برنامج في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية وفاعليته في تنمية المهارات العملية باستخدام الروبوت لدى طلاب مدارس STEM

أ.د/ حسام الدين محمد مازن
أستاذ المناهج وتكنولوجيا تعليم العلوم
كلية التربية، جامعة سوهاج
أ.د/ بدرية محمد محمد حسانين
أستاذ المناهج وتكنولوجيا تعليم العلوم
كلية التربية، جامعة سوهاج
معلم أول/ دعاء عبد المنعم علي سليمان
معلم أول كيمياء، مدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا، قنا

مستخلص

هدف البحث الحالي إلى إعداد برنامج في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية وقياس مدى فاعليته في تنمية المهارات العملية باستخدام الروبوت لدى طلاب مدارس **STEM**،لدى عينة قوامها(34) طالبًا وطالبة، مثلت المجموعة التجريبية، ولتحقيق هذا الهدف تم إعداد بطاقة ملاحظة للمهارات العملية ، لتحديد أثر البرنامج المقترح في تنمية المهارات العملية ، ثم تطبيق البرنامج المقترح على عينة البحث وهم من طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر **STEM**، وعددهم (34) طالب وطالبة، مثلت المجموعة التجريبية، ثم إجراء المعالجة الإحصائية ببرنامج **SPSS** وتوصلت النتائج إلى فاعلية برنامج الكيمياء القائم على نظرية المرونة المعرفية في تنمية المهارات العملية لدى طلاب مدارس **STEM**، وبناء على هذه النتائج، أوصت الباحثة بضرورة تصميم المزيد من البرامج الأكاديمية للطلاب المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا، لتوظيف الروبوت في العملية التعليمية.

الكلمات المفتاحية: نظرية المرونة المعرفية، الروبوت، المهارات العملية، طلاب STEM.

Achemestry Program based on the Cognitive Flexibility Theory by using the Robot and the Effectiveness in Developing practical Skills for STEM School Students

Abstract**:**

The current research aims to design a Program in Chemistry based on the Cognitive Flexibility Theory by using the robot, and investigate its Effectiveness in Developing practical for STEM School students.

In order to achieve the goal a note card have been prepared to determine the impact of the Suggested Program in Developing practical Skills for STEM School students. And that applying on sample of research from the second year of Secondary School Students at Luxor STEM school, the sample consisted of (34) students were represented the experimental group. The statistical treatmenting by SPSS Programan and the results of research was The Effectiveness of a Suggested Program based on the Cognitive Flexibility Theory and The Effectiveness in Developing practical Skills with robot for STEM School students. And in the light of concluded and interpreted results the researcher recommended the employing the Programs Based on Cognitive Flexibility in Developing practical Skills with robot for STEM School students.

Key Words: cognitive flexibility theory, practical skills, roboot, STEM.

مقدمة ومشكلة البحث:

يُعد الاهتمام بتربية المتفوقين يعد من أهم السبل للنهوض بالمجتمع، حيث إن العناية بالطاقات البشرية هي الأساس لصنع التقدم والحضارة، ونمو العلم، والمعرفة الإنسانية. ويعد التعليم أهم وسيلة من وسائل التنمية البشرية، لذا تهتم الدول المتقدمة برعاية طلابها المتفوقين عن طريق إعداد البرامج والمناهج الدراسية التي تسعى إلى تنمية مواهبهم وقدراتهم، وتعمل على زيادة استثمارها حاضر ومستقبلاً.

في إطار الاهتمام بالطلاب المتفوقين كان هناك اهتمام وتوجه عالمي بإنشاء مدارس "STEM" Science, Technology, Engineering, Mathematics وهو اختصار لأربعة مجالات معرفية هي: العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، وقد اهتم المسؤولون في وزارة التربية والتعليم بمصر برعاية الطلاب المتفوقين في مجالات العلوم والتكنولوجيا للاستفادة بما لديهم من قدرات واستعدادات وتحرير طاقتهم الإبداعية وذلك بإنشاء مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا القائمة على غرار المدارس العالمية، بلغ عددها (19) مدرسة على مستوى الجمهورية حتى عام 2020م وتعد مدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا نظاماً تعليمياً يمارس فيه الطالب التعلم بطريقة عملية عن طريق التجارب والاعتماد على البحث العلمي.

أن الدراسة بمدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بمصر تقوم على العمل التعاوني في مجموعات صغيرة، وذلك من خلال تحديد مشكلة مجتمعية توظف لحلها جميع المواد الأكاديمية، ويقدم الطلاب في نهاية العام مشروعاً لحل تلك المشكلة، حيث يمثل الطالب محور العملية التعليمية ويقتصر دور المعلم على التوجيه والإرشاد، كما تكون الدراسة باللغة الإنجليزية. وتتبنى تلك المدارس التقييم المستمر من خلال بطاقات الملاحظة، وملفات الإنجاز وتقييم المشروعات (عقيل محمود، 2015).

أشارت تفيده سيد (2015) أن تصميم مناهج **STEM** يعتمد على التمركز حول الخبرة المفاهيمية المتكاملة، والتمركز حول المشكلات، والتحري، والتطبيق المكثف للأنشطة العملية، والتمركز حول الخبرة المحددة عن طريق الذات، والبحث التجريبي المعملي في ثنائيات وفرق، والتقويم متعدد الأبعاد والمستند على الأداء، والتركيز على التفكير العلمي، والإبداعي، والناقد.

مما سبق يتضح أهمية مدخل **STEM** في أنه يوظف المعرفة في الحياة ويوضح الروابط المعرفية بين المواد الأكاديمية، ويعزز الاستقصاء والتحري لاستيعاب المفاهيم بصورة عميقة ومتكاملة، الأمر الذي يتطلب إعداد برامج مبتكرة قائمة على مدخل **STEM** تسعي لتنمية مهارات الطلاب المختلفة والتي تساهم في إيجاد جيل مبدع مسلح بمهارات القرن الواحد والعشرون.

ويهدف تعليم الكيمياء إلى إكساب الطلاب المعلومات الوظيفية والمهارات العلمية مثل مهارات الحل الإبداعي للمشكلة والمهارات العملية والتي تتطلب تجهيز بيئات تعليمية حقيقية وواقعية ومختبرات تساعد الطلاب على ممارسة التجارب العملية وحل المشكلات وتنفيذ المشروعات العلمية التي تتطلب التكامل بين الكيمياء ومجالات المعرفة الأخرى، هذا التكامل يستند إلى المرونة المعرفية والتي تمكن الطالب من التوصل إلى حلولاً إبداعية للمشكلات (**Willcuts,2009**).

ويعد راند سبيرو **Rand Spiro** أستاذ علم النفس التربوي وتكنولوجيا المعلومات بجامعة (ميتشجن الأمريكية) رائد نظرية المرونة المعرفية، حيث تعد نظرية المرونة المعرفية من أقوى نظريات تصميم التعليم العادي أي داخل الفصول الدراسية، أو عبر الإنترنت حيث تسعى هذه النظرية إلى تمكين المتعلمين من الفهم العميق للمادة العلمية عن طريق مجموعة من المبادئ التي تشكل جوهر هذه النظرية (حلمي محمد، 2014)

ويرى كل من (2016) **Cheng & Kozallka** أن نظرية المرونة المعرفية تهدف إلى التفكير المرن أثناء أنشطة التعلم، كما توفر لمصممي التعليم إطار لتطوير بيئة التعلم، والسيناريوهات التي تمكن الطلاب للمشاركة بشكل أكثر فاعلية في أنشطة التعلم، وتطوير الفهم العميق للطلاب بربط المفاهيم المجردة، وإعادة ترتيبها، وإنشاء صلات بينها. مما يتطلب من المتعلمين التفكير بشكل شامل ومتكامل لتلك المفاهيم، الأمر الذي يدعم مهارات التفكير العليا في حل المشكلات والتي تعد من أهم أهداف تدريس مادة الكيمياء.

وهدفت دراسة **Erarslan et al. (2021)** إلى تقصي فاعلية بيئة تعلم افتراضية قائمة على نظرية المرونة المعرفية في تنمية مهارات حل المشكلات، وتم تطبيقها على عينة من طلاب الجامعة بدولتي روسيا وإيران أثناء جائحة كورونا **COVID- 19** في ربيع 2021، وتوصلت الدراسة إلى فاعلية بيئة التعلم الافتراضية القائمة على نظرية المرونة المعرفية في تنمية مهارات حل المشكلات، كما أكدت الدراسة على أن نظرية المرونة المعرفية قادرة على تلبية المتطلبات المعرفية للمشهد التعليمي المتغير كلياً أثناء جائحة كورونا. ويتميز تدريس الكيمياء بارتباطه بإجراء الأنشطة العملية، أو التجارب المعملية حيث يعتبر معمل الكيمياء جزءاً لا يتجزأ من تدريس الكيمياء.

وتسهم الأنشطة المعملية في تحقيق أهداف تدريسية متعددة منها: تنمية المهارات العملية واليدوية المختلفة، إضافة إلى مهارات عمليات العلم وتكوين المفاهيم العلمية وإثارة وتنمية الميول والاتجاهات العلمية وتنمية التفكير العلمي والإبداعي والقدرة على حل المشكلات العلمية، وإكساب التلاميذ الاتجاهات

والميول العلمية وتذوق العلم وتقدير جهود العلماء، كما أنها تساعد المتعلمين متى اكتسبوها على التعلم الذاتي. (عايش محمود، 2008).

تشير مراجعة أدبيات مجال المهارات العلمية إلى اهتمام كثير من الدراسات والبحوث بتنمية المهارات العلمية مثل دراسة طارق فارس (2013) إلى تقصي فاعلية استراتيجية قائمة على بعض أساليب التعلم النشط في تنمية المفاهيم الكيميائية والمهارات العملية والميل نحو مادة الكيمياء لدي طلبة الصف العاشر بالأردن وتوصلت الدراسة إلى فاعلية الاستراتيجية القائمة على بعض أساليب التعلم النشط في تنمية المفاهيم الكيميائية والمهارات العملية والميل نحو مادة الكيمياء، و دراسة سوزي فاروق (2010) إلى "فاعلية نموذج باندورا للملاحظة في تنمية المهارات العملية في مناهج الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي. وقد أثمرت الابتكارات في مجال تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي، ومجال تكنولوجيا المعلومات، والاتصال بالحاسوب، والعلوم ذات الصلة إلى ظهور عديد من التطبيقات المتطورة مثل تكنولوجيا الروبوت **Robot Technology** والذي أدى إلى إحداث طفرة هائلة في كافة المجالات. ويعد استخدام الروبوت في العملية التعليمية ضرورة ملحاً في العصر الحالي، فقد يسهم الروبوت في استخدام نمط جديد من التعلم الفعال في مواقف التعلم الحقيقية داخل الفصول الدراسية أو المختبرات.

أضاف كل من جمال خالد (2015)، وهاشم سعيد (2015)، **Rusk, et al., 2008)** أن تصميم روبوت في بيئة التعلم قد يؤدي إلى تنمية عديد من المهارات منها: مهارات البحث العلمي، والبرمجة، وتركيب القطع بطريقة مستحدثة، ومهارات توصيل الدوائر الإلكترونية، ومهارات القياسات الكيميائية، بالإضافة إلى مهارات القرن الحادي والعشرين مثل التواصل، والتخطيط، والعمل الجماعي.

أوصت بعض الدراسات بضرورة نشر ثقافة الروبوت في جميع المراحل الدراسية، خاصة في نظام **STEM** وتضمين أنشطة تصميم الروبوت في المنهج الدراسي وربط الروبوت بمادة الكيمياء؛ مثل دراسة) وفاء خليفة ،2015؛ **.(Chaomin et al., 2017**

كما قدما كل من **(Karagiorgou & Spahos, 2016)** مشروع الروبوت في الكيمياء " **Chemobot: Chemistry with robot** في المسابقة النهائية للتعليم الملهم كأفضل مشروع للتعليم الملهم والذي عقد في اليونان 2016 حيث هدف المشروع إلى التوصيل بين الكيمياء والروبوت **"Chembot"** في صورة أنشطة تسمي **Chembot Activity** مثل تصميم روبوت يقيس العلاقة بين الرقم الهيدروجيني **(PH)** والتغير في درجة الحرارة وطبق المشروع

على طلاب المرحلة الثانوية وتوصل المشروع إلى أهمية ربط الروبوت بالأنشطة الكيميائية.

في ضوء ما سبق يتضح أهمية إعداد البرامج التعليمية التي تدعم نظام **STEM** في مصر والتي تقدم الأنشطة والتكنولوجيا المبتكرة والمهام التعليمية والتي تتطلب من المتعلم ممارسات التفكير النقدي، والاستقصاء، والبحث العلمي للوصول إلى حل المشكلات التي تواجه مصر بطريقة إبداعية.

وعلى الرغم من العديد من الإصلاحات في السياسات التعليمية في تعليم **STEM** والطموحات لدى القائمين على هذا التعليم (مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بمصر) إلا إن هذه الإصلاحات تواجه بعض العثرات نتيجة لوجود عدد من المشكلات والمتمثلة في ندرة البرامج الأكاديمية الجديدة التي تهدف إلى تحسين أداء المعلمين والمتعلمين وتشجع المتعلمين على الإبداع والابتكار بالإضافة إلى عدم وجود استراتيجيات واضحة (طويلة- قصيرة) الأمد للتعامل مع طلاب مدارس **STEM** (عقيل محمود، 2015؛ **Khadri,2016**).

وقد هدفت دراسة أشرف محمود أحمد (2017) إلى تحديد البرامج الداعمة لمدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا في أمريكا وأستراليا والاستفادة منها في مصر) دراسة مقارنة)، وتوصلت الدراسة أنه من أهم عوامل نجاح نظام **STEM** في أمريكا وأستراليا هو دعم النظام بحزمة من البرامج التعليمة المختلفة.

وأوصت دراسة **(Bagiya,2016)** بضرورة تطبيق برامج تعليمية تُدعم باستراتيجيات وأنشطة تفاعلية تحقق التكامل بين مجالات العلوم والتكنولوجيا والرياضيات والهندسة وترضي طموحات الطلاب في عصر التكنولوجيا، كما توصلت دراسة **(Mosley et al.,2016)** إلى ضرورة إعداد برامج تدعم تكنولوجيا الروبوت وتربطه بالمواد الأكاديمية مثل الكيمياء لزيادة اتجاه الطلاب نحو نظام **STEM**.

أشارت دراسة **Sithole et al. (2017)** إلى افتقار بعض خريجي مدارس **STEM** إلي مهارات الحل الإبداعي للمشكلات والتفكير المنطقي وتقديم الأدلة؛ الأمر الذي أدى إلى تغيير تخصصات بعض الطلاب والتحاقهم ببعض الوظائف التي لا تتناسب مع منظومة **STEM.** لذا أكدت الدراسة على أهمية تنمية مهارات الحل الإبداعي للمشكلات، والتفكير المنطقي، والتفكير العلمي، وتقديم الأدلة والاستنتاجات لدى طلاب **STEM**.

وللتعرف على مستوى أداء طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر للمهارات العملية، أجرت الباحثة دراسة استطلاعية تم خلالها تطبيق بطاقة ملاحظة المهارات العملية مكون من

(5) مهارات أساسية موزعة على (15) طالب وطالبة من مدرسة المتفوقين في العلوم التكنولوجيا بالأقصر "غير عينة الدراسة" وقد أسفرت نتائج الدراسة الاستطلاعية عن حصول الطلاب على (3.6) درجة من (10) في المهارات العملية.

تحديد مشكلة البحث:

إن ما سبق عرضه يؤكد على وجود مشكلة في ضعف مستوى أداء الطلاب للمهارات العملية الكيميائية؛ ولذا حاول البحث الحالي علاج هذه المشكلة عن طريق إعداد برنامج مقترح في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية وتقصي فاعليته في تنمية المهارات العملية، باستخدام الروبوت، لدى طلاب مدارس STEM.وتثير مشكلة البحث التساؤلات الأتية:

أسئلة البحث:

1. ما خطوات برنامج قائم على نظرية المرونة المعرفية لطلاب مدارس STEM؟
2. ما فاعلية البرنامج القائم على نظرية المرونة المعرفية في تنمية المهارات العملية باستخدام الروبوت لدى طلاب مدارس STEM؟

فرض البحث:

يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوي (0.05) بين متوسطي درجات طلاب مجموعة البحث قبل دراسة البرنامج وبعده في بطاقة الملاحظة وذلك لصالح التطبيق البعدي.

أهداف البحث:

1. إعداد برنامج مقترح في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية لطلاب مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا.
2. تحديد مدى فاعلية البرنامج المقترح في الكيمياء القائم على نظرية المرونة المعرفية في تنمية المهارات العملية لدى طلاب مدارس STEM.

أهمية البحث:

1. قد يفيد هذا البحث مصممي المناهج والبرامج بوزارة التربية والتعليم باستخدام نظرية المرونة المعرفية في التخطيط لبعض المناهج المتكاملة لطلاب مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا.
2. قد يفيد هذا البحث معلمي الكيمياء بمدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا في إعداد الأنشطة المتكاملة في منهج الكيمياء، وتزويدهم ببرنامج متكامل يساعدهم في توجيه الطلاب أثناء تنفيذ المشروعات.

3. إدماج الروبوت في دروس الكيمياء، وتحقيق التكامل بين مواد STEM لحل المشكلات بطريقة إبداعية؛ قد يفيد في شعور الطلاب بالثقة أثناء تعلم الكيمياء.
4. قد يستفيد من هذا البحث الطلاب من خلال اكتسابهم لبعض المهارات العملية في الكيمياء وحل المشكلات الكيميائية بطريقة إبداعية باستخدام الروبوت.
5. قدم هذا البحث برنامجاً متكاملاً وبطاقة ملاحظة المهارات العملية واختبار مهارات الحل الإبداعي للمشكلات والتي قد يستفيد منها الباحثين الذين يبحثون في نظام تعليم STEM.

حدود البحث:

اقتصر البحث على الحدود التالية:

1. مجموعة مقصودة من طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر في العام الدراسي 2021/2020م.
2. محتوى البرنامج المقترح تضمن مخرجي تعلم: الأول جودة المياه، والثاني تلوث المياه.
3. المشروعات المتضمنة فى البرنامج: مشروع تصميم روبوت لقياس جودة الماء نهاية مخرج التعلم الأول، ومشروع تصميم روبوت لمعالجة تلوث الماء نهاية مخرج التعلم الثاني.
4. استراتيجيات التدريس المستخدمة والقائمة على نظام تعليم STEM: التعلم القائم على المشروعات، والتجارب المعملية.
5. الأدوات التكنولوجية المستخدمة: لوحة التحكم (آردوينو)، وأجهزة استشعار sensors، ودوائر إلكترونية وبرمجيات لتصميم روبوت لحل مشكلة كيميائية.
6. المهارات العملية، وتشمل ثماني مهارات رئيسة، وهي: قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)، وقياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)، وقياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء، واستقصاء عسر الماء عمليا في عينة من مياه جوفية، وكتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر، ومعالجة عينة من مياه الصرف الصحي، توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت، وبرمجة الروبوت.

مواد وأدوات البحث

قامت الباحثة بإعداد مواد وأدوات البحث التالية:

1- مواد البحث:

- برنامج مقترح في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية، وقدم للطالب في صورتين ورقية، وإلكترونية.
- دليل المعلم وقدم في صورة إلكترونية.

2- أدوات البحث:

- بطاقة ملاحظة المهارات العملية.
- اختبار مهارات الحل الإبداعي للمشكلة باستخدام الروبوت.

منهج البحث والتصميم التجريبي:

تم استخدام المنهج التجريبي لمناسبته لطبيعة البحث الحالي، والتصميم التجريبي ذا المجموعة الواحدة والذي يعتمد على القياسين القبلي والبعدي لمتغيرات البحث وهي:

المتغير المستقل: برنامج مقترح في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية.

مصطلحات البحث:

اقتصر البحث الحالي على ايراد التعريفات الإجرائية التالية:

البرنامج المقترح: A suggested Program

يعرف إجرائياً بأنه مخطط تعليمي قائم على نظرية المرونة المعرفية يتضمن مجموعة من الإجراءات، والأنشطة والمشروعات الكيميائية، وتكنولوجيا التعليم، وأساليب تقويم والتي تعتمد على التكامل والدمج بين التخصصات الأربعة: الكيمياء والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات لتنمية المهارات العملية، ومهارات الحل الإبداعي للمشكلات الكيميائية باستخدام الروبوت لدى طلاب مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا.

نظرية المرونة المعرفية: Cognitive Flexibility Theory

عرف حلمي محمد (2015) نظرية المرونة المعرفية بأنها "نظرية بنائية منظوميه لتصميم بيئات التعلم التقليدية، وبيئات التعلم القائمة على الكمبيوتر بهدف تمكين المتعلمين من التطبيق المرن والأفضل لمعارفهم، وإنتاج البنيات المعرفية المرنة المفتوحة، كذلك تمكينهم من الاستجابة الإبداعية التكيفية للمواقف المختلفة".

المهارات العملية: practical Skills

وتعرف إجرائياً في البحث الحالي بأنها: أداء طالب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر **STEM** للتجارب العملية في مادة الكيمياء بدقة مع مراعاة شروط الأمن والسلامة عند ممارسة الأداء، وتقاس ببطاقة ملاحظة المهارات العملية المعدة لذلك.

الروبوت: The Robot

ويعرف إجرائياً بأنه: تقنية تقوم بمهمة محددة بشكل منتظم وقابل للبرمجة، تم تصميمها من قبل طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر، حيث تتم برمجته بواسطة الحاسوب ويستطيع استشعار بيئة العمل المحيطة به والتفاعل معها من خلال حساسات **Sensors**، كما أن الروبوت قادرا على اتخاذ قرارات وإظهار سلوك يدل على الذكاء لحل المشكلة الكيميائية دون تدخل العنصر البشري.

الإطار النظري للبحث:

أولاً: مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا STEM

نشأة مدارس STEM وأهميتها:

في إطار الاهتمام العالمي بإعداد خريج متنور علميا وتكنولوجياً قادراً على حل ما يواجهه من مشكلات ولديه اتجاهات إيجابية نحو ما يتعلمه كان هناك اهتمام وتوجه عالمي يسمي **STEM"" Science, Technology, Engineering, Mathematics** وهو اختصار لأربعة علوم معرفية (العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات) وتتطلب هذه العلوم التكامل والدمج في تعلمها كما أن هذه العلوم تتطلب تجهيز بيئات تعليمية حقيقية وواقعية تساعد الطلاب على الاستمتاع بالأنشطة والمشروعات العلمية (إبراهيم عبد الله وبارعة بهجت ،2015).

لذا كان من الضروري تصميم البرامج التعليمية التي تلبي احتياجات هؤلاء الفئة من الطلاب وتلبي احتياجاتهم وقدراتهم، وتنمي مهاراتهم العملية، من خلال بيئة تعلم ثرية تجذب الطلاب ليتمكنوا من تقديم حلول ابداعية للمشاكل والتحديات التي تواجه جمهورية مصر العربية.

كما أشارت دراسة (Bagiya,2016) أنه من المتوقع بحلول عام2022 سيكون هناك حاجة ماسة إلى حوالي 2.5 مليون عامل إضافي لديهم مهارات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM على مستوى العالم، على الرغم من وجود نقص حوالي40000 من خريجي STEM في السنة، وأوصت الدراسة لسد ذلك العجز بضرورة تطبيق استراتيجيات وأنشطة تفاعلية في مجال العلوم والتكنولوجيا تحقق طموحات الطلاب في عصر التكنولوجيا.

ب- أهم البرامج الداعمة لنظام STEM:

وقد هدفت دراسة أشرف محمود (2017) إلى التعرف على البرامج الداعمة لمدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا في أمريكا واستراليا والاستفادة

منها في مصر (دراسة مقارنة)، وتوصلت الدراسة أنه من أهم عوامل نجاح نظام **STEM** في أمريكا واستراليا هو دعم النظام بحزمة من البرامج التعليمة المختلفة أهمها: برامج تسعى لتنمية مهارات الطلاب الملحقين بنظام **STEM** وتطوير قدراتهم المختلفة، وإجراء البحث العلمي تحت إشراف أعضاء هيئة التدريس، بالإضافة إلي برامج تدعم تكنولوجيا التعليم والاتصالات والروبوت وتنمي التحصيل الأكاديمي، وتشجيع المعلمين على تصميم برامج تدمج محتوي **STEM** عبر التخصصات وتعزز التعلم الفعال وتزيد من فرص الابتكار، كما توصلت الدراسة إلى وجود بعض المشكلات التي قد تؤثر على نظام **STEM** في مصر وتتمثل في:

- لا توجد مناهج محددة وإنما فقط مخرجات تعلم، والاعتماد على التعلم الذاتي وهذا أدى إلى قلق الطلاب وأولياء الأمور من المستقبل.
- ضعف التخطيط لهذا النوع من التعليم في المدارس الابتدائية والاعدادية أدى إلى صعوبة تكيف بعض الطلاب مع هذه النوعية من المدارس.
- معظم البرامج والدورات المقدمة لدعم STEM قاصرة على المعلم وعدم وجود برامج إضافية لتنمية الطلاب في مهاراتهم المختلفة.
- وأوصت الدراسة إلى ضرورة دعم نظام "STEM" بالبرامج المختلفة كما في النظام الأمريكي والاسترالي لتنمية مهارات الطلاب.

جـ- أسس تعليم STEM.

يشير الأدب التربوي إلى أن أسس تعليم STEM تشمل الآتي:

التواصل: Communication

يسعى تعليم **STEM** إلى تحقيق التواصل من خلال: **(Tsupros et al., 2009)**

- تنمية قدرة الطلاب على توصيل أفكارهم للآخرين بطرق متنوعة.
- تدريب الطلاب على التعلم والعمل بشكل تعاوني لأنه أفضل إعداد للمهن المستقبلية.
- تحقيق الترابط بين المدرسة والمجتمع وسوق العمل.

التكامل بين فروع العلم: Integration

يسعى تعليم **STEM** إلى تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات في إطار متكامل عن طريق تزويد الطلاب بالأنشطة التي تظهر وتوضح التكامل بين تلك التخصصات؛ مما يساعد على خلق مسارات وفرص لتزويد الطلاب بخبرات تعليمية ومهنية ذات جودة عالية في هذه التخصصات، وهذا بدوره يؤهلهم إلى وظائف أفضل في المستقبل **. National Academy of Education (NAD, 2009)**.

توظيف الاستقصاء العلمي لإنتاج تصميم تكنولوجي:

يسعى النظام التعليمي في **STEM** إلى نقل الاهتمام من المادة الدراسية إلى المتعلم وحاجاته واستعداداته واهتماماته؛ حتى لا يكون المحتوى مجرد مجموعة من الحقائق والمفاهيم والتعميمات والمبادئ، التي ينبغي على المعلم تدريسها وعلى المتعلم تحصيلها، وذلك من خلال توفير مجموعة الأنشطة والممارسات القائمة على الاستقصاء؛ حيث يتم من خلالها اكتساب معارف، وخبرات إضافية للمهارات العلمية والعقلية، وتوظيفها في إنتاج منتجات تكنولوجية تلبي احتياجات ورغبة الأشخاص، مما يسهم في تكوين الاتجاهات العلمية وإشباع الميول العلمية **(Mosley et al 2016)** .

توظيف التحدي والمنافسة الجماعية:

يسعى تعليم **STEM** إلى التركيز على إثارة التحدي من أجل الإبداع والابتكار لذا فهو يمثل مشروع التعليم للقرن الحادي والعشرين، حيث يقوم على أساس تصميم نموذج مشروع لحل مشكلة ما، على أن يكون لهذا التصميم أساس علمي محدد كنظرية علمية أو مبدأ علمي ومعارف أساسية، حيث ينطلق منها الطالب لحل التحدي لتحقيق الهدف المنشود على أن يتم العمل في إطار مجموعات صغيرة تشجع المنافسة بين المجموعات**(Carter, 2013)** .

وتشير الباحثة أن الدراسة بمدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بمصر تقوم على استخدام طرائق تدريس متعددة أهمها استراتيجية التعلم القائم على المشروعات: كما يتم دراسة وحدات مواد العلوم والرياضيات والتكنولوجيا **STEM** بشكل تكاملي قائم على البحث والاستقصاء من خلال العمل في مجموعات صغيرة، علاوة على التعلم الإلكتروني، وذلك من خلال تحديد مشكلة من التحديات الكبرى التي تواجه جمهورية مصر العربية، والتي توظف من أجلها جميع المواد المختلفة لحل تلك المشكلة المجتمعية، كما أن الدراسة باللغة الإنجليزية لمواد العلوم والرياضيات والهندسة. كما تتبنى تلك المدارس فلسفة التقييم المستمر من خلال بطاقة الملاحظة لأداء الطلاب، وملفات الإنجاز، وقياس مهارات التعلم، وتقيم المشروعات.

(3) مستويات التكامل في STEM:

يعتمد نظام الدراسة في مدارس **STEM** في الأساس على التكامل بين موضوعات العلوم، التكنولوجيا، الهندسة، والرياضيات، وترى الباحثة أن التحدي الأكبر لدى معلم الكيمياء في مدارس **STEM** هو تحديد مستويات التكامل بين الكيمياء وباقي مواد **STEM** وتوضيحها للطلاب في كل حصة دراسية، الأمر الذي قد يؤدي إلى توصل الطلاب بنفسهم إلى تحديد مستويات التكامل بين مواد **STEM**.

ويذكر محمد علي (2017) أن هناك طرق لتكامل الموضوعات التعليمية بمدارس STEM" كما يلي:

- طريقة التنسيق: وفيها يعرض محتوى مادة دراسية بالتزامن عند الحاجة مع مادة دراسية أخرى.
- طريقة التكميل: يتم فيها عرض محتوى مادة دراسية لاستكمال محتوى تعليمي أساسي في مادة دراسية أخرى.
- طريقة الربط: وفيها يتم ربط موضوع محوري أو عمليات متشابهة بين مادتين دراسيتين؛ وذلك ليفهم المتعلم أوجه التشابه والاختلاف بينهما.
- طريقة الاتصال: وفيها يستخدم المعلم أحد التخصصات كطريقة للوصول لموضوعات أخرى من المنهج المقرر على الطالب.
- طريقة الدمج: في هذه الطريقة يتم تنفيذ مشروعات أو موضوعات محورية أو إجراءات تتطلب دمج تخصصين أو أكثر.

وبعد اختيار طريقة التكامل بين الموضوعات يجب على المعلم تحديد مستوى التكامل في STEM ويقصد بمستوى التكامل العمق الذي يتبعه المعلم في دمج الموضوعات لتحقيق الفهم العميق للمفاهيم العلمية لدى المتعلمين.

ويرى كل من Vasquez et al. (2013) أن هناك ثلاثة مستويات للتكامل تم توضيحها بجدول (1):

جدول (1)
مستويات التكامل بين المفاهيم في STEM

مستويات التكامل	شكل التكامل	خصائص التكامل
الأول	المتعدد التخصصات Multidisciplinary	المفاهيم والمها ارت منفصلة في كل تخصص؛ ولكنها ضمن موضوع محوري مشترك بين التخصصات.
الثاني	البين تخصصي Interdisciplinary	ترتبط المفاهيم والمهارات من تخصصين أو أكثر، لتكوّن مفاهيم ومهارات مفتاحية بين التخصصات.
الثالث	العبر تخصصي Transdisciplinary	تطبق المفاهيم، والمهارات المتعلمة من تخصصين أو أكثر، على مشروعات ومشكلة واقعية؛ لتشكيل خبرة التعلم.

د- مشروعات الكابستون بمدارس STEM والهدف منها:

يعرفها القاموس التربوي **The Glossary of Education Reform (2014)** "بأنها مهمة معقدة تتطلب مهارات أكاديمية وخبرة فكرية "وكلمة كابستون تعني حجر الزاوية بالنسبة للفن المعماري والذي يشير إلى اكتمال البناء، كذلك فإن مشروع الكابستون يمثل حجز الزاوية واكتمال برنامج التعلم.

يرى **Kim &wright (2019)** أن خبرة الكابستون خبرة تجريبية تتضمن بحوث فعل تقوم خلالها فرق العمل من الطلاب لحل مشكلة من التحديات الكبرى التي تواجه مصر، حيث تتطلب مشروعات **STEM** للكابستون **STEM Capstone** أسس ومعايير ومهارات أهمها: إظهار المرونة في التفكير والتفكير الناقد، والحل الإبداعي للمشكلات واستخدام التكنولوجيا في التفكير والتواصل مع فرق العمل.

من العرض السابق تتضح أهمية مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا في أنها مدارس تسعي لخلق جيل مبدع يتسلح بمهارات القرن الواحد والعشرين قادرا على حل مواجهة التحديات الكبرى التي تواجهها جمهورية مصر العربية وحلها بطريقة إبداعية، حيث يتم دراسة المفاهيم العلمية بطريقة تكاملية لتحقيق الفهم العميق للمفهوم، وتنفيذ التجارب المعملية للتوصل إلى حل المشكلات، وذلك من خلال بيئة تعلم ثرية قائمة على التعلم بالمشروعات، يكون فيها المتعلم هو محور العملية التعليمية، يتم فيها التكامل بين الكيمياء والمواد العلمية لتحقيق الفهم العميق للمفهوم الكيميائي، وهناك العديد من النظريات الفلسفية التي تدعم نظام **STEM** ومن أهم هذه النظريات نظرية المرونة المعرفية.

ثانياً: نظرية المرونة المعرفية:Cognitive Flexibility theory

مفهوم نظرية المرونة المعرفية:

يعرفها **Lowrey & Kim, (2009, 54)** بأنها نظرية بنائية في التعليم والتعلم تؤكد على ضرورة تقديم المعارف للمتعلمين من زوايا متعددة، ومناظير عقلية مختلفة، وبطرق مختلفة من خلال استخدام الأمثلة العملية المختلفة، واكتساب المعرفة في سياقها.

كما أشار حلمي الفيل (2015) أن نظرية المرونة المعرفة نظرية بنائية منظوميه لتصميم بيئات التعلم التقليدية، وبيئات التعلم القائمة على الكمبيوتر بهدف تمكين المتعلمين من التطبيق المرن والأفضل لمعارفهم، وإنتاج البنيات المعرفية المرنة المفتوحة، كذلك تمكينهم من الاستجابة الابداعية التكيفية للمواقف المختلفة.

ويري كل من **Cheng & Kozallka (2016)** أن نظرية المرونة المعرفية تهدف إلى التفكير المرن أثناء أنشطة التعلم، كما توفر للمصمم التعليم إطار لتطوير بيئة التعلم، والسيناريوهات التي تمكن الطلاب للمشاركة بشكل أكثر فاعلية في أنشطة التعلم، وتطوير الفهم العميق للطلاب عن طريق ربط المفاهيم المجردة، وإعادة ترتيبها، وإنشاء صلات بينها مما يتطلب من المتعلمين التفكير بشكل متكامل وشامل لتلك المفاهيم، الأمر الذي يدعم مهارات المتعلمين.

ج- مبادئ نظرية المرونة المعرفية (Spiro et al., 2003؛ حلمي محمد، 2015).

تجنب التبسيط الزائد: Avoids over simplifying

حيث يقصد بهذا المبدأ التأكد على التعقد المفاهيمي، والتداخل المفاهيمي، والتأكيد على الترابط والتشابك بين المفاهيم، بدلا من المعالجة الخطية للمشكلات التي تواجههم، وذلك لتحقيق الفهم العميق المادة التعلم.

التأكيد على التعليم القائم على الحالة: Emphasizes Case Based Instruction.

ويقصد بهذا المبدأ ضرورة أن يعتمد التعليم على تقديم حالات وأمثلة متعددة عند تقديم المحتوى، حيث إن هذا التنوع يدعم لدى المتعلمين الأسس المفاهيمية **Conceptual Bases** لبناء المعرفة، وتنمية خبرات المتعلمين لتطبيق معرفتهم في سياقات ومواقف جديدة.

تقديم المحتوى بطرق متعددة: Provides Multiple Representation of Content

يقصد بهذا المبدأ ضرورة تقديم المحتوى بطرق متعددة، وإتاحة الفرصة للمتعلمين لتقديم كل منهم ما فهمه بطريقته الخاصة، وبتفسيرات ورؤى متنوعة، الأمر الذي يثري بيئة التعلم، ويراعي أساليب وأنماط التعلم لدي المتعلمين ويمكنهم من التطبيق المرن لمعارفهم ومهاراتهم.

التأكيد على بنية المعرفة وليس نقلها: Emphasizes Knowledge construction not transmission

ويقصد بهذا المبدأ ضرورة مساعدة المتعلمين على بناء تمثيلاتهم المعرفية المعقدة لكي يصبحوا قادرين على استخدامها في المواقف الجديدة، وتكيفها حسب المواقف.

دعم المعرفة المعتمدة على السياق: Support context Dependent knowledge

ويقصد بهذا المبدأ ضرورة تقديم المعرفة للمتعلمين من واقع حياتهم التي يعيشونها وبخبرات حقيقية يمرون بها وهو ما يطلق عليه (التعلم الخبري)؛ لأن هذا من شأنه أن يساعد على حدوث عملية التعلم، ونقل معارف المتعلمين إلى مواقف جديدة.

دعم التعقيد في المعرفة "الترابط" Support Complexity "Interconnectedness"

يقصد بهذا المبدأ ضرورة البعد عن إكساب المتعلمين معارف مجزأة **Compartmentalized** بعيدة عن سياقها، بل ضرورة تقديمها مترابطة ومتكاملة، مع توضيح التشابك والترابط المعرفي والتكامل بين المفاهيم، الأمر الذي يمكن المتعلمين من التعامل مع تعقيدات العالم الخارجي.

د- أهم الاستراتيجيات التدريسية القائمة على نظرية المرونة المعرفية:

يشيرا كل من **Cheng & Kazallka (2016)** إلى أن نظرية المرونة المعرفية تقترح أن التعلم العميق للمتعلمين يتطلب تطبيق إستراتيجيات تدريسية تعمل على انخراط الطلاب في المحتوى التعليمي، وتدعم مهارات التفكير العليا، كما أن مصادر التعلم يجب أن تقدم بطرق متعددة، تتسم بالمرونة. ومن أهم هذه الاستراتيجيات:

استراتيجية التعلم القائم علي المشروعات العلمية في نظام STEM:

يعرفها **Dilekli (2020)** بأنها" استراتيجية تعلم مرتكزة على أداء الطالب في مهمات تعلمية مع أقرانه، تعتمد على التكامل بين التخصصات، وفق خطوات مدروسة تبدأ بالتخطيط، مرورا بالتنفيذ وإنتهاءاً بالتقويم" وهي تعد كدخل لزيادة دافعية المتعلمين وتنمية مهارات حل المشكلات لديهم.

أ-خصائص تعلم STEM القائم على المشاريع STEM PBL:

حددت سمر لاشين (2009) خصائص تعلم **STEM** القائم على المشروعات العلمية، كما يلي:

- دمج مبادئ التصميم الهندسي والتكنولوجيا والرياضيات والعلوم بالمشروعات.
- يعتمد على نواتج التعلم - التعلم جماعي وتعاوني - والمعلم ميسرو يتضمن أنشطة تعاونية مع تحديات ذاتية.
- يعتمد على المعايير ومنها معايير العلوم للجيل القادم NGSS أو المعايير الأساسية المشتركة للرياضيات CCSSM.
- النجاح يكون بالأداء بدل الدرجات.
- يدعم العروض الجماهيرية للمشروعات والطالب هو من يدير وقته.

وترى الباحثة أن التعلم القائم على المشروعات العلمية بنظام **STEM** يجعل المدرسة أكثر نشاطا وفاعلية للطالب، ويحسن التعلم الذي يبقى لفترة طويلة، ويربط الطالب والمدرسة بالمجتمع المحلي، وينمي مهارات النجاح لما بعد الثانوية العامة، كما يتميز بالتنوع في المخرجات والتقويم ويعتمد على الأداء ونتاجات

التعلم، وتغيير طريقة التدريس في العلوم والرياضيات والتكنولوجيا، والمختلفة كلياً عن الفصل التقليدي.

ب ـ خطوات تنفيذ التعلم القائم على المشروعات بنظام STEM:

بعد الاطلاع على دراسة **Davis et al. (2014)** ، وهاشمية الراوي وعايش محمود(2016) يمكن تحديد الخطوات الرئيسة لتنفيذ مشروع بنظام **STEM** على النحو التالي:

تحديد المشروع واختيار نوع المشروع المناسب، فهناك مشاريع بنائية لتصميم التجارب والبحث العلمي، أو لحل المشكلات، أو مشاريع ترفيهية، أو تعلم بعض المهارات العملية، أو تكوين اتجاهات إيجابية لاكتساب الممارسات العلمية وتنمية الاستيعاب المفاهيمي والتفكير الإبداعي، وعلى الطالب طرح الأسئلة بصياغة جيدة وتحديد المشكلة.

التخطيط الجيد للمشروع بوضع خطة مفصلة لتطبيق المشروع وربط الأنشطة والمهارات والتجارب بمنحى ستيم **STEM** وتوضيح المنحى المتكامل وتوزيع الأدوار على الطلبة وتحديد المدة الزمنية لتسليم المشروع ومصادر المعلومات ومصادر التمويل.

تنفيذ المشروع: ويكون المعلم موجها ومرشداً وميسراً ومساعداً للطالب بينما الطالب هو محور العملية التعليمية ويلعب دور الباحث والمخطط والمصمم والمحلل والمقيم والمناقش وعليه الاكتشاف والاستقصاء وحل المشكلات ونقل المشروع من الجانب النظري إلى الواقع الملموس بإشراف المعلم.

كتابة التقرير النهائي وتوثيق ما تم عمله وعرض النتائج، ويجب أن يشتمل التقرير النهائي على اسم المشروع والهدف منه والمدة الزمنية وتكامل جوانب منحى **STEM** وإجراءات المشروع وبطاقات التقويم وأهم التوصيات والمقترحات.

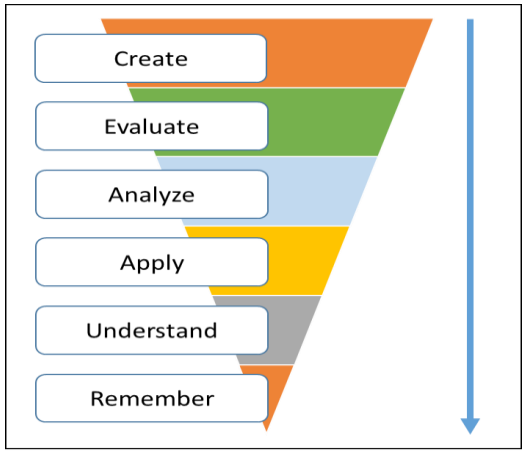
تقويم المشروع: ويمكن هنا استخدام التقويم الذاتي وتقويم واقعي يستند إلى معايير محددة، ومعايير اكتساب المتعلمين للمعرفة والمهارة وللاتجاهات والذكاءات المتعددة.

ج- الأهداف التعليمية في نظام التعلم القائم على المشروعات بنظام STEM:

يؤثر التعلم القائم على المشروعات العلمية على الأهداف التعليمية حيث لابد من مراعاة تأثير انخراط المتعلمين في المشروعات العلمية على تنمية مهارات المستويات العليا، أنه لم تعد الأولوية لقضاء معظم وقت الحصة في

التذكر والفهم وتخصيص وقت صغير لمهارات التفكير العليا كما هو الحال في الفصول التقليدية، حيث إنه عند تطبيق استراتيجية التعلم القائم على المشروعات سيستثمر وقت الحصة في الأنشطة العملية ومهارات التفكير العليا.

وأوضح **Perkins (2016)** أنه من الممكن قلب هرم بلوم نفسه للأهداف التعليمية. أي أنه في نظام التعلم القائم على المشروعات العلمية، ستبدأ عملية التعليم بمستويات أعلى (إنشاء) ثم "تنزل" إلى المستويات الأساسية كما يتضح من الشكل التالي.

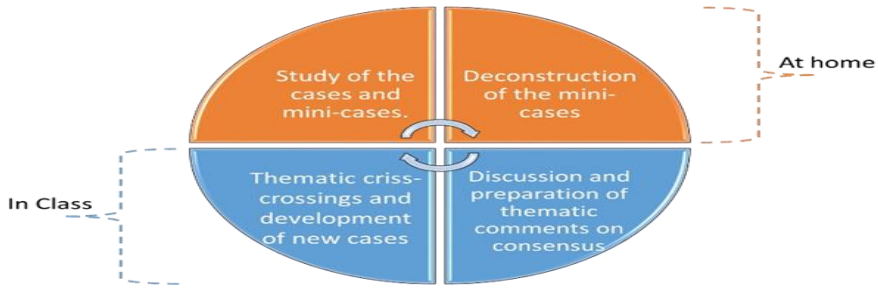


شكل (1)
تصنيف بلوم منقح ومقلوب بناءاً على Prkins (2016)

دمج التكنولوجيا بالتعلم القائم على المشروعات:

قدم كل من **Malik and Zhu (2022)** مقترحاً لتطبيق التعلم القائم على المشروعات خلال جائحة الكورونا **Covid-19**؛ حيث أكدا على ضرورة دمج التكنولوجيا والمنصات التعليمية لتغطية معظم جوانب التعلم بشكل فعال. و يتم عرض المفاهيم بطريقة مرنة ومتعددة الأبعاد مترابطة متكاملة، تسعى إلى دور أكبر للطلاب في فهم التكامل وتشابك العلاقات بين المفاهيم المتعددة وتقديمها في سياق، والتي تسترشد بنظرية المرونة المعرفية بشكل أساسي في سياق التعليم عن بعد، أو وجها لوجه داخل الفصل الدراسي؛ حيث تم تقسيم عملية التعلم القائمة على المشروعات العلمية في الأنشطة خارج الفصل الدراسي (عبر الإنترنت) وفي الفصل الدراسي (وجهاً لوجه) **الموضحة بشكل (2) :**

أتضح من الشكل السابق أنه عند دمج التكنولوجيا ببيئة التعلم القائم على المشروعات في ضوء نظرية المرونة المعرفية، من الممكن أن تقسم إلى:



شكل (2)
التعلم القائم للمشروعات داخل وخارج الفصل الدراسي

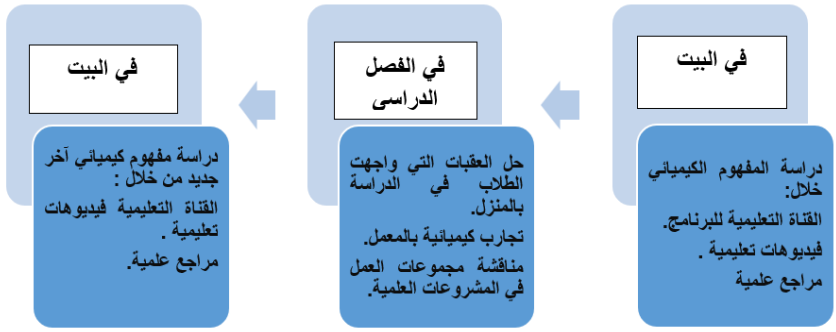
التعلم عن بعد، ويتضمن خطوتين:

- الخطوة الأولي: الاطلاع على الحالات والحالات الصغرى ويقصد بها تحديد المفاهيم والمبادئ ونظريات العلماء.
- الخطوة الثانية: تطبيق أنشطة مختلفة من خلال بيئة تعلم افتراضية ينشئها المعلم؛ لتحقيق الفهم العميق للمفهوم، وتسهيل التواصل بين المتعلمين بعضهم البعض وبين المتعلمين والمعلم، وعلى المعلم في هذه المرحلة تسجيل كل تعليقات وأراء، وتساؤلات المتعلمين؛ حيث إن تسجيل وتعليقات وآراء الطلاب هام جداً في هذه المرحلة، حيث إنها تساعد المعلم في تحديد الصعوبات والتخطيط الجيد لمراحل المشروع.

التعلم وجهاً لوجه، ويتضمن خطوتين:

الخطوة الأولى: يتم فيها مناقشة التعليقات والصعوبات التي واجهت الطلاب في التعلم عن بعد.

الخطوة الثانية: عبور التخصصات، وإدراك التشابك والتكامل بين المفاهيم، وإيجاد تطبيقات جديدة للمفهوم، من خلال تنفيذ المشروعات العلمية والتي تركز على مهارات التفكير العليا كالتحليل والتقويم. ويوضح شكل (3) سير الأنشطة التعليمية في التعلم القائم على المشروعات بنظام STEM.



شكل (3)
سير الأنشطة التعليمية في التعلم القائم على المشروعات بنظام STEM
"تصور الباحثة"

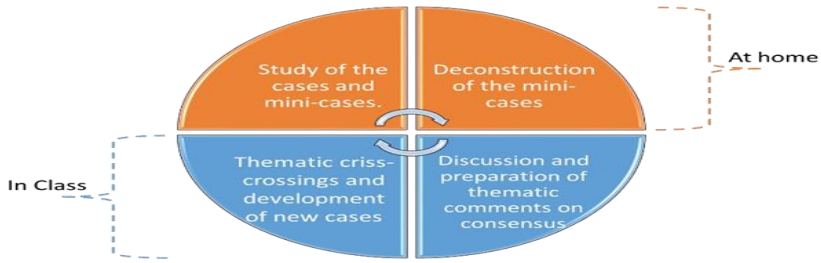
اتضح من شكل (5) أنه عند دمج المنصات التعليمية بنظام التعلم القائم على المشروعات سيتم إنجاز وتغطية جوانب المشروع؛ حيث إنه في المنزل سيتمكن المتعلم من دراسة المفهوم الجديد من خلال القناة التعليمية أو الروابط التعليمية الموثقة، أو الفيديوهات التي أعدها المعلم، وتعزز حصول المتعلم على المعلومات بشكل صحيح. وبالتالي سيصبح الفصل الدراسي مكاناً للأنشطة التي يحتاج فيها المتعلم إلى تطبيق المعرفة، وتعزيز النشاط التعاوني، وتنفيذ المشروعات العلمية.

ومن العرض السابق يتضح أهمية إستراتيجية التعلم بالمشروعات العلمية بنظام **STEM** في تنمية المهارات العليا للطلاب. ومن هنا ترى الباحثة أنه عند تدريس مفهوم الرابطة الأيونية والرابطة التساهمية كمثال، من الممكن البدء بنشاط معملي عن قدرة المركبات الأيونية على توصيل الكهرباء ومن هذا النشاط يتم تحليل النتائج ثم تصنيع المركبات طبقاً لقدرتها على التوصيل الكهربي ثم يختم الدرس بتقديم مفهوم الرابطة الأيونية، والرابطة التساهمية. وبذلك تم التركيز على مهارات التفكير العليا ببيئة الفصول المعكوسة القائمة على نظرية المرونة المعرفية، حيث إن التركيز على مستويات التعلم المتقدمة من أهم مبادئ نظرية المرونة المعرفية.

دمج التكنولوجيا بالتعلم القائم على المشروعات:

قدم كل من **Malik and Zhu (2022)** مقترحاً لتطبيق التعلم القائم على المشروعات خلال جائحة الكورونا **Covid-19**؛ حيث أكدا على ضرورة دمج التكنولوجيا والمنصات التعليمية لتغطية معظم جوانب التعلم بشكل فعال. و يتم عرض المفاهيم بطريقة مرنة ومتعددة الأبعاد مترابطة متكاملة، تسعى إلى دور أكبر للطلاب في فهم التكامل وتشابك العلاقات بين المفاهيم المتعددة وتقديمها في سياق، والتي تسترشد بنظرية المرونة المعرفية بشكل أساسي في سياق التعليم عن

بعد، أو وجها لوجه داخل الفصل الدراسي؛ حيث تم تقسيم عملية التعلم القائمة على المشروعات العلمية في الأنشطة خارج الفصل الدراسي (عبر الإنترنت) وفي الفصل الدراسي (وجهاً لوجه) الموضحة بشكل (4) :



شكل (4)
التعلم القائم للمشروعات داخل وخارج الفصل الدراسي

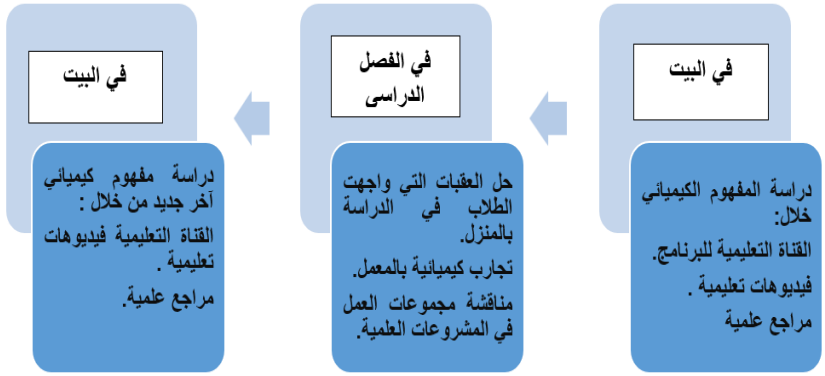
اتضح من الشكل السابق أنه عند دمج التكنولوجيا ببيئة التعلم القائم على المشروعات في ضوء نظرية المرونة المعرفية، من الممكن أن تقسم إلى:

التعلم عن بعد، ويتضمن خطوتين:

- الخطوة الأولي: الاطلاع على الحالات والحالات الصغرى ويقصد بها تحديد المفاهيم والمبادئ ونظريات العلماء.
- الخطوة الثانية: تطبيق أنشطة مختلفة من خلال بيئة تعلم افتراضية ينشئها المعلم؛ لتحقيق الفهم العميق للمفهوم، وتسهيل التواصل بين المتعلمين بعضهم البعض وبين المتعلمين والمعلم، وعلى المعلم في هذه المرحلة تسجيل كل تعليقات وأراء، وتساؤلات المتعلمين؛ حيث إن تسجيل وتعليقات وآراء الطلاب هام جداً في هذه المرحلة، حيث إنها تساعد المعلم في تحديد الصعوبات والتخطيط الجيد لمراحل المشروع.

التعلم وجهاً لوجه، ويتضمن خطوتين:

- الخطوة الأولى: يتم فيها مناقشة التعليقات والصعوبات التي واجهت الطلاب في التعلم عن بعد.
- الخطوة الثانية: عبور التخصصات، وإدراك التشابك والتكامل بين المفاهيم، وإيجاد تطبيقات جديدة للمفهوم، من خلال تنفيذ المشروعات العلمية والتي تركز على مهارات التفكير العليا كالتحليل والتقويم. ويوضح شكل (5) سير الأنشطة التعليمية في التعلم القائم على المشروعات بنظام STEM.



شكل (5)
سير الأنشطة التعليمية في التعلم القائم على المشروعات بنظام STEM
"تصور الباحثة"

اتضح من شكل (5) أنه عند دمج المنصات التعليمية بنظام التعلم القائم على المشروعات سيتم إنجاز وتغطية جوانب المشروع؛ حيث إنه في المنزل سيتمكن المتعلم من دراسة المفهوم الجديد من خلال القناة التعليمية أو الروابط التعليمية الموثقة، أو الفيديوهات التي أعدها المعلم، وتعزز حصول المتعلم على المعلومات بشكل صحيح. وبالتالي سيصبح الفصل الدراسي مكاناً للأنشطة التي يحتاج فيها المتعلم إلى تطبيق المعرفة، وتعزيز النشاط التعاوني، وتنفيذ المشروعات العلمية.

هدفت دراسة حلمي محمد (2013) إلى تصميم مقرر إلكتروني قائم على مبادئ نظرية المرونة المعرفية ودراسة أثره في تنمية الذكاء المنظومي وخفض العبء المعرفي لدى طلاب كلية التربية النوعية جامعة الإسكندرية، وتوصلت الدراسة إلى وجود فروق دالة إحصائياً بين متوسطي درجات طالبات المجموعتين التجريبية والضابطة في القياس البعدي لقدرات الذكاء المنظومي لصالح طالبات المجموعة التجريبية، وأوصت الدراسة بتقصي أثر نظرية المرونة المعرفية على بعض المتغيرات التعليمية.

كما هدفت دراسة **Erarslan et al. (2021)** إلى تقصي فاعلية بيئة تعلم افتراضية قائمة على نظرية المرونة المعرفية في تنمية مهارات حل المشكلات، وتم تطبيقها على عينة من طلاب الجامعة بدولتي روسيا وإيران أثناء جائحة كورنا **Covid- 19** في ربيع 2021.

توصلت الدراسة إلى فاعلية بيئة التعلم الافتراضية القائمة على نظرية المرونة المعرفية في تنمية مهارات حل المشكلات، كما أكدت الدراسة بأن نظرية المرونة المعرفية قادرة على تلبية المتطلبات المعرفية للمشهد التعليمي المتغير

كلياً أثناء جائحة كورونا؛ حيث أصبحت تصميم بيئات تعليمية قائمة على نظرية المرونة المعرفية أمراً ضرورياً للتكيف مع هذه المتغيرات.

ويتضح من العرض السابق أهمية نظرية المرونة المعرفية كنموذج نظري لتصميم بيئات التعلم، لتحرير الطاقات الإبداعية لدى المتعلمين، وإعطاء حلول إبداعية للمواقف والمشاكل المعقدة وتدعيم مهارات القرن الواحد والعشرين.

ثالثاً: المهارات العملية:

أصبح التقدم العلمي المتنامي والمتسارع الحادث في المجتمع يستلزم ضرورة اكتساب المهارات العملية والعقلية والاجتماعية ومهارات الاتصال، الأمر الذي ينعكس بدوره على المؤسسات التربوية. لذا تولي الاتجاهات الحديثة في التربية العلمية في المعمل، والأنشطة المعملية أهمية كبرى دوراً بارزاً في تدريس العلوم بصفة عامة، وتدريس الكيمياء بصفة خاصة؛ حيث أصبح من المتعذر والمستحيل تحقيق التربية العملية في غياب المعامل من جهة، واستخدام تكنولوجيا التعليم من جهة أخرى.

أ- مفهوم المهارات العملية وأهميتها:

يعرف كل من **Wood and Belvins (2019)** المهارات العملية في تدريس العلوم بأنها تلك المهارات التي يتم تنميتها من خلال الملاحظة، والإثبات، والمناورة أو المعالجة، والتطبيق للمبادئ العلمية، وذلك من خلال الأدوات والمعدات العلمية.

وقد أوجز شكري سيد (2002) أهمية المهارات العملية في العملية التعليمية في النقاط التالية:

يتيح أداء المهارات العملية الفرصة أمام المتعلم لتنمية التفكير العلمي السليم بصفة عامة والتدريب على حل المشكلات بصفة خاصة.

يجعل أداء المهارة العملية المتعلم مشاركاً نشطاً في عملية التعلم، فهو يجمع البيانات، ويبحث ويكشف علاقات، ويكون مفاهيم، ويحل مشكلات، يستنتج أو يستدل، يفسر ويحلل، وكل هذه مهارات مطلوبة للتعلم.

يعتبر أداء المهارة العملية مناسباً لجميع المتعلمين عادين وغير عادين؛ فهو مناسب لغير العادين كبطيء التعلم، والموهوبين؛ حيث يسير كل فرد في المعمل بسرعته الخاصة مما يؤدي إلى زيادة تقديريه لذاته.

يجعل المهارة العملية التعلم عملية مشوقة حيث تبعده عن الملل الذي قد يصيبه في تعليم الجانب النظري والتجريدي البحت.

تنمي المهارات العملية لدى المتعلم عدة مهارات، منها: مهارة العمل الجماعي، والتنظيم والتعامل مع الأدوات بالإضافة أنها تكسب المتعلم بعض القدرات على الاستنتاج والتفسير والصبر.

ويضيف **Sarmiento (2018)** أن المهارات العلمية التي يكتسبها الطلاب في المعمل من أحد الركائز الأساسية في تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات **STEM** حيث إن لها بعداً آخر وهي مساعدة الطلاب على أدراك التكامل بين مواد **STEM** وإدراك العلاقات بين المفاهيم العلمية، بالإضافة إلى ذلك فإن إكساب المهارات العلمية لدى طلاب **STEM** يساهم في زيادة النشاط الديناميكي والتعاون في أبحاث **STEM** والمشاركات الحوارية لدى مجموعات العمل في المشروعات العلمية الأمر الذي قد يصب في فهم العلاقات والتكامل بين مواد **STEM**.

ب- خصائص المهارات العملية:

حددت ضاوية ميلاد (2010) خصائص المهارات العملية وهي:

- المهارة تتطلب قدرا من المعرفة بهذه المهارة ومعلومات عنها.
- تنمو المهارة عن طريق الممارسة والتدريب.
- كي يتقن الفرد المهارة يجب أن يكون لديه معرفة بالاستخدام الصحيح للأدوات اللازمة لها.
- أنها تساعد المتعلمين على التعامل الذكي مع حل المشكلات اليومية وبأسلوب يتميز بالدقة والموضوعية والمرونة، كما أنها تساعد المتعلمين متى اكتسبوها على التعلم الذاتي.

جـ- تصنيف المهارات العملية:

صنف عبد الله محمد (2005) المهارات العملية في المختبر إلى خمس مجموعات: مهارات مكتسبة، مثل: الملاحظة، والاستقصاء، وجمع البيانات، ومهارات تنظيمية، مثل: التسجيل، والمقارنة، والتنظيم، والتقويم، والمراجعة، والتحليل، ومهارات إبداعية، مثل: التخطيط، والتركيب، ومهارات التحكم: مثل: استخدام الأجهزة والأدوات، وصيانتها وصنعها، والعرض، ومهارات الاتصال، مثل: طرح الأسئلة، والتفسير، وعمل التقارير، والكتابة، والنقد.

كما يمكن تصنيف المهارات العملية إلى عدة أنواع طبقاً للقائم بها، وكذلك طبقا للأهداف التي تسعى إلى تحقيقها من إجراء القيام بها كالتالي: (شكري سيد، 2002).

1- أنواع المهارات العملية من حيث القائم بها

- نشاط فردي: يقوم الطالب بالنشاط بمفرده طبقاً لما هو مطلوب منه، حيث يستغرق هذا النشاط وقتاً وجهدا أقل.
- نشاط جماعي (مجموعة صغيرة): حيث يقسم الطلاب إلى مجموعات صغيرة تقوم كل مجموعة بمهمة أو مهام معينة، ويتم تقويم النشاط طبقاً لما ساهم به كل طالب في النشاط.
- مشروع: يقوم به طالب واحد أو مجموعة طلاب، حيث يحتاج تنفيذه إلى وقت كبير وجهد أكثر ويستغرق مدى زمني أطول (شهر أو شهرين).

2- أنواع المهارات العملية من حيث أهدافها:

- استكشافية: تهدف إلى إتاحة الفرصة أما الطالب لفحص الأجهزة والمعدات والتعرف عليها إذا لم تكن مألوفة بالنسبة له.
- تمهيدية: تهدف إلى تقييم الأفكار والمفاهيم عن طريق تداول الأدوات المحسوسة التي تسبق التعرف عليها في الأنشطة الاستكشافية والتفاعل معها والتعامل مع الموضوعات من خلال شكل عملي محسوس.
- تطويرية: تهدف إلى تثبيت أو تعزيز ما اكتسبه الطالب خلال الأنشطة الاستكشافية والتمهيدية، ويمارسها الطالب بعد أن يكون قد اكتسب الفكرة الأساسية ليبرهن على مدى فهمه لها.

د-تقويم المهارات العملية:

يشير شكري سيد (2002). أنه ليس الهدف من تقويم المهارة العملية فقط مجرد التأكد من قيام المتعلم بخطوات محددة بشكل صحيح وفق ترتيب معين، ولكن من المهم أن يكون المتعلم مدركاً لماذا يقوم بهذه الخطوات، كما أن هناك طريقتان لتقويم المهارات العملية:

الطريقة الكلية:

وهذه الطريقة لا تحتاج إلى ملاحظة المتعلم أثناء المهارة، حيث يكون المحك أو المعيار هو الإنتاج (صحة الناتج- جودة العمل- معدل الأداء أو سرعته)

الطريقة التحليلية:

حيث تقوم على ملاحظة المتعلم أثناء أدائه للمهارة المراد تقويمها، وتطلب هذه الطريقة تحليل المهارة إلى خطوات أو عمليات أو أنماط سلوك، ينبغي على المتعلم أن يقوم بها أثناء الأداء، ويتم توضيح هذه الخطوات في بطاقة الملاحظة، التي توضع فيها درجة بناءً على كفاءة الأداء، والمدة الزمنية التي استغرقها في الأداء.

هدفت دراسة كل من عبد الله عبد العزيز وعبد الله سليمان (2022) إلي بناء برنامج تدريسي قائم على التعلم النشط، وقياس فاعليته في تنمية المهارات العملية بمقرر الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي بالمملكة العربية السعودية. حيث تكونت عينة الدراسة من (٦٠) طالباً، وقسمت إلى مجموعتين (30) طالباً بالمجموعة التجريبية، و(30) طالباً بالمجموعة الضابطة. وتوصلت الدراسة إلى فاعلية البرنامج في تنمية المهارات العملية بمقرر الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي.

رابعاً: تكنولوجيا الروبوت التعليمي:

أ- مفهوم الروبوت التعليمي ومكوناته:

عرف **Kally (2010)** بأنه "جهاز يتفاعل مع محيطه، ويعمل بشكل مستقل". وعرفته بثينة الهباهبة (2010) بأنه "جهاز ميكانيكي يعمل وفقاً لبرنامج مسجل داخل العقل الإلكتروني الخاص به ويساعده في ذلك مكوناته المادية".

يتكون الروبوت التعليمي من أربع مكونات أساسية، كما هو موضح في شكل (7) أشار إليها كل من: عبد الله محمد (2005)؛ **Wagner (2012)** وهي:

- المكونات الميكانيكية: ويقصد بها الهيكل الخارجي للروبوت.
- المكونات الإليكترونية: ويقصد بها المركبات، والحساسات**Sensors**، والملتقطات، والعقل الإلكتروني، ولوحة التحكم، وغيرها من المكونات الأخرى.
- المكونات البرمجية أو الحاسوبية: يقصد بها البرامج الحاسوبية المستخدمة لكتابة الأوامر التي يقوم الروبوت بتنفيذها.

ب-أهمية دمج الروبوت في العملية التعليمية:

أن استخدام الروبوت في العملية التعليمية أصبح ملحاً في العصر الحالي؛ حيث يحقق الروبوت التعليمي العديد من الفوائد التربوية والتي من أهمها، تطوير طرق وعمليات التفكير العليا وتنمية أنماط التعلم القائم على الفهم والإقناع، وأن تصميم الروبوت في بيئة التعلم له فوائد كثيرة مرجوة في العملية التعليمية تتضاءل أمامها الفوائد الأخرى التي أجريت على الآلاف من البحوث في البرامج والتطبيقات التفاعلية الافتراضية، والتي كانت تحاول استخدام تشكيلة متنوعة من المثيرات والوسائط التفاعلية وتسعى لاعتبار البعد الثالث (**3D**) في العملية التعليمية، حيث قد يسهم الروبوت في استخدام نمط جديد من التعلم الفعال في مواقف التعلم الحقيقية داخل الفصول الدراسية أو المختبرات (هاشم سعيد، 2016؛ **Sturm,2013)**

يشير هاشم سعيد (2016) أن تصميم الروبوت في بيئة التعلم يدعم العمل التشاركي عن طريق التعلم القائم على المشروعات، حيث يساعد الروبوت الطلاب في التعلم عن طريق البحث والاكتشاف في إطار القيام بالمشروعات البحثية، وبذلك يسهم في استكشاف الطلاب لموضوعات المنهج.

قدم كلاً من **(Spahos & Karagiorgou ,2016)** مشروع الروبوت في الكيمياء **Chemobot chemistry with robot** في المسابقة النهائية للتعليم الملهم كأفضل مشروع للتعليم الملهم والذي عقد قى اليونان 2016 حيث هدف المشروع الي التوصيل بين الكيمياء والروبوت **"chembot"** في صورة أنشطة تسمي **chembot activity** مثل تصميم روبوت يقيس العلاقة بين الرقم الهيدروجيني **PH** والتغير في درجة الحرارة وطبق المشروع على طلاب المرحلة الثانوية وتوصل المشروع الي أهمية ربط الروبوت بالأنشطة الكيميائية.

ترى الباحثة أن من متطلبات مشروع الروبوت الكيميائي **CHEMBOT** العمل في فريق للقيام بتصميمه، حيث يتم توزيع الأدوار بين الطلاب (قائد، مبرمج، مصمم، متابع.....) كما سيسمح للطلاب إلي ضرورة التكامل بين المواد الأكاديمية المختلفة وتطبيق قوانين العلوم والرياضيات والإلكترونيات مما قد يحقق مبادئ نظرية المرونة المعرفية، لتأكيد المقولة الشهيرة لأحد خبراء الروبوت أن الروبوت هو العلم الذي جمع كل العلوم، مما قد يتيح الفرصة للطلاب لتنمية مهاراتهم العملية.

إجراءات البحث:

يمكن عرض إجراءات البحث كالآتي:

أولاً: إعداد مواد وأداة البحث:

(1) إعداد البرنامج المقترح القائم على نظرية المرونة المعرفية، ويتضمن:

1- فلسفة البرنامج:

تقوم فلسفة البرنامج المقترح فى الكيمياء لتنمية المهارات العملية ومهارات الحل الإبداعي للمشكلات باستخدام الروبوت لدى طلاب مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا **STEM** على نظرية المرونة المعرفية ؛ حيث يتعرض الطلاب لبيئة تعلم ثرية تتم فيها ممارسة الأنشطة المتنوعة من تجارب كيميائية وتنفيذ مشروع هندسي باستخدام الروبوت لحل مشكلة ملحة تواجه مصر على غرار مشروعات الكابستون في مدارس **STEM**؛ الأمر الذي يصب في اكتساب الطلاب لمهارات القرن الواحد العشرين؛ ليصبحوا قادرين على التنافس في الاقتصاد السوق العالمي، حيث ترتكز مبادئ نظرية المرونة المعرفية علي مايلي:

- إحداث التكامل التام، والتشابك، وإدراك العلاقات بين التخصصات المختلفة في STEM حيث يطلب من المتعلم ربط المفهوم الكيميائي مع باقي تخصصات STEM مما يصب في تحقيق الفهم العميق للمفهوم.
- صنع المعلومة: حيث يصمم الطلاب مشرع هندسي ابتكاري باستخدام الروبوت في حل مشكلة كيميائية بطريقة إبداعية.

جـ- تقديم المحتوى بطرق متعددة لتعزيز التطبيق المرن للمعرفة واستخدام التطبيقات التكنولوجية حيث إنها جزء لا يتجزأ من نظام STEM.

2- تحديد أسس بناء البرنامج المقترح:

قامت الباحثة بإعداد قائمة بالأسس التي تم في ضوئها إعداد البرنامج المقترح القائم على نظرية المرونة المعرفية لتدريس الكيمياء لطلاب الصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM**، وذلك على النحو التالي:

أ-الهدف من القائمة:

تحديد الأسس التي سيتم في ضوئها إعداد البرنامج المقترح فى الكيمياء لطلاب الصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM**.

ب- مصادر اشتقاق القائمة:

تم اشتقاق القائمة في ضوء كل من:

- الكتابات والدراسات التي تناولت تصميم البرامج في ضوء نظرية المرونة المعرفية.
- خصائص طلاب الصف الثاني بمدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجياSTEM.
- الأساليب والاتجاهات التربوية الحديثة في تدريس الكيمياء.
- استراتيجية التعلم القائم على المشروعات الملائمة للبرنامج.

الصورة المبدئية للقائمة:

تم التوصل إلى قائمة مبدئية بالأسس التي يجب توافرها عند إعداد البرنامج القائم على نظرية المرونة المعرفية، وتتضمن: تحديد أهداف البرنامج، ومحتواه، وأنشطته، ووسائله، واستراتيجيات التدريس، ووسائل التقويم، وتنظيم العمل داخل حجرة الدراسة.

د-عرض القائمة على مجموعة من المحكمين(*):

بعد الانتهاء من إعداد القائمة في صورتها المبدئية تم وضعها في صورة استبانة عُرضت على مجموعة من المحكمين المتخصصين في تدريس العلوم لإبداء آرائهم حول:

- مدى ملاءمة الأسس المعيارية لخصائص طلاب الصف الثانوي بمدارس STEM
- مدى ملائمة الأسس المعيارية للاتجاهات التربوية الحديثة في إعداد برامج تدريس العلوم بصفة عامة وتدريس الكيمياء بصفة خاصة.
- مدى ملاءمة كل معيار للمحور الذي يندرج تحته.
- إضافة ما يرونه من محاور لم تذكر.

وبناءً على آراء المحكمين تم إعادة صياغة بعض العبارات وإضافة وحذف بعض العبارات.

هـ- التوصل إلى الصورة النهائية لقائمة أسس بناء البرنامج المقترح:

بعد التعديل في ضوء آراء المحكمين تم التوصل إلى الصورة النهائية للقائمة(*) والتي في ضوئها تم إعداد البرنامج المقترح.

3- تحديد خصائص الفئة المستهدفة:

- وهم طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر STEM LUXOR.
- تتراوح نسب الذكاء الانحرافي لأفراد الفئة المستهدفة من (125 – 140) درجة.
- يتراوح العمر الزمنى لأفراد الفئة المستهدفة من 16-17سنة.
- تقارب المستوى الثقافي والاجتماعي والاقتصادي.
- يمتلكون مهارة التعامل مع جهاز الحاسوب وشبكة الإنترنت.

4- تحديد الأهداف العامة للبرنامج المقترح:

يهدف برنامج الكيمياء المقترح القائم على نظرية المرونة المعرفية إلى:

- إكساب الطلاب معلومات علمية متكاملة ومترابطة وبصورة وظيفية.
- تنمية المهارات العملية لدى الطلاب.

(*) ملحق(1) قائمة بأسماء السادة المحكمين ص105

(*) ملحق (2) قائمة أسس البرنامج المقترح ص106

5- تحديد محتوى البرنامج:

بعد مراجعة وتوصيف مقرر الكيمياء لطلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا **STEM** والاطلاع على توصيف مقررات الفيزياء، والأحياء، وعلوم الأرض، والرياضيات، والميكانيكا، والتكنولوجيا، وبعد إجراء عدة مقابلات مع معلمي الكيمياء بمدارس **STEM** وخبراء وموجهي مادة الكيمياء وأفرع مواد**STEM**، ودراسة تحدي الكابستون الخاص بالصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM** استقر الرأي على اقتراح مخرجي تعلم وهما، مخرج تعلم الأول: جودة المياه، ومخرج تعلم ثاني: تلوث المياه، وذلك للأسباب التالية:

- يعتبر موضوع مخرجي التعلم من الموضوعات الهامة المرتبطة بحياة الطالب اليومية.
- قد يحتوي مخرجي التعلم على مفاهيم مجردة تحتاج التكامل مع المواد الأخرى لتحقيق الفهم العميق للمفهوم.
- موضوع مخرجي التعلم من الممكن أن يحتوي علي الأنشطة الثرية التي تحتاج إلى التكامل مع باقي مواد STEM والتي تحتاج إلي الإبداع في التصميم، بالإضافة إلى العديد من التجارب المعملية التي قد تزيد من المهارات العملية لدى الطلاب المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بمدارس STEM.

روعي عند تصميم محتوى البرنامج تحقيق التكامل بين مجالات **STEM**، ولقد استخدمت الباحثة في البحث الحالي طرق التكامل الخمس (التنسيق، التكميل، الربط، الاتصال، الدمج)، فعند دراسة مفهوم الأملاح الذائبة في الماء مثلا بمخرج التعلم الأول بالبرنامج المقترح للصف الثاني الثانوي تم توضيح سبب وجود هذه الأملاح في الماء حسب ما تم دراسته في درس الصخور بمادة الجيولوجيا في مخرج التعلم الأول ، كما تم الاتصال بدرس الأملاح الذائبة في الماء **TDS**ودرس درجة التوصيل الكهربي في الفيزياء بمخرج التعلم الثاني بالفصل الدراسي الأول للصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM**، كما تم الربط بين مفهوم قياس نسبة البكتريا في الماء **BOD** بمخرج التعلم الأول بالبرنامج المقترح ودرس الأمراض الناتجة من تلوث الماء في مادة البيولوجي في الفصل الدراسي الأول للصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM** كما أتبعت الباحثة طريقة المزج في تنفيذ المشاريع الإبداعية باستخدام الروبوت**Robot** من خلال توظيف مفاهيم علوم الحاسب والميكانيكا والهندسة والفيزياء في تصميم روبوت قادراً على حل مشكلة كيميائية بطريقة إبداعية.

كما استخدمت الباحثة في البحث الحالي المستوي الثالث للتكامل (العبر تخصصي) لتنمية مهارات الحل الإبداعي للمشكلات الكيميائية لدى طلاب الصف الثانوي بمدارس **STEM** وذلك عن طريق تكليف الطلاب بتصميم مشروع روبوت، والذي يتطلب عند تصميمه تطبيق ما تعلمه الطالب من مفاهيم علمية في

الفيزياء، والميكانيكا، وعلوم الحاسب والكيمياء، والتكامل فيما بينها وربطها بالحياة الواقعية، مما قد يساعد على نقل خبراتهم التعليمية إلى أرض الواقع.

ويوضح الجدول التالي عنواني مخرجي التعلم والوصف العام لكل مخرج تعلم والمفاهيم الأساسية المتضمنة لمخرج التعلم.

جدول (2)
مخرجي التعلم والوصف العام لمخرج التعلم والمفاهيم المتضمنة

مخرج التعلم	الوصف العام	المفاهيم المتضمنة	مشروع مخرج التعلم
الوحدة الأولى: معايير جودة المياه	وصف طبيعة الماء ومعايير جودة المياه	طبيعة المياه الأملاح الذائبة في الماء الأكسجين الذائب في الماء عسر الماء.	تصميم روبوت لقياس جودة الماء
الوحدة الثانية: ملوثات المياه ومعالجتها	تحديد ملوثات الماء والأمراض الناتجة عنها، وكيفية معالجة تلوث الماء.	تلوث الماء. معالجة تلوث الماء.	تصميم روبوت يعمل على معالجة دون تدخل عنصر بشري.

6-تحديد استراتيجيات التدريس المستخدمة بالبرنامج:

بيئة تعلم البرنامج مرتكزة على الفصول المنعكسة القائمة على نظرية المرنة المعرفية، حيث قامت الباحثة بتطبيق عدة استراتيجيات تراعي وجود الطالب في المدرسة أو دراسته عن بعد للمفاهيم الكيميائية، وهذه الاستراتيجيات هي: استراتيجية التعلم القائم على المشروعات، والتجريب المعملي، والخرائط الذهنية.

7- تحديد الوسائط التعليمية:

مرت هذه المرحلة بأربع خطوات:

أ- تحليل التكنولوجيا المتوفرة:

قامت الباحثة بتحليل التكنولوجيات التي اختارتها من خلال الجدول التالي:

جدول (3)
التكنولوجيات المستخدمة ببرنامج الكيمياء القائم على نظرية المرونة المعرفية

التكنولوجيات المستخدمة	سبب الاختيار
الكتاب الإلكتروني E-Book	-يقدم الكتاب التفاعلي المحوسب المعلومات بطريقة تشابه الواقع المحسوس المشاهد الذي يعيشه المتعلم حيث يتم تحويل المعلومات من الشكل المجرد النظري إلى الشكل الحي الواقعي. -سهولة إدراج وسائط متعددة (نص – صور – أصوات – مقاطع فيديو رسومات). -سهولة التنقل بين الصفحات بشكل غير خطى (تفرعي) من خلال الضغط على كلمة او صورة -إمكانية وضع الروابط لمواقع أخرى خارجة.
ميكروسوفت تيمز Microsoft Teams	تم اختيارها كمنصة تعليمية اجتماعية مجانية لتشارك الطلاب لما تقدمه من خدمات وهي: امتلاك الطلاب لحساب ميكروسوفت مما يمكن لهم الدخول على القناة عبر ميكروسوفت تيمز مباشرة. توفير أنواع متعددة من الأسئلة التي يمكن استخدامها في إنشاء الاختبارات الإلكترونية، مع التصحيح التلقائي لها وتوفير إمكانية إعطاء التغذية الراجعة. وجود جدول أعمال "تقويم (Calendar) لتحديد أوقات الامتحانات وتسليم الواجبات والمهام الأخرى.. تقيم أعمال الطلاب والاطلاع على دراجاتهم وحلهم للمهمات من خلال سجل تقدم المتعلم. استخدام تطبيقات وبرامج تعليمية ومواقع مختلفة. إعطاء فرصة للطلبة المتفوقين المشاركة بفاعلية وإبداء أراءهم. إجراء المناقشات التّفاعلية «online discussions» حول الموضوعات المهمّة. امكانية تسجيل الاجتماعات لمشاهدتها بشكل غير متزامن.
دائرة أردوينو محسسات sensors محسس الرقم الهيدروجيني PH Sensor لوح تجارب كبير 830 نقطة Breadbord مصابيح LED أسلاك توصيل	متطلبات تصميم روبوت يقيس جودة المياه والتحكم فيه.

ب- اختيار الوسائط التكنولوجية:

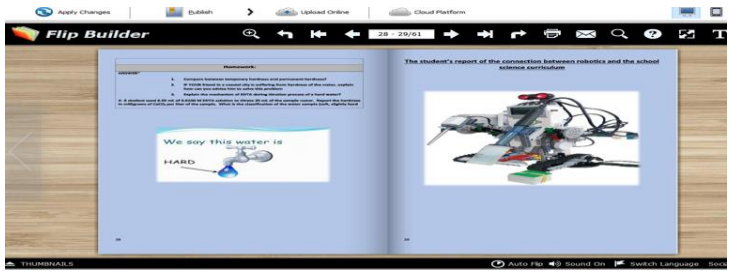
وفى هذه المرحلة تم تحديد الوسائط التكنولوجية المستخدمة في عملية التصميم التعليمي وهي:

- الكتاب الإلكتروني: حيث تم عرض الأنشطة من خلال الكتاب الإلكتروني، كما تم وضع روابط المواقع التعليمية مثل مواقع لمعامل افتراضية واختبارات تفاعلية.
- إنشاء قناة تعليمة Chemistry with robotics (عبر ميكروسوفت تيميز) الأمر الذي يسمح للطلاب بالمشاركة وإبداء الآراء والتعليقات.

جـ- إنتاج الوسائط التكنولوجية:

إنتاج المقرر الإلكتروني الرسمي في صورة كتاب إلكتروني ببرنامج فليب بوك ميكر(Flipbookmaker4).

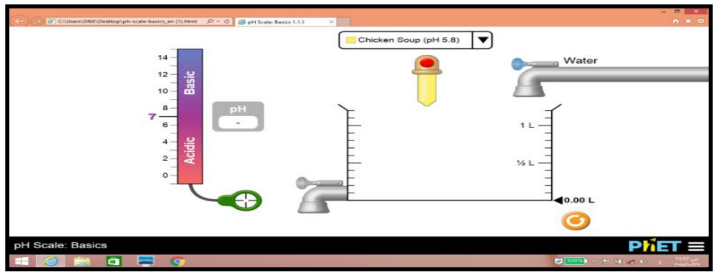
تحديد الروابط الخارجية للكتاب الإلكتروني: تم تحديد روابط المواقع التعليمية مثل مواقع المعامل الافتراضية وبعض الفيديوهات الهامة. ويوضح شكل (6) التالي صورة لإحدى صفحات الكتاب الإلكتروني:



شكل (6)

صورة إحدى صفحات الكتاب الإلكتروني المستخدم بالبرنامج"إعداد الباحثة"

كما تم الاستعانة بروابط لمواقع خارجية مثل موقع **phet** الافتراضي وذلك لإجراء التجارب المعملية من خلال الضغط على رابط الموقع عبر الكتاب الإلكتروني، كما يتضح من الشكل التالي.



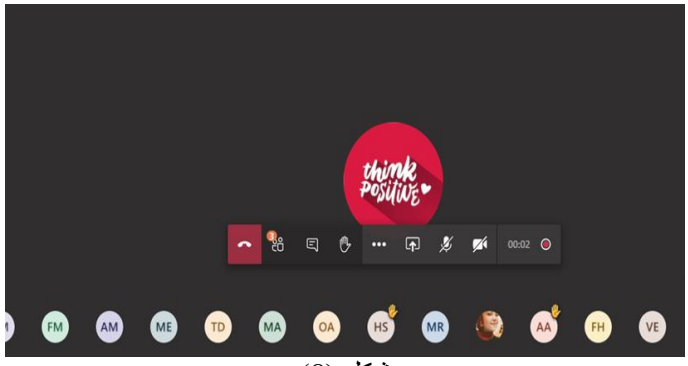
شكل (7)
صورة لتجربة عملية عبر معمل Phet الافتراضي والمتاحة
من خلال رابط عبر الكتاب الإلكتروني

تم رفع الكتاب الإلكتروني على شبكة الإنترنت من خلال الرابط:

https://heyzine.com/flip-book/41435e6318.html

إنشاء قناة chemistry with robotics عبر برنامج ميكروسوفت تيمز.

تم إنشاءchemistry with robotics عبر برنامج ميكروسوفت تيمز لعقد ورش عمل واجتماعات أون لاين وإجراء مناقشات مع الطلاب كما يتضح من الشكل (11) التالي:



شكل (8)
صورة لقناة البرنامج (CHEMISTRY WITH ROBOTICS) عبر برنامج
ميكروسوفت تيميز

د- تطوير الروبوت التعليمي:

- تحديد عناصر ومكونات الروبوت الأساسية البرمجيات المستخدمة لكتابة الأكواد، والمحسسات اللازمة لقياس جودة المياه.

- بناء الروبوت التعليمي وتوصيل دوائر الأردوينو بالمحسسات.
- عملية تقويم بنائي للروبوت وتعديله باستمرار.
- الإخراج النهائي للروبوت وقياس نتائج جودة المياه.

8- تحديد أدوات تقويم البرنامج:

وذلك للتأكد من مدى فاعلية البرنامج في تحقيق الأهداف التي بني من أجلها تم مراعاة أن تكون عملية التقويم مستمرة أثناء تقديم البرنامج وذلك باستخدام أساليب تقويم متعددة، وهي:

- التقويم القبلي: قبل تقديم الخبرات والمعلومات للمتعلمين، تم عرض أسئلة مفتوحة وجمع الاستجابات من الطلاب؛ ليتسنى للمعلم التعرف على خبرات المتعلمين السابقة ومن ثم البناء عليها سواء كان في بداية الوحدة الدراسية أو الحصة الدراسية

- التقويم التكويني (البنائي) Formative Evaluation وتم من خلال ما يلي:

- الاختبارات البنائية: حيث قامت الباحثة بتصميم اختبارات إلكترونية متعددة عقب كل درس وكل وحدة عبر موقع كويززQuizez الذي يتيح تصميم اختبارات إلكترونية متنوعة مثل: أسئلة صواب وخطأ (True & False) واختيار من متعدد (Multichoice)، مزاوجة (Matching). بصورة شيقة في صورة ألعاب تحقق التنافس بين الطلاب.

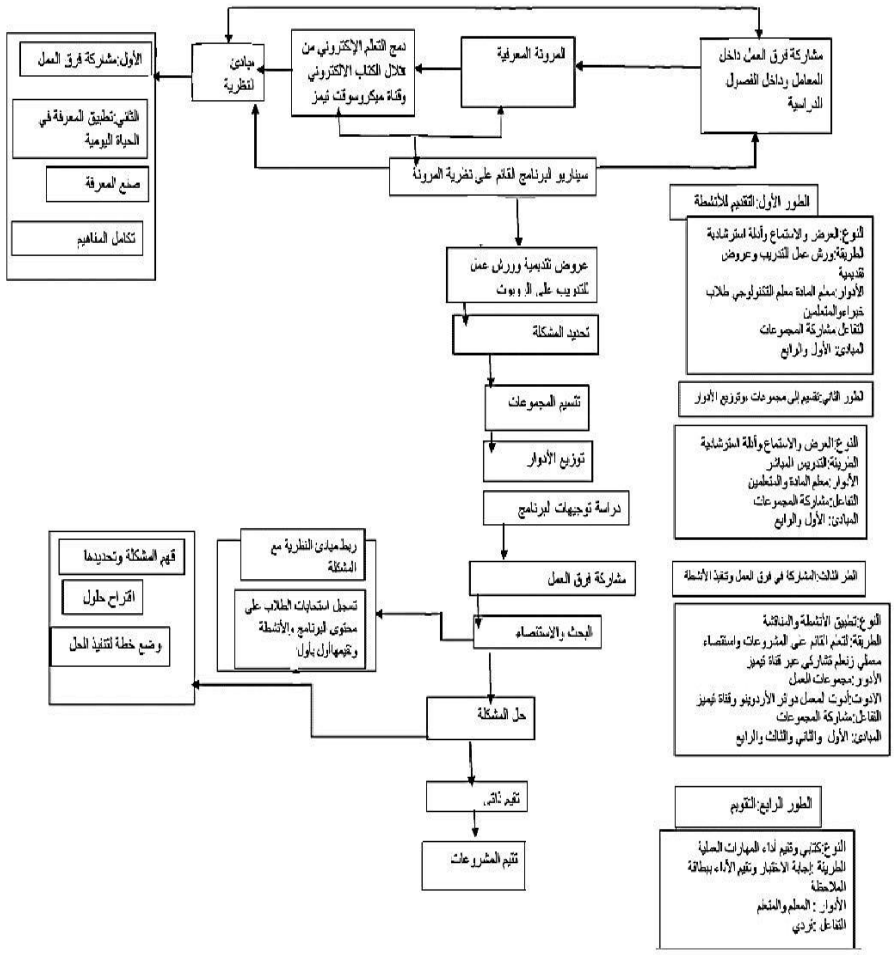
- التقويم المستمر: للمهام التي يؤديها كل طالب ومناقشته داخل الفصل الدراسي أو معامل المدرسة أو من خلال الاختبارات الإلكترونية، وإعطائه درجة على كل مهمة تضاف لسجل تقدم الطالب.

- التقويم الختامي (النهائي) Summative Evaluation: في نهاية كل مخرج تعلم، تم عرض عدة صور من الاختبارات على الطلاب في صورة ورقية أو صورة إلكترونية عبر منصة Microsoft Forms تنوعت بين أسئلة اختر من متعدد، ومزاوجة، ومقالية؛ للوقوف على مدى تحقق مخرج التعلم لأهدافه.

كما تضمن التقويم الختامي ملف الإنجاز البورتفليو: حيث يعكس ملف الإنجاز (البورتفليو) جهد مجموعات العمل في توثيق المشروع المطلب منهم في نهاية البرنامج وهو حل مشكلة كيميائية عبر تصميم الروبوت.

9- تحديد خطة السير في دروس البرنامج: (مجموعة متنوعة من التخطيطات، والأشكال، والمظاهر الخارجية للتصميم التعليمي.

لتوضيح مسار البرنامج قامت الباحثة بتصميم سيناريو مرتكز على مبادئ نظرية المرونة المعرفية كما هو موضح في شكل (9):



شكل (9)

سيناريو برنامج قائم على نظرية المرونة المعرفية "إعداد الباحثة"

يتضح من شكل (9) أن سيناريو البرنامج مقسم إلى أربعة أطوار، وهي : الطور الأول(التقديم للأنشطة) الطور الثاني(تقسيم مجموعات العمل وتوزيع الأدوار)، الطور الثالث(مشاركة فرق العمل وتوزيع الأنشطة)، الطور الرابع(التقويم). حيث يرتكز كل طور إلى مبدأ أو مبدأين من مبادئ نظرية المرونة المعرفية.

10- عرض البرنامج على مجموعة من المتخصصين:

تم عرض البرنامج المقترح على مجموعة من المتخصصين في المناهج وطرق تدريس الكيمياء، وتكنولوجيا التعليم لتجريبه إلكترونياً على الموقع المخصص للبرنامج، حيث أكد 98% من المحكمين على مراعاة البرنامج لأسس وشروط البرنامج المحددة بقائمة أسس وشروط البرنامج القائم على نظرية المرونة المعرفية.

كذلك قامت الباحثة بإجراء التجربة الاستطلاعية للبرنامج على عينة قوامها (15) طالب وطالبة من طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر **Luxor STEM** وقد تم استبعاد هذه العينة من عينة البحث الأساسية، ويمكن تلخيص أهداف التجربة الاستطلاعية في الآتي:

- معرفة الصعوبات التي قد تقابل الباحثة أو أفراد المجموعة التجريبية أثناء تنفيذ التجربة الأساسية ومحاولة تفاديها ومعالجتها قدر الإمكان.
- التأكد من سلامة الأجهزة والمعدات المستخدمة قبل إجراء التجربة الأساسية.
- التحقق، وضوح الأنشطة والتعليمات في أوراق العمل التي ستقدم داخل الفصل الدراسي.
- التحقق من الروابط داخل الكتاب الإلكتروني.

وقد اتضح من التجربة الاستطلاعية ما يلي:

- وجود بعض الأخطاء الكتابية وقامت الباحثة بتصحيحها.
- تعديل الروابط التي لا تعمل داخل الكتاب الإلكتروني
- استبدال بعض دوائر الأردوينو والأسلاك التالفة.
- توفير بعض المواد الكيميائية الناقصة لإتمام الأنشطة المعملية.

11- الصورة النهائية للبرنامج المقترح:

في ضوء الخطوات السابقة وما قد تم الأخذ به من مقترحات السادة المحكمين وملاحظات التجربة الاستطلاعية أصبح البرنامج المقترح في صورته النهائية للتطبيق على تجربة البحث الأساسية من طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر **STEM**.

(2) كتيب الطالب:

تم إعداد كتيب الطالب للاسترشاد به خلال السير في دراسة مخرجي التعلم يوضح المفاهيم المتضمنة في كل مخرج تعلم والمهارات التي يجب اكتسابها بنهاية مخرج التعلم وأهداف كل درس والمهام وبيئة تنفيذ المهام والتقويم، بالإضافة لأوراق العمل المتضمنة لكل درس.

تم عرض كتيب الطالب على مجموعة من المحكمين وقد أبدوا بعض التعديلات وأخذت في الاعتبار، وأصبح كتيب الطالب في صورته النهائية.

(3) دليل المعلم:

تم إعداد دليل للمعلم للاسترشاد به في تنفيذ مخرجي تعلم البرنامج المقترح القائم على نظرية المرونة المعرفية: حيث تألف الدليل من جزئين رئيسين:

الإطار الفكري للدليل ويتضمن:

نظرية المرونة المعرفية.	طلاب المتفوقين في مدارس STEM.	الروبوت التعليمي.	نموذج سامرSAMR.
المتطلبات القبلية للبرنامج.	خطوات السير في البرنامج.	الإطار التنفيذي للدليل.	الاستراتيجيات التدريسية المتضمنة في الدليل.
عناوين الدروس.	الأهداف العامة.	الوسائط التكنولوجية.	كيفية السير في الدرس.

تم عرض الدليل على مجموعة من المحكمين في المناهج وطرق تدريس العلوم لإبداء آرائهم فيه، وقد أبدوا بعض الملاحظات، وفي ضوء آرائهم تم تعديل الدليل وأصبح في صورته النهائية.

وبانتهاء الباحثة من إعداد كل من البرنامج والدليل تكون بذلك قد أجابت عن السؤال الأول من أسئلة البحث، والذي نص على:

ما خطوات إعداد برنامج مقترح في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية لتنمية المهارات العملية باستخدام الروبوت لدى طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر؟

(4) إعداد أداة البحث:

- إعداد بطاقة ملاحظة المهارات العملية:

تعد بطاقة الملاحظة من أهم أساليب جمع البيانات لأنها تساعد على ملاحظة السلوك أو العمليات التي يقوم بها الأفراد في البيئة بشكل مباشر، لذا فقد قامت

الباحثة بإعداد بطاقة ملاحظة المهارات العملية لدى طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا، حسب الخطوات التالية:

خطوات إعداد بطاقة الملاحظة:

1-الهدف من بطاقة الملاحظة للمهارات العملية:

هدفت بطاقة الملاحظة إلى قياس مدى اكتساب طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا **STEM** للمهارات العملية وتمكنهم منها.

2- محتوى بطاقة الملاحظة:

بعد اطلاع الباحثة على الأدب التربوي والدراسات السابقة المتعلقة بموضوع مشكلة البحث قامت الباحثة بإعداد بطاقة الملاحظة بشكل أولي وبناءً على تحليل المحتوى لمخرجي التعلم في الكيمياء لطلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا**STEM**، وقد شملت بطاقة الملاحظة على (49) مهارة عملية فرعية موزعة على (8) مهارات رئيسة، كما يتضح من جدول(4).

جدول (4)
الأوزان النسبية للمهارات الرئيسة ببطاقة ملاحظة المهارات العملية

م	المهارة الرئيسة	المهارات الفرعية	النسبة المئوية
1	قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	9	%18
2	قياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء(ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	5	%10
3	قياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء	5	%10
4	يستقصى عسر الماء عمليا في عينة من مياه جوفيةً	11	%23
5	كتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر	5	%10
6	معالجة عينة من مياه الصرف الصحي	4	%9
7	توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت	5	%10
8	برمجة الروبوت	5	%10
المجموع		49	%100

3- طريقة بناء بطاقة الملاحظة:

تم اتباع طريقة ليكرت "**Likert**" ثلاثي البعد في إعداد بطاقة الملاحظة، وهي تعتمد على تقييم مفردات محايدة، يقوم المعلم بتحديد مستوي أداء الطالب للمهارة العملية (أداء تام- أداء جزئي- لم يؤد).

4- طريقة تصحيح بطاقة الملاحظة:

يتم تقدير الدرجات في ضوء مقياس متدرج للأداء أمام كل مهارة فرعية (أداء تام – أداء جزئي– لم يؤد) تأخذ الدرجات (3 - 2 - 1) على الترتيب، وبذلك تصبح الدرجة الصغرى لبطاقة الملاحظة (49) درجة، والدرجة العظمى (147) درجة.

5- صدق المحكمين:

تم عرض الصور الأولية لبطاقة الملاحظة على السادة المحكمين المتخصصين في مجال والمناهج وطرق التدريس وتكنولوجيا التعليم، بهدف الاسترشاد برأيهم من حيث:

- مناسبة المهارة لمستوى المتعلمين.
- انتماء العبارة للمهارة الرئيسية.
- الدقة العلمية والصياغة اللغوية للعبارات.
- اقتراح التعديل بالحذف أو الإضافة.

وفي ضوء آراء السادة المحكمين تم إجراء التعديلات اللازمة.

6- التجريب لبطاقة الملاحظة:

هدف التجريب الاستطلاعي لبطاقة ملاحظة المهارات العملية للتعرف على مدى صلاحية بطاقة الملاحظة للتطبيق على طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا **STEM**، وحساب معامل الاتساق الداخلي للبطاقة، وحساب ثبات بطاقة الملاحظة. وتم تطبيق التجربة الاستطلاعية على عينة قوامها (15) طالب بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر **STEM Luxor**، تم استبعادهم من عينة التجربة الأساسية وأسفرت نتائج التجريب الاستطلاعي لبطاقة ملاحظة المهارات العملية عن الآتي:

أ- حساب الزمن اللازم لتطبيق بطاقة الملاحظة: تم حساب الزمن اللازم لتطبيق بطاقة الملاحظة عن طريق حساب متوسط الزمن الذي استغرقه الطلاب في أداء المهارات العملية وذلك عن طريق تسجيل الزمن الذي استغرقه كل طالب من طلاب التجربة الاستطلاعية وحساب متوسط الزمن بالمعادلة التالية: زمن تطبيق

بطاقة الملاحظة = مجموع الزمن الذي استغرقه الطلاب على عددهم. وقد بلغ متوسط الزمن (150) دقيقة تم تقسيمها علي فترتين كا فترة (75) دقيقة.

ب- حساب معامل الاتساق الداخلي:

تم حساب الاتساق الداخلي لبطاقة الملاحظة بحساب معامل ارتباط بيرسون بين درجات كل مهارة والدرجة الكلية لبطاقة ملاحظة المهارات العملية باستخدام برنامج SPSS وجاءت النتائج كما هو موضح بالجدول التالي:

جدول (5)
صدق الاتساق الداخلي لبطاقة ملاحظة المهارات العملية

المهارة	معامل الارتباط
قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	**0,799
قياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	**0,654
قياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء	**0,782
يستقصى عسر الماء عمليا في عينة من مياه جوفية	**0,665
كتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر	**0,711
معالجة عينة من مياه الصرف الصحي	**0,698
توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت	**0,885
برمجة الروبوت	**0,775

اتضح من جدول (5) أن قيم معاملات الارتباط دالة عند مستوى0.01، مما يدل على أن بطاقة الملاحظة على درجة عالية من الاتساق الداخلي.

ج- حساب ثبات بطاقة ملاحظة المهارات العملية:

طريقة معامل ألفا كرونباخ: Cronbach's Alpha

تم حساب معاملات ثبات بطاقة الملاحظة عن طريق معامل ثبات الفاكرونباخ لكل مهارة والبطاقة ككل باستخدام برنامج**SPSS** ،وتم توضيح النتائج في الجدول التالي:

جدول (6)
حساب معاملات ثبات بطاقة الملاحظة

المهارات الرئيسة	المهارات الفرعية	معامل ألفاكرونباخ
قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر– ماء الصنبور)	9	0,816
قياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	5	0,802
قياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء	5	0,816
يستقصى عسر الماء عمليا في عينة من مياه جوفية	11	0,794
كتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر	5	0,831
معالجة عينة من مياه الصرف الصحي	4	0,809
توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت	5	0,809
برمجة الروبوت	5	0,795
ثبات البطاقة ككل	49	0,816

أتضح من جدول (6) أن قيم معاملات الثبات مقبولة إحصائياً مما يدل على ثبات البطاقة.

وبعد التأكد من كفاءة بطاقة ملاحظة المهارات العملية بحساب صدقها وثباتها وإمكانية تطبيقها، وبناءً على ذلك أصبحت بطاقة ملاحظة المهارات العملية في صورتها النهائية، وقابلة للتطبيق على مجموعة البحث.

ثانياً: الإجراءات التجريبية للبحث:

اشتملت هذه المرحلة على عدة خطوات، وهي:

(1) تحديد الهدف من تجربة البحث: تهدف تجربة البحث الحالي إلى معرفة فاعلية برنامج مقترح في الكيمياء قائم على نظرية المرونة المعرفية في:

- تنمية المهارات العملية لدى طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا STEM.
- تنمية مهارات الحل الإبداعي للمشكلات باستخدام الروبوت لدى طلاب الصف الثاني الثانوي المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا STEM.

(2) اختيار المدرسة التي تم تطبيق تجربة البحث فيها: تم اختيار مدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر STEM Luxor"محل عمل الباحثة"، وهي إحدى مدارس STEM بجمهورية مصر العربية، والتي يتم فيها تطبيق نظام STEM والتي تدعم التكامل بين أفرع العلوم والمختلفة، وتطبيق التعلم القائم على المشروعات العلمية.

(3) **اختيار مجموعة البحث:** واختيرت بالطريقة المقصودة من طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم التكنولوجيا بالأقصر STEM Luxor حيث بلغ عدد طلاب الفصل الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم التكنولوجيا بالأقصر للعام الدراسي 2021/2020 (49) طالباً.

تم اختيار فصلي **11B, 11D** ليمثلا مجموعة البحث الأساسية، وفصل **11A** ليمثل المجموعة الاستطلاعية، حيث كان يتم التناوب بينهما في الحضور لتقليل كثافة الطلاب بسبب جائحة كورونا، وبهذا تكونت مجموعة البحث الأساسية من 34 طالبا طالبة (15 طالباً، و19 طالبة).

(4) متغيرات البحث: تم تحديد متغيرات البحث على النحو التالي:

المتغير المستقل: برنامج مقترح في الكيمياء القائم نظرية المرونة المعرفية.

المتغيرات التابعة: وتتمثل في المهارات العملية، ومهارات الحل الإبداعي للمشكلات باستخدام الروبوت؛ حيث يتم قياس التغير الحادث في هذه المتغيرات نتيجة تأثير المتغير المستقل.

(5) التصميم التجريبي للبحث: اعتمد البحث الحالي على تصميم المجموعة الواحدة والتي تدرس من خلال البرنامج المقترح القائم على نظرية المرونة المعرفية.

ثالثاً: الاستعدادات لإجراء تجربة البحث:

- الحصول على الموافقات الرسمية للتطبيق.
- توفير الإمكانيات اللازمة للتجربة على النحو التالي:
- توفير جهاز لاب توب مع كل طالب وطالبة بمجموعة البحث.
- توفير شبكة الإنترنت.
- تحميل الكتاب الإلكتروني بامتداد exe لتشغيله حتى في انقطاع شبكة الإنترنت.
- إنشاء قناة البرنامج عبر منصة ميكروسوفت تيميز التعليمة، وتم تسمية القناة باسم"Chemistry with Robotics" ويوضح شكل (13) واجهة قناة Chemistry with Robotics عبر منصة ميكروسوفت تيميز.
- رفع الكتاب الإلكتروني على قناة البرنامج عبر منصة ميكروسوفت تيميز"Chemistry with Robotics" ودعمها بكل مصادر التعلم.
- توافر الأدوات والمواد الكيميائية اللازمة لإتمام الأنشطة المعملية بمعمل الكيمياء بالمدرسة.
- توافر الأدوات والمواد اللازمة لإتمام الأنشطة التكاملية بمعمل (الأحياء، والفيزياء، والجيولوجيا، والميكانيكا)

- توافر الأجهزة والمعدات اللازمة لصناعة الهيكل الخارجي للروبوت وبعض القطع بجسم الروبوت وذلك بمعمل الفابلاب بالمدرسة.
- توافر الأجزاء المادية اللازمة لتصميم الروبوت (لوحة التحكم "الأردوينو" ومحرك، وجهاز استشعارTDS sensor، PH Sensor

تهيئة العناصر البشرية:

- توضيح فكرة البحث وأهدافه لمعلم الكيمياء بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصرSTEM Luxor.
- تدريب معلم الكيمياء بالمدرسة على كيفية التعامل مع البرنامج وما يتضمنه من أنشطة تتم دراستها داخل الفصول أو معامل المدرسة أو من خلال الفصول الافتراضية عبر برنامج Microsoft Teams.
- مقابلة الطلاب المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا الصف الثاني الثانوي STEM Luxor فصلي (11B,11D) والتي تمثل مجموعة البحث.
- تحديد فكرة البرنامج لطلاب مجموعة البحث.
- شرح الهدف العام للبرنامج للطلاب.
- تدريب الطلاب على كيفية تصميم الروبوت من خلال ورشة عمل تضم مدرس التكنولوجيا ومهندس معمل الفابلاب وبعض طلاب الصف الثالث الثانوي المتمكنين من دوائر الأردوينو.
- تدريب طلاب المجموعة التجريبية بمعمل الفابلاب بالمدرسة على مكونات الروبوت الأساسية.

قامت الباحثة بتحديد كيفية مشاركة الطلاب في تصميم روبوت لحل مشكلة كيميائية، تم حصرها في ثماني مراحل:

- **المرحلة الأولى:** إجراءات محاضرات تدريبية للطلاب تتم بالمدرسة أو أونلاين عبر قناة البرنامج Chemistry with Roboticsعبر ميكروسوفت تمييز.يتم فيها تدريب الطلاب على ماهية الروبوت، خطوات برمجة الروبوت، توصيل دائرة الأردوينو والتحكم فيها، أجهزة الاستشعار Sensors وأنواعها خاصة في مجال الكيمياء، وعرض أمثلة وحلول سابقة على توظيف الروبوت لحل مشكلة كيميائية، تم التدريب بمعمل الروبوت في المدرسة بمساعدة مدرس الحاسب الآلي، ومهندس معمل الفابلاب، وبعض الطلاب من الصف الثالث الثانوي الحاصلين على دورات في برمجة الروبوت والمشاركين في عدة مسابقات في الروبوت.

- **المرحلة الثانية:** عرض مشكلة كيميائية محددة على الطلاب، وهي ارتفاع نسبة الأملاح الذائبة في الماءTDS، وعدم صلاحية الماء لاستخدامه في الشرب أو الصناعة، أو الزراعة، ومطالبة فرق العمل بحل المشكلة عن طريق تصميم روبوت قادراً على حل المشكلة الكيميائية بطريقة عملية.

- **المرحلة الثالثة:** أجرت فرق العمل عدة تجارب كيميائية بمعمل الكيمياء بالمدرسة، للتعرف على مفهوم TDS ولأول مرة يجري الطلاب تجربة عملية على أساس الحاجة إلى المعرفة، كما تعرفوا على مفاهيم مرتبطة بمفهوم TDS في الجيولوجيا والفيزياء.
- **المرحلة الرابعة:** إجراء مناقشات مع فرق العمل من قبل مدرسي STEM بالمدرسة لتوضيح كيفية توظيف مفاهيم "الكيمياء، والفيزياء، والجيولوجيا، والرياضيات، والميكانيكا لتصميم روبوت قادراً على حل مشكلة ارتفاع نسبة TDS في الماء. كما تم الاستعانة بمدرس الحاسب الآلي وتكنولوجيا المعلومات بالمدرسة لتوضيح أجهزة الاستشعار التي يمكن توظيفها لقياس نسبة TDS في الماء، وكيفية برمجة دائرة الأردوينو.
- **المرحلة الخامسة:** قيام فرق العمل بتنفيذ المشروع باتباع خطوات التصميم.
- **المرحلة السادسة:** تقدم فرق العمل نماذج الروبوت التي تم تصميمها، وتطورها لحل المشكلة الكيميائية، والبدء في التجريب.
- **المرحلة السابعة:** تقوم كل مجموعة بإجراء سلسلة من التجارب على نموذج الروبوت، ثم تقوم بجمع البيانات وتحليل النتائج، حيث يتم توظيف المفاهيم الرياضية من تمثيل البيانات على في شكل بياني.
- **المرحلة الثامنة:** كتابة تقرير يسجل فيه خطوات حل المشكلة، كما يتم ذكر المفاهيم من مواد STEMالتي تم توظيفها وتحقيق التكامل فيما بينها لحل المشكلة الكيميائية عمليا كما يلي: مفاهيم رياضية للوظيفة الخطية، والرسم البياني، والمنحدر، بالإضافة إلى مفاهيم الكيمياء، مثل الأملاح الصلبة الذائبة في الماء، عسر الماء، الرقم الهيدروجيني، الأكسجين الذائب في الماء وتلوث الماء.

رابعاً: تنفيذ تجربة البحث:

تم تنفيذ تجربة البحث وفقاً للمراحل التالية:

تطبيق أدوات البحث قبلياً:

حيث تم تطبيق كل من بطاقة ملاحظة المهارات العملية، باستخدام الروبوت "بشكل فردي"، على طلاب مجموعة البحث قبلياً، وتم التصحيح ورصد الدرجات ومعالجتها إحصائياً.

تدريس البرنامج المقترح:

بدأ تدريس مخرجي التعلم (جودة المياه وتلوث المياه) لمجموعة البحث الفترة 2020/10/27م إلى 2020/12/17م بواقع فترتين أسبوعياً زمن الفترة الواحدة ساعة ونصف وفقاً للجدول المدرسي، على أن يتيح المعلم الفرصة للطلاب لتنفيذ بعض المهام في المنزل باستخدام برنامج ميكروسوفت تيمز كما هو مبين بالجدول التالي:

تطبيق أدوات البحث بعدياً: بعد انتهاء تدريس مخرجي التعلم تم تطبيق بطاقة ملاحظة المهارات العملية بتاريخ 2020/12/20بشكل فردي.

المهارات العمليةبشكل فردي، وتم جمع البيانات تمهيداً للمعالجة الإحصائية باستخدام برنامج SPSS (v.21)الإحصائي.

جدول (7)
التوزيع الزمني لتطبيق تجربة البحث

2020/11/30- 10/27	ناتج التعلم الأول: (معايير جودة مياه الشرب) وصف ناتج التعلم الأول: وصف طبيعة الماء ومعايير جودة المياه يتناول ناتج التعلم الأول المفاهيم الأساسية التالية: الدرس الأول: طبيعة المياه الدرس الثاني: الأملاح الذائبة في الماء الدرس الثالث: الأكسجين الذائب في الماء الدرس الرابع: عسر الماء المشروع: تصميم روبوت لقياس جودة الماء.
2020/12/17 – 12/1	ناتج التعلم الثاني:(معالجة مياه الشرب) وصف ناتج التعلم الثاني: وصف تلوث المياه، وعمليات معالجة المياه. الدرس الأول: تلوث المياه. الدرس الثاني: عمليات معالجة المياه. الدرس الثالث: الأمراض الناجمة عن تلوث المياه. المشروع: تصميم روبوت لمعالجة عسر الماء.

نتائج البحث وتحليلها وتفسيرها

يمكن عرض نتائج البحث ومناقشتها من خلال الإجابة عن سؤالي البحث الثاني والثالث على النحو التالي:

(1) بالنسبة للإجابة عن سؤال البحث الثاني والذي نص على:

ما فاعلية البرنامج المقترح في الكيمياء القائم على نظرية المرونة المعرفية في تنمية المهارات العملية لدى طلاب الصف الثاني الثانوي بمدرسة المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بالأقصر؟

تمت الإجابة عن السؤال الثاني من خلال: اختبار صحة الفرض الأول، والذي نص على:

يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوي (0.05) بين متوسطي درجات طلاب مجموعة البحث قبل دراسة البرنامج وبعده في بطاقة ملاحظة المهارات العملية وذلك لصالح التطبيق البعدي.

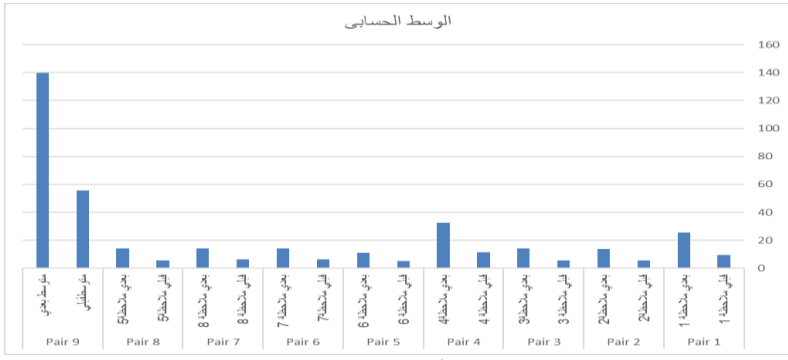
ولاختبار صحة هذا الفرض تم حساب(ت) للفرق بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لبطاقة ملاحظة المهارات العملية كما هو مبين بالجدول التالي:

جدول (8)
دلالة الفرق بين متوسط درجات التطبيقين القبلي والبعدي في المهارات العملية ببطاقة الملاحظة

المهارات العملية	التطبيق	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة ت T	درجات الحريةdf	مستوى الدلالةSig
قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر– ماء الصنبور)	قبلي	9,7059	71898,0	79,502	33	0,01
	بعدي	25,4706	0,89562			
قياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء(ماء مقطر-ماء بحر– ماء الصنبور)	قبلي	5,7647	0,61473	38,863	33	0,01
	بعدي	14,2647	1,20937			
قياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء	قبلي	5,52	0,50752	48,474	33	0,01
	بعدي	13,82	0,49955			
يستقصى عسر الماء عملياً في عينة من مياه جوفية	قبلي	11,52	0,74814	61.829	33	0,01
	بعدي	32,15	0,65747			

المهارات العملية	التطبيق	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة ت T	درجات الحريةdf	مستوى الدلالةSig
كتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر	قبلي	5,1176	1,00799	54,523	33	0,01
	بعدي	11,2647	0,44781			
معالجة عينة من مياه الصرف الصحي	قبلي	6,2353	0,78079	32,449	33	0,01
	بعدي	14,1471	0,60964			
توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت	قبلي	6,2353	0,78079	47,803	33	0,01
	بعدي	14,1471	0,60964			
برمجة الروبوت.	قبلي	6,2941	0,75996	43,803	33	0,01
	بعدي	14,2353	0,78079			
الدرجة الكلية	قبلي	55,6765	3,49650	91,342	33	0,01
	بعدي	139,7941	3,87517			

اتضح من جدول (8) أن هناك فرقاً دال إحصائياً عند مستوى 0.01 بين متوسطي مجموعة البحث قبل دراسة البرنامج وبعده في بطاقة الملاحظة لصالح التطبيق البعدي لبطاقة الملاحظة في المهارات ككل، وفي الدرجة الكلية، كما يتضح من الشكل(11).



شكل (11)

مقارنة بين متوسطي درجات التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لبطاقة ملاحظة المهارات العملية.

حساب حجم الأثر للبرنامج في تنمية المهارات العملية:

ولحساب حجم تأثير البرنامج القائم على نظرية المرونة المعرفية على المهارات العملية تم حساب قيمة **Cohen's d** في ضوء دلالة الفروق اختبارات، وتم حساب قيمة **d** للكشف عن درجة التأثير، كما يتضح كمن جدول(9)

جدول (9)
قيم (ت) وقيم (d) المقابلة ومقدار حجم التأثير بالنسبة لبطاقة ملاحظة المهارات العملية

المهارات العملية	التطبيق	قيمة T	D	حجم الأثر
قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	قبلي بعدي	79,502	14,19	كبير
قياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	قبلي بعدي	38,863	6,93	كبير
قياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء	قبلي بعدي	48,474	8,64	كبير
يستقصى عسر الماء عمليا في عينة من مياه جوفيةً	قبلي بعدي	61,829	11,03	كبير
كتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر	قبلي بعدي	54,523	9,73	كبير
معالجة عينة من مياه الصرف الصحي	قبلي بعدي	32,449	5,78	كبير
توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت	قبلي بعدي	47,803	8,53	كبير
برمجة الروبوت.	قبلي بعدي	43,803	7,82	كبير
الدرجة الكلية	قبلي بعدي	91,342	16,31	كبير

اتضح من الجدول السابق أن قيم حجم تأثير العامل المستقل (البرنامج القائم على نظرية المرونة المعرفية) في العامل التابع (المهارات العملية الثمانية) جميعها ≤(0.8) وهذا يدل على أن حجم تأثير البرنامج على تنمية المهارات العملية مرتفع.

نسبة الكسب المعدل لبليك بالنسبة للمهارات العملية:

وللتأكد من فاعلية البرنامج بالنسبة لتنمية المهارات العملية تم استخدام معادلة الكسب المعدل "لبليك"

واتضحت النتائج كما في جدول (10):

جدول (10)
نسب الكسب المعد لبليك للمهارات العملية

المتغير التابع	التطبيق	المتوسط الحسابي	الدرجة العظمى	نسبة الكسب	الدلالة
قياس TDS المواد الصلبة المذابة في الماء في عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	قبلي	9,7059	27	1,49	فعال
	بعدي	25,47			
قياس الرقم الهيدروجين PH عينات مختلفة من الماء (ماء مقطر- ماء بحر – ماء الصنبور)	قبلي	5,7647	15	1,47	فعال
	بعدي	14,2647			
قياس الأكسجين المذاب في عينات مختلفة من الماء	قبلي	11,52	33	1,58	فعال
	بعدي	32,15			
يستقصى عسر الماء عمليا في عينة من مياه جوفيةً	قبلي	5,5294	15	1,31	فعال
	بعدي	14,1471			
كتابة تقرير عن مصادر تلوث المياه في مصر	قبلي	8,1176	15	1,24	فعال
	بعدي	14,2647			
معالجة عينة من مياه الصرف الصحي	قبلي	6,2353	15	1,41	فعال
	بعدي	14,1471			
توصيل الدوائر الإلكترونية للروبوت	قبلي	6,2353	15	1,65	فعال
	بعدي	14,1471			
برمجة الروبوت.	قبلي	6,2941	15	1,64	فعال
	بعدي	14,2353			
الدرجة الكلية	قبلي	55,6765	147	1,49	فعال
	بعدي	139,7941			

اتضح من الجدول السابق أن قيم نسب الكسب المعدل لبليك بالنسبة لبطاقة ملاحظة المهارات العملية يقع في المدى الذي حدده بليك (1-2) مما يدل على أن البرنامج ذو فاعلية في تنمية المهارات العملية.

وقد أرجعت الباحثة هذه الفاعلية إلى ما يلي:

طبيعة البرنامج المقترح القائم على نظرية المرونة المعرفية والتي من أهم مبادئها: بناء المعرفة في إطار العالم الحقيقي وليس نقل المعلومات، حيث مر الطلاب بخبرات وأنشطة متعددة خلال تطبيق البرنامج جعلت الطالب عنصراً نشطا ومحورا للعملية التعليمية؛ حيث تم تنفيذ التجارب الكيميائية من قبل الطلاب بأنفسهم دون تدخل من المعلم والذي اقتصر دوره على التوجيه والإرشاد الأمر الذي صب في تنمية المهارات العملية لديهم.

ما تضمنه مخرجي تعلم البرنامج المقترح (جودة المياه، وتلوث المياه) من سلاسل من التجارب الكيميائية، تم تصميمها بشكل متسلسل، قد أتاح الفرصة للطلاب بممارسة المهارات العملية والتدرب عليها، بالإضافة إلى كتابة تقرير على كل تجربة عملية من قبل مجموعات العمل أنفسهم وتقيم هذا التقرير من خلال محك مرجعي "**Rubric**"أدى إلى اتباع الطلاب الخطوات الصحيحة لتنفيذ التجارب العملية والوصول إلى أعلى معدل في الأداء.

تنوع المهارات العملية التي يتضمنها البرنامج بين مهارات عملية كيميائية أجريت في معمل الكيمياء الخاص بالمدرسة أو مهارات عملية تشمل التكامل بين عدة تخصصات لتنفيذ مشروع تصميم الروبوت في نهاية البرنامج،

مشروع تصميم الروبوت أدى إلى أن مجموعات العمل توظف المهارات بين التخصصية المكتسبة من عدة معامل لمواد **STEM** "معمل الكيمياء، ومعمل الميكانيكا، ومعمل الروبوت، ومعمل الفابلاب بالمدرسة، لتصميم مجسم الروبوت.

استخدام المعامل الافتراضية أثناء تواجد الطلاب في المنزل وتطبيق استراتيجية التعلم القائم على المشروعات القائمة على نظرية المرونة المعرفية، أدت إلى جعل الطلاب على دراية بالأدوات المستخدمة لتنفيذ التجربة الكيميائية؛ الأمر الذي صب في زيادة كفاءة الأداء عند تنفيذ التجربة فعليا داخل معمل الكيمياء.

ورش عمل تصميم الروبوت وبرمجة الأردوبنو أدت إلى اكتساب الطلاب لمهارات كتابة الأكواد وبرمجة الأردوينو وتطبيق هذه المهارات العملية في تنفيذ المشروعات العلمية كان له الأثر الإيجابي في رفع مستوى الأداء العملي للطلاب، ويوضح شكل (12) قيام مجموعة من الطلاب لتوصيل دائرة الأردوينو والمستشعرات.

شكل (12)
توصيل الطلاب لدائرة الأردوينو

وهذا يتفق مع ما أكدته دراسة **Fung (2020)** والتي هدفت إلى دراسة أثر تطبيق استراتيجية تفاعلية بين الفصل المعكوس والعمل المعملي والمناقشات

لتنمية المتطلبات المعرفية والمهارات العملية لدى طلاب الصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM** في عينة تتضمن 20 طالباً. وتوصلت الدراسة إلى فاعلية الاستراتيجية في تنمية المتطلبات المعرفية و المهارات العملية لدى طلاب الصف الثاني الثانوي بمدارس **STEM**. كما تتفق مع دراسة (**Chen and Lin 2019)** في تايوان والتي أكدت على ضرورة العمل على تعزيز إبداع طلاب مدارس **STEM** وتنمية مهاراتهم العملية، وعلى ضرورة تقييم المهارات العملية عن طريق بطاقات الملاحظة والتقارير المكتوبة وكتابة ملاحظات المعلمين وتحليلها.

توصيات البحث

في ضوء ما أسفر عنه البحث من نتائج، توصي الباحثة بالآتي:

- توظيف نظرية المرونة المعرفية في تصميم البرامج أو بيئات التعلم الإلكترونية لطلاب مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا STEM.وذلك لمساعدة المتعلمين في فهم تعقيدات المفاهيم، والترابط والتكامل فيما بينها في العديد من المجالات المختلفة والتي تستدعى بضرورة الترابط والتكامل بين المفاهيم، مما يصب في تحقيق التعلم ذي المعنى Meaningful learning
- ضرورة تضمين برامج تدريبية بالأكاديمية المهنية للمعلمين لتدريب المعلمين على مهارات الحل الإبداعي للمشكلات حيث إنها من أهم مهارات القرن الواحد والعشرين.
- عقد ورش عمل للمعلمين لتدريبهم على كيفية دمج الروبوت في العملية التعليمية، واستخدام الروبوت في حل المشاكل العلمية والتي من واقع حياة الطلاب بطريقة إبداعية.
- الاهتمام بتوظيف استراتيجية التعلم القائم على المشروعات في ضوء نظرية المرونة المعرفية حتى يتمكن المتعلمين من دراسة المقررات إذا تم التعرض لطوارئ مثل جائحة كورونا، مما يزيد من جودة العملية التعليمية.
- ضرورة اهتمام القائمون على تطوير وبناء المناهج بالإخذ بمدخل STEM في تصميم وبناء مناهج العلوم؛ من أجل تنمية مهارات القرن الواحد والعشرين للمتعلمين، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة في التعليم.

البحوث المقترحة

في ضوء نتائج البحث وتوصياته يمكن اقتراح بعض البحوث، ومنها:

- فاعلية برامج أكاديمية أخرى قائمة على نظرية المرونة المعرفية في تنمية المهارات العملية ومهارة الحل الإبداعي للمشكلات لدى طلاب مدارس STEM.
- تصميم برامج قائمة على نظرية المرونة المعرفية وقياس فاعليتها على متغيرات تابعة أخرى (المفاهيم الكيميائية -التفكير الابتكاري– التفكير الناقد– الذكاء الاجتماعي).
- فاعلية استراتيجية التعلم القائم على المشروعات لتصميم روبوت تعليمي في مادة الكيمياء، أو الفيزياء والرياضيات، وغيرها.

أولاً: المراجع العربية:

إبراهيم عبد الله المحيسن، وبارعة بهجت خجا. (2015). التطوير المهني لمعلمي العلوم في ضوء تكامل العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM، مؤتمر التميز في تعليم وتعلم العلوم والرياضيات الأول، مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية، 5-7 مايو.

أشرف محمود أحمد (2017). البرامج الداعمة لمدارس الثانوية للعلوم والتكنولوجيا STEM في كل من الولايات المتحدة وأستراليا وإمكانية الإفادة منها في مصر، مجلة العلوم التربوية، كلية التربية بقنا، (30)، 401-171.

بثينة الهباهبة (2010). مشروع الروبوت المدرسي. مجلة التعليم الإلكتروني والتحديات التربوية، مجلة نصف سنوية تصدر من مركز الملكة رانيا العبد الله لتكنولوجيا التعليم، المملكة الأرنية الهاشمية،2(1)،24-26.

تفيده سيد أحمد غانم (2015). تحديث المقررات الدراسية العلمية في مناهج التعليم العام في ضوء العلوم التكنولوجية المعاصرة، صحيفة التربية، السنة السادسة والستون، يناير، العدد الأول والثانى، 63~70.

جمال خالد الدبل (2015). هل هناك جدوى من مسابقات الروبوت. مجلة الروبوت العربية، 33-40.

جودت سعادة (2010). أساليب تدريس الموهوبين والمتفوقين(ط1). الأردن: دار ديبونو للطباعة والنشر والتوزيع.

حلمي محمد الفيل (2013). تصميم مقرر إلكتروني قائم على نظرية المرونة المعرفية وتأثيره في تنمية الذكاء المنظومي وخفض العبء المعرفي لدى طلاب كلية التربية النوعية جامعة الإسكندرية. رسالة دكتوراة، كلية التربية، جامعة الإسكندرية.

حلمي محمد الفيل (2015). المقررات الإلكترونية المرنة معرفياً. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

سمر لاشين (2009). فاعلية نموذج التعلم القائم على المشروعات في تنمية مهارات التنظيم الذاتي والأداء الأكاديمي في الرياضيات، مجلة دراسات في المناهج وطرق التدريس، جامعة عين شمس، العدد 151. ص 135-167.

سوزي فاروق رضوان (2010). "فاعلية نموذج باندورا للملاحظة في تنمية المهارات العملية في مناهج الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي. رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة عين شمس.

شكري سيد محمد (2002). تقويم المهارات العلمية، الجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس، مجلة البحوث، (2)،616-635.

ضاوية ميلاد مصباح (2010). فاعلية إستراتيجية مقترحة قائمة على البنائية لتدريس العلوم في تنمية المفاهيم العلمية ومهارات عمليات العلم والمهارات المعملية لدي تلاميذ الشق الثاني من التعليم الأساسي بليبيا- رسالة دكتوراه، معهد الدراسات التربوية، جامعة القاهرة.

طارق فارس سليمان (2013). فاعلية استراتيجية قائمة على بعض أساليب التعلم النشط في تنمية المفاهيم الكيميائية والمهارات العملية والميل نحو مادة الكيمياء لدي طلبة الصف العاشر بالأردن. رسالة دكتوراه، معهد الدراسات والبحوث التربوية، جامعة القاهرة.

عايش محمود زيتون (2008). أساليب تدريس العلوم. عمان. دار الشروق للنشر والتوزيع.

عبد الله محمد خطابية (2005). تعليم العلوم للجميع. الأردن. دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

عبد الله عبد العزيز الفهيد، وعبد الله سعيد الفهد (2022). بناء برنامج تدريسي قائم على التعلم النشط وفاعليته في تنمية المهارات العملية بمقرر الكيمياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي، مجلة العلوم التربوية،30، 109-166

عقيل محمود رفاعي (2015). بطاقة الأداء المتوازن كمدخل لتقيم الأداء لمديري مدارس المتفوقين في العلوم والتكنولوجيا بجمهورية مصر العربية، مجلة التربية، جامعة الأزهر 162(1).337-445.

محمد على الجلال (2017). المبادئ الموجهة لتكامل العلم والتقنية والهندسة والرياضيات المملكة العربية السعودية: مركز التميز البحثي للعلوم والرياضيات. حلقة نقاش(128). جامعة الملك سعود: الرياض.

هاشم سعيد الشرنوبي (2016). التطبيقات التعليمية لتكنولوجيا الروبوت وتوظيفها في دعم الأدوار التربوية للمعلمين، ورقية بحثية مقدمة لمؤتمر معلم العصر الرقمي من الفترة 24-26 أكتوبر، جامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن، الرياض، المملكة العربية السعودية.

هاشمية الراوي وعايش محمود زيتون (2016). أثر إستراتيجية تدريسية مستندة على التعلم القائم على المشروعات في تنمية المفاهيم الكيميائية ومهارات التفكير العلمي لدى طلاب المرحلة الأساسية. مجلة جامعة النجاح للعلوم الإنسانية، 30(10)،1958-1984.

وفاء خليفة العقيل (2015). برامج الروبوت التعليمية وأثرها في تطوير أنماط مختلفة للتفكير وواقعية التعلم. مجلة الروبوت العربية (1)36-38.

المراجع الأجنبية

Bagiya, Y. (2016) A Study of Evaluation Methodologies and Impact of STEM (Science, Technology, Engineering and

Mathematics) Outreach Activities. Unpublished PhD Thesis. Coventry: Coventry University.

Carter,V.(2013).Defining characteristics of an integrated STEM curriculum in k12 education, PhD ,university of Arkansas .

Chaomin, L.(2017). Multi-lab driven learning method used for Robotics ROS Study© American society for engineering education. Retrieved: Jan,9,2018from:https://www.researchgate.net/publication/318245279_multi-lab-driven_learning

Chen, C. & Lin,J.(2019). A Practical Action Research Study of the Impact of Maker-Centered STEM-PjBL on a Rural Middle School in Taiwan. International Journal of Science and Mathematics Education, v17 suppl 1 p85-108 Jun 2019.

Cheng, J. & Kazallka, T. (2016). cognitive flexibility theory and its application to learning, Syracuse university- RIDLR projects. Retrieved Jan, 5, 2018 from: http://www.ridlr.syr.edu/

Davis, Kim, Hurst, Jennifer, Hawkins, Susan, Winters, Neva (2014). STEM Capstone Project Guide, Summer Ventures IN SCIENCE AND MATHEMATICES, PP1:13

Dilekli, Y. (2020). Project-based learning. In Paradigm shifts in 21st Century teaching and learning,24,55-68. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-3146-4.ch004

Erarslan, A., Beliakova, I. E., & Kecherukova, M. (2021). Shifting to Online Learning Through Cognitive Flexibility. In C. Crawford (Ed.), Shifting to Online Learning Through Faculty Collaborative Support (pp. 82-102). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-6944-

Fung, CH.(2020). How Does Flipping Classroom Foster the STEM Education: A Case Study of the FPD Model. Tech Know Learn 25, 479–507 (2020). https://doi.org/10.1007/s10758-020-09443-9

Kaelly, J. (2010). Lego Mind storm NXT-G Programing Guide, 2E, USA: Paul Manning.

Karagiorgou, A. & Spahos, M. (2016). Chembot: chemistry with robot. The European Journal for Science teachers. Retrieved Jan, 8, 2018 from: http://www.scienceinschool.org/content/chembot-chemistry-robots.

Khadri ,A.(2016). Strategic Future Directions for Developing STEM Education in Higher Education in Egypt as a Driver of

Innovation Economy,Journal of Education and Practice,8(7)127-145.

Kim B, Wright (2019). Improvement Science as A promising Alternative to Barriers in Improving STEM Teacher Quality through Professional Development, A Journal of Education Strategies, Issues and ideas, v92, p 1-18, Published online (8) a 2019.

Lowrey, W. & Kim, K. (2009). Online news media and advanced learning: Atest of cognitive flexibility theory, Journal of broadcasting & Electronic Media. Vol.53, Issue4.

Malik,K.Zhu,K.(2022). Do project-based learning, hands-on activities, and fipped teaching enhance student's learning of introductory theoretical computing classes? Education and Information Technologies https://doi.org/10.1007/s10639-022-11350-8

Morrison J. (2006). TIES STEM Education Monograph Series: Atributes of STEM Education". Baltimore, MD:TIES, (2), 5.

Mosley, P. Ardito, G. Scolin, L. (2016).Robotic cooperative learning promates student STEM interest .American Journal of Engineering Education, (7)2, 117-128.

National Academy of Engineering and National Research Council (NAE). Engineering in K-12 Education;2009. Washington, DC: National Academic press.

Perkins,D.(2016). Using Project-Based Learning To Flip Bloom's Taxonomy For Deeperlearning.Retrivedfrom: https://www.teachthought.com/education/quality-project-based-learning/

Rusk, N. Resnick, M. Berg, R & Pezalla, M.(2008).New path ways into robotics strategies for broadening participation. Journalof science education and technology. from: http//www.springerlink.com/contenet/102587.

Sarmiento,B. (2018).Developing a Disciplinary Identity through Writing in STEM Undergraduate Research Programs. ProQuest LLC, Ph.D. Dissertation, University of California, Santa Barbara, ISSN: EISSN.

Sithole, A., Edward, T., McCarthy, P., Davison, M. (2017). Student Attraction, Persistence and Retention in STEM Programs: Successes and Continuing Challenges. Higher Education Studies; Vol. 7, No. 1; 2017 . doi:10.5539/hes.v7n1p46.

Spiro, R. J., Collins, B. P., Thota, J. J. & Feltovich, P. J. (2003). Cognitive flexibility theory: Hypermedia for complex learning, adaptive knowledge application, and Experience Acceleration. Educational Technology, 43(5), 5-10.

Stehle, S.M., Peters-Burton, E.E.(2019) Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. IJ STEM Ed 6,https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1

Sturm, J.(2013).Approaches to probabilisticmodel learningfor mobile manipulation robots.© Springer-Verlag Berlin Heidelberg.44-2

The Glossary of Education Reform.(2014) . Retrieved5May,2020from: https://www.edglossary.org/?s=capstone

Tsupros, N., R. Kohler, and J. Hallinen. (2009). STEM education: A project to identify the missing components, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.

Vasquez, J., Sneider, C. and Comer, M. (2013). STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Portsmouth, NH.: Heinemann.

Wagner, T. (2012). Creating innovators: The making of young people who will change the world. New York: Simon and Shuster. doi/abs/10.1080/02783193.2013.795479

Willcuts, M. (2009). Scientist-teacher partnership as professional development: an action research study, prepared for the U. S. department of energy, Washington state University.

Wood, Benjamin k; Belivins, Benjamin K.(2019).Substituting the Practical Teaching of Physics with Simulations for the Assessment of Practical Skills: An Experimental Study. Physics Education, v54 n3 Article035004,Retrieved5May,2019from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ab0192