 2022).

ويتضح مما عُرض سلفًا أهمية كل من: نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومدخل مشروعات "علوم المواطن"؛ وعليه فإن التكامل بينهما يحقق فوائد جمة في مجال تعليم العلوم، وتعلمها؛ لمواكبة الاتجاهات المعاصرة، والتطلعات المستقبلية؛ خاصة فيما يتعلق بمشروعات "علوم المواطن" التي ظهرت على الساحة بقوة في السنوات القليلة الماضية، وتأثيرها في مخرجات تعليم العلوم بصفة عامة؛ لذلك حاول البحث الحالي تقصي أثر التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات"علوم المواطن" في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، "ومهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم؛ لما لها من تأثير إيجابي في تعلم التلاميذ.

مشكلة البحث:

تعد التربية العلمية عنصرًا جوهريًّا للتقدم الاقتصادي، والاكتفاء الذاتي، وقوة دافعة للتنمية المستدامة (Rogayan & Macanas, 2020)؛ وهذا ما دفعها إلى الاهتمام بتنمية عدة متغيرات تتناسب مع العصر الصناعي الحالي؛ من خلال توجيه الأنظار نحو تطوير الاستراتيجيات، ومداخل التعليم، والتعلم القائمة على النظريات التربوية الحديثة بشكل أكثر إبداعًا، وتشويقًا، وتعاونًا للمتعلمين المتنافسين عالميًّا، ووظيفيًا، فضلاً عن تركيزها على مخرجات التعلم التي تسعى إلى النمو المتكامل للشخصية.

ولكن بفحص مخرجات التعلم وفقًا للواقع الحالي؛ يُلاحظ تركيزها على الجانب المعرفي في أدنى مستوياته، ووجود صعوبات في الاستيعاب المفاهيمي لدى الطلاب في العلوم (Kaya, 2013)؛ وهذا ما أثبتته عدة دراسات؛ منها: أبو غنيمة (٢٠١٨)؛ سلامة ومحمد وعوض (٢٠١٩)؛ عبد الفتاح (٢٠٢٠)؛ عبد اللطيف (٢٠١٤)، كما تدعم الأدلة البحثية وجود صعوبات في تعلم مفاهيم علوم الأرض (الوحدة التي اختيرت في البحث الحالي)؛ وهذا ما أكدته دراستا: عيسى وراغب (٢٠١٧)؛ لطف الله (٢٠١٢)، وتلك الصعوبات قد تمثل حاجزًا يمنع تحقيق الاستيعاب المفاهيمي؛ ومن ثم فالحاجة مُلحة إلى استخدام استراتيجيات تتيح للطلاب البحث، والتقصي، والمشاركة الإيجابية.

فضلاً عن قصور في الاهتمام بالنمو المتكامل للمتعلم في كافة الجوانب "كمهارات الحياة والمهنة" الضرورية في ضوء التحول المجتمعي، والنمو الاقتصادي المستقبلي، ومواكبة التنافس العالمي، وريادة الأعمال؛ مما يتطلب تحسين تلك المهارات بطرق تثري وتدعم تعليم العلوم، ودورها في إنشاء المجتمع المبدع (Bartholomew, 2015).

ومن الدراسات التي أثبتت القصور في مهارات القرن الحادي والعشرين بصفة عامة؛ كل من: الباز (٢٠١٣)؛ الحارون (٢٠١٦)؛ عبد العال وأحمد (٢٠١٩)؛ والعصيمي (٢٠٢١)؛ فاطمة محمد (٢٠١٥)؛ مهدي (٢٠١٨)؛ نصحي (٢٠٢١)؛ Novitra, Festiyed, Yohandri and Asriza (2021)، و"مهارات الحياة والمهنة" بصفة خاصة دراستا: غانم (٢٠١٩)؛ Sulistyaningsih, Sulam, Syakur and Musyarofah (2019)، حيث أوضحت النتائج إهمال إدماج المتعلمين في أنشطة العمل الجماعي، وضعف تدريبهم على مهارات إدارة المشروعات، ومهارات تحقيق النتائج.

وثمة قصور –أيضًا– في الجانب الوجداني المتعلق بالاهتمام بالعلم (Satria, 2015)؛ مما قد يؤثر في مستوى الأداء الأكاديمي لدى الطلاب، ونشاطهم بشكل إيجابي في الصف، ودافعيتهم، وكذلك في مهنتهم المستقبلية؛ وهذا ما أكدته الدراسة النوعية الطولية التي أجراها Aschbacher, Li and Roth (2010)؛ لمتابعة الطلاب الذين أبدوا اهتمامًا كبيرًا بالعلم، وتوصلت الدراسة إلى أن الطلاب –في نهاية المطاف– مارسوا وظائف غير علمية، وأوضح المشاركون في الدراسة أن تعليمهم لم يشجع اهتمامهم بالعلم.

ومن الدراسات التي أكدت على أن المتعلمين لديهم انخفاضًا ملحوظًا في الاهتمام بالعلم/ الميول العلمية دراسة كل من: أعنزة (٢٠٢٢)؛ عبد الفتاح (٢٠١٦)؛ عصفور (٢٠١٩)؛ العنزي (٢٠٢١).

ويضاف إلى ما سبق تأثير جائحة كورونا في الأداء الأكاديمي، والجانب الانفعالي للمتعلمين في التخصصات المختلفة بشكل سلبي (Romash, 2020).

وتأسيسًا على ما سبق، واستجابة لهذا الواقع في تدريس العلوم؛ ترتب عليه إجراء البحث الحالي؛ باقتراح نموذج تدريسي يتلاءم مع المتعلمين، ويتناسب مع أدمغتهم، ويزيد من استيعابهم المفاهيمي، ويساعدهم في تنمية "مهارات الحياة والمهنة"؛ من خلال الاشتراك في مشروعات "علوم المواطن" التي تؤثر –بدورها بشكل إيجابي– في اهتمام المتعلمين بالعلم؛ بالتكامل بين نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ خصوصًا أن دمج النظريات التربوية، وتطبيقاتها العملية من شأنه أن يؤدي إلى ممارسات تعليمية أفضل، وأكثر فاعلية، ويؤثر بشكل فعال في تطبيقهم المعارف العلمية، ويساعدهم في اتخاذ قرارات صائبة (تيمبرلي، ٢٠١٤)، كما أن التعلم متعدد الأشكال Multimodal Learning يمكنه أن يحقق تعلم أفضل؛ وهذا ما أوضحته دراسة صديق (٢٠٢١) التي دمجت بين نظرية

الذكاءات المتعددة، والنظرية البنائية الاجتماعية، وأثبتت فاعليتهما في تنمية المهارات الحياتية، والاتجاهات العلمية.

ولتقصي مدى معرفة معلمي العلوم لكل من: نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"، وممارستها؛ أجرت الباحثة دراسة كشفية؛ باستخدام مقابلة شخصية مع (٧) من معلمي العلوم في المرحلة الإعدادية؛ (٥) من إدارة شرق، و(٢) من إدارة غرب التعليمية بمحافظة الإسكندرية؛ وذلك خلال شهر سبتمبر ٢٠١٩؛ وتوصلت الدراسة إلى أن معظم المعلمين أشاروا إلى عدم معرفتهم بالنظرية؛ وظهر ذلك بوضوح عندما سئلوا عن المقصود بها، والمبادئ التي تستند إليها تلك النظرية.

ولأن كثيرًا من المعلمين قد يطبقون بعض المفاهيم التربوية دون معرفة بمعناها؛ فقد أوضحت الباحثة للمعلمين بعض الممارسات التي تتوافق مع النظرية، فأشار المعلمون إلى عدم تطبيق معظم تلك الممارسات مع طلابهم في أثناء تدريس العلوم؛ وأرجعوا ذلك إلى عدم دراستهم تلك النظرية في برامج الإعداد بكلية التربية، وعدم تدريبهم عليها؛ من خلال برامج التنمية المهنية للمعلمين.

ومن الدراسات التي اتفقت مع نتائج الدراسة الكشفية دراستا: حمدان وخنسة (٢٠١٩)؛ الطويل (٢٠١٦) اللتان أظهرتا أن التدريس ما زال يستند إلى طرق تغفل استخدام التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وكذلك دراسة Letina and Perković (2021) التي تقصت تصورات معلمي المرحلة الابتدائية عن التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وكانت تصوراتهم مُرضية؛ من حيث المعرفة إلا أنه لا يزال التدريس التقليدي في فصول العلوم هو المستخدم على نطاق واسع دون تحول للتدريس المتمحور حول المتعلم، أما نتائج الدراسة الكشفية بالنسبة لمدخل "علوم المواطن"؛ من حيث مفهومه، وأهميته، وإجراءاته؛ فقد أشار المعلمون بعدم معرفتهم لهذا المدخل.

ونظرًا لأن التعليم -وبخاصة تعليم العلوم- يُعنى بنمو المتعلم نموًّا متكاملاً في كافة الجوانب المعرفية، والمهارية، والوجدانية؛ لذلك اهتم البحث الحالي بالجانب المعرفي الممثل في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، والجانب المهاري؛ من خلال تنمية "مهارات الحياة والمهنة"، والجانب الوجداني الممثل في تنمية الاهتمام بالعلم؛ باستخدام نموذج تدريسي مقترح ناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ لتنمية تلك المتغيرات لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي.

ومن ثم يتصدى البحث الحالي للإجابة عن السؤال الرئيس الآتي:

- كيف ينمي التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ ومشروعات "علوم المواطن" الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

وتفرع عنه هذه الأسئلة الفرعية الآتية:

١- ما النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؟

٢- ما أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

٣- ما أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية "مهارات الحياة والمهنة" لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

٤- ما أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية الاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي إلى:

١- تصميم نموذج تدريسي مقترح ناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن".

٢- تنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؛ من خلال استخدام النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن".

٣- تنمية "مهارات الحياة والمهنة" لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؛ من خلال استخدام النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن".

٤- تنمية الاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؛ من خلال استخدام النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن".

أهمية البحث:

أولاً: الأهمية النظرية:

تتمثل الأهمية النظرية لهذا البحث في أنه قد:

- يقدم دليلاً علميًّا على أثر التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية بعض متغيرات تعلم العلوم، وكذلك توجيه الانتباه إلى تدريب المعلمين على استخدام النموذج التدريسي المقترح في البحث الحالي.
- يُعد محاولة للاستجابة للاتجاهات العالمية المعاصرة، والدراسات السابقة التي نادت بضرورة استخدام التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ لتأثيرهما الإيجابي في تعلم التلاميذ.

ثانيًا: الأهمية العملية:

تتمثل الأهمية العملية لهذا البحث في أنه من المتوقع أن:

- يُفيد التلاميذ في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لديهم.
- يُفيد القائمين على عملية تخطيط مناهج العلوم، وتطويرها؛ من خلال تقديم النموذج التدريسي المقترح.
- يوفر للمعلمين، والقائمين على التنمية المهنية للمعلمين دليلاً للمعلم؛ وفقًا للنموذج التدريسي المقترح، وكذلك أدوات القياس الممثلة في اختبار الاستيعاب المفاهيمي، وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقياس الاهتمام بالعلم.
- يوفر للمعلمين –أيضًا– أوراق عمل أنشطة التلميذ، واستمارات لمشروعات "علوم المواطن" يمكن تنفيذها مع المتعلمين؛ لتحقيق نواتج التعلم المستهدفة.
- يفتح للباحثين في مجال التربية العلمية المجال؛ لإجراء بحوث أخرى عن أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل في تنمية متغيرات تربوية أخرى في مجال التربية العلمية.

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي –في حدوده– على ما يأتي:

- مجموعة من تلاميذ الصف الأول الإعدادي بمدرستي: الشهيد أحمد عبد العزيز الإعدادية بنات بإدارة غرب التعليمية، محافظة الإسكندرية، ومدرسة جناكليس الإعدادية بنات بإدارة شرق التعليمية، محافظة الإسكندرية في العام الدراسي ٢٠٢١–٢٠٢٢.
- وحدة "الأرض والكون" بكتاب العلوم المقرر على تلاميذ الصف الأول الإعدادي– الفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي ٢٠٢٠– ٢٠٢١؛ لتضمُّنها عديدًا من الموضوعات المرتبطة بكوكب الأرض؛ والتي تتناسب مع طبيعة مشروعات "علوم المواطن"، وأيضًا مناسبتها للنموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن".
- بالنسبة لأبعاد الاستيعاب المفاهيمي اقتصر القياس على الأبعاد الآتية: (التوضيح، والتفسير، والتطبيق)؛ لمناسبتها للمرحلة العمرية لمجموعة البحث، ولكونها تمثل الجانب المعرفي للاستيعاب المفاهيمي، أما أبعاد "مهارات الحياة والمهنة"؛ فشملت: (مهارات المرونة والقابلية للتكيف، والمبادرة والتوجيه الذاتي، والمهارات الاجتماعية، والإنتاجية والمساءلة، والقيادة والمسئولية)، بينما أبعاد مقياس الاهتمام بالعلم؛ فتضمنت: (الاهتمام الموقفي، والاهتمام الشخصي، والحافز).

منهج البحث:

نظرًا لطبيعة البحث الحالي، والأهداف التي يسعي إلى تحقيقها؛ اتبع البحث المنهج الوصفي في التأصيل النظري لمتغيرات البحث، وفي الإعداد للنموذج التدريسي المقترح، وأدوات القياس، كما استُخدم المنهج التجريبي ذو المجموعتين: الضابطة، والتجريبية في تقصي أثر النموذج التدريسي المقترح قبليًّا، وبعديًّا في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي.

ويمكن توضيح التصميم التجريبي للبحث كما في شكل (١) الآتي:

شكل (١): التصميم التجريبي للبحث.

أدوات البحث:

تحقيقًا لأهداف البحث الحالي؛ أعدت الباحثة الأدوات الآتية:

- اختبار الاستيعاب المفاهيمي. (إعداد الباحثة)
- بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة". (إعداد الباحثة)
- مقياس الاهتمام بالعلم. (إعداد الباحثة)

فروض البحث:

سعى البحث الحالي إلى التحقق من الفروض الآتية:

١- لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة.

٢- لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة.

٣- لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة.

٤- لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة

والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة.

٥- لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة.

٦- لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة.

مصطلحات البحث:

تمثلت مصطلحات البحث فيما يأتي:

- **النموذج التدريسي Instructional Model:** يقصد به: "النموذج القائم في مبادئه على نظريات نفسية تعليمية، وهو خطة تنظيمية توظف في تحديد مهام المعلم، والإجراءات المطلوبة، والمواد التعليمية، والخبرات التعليمية، والتدريسية" (قطامي وأبو جابر وقطامي، ٢٠٠٠، ص. ١٧١).

ويمكن تعريفه -إجرائيًّا- بأنه: خطة تنظيمية قائمة على التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن" تبرز المراحل، والإجراءات المخططة والمنظمة التي يتبعها المعلم، وتوضح دور المتعلم والظروف البيئية المناسبة للتعلم بشكل أفضل، ويشمل النموذج التدريسي المقترح سبع مراحل: (ما قبل العرض- والتهيئة الحافزة- وتكوين المفهوم وتتضمن -أيضًا-هذه المرحلة [خطوة التشارك المتعلقة بمشروع "علوم المواطن" داخل الصف؛ أما الخطوات المتبقية كالانخراط، والالتزام والمعالجة، والتواصل تستكمل خارج الصف]- والتوسيع- ثم تخزين المعرفة المتعلمة- والتكامل الوظيفي- والاحتفال وعرض المشروع)؛ ويتم خلالها تدعيم تفكير المتعلم؛ من خلال تصميم المواقف، والأنشطة، واستمارات مشروعات "علوم المواطن" لوحدة الأرض والكون؛ بما يتوافق مع طبيعة الدماغ.

- **التعلم المتوافق مع عمل الدماغ Brain Compatible Learning:**

تعددت مسميات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ منها: التعلم المستند إلى الدماغ، والتعلم القائم على بحوث المخ البشري، والتعلم القائم على تكامل نصفي المخ، ولكن استخدمت الباحثة التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ لأن مصطلح متوافق

Compatible يدل على أن "التعليم المصمم يهدف إلى تكييف البيئة التعليمية مع طبيعة الدماغ". ويعرف –إجرائيًّا– بأنه: التعلم الذي يتم فيه تهيئة خبرات تعليمية تتوافق مع طبيعة الدماغ ووظيفته؛ لتكوين التشابكات العصبية لدى المتعلم، وتقويتها، وتطويرها؛ وتتسم بيئة التعلم بأنها تركز على جذب الانتباه، والمتعة، والتشويق، والتعاون مع غياب التهديد، كما تمكن المتعلم من المعالجة النشطة للخبرات؛ وتتضح نتائجه في الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.

- **علوم المواطن Citizen Science:** يقصد بها: مشاركة المتعلمين في جهود البحوث المنظمة مع العلماء، وخلالها تجمع البيانات، وتحلل، ويمكن أن يسهم المتعلمين في تقديم الحلول للمشكلات التي تواجه مجتمعهم.
- **مشروعات علوم المواطن Citizen Science Projects:**

تعرف –إجرائيًّا– بأنها: مدخل تعليمي يشارك فيه المتعلم في بحث ما مع متخصص يتم –خلاله– جمع البيانات، وتحليلها، وقد يقدم حلولاً وفقًا للهدف من المشروع؛ ليصل إلى منتج تعليمي حقيقي.

- **التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات علوم المواطن Integration between Brain Compatible Learning and Citizen Science Projects:**

يقصد به –إجرائيًّا–: التفاعل المترابط، والمنظم بين إجراءات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن" الممثل في نموذج تدريسي مقترح، يُستخدم في تقديم وحدة الأرض والكون؛ لتحسين الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.

- **الاستيعاب المفاهيمي Conceptual Understanding:**

يُعرف –إجرائيًّا– بأنه: العملية التي يكون المتعلم خلالها قادرًا على توضيح المفاهيم العلمية، ووصف الظاهرة وصفًا دقيقًا، وتفسيرها من خلال تحديد الأسباب التي أدت إليها، مع عمل استدلالات قائمة على الأدلة والشواهد، وتطبيق ما تعلمه في مواقف جديدة، ويقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في الاختبار المعد لذلك.

- **"مهارات الحياة والمهنة" Life and Career Skills:**

تُعرف –إجرائيًّا– بأنها: قدرة المتعلمين على اتقان (مهارات المرونة والقابلية للتكيف– المبادرة والتوجيه الذاتي– المهارات الاجتماعية– الإنتاجية والمساءلة– القيادة والمسئولية)، وتقاس بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في بطاقة الملاحظة المعدة لذلك.

- **الاهتمام بالعلم Interest in Science:**

لقد استُخدم مصطلح الميول العلمية لترجمة "Interest in Science" في كثير من الأبحاث والكتابات العربية؛ بينما الاهتمام لغويًا واصطلاحيًا ترجمة لكلمة Interest؛ لذلك استخدمت الباحثة لفظ الاهتمام بالعلم. ويُعرف –إجرائيًّا– بأنه: شعور داخلي لدى المتعلم يرتبط بعوامل خارجية (مهمة– موقف– سياق)، نتيجة لتوجه تحفيزي أو تصرف شخصي يتعلق بمجال العلوم، مع حالة من الاستعداد للمشاركة الدائمة في أنشطة أو أحداث أو محتوى علمي؛ حيث يتضمن الأبعاد الآتية: (الاهتمام الموقفي– والاهتمام الشخصي– والحافز)، ويستدل على ذلك بالدرجة التي يحصل عليها التلميذ في المقياس المعد لذلك.

إجراءات البحث:

تمثلت إجراءات البحث –للإجابة عن أسئلة البحث، والتحقق من فروضه– في الخطوات الآتية:

أولاً: الاطلاع على الدراسات السابقة، والكتابات التربوية التي تناولت التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ لتحديد أسس التكامل بينهما، وكذلك لتحديد أبعاد الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.

ثانيًا: تصميم النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؛ من خلال:

- بناء النموذج التدريسي في صورته الأولية؛ من خلال تحديد مراحله، والخطوات الإجرائية لكل مرحلة.
- عرض النموذج التدريسي –في صورته المبدئية– على مجموعة محكمي البحث في مجال التربية العلمية؛ للحكم على صلاحيته، وقابليته للتطبيق، ومناسبته لتعليم العلوم.
- إعداد النموذج التدريسي المقترح في صورته النهائية بعد إجراء التعديلات المطلوبة.

ثالثًا: تحديد أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم؛ من خلال:

- إعداد دليل المعلم، وأوراق عمل أنشطة التلميذ؛ لوحدة "الأرض والكون" من منهج العلوم المقرر على الصف الأول الإعدادي– الفصل الدراسي الثاني في صورته الأولية، وعرضها على مجموعة محكمي البحث، ثم صوغها في صورتهما النهائية.
- إعداد مشروعات علوم المواطن؛ من خلال إعداد استبانة بالموضوعات المتضمنة في وحدة "الأرض والكون"، وعرضها على متخصصين في مجال علوم الأرض؛ لتحديد المشروعات المناسبة لطبيعة المحتوى، والمرحلة العمرية للطلاب.
- إعداد أدوات القياس؛ الممثلة في: اختبار الاستيعاب المفاهيمي، وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقياس الاهتمام بالعلم، وضبطها.
- تطبيق أدوات القياس قبليًّا على مجموعتي البحث: الضابطة، والتجريبية.
- تدريس الوحدة؛ باستخدام النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن" للمجموعة التجريبية، بينما تدرس نفس الوحدة للمجموعة الضابطة بالطريقة المعتادة.
- تطبيق أدوات القياس بعديًّا على مجموعتي البحث: الضابطة، والتجريبية.
- رصد النتائج، والمعالجة الإحصائية، وتفسيرها.
- تقديم التوصيات، والمقترحات في ضوء نتائج البحث.

الإطار المعرفي للبحث، والدراسات السابقة:

نُظم الإطار المعرفي للبحث في خمسة محاور تبرز المتغيرات الرئيسة للبحث؛ حيث تضمن المحور الأول: التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن"، وتناول المحور الثاني: الاستيعاب المفاهيمي، وناقش المحور الثالث: "مهارات الحياة والمهنة"، وتضمن المحور الرابع: الاهتمام بالعلم، بينما المحور الخامس تناول: العلاقة بين متغيرات البحث.

المحور الأول: التكامل بين "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"، ومشروعات "علوم المواطن":

يتضمن هذا المحور؛ أولاً: التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ من حيث: نشأته، ومفهومه، ومبادؤه، ومراحله، وتقنياته، ومتطلباته، وأهميته، وثانيًا: "علوم المواطن"؛ من حيث:

مفهومها، ونشأتها، وتصنيفاتها، وخصائصها، ونماذجها، وأهميتها، وعلاقتها بالتربية العلمية، وتحدياتها، وكيفية مواجهتها، وثالثًا: أوجه التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ ومشروعات "علوم المواطن"؛ وفيما يلي عرض مُفصل لما ذُكر:

أولاً: "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ" Brain Compatible Learning:

- **نشأة التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، والتأصيل المفاهيمي له:**

طُور مجال الأبحاث التي تجمع بين علم الأعصاب، والتربية؛ كمجال عالمي من قبل الأبحاث التربوية الأمريكية على مدى العقدين الماضيين؛ نتيجة للتعمق في فهم آليات عمل الدماغ في أثناء عملية التعلم، وقد تزايد الاهتمام به بشكل متسارع؛ حيث قدمت جامعة هارفارد برنامجًا دراسيًّا عن العقل والدماغ والتربية Mind, Brain and Education (MBE) يحصل فيه عدد من الدارسين سنويًّا على درجتي: الماجستير، والدكتوراه في التربية، فضلاً عن المجلة العلمية المحكمة التي أصدرتها الجمعية الدولية لبحوث العقل والدماغ والتربية (IMBES) ومحور اهتمامها التعلم القائم على الدماغ، كما أجرى عديد من الباحثين دراسات مستندة على مبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ لتطوير عمليتي: التعليم، والتعلم وتحسينها (جنسن، ٢٠١٤).

وبفضل ظهور التقنيات الحديثة التي تصور دماغ الإنسان في أثناء عملية التعلم، وما يحدث من تغييرات في الروابط العصبية التي تضيء في نقاط معينة عند حدوث عملية التعلم (طارق أحمد، ٢٠٢١)؛ صار علم الأعصاب قادرًا على تفسير كيفية معالجة الدماغ للمعلومات، وتخزينها في الذاكرة بأنواعها المختلفة؛ من خلال الدراسة المعمقة للدماغ، كما أبرزت نتائج الأبحاث المستفيضة في مجال التعلم المتوافق مع عمل الدماغ كيف تتم عملية التعلم في الدماغ، وانعكس ذلك في الإفادة منها في المجال التعليمي؛ ونتج عنها إعادة النظر في تأسيس مبادئ لبيئة الصف، وكذلك تطوير استراتيجيات تعليمية –متوافقة مع قدرات الدماغ– وتنفيذها؛ لتحقيق النتائج التي يسعى المنهج إلى إنجازها بصورة أفضل.

وترجع جذور "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ" إلى القرن التاسع عشر؛ منذ أن تساءل الإنسان عن مدى قدرة الفرد على التعلم؛ وفقًا للتركيب الجيني، والعامل البيئي، ويعد فرانسيس جالتون Francis Galton هو الذي بدأ في البحث عن أي من الطبيعة، أو النشئة له التأثير الأكبر في الذكاء، ولا يزال هذا التساؤل المثير للجدل محل اهتمام بين مجالي: علم البيولوجي، وعلم النفس السلوكي إلى يومنا هذا. وفي بداية القرن العشرين ساعدت أعمال بياجيه

Piaget –أيضًا– في تشكيل نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، فضلاً عن أعمال فيجوتسكي Vygotsky التي أكدت فكرة مفادها كيف يمكن للدماغ أن يصل إلى الإمكانات المثلى للتعلم (DiTullio, 2018).

وفي السبعينيات من القرن العشرين بدأت تتطور أبحاث الدماغ؛ منذ دراسة العلماء الدماغ البشري؛ معتمدين على دراسات تجريبية لأدمغة الفئران، أو الأدمغة البشرية التالفة، ومع تطور التصوير المقطعي البوزيتروني PET، والتصوير بالرنين المغناطيسي MRI تمكن العلماء لأول مرة من دراسة الأدمغة بدقة كبيرة، ثم تواصلا كل من علماء الأعصاب وعلماء النفس معًا لفهم كيفية عمل الدماغ في أثناء التعلم، وقد استُخدم مصطلح "الجانبين من الدماغ" خلال سبعينيات القرن العشرين، ثم ظهر في الثمانينيات من القرن الماضي مصطلح "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"؛ كمجال جديد كليًّا مبنيًّا على ما توصلت إليه الأبحاث عن الدماغ، وكيفية ارتباطه بالتعليم، وتلاها عقد عديد من المؤتمرات، مع كتابة كثير من المقالات عن الدماغ (جنسن، ٢٠١٤).

وتعد ليزلي هارت Leslie Hart من أوائل المؤلفين الذين كتبوا عن الدماغ من منظور المجال التعليمي، وفي عام ١٩٨٣ نشرت كتابًا بعنوان: الدماغ البشري والتعلم البشري "Human Brain and Human Learning"، وكان بمنزلة مصدر أساسي لإلهام كثير من الباحثين في هذا المجال، وابتكرت مصطلح **التناغم، أو التوافق مع الدماغ** Brain-Compatible؛ للإشارة إلى أن التعلم يتطلب قدرًا من التكيف بين الممارسات التعليمية والتدريسية مع طبيعة الدماغ؛ وهذا يعد أفضل كثيرًا من الجهد المبذول في فرض تصميمات تعليمية معينة أُعدت مسبقًا دون مراعاة طبيعة الدماغ، ولا كيفية أداء مهامه، وأكدت –أيضًا– الدور الجوهري للبيئات التعليمية في تحقيق أفضل نتائج للتعلم (McGeehan, 2013).

وهناك تصورات ذهنية مختلفة "للتعلم المستند إلى الدماغ"، أو "التعلم المتوافق مع عمل الدماغ"؛ فقد وصفه Jensen (2008a) بأنه: "طريقة للتفكير في عملية التعلم تراعي مجموعة من المبادئ الأساسية التي بدورها توفر قاعدة من المعرفة، والمهارات يُعتمد عليها بشكل أفضل في اتخاذ القرارات بشأن عملية التعلم". كما عرفه بأنه: "بيئة تعليمية تفاعلية تدعم الابداع، والاستيعاب المفاهيمي، والتواصل مع الآخرين".

وعرفه Connell (2009, P.29) بأنه: "تقنيات تدريسية ناتجة عن البحث في مجالي: علم الأعصاب، والعلوم المعرفية؛ لتحسين قدرة الطلاب على التعلم؛ باستخدام طرق فعالة

مناسبة لتكوين التشابكات العصبية". كما عرفه علوان (٢٠١٢، ص. ٢٣) بأنه: "نظرية تعتمد على تركيب الدماغ، ووظيفته؛ بمعنى: أن كل فرد يمكنه أن يكون قادرًا على التعلم؛ شريطة عدم وجود حاجز يمنع المخ عن أداء وظيفته الطبيعية".

ووصفه –أيضًا– جنسن (٢٠١٤، ص. ١٨) بأنه: "التعلم في حضور الذهن، ويتضمن تكوين ترابطات وتشابكات عصبية داخل الدماغ؛ حيث أنه يعيد الدماغ تنظيم نفسه أثناء عملية التعلم مع كل خبرة جديدة، أو سلوك، وعندما يستقبل الدماغ مثيرًا مهمًا؛ فإنه ينشط عملية التواصل بين خلية، وأخرى، وذلك يشترط توظيف فعال لاستراتيجيات تعليم قائمة على مبادئ مستقاه من فهم عمل الدماغ".

وعرفه Arun and Singaravelu (2020, P. 1143) بأنه: "استخدام مجموعة من طرق التدريس، والدروس المصممة، والبرامج المدرسية التي تستند إلى أحدث الأبحاث العلمية في كيفية عمل الدماغ، مع مراعاة عوامل عدة؛ منها: النمو المعرفي للطلاب، والمرحلة العمرية، وكذلك النضج المعرفي، والانفعالي والاجتماعي". كما وصفه Bada and Jita (2022, P. 24) بأنه: "البيداجوجية الفعالة المستخدمة؛ لتحسين استراتيجيات، وطرق تدريس متنوعة؛ وفقًا لمبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ للحد من العيوب المتأصلة في الطرق التقليدية".

وبتحليل التعريفات السابقة للتعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ يُستنتج أنها تتمحور في ثلاثة توجهات؛ الأول: وجه الأنظار إلى أنه إحدى النظريات التي تعتمد على بنية الدماغ ووظيفته في أثناء عملية التعلم، وأما الثاني: فتضمن كونه تقنيات تدعم التدريس؛ وفقًا لنتائج الأبحاث في مجال علم الأعصاب والعلوم المعرفية؛ على حين ركز التوجه الثالث على تهيئة البيئة المناسبة لعمل الدماغ.

وتأسيسًا على ما سبق؛ يمكن القول: إن التعلم المتوافق مع عمل الدماغ يؤسس على فكرة مفادها إنشاء بيئة صفية تسهم في تحسين النشاط الذهني للمتعلم؛ مما يزيد من معدل احتفاظه بالمعلومات، ويحسن الإنجاز الأكاديمي، والدافعية لديه؛ من خلال توظيف استراتيجيات التعليم، والتعلم المتنوعة والمتغيرة؛ وفقًا للنتائج الجديدة المتعلقة بنظريات التعلم.

وتتبنى الباحثة التعريف الأكثر عملية، أو إجرائية للتعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ وهو أنه: تهيئة البيئة الصفية المناسبة لتكوين الترابطات، والتشابكات بين الخلايا العصبية داخل

الدماغ؛ والتي يتخللها توظيف الاستراتيجيات والتقنيات القائمة على مبادئ مستمدة من فهم آلية عمل الدماغ.

- **مبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وتطبيقاتها التربوية:**

توصل Caine and Caine (2003) إلى المبادئ الرئيسة للتعلم المتوافق مع عمل الدماغ التي يمكن الاستفادة منها في عمليتي: التعليم والتعلم، وكيفية تطبيقها في الصف الدراسي؛ ويمكن توضيح ذلك في جدول (١) الآتي: (أميمة أحمد، ٢٠١٧؛ طارق أحمد، ٢٠٢١؛ Caine, Caine, McClintic, & Klimek, 2009; Jensen, 2005).

جدول (١): مبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وتطبيقاته التربوية:

المبدأ	وصفه، وتطبيقاته التربوية
١- الدماغ نظام ديناميكي معقد The brain is a complex dynamic	يقصد به: أن الدماغ ذو طبيعة فطرية مكون من بلايين الخلايا العصبية التي تنقل المعلومات بينها؛ من خلال عملية كهروكيميائية، كما يستند هذا المبدأ إلى وحدة دينامية عمل الجسم، والدماغ، والذهن؛ بمعنى: سيطرة مراكز المخ في النصف الأيمن على وظائف النصف الأيسر من الجسم والعكس؛ وبموجب ذلك يرتبط التعلم بالتركيب الفسيولوجي للمخ. ويتطلب هذا المبدأ تهيئة البيئة التعليمية المناسبة؛ كالتهوية، وتوفير مساحات للحركة، وتوفير ماء للشرب، والإضاءة الجيدة، والموسيقى؛ لإزالة التوتر من بيئة التعلم. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: تمرينات رياضة الدماغ- شرب الماء- وضع نبات في الفصل؛ لتنقية الهواء- إعطاء معلومات عن تركيب الدماغ- المرح).
٢- الدماغ ذو طبيعة اجتماعية The brain is social	يتشكل الدماغ؛ وفقًا للتفاعلات الاجتماعية للفرد مع الآخرين؛ حيث يعتمد الفرد - كجزء من النظام الاجتماعي- على بناء علاقات اجتماعية متبادلة تسهم في تكوين هويته؛ لذلك يتوجب العناية بانخراط الطلاب مع بعضهم، والاهتمام باستراتيجيات البنائية الاجتماعية. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: التعلم التعاوني- المناظرة- حلقات المناقشة- المشروعات- تعلم الأقران- الكراسي الساخنة).
٣- البحث عن المعنى فطري The search for meaning is innate	يعني هذا المبدأ أن الإنسان يسعى كمبرمج بيولوجي إلى تشكيل المعنى؛ من خلال ربط ما تعلمه بخبراته الشخصية وتجاربه؛ مما ينمي لديه التعلم العميق؛ لذلك ينبغي تقديم أنشطة تثير المخ بشقيه: الأيمن والأيسر، مع الاهتمام بحداثة المحتوى، وربطه بالخبرات السابقة، وتعزيز الإبداع، وتدعيم التعلم البنائي، والتعلم القائم على حل المشكلات.

المبدأ	وصفه، وتطبيقاته التربوية
	(ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: إعطاء وقت للتأمل والتفكير- الخرائط الذهنية- استراتيجية التخيل- إعطاء فترات راحة- إعداد الدرس مسبقًا- عمل بحث).
٤- البحث عن المعنى يحدث؛ من خلال التنميط، أو النمذجة The search for meaning occurs through patterning	يشير التنميط إلى تنظيم المعنى، وتصنيف المعلومات؛ من خلال تحديد التشابهات، والاختلافات بينها؛ حيث تخزن المعلومات في شكل أنماط في أدمغتنا، ويشترط أن يكون لها معنى؛ حيث يستقبل الدماغ تلك الأنماط، ويكونها، بينما يقاوم الأنماط غير ذات المعنى التي تعرض عليه؛ ويتطلب ذلك توظيف الأمثلة والتجارب وبناء النماذج العلمية، وربط المعارف الجديدة بالمعارف السابقة، مع الحرص على تنفيذ عمليات التمثيل والمواءمة وتنظيم المعرفة. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: خرائط المفاهيم، المنظم الشكلي KWL- استخدام الصور والرموز- التصنيف- استقراء الإيجابيات والسلبيات- قدح الذهن).
٥- الانفعالات عنصر حاسم في التنميط، أو النمذجة Emotions are critical to patterning	للعواطف، أو الانفعالات دور أساسي في حياة الفرد؛ بمعنى: أن تعلم الدماغ يرتبط بالانفعالات؛ كالتحيزات الشخصية، وتقدير الذات، والحاجة إلى التفاعل الاجتماعي؛ فالانفعالات تنظم -في أثناء عملية التعلم- ما نتعلمه في الدماغ ونخزنه؛ وذلك يعني: عدم القدرة على الفصل بين التفكير، والجانب الانفعالي للفرد. ولتحسين ذلك؛ ينبغي توفير بيئة تعلم مفعمة بالخبرات العاطفية، وتتسم بجو من المرح، وتراعي اهتمامات المتعلمين، وتزيد من دافعيتهم للتعلم، وتنمي اتجاهاتهم الإيجابية نحو المادة الدراسية، وتحسن من ثقتهم بأنفسهم، وتنمي كفاياتهم الذاتية. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: تمثيل الأدوار- المسرح- الدراما- إتاحة الفرصة للتعبير عن المشاعر- كتابة التقارير الذاتية- التعلم التعاوني- النماذج المجسمة).
٦- يبدع كل دماغ، ويدرك الأجزاء والكليات بشكل متزامن Every brain simultaneously perceive and creates parts and wholes	أشارت نتائج الأبحاث إلى أن هناك اتجاهين منفصلين، ومتزامنين في الدماغ عند تنظيم المعلومات؛ أحدهما: يختزل المعلومات إلى أجزاء؛ على حين يتعامل الاتجاه الآخر بشكل كلي، ويعمل الدماغ بصورة متكاملة. وبناءً على هذا المبدأ؛ ينبغي توفير الأنشطة التي تتطلب تفاعلات كاملة لجانبي الدماغ (التركيب، والتحليل). (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: خرائط المفاهيم- المنظم الشكلي KWL- الدراما- الموسيقى- الحركة- استخدام صور، ومخططات على الحائط- عمل المجموعات الصغيرة).

المبدأ	وصفه، وتطبيقاته التربوية
٧- **يشمل التعلم كلا من: الانتباه المركز، والإدراك المحيطي (الطرفي)** Learning involves both focused attention and peripheral perception	يشمل التعلم التركيز على مثيرات محورية، ومركزية؛ حيث يمتلك كل فرد أفكارًا عامة بشأن ما يحيط به من مثيرات منغمس فيها بشكل مستمر؛ ولكنه يولى بعضًا منها اهتمامًا خاصًّا. وفيما يتعلق بالانتباه المركز: فيتم خلاله استقبال الدماغ المعلومات مباشرة بأعداد لا تحصى من الصور، والمُحسَّات، والمدخلات؛ ولكنه يركز على المثيرات الأكثر أهمية، وملاءمة؛ لإشباع الاحتياجات والاهتمامات. بينما يقصد بالإدراك المحيطي: الانتباه إلى المعلومات خارج مجال المشاركة (السياق)؛ لذلك ينبغي الاهتمام بالتعلم البصري، والمعينات البصرية؛ من خرائط المفاهيم، واللوحات، والملصقات؛ لإبراز التشابه بين المفاهيم، والتركيز على حل المشكلات الحياتية. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: المنظم الشكلي KWL- العمل في مجموعات- الخرائط الذهنية- النمذجة- الصور- عمل المشروعات- التخيل- الرحلات الميدانية).
٨- **ينطوي التعلم دائمًا على عمليات وعي، وعمليات لا وعي** Learning is both conscious and unconscious	قد يتطلب التعلم انتباه الفرد بشكل واعٍ للمشكلة المراد حلها وتحليلها، وأحيانًا يتطلب استدعاء الخبرات اللاواعية، ثم يليها المعالجة الواعية، ووفقًا لهذين المستويين -من الوعي، واللاوعي- تتجلى قدرة المتعلمين على الانخراط فيما وراء المعرفة، ومراقبة أنفسهم؛ عن طريق الوظائف التنفيذية لأدمغتهم. وتتم الاستفادة من هذا المبدأ؛ باستخدام تقنيات محفزة، وأنشطة متنوعة يمارس -خلالها- العمليات الذهنية الواعية، ويستخدم مهارات التفكير التأملي المشجعة على تكوين الترابطات، مع إتاحة الوقت الكافي للتعليم والتعلم، وتوفير الفرص لطرح الأسئلة. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: توظيف الدراما- استخدام الأشرطة السمعية- دعم التغذية الراجعة من قبل الطلاب).
٩- **هناك مدخلان على الأقل لتنظيم الذاكرة** There are at least two approaches to organizing memory	حدد الباحثون عدد من الأنظمة المتنوعة للذاكرة يمتلكها كل فرد؛ مثل: الذاكرة الصريحة، وذاكرة المعاني، والذاكرة الإجرائية، والذاكرة الانفعالية، ولكل فرد ذاكرة مسئولة عن تسجيل الأحداث الحياتية، وتخزينها، ويتم -خلالها- إعداد خرائط ذهنية ذات معنى؛ مما يسهم في تكوين نظام ديناميكي معرفي داخل الدماغ؛ وعليه ينبغي الاهتمام بالخبرات الحياتية، والتفكير الناقد. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: توظيف الدراما – العمل في مجموعات صغيرة- أفلام الفيديو- تغيير بيئة الصف- إجراء المشروعات- لعب الأدوار- الرحلات الميدانية).
١٠- **التعلم عملية**	هناك مراحل يتطور خلالها الدماغ المادي بشكل تدريجي، وتختلف في المعدل

المبدأ	وصفه، وتطبيقاته التربوية
متطورة Learning is developmental Process	والطريقة من فرد لآخر؛ حيث يكون معدل النمو سريعًا خلال السنوات الأولى، ويصحب تلك العملية تغييرات فسيولوجية تتمثل في زيادة الترابطات في الدماغ. ويتم الاستفادة من هذا المبدأ؛ ببناء خبرات سابقة تطور ما لدى المتعلم من معلومات، مع مراعاة القدرات الذهنية للمتعلمين؛ وفقًا لأعمارهم؛ من خلال اكتساب الخبرات المتنوعة المترابطة، والمستمرة بشكل مناسب. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: التصنيف– المنظم الشكلي KWL – تصميم خرائط المفاهيم – الخرائط الذهنية– استخدام الاستباط، والاستقراء في توضيح المفهوم المراد تعلمه).
١١– يعزَّز التعلم المركب بالتحدي، ويعاق بالتهديد المرتبط بالعجز، أو الارهاق Complex learning is enhanced by challenge and inhibited by threat associated with helplessness and/ or fatigue	هناك نظامان منفصلان يستجيب خلالهما الفرد عندما يتعرض للخبرات؛ النظام الأول: يسمى الطريق البعيد، ويحدث عندما يكون الانطباع الأولي للخبرات غير مخيف؛ وعليه تتجه المعلومات إلى القشرة الحسية؛ حيث تتكون استجابات انفعالية تتوافق مع إدراك الفرد، وانفعالاته؛ وعليه تتشكل لديه انفعالات هادئة، والنظام الثاني: الطريق القريب؛ فعندما تترجم الانطباعات على أنها مخيفة، وتمثل تهديدًا؛ لا تتجه الإشارات إلى القشرة الحسية، ويتم استصدار استجابة دافع أو اهرب؛ لذلك ينبغي تهيئة بيئة تعليمية تعلمية مريحة، ومتحدية لأذهان المتعلمين، وآمنة نفسيًّا؛ من خلال عدم التهكم، وإزالة الخوف والتوتر لدى المتعلمين، مع التعزيز المستمر، وتقديم التغذية الراجعة الفورية. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: العمل في فرق– توظيف الدراما– طرح مشكلات حياتية والبحث عن حلول لها– اقتراح الطلاب أسئلة للاختبارات– تغيير بيئة الصف).
١٢– كل دماغ منظم بشكل متفرد Every brain is uniquely organized	برغم أن البشر جميعهم متشابهون في امتلاكهم أنظمة دماغية؛ ولكنهم يختلفون في المخطط الوراثي، ويتضاعف التعقيد؛ نتيجة الاختلافات في الخبرات الاجتماعية، والعرقية، والاقتصادية. ويؤيد هذا المبدأ استخدام استراتيجيات التعليم، والتعلم المتنوعة؛ لتوفير بدائل، وخيارات تسمح بمشاركة المتعلمين بمواهبهم وقدراتهم المتفردة، مع توفير الوقت الكافي واللازم. (ومن التقنيات المتناغمة مع هذا المبدأ: عمل مشروعات– التعلم التعاوني– عمل بحوث من اختيار الطلاب– إجراء دراسة حالة– تصحيح الطلاب للاختبارات).

ويمكن استخلاص مما سبق أن جميع الأفراد يمتلكون أنظمة دماغية؛ ولكن يختلفون عن بعضهم؛ ويعزى ذلك إلى أسباب وراثية وبيئية وخبرات سابقة، وتلك الأنظمة الدماغية مسئولة عن معالجة المعلومات وتخزينها، وتفسيرها، فضلاً عن أن العقل البشري يبحث عن المعنى؛ من خلال تكوين ترابطات عصبية وتقويتها؛ لذلك يتطلب إتاحة الفرص من الإثارة والتشويق والخبرات العاطفية، والتفاعل مع الآخرين؛ لبناء علاقات اجتماعية؛ من خلال بيئة داعمة مفعمة بالتحدي خالية من التهديد وعدم المرونة. وبالنظر إلى الاستراتيجيات والتقنيات المناسبة مع هذه النظرية؛ فيمكن تحديدها في استراتيجيات تركز على المحاكاة؛ مثل: حل المشكلات، واستخدام الألعاب والدراما، واستراتيجيات بصرية؛ كالمخططات، وخرائط المفاهيم، والخرائط الذهنية، والمنظم الشكلي KWL، واستراتيجيات اجتماعية؛ مثل: قدح الذهن، والتعلم التعاوني، وطريقة المشروعات، ودراسة الحالة، وعمل بحوث، أما عن التقنيات فإنها تركز على توظيف الحواس؛ كالحركة، ورياضة الدماغ، وسماع الموسيقى.

وبناءً على تلك المبادئ حدد Caine, Caine, McClintic and Klimek (2016) بعض إمكانات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ Brain learning capacities؛ لتهيئة بيئة تعلم ثرية وداعمة، ويمكن توضيحها؛ كما هو في شكل (٢) الآتي:

شكل (٢): إمكانات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ.
(Caine et al., 2016, P. 4)

- **مراحل التعلم المتوافق مع عمل الدماغ:**

وفقًا لمبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ حدد Jensen (2008a) مراحل التعلم المتوافق مع عمل الدماغ التي تبنتها كثير من الدراسات؛ منها: أميمة أحمد (٢٠١٧)؛ القرني (٢٠١٥)؛ DiTullio, (2018)؛ وتمثلت في المراحل الآتية:

المرحلة الأولى (ما قبل العرض) Pre-Exposure: تتضمن تزويد الدماغ برؤية عن التعلم الجديد، مع تشجيع الطلاب على الاهتمام بتغذية الدماغ، وشرب كمية كافية من الماء، وأداء بعض تمارين التمدد.

المرحلة الثانية (الإعداد) Preparation: ويتم –خلالها– تهيئة أذهان المتعلمين؛ من خلال تحديد المعلومات السابقة لديهم؛ كإطار مبدئي للتعلم الجديد؛ والتي من شأنها أن تسرع من استيعابهم المعارف الجديدة، مع تقديم بعض القضايا أو الموضوعات ذات الصلة بالحياة اليومية، وتحفيز دماغ المتعلمين بالترابطات الممكنة، مع توفير ملخص عن الدرس؛ باستخدام المنظمات البصرية.

المرحلة الثالثة (المبادرة، والاكتساب) Initiation and Acquisition: وتتضمن هذه المرحلة تسريع اكتساب الدماغ للتعلم؛ من خلال توفير خبرات مختلفة للمتعلم، يستخلص منها ما يتعلمه، مع تحديد الوقت المناسب للتحدث والعمل، ويُقسم الوقت ما بين عرض الموضوعات، واستيعاب ما تعلموه وتجريبه ومناقشته؛ وصولاً إلى استكشاف المفاهيم الجديدة، ويسمح –خلالها– للطلاب ببناء معانيهم الخاصة في أثناء تعلم المحتوى، ويمكن تحقيق ذلك؛ من خلال استخدام بعض الطرق المباشرة؛ مثل: المناقشة، والملخصات، وتوفير أوراق العمل، أو طرق غير مباشرة؛ مثل: وضع أدوات بصرية متعلقة بموضوع التعلم، أو إعداد الطلاب لأداء أنشطة؛ مثل: الملاحظة داخل الصف الدراسي أو خارجه، وهاتان الطريقتان تكمل كل منهما الأخرى.

(وقد تشمل هذه المرحلة: لعب الأدوار– مقاطع الفيديو– القراءة الحرة – المشروعات الجماعية– المناقشة– المحاضرة المعدلة– النماذج البصرية المثيرة).

المرحلة الرابعة (التفصيل، والإسهاب) Elaboration: يتطلب التفصيل تنمية طرق عصبية في أدمغة المتعلمين؛ لربط المعلومات المكتسبة؛ بحيث تكون ذات مغزى؛ من خلال إتاحة فرص التفاعل مع الخبرة الجديدة، واستخدام المناقشة والتفاوض؛ على حين يتضمن

الإسهاب حفظ الدماغ على الترابطات العصبية التي تشكلت من التعلم الجديد؛ مما يسمح لهم بتنمية التفكير العميق لهذا التعلم.

(وتتضمن هذه المرحلة: استخدام مقاطع الفيديو– تقييم الأقران– تصميم الخرائط الذهنية– تزويدهم بمفاتيح الإجابة– التغذية الراجعة الفورية).

المرحلة الخامسة (تكوين الذاكرة، وتقوية التعلم) Memory Formation: تسمح هذه المرحلة بترميز الذاكرة، وتهدف إلى ربط المعلومات التي تعلموها؛ لاسترجاعها في أوقات لاحقة، ولتحقيق بقاء التعلم الجديد وسهولة استرجاعه؛ ينبغي مراعاة العوامل التي تسهم في ذلك؛ مثل: توفير فترات الاسترخاء الكافية للمتعلم، مع مراعاة كل من: مرحلة النمو، وحالة المتعلم، والتغذية الراجعة.

(وتشمل: الاسترخاء الذهني– تأكيد المشاعر الإيجابية– التدريب الموجه– نشاط تعاوني– كتابة يوميات عن تعلمهم– مناقشة تعلمهم في أزواج– الاستماع إلى الموسيقى).

المرحلة السادسة: (التكامل الوظيفي، أو الاستخدام الممتد أو التحقق، وفحص الثقة) Functional Integration- Verification and Confidence Check:

تختص هذه المرحلة بتوظيف ما تعلموه في مواقف عدة جديدة؛ مما يسمح بتعزيزه بشكل أوسع، ويصير التعلم الجديد عميقًا؛ نظرًا لوجود ترابطات عصبية متشعبة بشكل كبير جدًا بين الخلايا العصبية.

(وتشمل: النشاط الفردي؛ لربط التعلم بالذاكرة بعيدة المدى، مع إعطاء الوقت الكافي للتأمل الذاتي؛ حيث يصف فيه المتعلم ما فهمه أثناء الدرس– إجراء المقابلات، أو تقييم الأقران، أو إجراء اختبار قصير).

المرحلة السابعة: (الاحتفال، والتكامل) Celebration and Integration: تتضمن هذه المرحلة تحفيز المشاعر، وتأكيد المتعة وغرس حب التعلم، وتعد هذه المرحلة مهمة؛ لأنها تهدف إلى تكوين ارتباط إيجابي لدى المتعلمين بعملية التعلم، وخلالها يتم تزويد الطلاب بالوقت اللازم للاحتفال، ودعوة الجميع لعرض المشروع؛ مما يسهم في دعم قيمة ما تعلموه.

- **تقنيات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ:**

ولقد أجمل Ramakrishnan and Annakodi (2018) بعض التقنيات المستخدمة في بيئة التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ فيما يأتي:

- التحدث Talking: يتضمن تزويد الطلاب ببعض المعلومات، يليها إتاحة الوقت لمناقشة ما تعلموه.
- المشاعر Emotions: ترتبط الذكريات القوية ارتباطًا وثيقًا بخبرات عاطفية؛ سواء الإيجابية، أم السلبية، ويعمل الدماغ بشكل أفضل في الحالة العاطفية الإيجابية؛ ومن ثم ينبغي شعور الطلاب بالأمان المادي، والعاطفي قبل الإعداد الذهني للتعلم، ويمكن للمعلم خلق بيئة إيجابية؛ من خلال تشجيع جهود طلابهم والثناء عليهم؛ لأنه لا يمكن للدماغ أن يتعلم جيدًا في بيئة مليئة بالضغوط والتوتر.
- التمثيل البصري Visual: الرؤية هي أقوى الحواس؛ لذلك ينبغي توظيف الملصقات، والرسوم، ومقاطع الفيديو، والصور؛ لمساعدة الطلاب في التعلم بشكل أفضل.
- حاجة الدماغ للأكسجين The brain needs oxygen: حيث يستخدم الدماغ يوميًّا ٢٠% من الأكسجين المستخدم في الجسم؛ وهذا يعني ضرورة تحريك الطلاب من مقاعدهم بانتظام.
- فواصل للدماغ Brain Breaks: يمكن للدماغ أن يستقبل كثيرًا من المعلومات في كل مرة؛ ولكن ينبغي مراعاة أن الدماغ عندما يمتلئ لا يمكنه أن يتسع لمزيد من المعلومات؛ ومن ثم ينبغي إتاحة الوقت لمعالجة التعلم الجديد؛ لإفساح المجال لمعلومات جديدة؛ بمنح الطلاب استراحة من ٥- ١٠ دقائق، ويمكن -على سبيل المثال- استخدام: فكر- زاوج- شارك، أو نشاط حركي، أو مزحة جيدة.
- الموسيقى Music: تعد أداة قوية، يمكن -من خلالها- تعلم الجوانب الصعبة.
- مستوى الطاقة Energy level: ينبغي للمعلم الاستفادة من الوقت الذي يكون فيه مستوى الطاقة عاليًا لدى طلابه؛ بتدريس المواد المحورية، كما يرتبط مستوى الطاقة الأعلى بزيادة مستوى الاهتمام.
- الترطيب Hydration: بمعنى أن يسمح المعلم لطلابه بشرب الماء في أثناء التعلم؛ حيث أثبتت الدراسات أن الجفاف يتسبب في ارتفاع الملح في الدم؛ مما يؤدي بدوره إلى ارتفاع ضغط الدم، والتوتر، كما يؤدي إلى فقدان الانتباه والخمول.

- وقت للتأمل Time for reflection: ينبغي على المعلم –في نهاية الدرس– إعطاء وقت للتفكير في الموضوع، ومناقشته مع طلابه.
- الاختيار Choice: يعد تقنية مهمة؛ لأن الدماغ يتفاعل أكثر عندما يكون هناك اهتمام بالمهمة التي يؤديها المتعلم.

- **متطلبات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ:**

استنادًا على ما عُرض سلفًا؛ فمن الضروري لتحقيق التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في أنظمتنا التعليمية؛ توافر بعض المدخلات الضرورية؛ التي من شأنها أن تسهم في تحقيق المخرجات المرجوة في التربية العلمية، ومن تلك المتطلبات اللازمة للإسهام في تطبيق التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ ما يأتي:

- **متطلبات متعلقة بالمناهج الدراسية:** ينبغي مراعاة بعض الجوانب في محتوى المنهج المعد في ضوء التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ ومنها: تصميم المحتوى من أجل الفهم، واختيار المحتوى في ضوء خصائص البيئة، وضرورة تنظيم المحتوى؛ تبعًا لإمكانات المتعلمين واهتماماتهم واختياراتهم، وكذلك تضمين المحتوى أنشطة ذات صلة بحياتهم اليومية، مع مراعاة أن يشمل المحتوى الربط بين تخصصات متعددة، مع السماح بقضاء فترة أطول من الوقت؛ لتغطية محتوى أقل وأكثر عمقًا، وتحقيق الإتقان؛ كجزء من أهداف التعلم (Kaur, 2013).
- **متطلبات متعلقة بالبيئة التعليمية:** ضرورة مراعاة توافر البيئة المحفزة، والنشطة المناسبة لعمل الدماغ، وتفعيلها في مجال تدريس العلوم؛ ومن الخصائص التي ينبغي توافرها في تلك البيئة:

- أن تكون ثرية بالخبرات المتنوعة؛ باستخدام تقنيات واستراتيجيات تراعي تعدد الحواس؛ كالرسوم التخطيطية والمنظمات المتقدمة؛ لتحفيز حاسة البصر، والمناقشات والتعلم التعاوني ولعب الأدوار؛ لدعم حاسة السمع، مع مراعاة حاسة الشم التي ثبتت أهميتها في الاحتفاظ بالمعلومات؛ من خلال الروائح الطيبة، وكذلك حاسة اللمس؛ من خلال تصميم النماذج والتعامل مع الأشياء المتعلقة بالموضوع.
- أن تركز على إثارة الدافعية للتعلم، وتوفير الأمن المادي، والنفسي؛ من خلال توفير التجهيزات، ومصادر التعلم المناسبة، وتجنب التهديد والتوتر، وأن تتسم بالإيجابية؛ لإنجاح عملية التعلم (Reddy, Hunjan, & Jha, 2021).

- **متطلبات متعلقة بالمعلم:** ينبغي على المعلم توجيه طلابه وإرشادهم، وإعطائهم الوقت الكافي للتأمل، مع مراعاة تنويع الاستراتيجيات المناسبة؛ لتشجيع التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ من خلال تحفيز حواس الطلاب المختلفة، ودعم التعلم ذي المعنى؛ باستدعاء المعرفة السابقة، وربطها بالسياق الحالي؛ حيث يتم –خلالها– تعديل الدائرة العصبية المعنية التي تنشط؛ لتضمين المعرفة الجديدة في تلك الدائرة؛ من خلال تكوين روابط جديدة؛ مما يقوي الدائرة العصبية القديمة، ويؤدي ذلك إلى ارتباطات أفضل في الدماغ؛ مما ييسر عملية التعلم (Reddy et al., 2021).

▪ **التربية العلمية، والتعلم المتوافق مع عمل الدماغ:**

يبحث معلمو العلوم باستمرار عن آليات التدريس الأكثر مناسبة؛ لاستخدامها في تعليم العلوم؛ والتي ينجم عنها تحقيق أفضل النتائج، ويمكن تحقيق ذلك؛ من خلال استخدام مبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وتطبيقاته التربوية في التدريس؛ وفُسر ذلك بأن لاستخدامه آثارًا إيجابية في مجال التربية العلمية، أوضحتها دراسة Jita and Bada (2022) التي فحصت نتائج ٢٥ دراسة عن تكامل التعلم المتوافق مع عمل الدماغ داخل الفصول الدراسية، وكشفت النتائج أنه يمكن توظيف مبادئ هذا التعلم بشكل ملائم في فصول تعلم العلوم؛ لأنه يراعي تفرد دماغ كل طالب، ويتوافق مع التدريس في القرن الحادي والعشرين؛ من خلال منح الطلاب فرصًا متعددة، تنمي مسئولياتهم نحو تعلمهم.

وثمة عديد من الدراسات التي سعت إلى الكشف عن تأثير تطبيق نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومبادئها في كثير من المجالات التعليمية، وأكدت دورها الإيجابي في تحسين عملية التعلم بشكل أفضل؛ لأن تصميم التعلم –خلالها– يحقق التناسق بين المشاعر، والإدراك، والتفكير، والجانب الاجتماعي. وبتقصي الدراسات السابقة؛ يمكن تحديد أهمية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في تدريس العلوم من خلاله إسهامه في:

- تنمية **الاستيعاب المفاهيمي**؛ وهذا ما توصلت إليه دراسة آل رشود (٢٠١٠)، واتفقت معها دراستا كل من: عبد الفتاح (٢٠٢٠)؛ Alanazi (2020).
- تنمية **التحصيل العلمي**؛ وهذا ما أثبتته دراستا كل من: Kunar and Mishra (2019); Lagoudakis, Vlachos, Christidou and Vavougios (2022).
- اكتساب **المفاهيم العلمية، والقدرة على حل المشكلات**؛ وهذا ما توصلت إليه دراسة منى محمد (٢٠١٩)، واتفقت معها دراسة Arun and Singaravelu (2020) في تحسين

الإنجاز الأكاديمي، وتعزيز قدراتهم على حل المشكلات والابداع؛ وهذا ما استنتجته – أيضًا– دراسة Hervianto, Waluyo and Prihatin (2020).

- تنمية **التفكير عالي الرتبة، وبعض عادات العقل؛** وفقًا لدراسة القرني (٢٠١٥)، وكذلك دراسة الحكيمي، والتويتي (٢٠٢٠) في تنمية **عادات العقل والاتجاه نحوها.**
- تنمية **مهارات كل من: التفكير التخيلي، ومعالجة المعلومات؛** وهذا ما أثبتته دراسة هاني (٢٠٢٠).
- تنمية **القدرات الإبداعية** في تعلم العلوم؛ وهذا ما توصلت إليه دراسة شمعون (٢٠٢١).
- تنمية **الذكاء الطبيعي؛** وهذا ما أثبتته دراسة المهدي (٢٠٢٣).
- تحسين **التفكير التأملي، والدافعية** نحو تعلم العلوم؛ وهذا ما استنتجته دراسة أميمة أحمد (٢٠١٧)، وأيدتها دراسة Sani, Rochintaniawati and Winarno (2019) في تأثيره في تحسين **الدافعية.**
- تنمية **اتجاهات الطلاب نحو تعلم العلوم والتكنولوجيا؛** وهذا ما توصلت إليه دراسة Akyurek and Afacan (2013)، وكذلك تنمية **الكفاءة الذاتية؛** كما أثبتته دراسة عبد الفتاح (٢٠٢٠).

وفي ضوء ما تم عرضه من دراسات ذات صلة؛ يتبين فاعلية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في تنمية عديد من مخرجات التعلم في العلوم في مراحل دراسية مختلفة؛ ومنها: الاستيعاب المفاهيمي، والإنجاز الأكاديمي، وعادات العقل، وحل المشكلات، ومعالجة المعلومات، ومهارات التفكير التخيلي والتأملي والابداعي، والذكاء الطبيعي، والكفاءة الذاتية في العلوم، والدافعية، واتجاهات الطلاب نحو تعلم العلوم.

ولكن اختلف البحث الحالي مع الدراسات السابقة في إجراء التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"، ودورها في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.

وقد استفادت الباحثة من الإطار المعرفي –فيما يتعلق بالتعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وما يرتبط به من دراسات– في وضع تصور للنموذج التدريسي المقترح، وإعداد دليل المعلم، وأوراق عمل أنشطة التلميذ.

ثانيًا: "علوم المواطن": Citizen Science

- **مفهوم "علوم المواطن"، ونشأته:**

حظي مصطلح "علوم المواطن" باهتمام متجدد في العقود الأخيرة؛ بسبب مشاركة عموم الشعب في العلم (Bonney, Phillips, Ballard, & Enck, 2016)، وللمشاركة العامة في العلوم تاريخ طويل، وقد تجدد مؤخرًا؛ من خلال ما يسمى "بعلوم المواطن" (Silvertown, 2009)؛ ويقصد بها: جهد مشترك بين المواطنين، والعلماء في مشروعات البحث العلمي (Bonney, Ballard, Jordan, McCallie et al., 2009; Hecker, Garbe, & Bonn, 2018)، وخلالها تجمع البيانات عن الحيوانات، والنباتات، وكذلك بعض الصفات البيئية؛ مثل: نقاء المياه، وتغير درجات الحرارة، وتغير تجمعات الأصناف البرية باستمرار؛ للوصول إلى قاعدة بيانات كبيرة، ثم تصنف، وتحلل، بما يسهم في تطوير المعرفة العلمية، وتقديم الحلول للمشكلات التي تواجه المجتمعات (Shah & Martinez, 2016). ويمكن للمواطنين أن يمثلهم أفراد من عامة الشعب، أو طلاب يشاركون في مشروعات "علوم المواطن" (Eitzel et al., 2017).

وعُرفت –أيضًا– بأنها: بحث منهجي يجريه باحثون غير محترفين (Dickinson et al., 2012). كما عُرفت بأنها: المشاركة العامة في جهود البحوث المنظمة مع علماء محترفين؛ لدراسة التغيير البيئي (Dickinson & Bonney, 2012). ويمكن "لعلوم المواطن" أن تنطوي على المشاركة مدى الحياة، وتنمية مهارات البحث العلمية المعقدة، أو قد تكون المشاركة قصيرة المدى بدون مهارات معينة مطلوبة (Shirk et al., 2012).

وباستقراء التعريفات السابقة "لعلوم المواطن"؛ يمكن تعريفها بأنها: مشاركة أفراد من عامة الشعب، أو طلاب في جهود البحوث المنظمة مع العلماء، وخلالها تجمع البيانات، وتحلل؛ بهدف تطوير المعرفة العلمية، أو تقديم الحلول للمشكلات التي تواجه المجتمع.

كما يعتمد العلماء –حاليًا بصورة متزايدة– على المواطنين؛ ليكونوا بمنزلة أعينهم، وآذانهم؛ لدراسة التجمعات الأحيائية، وأماكن وجودها (Mahr, Göbel, Irwin, & Vohland, 2018)، وهذا يبرز –أيضًا– دور "علوم المواطن" في التحول من العلم الذي يخدم المواطنين إلى العلم المؤدى من خلال المواطنين (Strasser, Baudry, Mahr, Sanchez, & Tancigne, 2019).

وبتتبع نشأة "علوم المواطن"؛ فإن معظم الدعاة "لعلوم المواطن" –كحركة غير مسبوقة، أو ثورية– أكدوا أنها ظهرت في نهاية القرن العشرين، واعترفوا –أيضًا– بأنها ترجع إلى العلماء الهواة في القرنيين: الثامن عشر، والتاسع عشر؛ حيث كانت مهنة الناس العلمية هواية؛ بصرف النظر عن مهنتهم الرئيسة، وغالبًا تطوعية؛ حيث ينخرط المواطنون غير المتخصصين المهتمين بالعلوم في البحث مع العلماء عن الطيور المهاجرة؛ من خلال مشاركتهم في جمع البيانات وتحليلها وكتابة تقارير عنها، كما جمع المزارعون بيانات عن الطقس على مدى قرنين من الزمان؛ وهذا يدلل على أن "علوم المواطن" لم تنمُ من فراغ. والمتتبع لتاريخ العلم يلاحظ تسجيل أعضاء من عامة الشعب أجروا استقصاءات، وتحققوا من الأسئلة العلمية، وأجروا ملاحظات للعالم من حولهم على مدى الأجيال (Silvertown, 2009; Strasser et al., 2019).

ويمكن القول –فيما تقدم– إن جذور "علوم المواطن" ترجع إلى عدة قرون؛ لكن برزت محاولة التعريف، والتنظير للمصطلح –بشكل مفصل– في منتصف التسعينيات من القرن الماضي؛ من خلال كل من: ريك بوني Rick Bonney –مدير مشروع "علوم المواطن" في مختبر كورنيل لعلم الطيور بأمريكا–، وعالِم الاجتماع الاقتصادي آلان إروين Alan Irwin الذي نشر كتابًا بعنوان "علوم المواطن والتنمية المستدامة" (Bonney et al., 2016)، واكتسب مصطلح "علوم المواطن" شعبية منذ ذلك الحين؛ ونما المصطلح بشكل مجتمعي مكثف، وأُسس كمجال للممارسة والبحث؛ مما ترتب عليه التوسع في الخصائص، والأطر المفاهيمية، والإرشادات، والإجراءات ذات الصلة.

وخلال القرن العشرين ظهر آلاف من المشاركين المتطوعين في مشروعات ترتبط بمجالات علمية متعددة يؤدي فيها "علوم المواطن" دورًا بارزًا؛ ومنها: علوم البيئة، والفلك، والطب، والحاسوب، والإحصاء، وعلم النفس، والوراثة، والهندسة، وغيرها؛ إذ تسمح عمليات التعاون الهائلة بإجراء تحقيقات على المستويات المحلية، والعالمية؛ مما يؤدي إلى اكتشافات لا يمكن تحقيقها من قبل عالِم واحد بمفرده، وحاليًا تطور مفهوم "علوم المواطن"؛ من خلال عمل بروتوكولات؛ لجمع البيانات، وإدراج أهداف محددة، وقابلة للقياس في المجال التعليمي (Bonney, Cooper, Dickinson, Kelling et al., 2009).

ووفقًا لذلك؛ تزايد تأسيس الشبكات المهنية "لعلوم المواطن"؛ منها: رابطة "علوم المواطن" الأمريكية؛ ومقرها الولايات المتحدة US-based Citizen Science Association، ورابطة

"علوم المواطن" الأوروبي European Citizen Science Association، ورابطة "علوم المواطن" الاسترالي Australian Citizen Science Association، وفي إسرائيل رابطة أخذ "علوم المواطن" للمدرسة Israel's Taking Citizen Science to Schools (Yosef & Tryjanowski, 2022).

- **تصنيفات المشاركة في مشروعات "علوم المواطن":**

تعددت التصنيفات التي وضعت –فيما يتعلق بمشاركة المواطنين في العلم– منها: ما عرضه Bonney et al. (2016)؛ لوصف المشاركة في مشروعات "علوم المواطن" على النحو الآتي:

١- المشروعات المسهمة Contributory projects: حيث يصمم العلماء التجربة، ويسهم المواطنون بالبيانات؛ على سبيل المثال: عدد الطيور في عيد الميلاد في أمريكا الشمالية.

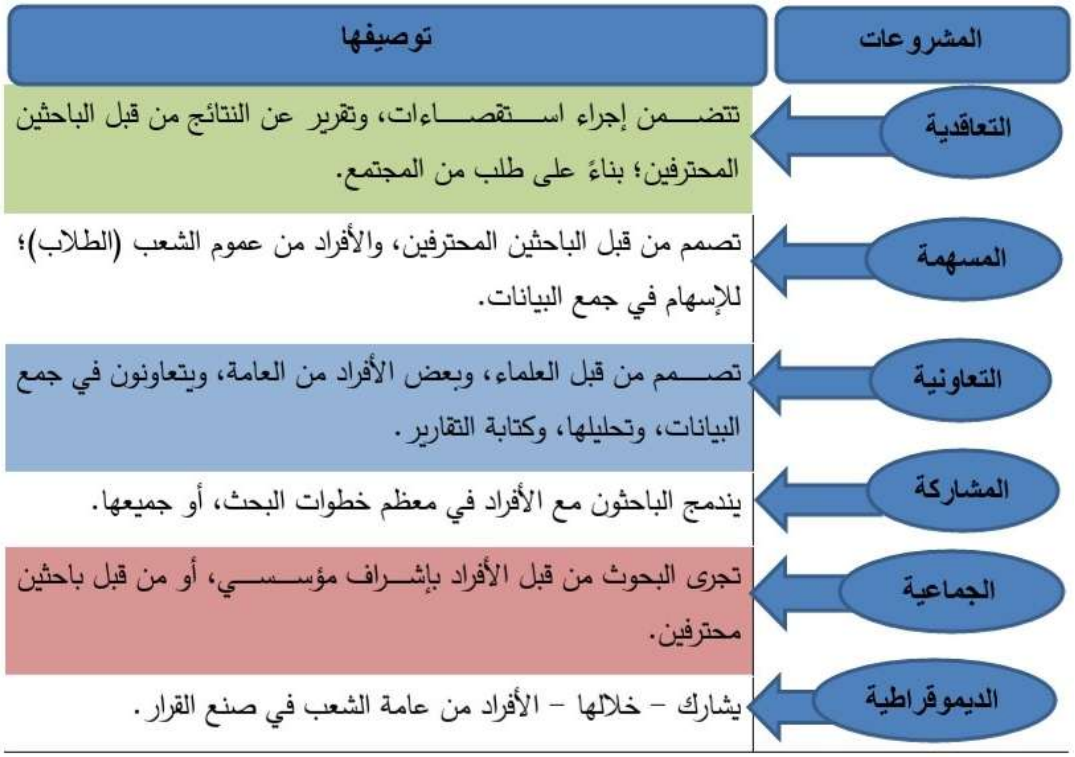
٢- المشروعات التعاونية Collaborative projects: حيث يمكن للمواطنين–أيضًا– التعبير عن آرائهم، والإسهام في تصميم المشروع، والمساعدة في تحليل البيانات، ونشر النتائج.

٣- المشروعات المشتركة Co-Created projects: تتضمن مشاركة المواطنين في عملية التطوير، والتنفيذ للعملية العلمية بأكملها.

ويضيف Shrik et al. (2012) إلى الأنماط السابقة نمطين آخرين؛ هما: المشروعات التعاقدية Contractual projects؛ وتعني: طلب المجتمع من الباحثين المحترفين إجراء استقصاءات، وكتابة تقرير عن النتائج، والمشروعات الجماعية Collegial projects؛ وفيها يجري المواطنين البحوث بشكل مستقل، وبدرجات متفاوتة؛ من حيث الاعتراف المؤسسي، أو الباحثين المحترفين.

كما أضاف Conrad and Hilchey (2011) إلى المشروعات السابقة ما يسمى بالمشروعات الديموقراطية Democratic Projects التي تشير إلى دمج المواطنين في عمليات صنع القرار التي من المحتمل أن تقود إلى التأثير في الجهود المحافِظة.

ووفقًا لما سبق؛ يمكن توضيح تصنيف المشاركة في مشروعات "علوم المواطن"؛ كما في شكل (٣) الآتي:



شكل (٣): تصنيف مشروعات "علوم المواطن".

وتعد اليوم المشروعات المسهمة Contributory projects من أكثر مشروعات "علوم المواطن" انتشارًا؛ مقارنة بالمشروعات الأخرى (Roy et al., 2012)، وهي تشمل أنشطة البحث المتاحة للمواطنين؛ مثل: تسجيل الملاحظات، وإدخال البيانات، وتحديد الأنواع؛ بما يسهم ذلك في تدعيم البحث العلمي (Wiggins & Crowston, 2015).

ويستخلص مما سبق؛ أن مشروعات "علوم المواطن" تتدرج من المشاركة الأقل للمواطنين؛ الممثلة في المشروعات المسهمة إلى المشاركة الأكثر اندماجًا في عملية صنع القرار؛ الممثلة في المشروعات الديموقراطية، ويرتكز البحث الحالي على استخدام المشروعات المسهمة بشكل أساسي؛ لأنها أكثر مناسبة للمرحلة العمرية لمجموعة البحث، وتعد –حاليًا– من أكثر المشروعات المهيمنة؛ وهذا ما أكدته دراسة Hecker et al. (2018).

- **خصائص علوم المواطن:**

ناقشت الرابطة الأوروبية لعلوم المواطن (2020) (ECSA) الخصائص الآتية المتضمنة في مجال "علوم المواطن" (Vohland et al., 2021):

- المفاهيم الأساسية Core Concept: وتتضمن المفاهيم التي تساعد في تحديد نوعية المشروع.
- الجوانب المتعلقة بالمجال Disciplinary aspects: تتعلق بالمجال البحثي الذي يجرى فيه المشروع، وقد يكون هناك تداخل بين أكثر من مجال.
- القيادة، والمشاركة Leadership and participation: ويحدد خلالها صاحب المشروع –سواء أكان هيئة أم منظمة– مهمة المجموعة، أو الفرد في تطوير المشروع، وأدوار المشاركين فيه.
- الجوانب المادية Financial aspects: ويقصد بها: الوقت، والموارد الطبيعية، والجوانب المالية.
- البيانات، والمعرفة Data and knowledge: تتعلق بكيفية تأثير البيانات، والمعرفة في النشاط، أو المهمة المطلوب أداؤها.

وفي ضوء ما عرض سلفًا من خصائص "علوم المواطن"؛ يمكن تمثيل البنية المفاهيمية لمشروعات "علوم المواطن"– في شكل (٤) – على النحو الآتي:

شكل (٤): البنية المفاهيمية لمشروعات "علوم المواطن".

(Lemmens et al., 2021, P. 168)

▪ **نماذج مشروعات "علوم المواطن" Citizen Science Models:**

في ضوء الاطلاع على الأطر النظرية التي اهتمت بمجال "علوم المواطن"؛ يمكن عرض اثنين من النماذج التي ركزت –بشكل واضح– على كيفية تنفيذ مدخل مشروعات "علوم المواطن" بشكل عام، وكذلك كيفية تنفيذه خلال التربية العلمية، ويمكن توضيح ذلك بشكل مفصل على النحو الآتي:

(١) نموذج مختبر كورنيل لعلم الطيور The Cornell Lab of Ornithology:

ويستند هذا النموذج إلى تطوير مشروعات "علوم المواطن" وتنفيذها، وقد أسهم في وضعه مجموعة من الأفراد من ذوي الخبرة في مجال التربية مع تخصصات متنوعة من علماء البيولوجي، ويمكن استخدام هذا النموذج، وتوظيفه؛ سواء أكان ذلك في المجال البحثى أم التعليمي، ويتضمن الخطوات الآتية:

١- **اختر سؤالاً علميًّا Choose a scientific question:** حيث تهتم "علوم المواطن" بالإجابة عن أسئلة الباحثين التي لها نطاق مكاني، وزماني كبير.

٢- **تشكيل فريق من علماء، ومعلمين، وتقنيين، ومقيِّمين Form a team of scientists, educators, technologists, and evaluators:** يتطلب مشروع "علوم المواطن" الناجح فريق تطوير يضم الباحثين، والمتخصصين؛ لضمان السلامة العلمية للمشروع، ولمتابعة جودة البيانات، وتحليلها، والمعلمين؛ لشرح أهمية المشروع للمشاركين، ووضع مواد شاملة؛ لدعم المشروع، ولضمان ملاحظات المشاركين المناسبة، والتقنيين؛ لتطوير البنية التحتية لقواعد البيانات، وأرشفة البيانات، وتحليلها، ونشرها، ومقيمين؛ للتأكد من أن المشروع بدأ بوضع أهداف قابلة للقياس ومحددة، والتأكد من جمع بيانات لنجاح المشروع؛ بناءً على تلك الأهداف في أثناء تنفيذ المشروع، وبعده.

٣- **تطوير البروتوكولات، ونماذج البيانات، ومواد الدعم التربوي Developing protocols, data forms, and educational support materials:** جودة البيانات نقطة حاسمة لأي مشروع "علوم مواطن"؛ لذلك ينبغي التأكد من أن المشاركين في إمكانهم جمع بيانات دقيقة، فضلاً عن الحاجة إلى توفير بروتوكولات بسيطة، مع تقديم الدعم للمشاركين؛ لفهم كيفية اتباع البروتوكولات.

٤- **توظيف المشاركين Recruit participants:** يمكن توظيف المشاركين؛ من خلال مجموعة متنوعة من التقنيات؛ مثل: البيانات الصحفية، والإعلانات، والمجلات، ومقالات الصحف، والكتيبات، والنشرات، والعروض التقديمية، وورش العمل والملصقات.

٥- **تدريب المشاركين Train participants:** يتطلب تقديم الدعم للمشاركين إكسابهم المهارات اللازمة لجمع البيانات؛ من خلال تقديم بعض المصادر؛ كحزم مطبوعة تتضمن تعليمات المشروع، والخلفية ذات الصلة، والمواد الداعمة؛ مثل: ملصقات لتعرُّف الطيور، والأقراص المدمجة لأصوات الطيور، والتعليمات الخاصة بها، ويمكن عقد ورش عمل؛ بالشراكة مع المتعاونين في المشروع.

٦- **قبول البيانات، وتحريرها، وعرضها Accept, edit, and display data:** يجب قبول المعلومات، وتحريرها، وإتاحتها للتحليل من قبل العلماء المحترفين، والمواطنين المشاركين في المشروع.

٧- **تحليل البيانات، وتفسيرها Analyze and interpret data:** برغم أن مشروعات "علوم المواطن" قد ينتج عنها بيانات غير دقيقة؛ لكن الحجم الكبير للبيانات المجمعة للمواطنين ينتج عنها أنماط قوية يسهل تفسيرها.

٨- **نشر البيانات Disseminate results:** ظهر عديد من المجلات المعنية بنشر مشروعات "علوم المواطن"؛ منها: (Journal of Avian Biology, Ibis, Conservation Biology, Journal of Animal Ecology, and Proceedings of the Science)، فضلاً عن إمكانية نشرها عبر شبكة الإنترنت؛ من خلال الموقع الآتي: (www.avianknowledge.net).

٩- **قياس الأثر Measure impact:** تتضمن الخطوة الأخيرة في نموذج "علوم المواطن" قياس مخرجات المشروع، ونتائجه؛ للتأكد من تحقيق الأهداف العلمية، والتعليمية المحددة سلفًا، ومن خلال التقييمات يمكن إلقاء الضوء على كيفية تحسين المشروع، أو كيفية تصميمه وتنفيذه بشكل أفضل في المستقبل (Bonney, Cooper, Dickinson, Kelling et al., 2009).

(٢) نموذج علوم المواطن؛ وفقًا لمؤسسة Translational Science Education (TSE): ويتضمن النموذج الخطوات الآتية (Young, van Mantgem, Garretson, Noel, & Morelli, 2021):

١- **وضع الإطار Framing:** يضع المعلمون إطارًا يسعى إلى تحقيق الأهداف العلمية، والتعليمية على السواء؛ من خلال مشروع "علوم المواطن" الذي تم تطويره بشكل تعاوني؛ وبما يتناسب مع المرحلة العمرية لطلابهم.

٢- **التشارك Collaboration:** يتواصل الطلاب، والمعلمون، والباحثون، وأولياء الأمور المتطوعون في جمع البيانات عن المشروع بصرف النظر عن التباين في معدل تكرار البيانات التي جمعت.

٣- **الانخراط Engagement:** يتفاعل الطلاب مع الطبيعة، وإجراء البحث العلمي لجمع البيانات؛ على سبيل المثال: كيفية العثور على النباتات والحيوانات، ومراقبتها، وتصويرها؛ وهنا لا يشارك الطلاب في تعلم المفاهيم العلمية فحسب؛ ولكن -أيضًا- في كيف يصيروا علماء؛ وفقًا لنهج The Next Generation Science Standards (NGSS) الذي يركز على التعلم ثلاثي الأبعاد؛ من خلال دمج الممارسات المستخدمة في البحث العلمي، والمفاهيم المتقاطعة عبر التخصصات العلمية، والأفكار المحورية.

٤- **الالتزام Commitment:** يتطلب إجراء مشروع "علوم المواطن" إحساسًا بالمسئولية، والالتزام خلال المشاركة المستمرة من الباحثين، والمعلمين، والطلاب؛ لبناء العلاقات المنتجة والحفاظ عليها، ومنح الطلاب مستوى الثقة في عمل الملاحظات العلمية في أثناء مشروع "علوم المواطن"؛ لأن هذه الثقة تساعدهم في التعمق في مشروعات أخرى أكثر تعقيدًا.

٥- **المعالجة Process:** تهدف إلى إلقاء النظرة على البيانات التي جمعت من قبل الطلاب في أثناء المشروع؛ لضمان استمرار الطلاب في جميع جوانبه.

٦- **التواصل Communication:** يهدف إلى دمج الباحثين مع الطلاب والمعلمين، ويمكن أن يتم التواصل عبر المنصات متعددة الاستخدام، ويسمح فيها بالتواصل مع مجتمع العلماء؛ لاستجواب الخبراء، وإبلاغهم مباشرة بما توصل إليه الطلاب، ويمكن استخدام ما توصلوا إليه من قبل باحثين آخرين؛ لتعديل الخطة، وهيكلة المشروع.

- **أهمية "علوم المواطن":**

نمت مشروعات "علوم المواطن" بشكل موسع؛ من حيث العدد، والنطاق، والعمق في السنوات الأخيرة (Edwards, 2014)؛ حيث تشرك -بدورها- المتطوعين في كيانات متنوعة من مشروعات البحث العلمي، وقد أكدت أهميتها منظمة اليونسكو؛ من خلال مشروع "

توصية اليونسكو بشأن العلم المفتوح" Open Science؛ حيث أوصت بضرورة إدراج "علوم المواطن"، وسائر العلوم التشاركية في سياق السياسات، والممارسات الوطنية المتعلقة بالعلم المفتوح (منظمة اليونسكو، ٢٠٢١، ص. ٩).

ومن الإسهامات التي تقدمها مشروعات "علوم المواطن" بصفة عامة أنها:

- تزيد من شفافية النتائج العلمية، وثقة الجمهور في العلم (Ottinger, 2010)، وتسهم في التقدم العلمي، وتعزيز الثقافة العلمية (Bonney, Ballard, Jordan, McCallie et al, 2009; Roche et al., 2020).
- تحقق نجاحًا ملحوظًا في تطوير المعرفة العلمية؛ لإسهام المواطنين في توفير قدر هائل من البيانات عن الكائنات الحية (Bonney, Cooper, Dickinson, Kelling et al., 2009؛ ومن ثم تسهم في بناء مجتمع علمي (Dickinson et al., 2012).
- تسهم في فهم أفضل للعمليات والأساليب العلمية، وتقدير الطبيعة، والدعم المحلي والعالمي للمبادرات العلمية (Ballard, Dixon, & Harris, 2017; Bonney et al., 2016).
- تعد طريقة مؤثرة لمواجهة كثير من التحديات المجتمعية؛ حيث تمثل "علوم المواطن" مسعى جماعيًّا لتحسين تعلم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM الرسمية وغير الرسمية. كما تعد "علوم المواطن" نهجًا منفتحًا وتشاركيًا للعلم بشكل يقلل من المسافة بين العلم والمجتمع، كما يمكن للمواطنين أن يؤدوا دورًا في تنمية المجتمع وتعزيز المشاركة العامة (Vohland et al., 2021).
- تؤكد على مشاركة المواطنين في المحادثات المتمركزة حول المجتمع Community Centered Conversation؛ لتوسيع فهم الأفراد الحقائق والعمليات العلمية، وإعلام العلماء بوجهات نظر الأفراد واهتماماتهم في سياق العلم (McCallie et al., 2009).
- توفر فرصًا للعمل الديموقراطي؛ حيث أن جزءًا من حق الشعب لا يتمثل في المعرفة فحسب؛ وإنما المشاركة في عمليات تكوين المعرفة؛ ومن ثم تستفيد مشروعات "علوم المواطن" من القوى العاملة التطوعية، ومن المعرفة المتوافرة في المجتمعات؛ كالمعرفة في البيئة القريبة التي يعيش فيها المتطوعون (Aivelo & Huovelin, 2020; Cooper & Lewenstein, 2016; McKinley et al., 2017).

- يمتد تأثيرها في تنمية الجوانب الوجدانية للمواطنين المشاركين في مشروعات "علوم المواطن"؛ مثل: التغير في الاتجاهات نحو المشكلات البيئية (McKinley et al., 2017)، والاهتمام بالعلم (Rotman et al., 2012).

وفي ضوء ما تقدم يمكن استنتاج أن مشروعات "علوم المواطن" توفر الفرص للمواطنين؛ لفحص المعلومات العلمية، وفهمها، واستخدامها بشكل مباشر دون الحاجة إلى وسطاء، وتعزز المشاركة المجتمعية؛ من خلال قبول الأفراد من جميع الأعمار، والخلفيات غير الملتحقين بالتعليم الرسمي، كما تبرز علاقة التأثير، والتأثر بين العلم والمجتمع؛ فالعلم يحتاج المجتمع؛ من خلال إجراء أفراده المشروعات البحثية، كما أن المجتمع يحتاج العلم؛ لحل التحديات، والمشكلات ذات الصلة بالعلم.

- **"علوم المواطن"، والتربية العلمية الرسمية:**

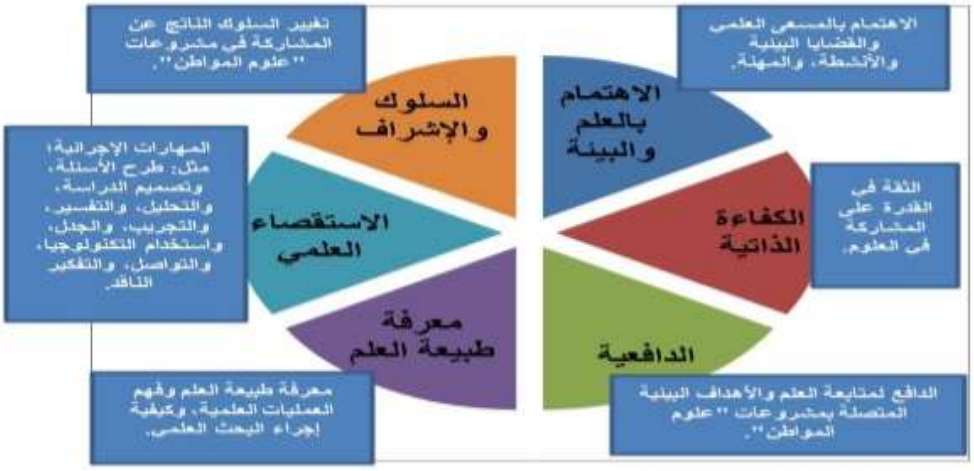
قد صارت مشروعات "علوم المواطن" شائعة عالميًّا في تحسين التربية العلمية خاصة في المرحلة الابتدائية والمتوسطة (Bonney, Ballard, Jordan, McCallie et al., 2009; Kelemen-Finan et al., 2018; Paige, Hattam, & Daniels 2015)؛ ويستدل على ذلك من خلال إحداث تغييرات في المناهج المدرسية نتيجة زيادة الوعي البيئي؛ ومنها استخدام مدخل "علوم المواطن" الذي يعد من أحدث المداخل المستخدمة في تطوير المناهج (Strasser et al., 2019)؛ نظرًا لأن دمج "علوم المواطن" مع المناهج الرسمية يعد وسيلة؛ لتعزيز فهم الطلاب العلم، وتنمية مهارات الاستقصاء العلمي (Shah & Martinez, 2016)؛ من خلال المشاركة النشطة بين الطلاب، والعلماء المحترفين الذين يوجهونهم إلى صوغ أسئلة البحث، وجمع البيانات، وتحليلها؛ بشأن قضايا البيئة المحلية (Houseal, Abd-El-Khalick, & Destefano, 2014).

وقد عُرض مدخل "علوم المواطن" من منظور التربية العلمية ببؤر مختلفة؛ حيث عُدَّ "علوم المواطن" المدخل التكاملي الذي يربط بين التربية العلمية، والتربية البيئية؛ ويطلق على هذا التآزر: مداخل المدرسة الكلية "Whole-School approaches" نحو الاستدامة وإنشاء المدارس البيئية Eco-School التي توفر أشكالاً متنوعة من التعلم؛ كالتعلم القائم على الاستقصاء، والتعلم الاجتماعي، والتعلم القائم على مجال التخصص Disciplinary learning الممتزج مع استخدام "علوم المواطن"، وتكنولوجيا المعلومات، والمشاركة المجتمعية (Wals, Brody, Dillon, & Stevenson, 2014).

وقدم Young et al. (2021) أول مثال صريح عن مشروع "علوم المواطن" في التربية العلمية يجمع بين الباحثين والمعلمين معًا؛ لإنتاج عمل علمي، وتعلم خبرة حقيقية؛ من خلال التقصي في الغابات الحمراء الساحلية في أمريكا؛ بالتعاون مع الطلاب، والمعلمين في المنطقة نفسها؛ وذلك بجمع البيانات عنها.

ومن مخرجات التعلم التي حققتها مشروعات علوم المواطن في مجال التربية العلمية الرسمية؛ أنها:

- زادت من معرفة المحتوى العلمي للطلاب؛ وهذا ما أثبتته؛ دراسة Hiller and Kitsantas (2014) التي توصلت إلى زيادة المعرفة بشأن بيئة سرطان حذاء الحصان horseshoe crab بعد الانخراط في مشروع "علوم المواطن" لمدة يوم واحد مع طلاب الصف الثامن.
- ساهمت في تنمية فهم المحتوى العلمي وزيادة المعرفة بشكل عام، والكفاءة في الثقافة الرقمية، ومهارات التواصل؛ وهذا ما توصلت إليه دراسة Aristeidou and Herodotou (2020).
- أدت إلى تنمية الاهتمام بالعلم والبيئة، والكفاءة الذاتية، والدافعية، ومعرفة طبيعة العلم، ومهارات الاستقصاء العلمي، والسلوك والإشراف؛ كما ورد في Phillips, Ferguson, Minarchek, Porticella and Bonney (2014, P. 10)، ويمكن تمثيل تلك المخرجات المرتبطة بمشروعات علوم المواطن كما يوضحها شكل (٥) الآتي:



شكل (٥): مخرجات التعلم المرتبطة بمشروعات "علوم المواطن".
(Phillips, Ferguson, Minarchek et al., 2014, P. 10)

وأكدت تلك المخرجات دراسة Kelemen-Finan et al. (2018) التي فحصت مشروعات "علوم المواطن" للتنوع البيولوجي في سياق الصف الدراسي، وهدفت إلى قياس نواتج التعلم المستهدفة؛ كالاهتمام بالعلوم، والمعرفة العلمية، والكفاءة الذاتية، والإتقان، والتحفيز، والدافعية، والسلوك، والاتجاه. وطبقت الدراسة على مجموعة مكونة من ٤٢٨ من الطلاب تتراوح أعمارهم ما بين: ٨– ١٨ سنة، وجمع الطلاب بيانات عن القنافذ، والنحل البري، والطيور، والفراشات في الحدائق، وأظهرت النتائج تحسنًا في اهتمام الطلاب، وزيادة الدافعية، وإتقانهم؛ من خلال المشروع، كما ارتفعت اتجاهاتهم الإيجابية نحو الحيوانات البرية، والتنوع البيولوجي بشكل ملحوظ.

- ساهمت في إشراك الطلاب الذين ليس لديهم اهتمامات سابقة بالعلوم، كما أدت إلى زيادة تحفيز الطلاب على الاهتمام بموضوعات المشروع ونجاحه، فضلاً عن إسهامها في تنمية المعرفة العلمية، والترابط الطبيعي، والهوية العلمية؛ كما ورد في Bonney et al. (2016). وتؤكد أبحاث الهوية العلمية أن دمج الطلاب في عمليات جمع البيانات، وتحليلها يسهم في إزالة الغموض عن طبيعة العلم، وممارساته (Bonney, Cooper, Dickinson, Kelling et al., 2009)؛ كما يمكن للخبرات خارج المدرسة أن تؤدي دورًا جوهريًّا في ربط الطلاب بالعلوم، ويمكنها أن تيسر بناء الهوية العلمية؛ مما يسمح للطلاب برؤية أنفسهم فيما يتعلق بالعلم بطرق جديدة (Carlone et al., 2015). علاوة على ذلك أشارت الدراسات البحثية إلى أن إجراء البحث في البيئة القريبة للطلاب يغذي المواقف الإيجابية تجاه البيئة (Ballard et al., 2017; McKinley et al., 2017).

وعلى النقيض توصلت دراسة Williams, Hall and O'Connell (2021) –من خلال تقييمها تأثير أحد مشروعات "علوم المواطن" عن الطيور الطنانة لدى طلاب من المدارس الإعدادية، والثانوية– إلى أنها يمكن أن تزيد الدافعية لديهم، وشعورهم بإسهامهم في العلم، فضلاً عن تنمية المعرفة العلمية، وعمليات العلم؛ ولكن لا يوجد دلالة في تحسين الهوية العلمية.

- عززت التعلم القائم على المكان Place-based learning للطلاب في المتنزهات القومية الأمريكية، ويعرف التعلق بالمكان Place attachment بأنه: يتضمن عنصرين؛ أولهما: هوية المكان Place identity الذي يعبر عن الارتباط العاطفي

بالمكان، والآخر: الاعتماد على المكان Place dependence؛ والذي يشمل وظيفية المكان، وأشارت النتائج إلى أن "علوم المواطن" دعمت الخبرة العلمية للمشاركين؛ مما أدى إلى تعزيز علاقات أعمق مع المتنزهات، وتقدير المشاركين لها؛ كأماكن خاصة؛ وهذا ما أثبتته دراسة Halliwell et al. (2021).

- أتاحت الفرص للمتعلمين؛ ليكونوا مواطنين مسئولين مستقبلاً في المجتمع؛ وهذا ما توصلت إليه دراسة Yosef and Tryjanowski (2022)، كما دعا إليه من قبل Yacoubian (2018)؛ من أن تنفيذ مشروعات "علوم المواطن" ينمي الفهم العلمي والمواطنة النشطة، والمسئولية لدى الطلاب، كما يوفر فرصًا مبتكرة لتعزيز تصورات الطلاب عن أهمية العلم، وإشراكهم –كمواطنين– في القضايا المجتمعية العلمية، والمشاركة النقدية، والديموقراطية في المجتمع.

وباستقراء الكتابات، والدراسات السابقة؛ يتبين أهمية مشروعات "علوم المواطن" في تحقيق أهداف التربية العلمية التي تسعى إلى إحرازها في جميع جوانب التعلم؛ المعرفية، والمهارية، والوجدانية، ويمكن استنتاج –وفقًا لذلك– أنها قد تحقق رغبة كثير من الطلاب الذين لم يتمكنوا من الالتحاق بالقسم العلمي؛ بأن يستكملوا اهتمامهم وشغفهم بالدراسة العلمية؛ من خلال الانخراط في مشروعات "علوم المواطن".

وبرغم الشعبية المتزايدة لمشروعات "علوم المواطن"؛ فإن تنفيذها في مجال التربية العلمية بشكل رسمي لا يزال نادرًا إلى حد ما (Kelemen-Finan et al., 2018; Roche et al., 2020)، كما أن هناك قليلاً من الأدلة التجريبية للتأثيرات في نتائج التعلم (Aivelo & Huovelin, 2020; Edwards, 2014; Kelemen-Finan et al., 2018; Williams et al., 2021)؛ ولكن بدأ الوضع يتغير في السنوات الأخيرة؛ من خلال إجراء مراجعات أكثر منهجية عن مشروعات "علوم المواطن"، ومخرجاتها المتوقعة (Phillips, Porticella, Constas et al., 2018; Shirk et al., 2012).

وبرغم أن مجال "علوم المواطن" قد لقى اهتمامًا عالميًّا؛ فلم يلقَ على المستويين: المحلي، والعربي اهتمامًا حتى الآن؛ وخاصة في مجال التربية العلمية؛ لذلك سعى البحث الحالي إلى تقصي تأثيره؛ من خلال التكامل مع التعلم المتوافق مع عمل الدماغ في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.

- **تحديات تنفيذ مشروعات"علوم المواطن" في سياق المدرسة، وكيفية مواجهتها:**

تتعدد التحديات المرتبطة "بعلوم المواطن" عندما يكون في سياق المدرسة؛ ومنها:

- أن المشاركة ليست أمرًا تطوعيًّا؛ بل يضطر الطلاب إلى ممارسة العلوم؛ كجزء من المنهج المنظم؛ ومن ثم قد يؤثر ذلك في اهتمام الطلاب، وتعلمهم خلال "علوم المواطن" التي فرضتها المدرسة؛ وفقًا للخطة الرسمية الموضوعة سلفًا (Rotman et al., 2012; Shah & Martinez, 2016).
- كون أن "علوم المواطن" –كممارسة مؤسسية– تعد ظاهرة حديثة؛ لذلك فإن أهداف التعلم المرتبطة بمشروعات "علوم المواطن" غير مصوغة بشكل جيد,(Phillips, Porticella, Constas et al., 2018).
- أن "علوم المواطن" –كجزء من التعليم الرسمي– يتطلب توافق المشروعات مع الممارسات المدرسية؛ لذلك ينبغي أن تتسق احتياجات الباحثين مع المناهج المدرسية (Zoellick, .Nelson, & .Schauffler 2012)

وبرغم التحديات المتعلقة بتنفيذ "علوم المواطن" في سياق المدرسة؛ فإن دمجها في المناهج الدراسية يحقق نجاحًا ملموسًا؛ بسبب تركيزها –بشكل جوهري– على التعلم القائم على الاستقصاء، والتعليم خارج المدرسة (Shah & Martinez, 2016).

ولمواجهة تلك التحديات؛ يمكن للمدارس –بدورها– توفير عديد من الفرص "لعلوم المواطن"؛ من خلال دعم المعلمين للطلاب أثناء إجراء المشروع، والحفاظ على الالتزامات طويلة الأجل لمشروعات "علوم المواطن" (Dickerson-Lange, Eitel, Dorsey, Link, & Lundquist, 2016)، ومراعاة تزويد المعلمين والطلاب بتصميم جيد للمناهج (Dickerson-Lange et al., 2016; McLaughlin, Broo, MacFadden, & Moran, 2016)، كما يكمن العامل الرئيس في الحفاظ على المشاركة في "علوم المواطن" في جعل الطالب أكثر اندماجًا، وأن تكون ملائمة لهم (Baruch, May, & Yu, 2016).

وباستقراء ما عُرض سلفًا؛ يمكن القول: إن المدرسة القائمة على "علوم المواطن" School based Citizen Science قد تصير وسيلة قوية لإشراك الطلاب في المجتمع العلمي؛ ولكن الحاجة إلى تطوير مناهج علوم قوية قائمة على مدخل مشروعات "علوم المواطن"، مع الاستعانة بالبحوث السابقة في هذا المجال التي توفر أمثلة، وإرشادات محددة لمصممي المناهج؛ لدعم مدخل "علوم المواطن" في المنهج.

ومن الدراسات التي اهتمت بذلك؛ دراسة الحالة التي أجراها Bopardikar, Bernstein and McKenney (2021) لمصممي المناهج، ومخططيها؛ لتحقيق التكامل بين مناهج الصف مع "علوم المواطن"، واستعانت الدراسة –في ذلك– بالمقابلات، والملاحظات، ووثائق للمصممين تهدف إلى تدعيم تعلم تلاميذ المرحلة الإعدادية موضوع تغير المناخ، وأشارت النتائج إلى كيفية تطوير عمل المصممين؛ من خلال المقاييس المتنوعة، وكذلك المقيِّمين الخارجيين؛ على سبيل المثال: استطلاعات آراء المعلمين، وتقييمات تعلم الطلاب في جميع مراحل التحليل والتطوير وتقييم المناهج. ومن التوصيات التي انبثقت من النتائج: خلق بيئة تعلم بشأن العمل الميداني، ومعالجة المخاوف بشأن جودة البيانات وفائدتها، وكذلك العمل الميداني المصمم بإشراك الطلاب مع العلماء، مع تحقيق التوازن بين الأهداف العلمية والتعليمية.

وتتفق هذه النتائج مع ما أكدته من قبل دراسة Shah and Martinez (2016)؛ من حاجة مصممي المناهج إلى التأكد من جودة العمل الميداني، والبيانات؛ لتحقيق فوائد علمية، مع التركيز على أهداف التعلم المراد تحقيقها.

ثالثًا: أوجه التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن":

يعد التعلم المتوافق مع عمل الدماغ من نظريات التعلم المنسجمة مع مشروعات "علوم المواطن"؛ والتي تتفق –في خصائصها– مع مبادئ النظرية البنائية؛ وهذا ما يمكن استنتاجه؛ من خلال الكتابات والدراسات التي عُرضت سلفًا، كما أكدت دراسات عدة –منها: عز الدين (٢٠١٢)؛ الغامدي (٢٠٢٠)؛(2002) Hansen (2008); Goswami– أهمية التكامل بين النظرية البنائية، والتعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ أي: بين علم الأعصاب المعرفي، وعلم النفس المعرفي؛ وهو ما سينتج عنه مجال جديد، ومهم.

ويعد إجراء المشروعات –بصفة عامة– من المداخل المستخدمة في التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ حيث تتكامل نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ مع عديد من المداخل التربوية؛ منها –أيضًا–: أساليب التعلم، والذكاءات المتعددة، والمحاكاة، والتعلم التعاوني، والتعلم المتقن، والتعلم التجريبي، والتعلم القائم على المشكلات، كما تنص تلك النظرية على أن الدماغ يتعلم بشكل أفضل عندما نتبع خصائصه، والتعلم يكون أفضل؛ وفقًا للطريقة

المناسبة لعمل الدماغ (Bonomo, 2017)؛ وبموجب ذلك يمكن توظيف مشروعات "علوم المواطن"، وتكاملها في بيئة التعلم المتوافق مع عمل الدماغ.

وهذا التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ ومشروعات "علوم المواطن" قد يحقق تغييرًا ملموسًا في بعض مخرجات التربية العلمية كما أوضحت الدراسات ذلك؛ ومنها: الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم؛ وسيتم توضيح تلك المخرجات بشكل تفصيلي في المحاور الآتية:

المحور الثاني: الاستيعاب المفاهيمي: Conceptual Understanding

يعد الاستيعاب المفاهيمي من الأهداف الأولية التي تسعى التربية العلمية إلى تحقيقها في تدريس العلوم، كما يمثل أحد المخرجات المهمة التي ركزت عليها معايير العلوم للجيل القادم NGSS في عرضها المفاهيم المحورية عبر المراحل الدراسية المختلفة (Konicek-Moran & Keeley, 2015).

- **مفهوم الاستيعاب المفاهيمي، وأهميته:**

يعد الاستيعاب المفاهيمي عملية ذهنية قائمة على البحث والتقصي؛ لإكتشاف المعنى، وتكوينه؛ بدلاً من اكتساب المعرفة المجهزة؛ ويتحقق ذلك من خلال الاستخدام الفعال للمعرفة، والتمكن من تقديم الأدلة والشواهد التي تستند إليها المعرفة العلمية، مع التمثيل المتنوع للمفاهيم، وتطبيقها في مواقف جديدة.

وقد عرف Wiggins and Mctighe (2005, P. 84) الاستيعاب المفاهيمي –من خلال إبراز أبعاده الستة– بأنه: "العملية التي يكتسب المتعلم فيها القدرة على توضيح المفاهيم العلمية، وتفسيرها، وتطبيقها في سياق جديد، مع الوعي بذاته وطرق تعلمها، والتمكن من التعاطف مع الآخرين، واتخاذ وجهة نظر نقدية؛ فيما يتعلق بهذه المفاهيم العلمية".

وعرفه زيتون (٢٠٠٧، ص. ٦٥) بأنه: "مدى الفهم العلمي للأفكار، والتصورات الذهنية الممثلة في البنية المعرفية للمتعلمين، والناشئة عن إدراك العلاقات أو الخصائص المشتركة للمفاهيم أو الظواهر العلمية".

ووصفه Nieswandt (2007, P. 909) بأنه: "قدرة المتعلم على تطبيق المفاهيم العلمية المتعلمة بشأن الظواهر العلمية في مواقف الحياة اليومية، وأكد أن الاستيعاب المفاهيمي ظاهرة معقدة تتضمن استيعاب المفاهيم البسيطة؛ مثل: الأكسدة، أو مفاهيم أكثر تعقيدًا؛ مثل:

آلية حدوث الأكسدة والاختزال، وتندمج المفاهيم البسيطة معًا؛ وفقًا لنماذج وقواعد محددة؛ مما يؤدي إلى تكوين مفهوم جديد".

وطبقًا لهذا التعريف؛ فإن التحدي في الاستيعاب المفاهيمي يتجلى في صعوبة ربط الطلاب الظاهرة العلمية في الحياة اليومية؛ نظرًا لوجود ثلاثة مستويات للمفاهيم؛ المستوى الأول: Macro level، والثاني: Micro level، والأخير: التمثيلي أو الترميزي Representational or Symbolic level؛ فعلى سبيل المثال: درس عن "مفهوم الماء"؛ يمكن تدريسه على مستوى Macro؛ من خلال ملاحظة الطلاب خصائص الماء، ويمكن شرحه على مستوى Micro؛ من خلال تعريف الطلاب بالتركيب الجزيئي للماء المكون من الهيدروجين والأكسجين، وعلى المستوى الترميزي؛ من خلال معرفة رمز جزيء الماء H_2O (Widiyatmoko, 2018).

وأوضح Alao and Guthrie (1999: PP. 248-249) أن الاستيعاب المفاهيمي يركز على شقين: اتساع المعرفة، وعمقها؛ بمعنى أنه يرتبط باتساع المعرفة التي تمثل أجزاءً رئيسة لمجال محدد؛ على حين يرتبط العمق بمعرفة المبادئ العلمية التي تصف العلاقة بين المفاهيم؛ فمثلاً: الطلاب الذين لديهم اتساع في المعرفة سيكونون قادرين على شرح التفاصيل عن كيفية حدوث عملية البناء الضوئي؛ أما الذين لديهم عمق في المعرفة فسيكونون قادرين على الربط بين البناء الضوئي، والتنفس.

وأولى عدد من العلماء الاستيعاب المفاهيمي أهمية؛ منهم: Bruner 1960 الذي أكد فكرة مفادها: "أن كل متعلم يمكنه استيعاب أي مفهوم علمي بغض النظر عن مستواه التعليمي"، واشترط ضرورة توجيه المعلم طلابه؛ لإدراك التمثيلات الرمزية، كما نادى Ausubel 1978 بأهمية تكوين المفاهيم العلمية، ودمجها في البنية المعرفية للمتعلم، وأضاف Novak أن الاستيعاب المفاهيمي يتم خلاله تحديد التصورات القبلية لدى المتعلم، مع دمج تصورات أو مفاهيم جديدة للبناء المعرفي، ثم تمثيلها، ويليها عملية المواءمة، ثم عملية إعادة البناء أو استبدال التصورات الجديدة بالتصورات القديمة؛ ومن ثم تحدث عملية الاستيعاب المفاهيمي، ويمكن –من خلال ذلك– استنتاج أن عملية الاستيعاب المفاهيمي تستند إلى الأبنية المعرفية السابقة للخبرة، وملاءمة الخبرة لاحتياجات المتعلم واستعداداته، وميوله، وقدرته على تمثيل الخبرة في شكل من أشكال التمثيل المعرفي (ورد في سراج، ٢٠١٦).

وقد أشار Bransford, Derry, Berliner, Hammemess and Beckett (2005) إلى ضرورة توجيه نظريات التعلم إلى الاهتمام بالتعرف على كيفية تعلم الفرد، واقترحوا إطارًا لطبيعة التعلم الذي يتمحور حول مركزية المعرفة، ويستند إلى المتعلم، مع التركيز على المجتمع، وأكدوا –أيضًا– ضرورة تحقيق الاستيعاب المفاهيمي لدى المتعلمين خلال تعليم المفاهيم، وتعلمها.

وايمانًا بأهمية الاستيعاب المفاهيمي؛ فقد وجَّهت النظم التعليمية اهتمامها –إلى حد كبير– إلى تنميته في العلوم؛ لكونه الآلية الجوهرية للتعلم المؤثر، كما يوصف بأنه "التعلم العميق" Deep Learning؛ لأنه يعطي أولوية لقدرة المتعلم على فهم المحتوى، وعمليات تكوين وصلات بين الأفكار الجديدة، وتنظيمها؛ بناءً على الخبرة السابقة، مع البحث عن المبادئ الأساسية، وموازنة الأدلة العلمية ذات الصلة، وصولاً إلى تقييم المعرفة، وحينما يصل المتعلم للفهم بشكل أعمق فإنه يتعلم الحقائق، والإجراءات بطريقة أكثر فائدة؛ مما يسهم في نقلها إلى العالم الحقيقي (Farrokhnia, Pijeira-Díaz, Noroozi, & Hatami, 2019). كما يسهم الاستيعاب المفاهيمي في تنمية قدرة المتعلم على حل المشكلات بطرق غير تقليدية، وتحسين التفكير الناقد لديه (Hartono, 2013).

- **أبعاد الاستيعاب المفاهيمي:**

ضمن Wiggins and Mctighe (2005) ستة أبعاد للاستيعاب المفاهيمي، يمكن تحديدها –كما أوردها كل من: (عبد الفتاح، ٢٠٢٠؛ عبد اللطيف، ٢٠١٤)– على النحو الآتي:

١- **التوضيح Explaining**: ويقصد به: وصف المتعلم للظواهر والأحداث العلمية بصورة شاملة، وبطريقة متقنة؛ معتمدًا على جمع الحقائق، والبيانات المتعلقة بالظاهرة قيد الدراسة، ودعم آراء المتعلم ووجهات نظره بالأدلة العلمية والشواهد، ويتطلب هذا المستوى الإجابة عن عدة أسئلة؛ منها: من؟ وكيف؟ ولماذا؟ ومتى؟ فيما يتعلق بالموضوع الذي يفحصه.

٢- **التفسير Interpreting**: يتمثل في إجراء المتعلم الاستدلالات والاستنتاجات التي تُظهر قدرته على ترجمة الأفكار، ويجيب المتعلم –خلال التفسير– عن الأسئلة الآتية: ماذا يحدث عندما تتغير أحداث معينة؟ وما أهمية الموضوع المتعلم؟ وهل من

الممكن التفكير في هذا الموضوع بشكل منطقي؟ وغيرها من الأسئلة التي نستدل -من خلال الإجابة عنها- على مستوى فهم المتعلم الموضوع الذي يتعلمه.

٣- **التطبيق Applying**: بمعنى: استخدام المعرفة المتعلمة -سواء كانت حقائق أم مفاهيم أم قوانين أم نظريات- في مواقف جديدة، أو توظيفها في سياقات مختلفة، وفي حل المشكلات بطريقة إبداعية، ويتمكن -خلالها- المتعلم من الإجابة عن بعض الأسئلة المتنوعة؛ منها: أين وكيف يمكن استخدام هذه المعرفة؟ وكيف يمكن تحسين أفكاري، ورؤيتي السابقة؛ للاستفادة من المعرفة المتعلمة؟

٤- **وجهة النظر Perspective**: ويقصد بهذا المستوى: عرض المتعلم وجهة نظره بعد انتقاد الظواهر أو المفاهيم العلمية، مع إدراكه توافر وجهات نظر متنوعة بشأن الأشياء والموضوعات؛ مما يعمق فهمه للإجابات، والآراء، والأفكار؛ وهنا يتساءل: هل هذا الرأي مقبول؟ وهل هذا يعبر عن وجهة نظر معينة؟ وما نقاط القوة والضعف في هذه الأفكار أو الآراء؟ وهل يمكن الدفاع عن هذه الأفكار؟

٥- **المشاركة الوجدانية (التعاطف) Empathy**: تتضمن قدرة المتعلم على تفهم مشاعر الآخرين، والقدرة على رؤية العالم من حوله من منظور مختلف. ومن الأسئلة المتعلقة بهذا المستوى: كيف يرى الآخرون هذه الظاهرة؟ هل وجهة نظرهم مشابهة لرؤيتي للظاهرة؟ وهل لو كنت مكانهم كانت وجهة نظري ستختلف؟

٦- **معرفة الذات Self- Knowledge**: يتمثل هذا المستوى في وعي المتعلم بعاداته العقلية، وشخصيته وأفكاره التي تسهم في تشكيل مدى فهمه أو تعوقه عن الفهم، وكذلك وعيه بما لا يفهمه، وكيف يمكن أن يفهمه، فضلاً عن تقييم الذات بتدقيق، مع تقبل التغذية الراجعة؛ ويتساءل في هذا المستوى حول: كيف تؤثر شخصيتي في رؤيتي للأشياء؟ وما التأثيرات الخارجية من منظوري؟ هل أنا متحيز لآرائي؟ وهل أصغي باهتمام لآفكار الآخرين، وآرائهم؟

كما اقترح المركز القومي للإحصاءات التربوية National Center for Education Statistics (2010) -من خلال مشروع التقييم القومي للتقدم التربوي National Assessment of Education Progress- إطارًا يشمل كيفية تطبيق الاستيعاب المفاهيمي بفاعلية في التقصي العلمي؛ وبناء على ذلك شملت الأبعاد ذات الصلة بالاستيعاب المفاهيمي؛ لتقييم العلوم ما يلي:

١- وصف الأشياء، والأحداث، والخبرات الناشئة عن التفاعل مع البيئة الطبيعية.
٢- تفسير ملاحظات العلماء عن العالم الطبيعي، والتنبؤ بها من خلال الاستناد إلى المفاهيم، والمبادئ، والقوانين، والنظريات العلمية التي توصل إليها العلماء.
٣- تنفيذ الاستقصاء العلمي؛ لإنشاء المعارف العلمية، أو التحقق منها.
٤- تطبيق المعرفة العلمية؛ من خلال الاندماج في المهام والأنشطة العملية.
٥- وضع مقترحات حول طبيعة العلم، وتاريخه، وفلسفته.
٦- تشكيل أنماط للتفاعلات المختلفة بين العلم، والتكنولوجيا، والمجتمع STS.

وفي هذا الصدد –أيضًا– أوضح Konicek- Moran and Keeley (2015) أن المتعلم الذي يمتلك الاستيعاب المفاهيمي يمكنه: ١- التفكير في المفاهيم، ٢- استخدامها في مجالات أخرى جديدة، ٣- التعبير عنها بكلماته الخاصة، ٤- البحث عن الاستعارة، والتشبيه لها، ٥- بناء نموذج فيزيائي لها.

كما أوجز Uliyandari et al. (2021) مؤشرات الاستيعاب المفاهيمي فيما يأتي: ١- إعادة صوغ التعريف. ٢- تحديد الأشياء؛ طبقًا لخصائص معينة. ٣- إعطاء مثال، ولا مثال للمفهوم. ٤- تقديم المفهوم بطرق مختلفة من التمثيلات الرياضية. ٥- تحديد الشروط المطلوبة، أو المناسبة للمفهوم. ٦- استخدام واختيار عمليات، أو إجراءات محددة. ٧- تطبيق المفهوم، أو طرق لحل المشكلة.

- **المداخل والنماذج والاستراتيجيات المستخدمة؛ لتنمية الاستيعاب المفاهيمي، وأساليب قياسه:**

تتطلب تنمية الاستيعاب المفاهيمي استخدام مداخل، ونماذج، واستراتيجيات تسهم في تحقيق ذلك، ومنها ما أكدت عليه الدراسات والبحوث على النحو الآتي:

- **مدخل Sci-vestigative Pedagogical Strategy (SPS)؛** والذي استخدمته دراسة Macanas and Rogayan (2019).
- **مدخل المعمل الافتراضي القائم على الاستقصاء؛** الذي تناولته دراسة Husnaini and Chen (2019).
- **مدخل مشروعات STEM؛** وذلك ما ورد في دراستا: Saleh, Muhammad and Abdullah (2019); Thahir et al. (2020).

- **مدخل التعلم القائم على الاستقصاء، مع استراتيجية OE3R** (التوجيه– الاستكشاف– التفسير– التفصيل– التأمل) (Orientation - Exploration - Explanation - Elaboration - Reflection)؛ وذلك في دراسة Sutrisno, Nanda and Widarti (2020).
- **مدخل التعليم الترفيهي**؛ كما ورد في دراسة خليل، وعبد المجيد (٢٠٢١).
- **مدخل التعلم القائم على حل المشكلات**؛ كما ورد في دراسة Uliyandari et al. (2021).
- **نموذج بناء المعرفة المشترك** Common Knowledge Construction (CKCM) Model والذي يتضمن أربع مراحل (الاستكشاف والتصنيف، البناء والتفاوض، الترجمة والتوسيع، التفكير والتقييم)؛ وورد في دراسة Kiryak and Çalik (2018).
- **نموذج قائم على تكامل نصفي المخ**؛ وورد في دراسة عبد الفتاح (٢٠٢٠).
- **نموذج التعلم القائم على الاستقصاء المفتوح**؛ وجاء في دراسة Abaniel (2021).
- **نموذج اقرأ– أجب– ناقش– اشرح– ابتكر** Read- Answer - Discuss - Explain and Create (RADEC)؛ وورد في دراسة Ohmawatiningsih, Rachman and Yayoi (2021).
- **نموذج كولب**؛ والذي استخدمته دراسة السبيعي (٢٠٢٢).
- **استراتيجية التخيل** التي استخدمتها دراسة القرني (٢٠١٦).
- **استراتيجية قائمة على التكامل بين نموذج فراير، واستراتيجية أخفِ –انسخ– قارن**؛ وذلك في دراسة أبو غنيمة (٢٠١٨).
- **استراتيجية المحاكاة**؛ كما جاءت في دراسة Widiyatmoko (2018).
- **استراتيجية محطات التعلم**؛ وذلك ورد في دراسة سلامة وآخرون (٢٠١٩).

وفي ضوء العرض السابق للمداخل، والنماذج، والاستراتيجيات المستخدمة؛ التي تسهم في تنمية الاستيعاب المفاهيمي؛ يمكن ملاحظة أنها أكدت إمكانية تحسينه خلالها؛ ومنها: مدخل مشروعات STEM، وحل المشكلات، والاستقصاء، ونموذج كولب، ونموذج بناء المعرفة المشترك، والنموذج التدريسي القائم على تكامل نصفي الدماغ، واستراتيجية OE3R، وجميعها تتلاءم –بشكل مباشر– مع مبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ.

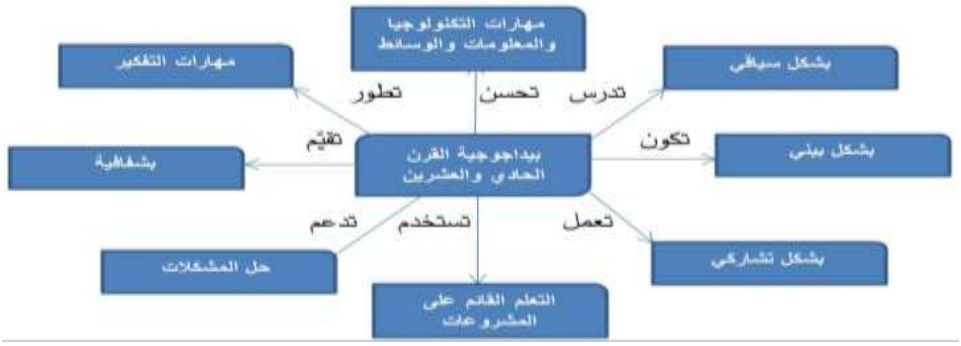
وقد اختلف الباحثون في قياس جميع الأبعاد المحددة للاستيعاب المفاهيمي؛ فهناك من صمم اختبارًا معتمدًا على الأبعاد الستة لنموذج Wiggins and Mctighe (2005)؛ مثل: دراسة القرني (٢٠١٦)؛ المسعودي والمزروع (٢٠١٤)؛ على حين استخدمت دراسات كل

من: آل مداوي والشهري (٢٠٢٢)؛ سلامة وآخرون (٢٠١٩)؛ صديق وبابطين (٢٠٢٢)؛ طه والشبة وغلوش (٢٠١٨)؛ والمرحبي (٢٠١٩)؛ المستويات الأربعة (التوضيح، والتفسير، والتطبيق، ووجهة النظر)، واقتصر بعضها الآخر على الجوانب الثلاثة فقط للاستيعاب المفاهيمي (التوضيح، والتفسير، والتطبيق)؛ مثل دراسات كل من: أبو غنيمة (٢٠١٨)؛ السبيعي (٢٠٢٢)؛ سراج (٢٠١٦)؛ عبد اللطيف (٢٠١٤).

وقد اقتصر البحث الحالي على الأبعاد الثلاثة: (التوضيح، والتفسير، والتطبيق)؛ لمناسبتها للمرحلة العمرية، وأهميتها في تدريس العلوم، ولأنها تمثل الجانب المعرفي للاستيعاب المفاهيمي.

المحور الثالث: "مهارات الحياة والمهنة": Life and Career Skills

من التوجهات التربوية التي ظهرت بكثرة منذ عام ٢٠٠٢ مهارات القرن الحادي والعشرين؛ والتي سعت إلى دعم الطلاب في التعليم عامة، وفي الحياة الوظيفية خاصة بعد التخرج، وكانت نقطة الانطلاق في المناداة بهذه المهارات؛ من خلال "شراكة مهارات القرن الحادي والعشرين" (2009) (P21st CS)، التي عرفتها بأنها: "المهارات التي ينبغي للمتعلمين إتقانها؛ للنجاح في العمل والحياة، وهذا يتطلب تغييرات في بيداجوجية واستراتيجيات التعليم والتعلم؛ لتتلاءم مع التعلم في القرن الحادي والعشرين". وهذا ما أوضحه Djudin (2020) أن بيداجوجية القرن الحادي والعشرين تتطلب تغييرًا من خلال التركيز على حل المشكلات، والكفاءة في التفكير ذي المستويات العالية، والمشاركة، مع الاعتماد على التكنولوجيا وتعزيز مهاراتها، والتعلم القائم على المشروعات، وكذلك مراعاة السياق، ويمكن توضيح بيداجوجية التدريس في القرن الحادي والعشرين؛ من خلال شكل (٦) الآتي:



شكل (٦): بيداجوجية التدريس في القرن الحادي والعشرين.
(Djudin, 2020, P. 346)

وانطلاقًا من أهمية مهارات القرن الحادي والعشرين فقد نشرت عدد من المنظمات أطر عمل عديدة لتلك المهارات، وقد اقترحت مؤسسة الشراكة من أجل مهارات القرن الحادي والعشرين، تصنيفًا يعد الأكثر شهرة، واستخدامًا على نطاق واسع، ويسعى إلى تضمين هذه المهارات في المناهج وتقييمها لدى المتعلمين، وشملت هذه المهارات: ١- مهارات التعلم والابتكار؛ وتتضمن المهارات الفرعية الآتية: الإبداع والابتكار، وحل المشكلات، والتفكير الناقد، ومهارات التواصل والتشارك، ٢- مهارات تكنولوجيا المعلومات ووسائل الإعلام؛ وتشمل: المهارات المعلوماتية، والإعلامية، والتكنولوجية، ٣- "مهارات الحياة والمهنة"؛ وتشمل: مهارات التكيف والمرونة، والمبادرة، والتوجيه الذاتي، والإنتاجية والمساءلة، والقيادة والمسئولية، والمهارات الاجتماعية، وفهم الثقافات المتعددة (P21st CS, 2009).

ويركز البحث الحالي على "مهارات الحياة والمهنة" بصفة خاصة؛ لأنها تمثل المهارات غير المعرفية noncognitive skills التي لديها القدرة على تحسين الإنجاز الأكاديمي، وتعزيز النجاح بعد المرحلة الثانوية، والاستعداد الوظيفي، كما أن التعاون والعمل مع الآخرين بشكل فعال له تأثير إيجابي مستمر في التعلم الفردي للطلاب، فضلاً عن أن امتلاك "مهارات الحياة والمهنة" يعزز قابلية التوظيف في المستقبل؛ نظرًا للقيمة العالية، والأولوية التي يوليها أصحاب العمل لتلك المهارات؛ كالقدرة على العمل ضمن فريق، وإدارة الوقت؛ وهذا ما أورده Ball, Joyce and Anderson-Butcher (2016) في دراستهم.

- **مفهوم "مهارات الحياة والمهنة"، وتصنيفاتها:**

عرفت منظمة الأمم المتحدة United Nations Children's Fund (2020) مهارات الحياة Life skills؛ بأنها: مجموعة من المهارات، والمواقف، والكفاءات الاجتماعية والوجدانية التي تمكن الفرد من التعلم، والتكيف، واتخاذ القرارات المستنيرة، وممارسة الحقوق؛ من أجل حياة صحية ومنتجة، فضلاً عن التواصل مع الآخرين بشكل فعال، وتحقيق المشاركة المجتمعية، وتحقيق العلاقات الاجتماعية الإيجابية. ونظرًا للتغيرات، والتنافسية التي يواجها العالم على جميع الأصعدة؛ الاجتماعية، والاقتصادية، والسياسية، والتكنولوجية؛ فإن "مهارات الحياة" وحدها ليست كافية؛ لذلك اتجهت النظم التعليمية إلى تزويد الطلاب "بمهارات المهنة" Career skills؛ ومن ثم تحول المصطلح إلى "مهارات الحياة والمهنة"؛ وذلك من خلال التأكيد على جعل الأفراد قادرين على العمل بشكل مستقل، وتعاوني مع الآخرين، مع احترام التنوع بين البشر (Chaiyama & Kaewpila, 2022).

وتنوعت تصنيفات المنظمات، والمؤسسات "لمهارات الحياة والمهنة"، ولخصتها دراسة Chaiyama and Kaewpila (2022) –كما هو موضح في جدول (2)– فيما يأتي:

جدول (2): تصنيفات المنظمات، والمؤسسات الأكاديمية "لمهارات الحياة والمهنة":

المنظمة أو المؤسسة	"مهارات الحياة والمهنة"	المنظمة أو المؤسسة	"مهارات الحياة والمهنة"
منظمة الصحة العالمية World Health organization (1999)	تشمل: (اتخاذ القرار– حل المشكلات– التفكير الإبداعي– التفكير الناقد– الوعي الذاتي).	مكتب التعليم الأساسي Office of the Basic Education Commission (2012)	تشمل: (الوعي– تقدير الذات والآخرين–التفكير التحليلي– اتخاذ القرار– الإبداع– إدارة الانفعال والضغوط– بناء علاقات جيدة مع الآخرين).
مؤسسة الشباب العالمية International Youth Foundation (2014)	تتضمن: (الثقة بالنفس– احترام الذات، والآخرين– المهارات البينشخصية؛ كالتعاطف، وإدارة الانفعالات والمسئولية الشخصية، والاتجاه الإيجابي، والدافعية الذاتية، وإدارة الصراع، والعمل الفريقي، والتواصل، والعمل التشاركي– التفكير الابتكاري– التفكير الناقد– حل المشكلات– اتخاذ القرار).	منظمة اليونيسيف United Nations Children's Fund (2017)	تشمل: (أولا: التعلم: ويتضمن؛ الإبداع– التفكير الناقد– حل المشكلات، وثانيًا: التوظيف: ويتضمن؛ التعاون– التفاوض– اتخاذ القرار، وثالثًا: التمكين الشخصي: ويتضمن؛ إدارة الذات– التواصل– المرونة).
اليونسكو United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2018)	تصنف إلى: (أولاً: مهارات الحياة: وتشمل؛ التفاوض– الإصغاء– التواصل– إدارة الذات– أخلاقيات العمل– البيئة الخضراء، وثانيًا: المهارات الرقمية: وتشمل؛ استخدام التكنولوجيا– توظيف وسائل التواصل– شبكة الإنترنت–	Trembath (2020)	تشمل: (التعاطف– المرونة– المنافسة الثقافية– التواصل– التخطيط–تحديد الأهداف– إدارة الميزانية– الابتكار–حل المشكلات– الوعي الذاتي، والاستبطان– الفضول– التكيف– التفكير التحليلي– الثقة).

المنظمة أو المؤسسة	"مهارات الحياة والمهنة"	المنظمة أو المؤسسة	"مهارات الحياة والمهنة"
	تقنيات البحث- ومحركات البحث- كتابة التقارير، والمراسلة، وثالثًا: ريادة الأعمال: وتضمن؛ الخطوات الأولية لإنشاء المشروعات- وإدارتها- وكتابة السيرة الذاتية- القوانين- طرق تمويل المشروعات- إدارة المخاطر- منظمة مكان العمل).		

وفضلاً عن تلك التصنيفات فإن التصنيف الأكثر شهرة، واستخدامًا؛ هو "مهارات الحياة والمهنة"؛ وفقًا للشراكة من أجل مهارات القرن الحادي والعشرين (P21st CS)؛ والتي صنفتها إلى أولاً: المرونة والتكيف مع التغير، ثانيًا: العمل بفاعلية في فرق متنوعة، والعمل المستقل، والتوجيه الذاتي للمتعلمين، ثالثًا: المهارات الاجتماعية والمهارات عبر الثقافية؛ وشملت: التفاعل مع الآخرين بفاعلية، والعمل في فرق متنوعة بفاعلية، رابعًا: الإنتاجية والمساءلة؛ وتتضمن: إدارة المشروعات، وتقديم منتج، خامسًا: القيادة، والمسئولية؛ وتتضمن: الإرشاد وقيادة الآخرين، والمسئولية تجاه الآخرين.

ويمكن تناول "مهارات الحياة والمهنة" بشكل تفصيلي -كما أوردها كل من: ترلينج، وفادل (٢٠١٣)؛ (P21st CS) (2019)- فيما يأتي:

١- **مهارات المرونة والتكيف Flexibility and Adaptability**؛ ويقصد بها: القدرة على التعامل بفاعلية، والاستجابة للمحفزات الجديدة والمتغيرة بكفاءة وإيجابية؛ لاسيما في الحياة والعمل، وتشمل: التعامل مع الضغوط، والتكيف مع أنماط الشخصيات المختلفة، وفهم رؤاهم المتنوعة، والتكيف -أيضًا- مع ظروف بيئات العمل المختلفة، واستخدام التفاوض؛ للوصول إلى حلول عملية؛ من خلال إدارة عديد من المهام والأولويات، وكذلك امتلاك موقف إيجابي تجاه الثناء والفشل والنقد.

٢- **المبادرة والتوجيه الذاتي Initiative and Self Direction**؛ ويقصد بها: القدرة على التخطيط الموجه نحو تحقيق أهداف التعلم، وإدارة الوقت، وتقييم جودة التعلم،

ونواتجه بشكل مستقل؛ عن طريق رصد أولويات التعلم، ثم ترتيبها، وتنفيذها، وإنجاز المهام دون إشراف مباشر.

٣- **المهارات الاجتماعية وفهم الثقافات المتعددة Social and Cross- Cultural Interaction**؛ تشير إلى مجموعة السلوكيات التي تنشأ من التفاعلات بين الأفراد، وتركز على الاندماج في العمل مع أفراد من مختلف الأعمار والخلفيات والقدرات، مع تقديم ملاحظاتهم ووجهات نظرهم وتصوراتهم ومعتقداتهم وتفسيراتهم المختلفة، وتُعنى المهارات الاجتماعية بالتفاعل بكفاءة مع الآخرين (معرفة متى تتحدث، ومتى تصغي)، واحترام الاختلافات والاستجابة بعقل منفتح لمختلف الأفكار والآراء المطروحة، مع الاستفادة من الاختلافات الاجتماعية والثقافية؛ لصوغ افكار جديدة.

٤- **مهارات الإنتاجية والمساءلة Productivity and Accountability**؛ وتعني الإنتاجية: القدرة على إنجاز مهمة؛ من خلال تحديد الأهداف، وتحقيقها، وتحديد الاحتياجات، وترتيب الأولويات، وتخصيص الموارد، وإدارة الوقت، والتعاون، أما المساءلة فيقصد بها: تحمل المسئولية عن الإجراءات المطلوبة؛ لتقديم منتج، أو أداء مهمة.

٥- **القيادة والمسئولية Leadership and Responsibility**؛ وتتضمن: القدرة على إلهام الآخرين بالقدوة، والاستفادة من نقاط القوة لدى الآخرين؛ لتحقيق هدف مشترك، وتشمل مهارة قيادة الآخرين وتوجيههم: استخدام مهارات شخصية ومهارات حل المشكلات؛ للتأثير في الآخرين، وتوجيههم نحو تحقيق الأهداف، وإلهامهم للوصول إلى أفضل ما يستطيعون؛ من خلال القدوة؛ على حين تعني مهارة المسئولية: القدرة على التصرف بمسئولية، مع مراعاة الهدف المراد تحقيقه.

ويوضح جدول (٣) الآتي المتطلبات اللازمة لتنمية "مهارات الحياة والمهنة" الفرعية؛ كما حددها كل من: (ترلينج، وفادل،٢٠١٣؛ Sulistyaningsih et al., 2019):

جدول (٣): المتطلبات اللازمة لتنمية "مهارات الحياة والمهنة":

"مهارات الحياة والمهنة"	متطلبات تنمية تلك المهارات
(١) مهارات المرونة والتكيف.	يتطلب إتقانها العمل على مشروعات تزداد تعقيدًا بشكل تدريجي، وإلزام الطلاب تغيير طريقتهم في العمل والتكيف مع التطورات الجديدة في المشروع، فضلاً عن إشراكهم في اتخاذ القرار؛ من خلال اختيارهم الموضوع مجال العمل، وتحفيزهم على بذل جهد في المهمة المختارة.
(٢) المبادرة والتوجيه الذاتي.	يمكن تنميتها لدى الطلاب؛ من خلال مساعدتهم في كيفية تحديد الهدف، وتدريبهم على إكمال المهام؛ وفقًا لإطار زمني محدد، والسماح لهم بمستوى مناسب من الحرية، مع توفير أنشطة متنوعة؛ كالتمثيل المسرحي، والطالب القائم بدور المعلم، والتدريب على مهنة ما، وممارسة أنشطة ميدانية، ومشروعات خدمة المجتمع. ولأن طبيعة العلم تبنى على طرح التساؤلات عن الظواهر الطبيعية؛ لتفسيرها؛ فهذا من شأنه تنمية المبادرة والتوجية الذاتي، وتشجيع التعلم مدى الحياة؛ وهذا ما يمكن توفيره؛ من خلال ممارسة الطلاب مشروعات "علوم المواطن".
(٣) المهارات الاجتماعية وفهم الثقافات المتعددة.	يمكن تنميتها؛ من خلال التفاعل وجهًا لوجه، أو عن طريق الإنترنت، وتصميم بيئات مترابطة تقدم أنشطة وطرق عملية يتراوح مداها بين حل الخلاف بين الطلاب وصولاً إلى إجراءات تشكيل مجموعات تعاونية تعمل معًا في مشروع مشترك، وتدريب الطلاب على كيفية التعامل مع زملائهم بعقل متفتح يتقبل الأفكار المختلفة، ومراعاة الاختلافات الثقافية والاجتماعية للآخر.
(٤) مهارات الإنتاجية والمساءلة.	تتطلب إتاحة الفرص للطلاب؛ لوضع أولويات المشروعات، وتخطيطها، وإدارتها، وتطبيقها في التعلم بشكل أفضل. ولتحقيق نتائج مرضية؛ يتطلب ذلك توافر العمل الإيجابي والإبداعي، وإدارة الوقت، وتنفيذ المشروعات بفاعلية، وإنجاز مهام متعددة، والإسهام بإيجابية وواقعية، وتحمل مسئولية النتائج المحققة.
(٥) القيادة والمسئولية.	تتطلب توفير فرص للطلاب؛ لتنمية مهارات القيادة؛ من خلال المحاكاة، بما يسمح باستخدام مهارات التواصل، وتوجيه الآخرين نحو الهدف والتأثير فيهم، وتحمل المسئولية نحو اهتمامات مجتمعنا.

يتضح مما سبق الدور الفعال للمعلم في تنمية "مهارات الحياة والمهنة" التي تتطلب منه توفير الفرص للطلاب؛ لقيادة الفرق التعاونية، ومساعدتهم في تنظيم الوقت، والعمل مع زملائهم، وتشجيعهم على إثارة الأسئلة كلما تطلب الأمر ذلك، مع أخذ آرائهم في الحساب، ودعمهم في كيفية تحديد الأهداف لأنفسهم.

- **أهمية "مهارات الحياة والمهنة":**

عُني Griffin and Care (2015) –خلال مشروع تقييم مهارات القرن الحادي والعشرين، وتدريسها Assessment and Teaching of 21st Century Skills Project – بإبراز أهمية مهارات القرن الحادي والعشرين بشكل عام، وأوضحا أنها ضرورية للمتعلمين في أثناء التعليم، وبعد التخرج؛ حتى يتمكنوا من العمل في المجتمع بفاعلية، وأكدا أهميتها في تنمية قدرة المتعلمين على حل المشكلات بأسلوب علمي في بيئة غنية بالتكنولوجيا بشكل متزايد، والتفكير الناقد، والإبداع، والتعامل بإيجابية مع الآخر، والعيش في العالم الجديد متعدد الأوجه؛ كمواطنين عالميين نشطين ومسؤولين؛ ومن ثم يتطلب ذلك إعدادهم؛ من خلال التركيز على اتساع الفهم وعمقه، والقدرة على التعلم، وإعادة التعلم، والتكيف عبر المجالات المختلفة في حياتهم العملية.

وتعد "مهارات الحياة والمهنة" من مهارات القرن الحادي والعشرين المهمة للأجيال القادمة؛ حيث تركز على تمكينهم من مهارات المرونة والتكيف في عالم تشوبه التغيرات والتحديات المتضاربة، مع توجيه أنفسهم ذاتيًا؛ ليتمكنوا من التعلم مدى الحياة، والإصرار على الاستمرارية، وإنجاز المهام المطلوبة منهم، وتنفيذ المشروعات وقيادة الآخرين؛ مما يعزز النجاح في مهنتهم المستقبلية، وتحمل المسئولية، فضلاً عن التفاعل بكفاءة مع الآخرين وفهم ثقافتهم؛ فبدون التواصل الفعال مع الآخرين يصعب تحقيق الإنتاجية المطلوبة (عمر، السيد، والشهري، ٢٠٢٢).

ولضمان القدرة التنافسية في القرن الحادي والعشرين؛ فإن الطلاب في حاجة ملحة إلى إتقان "مهارات الحياة والمهنة" المطلوبة في بيئة العمل بصرف النظر عن تفوقهم الأكاديمي؛ مما يترتب عليه حتمية دمجها في تعليم العلوم (Turiman, Omar, & Osman, 2012)؛ لأنها توفر خبرات حقيقية، كما يمكن رصدها؛ من خلال ممارسة المتعلمين مهارات التكيف والمرونة، والتواصل الاجتماعي التي تتيح فرص مشاركة المعارف فيما بينهم، كما تكفل لهم فرصًا للنجاح في استيفاء متطلبات ممارسة المهنة المستقبلية.

وعُني كثير من الدراسات بمهارات القرن الحادي والعشرين عامة؛ ولكن قليلاً منها ما عُني "بمهارات الحياة والمهنة" بشكل نوعي؛ وهذا ما أكدته دراسة Dogru, Celik, Koca and Tongal (2022).

ومن تلك الدراسات التي عُنيت "بمهارات الحياة والمهنة": دراسة Ball et al. (2016) التي هدفت إلى الكشف عن تصورات الطلاب عن مدى امتلاكهم "مهارات الحياة والمهنة"، وأكدت النتائج أن تصورات الطلاب عن تلك المهارات عالية إلى حد ما.

كما استهدفت دراسة غانم (٢٠١٩) بتنمية مهارات الإنتاجية والمساءلة؛ كإحدى "مهارات الحياة والمهنة"؛ من خلال تقديم نموذج مقترح قائم على التعلم المعتمد على المشروع، وأثبتت الدراسة فاعليته في تنمية مهارات الإنتاجية والمساءلة والاتجاه نحو التعلم التعاوني.

وأعدت دراسة Sulistyaningsih et al. (2019) برنامجًا لطلاب المرحلة الثانوية؛ لتنمية "مهارات الحياة والمهنة"، وتضمنت المهارات الفرعية الآتية: المرونة والقدرة على التكيف، والمبادرة، ومهارات التوجيه الذاتي، والمهارات الاجتماعية، ومهارات الإنتاجية والمساءلة، والقيادة والمسئولية؛ وأشارت نتائج الدراسة إلى أنه من المتوقع أن يكون الطلاب مستعدين لسوق العمل؛ بامتلاكهم المهارات الأكثر طلبًا في القرن الحادي والعشرين.

وفحصت دراسة Şişman and Bahadır (2021) تأثير المؤتمرات التي يقودها الطلاب Student Led Conferences في اكتسابهم المسئولية، والإدارة الذاتية، والتعبير عن الذات، ومهارات التواصل والقيادة المتضمنة في "مهارات الحياة والمهنة"، وأثبتت تأثيرها الإيجابي في تنمية تلك المهارات.

بينما سعت دراسة أبو عودة واللبيه (٢٠٢١) إلى تحليل كتب العلوم والحياة في ضوء "مهارات الحياة والمهنة"، وأظهرت النتائج وجود قصور في تناول كتب العلوم والحياة بعض المهارات؛ مثل: المرونة والتكيف والمهارات الاجتماعية وفهم الثقافات المتعددة لدى طلاب المرحلة الأساسية.

- **المداخل، والنماذج المستخدمة؛ لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين –وبخاصة "مهارات الحياة والمهنة"– وأساليب قياسها في مادة العلوم:**

تتعدد المداخل، والنماذج المستخدمة؛ لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين بصفة عامة؛ وبخاصة "مهارات الحياة والمهنة"؛ منها:

- **مدخل STEM التكاملي**؛ كما ورد في دراسة Rahmawati et al. (2019)، وأكدت -أيضًا- دراسة كل من: Amelia, Tegariyani and Santoso (2021) إلى أن التعلم المستند إلى المشروعات -من خلال STEM- يعزز مهارات القرن الحادي والعشرين؛ وبخاصة "مهارات الحياة والمهنة".
- **مدخل المشروعات التعليمية**؛ والتي أكدت فاعليتها دراستا كل من: غانم (٢٠١٩)؛ Lattimer and Riordan (2011).
- **نموذج التعلم القائم على الاستقصاء عبر شبكة الإنترنت**؛ وأثبتته دراستا كل من: Abaniel (2021); Novitra et al. (2021).

ويتضح مما سبق أن المداخل والنماذج التي استخدمت في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين؛ وبخاصة "مهارات الحياة والمهنة" اعتمدت -بشكل أساسي- على نشاط المتعلم، وإيجابيته؛ ومنها: التعلم بالمشروعات، ومدخل STEM، والتعلم القائم على الاستقصاء.

أما بالنسبة لأدوات قياس مهارات القرن الحادي والعشرين -وبخاصة "مهارات الحياة والمهنة"- التي استخدمتها الدراسات؛ فمنها: الاختبار التحصيلي؛ مثل: دراسة الباز (٢٠١٣)، وبطاقة الملاحظة؛ مثل: دراسات كل من: غانم (٢٠١٤)؛ فاطمة محمد (٢٠١٥)؛ Sulistyaningsih et al.(2019)، والمقاييس؛ مثل: الحارون (٢٠١٦)؛ وعبد العال وأحمد (٢٠١٩)؛ العصيمي (٢٠٢١)؛ Novitra et al. (2021)، ودراسات أخرى جمعت بين المقاييس والاختبار التحصيلي وبطاقة الملاحظة في قياس مهارات القرن الحادي والعشرين؛ مثل دراسات كل من: أحمد ويونس (٢٠٢٠)؛ مهدي (٢٠١٨)؛ ونصحي (٢٠٢١)، بينما اعتمد البحث الحالي في قياس "مهارات الحياة والمهنة" على بطاقة الملاحظة؛ نظرًا لكونها الأكثر مناسبة.

المحور الرابع: الاهتمام بالعلم: Interest in Science

- **نشأة الاهتمام بالعلم، ومفهومه:**

يعد الاهتمام بالعلم من أبرز المخرجات التي تسعى "علوم المواطن" على وجه التحديد إلى تحقيقها، ويوصف الاهتمام بالعلم -وفقًا لمجلس البحث العلمي (NRC)- بأنه يشمل خبرة الإثارة (المتعة)، والتحفيز، والاهتمام بتعلم الظاهرة العلمية، كما أُعترف بمجال الاهتمام بالعلم من قبل سياسات الاتحاد الأوروبي التي سعت إلى معالجة نقص الاهتمام بالعلوم؛ من خلال تنفيذ إجراءات سياسية؛ لمواجهة ذلك (Hazelkorn, 2015).

ويرجع نشأة مفهوم الاهتمام في السياق التربوي -كما أوردها Krapp and Prenzel- (2011) إلى علماء عظماء منذ قرون؛ مثل: كومينوس (1592-1670) Comenius، وجان روسو (1712–1778) Jean Rousseau، ويعد هيربارت (1776- Herbart 1841) هو المسئول عن تطوير نظرية لأول مرة في التربية كان للاهتمام دور مركزي فيها، وأكد أن الاهتمام يجب ألا ينظر إليه على أنه شرط تحفيزي مرغوب فيه في التعلم؛ لكنه هدف مهم من مخرجات المنظومة التعليمية.

ثم تبنى أفكاره كل من: وليام جيمس (1842- 1910) William James، وجون ديوي (1859- 1952) John Dewy، وفي بداية القرن العشرين استُخدم مفهوم الاهتمام في مجالات مختلفة في البحث التربوي والنفسي، وكان يصبو إلى فهم التعلم بشكل أفضل، وفي منتصف القرن العشرين رُكز على الانتباه، والفضول، والدافع الداخلي، وقد استخدمت هذه المصطلحات؛ كبديل للاهتمام في الكتابات التربوية.

وفي أواخر القرن العشرين شهدت مجالات البحث المختلفة نهضة في بنية الاهتمام؛ لأن البحوث المطورة في مجال الدافعية لا تُعنى –بشكل كافٍ– بالظواهر المهمة في الأبحاث المتعلقة بالاهتمام، كما دعمت النظريات التي تستند إلى الاهتمام تأكيد التفكير البنائي، والفهم العميق للموضوع؛ بالتفاعل مع البيئة المادية، والاجتماعية، والثقافية.

وخلال العقود الأخيرة أولت التربية العلمية مفهوم الاهتمام بالعلم عناية خاصة؛ من خلال التعاون مع المجالات الأخرى (كعلم النفس التربوي، وعلم الاجتماع)، وخلال العقدين الماضيين تزايدت الأبحاث في التربية العلمية بشأن دور الاهتمام بالعلم في التعلم، والتنمية البشرية في المجتمعات الحديثة، كما اعترف بالاهتمام؛ كأحد المكونات المهمة للثقافة العلمية في إطار PISA (2006)؛ مما أتاح الفرصة للتوسع في معرفتنا بهذا المجال (Krapp & Prenzel, 2011).

كما استُخدم مصطلح الميول العلمية في الأبحاث العربية كمرادف للاهتمام بالعلم؛ ولكن تفضل الباحثة لفظ الاهتمام بالعلم لأنه لا يركز فقط على الاهتمام الشخصي ولكن يتعداه إلى الاهتمام الموقفي بالتفاعل مع البيئة الذي يشكل بعد مهم من أبعاد الاهتمام بالعلم كما سيرد ذلك لاحقًا.

وقد تعددت تعريفات الاهتمام التي وردت في الكتابات التربوية؛ منها أنه: "حالة نفسية، أو شعور إيجابي انتقائي نحو موضوع معين"، ويتضمن الاهتمام ثلاثة مكونات؛ هي: الاهتمام

المـوقفي Situational interest، والاهتمـام الشخصـي Personal interest، والموضوع Topic (Ainley, Hidi, & Berndorff, 2002).

ووصفه Ainley and Ainley (2011) بأنه: "بناء متعدد الأبعاد، ويتطلب تعريفه إجرائيًا ثلاثة أبعاد عامة؛ هي: الخصائص المعرفية (المعرفة)، والخصائص الوجدانية (الشعور بالمتعة)، والخصائص القيمية (القيمة، والأهمية)".

وعرفه Phillips, Ferguson, Minarchek et al. (2014) بأنه: "الأهمية الشخصية المتصورة عن الموضوع، أو المهمة، ويمثل مقدمة لاكتساب المعرفة، كما أن زيادة الاهتمام تعزز التعلم والمشاركة". كما عرفه Dohn (2021) بأنه: "مفهوم تحفيزي خاص بالمحتوى؛ بمعنى: أنه يحدد علاقة خاصة، ومميزة بين الشخص، وشئ معين يهتم به (سواء أكان موضوعًا، أم مهمة، أم نشاطًا)".

وفي سياق التربية العلمية عرف Krapp and Prenzel (2011) الاهتمام بأنه: "علاقة خاصة بين الفرد والموضوع محل الاهتمام، ويمكن أن يكون محل الاهتمام مجال العلوم بشكل عام، أو قد يكون (البيولوجي أو الفيزياء أو الكيمياء) بشكل خاص، وقد يكون تخصصًا معينًا؛ مثل: (علم وظائف الأعضاء)، أو سياقًا معينًا (كالمعمل أو المتاحف)، أو مجالاً بحثيًا (مثل: أبحاث المحيطات)".

والتعريف الأكثر استخدامًا للاهتمام هو: "الدمج بين الاهتمام الموقفي؛ في حال الاهتمام بالمواقف الداعمة للبيئة، والاهتمام الشخصي بهذا الموقف؛ في حال استمرار الشخص نسبيًا؛ لإعادة التعامل مع محتوى معين بمرور الوقت، وينتج عنهما تطوير الاهتمام لفترة طويلة الأمد" (Hidi & Renninger, 2006).

ويمكن أن يولد الاهتمام الموقفي؛ من خلال التعامل مع الأشياء الملموسة، والأحداث في بيئة الصف؛ بواسطة عمل جماعي، أو مشاركة الطلاب النشطة في الصف، ويشمل الطرق التي يتم بها تنظيم المهام وتقديمها، ويتسم بأنه قصير المدى ويرتبط بعامل خارجي؛ من حيث الاشتقاق (الموقف– المهمة– السياق)، وقد ينتج عن الموقف شعور إيجابي (مثل: متعة الانخراط في تجربة علمية)، أو شعور سلبي (كالاشمئزاز من وصف أجزاء العقرب)، وقد يشمل الموقف –على سبيل المثال– معرفة محددة يتعرض لها المتعلم (إجراء التجارب، والاستماع إلى المعلم، وقراءة الكتب المدرسية). أما الاهتمام الشخصي؛ فهو استعداد الفرد للاندماج في الأحداث ذات الصلة بمجال دراسي معين، ويتسم بأنه طويل المدى ودائم نسبيًا،

وداخلي. أما موضوع الاهتمام -ويطلق عليه أيضًا: (الاستعداد، أو النية للعمل) Predisposition or intention to act- فهو: مستوى الاهتمام الذي يتم الوصول إليه عند تقديم موضوع معين، ويرتبط بكل من: الجوانب الشخصية، والموقفية؛ أي: أنه استعداد لحضور أشياء وأحداث معينة، والمشاركة في أنشطة معينة مرتبطة بالموضوع (Ainley et al., 2002; Hidi & Renninger, 2006).

وثمة عديد من العوامل المؤثرة في الاهتمام الموقفي؛ كملاحظة الظواهر الطبيعية، والأحداث المتناقضة التي تبدو غير عادية من وجهة نظر الملاحظ، وينشأ التعلم ذو المعنى؛ من خلال التواصل بين المشاركين في الحياة اليومية، وملاحظة الظاهرة؛ كما ينشأ الاندماج؛ من خلال حرية الأداء في أثناء عملية البحث (Aivelo & Huovelin, 2020).

وأوضح Ainley et al. (2002) أن الاهتمام الموقفي ذو أهمية للمعلمين الذين يتعاملون مع طلاب ليس لديهم اهتمامات شخصية مسبقًا بالأنشطة المدرسية؛ فمثلاً: الفرد الذي ليس لديه اهتمام مسبق بالقضايا البيئية يمكن أن ينشأ لديه اهتمام موقفي عندما يواجه نصًّا ذا صلة بموضوع الاحتباس الحراري؛ وخاصة إذا كان النص المكتوب يثير الاهتمام لديه؛ وهذا ينقلنا إلى الاهتمام بالموضوع؛ فقد يثير كلمة، أو فقرة تقدم للقارئ موضوعًا ما.

وقد أوضحا Krapp and Prenzel (2011) أن مفهوم الاهتمام يختلف عن الاتجاه؛ فقد يكون لدى الفرد اتجاه سلبي واضح تجاه موضوع ما (مثل: العنصرية)؛ وفي الوقت ذاته لديه اهتمام قوي لفهم هذا الموضوع. أما بالنسبة للعلاقة بين مشاعر المتعة والاهتمام فأوضحها: Ainley and Hidi (2014) وأكدا أنهما غالبًا ما يحدثان معًا أو بشكل مستقل أحيانًا، وأشارا إلى أن الاهتمام يحفز على البحث، والاستكشاف؛ خاصة عند مواجهة مواقف جديدة، أو محيرة؛ على حين أن مشاعر المتعة ترتبط بالسرور، والشعور بالرضا عما تحقق.

- **أهمية الاهتمام بالعلم:**

توفر التقييمات الدولية واسعة النطاق دفعة حاسمة للعناية بمفهوم الاهتمام؛ من خلال إجراء مسح؛ لتعرُّف الجوانب الوجدانية؛ مثل: الاستمتاع بالعلم، والقيمة المرتبطة بدراسة مواد معينة أو مجالات محددة؛ بسؤال الطلاب -بشكل مباشر- عما إذا كانوا مهتمين بالعلوم، وتباعًا تغير الوضع؛ بواسطة PISA في ٢٠٠٦ في إطار الدراسة الاستقصائية، وصار الاهتمام بالعلم أحد الجوانب المهمة للثقافة العلمية، مع محاولة ربط الاهتمام بالعلم ببنية العلم الذي يتمايز بشكل منظم وفقًا للسياق، ومجالات المحتوى، والكفايات، كما يسهم تطوير

أساليب التقييم المستند إلى الحاسوب في عمل مسح واسع النطاق عن الاهتمام في مواقف حقيقية (Krapp & Prenzel, 2011).

ويعد الاهتمام أحد العوامل الرئيسة التي تزيد من الدافعية للتعلم، والمواقف الإيجابية تجاه العلم، ويمكن تحقيق ذلك؛ من خلال الجدة novelty، وتكوين المعنى، والمشاركة (Palmer, 2004)، كما أكدت دراسة Drob, Cheung and Briley (2014)؛ من أن اهتمام الطلاب بالعلم يعد مؤشرًا قويًّا يقود إلى تحسين الإنجاز الأكاديمي، واتفقت معها دراسة Toli and Kallery (2021)؛ كما أشار المجلس القومي للبحث (NRC) إلى أن عدم توفير الفرص الكافية لفهم المعرفة العلمية –من خلال الانخراط في الممارسات العلمية– يؤدي إلى فقدان الاهتمام، والدافع لتعلم العلوم (NRC, 2012).

وفي ضوء ما تقدم يمكن القول أن الاهتمام بالعلم حالة من الشعور بالشغف؛ كلما حان الوقت لتعرُّف مزيد من المعلومات العلمية؛ لإشباع الرغبة في فهم الظواهر الطبيعية؛ مما يزيد من اطِّلاع المتعلم على شبكة الإنترنت، والكتب، والمجلات العلمية؛ لإثراء معرفته في مجالات علمية مستحدثة، ويرتبط الاهتمام بسياق محدد (مهمة– أداء نشاط)؛ ويترتب –أيضًا– على تنمية الاهتمام بالعلم زيادة الدافعية للتعلم، والإصرار على الوصول إلى حل للمشكلات العلمية بشكل مبتكر، كما أنه كلما تمكن المعلم من تنمية الاهتمام بالعلم لدى طلابه؛ فإن ذلك يوفر وقته، ومجهوده في جذب انتباه الطلاب، ويقلل من الوقت المستغرق في ضبط الصف وإدارته، ويحسن المستوى الأكاديمي لهم؛ ومن ثم يصير التعلم أفضل.

- **المداخل التي عُنيت بتنمية الاهتمام بالعلم، وأساليب قياسه:**

ويمكن عرض بعض المداخل التي عُنيت بتنمية الاهتمام بالعلم على النحو الآتي:

- **مدخل التعلم المتوافق مع عمل الدماغ**؛ كما ورد في دراسة كل من: عصفور (٢٠١٩)؛ Park, Kim and Lim (2015).
- **مدخل STEM**، كما ورد في دراسة عبد الفتاح (٢٠١٦).
- **مدخل التدريس القائم على الاستقصاء**؛ حيث استخدم Cairns and Areepattamannil (2019) بيانات PISA لعام ٢٠٠٦، واكتشفا أن التدريس القائم على الاستقصاء كان مؤشرًا إيجابيًّا على توجهات الطلاب نحو العلوم؛ بما في ذلك: الاهتمام، والاستمتاع بتعلم العلوم، والدوافع العلمية الفعالة والموجهة نحو المستقبل، كما

أنه قد زاد من كفاءتهم الذاتية، وأظهرت النتائج –أيضًا– الارتباط الإيجابي بين الاهتمام بالعلم، والمعرفة العلمية.

- **مدخل مشروعات "علوم المواطن"**؛ وهذا ما أوضحته دراسة Aivelo and Huovelin (2020)، واتفقت معها دراسة Smith et al. (2021).

وعلى النقيض –وبرغم أن مشروعات "علوم المواطن" تزيد من اهتمام الطلاب بالعلم؛ وفقًا لمخرجات الدراسات السابقة التي عرضت سلفًا– إلا إنه يصعب قياس تطور الاهتمام في السياق المدرسي؛ لأنه يتطلب مراقبة لفترة طويلة من الزمن؛ وهذا ما أكدته دراسة Knoll (2013) التي هدفت إلى قياس تأثير مشروعات "علوم المواطن" في استعدادات طلاب المرحلة الثانوية للمشاركة في البرامج المهنية بالتنوع البيولوجي و"علوم المواطن"، واهتماماتهم بها؛ ولكن لم تنجح "علوم المواطن" في تحقيق التأثيرات قصيرة المدى المرجوة، واتفقت معها دراسة Dohn (2021) التي فحصت التنبؤ عن اهتمام الطلاب الموقفي Situational interest في برنامج علوم المواطن التشاركية الذي تضمن المراقبة الجينية لحيوانات المياه العذبة؛ عن طريق تحليل الحمض النووي، وقد توصلت إلى تأثير تنبؤي ضئيل؛ فيما يتعلق بالاهتمام؛ وفسرت ذلك بأن الطلاب المشاركين في برامج "علوم المواطن" تحكمهم متطلبات المنهج الدراسي.

- **مدخل المحاكاة والأنشطة العلمية**؛ كما ورد في دراسة Toli and Kallery (2021).
- **مدخل السيناريوهات القائمة على المهنة** Career- based Scenario؛ كما ورد في دراسة Drymiotou, Constantinou and Avraamidou (2021).

أما بالنسبة لأدوات قياس الاهتمام بالعلم التي استخدمتها الدراسات؛ فقد تنوعت ما بين: الاستبانة؛ مثل دراستي: Knoll (2013); Toli and Kalley (2021)، أو المقابلة الشخصية؛ مثل دراسة Aivelo and Huovelin (2020)، وأخرى جمعت بين الاستبانة والمقابلة شبه المنظمة Semi- structured؛ مثل دراسة: Drymiotou et al. (2021)، أو المقياس؛ مثل دراسة: عبد الفتاح (٢٠١٦)؛ العنزي (٢٠٢١)؛ عصفور (٢٠١٩).

وقد استفادت الباحثة من الكتابات التربوية، والدراسات السابقة في إعداد مقياس الاهتمام بالعلم؛ الذي شمل على الأبعاد الآتية: (الاهتمام الموقفي، والاهتمام الشخصي، والحافز).

المحور الخامس: العلاقة بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"، والاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم:

باستقراء البيئة المصممة للتعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ يُلاحظ أنها تسمح بتنمية الاستيعاب المفاهيمي؛ من خلال تركيزها على أساليب تشجع الطلاب على تقديم استفسارات مبررة بأدلة علمية، وربط المعلومات السابقة بالمعلومات الجديدة وتطبيقها في سياقات مختلفة، والاهتمام بالجوانب الوجدانية، وانفعالات الطلاب، وطرح الأسئلة التي تسهم في تصويب التصورات الخطأ لدى الطلاب.

وتسهم بيئة التعلم المتوافق مع عمل الدماغ –كذلك– في تحسين "مهارات الحياة والمهنة"؛ من خلال الاهتمام بالتعلم التعاوني والتكيف والمرونة، فضلاً عن دورها في تحسين الاهتمام بالعلم؛ لتركيزها على زيادة الدافعية للتعلم في بيئة خالية من التهديد.

ويؤكد ذلك؛ ما أوضحه Caine and Caine (1994, P. 4) في تعريفهما التعلم المتوافق مع عمل الدماغ بأنه: نظرية تستند إلى تصميم التعليم؛ وفقًا لكيفية عمل الدماغ، وكيفية تعلمه؛ لتحسين التعليم، وتحقيق التعلم ذي المعنى meaningful learning، والفهم العميق لخبرات التعلم، وفي هذا الصدد أكدت عدة دراسات تنمية الاستيعاب المفاهيمي؛ باستخدام التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ منها: دراسة آل رشود (٢٠١٠)، واتفقت معها دراستا: عبد الفتاح (٢٠٢٠)؛ ودراسة Alanazi (2020).

وأشارت نتائج الدراسات التي أجريت في هذا المجال؛ ومنها: Morris (2010); Tate (2009) إلى أن التعلم المتوافق مع عمل الدماغ يسهم في التفوق في اختبارات الأداء، وانخراط الطلاب بصورة مشوقة، وزيادة دافعيتهم واتجاهاتهم نحو التعلم، فضلاً عن إسهامه في تنمية مهارات الاستدلال العلمي، ومهارات التنظيم الذاتي الممثلة في: معالجة المعلومات، وترتيب الأفكار والتعبير عنها، وتحمل المسئولية، وتطبيق التعلم في مواقف جديدة.

وتوصلت دراسة Satria (2015) إلى أن التعلم المتوافق مع عمل الدماغ أحد المداخل المستخدمة في حل مشكلة تدني الاهتمام بالعلم لدى الطلاب؛ حيث زادت نسبة تحسن اهتمام الطلاب بالعلم من 59.1% إلى 81.51%، وأشار أيضًا إلى تحسن ملحوظ في المهارات العلمية، ونتائج التعلم المعرفي. واتفقت معها دراسة كل من: عصفور (٢٠١٩)؛ Park et al. (2015) بأن مدخل التعلم المتوافق مع عمل الدماغ يزيد من اهتمام الطلاب بالعلم.

أما بالنسبة لتأثير مشروعات "علوم المواطن"، وعلاقتها بمتغيرات البحث؛ فقد أشارت الدراسات إلى أن مشروعات "علوم المواطن" تعد من أحد المداخل التي تسهم في تنمية الاستيعاب المفاهيمي؛ كما ورد في دراسة Aristeidou and Herodotou (2020).

كما أن تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين التي تعد ضرورية للنجاح في العالم الحديث؛ تتطلب استراتيجيات متمحورة حول المتعلم حتى لو كانت تشكل تحديات؛ فيما يتعلق بإدارة الصف لدى المعلمين؛ مثل **التعلم القائم على المشروعات** (Rotherham & Willingham, 2009).

وبناءً عليه؛ فإن مشروعات "علوم المواطن" يمكنها مساعدة الطلاب في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين؛ وبخاصة مهارات الحياة والمهنة التي يتطلبها سوق العمل في المستقبل؛ ويتفق ذلك مع دراستي: Aristeidou and Herodotou (2020); Lüsse et al. (2022)، فضلاً عن الدور الحيوي لمشروعات "علوم المواطن" في تنمية الاهتمام بالعلم لدى الطلاب؛ وهذا أثبته عديد من الدراسات؛ منها: Bonney et al. (2016); Kelemen-Finan et al. (2018); Smith et al. (2021).

ويتضح –أيضًا– مما عُرض سلفًا العلاقة الإيجابية بين الاهتمام بالعلم، وتحسين الاستيعاب المفاهيمي لدى الطلاب؛ وهذا ما توصلت إليه دراسة Nieswandt (2007) التي أثبتت العلاقة الإيجابية بين التغييرات المعرفية الممثلة في الاستيعاب المفاهيمي، والوجدانية الممثلة في اهتمام الطلاب بالعلم، كما يمكن استخلاص في ضوء ما عُرض سلفًا وجود علاقة بين الاهتمام بالعلم، ومهارات الحياة والمهنة؛ فكل منهما يدعم الآخر.

وختامًا يمكن القول: إن التعلم المتوافق مع عمل الدماغ من التوجهات التربوية المعاصرة التي تفسر عمليتي: التعليم والتعلم لدى الطلاب، وتزيد من مستواهم الأكاديمي أفضل من الأساليب التقليدية في تدريس العلوم التي تحول بيئة الصف إلى بيئات غير ملائمة، توجههم إلى فهم سطحي للمفاهيم العلمية دون الوصول إلى فهم ذي معنى، وتطبيقه في حياتهم؛ مما ينعكس على تنمية الاهتمام بالعلم لديهم، كما تحد من تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين؛ وبخاصة مهارات الحياة والمهنة؛ لذلك ينبغي تغيير بيئة التعلم؛ بما يتناسب مع مبادئ التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وتكاملها مع مدخل مشروعات "علوم المواطن"؛ لتنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى المتعلمين.

الإطار الميداني للبحث:

يتناول هذا الجزء إطار البحث الميداني؛ الممثل في إعداد النموذج التدريسي المقترح، ودليل المعلم وأوراق عمل أنشطة التلميذ، واستمارات مشروعات "علوم المواطن"، وأدوات القياس، وتنفيذ الوحدة؛ وفقًا للنموذج التدريسي المقترح على مجموعة البحث، وما أسفر عن هذا التنفيذ من نتائج، وتفسيرها.

وللإجابة عن أسئلة البحث؛ اتبعت الباحثة الإجراءات الآتية:

أولاً: تحديد أسس النموذج التدريسي المقترح القائم على التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن":

حُددت أسس تصميم النموذج التدريسي المقترح؛ من خلال استقراء عدد من الكتابات التربوية والدراسات السابقة ذات الصلة، وتضمنت الأسس الآتية:

١- دعم التعلم ذي المعنى من خلال البناء على المعرفة السابقة؛ حيث تنشط الدائرة العصبية المعنية؛ لتضمين المعرفة الجديدة في تلك الدائرة من خلال تكوين روابط جديدة، وتقوية الدائرة العصبية القديمة؛ الأمر الذي يسهم في تحقيق التعلم الجديد.

٢- تزويد المتعلمين بالمنظمات البصرية؛ بما يسهم في استقبال المخ المعلومات؛ استعدادًا لمعالجتها.

٣- إعطاء المتعلمين الوقت الكافي اللازم لأداء المهام، ويتخلل ذلك فترات راحة للدماغ.

٤- تنويع استراتيجيات التعليم والتعلم والأنشطة المستخدمة وأساليب التقييم؛ بما يتناسب مع التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، والتي توفر فرصًا لتحسين الاستيعاب المفاهيمي، ومهارات "الحياة والمهنة"، واهتمام المتعلمين بالعلم.

٥- إثراء بيئة التعلم بالخبرات المتنوعة التي تسمح بتزايد الوصلات العصبية، وتوفير بيئة متحدية لأذهان المتعلمين، وآمنة ماديًّا ومعنويًّا؛ من حيث خلوها من التهديد، والعصبية المفرطة أحيانًا من بعض المعلمين، واتسامها بالإيجابية والتحفيز، مع إعطاء التغذية الراجعة الفورية للمتعلمين.

٦- دمج المتعلمين في مشروعات "علوم المواطن"؛ من خلال المشاركة مع المتخصصين في جمع البيانات، وتحليلها؛ مما يزيد من اهتمامهم بالعلم.

٧- الالتزام، وتحمل المسئولية، والمبادرة من قبل المتعلمين في أثناء إجراء مشروعات "علوم المواطن"؛ لتحقيق الأهداف المرجوة منها.

ثانيًا: تصميم النموذج التدريسي المقترح القائم على التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن":

صُمم النموذج في ضوء الأسس الموضحة سلفًا، وتضمن –في صورته المبدئية– سبع مراحل، وعُرض على مجموعة محكمي البحث في مجال التربية العلمية[٢]؛ للحكم على صلاحيته وقابليته للتطبيق، واقترح الخبراء بعض التعديلات، وصار النموذج –في صورته النهائية– مكونًا من المراحل الآتية:

المرحلة الأولى: (ما قبل العرض) Pre- Exposure: تركز هذه المرحلة على أداء بعض تمارين التمدد، وحركات الأطراف، والاسترخاء، مع شرب كمية مناسبة من الماء.

المرحلة الثانية: (التهيئة الحافزة) Preparation: يتم –خلال هذه المرحلة– تهيئة أذهان المتعلمين؛ من خلال تعرُّف خبراتهم السابقة، وكذلك تحفيز دماغ المتعلم من خلال عرض ملخص عن الدرس؛ باستخدام المنظمات البصرية، والمبدأ الذي يُرتكز إليه في هذه المرحلة: "كلما زادت الخلفية المعرفية السابقة للمتعلم عن الموضوع زادت سرعة استيعابه المعارف الجديدة".

المرحلة الثالثة: (تكوين المفهوم ذي المعنى) Formation of Concept: وتتضمن هذه المرحلة إثراء بيئة التعلم بخبرات متنوعة، يتمكن المتعلم –خلالها– من استخلاص ما يتعلمه، وتعد هذه المرحلة الأكثر مناسبة لإجراء المشروعات بصفة عامة؛ وقد شملت مشروعات "علوم المواطن" الخطوات الآتية وفقًا لنموذج "علوم المواطن" المحدد من قبل (TSE):

١- **التشارك Collaboration:** حيث يتواصل التلاميذ، والمعلم من خلال تزويدهم باستمارة مشروع علوم المواطن المناسبة؛ لجمع البيانات عن المشروع المراد دراسته الذي حدد من قبل المتخصص.

٢- **الانخراط Engagement:** وفيها يتفاعل التلاميذ مع الطبيعة لجمع البيانات؛ على سبيل المثال: كيفية العثور على الصخور والمعادن الموجودة في بيئتهم، وتصويرها.

---

[٢] ملحق (١): **قائمة بأسماء السادة محكمي البحث.**

٣- **الالتـــزام Commitment، والمعالجـــة Process**: تتضـــمن المشـــاركة بـــين المتخصصين والمعلمين والتلاميذ، والإحساس بالمسئولية، مع إعطاء التلاميذ الثقة اللازمة في أثناء تنفيذ مشروع "علوم المواطن"؛ بما يسهم في التعمق في مشروعات "علوم المواطن" الأكثر تعقيدًا، أما المعالجة فتشمل: متابعة ما توصل إليه التلاميذ من بيانات في أثناء المشروع؛ لضمان الاستمرارية في جميع مراحله.

٤- **التواصـل Communication**: تشمل هذه الخطوة التواصل مع المتخصصين، وإبلاغهم بما توصل إليه التلاميذ، وتشمل -أيضًا- تقديمهم المنتج النهائي للمشروع.

(ويلاحظ أن خطوة التشارك المتعلقة بمشروع "علوم المواطن" تتم خلال هذه المرحلة في غرفة الصف؛ أما الخطوات المتبقية كالانخراط، والالتزام والمعالجة، والتواصل تستكمل خارج الصف؛ وذلك نظرًا لطبيعة مشروعات علوم المواطن التي تتطلب جمع بيانات والتفاعل مع الطبيعة؛ ويعني ذلك أن التشارك في المشروع وتزويدهم باستمارة مشروع علوم المواطن يتم فعليًا فقط خلال هذه المرحلة أما تنفيذ المشروع ومتابعته يتم لاحقًا خارج غرفة الصف).

المرحلة الرابعة: (التوسيع Elaboration): يراعى -في هذه المرحلة- استخدام طرق تسهم في تكوين الروابط العصبية في دماغ المتعلم؛ بحيث تكون المعلومات ذات معنى؛ وتتطلب هذه المرحلة إتاحة فرص التفاعل مع الخبرة الجديدة، واستخدام المناقشة والتفاوض، واستخدام مقاطع الفيديو، وتقييم الأقران، والأدوات البصرية، والتغذية الراجعة الفورية.

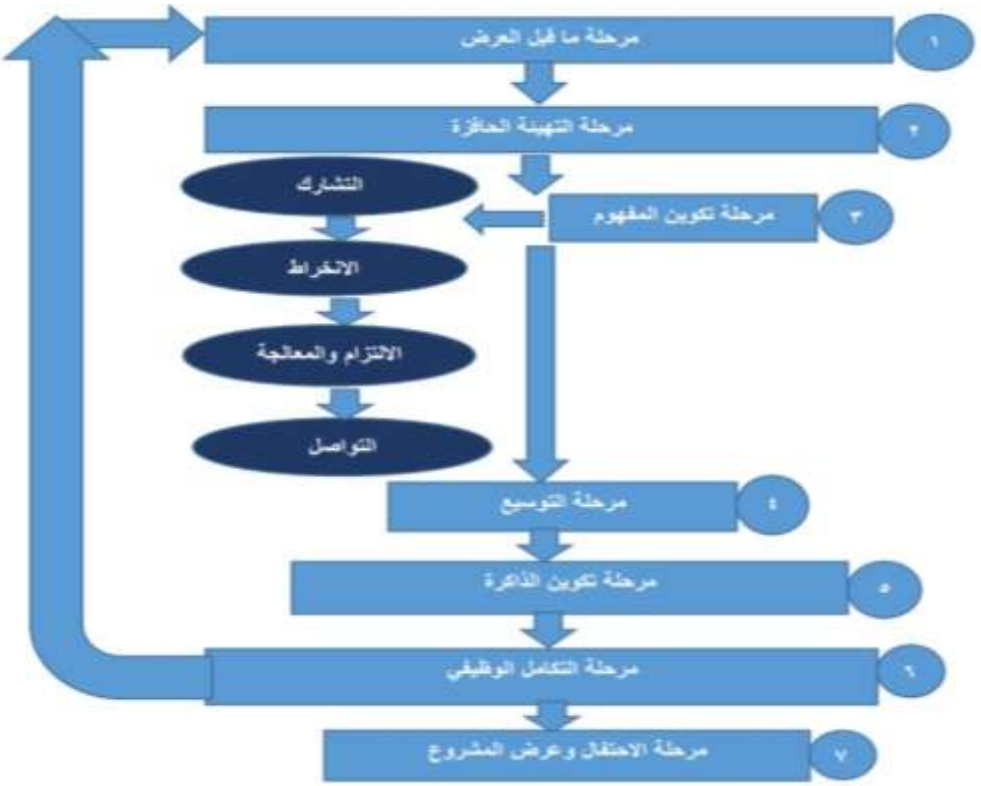
المرحلة الخامسة: (تكوين الذاكرة Memory Formation): تستند هذه المرحلة إلى الربط بين الأجزاء المتعلمة؛ لاسترجاعها في أوقات لاحقة، وتوفير الراحة الكافية للمتعلم؛ من خلال فترات الاسترخاء، ومراعاة حالة المتعلم؛ من حيث قدرته واستعداده للتعلم الجديد، مع إعطاء التغذية الراجعة المناسبة.

المرحلة السادسة: (التكامل الوظيفي Functional Integration): ويطلق عليها التشابك العصبي وتعنى هذه المرحلة بتوظيف ما تعلمه التلاميذ في مواقف جديدة؛ وبذلك يصير التعلم الجديد عميقًا؛ لتكوين ترابطات عصبية متشعبة بشكل كبير جدًا بين الخلايا العصبية.

المرحلة السابعة: الاحتفال Celebration، وعرض المشروع Project Presentation:

تتضمن هذه المرحلة إعطاء التلاميذ الوقت الكافي اللازم للاحتفال، ودعوة الجميع لعرض مشروع "علوم المواطن"، ويسود –خلالها– جو من المتعة، مع تأكيد غرس حب التعلم، ورفع قيمة الاهتمام بالعلم لدى التلاميذ.

ويمكن توضيح مراحل النموذج التدريسي المقترح في شكل (٧)؛ حيث تمثل أشكال المستطيلات خطوات التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، أما الأشكال البيضاوية فتمثل خطوات مشروعات "علوم المواطن" كما يأتي:



شكل (٧): النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن".

ثالثًا: تحديد أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن" في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؛ وذلك في ضوء الإجراءات الآتية:

١- **اختيار وحدة "الأرض والكون"** من كتاب العلوم الوزاري للصف الأول الإعدادي للعام الدراسي ٢٠٢٠- ٢٠٢١، وتخطيطها؛ من خلال تحليل محتوى الوحدة الدراسية؛ لمعرفة المتطلبات اللازمة لتقديمها في ضوء التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"، وتوفير بعض الرسومات التوضيحية، ومقاطع الفيديو ذات العلاقة بالدروس؛ استعانةً بشبكة الإنترنت، وإعداد برنامج عرض تقديمي Power Point لدروس الوحدة، مع توفير بعض مقاطع الفيديو؛ منها؛ مثلاً: فيديو عن الكون والمجرات؛ لاستخدامها خلال فترات الراحة في الدرس التي تمتد ما بين: ٢- ٣ دقائق، مع توفير مقاطع موسيقية هادئة؛ من أجل راحة الدماغ.

٢- **إعداد دليل المعلم:**

يتطلب تطبيق النموذج التدريسي المقترح إعداد دليل للمعلم يوضح كيفية تنفيذ مراحله، وممارسات المعلم، ويهدف الدليل إلى مساعدة المعلم في تدريس وحدة "الأرض والكون" من منهج الصف الأول الإعدادي؛ باستخدام النموذج التدريسي المقترح؛ من خلال الاسترشاد به؛ وبناءً على ذلك تضمن المكونات الآتية:

٢-١- **مقدمة الدليل:** تشمل فلسفة الدليل، والهدف منه، والأسس التي يستند إليها.

٢-٢- **تعليمات الدليل:** تتضمن إرشادات للمعلم، وتوجيهات عن كيفية استخدام الدليل.

٢-٣- **خلفية نظرية:** تشمل توضيحًا لنظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومدخل مشروعات "علوم المواطن"، والنموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بينهما، وكيفية تنفيذه، وكذلك أبعاد كل من: الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.

٢-٤- **الخطة الزمنية:** تشمل توزيع دروس الوحدة على المدة الزمنية؛ لتدريسها مع الأخذ في الحسبان خطة توزيع منهج العلوم وفقًا لوزارة التربية والتعليم.

٢-٥- **محتوى الدليل:** يتضمن وصفًا تفصيليًّا لأهداف الدرس، ومصادر التعلم، وخطة السير في الدرس وفقًا لمراحل النموذج التدريسي المقترح، وإجراءاته، وأساليب التقييم المستخدمة في كل درس من دروس وحدة "الأرض والكون".

٣- **إعداد أوراق عمل أنشطة التلميذ:** أُعدت أوراق عمل الأنشطة؛ لاستخدامها في أثناء تدريس الوحدة؛ وفقًا للإجراءات الموضحة في النموذج التدريسي.

٤- **إعداد مشروعات "علوم المواطن"**: أُعدت مشروعات "علوم المواطن"؛ لتنفيذها في أثناء تدريس الوحدة، وتضمن إعدادها عدة خطوات على النحو الآتي:

٤-١- أعدت الباحثة أداة رصد للموضوعات المتضمنة في وحدة "الأرض والكون".

٤-٢- عرضت الأداة على المتخصصين في مجال علوم الأرض (الجيولوجيا)؛ لاقترح أفكار بحثية تتناسب مع فلسفة مشروعات "علوم المواطن".

٤-٣- أعدت الباحثة استمارة لكل مشروع من مشروعات "علوم المواطن" في ضوء الأفكار البحثية المطروحة من قبل المتخصصين.

٥- **ضبط الدليل، وأوراق عمل أنشطة التلميذ، واستمارات مشروعات "علوم المواطن"**: عرض الدليل على مجموعة محكمي البحث في مجال التربية العلمية؛ للتأكد من صلاحيته، ومراعاته مراحل النموذج التدريسي المقترح، كما عُرض كل من: أوراق عمل أنشطة التلميذ، واستمارات مشروعات "علوم المواطن" في صورتها الأولية؛ لإبداء الآراء بشأنهما؛ ومن ثم صار الدليل، وأوراق عمل أنشطة التلميذ، واستمارات مشروعات "علوم المواطن" جميعًا في صورتها النهائية[٣].

٦- **إعداد أدوات القياس:**

٦-١- **إعداد اختبار "الاستيعاب المفاهيمي"**؛ وفقًا للخطوات الآتية:

٦-١-١- **تحديد الهدف من الاختبار**: هدف الاختبار إلى قياس مستوى الاستيعاب المفاهيمي لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي في وحدة "الأرض والكون".

٦-١-٢- **تحديد أبعاد الاختبار**: حُددت أبعاد الاستيعاب المفاهيمي؛ وفقًا لتصنيف Wiggins and McTighe؛ والتي تشمل الأبعاد الآتية: (التوضيح- التفسير- التطبيق- وجهة النظر- المشاركة الوجدانية- معرفة الذات)، وتلاها عرض القائمة على مجموعة محكمي البحث؛ لاستطلاع آرائهم حول مناسبة القائمة، وبحساب النسبة المئوية باستخدام مقياس ليكرت الثلاثي (موافق- غير متأكد- غير موافق) لتقدير الاستجابات؛ جاءت النتيجة لتؤكد على مناسبة الأبعاد الثلاثة (التوضيح- التفسير-

[٣] ملحق (٢): دليل المعلم، وأوراق عمل أنشطة التلميذ، واستمارات مشروعات "علوم المواطن".

التطبيق) بنسبة (٩٧%)؛ للمرحلة العمرية لتلاميذ الصف الأول الإعدادي وفقًا لآراء محكمي البحث في مجال التربية العلمية.

٦-١-٣- **تحديد نوع مفردات الاختبار:** تكوَّن الاختبار في صورته الأولية من (٤٧) مفردة، صيغت في صورة اختيار من متعدد، ويطلب من التلميذ اختيار الاستجابة الصحيحة، ثم تدوينها في ورقة الإجابة.

٦-١-٤- **التحقق من صدق الاختبار:** عُرض الاختبار -في صورته الأولية- على مجموعة محكمي البحث في مجال التربية العلمية؛ للتأكد من مدى مناسبة أسئلته الهدف الذي وضعت من أجله، ووضوح المطلوب منها، وملاءمة البدائل المقترحة، ومدى التدقيق العلمي واللغوي، وعُدل الاختبار في ضوء آراء المحكمين.

٦-١-٥- **التجربة الاستطلاعية:** طُبق الاختبار على مجموعة استطلاعية (٣٠) من تلاميذ الصف الأول الإعدادي من غير مجموعة البحث بمدرسة الشهيد أحمد عبد العزيز الإعدادية بنات يوم الأحد (٢١ مارس ٢٠٢١)؛ لتحديد المعاملات الإحصائية الآتية:

٦-١-٥-أ- **حساب ثبات الاختبار:** حُسب ثبات الاختبار؛ باستخدام معادلة كودر ريتشاردسونKuder-Richardson ، وبلغ معامل الثبات ٠.٨٠٥؛ وهذا يدل على أن الاختبار على درجة مقبولة من الثبات.

٦-١-٥-ب- **معاملات السهولة، والتمييز:** تراوحت معاملات السهولة للاختبار بين (٠.٢٣- ٠.٨)، وبلغ متوسطها (٠.٤٩)، بينما تراوحت معاملات التمييز بين (٠.٢٥- ٠.٨٧٥)، وبلغ متوسطها (٠.٤١)، وهذه النسب مقبولة، وقد حذف ٧ من المفردات؛ لانخفاض معامل سهولتها، وتمييزها.

٦-١-٥-ج- **تحديد الزمن المناسب للاختبار:** تبين أن متوسط زمن الإجابة عن الاختبار (٤٥) دقيقة؛ وبذلك يكون اختبار الاستيعاب المفاهيمي -في صورته النهائية[٤]- صالحًا للتطبيق، ويبين جدول (٤) الآتي مواصفات اختبار الاستيعاب المفاهيمي في وحدة "الأرض والكون":

[٤] ملحق (٣): اختبار الاستيعاب المفاهيمي.

جدول (٤):

مواصفات اختبار الاستيعاب المفاهيمي –وفقًا لأبعاده– في الصورة النهائية:

موضوعات الوحدة	أرقام مفردات الاختبار وفقًا لأبعاده			عدد المفردات	الوزن النسبي
	التوضيح	التفسير	التطبيق		
الأجرام السماوية	١٦ -٤	-٢٦ -١١ -٨ -٣١-٢٨ -٢٧ -٣٥ -٣٤ -٣٢ ٣٧	-٢٩ -٣٠ ٣٣	١٥	%٣٧.٥
كوكب الأرض	-١٠ -٦ ٤٠ -١٨	٢٥ – ٢٤-٢٣ -٢١	٢٢	٩	%٢٢.٥
الصخور والمعادن	-٥ -٢ -١٣ -٩ ١٧ -١٥	-١٩ -٧ -٣ -١ ٣٩ -٣٨ -٢٠	-١٢ -١٤ ٣٦	١٦	%٤٠
المجموع	١٢	٢١	٧	٤٠	١٠٠

٦-٢- إعداد بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة":

٦-٢-١- تحديد الهدف من بطاقة الملاحظة: هدفت بطاقة الملاحظة إلى قياس مستوى "مهارات الحياة والمهنة" لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي.

٦-٢-٢- تحديد أبعاد بطاقة الملاحظة: حُددت أبعاد "مهارات الحياة والمهنة"؛ وفقًا لتصنيف مؤسسة الشراكة من أجل مهارات القرن الحادي والعشرين، وتضمنت قائمة من خمس مهارات على النحو الآتي: (المرونة والقابلية للتكيف- المبادرة والتوجيه الذاتي- المهارات الاجتماعية- الإنتاجية والمساءلة- القيادة والمسئولية)، وعُرضت القائمة على مجموعة محكمي البحث في مجال التربية العلمية؛ لاستطلاع آرائهم حول مناسبة القائمة، وبحساب النسبة المئوية باستخدام مقياس ليكرت الثلاثي (موافق- غير متأكد- غير موافق) لتقدير الاستجابات؛ جاءت النتيجة لتؤكد على مناسبة تلك القائمة بنسبة (٩٠.٦%)؛ للمرحلة العمرية لتلاميذ الصف الأول الإعدادي.

٦- ٢-٣- **صوغ مفردات بطاقة الملاحظة:** صيغت مفردات البطاقة؛ بحيث تمثل كل مفردة أداءً، أو سلوكًا ذا ثلاثة مستويات (بدرجة كبيرة- بدرجة متوسطة- بدرجة قليلة)، وقد بلغ عدد المفردات -في الصورة الأولية للبطاقة- (23) مفردة، وصُححت؛ باستخدام مقاييس التقدير المتدرجة Rubrics المعدة من قبل الباحثة، وقد أعطيت العبارة ٣ درجات في حال الأداء (بدرجة كبيرة)، ودرجتين في حال الأداء (بدرجة متوسطة)، ودرجة واحدة في حال الأداء (بدرجة قليلة)؛ وبذلك يتراوح مدى الدرجات من ٢٣ إلى ٦٩ درجة.

٦-٢-٤- **صدق بطاقة الملاحظة:** عُرضت البطاقة -في صورتها الأولية- على مجموعة محكمي البحث في مجال التربية العلمية؛ لتعرُّف مدى انتماء المفردات للبعد الخاص، ووضوحها، ودقة صوغها، وفي ضوء آراء المحكمين؛ أعيد صوغ بعض المفردات.

٦-٢-٥- **ثبات بطاقة الملاحظة:** حُسب ثبات البطاقة؛ من خلال طريقة اتفاق الملاحظ؛ باستخدام معادلة كوبر Cooper؛ حيث لوحظ أداء عدد (٧) من تلاميذ الصف الأول الإعدادي من غير مجموعة البحث الحالي في بداية الفصل الدراسي الثاني من العام الدراسي ٢٠٢٠- ٢٠٢١؛ من قبل أحد معلمات العلوم في مدرسة الشهيد أحمد عبد العزيز بعد تزويدها بمقاييس التقدير المتدرجة لتصحيح بطاقة الملاحظة، وتوضيح كيفية استخدامها، ثم بعد ذلك أعيد ملاحظة أدائهم بعد أسبوعين، وبلغ متوسط معاملات الاتفاق (٩١.٨%)؛ مما يدل على أن البطاقة تتسم بدرجة عالية من الثبات؛ وبذلك صارت -في صورتها النهائية[٥]- صالحة للتطبيق. ويمكن توضيح أبعاد بطاقة الملاحظة، والنسبة المئوية لكل بعد -في صورتها النهائية- في جدول (٥) على النحو الآتي:

[٥] ملحق (٤): بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقاييس التقدير المتدرجة لتصحيحها.

جدول (٥):

أبعاد بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" في الصورة النهائية، والنسبة المئوية لكل بعد:

م	الأبعاد	عدد المهارات الفرعية	النسبة المئوية
١	المرونة والقابلية للتكيف	٤	%١٧.٣٩
٢	المبادرة والتوجيه الذاتي	٥	%٢١.٧٣
٣	المهارات الاجتماعية	٦	%٢٦.٠٨
٤	الإنتاجية والمساءلة	٣	%١٣.٠٤
٥	القيادة والمسئولية	٥	%٢١.٧٣
	المجموع	٢٣	%١٠٠

٦-٣- مقياس الاهتمام بالعلم:

٦-٣-١- تحديد الهدف من المقياس: هدف المقياس إلى تحديد مستوى الاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي.

٦-٣-٢- تحديد أبعاد المقياس: حُددت أبعاد مقياس الاهتمام بالعلم؛ من خلال استقراء عدد من الدراسات السابقة التي تناولت الاهتمام بالعلم، وتوصلت الباحثة إلى الأبعاد الآتية: (الاهتمام الموقفي- والاهتمام الشخصي- والحافز)، ثم عُرضت القائمة على مجموعة محكمي البحث في مجالي التربية العلمية وعلم النفس التربوي؛ لاستطلاع آرائهم حول مناسبة القائمة، وبحساب النسبة المئوية باستخدام مقياس ليكرت الثلاثي (موافق- غير متأكد- غير موافق) لتقدير الاستجابات؛ جاءت النتيجة لتؤكد على مناسبة تلك القائمة بنسبة (٩٥.٥%)؛ للمرحلة العمرية لتلاميذ الصف الأول الإعدادي.

٦-٣-٣- صوغ مفردات المقياس: صيغت مفردات المقياس في صورة عبارات، مع مراعاة أن تحمل فكرة واحدة، واستخدام لغة يسهل فهمها، وتم صوغ عدد (٤٥) عبارة موزعة على الأبعاد الثلاثة، وحُددت تعليمات المقياس، وطريقة الإجابة عنه.

٦-٣ -٤- تصحيح المقياس: تضمَّن المقياس ثلاث استجابات (موافق- غير متأكد- غير موافق) -وفقًا لمقياس ليكرت- ، وقد أعطيت المفردة ٣ درجات في حال (موافق)، ودرجتين في حال (غير متأكد)، ودرجة واحدة في حال (غير موافق)؛ وذلك في حالة

الفقرات ذات الاتجاه الإيجابي؛ أما في حال الفقرات ذات الاتجاه السلبي فيتم عكس الأوزان؛ وبذلك يتراوح مدى درجات المقياس من ٤٥ إلى ١٣٥.

٦-٣-٥- **صدق المقياس:** عُرض المقياس على مجموعة محكمي البحث في مجالي: التربية العلمية وعلم النفس التربوي؛ لتحديد مدى انتماء المفردات للبعد الخاص، ووضوحها، ودقة صوغها، وفي ضوء آراء المحكمين؛ أعيد صوغ (٥) فقرات.

٦-٣-٦- **التجربة الاستطلاعية:** طُبق المقياس على مجموعة استطلاعية (٣٠) من تلاميذ الصف الأول الإعدادي من غير مجموعة البحث بمدرسة الشهيد أحمد عبد العزيز الإعدادية بنات يوم الأحد (٢١ مارس ٢٠٢١)؛ لتحديد المعاملات الإحصائية الآتية:

٦-٣-٦- أ- **ثبات المقياس:** حُسب ثبات المقياس؛ باستخدام معادلة ألفا كرونباخ Cronbach's Alpha، وقد بلغ معامل ثبات المقياس (٠.٩٤)؛ ويشير ذلك إلى درجة عالية من الثبات.

٦-٣-٦-ب- **تحديد الزمن المناسب للمقياس:** تبين أن متوسط زمن الإجابة عنه (٤٠) دقيقة؛ وبذلك يكون المقياس-في صورته النهائية[٦]- صالحًا للتطبيق، ويوضح الجدول (٦) الآتي مواصفات المقياس:

جدول (٦):

أبعاد مقياس الاهتمام بالعلم، وأرقام الفقرات لكل بعد، ونسبها المئوية:

أبعاد المقياس	أرقام المفردات	عدد المفردات	النسبة المئوية
الاهتمام الموقفي	١- ٢-٣-٦-٧*-٩-١١- ١٣-١٤*-١٧-٢٣-٣٠- ٣٣*-٤٠-٤٢-٤٣-٤٤	١٧	%٣٧.٧
الاهتمام الشخصي	١٠-١٥- ١٦- ١٩-٢٠- ٢١-٢٤-٢٥-٢٦-٢٧-٣٦- ٤١	١٢	%٢٦.٦

[٦] ملحق (٥): مقياس الاهتمام بالعلم.

أبعاد المقياس	أرقام المفردات	عدد المفردات	النسبة المئوية
الحافز	٤-٥*-٨-١٢-١٨ -٢٢* -٢٨-٢٩-٣١*-٣٢*-٣٤*- ٣٥*-٣٧*- ٣٨-٣٩-٤٥	١٦	%٣٥.٥
المجموع		٤٥	%١٠٠

(* تشير إلى الفقرات السالبة في مقياس الاهتمام بالعلم).

٧- تطبيق تجربة البحث:

٧-١- **اختيار مجموعة البحث:** اختيرت مجموعة البحث من تلاميذ الصف الأول الإعدادي بمدرستي: الشهيد أحمد عبد العزيز الإعدادية بنات بإدارة غرب التعليمية، ومدرسة جناكليس الإعدادية بنات بإدارة شرق التعليمية؛ وهي عبارة عن مجموعتين؛ الأولى: (المجموعة الضابطة) من مدرسة الشهيد أحمد عبد العزيز وتمثلت في (١٧) تلميذًا، أما المجموعة الثانية: (المجموعة التجريبية) من مدرسة جناكليس الإعدادية؛ فتمثلت في (٢٠) تلميذًا؛ وأُختيرت من مدرستين لضمان عدم الاختلاط بين المجموعتين الضابطة والتجريبية أثناء تطبيق التجربة، كما اقتصرت مجموعة البحث على هذا العدد فقط؛ لاستبعاد بعض التلاميذ؛ نتيجة تكرار غيابهم، وعدم الجدية في أثناء تطبيق تجربة البحث.

٧-٢- **التطبيق القبلي لأدوات القياس:** طُبقت الأدوات الممثلة في: (اختبار الاستيعاب المفاهيمي، وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقياس الاهتمام بالعلم) قبليًا على تلاميذ المجموعتين: الضابطة والتجريبية؛ في الفصل الدراسي الثاني للعام الدراسي ٢٠٢١- ٢٠٢٢؛ في الفترة ما بين (٢٢- ٢٨ مارس ٢٠٢٢)؛ لتحديد مدى تكافؤ مستوى المجموعتين في التطبيق القبلي لأدوات القياس؛ باستخدام اختبار "مان وتني" Mann-Whitney -U- Test للمجموعات المستقلة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى اختبار الاستيعاب المفاهيمي وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ومقياس الاهتمام بالعلم قبليًا؛ للتأكد من التكافؤ بين المجموعتين قبل تقديم المعالجات التجريبية، وجدول (٧) يوضح ذلك:

جدول (٧):

قيم "U"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى اختبار الاستيعاب المفاهيمي وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ومقياس الاهتمام بالعلم قبليًا:

الأداة	المجموعة	ن	متوسط الرتب	مجموع الرتب	U	Z	الدلالة الإحصائية
اختبار الاستيعاب المفاهيمي	التجريبية	٢٠	٢١.٢٥	٤٢٥	١٢٥	١.٣٨٠	غير دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٦.٣٥	٢٧٨			
بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"	التجريبية	٢٠	٢١.١٨	٤٢٣.٥	١٢٦.٥	١.٣٧٦	غير دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٦.٤٤	٢٧٩.٥			
مقياس الاهتمام بالعلم	التجريبية	٢٠	١٩.٣٨	٣٨٧.٥	١٦٢.٥	٠.٢٢٩	غير دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٨.٥٦	٣١٥.٥			

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم U جاءت غير دالة عند مستوى ٠.٠٥ في كل من: (اختبار الاستيعاب المفاهيمي، وبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ومقياس الاهتمام بالعلم)؛ مما يدل على تكافؤ مجموعتي البحث: التجريبية، والضابطة قبليًا فى متغيرات البحث.

٧-٣- **تدريس الوحدة المختارة؛ باستخدام النموذج التدريسي المقترح:** وقد استعانت الباحثة بمعلمتين من معلمي العلوم في مدرستي: الشهيد أحمد عبد العزيز، وجناكليس الإعدادية بإدارتي: غرب، وشرق التعليمية بمحافظة الإسكندرية على الترتيب من خريجي كلية التربية تخصص بيولوجي؛ حيث درست المعلمة الأولى الوحدة المختارة بالطريقة المعتادة للمجموعة الضابطة؛ على حين درست المعلمة الثانية للمجموعة التجريبية؛ باستخدام النموذج التدريسي المقترح، وتم التطبيق؛ لمدة ٣ أسابيع –وفقًا لما حددته خطة وزارة

التربية والتعليم– في شهر أبريل٢٠٢٢؛ بمعدل ٤ حصص أسبوعيًّا. (كما راعت الباحثة إجراء لقاء مع معلمة المجموعة التجريبية؛ لتوضيح كيفية استخدام دليل المعلم، وكذلك الأبعاد المراد تنميتها لكل متغير من متغيرات البحث قبل تدريس الوحدة).

٧-٤- **التطبيق البعدي لأدوات القياس:** بعد الانتهاء من تدريس الوحدة المختارة طبقت أدوات القياس (اختبار الاستيعاب المفاهيمي–بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"– ومقياس الاهتمام بالعلم) بعديًّا؛ على تلاميذ المجموعتين: الضابطة، والتجريبية في الفترة ما بين: (٢٠-٢١ أبريل ٢٠٢٢)، وعقب الانتهاء من التطبيق سُجلت النتائج، وعولجت إحصائيًّا.

التحديات التي واجهت الباحثة في أثناء التطبيق الميداني للبحث:

١- عزوف بعض معلمي العلوم عن تطبيق تجربة البحث؛ لأنهم يميلون إلى التدريس بالطريقة التي اعتادوا التدريس بها؛ ومن ثم اختير أحد المعلمات المتطوعات؛ لإجراء تجربة البحث.

٢- الظروف التي مرت بها البلاد؛ من جائحة كورونا التي حالت دون تطبيق تجربة البحث مباشرة بعد إعداد أدواته؛ لذلك تم تطبيق تجربة البحث في العام الدراسي ٢٠٢١-٢٠٢٢.

٣- صعوبة جمع التلاميذ للبيانات خلال تطبيق مشروعات "علوم المواطن"؛ حيث تكررت مرات إعادة استمارات مشروعات "علوم المواطن"؛ لأن بعض البيانات التي جمعت من قبلهم لم تكن مرتبطة بالهدف المطلوب منها؛ ولكن من خلال توجيه التلاميذ ومتابعتهم وإرشادهم توصلوا إلى البيانات المراد جمعها.

نتائج البحث:

أولاً: نتائج الإجابة عن السؤال الأول؛ ونصه: ما النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؟

أجيب عن هذا السؤال سلفًا في الجزء الخاص بإجراءات البحث تفصيلاً؛ حيث تضمن:

- مراحل النموذج التدريسي المقترح، وإجراءات تنفيذها.
- تنظيم الوحدة المختارة؛ وفقًا للنموذج التدريسي المقترح في صورة: (دليل المعلم– أوراق عمل أنشطة التلميذ– واستمارات مشروعات علوم المواطن).

ثانيًا: نتائج الإجابة عن السؤال الثاني؛ والذي نصه: ما أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

للإجابة عن هذا السؤال؛ أُختبر الفرض الأول من فروض البحث الذي نص على أنه: "**لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة (α≤ 0.05) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة**". واستُخدم اختبار "مان وتني" Mann-Whitney -U- Test للمجموعات المستقلة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى اختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده بعديًا، وجدول (٨) التالي يوضح ذلك:

جدول (٨):

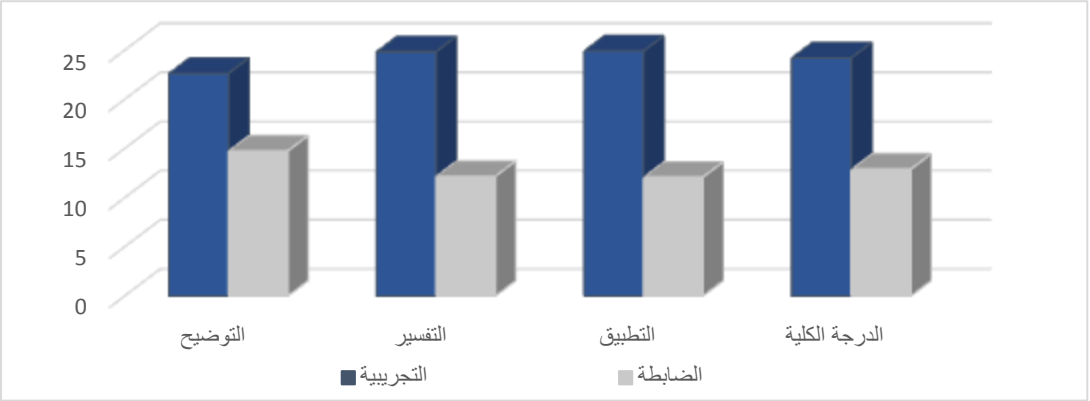
قيم "U"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى اختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده بعديًا:

الأبعاد	المجموعة	ن	متوسط الرتب	مجموع الرتب	U	Z	الدلالة الإحصائية
التوضيح	التجريبية	٢٠	٢٢.٦٣	٤٥٢.٥	٩٧.٥	٢.٢٣٦	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٤.٧٤	٢٥٠.٥			
التفسير	التجريبية	٢٠	٢٤.٨٣	٤٩٦.٥	٥٣.٥	٣.٥٦٨	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٢.١٥	٢٠٦.٥			
التطبيق	التجريبية	٢٠	٢٤.٩٠	٤٩٨.٠٠	٥٢	٣.٧١٥	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٢.٠٦	٢٠٥.٠٠			
الدرجة الكلية	التجريبية	٢٠	٢٤.٢٠	٤٨٤.٠٠	٦٦	٣.١٨٣	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٢.٨٨	٢١٩.٠٠			

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم "U" جاءت على نحو دال إحصائيًّا عند مستوى دلالة (**α≤ 0.05**)؛ حيث جاء الفرق لصالح المجموعة التجريبية؛ مما يدل على نمو أبعاد

الاستيعاب المفاهيمي لدى تلاميذ المجموعة التجريبية؛ مقارنة بأقرانهم فى المجموعة الضابطة بعديًّا؛ ومن ثم رُفض الفرض الصفري الأول من فروض البحث، وقُبل الفرض البديل الموجه التالي: "**يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة؛ لصالح المجموعة التجريبية**".

ويمكن تمثيل تلك النتائج بيانيًّا؛ كما هو موضح في شكل (٨) التالي:



شكل (٨): التمثيل البياني لمتوسطي رتب درجات مجموعتي البحث؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده بعديًّا.

حجم التأثير:

فقد حُدد حجم التأثير ومستواه؛ باستخدام معادلة فيلد "d" للمجموعات المستقلة فى الإحصاء اللابارامتري؛ اعتمادًا على القيم المعتمدة؛ وفق جدول (٩) الآتي (Field, 2009):

جدول (٩):

القيم المعتمدة لـ "d" فى العينات الصغيرة المستقلة:

قوة العلاقة (حجم التأثير)	مستوى التأثير
أقل من ٠.٣	ضعيف
٠.٣ – ٠.٥	متوسط
٠.٥ – ٠.٧٥	كبير
أكبر من ٠.٧٥	كبير جدا

وقد جاءت قيم "d" لاختبار الاستيعاب المفاهيمي على النحو المبين في جدول (١٠) الآتي:

جدول (١٠):

قيم "d"، ومستوى حجم تأثير النموذج التدريسي المقترح فى تنمية الاستيعاب المفاهيمي:

الأبعاد	Z	d	مستوى حجم التأثير
التوضيح	٢.٢٣٦	٠.٣٦	متوسط
التفسير	٣.٥٦٨	٠.٥٨	كبير
التطبيق	٣.٧١٥	٠.٦١	كبير
الدرجة الكلية	٣.١٨٣	٠.٥٢	كبير

يتضح من الجدول السابق أن قيم "d" جاءت؛ لتعبر عن قيم متباينة لحجم التأثير، كما يتضح أن حجم تأثير النموذج التدريسي المقترح فى تنمية أبعاد الاستيعاب المفاهيمي ككل؛ بلغ (٠.٥٢)؛ مما يعنى أن إسهام النموذج التدريسي المقترح فى التباين الحادث فى أبعاد الاستيعاب المفاهيمي ككل؛ جاء بنسبة ٥٢%؛ وهى قيمة تعبر عن حجم تأثير كبير؛ وفقا للتدرج المعتمد لقيم "d"، كما بلغ حجم التأثير للأبعاد الثلاثة للاختبار (٠.٣٦- ٠.٥٨- ٠.٦١) على الترتيب؛ وهذا يدل على حجم تأثير متوسط لبعد التوضيح، وحجم تأثير كبير لبعدي التفسير والتطبيق؛ يُعزى للنموذج التدريسي المقترح.

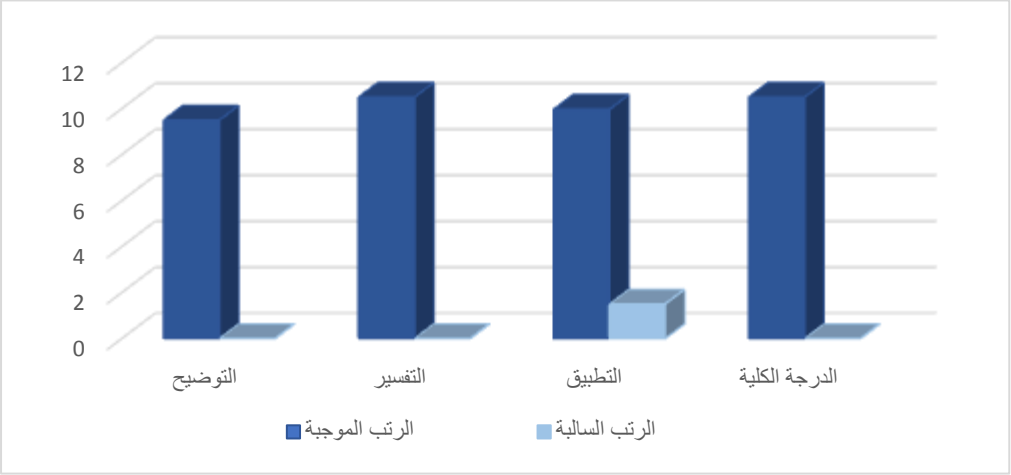
وللتحقق من الفرض الثاني الذي نص على أنه: "**لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة**". استُخدم اختبار "ولكوكسن" Wilcoxon للمجموعات المرتبطة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده، وجدول (١١) التالي يوضح ذلك:

جدول (١١):

قيم "Z"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي، ومستوى حجم التأثير؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده:

الأبعاد	الإشارات	العدد	متوسط الرتب	مجموع الرتب	Z	الدلالة الإحصائية	d	حجم التأثير
التوضيح	السالبة	٠	٠	٠	٣.٧٤٤	دالة عند ٠.٠٥	٠.٥٩	كبير
	الموجبة	١٨	٩.٥	١٧١				
	الصفرية	٢						
التفسير	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٣٤	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٢	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				
التطبيق	السالبة	١	١.٥	١.٥	٣.٦٩٤	دالة عند ٠.٠٥	٠.٥٨	كبير
	الموجبة	١٧	٩.٩٧	١٦٩.٥				
	الصفرية	٢						
الدرجة الكلية	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٥١	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٢	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم "Z" جاءت دالة عند مستوى دلالة **($\alpha \leq 0.05$)**؛ لصالح التطبيق البعدي؛ مما يدل على نمو أبعاد الاستيعاب المفاهيمي لدى طلاب المجموعة التجريبية بعد تعرضهم للنموذج التدريسي المقترح. كما يتضح أن حجم التأثير جاء كبيرًا لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده؛ ومن ثم رُفض الفرض الصفري الثاني من فروض البحث، وقُبل الفرض البديل الموجه التالي: "**يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة؛ لصالح التطبيق البعدي**".



ويمكن تمثيل تلك النتائج بيانيًّا؛ كما هو موضح في شكل (٩) التالي:

شكل (٩): التمثيل البياني لمتوسطي الرتب الموجبة، والسالبة لدرجات المجموعة التجريبية فى التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لاختبار الاستيعاب المفاهيمي ككل، ولكل بعد من أبعاده.

ثالثًا: نتائج الإجابة عن السؤال الثالث؛ والذي نصه: ما أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية "مهارات الحياة والمهنة" لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

للإجابة عن هذا السؤال؛ اختبر الفرض الثالث من فروض البحث الذي نص على أنه: "**لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة**"، واستُخدم اختبار "مان وتني" Mann-Whitney -U- Test للمجموعات المستقلة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى أبعاد بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، والدرجة الكلية بعديًّا، وجدول (١٢) التالي يوضح ذلك:

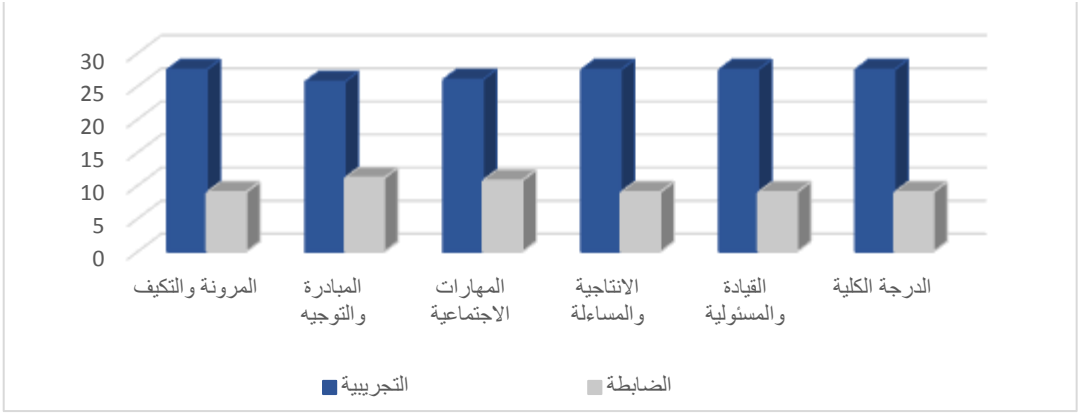
جدول (١٢):

قيم "U"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى بطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها بعديًا:

الأبعاد	المجموعة	ن	متوسط الرتب	مجموع الرتب	U	Z	الدلالة الإحصائية
المرونة والتكيف	التجريبية	٢٠	٢٧.٥٠	٥٥٠.٠٠	٠	٥.٢٥٧	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	٩.٠٠	١٥٣.٠٠			
المبادرة والتوجيه	التجريبية	٢٠	٢٥.٦٥	٥١٣.٥٠	٣٦.٥	٤.١٢٦	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١١.١٥	١٨٩.٥٠			
المهارات الاجتماعية	التجريبية	٢٠	٢٦.٠٠	٥٢٠.٠٠	٣٠	٤.٢٩٧	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٠.٧٦	١٨٣.٠٠			
الإنتاجية والمساءلة	التجريبية	٢٠	٢٧.٥٠	٥٥٠.٠٠	٠	٥.٢٤٨	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	٩.٠٠	١٥٣.٠٠			
القيادة والمسئولية	التجريبية	٢٠	٢٧.٥٠	٥٥٠.٠٠	٠	٥.٢٦٣	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	٩.٠٠	١٥٣.٠٠			
الدرجة الكلية	التجريبية	٢٠	٢٧.٥٠	٥٥٠.٠٠	٠	٥.١٩١	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	٩.٠٠	١٥٣.٠٠			

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم "U" جاءت على نحو دال إحصائيًا عند مستوى دلالة **($\alpha \leq 0.05$)**؛ حيث جاء الفرق لصالح المجموعة التجريبية؛ مما يدل على نمو أبعاد "مهارات الحياة والمهنة" لدى طلاب المجموعة التجريبية؛ مقارنة بأقرانهم فى المجموعة الضابطة بعديًا؛ ومن ثم رُفض الفرض الصفري الثالث من فروض البحث، وقُبل الفرض البديل الموجه التالي: "**يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة؛ لصالح المجموعة التجريبية**".

ويمكن تمثيل تلك النتائج بيانيًّا؛ كما هو موضح في شكل (١٠) التالي:



شكل (١٠): التمثيل البياني لمتوسطي رتب درجات مجموعتي البحث؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها بعديًّا.

حجم التأثير:

فقد حُدد حجم التأثير، ومستواه؛ باستخدام معادلة فيلد "d" للمجموعات المستقلة فى الإحصاء اللابارامتري؛ اعتمادًا على القيم المعتمدة؛ حيث اتضح أن قيم "d" جاءت على النحو المبين في جدول (١٣) التالي:

جدول (١٣):

قيم "d"، ومستوى حجم تأثير النموذج التدريسي المقترح فى تنمية "مهارات الحياة والمهنة":

الأبعاد	Z	d	مستوى حجم التأثير
المرونة والتكيف	٥.٢٥٧	٠.٨٦	كبير جدا
المبادرة والتوجيه	٤.١٢٦	٠.٦٨	كبير
المهارات الاجتماعية	٤.٢٩٧	٠.٧١	كبير جدا
الإنتاجية والمساءلة	٥.٢٤٨	٠.٨٦	كبير جدا
القيادة والمسئولية	٥.٢٦٣	٠.٨٧	كبير جدا
الدرجة الكلية	٥.١٩١	٠.٨٥	كبير جدا

يتضح من الجدول السابق أن قيم "d" جاءت؛ لتعبر عن قيم مرتفعة لحجم التأثير، كما يتضح أن مستوى حجم تأثير النموذج التدريسي المقترح فى تنمية أبعاد "مهارات الحياة

والمهنة" ككل؛ بلغ (٠.٨٥)؛ مما يعنى أن إسهام النموذج التدريسي المقترح فى التباين الحادث فى أبعاد "مهارات الحياة والمهنة"؛ جاء بنسبة ٨٥%؛ وهى قيمة تعبر عن حجم تأثير كبير جدًا؛ وفقا للتدرج المعتمد لقيم "d "، كما بلغ حجم التأثير للأبعاد الخمسة لبطاقة الملاحظة (٠.٨٦- ٠.٦٨- ٠.٧١-٠.٨٦-٠.٨٧) على الترتيب؛ وهذا يدل على حجم تأثير كبير لبعد المبادرة والتوجيه، وحجم تأثير كبير جدًا للأبعاد الأربعة: (المرونة والتكيف- المهارات الإجتماعية- الإنتاجية والمساءلة- القيادة والمسئولية)؛ يُعزى للنموذج التدريسي المقترح.

وللتحقق من الفرض الرابع من فروض البحث الذي نص على أنه: "**لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها على حدة**"؛ استُخدم اختبار "ولكوكسن" Wilcoxon للمجموعات المرتبطة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها، وجدول (١٤) يوضح ذلك:

جدول (١٤):

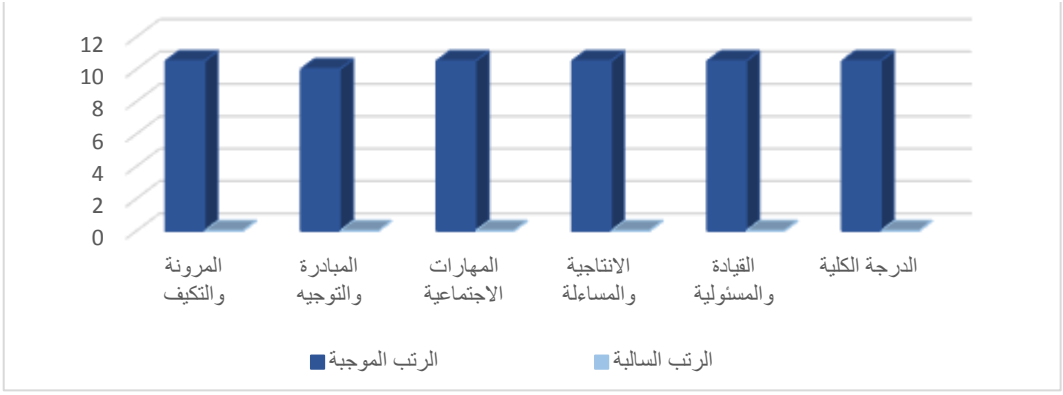
قيم "Z"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي، ومستوى حجم التأثير؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها:

الأبعاد	الإشارات	العدد	متوسط الرتب	مجموع الرتب	Z	الدلالة الإحصائية	d	حجم التأثير
المرونة والتكيف	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٥٨	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٣	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				
المبادرة والتوجيه	السالبة	٠	٠	٠	٣.٨٣٥	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦١	كبير
	الموجبة	١٩	١٠	١٩٠				
	الصفرية	١						

الأبعاد	الإشارات	العدد	متوسط الرتب	مجموع الرتب	Z	الدلالة الإحصائية	d	حجم التأثير
المهارات الاجتماعية	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٢٨	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٢	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				
الإنتاجية والمساءلة	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٥١	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٢	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				
القيادة والمسئولية	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٥٣	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٣	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				
الدرجة الكلية	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٢٤	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٢	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم "Z" جاءت دالة عند مستوى **($\alpha \leq 0.05$)**؛ لصالح التطبيق البعدي؛ مما يدل على نمو أبعاد "مهارات الحياة والمهنة" لدى طلاب المجموعة التجريبية بعد تعرضهم للنموذج التدريسي المقترح. كما يتضح أن حجم التاثير جاء كبيرًا لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها؛ ومن ثم رُفض الفرض الصفري الرابع من فروض البحث، وقُبل الفرض البديل الموجه التالي: "**يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة"، ولكل بعد من أبعادها على حدة؛ لصالح التطبيق البعدي**".

ويمكن تمثيل تلك النتائج بيانيًّا؛ كما هو موضح في شكل (١١) التالي:



شكل (١١): التمثيل البياني لمتوسطي الرتب الموجبة، والسالبة لدرجات المجموعة التجريبية فى التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لبطاقة ملاحظة "مهارات الحياة والمهنة" ككل، ولكل بعد من أبعادها.

رابعًا: نتائج الإجابة عن السؤال الرابع؛ والذي نصه: ما أثر النموذج التدريسي المقترح الناتج من التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في تنمية الاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؟

للإجابة عن هذا السؤال؛ أُختبر الفرض الخامس من فروض البحث الذي نص على أنه: "**لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq$ 0.05) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة**". واستُخدم اختبار "مان وتني" Mann-Whitney -U- Test للمجموعات المستقلة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى مقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده بعديًّا، وجدول (١٥) التالي يوضح ذلك:

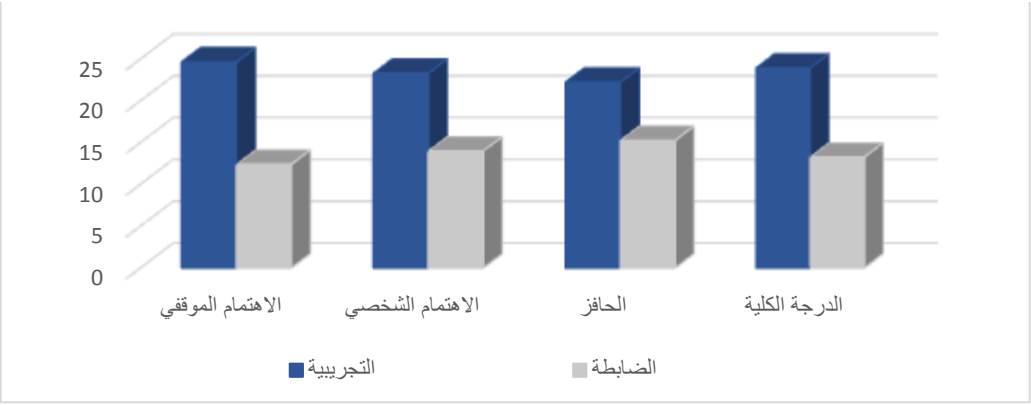
جدول (١٥):

قيم "U"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة فى مقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده بعديًّا:

الأبعاد	المجموعة	ن	متوسط الرتب	مجموع الرتب	U	Z	الدلالة الإحصائية
الاهتمام الموقفي	التجريبية	٢٠	٢٤.٦٣	٤٩٢.٥٠	٥٧.٥	٣.٤٤٣	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٢.٣٨	٢١٠.٥٠			
الاهتمام الشخصي	التجريبية	٢٠	٢٣.٢٨	٤٦٥.٥٠	٨٤.٥	٢.٦١٨	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٣.٩٧	٢٣٧.٥٠			
الحافز	التجريبية	٢٠	٢٢.٢٠	٤٤٤.٠٠	١٠٦	١.٩٥٨	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٥.٢٤	٢٥٩.٠٠			
الدرجة الكلية	التجريبية	٢٠	٢٣.٩٠	٤٧٨.٠٠	٧٢	٢.٩٩١	دالة عند ٠.٠٥
	الضابطة	١٧	١٣.٢٤	٢٢٥.٠٠			

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم "U" جاءت على نحو دال إحصائيًّا عند مستوى **($\alpha \leq 0.05$)**؛ حيث جاء الفرق لصالح المجموعة التجريبية؛ مما يدل على نمو أبعاد الاهتمام بالعلم لدى طلاب المجموعة التجريبية؛ مقارنة بأقرانهم فى المجموعة الضابطة بعديًّا؛ ومن ثم رُفض الفرض الصفري الخامس من فروض البحث، وقُبل الفرض البديل الموجه التالي: "**يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعتين: التجريبية، والضابطة في التطبيق البعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة؛ لصالح المجموعة التجريبية**".

ويمكن تمثيل تلك النتائج بيانيًّا؛ كما هو موضح في شكل (١٢) التالي:



شكل (١٢): التمثيل البياني لمتوسطي رتب درجات مجموعتي البحث؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده بعديًّا.

حجم التأثير:

فقد حُدد حجم التأثير ومستواه؛ باستخدام معادلة فيلد "d" للمجموعات المستقلة فى الإحصاء اللابارامتري؛ اعتمادًا على القيم المعتمدة؛ حيث اتضح أن قيم "d" جاءت على النحو المبين في جدول (١٦) التالي:

جدول (١٦):

قيم "d"، ومستوى حجم تأثير النموذج التدريسي المقترح فى تنمية الاهتمام بالعلم:

الأبعاد	Z	d	مستوى حجم التأثير
الاهتمام الموقفي	٣.٤٤٣	٠.٥٧	كبير
الاهتمام الشخصي	٢.٦١٨	٠.٤٣	متوسط
الحافز	١.٩٥٨	٠.٣٢	متوسط
الدرجة الكلية	٢.٩٩١	٠.٤٩	متوسط

يتضح من الجدول السابق أن قيم "d" جاءت؛ لتعبر عن قيم متباينة لحجم التأثير، كما يتضح أن حجم تأثير النموذج التدريسي المقترح فى تنمية أبعاد الاهتمام بالعلم ككل بلغ (٠.٤٩)؛ مما يعنى أن إسهام النموذج التدريسي المقترح فى التباين الحادث فى أبعاد الاهتمام بالعلم جاء بنسبة ٤٩%؛ وهى قيمة تعبر عن حجم تأثير متوسط؛ وفقا للتدرج المعتمد لقيم "d"، كما بلغ حجم التأثير للأبعاد الثلاثة للمقياس (٠.٥٧- ٠.٤٣- ٠.٣٢) على الترتيب؛

وهذا يدل على حجم تأثير كبير لبعد الاهتمام الموقفي، وحجم تأثير متوسط لبعدي الاهتمام الشخصي والحافز؛ يُعزى للنموذج التدريسي المقترح.

ولاختبار الفرض السادس من فروض البحث الذي نص على أنه: "**لا يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده على حدة**". استُخدم اختبار "ولكوكسن" Wilcoxon للمجموعات المرتبطة؛ لتحديد دلالة الفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده، وجدول (١٧) يوضح ذلك:

جدول (١٧):

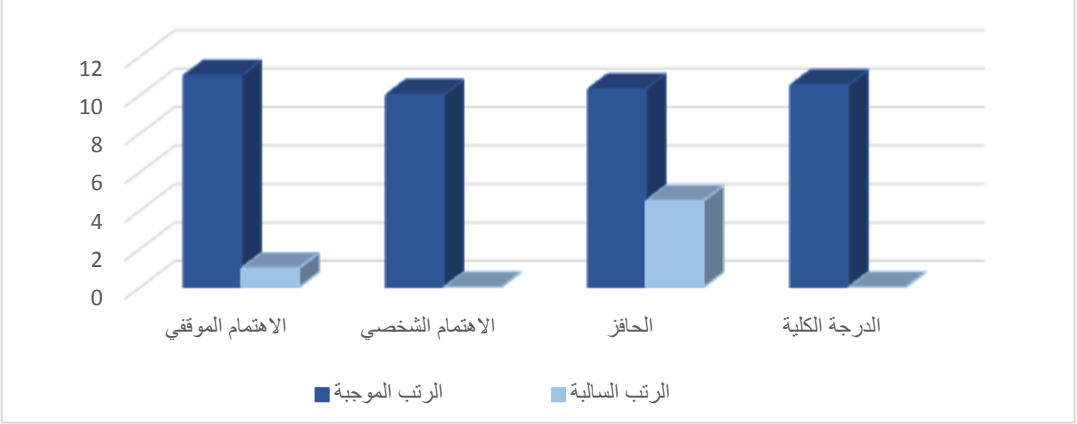
قيم "Z"، ودلالتها الإحصائية للفرق بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي، ومستوى حجم التأثير؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده:

الأبعاد	الإشارات	العدد	متوسط الرتب	مجموع الرتب	Z	الدلالة الإحصائية	d	حجم التأثير
الاهتمام الموقفي	السالبة	١	١	١	٣.٨٨٨	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦١	كبير
	الموجبة	١٩	١١	٢٠٩				
الاهتمام الشخصي	السالبة	٠	٠	٠	٣.٨٣٨	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦١	كبير
	الموجبة	١٩	١٠	١٩٠				
	الصفرية	١						
الحافز	السالبة	١	٤.٥	٤.٥	٣.٦٤٩	دالة عند ٠.٠٥	٠.٥٨	كبير
	الموجبة	١٨	١٠.٣١	١٨٥.٥				
	الصفرية	١						
الدرجة الكلية	السالبة	٠	٠	٠	٣.٩٢٢	دالة عند ٠.٠٥	٠.٦٢	كبير
	الموجبة	٢٠	١٠.٥	٢١٠				

يتضح من الجدول السابق أن جميع قيم "Z" جاءت دالة عند مستوى **($\alpha \leq 0.05$)**؛ لصالح التطبيق البعدي؛ مما يدل على نمو أبعاد الاهتمام بالعلم لدى طلاب المجموعة

التجريبية بعد تعرضهم للنموذج التدريسي المقترح. كما يتضح أن حجم التأثير كبير فى مقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده؛ ومن ثم رُفض الفرض الصفري السادس من فروض البحث، وقُبل الفرض البديل الموجه التالي: "**يوجد فرق دال إحصائيًا عند مستوى دلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطي رتب درجات المجموعة التجريبية في التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم، ولكل بعد من أبعاده على حدة؛ لصالح التطبيق البعدي**".

ويمكن تمثيل تلك النتائج بيانيًّا؛ كما هو موضح في شكل (١٣) التالي:



شكل (١٣): التمثيل البياني لمتوسطي الرتب الموجبة، والسالبة لدرجات المجموعة التجريبية فى التطبيقين: القبلي، والبعدي؛ لمقياس الاهتمام بالعلم ككل، ولكل بعد من أبعاده.

تفسير النتائج، ومناقشتها:

أظهرت النتائج التي عُرضت سلفًا أثر النموذج التدريسي المقترح في تنمية كل من: الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي؛ ويمكن تفسير ذلك فيما يأتي:

أولاً: بالنسبة لتنمية الاستيعاب المفاهيمي: أسهم –في ذلك– استخدام النموذج التدريسي المقترح؛ بدءًا من مرحلة ما قبل العرض التي ركزت على الاهتمام بتمارين التمدد، مرورًا بمرحلة التهيئة الحافزة الممثلة في عرض الملخص وتنشيط المتعلم لمعارفه السابقة، والتهيئة النفسية والجسمية ووضعهم في حالة الاستعداد للتعلم، يليها مرحلة تكوين المفهوم المتضمنة استخدام المناقشة والأنشطة البصرية، وخرائط المفاهيم، مع دعم المتعلمين في بناء المفاهيم بأنفسهم؛ من خلال استثارة اهتمامهم وتحفيزهم؛ بما يوفر لهم فرصًا في إدارة تعلمهم المفاهيم،

وكذلك استخدام الأدوات البصرية الممثلة في برنامج عرض تقديمي (ppt)، ثم مرحلة التوسيع التي تهيئ المتعلم لمرحلة تشكيل التعلم في الذاكرة، وصولاً إلى مرحلة تكوين الذاكرة ثم التكامل الوظيفي أو التطبيق في سياقات جديدة، وكذلك إجراءات مشروع "علوم المواطن"؛ والتي تتمثل في: (التشارك، والانخراط، والالتزام والمعالجة، والتواصل) التي أسهمت بدورها في زيادة المعرفة العلمية لدى التلاميذ من خلال البحث والتقصي وجمع البيانات وتحليلها، فضلاً عن ذلك فقد قدم النموذج عددًا من الاستراتيجيات التي أسهمت في تنمية الاستيعاب المفاهيمي؛ منها: (الأسئلة الحافزة التي تشجع التلاميذ على تقديم استفسارات مبررة بأدلة علمية، واستراتيجية KWL، والخرائط الذهنية، والتعلم في مجموعات صغيرة، ولعب الأدوار)؛ كما وفر النموذج بيئة آمنة نفسيًا خالية من التهديد، وتستند إلى تحدي أذهان المتعلمين، مع توفير فترات استرخاء للدماغ، واستخدام الأنشطة الحركية والموسيقى التي أسهمت في تحقيق الاسترخاء والبعد عن التوتر؛ مما ساعد في رفع مستوى الاستيعاب لدى التلاميذ، وقد راعى النموذج التدريسي أنماط التعلم المختلفة؛ كالتأملي، والنشط، والحسي، والحدسي، والتقاربي، والتباعدي؛ ومن ثم فإن ذلك يضمن تعلم أفضل للتلاميذ، وتتفق هذه النتائج مع دراسة كل من: آل رشود (٢٠٢٠)؛ وعبد الفتاح (٢٠٢٠)، وكذلك دراسة Aristeidou and Herodotou (2020) التي أكدت أهمية مشروعات "علوم المواطن" في تنمية الاستيعاب المفاهيمي؛ خاصة أن التفاعل مع الطبيعة يولد الفهم العميق ويسهم في تكوين المعنى لدى التلاميذ.

وبرغم أن مستوى حجم التأثير للاختبار ككل كان كبيرًا إلا أن البعد المتعلق بالتوضيح جاء حجم التأثير متوسط؛ ويمكن أن يعزى ذلك إلى تأثير أسلوب التدريس المتبع في المجموعة الضابطة الذي أسهم في مساعدة التلاميذ في تنمية بعد التوضيح لديهم.

ثانيًا: بالنسبة لتنمية "**مهارات الحياة والمهنة**": أوضحت النتائج تأثير النموذج التدريسي في تحسين "مهارات الحياة والمهنة"؛ وقد يعود ذلك إلى المبادئ التي يستند إليها التعلم المتوافق مع عمل الدماغ؛ من خلال استخدام الأنشطة الجماعية التي تزيد من إيجابية التلاميذ، وشعورهم بالمسئولية، وإتاحة الفرص لهم للتواصل، كما أن مشروعات "علوم المواطن" كان لها دور محوري في تنمية "مهارات الحياة والمهنة"؛ لأنها توفر فرصًا، ومواقف تبرز فيها مهارات: المرونة والتكيف؛ كالتعامل بإيجابية مع المواقف المختلفة، والمهارات الاجتماعية؛ وذلك من خلال التواصل فيما بينهم؛ بواسطة التعلم الفريقي، والشعور بالمساءلة والإنتاجية؛ من خلال

استخدام الموارد المناسبة للوصول إلى منتج تعليمي، والمبادرة والتوجيه الذاتي؛ من خلال وضع خطة لتنفيذ مشروع أو نشاط، وإدارة الوقت بفاعلية لتنفيذه، والقيادة والمسئولية؛ من خلال قيادة الفريق، والتعامل مع التحديات التي تواجههم أثناء أداء المهام المطلوبة؛ ويتفق ذلك مع دراسة كل من: Aristeidou and Herodotou (2020); Kermish-Allen et al. (2019); Lüsse et al. (2022) التي استخدمت مشاريع "علوم المواطن"، ودراسة فاطمة محمد (٢٠١٥) التي استخدمت مدخل STEM التكاملي والقائم على المشروع، ودراسة كل من: علي (٢٠١٨)، وغانم (٢٠١٩)، ومهدي (٢٠١٨)، ودراسة Lattimer and Riordan (2011) التي استخدمت التعلم القائم على المشروع، وتتفق-أيضًا- مع دراسات استخدمت استراتيجيات، ومداخل أخرى؛ لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين؛ مثل: دراسة نصحي (٢٠٢١) التي استخدمت استراتيجية REACT المنطلقة من أبحاث الدماغ، ودراسة Novitra et al. (2021) التي استخدمت التعلم القائم على الاستقصاء.

ثالثًا: بالنسبة لتنمية **الاهتمام بالعلم:** يمكن أن يعزى ذلك إلى النموذج التدريسي المقترح الذي اتاح الفرصة لانخراط مجموعة البحث في الأنشطة العلمية، ومشروعات "علوم المواطن"، وتوفير البيئة الداعمة لعمل الدماغ؛ من خلال الحوار البناء، واستخدام أكثر من حاسة في التعلم؛ مما يجعله أكثر متعة وتشويقًا للتلاميذ، مع تعزيز حب التعلم وغرس قيمة ما تعلموه لديهم، كما أن تحفيز التلاميذ للاندماج في الأنشطة العلمية الفردية والجماعية والمهام المقدمة؛ خلال حصة العلوم يسهم في تنمية الاهتمام الموقفي بالعلم. كما أسهمت مشروعات "علوم المواطن" -بشكل فعال- في تنمية الاهتمام بالعلم لدى التلاميذ؛ لأنها ترتبط بحياتهم، والمشكلات ذات الصلة بواقعهم ومحيطهم البيئي؛ مما يجعلهم يهتمون بملاحظة الأشياء، والأحداث المحيطة بهم في المنزل والمدرسة بشكل أكثر تدقيقًا عن ذي قبل، فضلاً عن جمع العينات، وكذلك تركيزهم على الاهتمام بتفسير الظواهر العلمية؛ من خلال الاطلاع على الكتب، والمجلات العلمية، ومتابعة الاكتشافات، والمستحدثات العلمية، كما اعتمد البحث على استخدام أنشطة استقصائية، وتصميم نماذج والبحث عن المعلومات؛ باستخدام شبكة الإنترنت؛ مما يجعلهم أكثر انشغالاً، ويقلل من شعورهم بالملل؛ وهذا من شأنه تنمية الاهتمام بالعلم لدى التلاميذ، ويتفق ذلك مع دراسة كل من: Bonney et al. (2016); Kelemen-Finan et al. (2018); Smith et al. (2021) التي أكدت على دور مشروعات علوم المواطن في تنمية الاهتمام بالعلم، فضلاً عن ما أكده Jensen (2008b)؛ من أن التعلم يكون

أكثر متعة إذا كان قائمًا على الدماغ؛ مما يزيد من اهتمام التلاميذ، واتفقت معه –في ذلك– دراسة Satria (2015) ، ودراسة Park et al. (2015)، ودراسة عصفور (٢٠١٩).

بينما أظهرت النتائج أن مستوى حجم تأثير"الاهتمام بالعلم" لدى المجموعة التجريبية في التطبيق البعدي؛ متوسط؛ مقارنة بالمجموعة الضابطة في المقياس ككل، وكذلك في بعدي الاهتمام الشخصي، والحافز؛ وقد يعزى ذلك لكون الاهتمام بالعلم من المتغيرات التي يصعب تحقيقها في فترة قصيرة من الزمن؛ ويتفق ذلك مع دراسة Knoll (2013) التي أكدت أن تنمية الاهتمام بالعلم يتطلب وقتًا طويلاً؛ لإحداث التغيير المنشود، كما اتفق ذلك مع دراسة Dohn (2021)؛ بينما لم يتفق ذلك مع دراسة عبد الفتاح (٢٠١٦) التي أظهرت نتائجها حجم تأثير كبير، أما بالنسبة لحجم تأثير الاهتمام الموقفي كان كبيرًا؛ وقد يعزى ذلك إلى الاهتمام بالسياق الذي تم فيه إجراء الأنشطة، ومشروعات "علوم المواطن" والمرتبطة بالواقع، والمحيط البيئي للتلاميذ.

التوصيات:

في ضوء نتائج البحث الحالي؛ يوصَى بما يأتي:

- استخدام التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، وتكامله مع مشروعات "علوم المواطن"؛ وذلك للأثر الإيجابي في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، و"مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم.
- تضمين النموذج التدريسي الناتج عن التكامل بين نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، ومشروعات "علوم المواطن"؛ في برامج إعداد معلم العلوم، وكيفية استخدامه في تدريس العلوم.
- عقد دورات تدريبية لمعلمي العلوم في أثناء الخدمة على النموذج التدريسي الناتج عن التكامل بين التعلم المتوافق مع عمل الدماغ، و"علوم المواطن"، وكيفية الاستفادة منه في تحسين تعلم الطلاب بشكل أفضل.
- تضمين النموذج التدريسي المقترح في أدلة معلم العلوم؛ للاستفادة منه في التدريس، مع تصميم الأنشطة التعليمية في مقررات العلوم بالمرحلة الإعدادية؛ وفقًا للنموذج المقترح.
- تشجيع الشراكة بين معلمي العلوم بالمدارس، والطلاب، وأساتذة الجامعات المصرية؛ لتصميم مشروعات "علوم المواطن" المسهمة.

- العناية في تعليم العلوم بالاستيعاب المفاهيمي؛ لاعتماده على المهام الحقيقية القائمة على البحث والتقصي لاستنتاج المعنى، وتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين؛ وبخاصة "مهارات الحياة والمهنة"؛ لتعزيز النجاح، والاستعداد الوظيفي، وأن يسعى تعليم العلوم إلى تنمية الجوانب الوجدانية كالاهتمام بالعلم؛ لضمان استمرارية التعلم، وكي يصير التعلم أفضل.
- تهيئة بيئة تعليمية متحدية لأذهان المتعلمين، وآمنة ماديًّا ونفسيًّا، والبعد عن التهديد، والتوتر، والعنف النفسي بجميع أشكاله، مع توفير الراحة في أثناء عرض الدرس، والموسيقى الهادئة، والنشاط الحركي.
- دعوة الباحثين في الجامعات، والمراكز البحثية، والمسؤولين فيها إلى التفكير الجاد في استخدام مشروعات "علوم المواطن".
- ضرورة أن يسعى مخططو مناهج العلوم، ومصمموها إلى تضمين مشروعات "علوم المواطن" في المناهج المدرسية عبر المراحل التعليمية المختلفة.

البحوث المقترحة:

- إجراء دراسة مماثلة للكشف عن أثر النموذج التدريسي المقترح مع متغيرات أخرى؛ مثل: البحث العلمي، والمواطنة النشطة، والحس العلمي، والتفكير الابتكاري.
- إجراء دراسة مماثلة في مراحل دراسية مختلفة، وتخصصات أخرى.
- تطوير منهج العلوم عبر المراحل التعليمية المختلفة في ضوء متطلبات مشروعات "علوم المواطن".
- تصميم برنامج مقترح في ضوء التكامل بين مداخل أخرى لتنمية "مهارات الحياة والمهنة"، والاهتمام بالعلم لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية.

المراجع:

أبو عودة، محمد فؤاد، واللبيه، نور الهدى. (٢٠٢١). تقويم كتب العلوم والحياة المقررة على طلبة الصفين الثالث والرابع الأساسي في ضوء مهارات المهنة والحياة. *مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية*، ٢٩ (٢)، ٤٤٣- ٤٦٨.

أبو غنيمة، عيد عبد العزيز. (٢٠١٨). التكامل بين نموذج فراير و"استراتيجية أخف انسخ قارن" لتنمية الاستيعاب المفاهيمي والكفاءة الذاتية في العلوم لدى تلاميذ الصف الرابع الابتدائي. *مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس*، ٢٣٧، ١٦- ٦٥.

أحمد، أميمة محمد عفيفي. (٢٠١٧). نموذج مقترح قائم على نظرية التعلم المتوافق مع عمل الدماغ لتنمية التفكير التأملي والدافعية نحو تعلم العلوم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي ذوي أنماط التعلم والتفكير المختلفة. *مجلة التربية، جامعة الأزهر*، ٣ (١٧٤)، ٢٠٤- ٢٧١.

أحمد، شيماء أحمد، ويونس، إيمان محمد محمود. (٢٠٢٠). برنامج معد وفق تطبيقات الذكاء الاصطناعي لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين، والوعي بالأدوار المستقبلية لدى طلاب كلية التربية. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢١ (١٣)، ٤٧٠- ٥٠١.

أحمد، طارق عبد المجيد. (٢٠٢١). تطبيقات أبحاث تعلم الدماغ داخل الصف الدراسي. *مجلة التربية، اللجنة الوطنية القطرية للتربية والثقافة والعلوم*، ٥٠ (١٩٩)، ٧٩- ٩١.

أعنزة، مي محمد ظريف. (٢٠٢٢). *أثر طريقتي التقصي والاستكشاف على تنمية الميول العلمية لطالبات الصف السابع في مادة العلوم* [رسالة ماجستير منشورة]. كلية العلوم التربوية، جامعة آل البيت، الأردن.

آل رشود، جواهر سعود. (٢٠١٠). فاعلية استراتيجية التعلم حول العملية القائمة على نظرية هيرمان ونظرية التعلم المستند إلى الدماغ في تنمية الاستيعاب المفاهيمي في الكيمياء وأنماط التفكير لدى طالبات المرحلة الثانوية بمدينة الرياض. *مكتبة التربية العربي لدول الخليج، رسالة الخليج العربي*، ١١٩، ١٧١- ٢٣٤.

آل مداوي، سارة سعيد، والشهري، محمد صالح. (٢٠٢٢). برنامج تدريبي مقترح قائم على متطلبات التعليم الإلكتروني لتنمية الكفاءة الذاتية لدى معلمات العلوم بالمرحلة المتوسطة وأثره في تنمية الاستيعاب المفاهيمي والاتجاه نحو التعلم الذاتي لدى طالباتهن. *مجلة التربية، جامعة الأزهر*، ٢ (١٩٣)، ١٠٧- ١٦٦.

الباز، مروة محمد. (٢٠١٣). تطوير منهج العلوم للصف الثالث الإعدادي على ضوء مهارات القرن الحادي والعشرين. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٦ (١٦)، ١٩١- ٢٣١.

ترلينج، بيرني، وفادل، تشارلز. (٢٠١٣). *مهارات القرن الحادي والعشرين: التعلم للحياة في زمننا* (بدر الصالح، مترجم). جامعة الملك سعود، الرياض: النشر العلمي والمطابع.

تيمبرلي، هيلين. (٢٠١٤). *التعلم والتطوير المهني للمعلم* (مكتب التربية الدولي جنيف، مترجم). سلسلة الممارسات التربوية، ١٨، الأكاديمية الدولية للتربية.

جنسن، إيريك. (٢٠١٤). *التعلم استنادًا إلى الدماغ: النموذج الجديد للتدريس* (هشام محمد سلامة وحمدي أحمد عبد العزيز وحمدي أحمد عبد العزيز، مترجم). القاهرة: دار الفكر العربي.

الحارون، شيماء حمودة. (٢٠١٦). فعالية تضمين كفايات الثقافة الإعلامية في تدريس مادة العلوم لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين والتحصيل لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ١٩ (٦)، ٦٥- ٩٩.

الحكيمي، عبد الحكيم محمد أحمد، والتويتي، سناء أحمد عليم. (٢٠٢٠). تنمية عادات العقل لدى تلميذات الصف الثامن باستخدام مبادئ التعلم المستند إلى الدماغ في تدريس العلوم. *مجلة بحوث ودراسات تربوية، جامعة تعز، مركز التأهيل والتطوير التربوي*، ١٢، ١-٣٣.

حمدان، رويدا، وخنسة، عبير علي. (٢٠١٩). فاعلية التعلم المستند إلى الدماغ في التحصيل لدى تلاميذ الصف الرابع الاساسي في مادة العلوم: دراسة تجريبية في مدينة دمشق. *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة الآداب والعلوم الإنسانية*، ٤١ (٣)، ١١٥- ١٣٠.

خليل، الزهراء خليل، وعبد المجيد، أماني عبد الشكور. (٢٠٢١). برنامج مقترح في العلوم مصمم في ضوء احتياجات تلميذات الفصل الواحد وقائم على التعليم الترفيهي لتنمية الاستيعاب المفاهيمي وجودة الحياة لديهن. *دراسات في المناهج وطرق التدريس، جامعة عين شمس*، ٢٥٢، ١٢- ٦٩.

زيتون، عايش محمود. (٢٠٠٧). *النظرية البنائية واستراتيجيات تدريس العلوم*. القاهرة: دار الشروق للنشر والتوزيع.

السبيعي، هياء بنت محمد عبد الله. (٢٠٢٢). نموذج تدريسي مقترح قائم على نموذج كولب وأثره في تنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى طالبات الصف الثاني الثانوي. *مجلة التربية، جامعة الأزهر*، ١٩٤ (١)، ٨٩- ١٢٤.

سراج، سوزان حسين. (٢٠١٦). فاعلية تدريس العلوم باستخدام الرسوم المتحركة في تنمية الاستيعاب المفاهيمي والمهارات الحياتية لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي في المدارس الرسمية لغات. *مجلة كلية التربية، جامعة كفر الشيخ*، ١٦ (٦)، ٣٩٥- ٤٨٧.

سلامة، عبد الرحيم أحمد، ومحمد، هالة عز الدين، وعوض، هالة محمد محمد. (٢٠١٩). أثر استخدام استراتيجية محطات التعلم في تنمية الاستيعاب المفاهيمي في العلوم لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة العلوم التربوية*، ٣٩، ٦٢١- ٦٥٢.

شمعون، بسمة أحمد عبد الكريم. (٢٠٢١). أثر استراتيجية التعليم المستند إلى الدماغ في تنمية القدرات الإبداعية في تعلم العلوم لطلاب الصف الثامن الأساسي في مدارس لواء الجيزة. *مركز السنبلة للبحوث والدراسات*، ٩، ١-٦٨.

صديق، حنين أنور، وبابطين، هدى بنت محمد. (٢٠٢٢). فاعلية استراتيجية سكامبر Scamper في تدريس العلوم على تنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى طالبات المرحلة المتوسطة. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٥ (٢)، ١٥٦-١٨٤.

صديق، سعيد محمد. (٢٠٢١). فاعلية برنامج في العلوم قائم على نظريتي الذكاءات المتعددة والبنائية الاجتماعية في التحصيل وتنمية المهارات الحياتية والاتجاه نحو المادة وتقدير الذات لدى مدارس التعليم المجتمعي. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢٢ (٤)، ٤٧٩- ٥٤٦.

طه، محمد إبراهيم، الشبة، مي نبيل، وغلوش، محمد مصطفى. (٢٠١٨). أثر شبكات التفكير البصري الإلكترونية لتنمية الاستيعاب المفاهيمي في العلوم لتلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية، جامعة كفر الشيخ*، ١٨ (٢)، ٣٩٥- ٤٢٨.

الطويل، انتصار محمد. (٢٠١٦). واقع الأداء التدريسي لمعلمات المرحلة الابتدائية في ضوء نظرية التعليم القائم على أبحاث الدماغ. *مجلة عالم التربية*، ١٧ (٥٣)، ١-٩٤.

عبد العال، رشا محمود، وأحمد، عصام محمد. (٢٠١٩). برنامج مقترح في الكيمياء الحيوية قائم على التدريس المتمايز لتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين والمسئولية الاجتماعية لدى الطلاب المعلمين بكلية التربية. *مجلة البحث العلمي في التربية، جامعة عين شمس*، ٢ (٢٠)، ١٨٥- ٢٣٥.

عبد الفتاح، محمد عبد الرازق. (٢٠١٦). برنامج STEM مقترح في العلوم للمرحلة الابتدائية لتنمية مهارات التصميم التكنولوجي، والميول العلمية. *الجمعية المصرية للتربية العلمية*، ١٩ (٦)، ١- ٢٨.

عبد الفتاح، محمد عبد الرازق. (٢٠٢٠). نموذج مقترح لتدريس العلوم قائم على تكامل نصفي المخ لتنمية الاستيعاب المفاهيمي والكفاءة الذاتية في العلوم لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٣ (٦)، ١-٤٠.

عبد اللطيف، أسامة جبريل أحمد. (٢٠١٤). استراتيجية قرائية لتدريس العلوم قائمة على ما وراء المعرفة لتنمية الاستيعاب المفاهيمي والاتجاه نحو استخدامها لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ١٧ (٤)، ١- ٤١.

عز الدين، سحر محمد يوسف. (٢٠١٢). *برنامج مقترح قائم على التكامل بين النظرية البنائية والتعلم المستند إلى الدماغ لتنمية مهارات ما وراء المعرفة في الاستقصاء المعملي في العلوم لدى طلاب كلية التربية* [رسالة دكتوراه غير منشورة]. كلية التربية، جامعة بنها.

عصفور، دعاء ناجي محمد. (٢٠١٩). فاعلية برنامج إثرائي قائم على بحوث المخ البشري في تنمية المفاهيم والميول العلمية لدى تلاميذ الصف الثالث الابتدائي لغات. *دراسات تربوية واجتماعية، كلية التربية، جامعة حلوان*، ٢٥ (٤)، ١١٥- ١٥٩.

العصيمي، خالد بن حمود. (٢٠٢١). أثر برنامج إثرائي قائم على معايير العلوم للجيل القادم في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين ونزعات التفكير لدى طلاب الصف الثالث المتوسط المتفوقين ذوي

المستويات المختلفة في معالجة المعلومات. *مجلة كلية التربية في العلوم التربوية، جامعة عين شمس*، ٤٥ (١)، ٤٧٧- ٥٦٥.

علوان، عامر إبراهيم. (٢٠١٢). *تربية الدماغ البشري وتعليم التفكير*.عمان: دار صفاء للنشر والتوزيع.

عمر، عاصم محمد إبراهيم، السيد، محمود رمضان عزام، والشهري، محمد بن صالح أحمد الحيدي. (٢٠٢٢). تقييم مستوى الاستعداد لتدريس العلوم في ضوء مهارات الحياة والمهنة لدى طلاب البكالوريوس بكلية التربية جامعة الملك خالد. *مجلة اتحاد الجامعات العربية للتربية وعلم النفس*، ١٨(٤)، ١٥-٦٠.

العنزي، لافي بن عويد سالم. (٢٠٢١). فاعلية استخدام المنصات التعليمية الرقمية في تنمية الاستقصاء والميول العلمية لدى تلاميذ المرحلة المتوسطة. *مجلة جامعة الملك خالد، كلية التربية، مركز البحوث التربوية*، ٨ (٢)، ٢٩٥- ٣٣٧.

عيسى، هناء عبد العزيز، وراغب، رانيا عادل سلامه. (٢٠١٧). رؤية مقترحة لتطوير التربية الجيولوجية عبر المراحل الدراسية المختلفة من منظور معايير العلوم للجيل القادم NGSS. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٠ (٨)، ١٠٩- ١٦٢.

الغامدي، موفق علي. (٢٠٢٠). فعالية أنموذج مقترح لتدريس العلوم قائم على التكامل بين البنائية والتعلم المستند إلى الدماغ فى تنمية عادات العقل لدى طلاب الصف السادس الابتدائي. *جامعة القاهرة، كلية الدراسات العليا للتربية*، ٢٨ (٣)، ١٧٣- ٢٣٩.

غانم، تفيدة سيد أحمد. (٢٠١٤). فاعلية استراتيجية مقترحة في تدريس العلوم قائمة على الذكاءات المتعددة في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *مجلة كلية التربية، جامعة بني سويف*، ١١، ٢٧٩- ٣٢٦.

غانم، تفيدة سيد أحمد. (٢٠١٩). نموذج مقترح في تدريس العلوم المعتمد على المشروع وأثره في تنمية الانتاجية، والمساءلة والاتجاه نحو العمل التعاوني لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ٢٢ (٩)، ١-٧٢.

غنايم، أمل محمد حسن. (٢٠١٧). واقع البحث المصري والعربي في مجال التعلم المستند إلى الدماغ في الفترة من (٢٠٠٣- ٢٠١٦) لدى العاديين وذوي الإعاقة والموهوبين: دراسة تقييمية للبحوث التجريبية باستخدام المنهجين الببليومتري الببليوجرافي وما وراء التحليل. *مجلة التربية الخاصة، جامعة الزقازيق*، ١٨، ٩١- ١٣١.

القرني، مسفر بن خفير. (٢٠١٥). *أثر استخدام استراتيجية التعلم المستند إلى الدماغ في تدريس العلوم على تنمية التفكير عالي الرتبة وبعض عادات العقل لدى الصف الثاني المتوسط ذوي أنماط السيطرة الدماغية المختلفة* [رسالة دكتوراه غير منشورة]، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

القرني، مسفر بن خفير. (٢٠١٦). أثر استخدام استراتيجية التخيل الموجه في تنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي بمدينة الطائف. *مجلة البحث العلمي في التربية*، ٢ (١٧)، ٦٤٥- ٦٧٧.

قطامي، يوسف، وأبو جابر، ماجد، وقطامي، نايفة. (٢٠٠٠). *تصميم التدريس*. عمان، الأردن: دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع.

لطف الله، نادية سمعان. (٢٠١٢). نموذج تدريسي مقترح في ضوء التعلم القائم على الدماغ لتنمية المعارف الأكاديمية والاستدلال العلمي والتنظيم الذاتي في العلوم لتلاميذ الصف الأول الإعدادي. *المجلة المصرية للتربية العلمية*، ١٥ (٣)، ٢٢٩- ٢٧٩.

محمد، فاطمة مصطفى. (٢٠١٥). استخدام مدخل STEM التكاملي لتعلم العلوم في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين ومهارات اتخاذ القرار لدى طلاب الفرقة الأولى بكلية التربية. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، السعودية*، ١ (٦٢)، ٧٩- ١٢٨.

محمد، منى مصطفى كمال. (٢٠١٩). برنامج تعليمي قائم على التعلم المستند إلى الدماغ في اكتساب المفاهيم العلمية لمادة العلوم والقدرة على حل المشكلات لتلاميذ الصف السابع من التعليم الأساسي. *المجلة التربوية، جامعة سوهاج*، ٥٩، ٣٥١- ٤٠٠.

المرحبي، عبد العزيز على إبراهيم. (٢٠١٩). فاعلية تدريس وحدة الكيمياء باستخدام نموذج مكارثي 4) (MAT لتنمية الاستيعاب المفاهيمي لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *مجلة القراءة والمعرفة، جامعة عين شمس*، ٢١٢، ٤١- ٧٧.

المسعودي، عبير بنت محمد، والمزروع، هيا محمد. (٢٠١٤). فاعلية المحاكاة الحاسوبية وفق الاستقصاء في تنمية الاستيعاب المفاهيمي في الفيزياء لدى طالبات المرحلة الثانوية. *مجلة العلوم التربوية، الجامعة الأردنية*، ٤١ (١)، ١٣٧- ١٩١.

منظمة اليونسكو. (٢٠١٦). *التعليم حتى عام ٢٠٣٠ إعلان إنشيون وإطار العمل نحو التعليم الجيد المنصف والشامل والتعلم مدى الحياة للجميع*. استرجع من:
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243278_ara

منظمة اليونسكو. (٢٠٢١). *اجتماع الخبراء الدولي الحكومي (الفئة ٢) بشأن مشروع توصية اليونسكو الخاصة بالعلم المفتوح*. استرجع من:
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376893_ara

المهدي، أمل فاروق محمد. (٢٠٢٣). استخدام نموذج لتدريس العلوم قائم على نظرية التعلم المستند إلى الدماغ في تنمية الذكاء الطبيعي لتلاميذ المرحلة الابتدائية. *مجلة البحث في التربية وعلم النفس*، ٣٨ (١)، ١٤٩- ١٨٨.

مهدي، حسن ربحي. (٢٠١٨). فاعلية استراتيجية في التعلم الذكي تعتمد على التعلم بالمشروع وخدمات جوجل في إكساب الطلبة المعلمين بجامعة الأقصى بعض مهارات القرن الحادي والعشرين. *مجلة العلوم التربوية، كلية التربية، جامعة الملك سعود*، ٢٠ (١)، ١٠١- ١٢٦.

نصحي، شيري مجدي. (٢٠٢١). فاعلية استراتيجية REACT (الربط– الخبرة– التطبيق– التعاون– النقل) في تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين ومتعة تعلم العلوم لدى تلاميذ المرحلة الابتدائية. *مجلة كلية التربية في العلوم التربوية*، ٤٥ (١)، ٢١٩– ٢٨٨.

هاني، مرفت حامد محمد. (٢٠٢٠). استخدام نظرية التعلم المستند إلى الدماغ في تدريس العلوم وفاعليتها في تنمية مهارات التفكير التخيلي ومعالجة المعلومات لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي. *مجلة كلية التربية، جامعة كفر الشيخ*، ٢٠ (١)، ١–١٠٤.

وزارة التربية والتعليم. (٢٠١٨). *تقرير استراتيجية التنمية المستدامة (رؤية مصر ٢٠٣٠) الاستراتيجيات القطاعية*. القاهرة: وزارة التربية والتعليم بالتعاون مع هيئة اليونسكو.

وزارة التربية والتعليم. (٢٠٢٠– ٢٠٢١). *كتاب اكتشف وتعلم العلوم*. الصف الأول الإعدادي، الفصل الدراسي الثاني، جمهورية مصر العربية، قطاع الكتب.

Abaniel, A. (2021). Enhanced conceptual understanding, 21st century skills and learning attitudes through an open inquiry learning model in physics. *Journal of Technology and Science Education*, 11(1), 30-43.

Ainley, M., & Ainley, J. (2011). A cultural perspective on the structure of student interest in science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 51-71.

Ainley, M., & Hidi, S. (2014). Interest and enjoyment. In R. Pekrun & L. Linnenbrink-Garcia. (Eds.), *International handbook of emotions in education* (pp. 205–227). Routledge: Taylor & Francis Group.

Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94 (3), 545–561.

Aivelo, T., & Huovelin, S. (2020). Combining formal education and citizen science: A case study on students' perceptions of learning and interest in an urban rat project. *Environmental Education Research*, 26(3), 324–340.

Akyurek, E., & Afacan, O. (2013). Effects of brain based learning approach on student's motivation and attitudes levels in science class. *Mevlana International Journal of Education*, 3(1), 104- 119.

Alanazi, F. (2020). Brain-based learning as perceived by Saudi teachers and its effect on chemistry achievement of 7th graders. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 864-874.

Alao, S., & Guthrie, J. (1999). Predicting conceptual understanding with cognitive and motivational variables. *The Journal of Educational Research*, 92, 243–254.

Amelia, R., Tegariyani, S., & Santoso, P. (2021). Century skills in project based learning integrated STEM on science subject: A systematic literature review. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 529, 583-590.

Aristeidou, M., & Herodotou, C. (2020). Online citizen science: A systematic review of effects on learning and scientific literacy. *Citizen Science: Theory and Practice*, 5(1), 1-12.

Arun, A., & Singaravelu, G. (2020). Effectiveness of brain based learning strategies in enhancing science at standards VIII. *Journal of Information and Computational Science*, 10(1), 1142- 1147.

Aschbacher, P., Li, E., & Roth, E. (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (5), 564–582.

Bada, A., & Jita, L. (2022). Integrating brain-based learning in the science classroom: A systematic review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, *6*(1), 24-36.

Ball, A., Joyce, H., & Anderson-Butcher, D. (2016). Exploring 21st century skills and learning environments for middle school youth. *International Journal of School Social Work*, 1(1), 1- 15.

Ballard, H., Dixon, C., & Harris, E. (2017). Youth-focused citizen science: Examining the role of environmental science learning and agency for conservation. *Biological Conservation*, 208, 65–75.

Bartholomew, S. (2015). Who teaches the "STE" in STEM? *Technology and Engineering Teacher*, 75(2), 14-19.

Baruch, A., May, A., & Yu, D. (2016). The motivations, enablers and barriers for voluntary participation in an online crowdsourcing platform. *Computers in Human Behavior*, 64, 923–931.

Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wilderman, C. (2009). *Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education* (pp. 1–58). A CAISE Inquiry Group Report. Washington, DC: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE).

Bonney, R., Cooper, C., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K., & Shirk, J. (2009). Citizen science: A developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *Bio Science*, 59(11), 977–984.

Bonney, R., Phillips, T., Ballard, H., & Enck, J. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1) 2–16.

Bonomo, V. (2017). Brain- based learning theory. *Journal of Education and Human Development*, 6(1), 27-43.

Bopardikar, A., Bernstein, D., & McKenney, S. (2021, 15 June). Designer considerations and processes in developing school-based citizen-science curricula for environmental education. *Journal of Biological Education*, 1-26.

Bransford, J., Derry, S., Berliner, D., & Hammerness, K. (2005). Theories of learning and their roles in teaching. *In* L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world: What teachers should learn and be able to do* (pp. 40-87). New York, NY: Wiley.

Caine, R., & Caine, G. (1994). *Making connections: Teaching and the human brain.* Alexandria, Virginia, USA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Caine, R., & Caine, G. (2003). *12 Brain/mind learning principles in action. The field book for making connections, teaching and the human brain*. Thousand Oaks, CA: Corwin

Caine, R., Caine, G., McClintic, C., & Klimek, K. (2009). *12 brain/mind learning principles in action: Developing executive functions of the human brain (2nd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Caine, R., Caine, G., McClintic, C., & Klimek, K. (2016). *12 Brain/Mind Learning Principles in action*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49(1), 1–23.

Carlone, H., Huffling, L., Tomasek, T., Hegedus, T., Matthews, C., Allen, M., & Ash, M. (2015). "Unthinkable" selves: Identity boundary work in a summer field ecology enrichment program for diverse youth. *International Journal of Science Education*, 37(10), 1524–1546.

Chaiyama, N., & Kaewpila, N. (2022). The development of life and career skills in 21st century test for undergraduate students. *European Journal of Educational Research*, 11(1), 51-68.

Connell, D. (2009). The Global aspects of brain-based learning. *Educational Horizons*, 88 (1), 28-39.

Conrad, C., & Hilchey, K. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: Issues and opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1), 273–291.

Cooper, C., & Lewenstein, B. (2016). Two meanings of citizen science. In D. Caviliar & E. Kennedy (Eds.), *The rightful place of science* (pp. 51–62). Tempe, AZ: Consortium for Science, Policy, and Outcomes.

Crawford, B. (2013*).* Authentic science. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 1–3). The Netherlands: Springer.

Dickerson-Lange, S., Eitel, K., Dorsey, L., Link, T., & Lundquist, J. (2016). Challenges and successes in engaging citizen scientists to observe snow cover: From public engagement to an educational collaboration. *Journal of Science Communication*, 15(1), 1–14.

Dickinson, J., Shirk, J., Bonter, D., Bonney, R., Crain, R., Martin, J., Phillips, T., & Purcell, K. (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 291–297.

Dickinson, J., & Bonney, R. (2012). Introduction: Why citizen science. In J. Dickinson & R. Bonney (Eds.), *Citizen Science: Public Participation in Environmental Research* (pp. 1–14). Ithaca, New York: Cornell University Press.

DiTullio, G. (2018). *An examination of planning and implementing brain-based strategies in the elementary classroom* [PhD thesis]. Ralph C. Wilson, Jr. School of Education St. John Fisher College.

Djudin, K. (2020). Exploring the 21st century skills and science teaching pedagogy: Profiles, readiness, and barriers. *Journal of Education, Teaching, and Learning*, 5 (2), 346-355.

Dogru, M., Celik, M., Koca, C., & Tongal, A. (2022). Development of life and career skills scale for university students. *Asian Journal of Contemporary Education, 6*(1), 30–43.

Dohn, N. (2021). Predictors of students' interest in a citizen science programme. *International Journal of Science Education*, 43(18), 2956-2973.

Drob, E., Cheung, A., & Briley, D. (2014). National GDP, science interest and science achievement: A person-by-nation interaction. *Psychol Sci*, 25(11), 2047–2057.

Drymiotou, I., Constantinou, C., & Avraamidou, L. (2021). Career-based scenarios as a mechanism for fostering students' interest in science and understandings of STEM careers. *International Journal of Designs for Learning*, 12(3), 118- 128.

Edwards, R. (2014). Citizen science and lifelong learning. *Studies in the Education of Adults*, 46(2), 132-144.

Eitzel, M., Cappadonna, J., Santos-Lang, C., Duerr, R., Virapongse, A., West, S., Kyba, C., Bowser, A., Cooper, C., Sforzi, A., Metcalfe, A., Harris, E., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F., Dörler, D., Heigl, F., Kiessling, T., Davis, B., & Jiang, Q. (2017). Citizen science terminology matters: Exploring key terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1), 1- 20.

Farrokhnia, M., Pijeira-Díaz, H., Noroozi, O., & Hatami, J. (2019). Computer-supported collaborative concept mapping: The effects of different instructional designs on conceptual understanding and knowledge co-construction. *Computers & Education*, 142, 1-15.

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: SAGE.

Golumbic, Y., Fishbainc, B., & Baram-Tsabari, A. (2020). Science literacy in action: Understanding scientific data presented in a citizen science platform by non-expert adults. *International Journal of Science Education*, 10(3), 232–247.

Goswami, U. (2008). Principles of learning implication for teaching, a cognitive neuroscience prespective. *Journal of Philosophy of Education*, 42(3-4), 382- 399.

Griffin, P., & Care, E. (2015). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Dordrecht: Springer.

Halliwell, P., Whipple, S., & Bowser, G. (2021). Learning to love protected areas: Citizen science projects inspire place attachment for diverse students in United States national parks. *Journal of Geoscience Education*, 70(3), 412- 420.

Hansen, H. (2002). Brain development, structuring of learning and science education, where we are? A review of some recent research. *International Journal of Science Education*, 24(1), 342- 356.

Hartono. (2013). Learning cycle-7E model to increase student's critical thinking on science. *Indonesian Journal of Physics Education*, 9(1), 58–66.

Hazelkorn, E. (2015). *Report to the European commission of the expert group on science education: Science education for responsible citizenship*. Retrieved from: http://ec.europa.eu/research/ swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf

Hecker, S., Garbe, L., & Bonn, A. (2018). The European citizen science landscape—a snapshot. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J.Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen science: Innovation in open science, society and policy* (pp.190–200). London: UCL Press.

Hervianto, C., Waluyo, J., & Prihatin, J. (2020). Effectiveness of textbook with brain based learning approach accompanied by a question card game in human respiratory system to improve problem solving ability. *International Journal of Advanced Research*, 8(6), 86-93.

Hidi, S., & Renninger, K. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127.

Hiller, S., & Kitsantas, A. (2014). The effect of a horseshoe crab citizen science program on middle school student science performance and STEM career motivation. *School Science and Mathematics*, 114(6), 302–311.

Houseal, A., Abd-El-Khalick, F., & Destefano, L. (2014). Impact of a student-teacher-scientist partnership on students' and teachers' content knowledge, attitudes toward science, and pedagogical practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 84–115.

Husnaini, S., & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15, 1-16.

Jensen, E. (2005). *Teaching with the brain in mind*. New York: The Association for Supervision and Curriculum Development.

Jensen, E. (2008a). *Brain-based learning: The new paradigm of teaching* (2nd ed.).Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Jensen, E. (2008b). A fresh look at brain-based education. *Phi Delta Kappan*, 89(6), 408- 417.

Jensen, E., & McConchie, L. (2020). *Brain-based learning: Teaching the way students really learn*. (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Kaur, J. (2013). Effectiveness of brain based learning strategies on enhancement of life skills among primary school students with internal and external locus of control. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 2(6), 128–143.

Kaya, E. (2013). Argumentation practices in classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1139-1158.

Kelemen-Finan, J., Scheuch, M., & Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: An examination of a biodiversity citizen science project with schools in central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078–2098.

Kermish-Allen, R., Peterman, K., & Bevc, C. (2019). The utility of citizen science projects in K-5 schools: Measures of community engagement and student impacts. *Cultural Studies of Science Education*, 14(3), 627–641.

Kiryak, Z., & Çalik, M. (2018). Improving grade 7 students' conceptual understanding of water pollution via common knowledge construction model. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 1025–1046.

Knoll, C. (2013). Is citizen science a suitable tool for environmental education with young people? [Master thesis]. Universitat fur Bodenkultur, Wien.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. NSTA Press, National Science Teachers Association.

Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27-50.

Kunar, J., & Mishra, S. (2019). Effect of brain based learning strategies on students' achievement in science. *International Journal of Advanced Research and Development*, 4(4), 55-62.

Lagoudakis, N., Vlachos, F., Christidou, V., & Vavougios, D. (2022). The effectiveness of a teaching approach using brain-based learning elements on students' performance in a biology course. *Cogent Education*, 9(1), 1-13.

Lattimer, H., & Riordan, R. (2011). Project-based Learning engages students in meaningful work. *Middle School Journal (J3)*, 43(2), 18-23.

Lemmens, R., Falquet, G., Tsinaraki, C., Klan, F., Schade, S., Bastin, L., Piera, J., Antoniou, V., Trojan, J., Ostermann, F., & Ceccaroni, L. (2021). *A* conceptual model for participants and activities in citizen science projects. In K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson, & K. Wagenknecht (Eds.), *The science of citizen science* (PP. 159- 182). Switzerland: Springer. University of Portsmouth. (2017, July 31). Citizen science volunteers driven by desire to learn. *ScienceDaily*. Retrieved from: www.sciencedaily.com/releases/2017/07/170731164437.htm

Letina, A., & Perković, M. (2021). *Brain- based learning in primary science*. 13th International Conference on Education and New Learning Technologies, (Palma de Mallorca, Spain, 5- 6/ 7/ 2021).

Lüsse, M., Brockhage, F., Beeken, M., & Pietzner, V. (2022). Citizen science and its potential for science education. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1120- 1142.

Macanas, G., & Rogayan, D. (2019). Enhancing elementary pupils' conceptual understanding on matter through sci-vestigative pedagogical strategy (SPS). *Participatory Educational Research*, 6(2), 206-220.

Mahr, D., Göbel, C., Irwin, A., & Vohland, K. (2018). Watching or being watched: Enhancing productive discussion between the citizen sciences, the social sciences, and the humanities. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel, & A. Bonn (Eds.), *Citizen science - Innovation in open science, society and policy* (pp. 99-109). London: UCL Press.

Martin, M., Mulli, I., Foy, P., & Stanco, G., (2015). *TIMSS 2015 international results in science*. IEA's TIMSS & PIRLS International Study Center: The Lynch School of Education at Boston College.

McCallie, E., Bell, L., Lohwater, T., Falk, J., Lehr, J., Lewenstein, B., Needham, C., & Wiehe, B. (2009). *Many experts, many audiences: Public engagement with science and informal science education*. A CAISE Inquiry Group.

McGeehan, J. (2013). Brain-compatible learning. *Green Teacher*, 64, 7-13.

McKinley, D., et al. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208, 15–28.

McLaughlin, C., Broo, J., MacFadden, B., & Moran, S. (2016). Not looking a gift horse in the mouth: Exploring the merits of a student–teacher–scientist partnership. *Journal of Biological Education*, 50 (2), 174–184.

Miller, H., McNeal, K., & Herbert, B. (2010). Inquiry in the physical geology classroom: Supporting students' conceptual model development. *Journal of Geography in Higher Education*, 34(4), 595-615.

Morris, L. (2010). *Brain-based learning and classroom practice: A study investigating instructional methodologies of urban school teacher* [PhD thesis]. Arkansas State University.

Morrison, J., Roth McDuffie, A., & French, B. (2015). Identifying key components of teaching and learning in a STEM school. *School of Science & Mathematics*, 115(5), 244- 255.

National Center for Education Statistics. (2010). *Conceptual understanding*. Retrieved from: https://nces.ed.gov/nationsreportcard/science/conceptual.asp

National Research Council (NRC). (2011). *Assessing 21st century skills: Summary of a workshop.* Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2012). D*iscipline-based education research: Understanding and improving learning in undergraduate science and engineering*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Science Teacher Association (NSTA). (2013). *Quality science education and 21st century skills*. Retrieved from: http://www.nsta.org/about/position/21stcentury.aspx

Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (7), 908-937.

Novitra, F., Festiyed, F., Yohandri, Y., & Asriza, A. (2021). Development of online-based inquiry learning model to improve 21st century skills of physics students in senior high school. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), 1-20.

Ohmawatiningsih, W., Rachman, I., & Yayoi, K. (2021). The implementation of RADEC learning model in thematic learning to increase the concept understanding of electrical phenomenon. *Momentum: Physics Education Journal*, 5(2), 121-131.

Ongardwanich, N., Kanjanawasee, S., & Tuipae, C. (2015). Development of 21st century skill scales as perceived by students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 191, 737– 741.

Ottinger, G. (2010). Buckets of resistance: Standards and the effectiveness of citizen science. *Sci. Technol. Human Values*, 35, 244–270.

Paige, K., Hattam, R., & Daniels, C. (2015). Two models for implementing citizen science projects in middle school. *Journal of Educational Enquiry*, 14(2), 4–17.

Palmer, D. (2004). Situational interest and the attitudes towards science of primary teacher education students. *International Journal of Science Education*, 26(7), 895–908.

Park, H., Kim, J., & Lim, C. (2015). Analyses of elementary school students' interests and achievements in science outdoor learning by a brain-based evolutionary approach. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(2), 252- 263.

Partnership for 21st Century Skill (P 21st CS). (2009). *Framework for 21st century learning*. Retrieved from: https://www.teacherrambo.com/file.php/1/21st_century_skills.pdf

Partnership for 21st Century Learning: A network of battelle for kids. (2019). *Framework for 21st century learning definitions*. Retrieved from: https://static.battelleforkids.org/documents/p21/p21_framework_definitionsbfk.pdf

Peter, M., Diekötter, T., & Kremer, K. (2019). Participant outcomes of biodiversity citizen science projects: A systematic literature review. *Sustainability*, 11(10), 1- 18.

Phillips, T., Ferguson, M., Minarchek, M., Porticella, N., & Bonney, R. (2014). *User's guide for evaluating learning outcomes in citizen science*. Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. Retrieved from: http://www.birds.cornell.edu/citscitoolkit/evaluation

Phillips, T., Porticella, N., Constas, M., & Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(2), 1-19.

Pratiwi, S., Cari, C., Aminah, N., & Affandy, H. (2019). Problem-based learning with argumentation skills to improve students' concept understanding. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1155, 1-7.

Rahmawati, Y., Agustin, M., Ridwan, A., Erdawati, E., Darwis, D., & Rafiuddin, R. (2019). The development of chemistry students' through a STEAM project on electrolyte and non- electrolyte solution. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(5), 1-6.

Ramakrishnan, J., & Annakodi, R. (2018). Brain based learning strategies. *International Journal of Innovative Research & Studies*, 2(5), 236- 242.

Reddy, K., Hunjan, U., & Jha, P. (2021). Brain-based learning method: Opportunities and challenges. In. K.Thomas, J. Kureether, & S. Bhattaryya (Eds.), *Neuro-systemic applications in learning* (pp.295-307). Springer Nature Swizerland AG.

Roche, J., Bell, L., Galvão, C., Golumbic, Y., Kloetzer, L., Knoben, N., Laakso, M., Lorke, J., Mannion, G., Massetti, L., Mauchline, A., Pata, K., Ruck, A., Taraba, P., & Winter, S. (2020). Citizen science, education, and learning: Challenges and opportunities. *Frontiers in Sociology*, 5, 1-20.

Romash, I. (2020). The nature of the manifestation of procrastination, level of anxiety and depression in medical students in a period of altered psycho-emotional state during forced social distancing because of pandemic COVID-19 and its impact on academic performance. *Mental Health: Global Challenges Journal*, 4(2), 6-11.

Rotherham, A., & Willingham, D. (2009). 21st century skills: The challenges ahead. *Teaching for the 21st Century*, 67(1), 16-21.

Rotman, D., Preece, J., Hammock, J., Procita, K., Hansen, D., Parr, C., Lewis, D., & Jacobs, D. (2012). *Dynamic changes in motivation in collaborative citizen-science projects*. Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work, (Seattle, WA, USA, February 11- 15- 2012, 217–226).

Roy, H., Pocock, M., Preston, C., Roy, D., Savage, J., Tweddle, J., & Robinson, L. (2012). *Understanding citizen science and environmental monitoring*. Final Report on behalf of UK-EOF. NERC Centre for Ecology and Hydrology and Natural History Museum. Retrieved from: https://www.ceh.ac.uk/sites/default/files/citizensciencereview.pdf

Ruiz-Mallén, I., Riboli-Sasco, L., Ribrault, C., Heras, M., Laguna, D., & Perié, L. (2016). Citizen science: Toward transformative learning. *Science Communication*, 38(4), 523–534.

Saleh, S., Muhammad, A., & Abdullah, S. (2019). STEM project-based approach in enhancing conceptual understanding and inventive thinking skills among secondary school students. *Journal of Nusantara Studies*, 5(1), 234-254.

Sani, A., Rochintaniawati, D., & Winarno, N. (2019). Enhancing students' motivation through brain-based learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, 1-5.

Satria, E. (2015). *Improving students' scientific skills, cognitive learning outcomes, and learning interest in natural science in class IV by using brain based learning approach with science kit at SD Negeri 34 Kuranji Padang*. Proceedings International Conference on Mathematics, Sciences and

Education, (University of Mataram, Lombok Island, Indonesia, November 4-5, 2015).

Shah, H., & Martinez, L. (2016). Current approaches in implementing citizen science in the classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 17–22.

Shirk, J., Ballard, H., Wilderman, C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B., Krasny, M., & Bonney, R. (2012). Public participation in scientific research: A framework for deliberate design. *Ecology and Society*, 17(2), 1- 21.

Silva, C., Monteiro, A., Manahl, C., Lostal, E., Schäfer, T., Andrade, N., Brasileiro, F., Mota, P., Serrano Sanz, F., Carrodeguas, J., & Brito, R. (2016). Cell spotting: Educational and motivational outcomes of cell biology citizen science project in the classroom. *Journal of Science Communication*, 15(1), 1-20.

Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution*, 24 (9), 467–471.

Şişman, C., & Bahadır, E. (2021). The effects of student led conferences on the improvement of 21st century career and life skills. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(4), 152-169.

Smith, H., Allf, B., Larson, L., Futch, S., Lundgren, L., Pacifici, L., & Cooper, C. (2021). Leveraging citizen science in a college classroom to build interest and efficacy for science and the environment. *Citizen Science: Theory and Practice*, 6(1), 1–13.

Strasser, B., Baudry, J., Mahr, D., Sanchez, G., & Tancigne, E. (2019). "Citizen science"? Rethinking science and public participation. *Science & Technology Studies*, 32(2), 52- 76.

Sulistyaningsih, S., Sulam, K., Syakur, A., & Musyarofah, L. (2019). The implementation of 21st century skills as the new learning paradigm to the result of student's career and life skills. *Magister Scientiae*, 46, 228- 237.

Sutrisno, S., Nanda, G., & Widarti, H. (2020). *The effectiveness of inquiry based learning with OE_3R strategy for conceptual understanding of molecular shape of high school students.* AIP Conference Proceedings, 2215(1), 20-25.

Tate, M. (2009). Workshops: Extend learning beyond your presentation with these brain-based-friendly strategies. *Journal of staff development*, 30 (1), 44-46.

Thahir, A., Anwar, C., Saregar, A., Choiriah, L., Susanti, L., & Pricilia, A. (2020). The effectiveness of STEM learning: Scientific attitudes and students' conceptual understanding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467, 1-9.

Toli, G., & Kallery, M. (2021). Enhancing student interest to promote learning in science: The case of the concept of energy. *Educ. Sci.*, 11 (220), 1- 15.

Turiman, P., Omar, J., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 110 – 116.

Uliyandari, M., Candrawati, E., Herawati, A., & Latipah, N. (2021). Problem-based learning to improve concept understanding and critical thinking ability of science education undergraduate students. *International Journal of Recent Educational Research*, 2(1), 65-72.

United Nations Children's Fund. (2020). *Comprehensive life skills framework: Rights based and life cycle approach to building skills for empowerment*. Retrieved from: https://www.unicef.org/india/media/2571/file/Comprehensive-lifeskills-framework.pdf

Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., & Wagenknecht, K. (2021). *The Science of citizen science*. Springer Nature Switzerland AG.

Wals, A., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. (2014). Convergence between science and environmental education. *Science*, 344, 583–584.

Widiyatmoko, A. (2018). The effectiveness of simulation in science learning on conceptual understanding: A literature review. *Journal of International Development and Cooperation*, 24(1-2), 35-43.

Wiggins, A., & Crowston, K. (2015). Surveying the citizen science landscape. *First Monday*, 20(1), 1–12.

Wiggins, G., & Mctighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). Alexandria, Virginia U.S.A: Association for Supervision and Curriculum Development.

Williams, K., Hall, T., & O'Connell, K. (2021). Classroom based citizen science: Impacts on students' science identity, nature connectedness, and curricular knowledge. *Environmental Education Research*, 27(7), 1037-1053.

Yacoubian, H. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308–327.

Yosef, R., & Tryjanowski, P. (2022). Citizen science for future generations. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 1- 4.

Young A., van Mantgem E., Garretson A., Noel, C., & Morelli T. (2021) Translational science education through citizen science. *Frontiers Environmental Science*, 9, 1-15.

Zoellick, B., Nelson, S., & Schauffler, M. (2012). Participatory science and education: Bringing both views into focus. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 310–313.