مدخل تكامل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM

أ. د. إبراهيم محمد عبدالله حسن

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

مدخل تكامل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM

أ. د. إبراهيم محمد عبدالله حسن
أستاذ المناهج وطرق تدريس الرياضيات، كلية التربية، جامعة العريش، مصر،
ibarahim1973@yahoo.com

قدمت للنشر في ٥ / ٥/ ٢٠٢١ **قبلت للنشر في ٧/ ٧/ ٢٠٢١**

الملخص: هدفت الورقة البحثية إلى تسليط الضوء على أحد المداخل الحديثة في مجال تعليم الرياضيات وهو مدخل تكامل العلوم التكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM وأهميته لتطوير المناهج الدراسية بصفة عامة في الوطن العربي ومناهج الرياضيات بصفة خاصة، وتناولت الورقة: مفهومه، مبررات ظهوره والاهتمام به، أهدافه، محتواه، استراتيجيات التدريس في ضوئه، الأنشطة التعليمية، التقويم، خصائصه، مزاياه ومعوقات تطبيقه، مدارس STEM، المداخل الحديثة القائمة عليه، وظائف STEM، وأخيراً اختتمت الورقة البحثية بالتضمينات التربوية لمدخل STEM.

الكلمات الدلالية: مدخل تكامل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، تعليم الرياضيات، مناهج الرياضيات، STEM

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

Approach Integrated of Science, Technology, Engineering, and Mathematics – STEM

Prof.Dr. Ibrahim Mohamed Abdullah Hassan
Professor of Mathematics Education, Al Arish University, Egypt,
ibarahim1973@yahoo.com

Received in May 5, 2021 **Accepted in July 7, 2021**

Abstract: The present research paper aims to highlight the STEM approach as one of the modern integrated approaches in the field of mathematics education. STEM which means the integration of Science, Technology, Engineering, and Math has its significant role in the development of curricula in the Arab world generally and particularly in mathematics curricula. This paper addresses the definition of STEM, the justifications for its emergence and the causes for the attention it recently receives. Moreover, the paper sheds light on its objectives, content, related teaching strategies, educational activities, evaluation, characteristics, advantages and obstacles found in its application.

Keywords: Approach Integrated of Science, Technology, Engineering, and Mathematics, Mathematics Curriculum, Mathematics Education, STEM

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

مقدمة

يشهد العصر الحالي تطورات معرفية وتكنولوجية متعددة، كما ازدادت التنافسية بين الدول المختلفة، ولتحقيق التنمية والازدهار في إطار التنافسية الدولية تطلب الأمر تخصصات بعينها، ويظهر جليًا دور الرياضيات والعلم والتكنولوجيا والهندسة في قيادة هذا التقدم، حيث يؤكد الكثيرون (Campbell et al., 2012; Fan & Ritz, 2014; Bottia et al.,2015) أن هذه العلوم الأربعة أصبحت تمثل المعرفة الأساسية التي يحتاجها المواطنون منذ الحرب العالمية الثانية؛ باعتبارها موضوعات أساسية في المعرفة التي يجب أن يلم بها المتعلمون، وضرورة حتمية لتحقيق التنمية والازدهار الاقتصادي، كما تغيرت الاحتياجات التعليمية في القرن الحادي والعشرين تبعًا لتطور التكنولوجيا وزيادة تعقيدها، والمهارات الهندسية المطلوبة للأداء في الاقتصاد القائم على المعرفة ذات التقنية العالية؛ مما ترتب عليه زيادة الاهتمام بتعليم STEM، والتركيز على المهارات التي يجب أن يلم بها العاملون والتي تغيرت بشكل كبير بسبب الثورة التكنولوجية والعلمية، حيث لم تعد نظم التعليم التقليدية تفي بهذه الاحتياجات.

ولذا كان هناك في الآونة الأخيرة العديد من مبادرات التعليم الحكومية الوطنية والمحلية التي تركز على STEM، وظهور برامج وأطر عمل تربوية في العديد من الدول المتقدمة في هذا المجال، من حيث إعداد مناهج مدعمة بموضوعات هذا المدخل، وتحقيق متطلبات المدرسين من برامج تدريبية، وتدعيم المجال التربوي بالتسهيلات اللازمة لتطبيق هذا النوع من التعليم؛ مما ترتب عليه زيادة الطلب على المعلمين المعتمدين لتدريس موضوعات STEM، وتقديم العديد من المنظمات الحوافز للأفراد المستعدين لتدريس موضوعات STEM في المدارس الحكومية الريفية والحضرية (غانم،٢٠١١، Koehler et al.,2013)، وأكدت أيضًا دراسة بيل (Bell,2015) على ضرورة التركيز على تأهيل معلمي STEM تأهيلًا يتناسب مع طبيعة المدخل، وأشارت الدراسة إلى أن الحكومة في كل من إنجلترا وويلز ضاعفت منح تدريب المعلمين في مجالات العلوم والرياضيات ووضعت حوافز للراغبين في دراسة الهندسة أو التصميم والتكنولوجيا.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

مفهوم مدخل STEM

تناول كثير من الباحثين والمؤلفين مفهوم مدخل STEM، ومن هذه التعريفات تعريف جيرلاتش (Gerlach,2012) لتوجه العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM) بأنه "نهج متعدد التخصصات، حيث تقترن المفاهيم الأكاديمية الراسخة مع دروس العالم الواقعي؛ بحيث يتمكن الطلاب من تطبيق العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات في السياقات التي تجعل الاتصال بين المدرسة والمجتمع والعمل اتصالًا فعالًا؛ مما يتيح اكتساب التنور في مجالات STEM والقدرة على التنافس في الاقتصاد العالمي".

ويعرف السعيد والغرقي (٢٠١٥) مدخل STEM بأنه "أحد مداخل التكامل المعرفي المتعددة التخصصات الذي يجمع فيه الطالب بين الرياضيات ودمجها من خلال تطبيقاتها مع مواد العلوم والتكنولوجيا والهندسة وبعض التخصصات الأخرى في محتوى جديد يمارس فيه التعليم بطريقة عملية عن طريق الاستقصاء والتجريب وتصميم المشروعات الابتكارية القائمة على التكامل بين المعرفة".

ويؤكد ذلك كل من العنزي والجبر (٢٠١٧) بأنه "منهجية متعددة المجالات للتعلم، يدمج مجالات العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات معًا، حيث تتكامل المفاهيم الأكاديمية مع العالم الواقعي (الحقيقي)، ويطبق الطلاب العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات في سياق يربط بين المدرسة والمجتمع وسوق العمل والمؤسسات التعليمية وغير التعليمية التي تساعد في تطوير المعارف في مجالات (STEM).

وتعرف عبدالسلام (٢٠١٩) تعليم STEM بأنه "نظام تعليمي يدمج مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات معًا، بحيث تتكامل المفاهيم الأكاديمية لهذه المجالات مع العالم الواقعي، ويدرس الطلاب من خلال عمليات البحث والاستقصاء العلمي والتصميم الهندسي بهدف انتاج معرفة جديدة تسهم في حل مشكلات العالم من حولهم".

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

كما يعرفه آل عطية (٢٠٢٠) بأنه "التعلم الذي يقوم على التكامل بين التخصصات الأربعة العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM)، ويقدم للطلاب في صورة موضوعات ومشكلات علمية تعرض في سياقها الحقيقي في العالم الطبيعي وتحقق مفهوم التكامل بين أثنين أو أكثر من هذه التخصصات وتُعرض من خلال المفاهيم المشتركة التي تقود إلى التطبيق الحقيقي للمعرفة في حل المشكلات".

ويمكن تعريفه بأنه التعلم الذي يقوم على التكامل بين تخصصات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM)، بدلًا من تدريسها بشكل منفصل، ويؤكد على تطبيق المعرفة في مواقف الحياة الحقيقية.

مبررات ظهور مدخل STEM والاهتمام به

لقد نشأ هذا المدخل من: حاجة اجتماعية اقتصادية نتيجة واقع الأزمة الاقتصادية العالمية في الدول الصناعية الكبرى في العقود الأخيرة، وحاجة مهنية وتربوية؛ لاسيما في هذا القرن الذي أصبحت فيه الابتكارات العلمية والتقنية ذات أهمية متزايدة؛ حيث يؤكد كل من رايتز وفان (Ritz & Fan,2015) بأن هذا المدخل جاء كاستجابة للتحديات الاقتصادية التي تواجهها العديد من الدول، ولأهمية التنور في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات في حل المشكلات التكنولوجية والبيئية العالمية، ولتركيزه على المعرفة اللازمة لتطوير مهارات القوى العاملة في القرن الحادي والعشرين.

كما يمكن القول إن مدخل STEM ظهر بالولايات المتحدة الأمريكية في أعقاب نتائج الاختبارات والدراسات الدولية الموحدة في الرياضيات والتي احتلت فيها الولايات المتحدة الأمريكية مركز متأخر عن منافسيها الدوليين، وقد تم إرجاع ذلك إلى ضعف إدراك المتعلمين للارتباطات بين ما يدرسونه وتطبيقاته في حياتهم اليومية، الأمر الذي ترتب عليه ازدياد الحاجة إلى رفع كفاءة المتعلمين في ضوء مدخل STEM؛ وعليه فقد جاء مدخل STEM كحل للتصدي إلى ضعف نتائج مخرجات التدريس المنفرد للمجالات الأربعة من خلال استخدام مدخل متعدد التخصصات.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

كما تشير أبو عليوة (٢٠١٥) إلى أن عالم المستقبل سيكون لصالح الدول التي تمتلك الابتكار والإبداع؛ ولذلك تسعى نظم التعليم في الدول المختلفة لإعداد العلماء والمهندسين والفنيين المتميزين، وبناء القوى العاملة المستقبلية، ويُعد تعليم STEM من أفضل الصيغ لتحقيق ذلك، فهو يشمل العلوم الأربعة، كما يسهم في غرس صفات حميدة وبناء شخصية قادرة على المثابرة والإصرار من خلال استخدام حل المشكلات.

وتُعد المبررات المهنية المتمثلة في نقص عدد الخريجين الذين يمتلكون مهارات مهنية يحتاجها سوق العمل، خصوصًا في ظل الطلب المتزايد على العمال ذوي المهارات والكفاءات من أهم مبررات ظهور مدخل STEM، بل ومن أهم المبررات لتزايد الاهتمام بمدخل STEM.

كما يؤكد وانج وآخرون (Wang et al.,2011) أن المشكلات التي نواجهها في مجتمعاتنا المعاصرة هي مشكلات متعددة التخصصات، ويتطلب الكثير منها دمج مفاهيم ومهارات STEM لحلها، ولعل هذه المشكلات هي القوة الكامنة وراء النداءات العالمية للاهتمام بتعليم STEM، ففكرة التكامل جاءت من إيمان المعلمون بأن مشكلات العالم الحقيقي لا تنقسم إلى تخصصات معزولة يتم تدريسها في المدارس، ولكن في كثير من الأحيان، يحتاج الأفراد في حياتهم إلى مهارات عبر فروع المعرفة المختلفة؛ ولذا يشير فاسكيز وآخران (Vasques et al.,2013) إلى أن STEM هي مجموعة من الاستراتيجيات التي تساعد الطلاب على تطبيق المفاهيم والمهارات من تخصصات مختلفة لحل مشكلات ذات معنى.

أهداف تعليم STEM:

يهدف مدخل STEM إلى ما يلي (بايبي،٢٠١٣؛ أبو عليوه، ٢٠١٥؛ السبيل،٢٠١٥؛ حسانين،٢٠١٦؛ سليم،٢٠١٧؛ عبدالسلام، ٢٠١٩؛ علا الله والميهي،٢٠١٩؛ Wang,2013; Sahin et al.,2014; English & King,2015; Acar, et al.,2018; sarac,2018):

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

١. التركيز على المستقبل وتحقيق جودة الحياة من خلال الابتكارات العلمية والتكنولوجيا؛ مما يسهم في تحسين الصحة والمحافظة على المناخ وغيرها من القضايا المهمة والمؤثرة في حياة الإنسان.

٢. تعميق وتوسيع فهم مكونات وخصوصيات كل فرع من فروع (STEM) من خلال سياق مفاهيمي، واجتماعي وثقافي ملائم؛ باعتبارها أشكالًا من المعارف والبحوث الإنسانية، والوعي بالطرق التي تشكل بها هذه المواد الأربع البيئة المادية والفكرية والثقافية من حولنا.

٣. يسمح للمعلمين والطلاب بالتركيز على الأفكار الكبرى المرتبطة بمجالات STEM.

٤. منح المعلمين فرصًا لمواصلة نموهم المهني بشكل مستمر، وتدعيم ذلك بالتواصل مع المهتمين بهذا المجال من علماء وباحثين.

٥. تحويل المفاهيم العلمية المجردة لتطبيقات ملموسة بشكل عملي وترسيخ هذه المفاهيم بطريقة مرحة وغير مباشرة.

٦. زيادة عدد المتعلمين الطامحين في الحصول درجات علمية متقدمة ووظائف في مجالات STEM، وزيادة القوى العاملة المؤهلة وفق مدخل STEM، وتخريج قوى عاملة في مجال التطوير والبحث العلمي المتقدم الذي يركز على الابتكار.

٧. تحسين التحصيل العلمي والإنجاز الأكاديمي للطلاب في الرياضيات، والاحتفاظ بالتعلم، والعمل على تبني الدول لمبادرات إصلاح التعليم، خاصة في ضوء نتائج الاختبارات الدولية.

٨. تنمية مهارات القرن الحادي والعشرين لدى الطلاب وتشمل: مهارات التفكير الناقد والتواصل والتعاون وتبادل المعلومات واتخاذ القرار وحل المشكلات ومهارات التفكير العليا والاعتماد على النفس والمهارات الاجتماعية.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

٩. تنمية استخدام مهارات البحث العلمي وتشجيع الطلاب على عمليات التجريب والتعلم الذاتي.

١٠. تنمية اتجاهات وميول الطلاب وزيادة دافعيتهم للتعلم.

١١. تنمية القدرة على التعلم مدى الحياة، ودخول عالم الابتكار والاختراع.

١٢. حل المشكلات الرياضية والهندسية والواقعية؛ ويمكن القول إن جوهر مدخل STEM يكمن في حل المشكلات المعقدة في مواقف الحياة الواقعية من خلال بناء الحلول وتنفيذها، ولذلك فإن تدريس STEM لا يحتاج التركيز على المعرفة فقط، بل أيضًا على مهارات حل المشكلات وبصفة خاصة المشكلات الواقعية.

١٣. إعداد جيل لديه القدرة على تخيل ما ستكون عليه الأشياء والأحداث في المستقبل وكيفية الاستعداد لمواجهتها، وبما يسهم في تطبيق المعارف والممارسات المكتسبة لمواجهة التحديات التي تواجههم في حياتهم اليومية، وتطبيقه عمليًا من خلال مشروعات يتبناها المتعلم يحاكي فيها ممارسات العلماء.

١٤. يسعى مدخل STEM لتحقيق مبدأ وحدة المعرفة وتهيئة وتوفير بيئة التعلم التي تساعد المتعلمين على الاندماج في الأنشطة والمشروعات التي تكامل بين تلك العلوم، وتمكنهم من تنمية معارفهم ومهاراتهم بما يتيح لهم فهم تلك العلوم بأسلوب سهل وممتع.

محتوى مدخل STEM:

يتمثل منهج STEM في المواد الدراسية التالية (علي،٢٠١٦):

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

الفرع	تعريفه
العلوم	دراسة العالم الطبيعي، بما في ذلك قوانين الطبيعة المرتبطة بالفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء وعلم الأرض؛ لمعالجة أو تطبيق الحقائق والمبادئ والمفاهيم، أو المرتبط بهذه التخصصات؛ والعلوم هو البنية المعرفية التراكمية على مر الزمن، والتي تتم معالجتها بطرق البحث والتحقق والتحري العلمية (الاستقصاء)، فتولدت معارف جديدة تشكل القاعدة العلمية للتصاميم الهندسية.
التقنية	قد لا تكون تخصصًا بالمعنى الحرفي للكلمة، وتتضمن منظومة بأكملها تتكون من: هيكل من المعرفة المنظمة وعمليات تطبيقها، الموارد البشرية "الخبراء، والفنيين، والعمال" بالإضافة إلى الموارد غير البشرية (المادية) مثل الأجهزة والآلات: والتسهيلات المكانية، والمواد الخام التي تدخل في إنشاء وتشغيل المنتجات التكنولوجية، فضلًا عن إنتاج المواد والوسائل التعليمية أيضًا، وعلى مر التاريخ استخدم البشر التقنية لتلبية احتياجاتهم ورغباتهم، وإنتاج الأشياء الضرورية لراحة الإنسان (الوظيفة الاجتماعية للتقنية)، الكثير من مواد التقنية الحديثة نتاج للعلوم والهندسة، كما أن الأدوات التقنية تستخدم في كلا المجالين.
الهندسة	تتضمن هيكل المعرفة العلمية عن تصميم وإنشاء المنتجات البشرية، وعمليات حل المشكلات، وتُصمم العمليات تحت محددات، وهي: التصاميم الهندسية التي تستخدم قوانين الطبيعة، والعلوم، والوقت، والمال، والمواد والأدوات المتوفرة، وبيئة العمل، واللوائح البيئية، وقابلية التصنيع. تستخدم الهندسة مفاهيم العلم والرياضيات وأدوات التقنية. والهندسة تُعد الفرع الأجد والأحدث الذي تم إدراجه بتخصصات STEM.
الرياضيات	أنواع عديدة من الأنماط والعلاقات بين الكميات، والأعداد، والرموز، والأشكال، والفراغ، وطريقة في التفكير والاستدلالات، وطريقة لحل المشكلات، والتواصل (التواصل الرياضي). وهناك مفاهيم محددة بالرياضيات ومصنفة؛ وتتضمن الأعداد والحساب، والجبر والهندسة، والإحصاء والاحتمالات. وعلى عكس العلوم حيث الأدلة التجريبية والبراهين والنزعة الشكلية تسعى إلى تبرير أو نقض المسلمات في ضوء الأدلة والشواهد الجديدة، فتبرير المسلمات في الرياضيات عبر الحجج المنطقية القائمة على الافتراضات الأساسية، حيث يُسلَم بصحة الافتراضات بشرط عدم تناقضها مع النسق الرياضي. والحجج المنطقية جزء من طبيعة الرياضيات. وتُكتسب المعرفة الرياضية استدلاليًا من خلال (الاستدلال الاستقرائي، والاستدلال القياسي).

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

ومن أهم المعايير التي يجب توافرها عند تصميم وحدات مناهج STEM ما يلي: ضرورة احترام خصوصية كل موضوع والهدف من تدريسه، واستخدام نفس العمليات والمحتوى بين الموضوعات المتداخلة، وأن تعكس الوحدات رؤية بنائية للتعلم، وتصميم مهمات ذات أهداف محددة لإشراك وزيادة دافعية التلاميذ في التعلم، وتسمح هذه الوحدات للتلاميذ باستخدام الرياضيات والعلوم لتدعيم تعلم التكنولوجيا وبقدر كافي لتحسين تعلم المواد الثلاثة، وإدراك واستخدام الرياضيات والعلوم لتحسين تعلم التكنولوجيا، ويجب أن يقابل محتوى الوحدة متطلبات محددة ثابتة. (Sharkawy et al.,2009)

استراتيجيات التدريس في ضوء مدخل STEM:

إذا كان من بين أهداف تعليم STEM زيادة عدد المتعلمين والاحتفاظ بهم؛ لذا يجب أن يكون هناك توجه نحو التدريس بطرق أكثر إثارة وإثراء للاهتمام، كما يجب أن يحتل التدريس الإبداعي مكانة في مدخل STEM (Pollard et al.,2018)، ولذا تنفيذ مدخل STEM يتطلب ضرورة تدريب المعلمين قبل وأثناء الخدمة على كيفية تطبيق STEM (Baran et al.,2016).

حيث يحتاج المعلمون إلى معرفة الاستراتيجيات التي تدعم الطلاب في خبرات STEM؛ حيث يتطلب التدريس في هذه البيئات الكفاءة التربوية التي تضمن المشاركة الفعالة في الأنشطة الصفية من قبل المتعلمين، وتعتبر مواقف المعلمين تجاه التدريس والكفاءة الذاتية عنصرين حاسمين في تعزيز بيئة التعلم، بالإضافة إلى قدرة المعلمين على توجيه الطلاب للبحث العلمي، وتصميم التجارب، وإدراك المعطيات (Ejiwal,2012).

كما تعتمد استراتيجيات التدريس الملائمة لتوجهات STEM على مداخل التكامل ولذا فهي تشمل: التعلم القائم على المشروعات Projects based learning، والتعلم القائم على حل المشكلات Problem solving based learning، والتعلم القائم على العمل باليدين Hands-On based learning، والتعلم القائم على الاستقصاء أو البحث Inquiry based learning؛ والتي تتحدى الطلاب لحل مشكلات العالم الحقيقي واستكشاف فضولهم للعالم الطبيعي والبشري.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

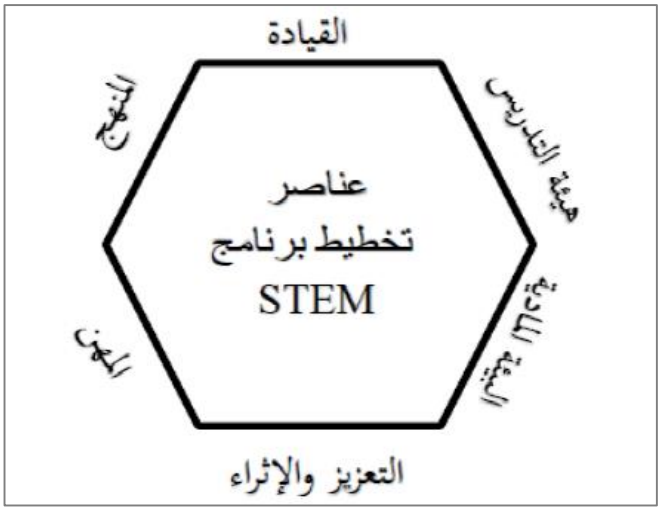
إضافة إلى أن هذه الاستراتيجيات والأساليب تعتمد بشكل كبير على تطبيق المعلومات في مواقف الحياة اليومية الحقيقية، فالعلوم الأربعة ليست مجرد مواد دراسية ومعلومات متسلسلة، وإنما هي وسيلة لفهم واكتشاف العالم، والانخراط في الحياة اليومية، ومع استمرار التعقد في مجالات الحياة اليومية المختلفة، أصبح النجاح لا يقتصر على ما تعرفه، بل من خلال ما يمكن أن تفعله أو تؤديه بما تعرفه؛ وهذا من شأنه جاهزية الطلاب بالمعلومات والمهارات وطرق التفكير المختلفة اللازمة لحل المشكلات الحياتية التي تواجههم.

ولجعل تعليم STEM ذا معنى، يجب أن يشعر المتعلمين أن المشكلات واقعية وحقيقية، وكلما استطاعوا تعلم المفاهيم والمهارات الرياضية والعلمية، والربط بينها، وفهم أثرها في تكوين شيء جديد ومبتكر من خلال عملية التصميم، كلما أصبحت هذه المفاهيم والمهارات ذات معنى، وسمح ذلك بانتقال أثر التعلم (Grubbs,2013)، ومن ثم يجب إشغال المتعلمين بمحاولات جادة لتحسين حلول المشكلات المستمدة من الحياة الواقعية؛ ولذا يسعى تعليم STEM إلى تمكين المتعلمين من تطوير مهارات حل المشكلات الواقعية، تلك المشكلات التي تحتاج –بحكم طبيعتها– إلى حل من خلال فهم متعدد عبر تخصصات مختلفة، ومحاولة الحصول على المعلومات بأنفسهم.

ويشير داري وآخرون (Dare et al.2018) إلى أن مدخل STEM يوفر للطلاب الفرص المناسبة لتجربة التعلم في العالم الحقيقي، ويؤكد ذلك إنجلش (English,2016) بأن تعليم STEM أكثر من مجرد تكامل بين المجالات الأربعة، ولكنه يشمل التعلم الواقعي، والتعلم القائم على حل المشكلات، والذي يربط بين التخصصات من خلال مداخل تعليم وتعلم مترابطة وفعالة، وكما أن هذه التخصصات لا توجد في العالم الحقيقي في عزلة، فإن تدريسها لا ينبغي أن يكون كمواد منفصلة.

كما تُعد عملية التصميم الهندسي سياق ذو معنى لتعلم المفاهيم والمهارات الرياضية والعلمية والتكنولوجية وإمكانية الربط بينها، حيث عرف ريف (Reeve,2015) التفكير في STEM بأنه التفكير عمدًا في كيف تكون المفاهيم والمبادئ والممارسات مرتبطة بمعظم المنتجات والأنظمة التي نستخدمها في حياتنا اليومية.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3



شكل (١): العناصر الست الأساسية لتخطيط برنامج STEM (إسماعيل،٢٠١٧)

ويضيف عبدالرؤف (٢٠١٧) بضرورة تطوير مواد وأدوات وتقنيات تعليمية مختلفة لتحقيق الفهم المتعمق لمدخل STEM، والتأمل الذاتي، والتفكير الجماعي، وربط الطلاب في شكل مجتمعات التعلم الواقعية والافتراضية المخصصة لتبادل الأفكار والخبرات والمصادر؛ مثل: شبكات التواصل الاجتماعي، وبرامج المحاكاة ومقاطع الفيديو التي تبين العمليات المعقدة لهذا المدخل.

وقد بين روجرس (Rogers,2013) أن التلاميذ يكتسبون محتوى وممارسات STEM من خلال قيامهم بالاستقصاء للمفاهيم العلمية والاشتغال في ممارسات التصميم والهندسة وتوظيف التكنولوجيا واستخدام المهارات الرياضية مثل: تحديد المتوسط، واستكشاف الدوال الخطية واللاخطية، وتحديد مساحة وحجوم المواد الصلبة.

الأنشطة التعليمية في مدخل STEM:

تتنوع الأنشطة التعليمية التي يجب أن يمارسها المتعلمين خلال دروس مدخل STEM لتشمل (علا الله والميهي، ٢٠١٩؛ National Research Council,2011) :

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

١. أنشطة قائمة على تكامل المجالات الأربعة، لتنمية مهارات التفكير والفهم العميق للمفاهيم والمهارات العلمية متعددة التخصصات، مع مراعاة خصوصية كل مجال.

٢. أنشطة توظف المشكلات الرياضية والهندسية القابلة للتطبيق من واقع حياة المتعلمين.

٣. أنشطة قائمة على النمذجة الرياضية وهي أنشطة مفتوحة النهايات تترك مجالًا واسعًا للحلول المتعددة، ينفذها المتعلمون في مجموعات تعاونية.

٤. أنشطة تقدم تفسيرات منطقية للمفاهيم المتعلقة بمجالات STEM التي يقومون بدراستها.

٥. أنشطة تعكس رؤية بنائية توظيفية للتعليم؛ لتوليد معرفة جديدة.

٦. أنشطة تمكن المتعلمين من ممارسة مهام تعليمية هندسية وتكنولوجية تزيد من فاعلية مشاركتهم بعملية التدريس.

٧. أنشطة تمكن المتعلمين من الحلول إبداعية للمشكلات العلمية والحياتية.

حيث يتعلم الطالب من خلال ممارسة الأنشطة المختلفة والتواصل مع زملائه، واستخدام المعامل، ومن خلال العمل في فرق أو مجموعات صغيرة تتراوح بين ثلاثة إلى خمسة طلاب، فمدخل التكامل يتطلب تعامل الطلاب مع بعضهم البعض بروح الفريق الواحد وتوزيع المهمات والأنشطة وتحديد المسئوليات وتبادل المعلومات، ويتطلب ذلك التنوع في بيئة التعلم ما بين داخل المدرسة وخارجها في نوادي العلوم ومراكز الاستكشاف العلمي ومراكز البحث العلمي والمصانع والمؤسسات وغيرها (حسانين،٢٠١٦).

ولذا ينبغي تصميم وبناء أنشطة التعليم والتقويم التي تتحدى عقول الطلاب وتحفزهم نحو الدراسة القائمة على مدخل STEM، وتشجيع الطلاب على أن يسلكوا سلوك علماء العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات باتباع الطريقة العلمية في التفكير والممارسة، بدلًا من توجيهها لهم (إسماعيل،٢٠١٧).

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

كما أن توجه STEM يتطلب إعداد وتهيئة بيئة التعلم بطريقة مبتكرة تشجع المتعلم على الاستمتاع والانخراط في الأنشطة، وأن تصمم المناهج والأنشطة والاستراتيجيات التدريسية بحيث تمكن المتعلم من الفهم العميق للمعارف والمهارات بطريقة تفاعلية وممتعة يمتد أثرها ليشمل كل نشاطات المتعلم التعليمية في الحياة، وعبر جميع مراحل تعليمه، ومن خلال فصول التعلم الصفية واللاصفية (عبدالرؤف،٢٠١٧).

ويتطلب ذلك حرص المدارس على ضمان مشاركة جميع الطلاب في أنشطة STEM بغض النظر عن وضعهم المالي، حيث يتم تنفيذ معظم الأنشطة دون تكلفة على الطلاب، ويمكن تحقيق ذلك من خلال البحث عن تمويل بديل من وزارة التعليم، أو من خلال العمل مع منظمات المجتمع المحلي، فالعلاقات القوية مع المجتمع تساهم بشكل كبير في تطوير منهج STEM، حيث أكد المعلمون أن مشاركتهم في مجموعات المجتمع المحلي، وعلاقاتهم مع الصناعات المحلية بما في ذلك مولدات الكهرباء، وسلطات المياه، والمطارات قد ساهم في إثراء منهج STEM بالمدارس، كما يتطلب الأمر أيضًا مشاركة الطلاب في تنظيم الأنشطة وإدارتها مما يحقق فائدة إضافية تتمثل في زيادة ملكية الطلاب لأنشطة STEM (Murphy,2020)، ومن أمثلة خبرات التعلم حيث يتعلم الطلاب من خلال نشاط حقيقي في المجتمع المحلي والبيئة:

١. التعاون مع حراس المنتزهات المحليين لتصميم وبناء مخزن مقاوم لحيوان الومبت Wombet للمخيمين عبر سلسلة من ورش العمل ليوم واحد.

٢. تربية الدجاج ومراقبة استهلاك الغذاء وزيادة الوزن للمنافسة في عروض محلية كجزء من فصول الرياضيات العادية.

٣. الحفاظ على مجموعة متنوعة من المواشي وصيانة حدائق الخضروات الكبيرة كجزء من فصل العلوم العادية.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

٤. التدريب بالتعاون مع سلطة مكافحة الحرائق المحلية وخدمة الطوارئ الحكومية (على مستوى المدرسة) من خلال سلسلة من ورش العمل ليوم كامل لزيادة وعي الطلاب واستعدادهم للتعامل مع الكوارث المناخية.

التقويم في مدخل STEM:

تُعد عملية التقويم جزءًا لا يتجزأ من عملية تعليم وتعلم STEM توجهها وتعززها وتصحح مسارها، وحيث أن مدخل STEM يركز على التطبيق العملي المباشر وربط التعليم بالحياة، وانغماس الطلاب في المعرفة العلمية والمهارات وعادات العقل؛ ليقوموا بممارسة العلوم والبحث والتحري، وحل المشكلات الإبداعية، والتفكير العلمي؛ لذا لم تعد النظرة التقليدية للتقويم تناسب المتطلبات الحالية والمتطورة لمدخل STEM، وتطلب الأمر التحول إلى أساليب ونظم تقويم حديثة تناسب تعليم وتعلم STEM.

ويضيف مورفي (Murphy,2020) بأنه إذا كان تعليم STEM يتضمن حلول متعددة التخصصات للمشكلات الحقيقية، وممارسة مهارات مثل الإبداع والتفكير النقدي وحل المشكلات، والتصميم، وتطبيق معارف ومهارات من تخصصات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، فإنه من المقبول التشكيك في صحة التقييمات المستخدمة لقياس أداء STEM في المدارس، حيث لا يتم استخدام أدوات لتقييم الإنجاز والمشاركة في STEM بانتظام أو بشكل موحد في جميع المدارس؛ مما يؤكد غياب تقييمات STEM متعددة التخصصات على نطاق واسع.

أسس تقويم مناهج STEM (غانم،٢٠١١):

١. تعتمد على المراجعة والتغذية الراجعة.

٢. تعتمد على التقويم الواقعي متعدد الأبعاد.

٣. تعتمد على الملاحظة وتقويم الأداء.

٤. تعتمد على التقويم المستمر.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

ويضيف الرفاعي (٢٠١٥) أن أساليب تقويم STEM المعتمد على الأداء Performance assessment تتضمن: المشروع Project، والعرض الشفهي Oral presentation، المؤتمر Conference، الملاحظة Observation، المنتج Product، العرض Exhibits، لعب الأدوار Role playing، البحث Research، حل المشكلة Problem solving، خرائط المفاهيم Concepts maps.

خصائص مدخل تكامل STEM:

من خصائص وسمات مدخل تكامل STEM ما يلي (إجباره والعيسى،٢٠٢٠):

١. التركيز على قضايا ومشكلات العالم الحقيقية، حيث يواجه ويعالج الطلاب المشكلات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية الحقيقية، ويحاولوا البحث عن حلول لها.

٢. الاسترشاد بعملية التصميم الهندسي، حيث توفر عملية التصميم الهندسي مرونة للطلاب مما يتيح لهم الانتقال من عملية تحديد المشكلة أو التحدي لتصميم معين إلى خلق وإيجاد الحلول لهذه المشكلة.

٣. جذب الطلاب إلى التدريب العملي المبني على الاستقصاء، والقائم على الاستكشاف المفتوح النهاية؛ فالتدريس من خلال STEM يتمثل بقيام الطلاب بالتجريب العملي والتعاوني، واتخاذ القرارات المتعلقة بالحلول التي توصلوا إليها، ومن ثم يتم تبادل الأفكار حول ما تم التوصل إليه، وذلك قبل الشروع في تنفيذ التصميم الهندسي الخاص بكل مجموعة، فالطلاب هنا في كل مجموعة مسؤولون عن تنظيم أفكارهم، وتصميم استقصائهم.

٤. إشراك الطلاب في عمل جماعي مثير ومثمر من خلال العمل معًا كفريق واحد منتج، وتُعد هذه المهمة صعبة؛ لذا من الواجب على المعلمين الذين يدرسون وفق منحى STEM العمل مع بعضهم البعض بنفس اللغة والإجراءات والتوقعات؛ وذلك لتطبيق العمل بشكل جماعي.

٥. تقديم محتوى دراسي صعب ومعقد في نفس الوقت من مادة الرياضيات والعلوم، مع الحرص على دمجهما مع بعضهما البعض بشكل متكامل؛ وذلك من خلال التعاون ما بين معلمي

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

الرياضيات والعلوم والحرص على ظهور هاتين المادتين بشكل متكامل وليس بصورة معزولة عن بعضها البعض، مع التأكيد على استخدام الطلاب للتقنية بشكل فعال وذلك في أثناء تصميم المنتجات الخاصة بهم؛ مما يشعرهم بأهمية تعلمهم للرياضيات والعلوم.

٦. السماح بتعدد الإجابات الصحيحة وعدم الاقتصار على إجابة واحدة، مع حرص بالغ على تصويب الخطأ أو الفشل إن وجد واعتباره جزءًا رئيسًا من عملية التعلم، فتدريس العلوم بالطريقة الاعتيادية يقوم على تصميم تجارب بطريقة معينة تتيح للطلاب الوصول إلى نفس النتيجة، فالفكر في تدريس العلوم توفير فرصة للربط بين السبب والنتيجة وفهم المتغيرات، وعلى العكس من ذلك يتيح تدريس STEM الوصول إلى إجابات متعددة، حيث تتيح بيئة التدريس وفق منحى STEM الاحتمالات الثرية للحلول الإبداعية والمبتكرة، فالخطأ والفشل في التدريس وفق منحى STEM خطوة إيجابية على طريق الاكتشاف وتصميم الحلول، فأحيانًا تصمم تجارب العلوم بطريقة معينة، حتى يتنسى لجميع المجموعات تكرار النتائج نفسها، أو التحقق من فرضية معينة، أو دحضها.

كما أشار الزبيدي (٢٠١٧) إلى أسس تطبيق مدخل STEM:

١. التمكن من البرامج الحاسوبية.

٢. تطبيق أنشطة وممارسة معملية في علوم الفيزياء والأحياء والأرض والفضاء والهندسة والتكنولوجيا.

٣. التطبيق من خلال الاندماج في برامج ومشروعات ومشكلات حقيقية مرتبطة بالعالم الحقيقي.

٤. اجراء دراسات وأبحاث في المجالات الأربعة لتعليم STEM.

٥. ربط تجارب وممارسات الطالب العلمية والهندسية بالتحديات والمشكلات المحيطة ببيئته ومجتمعه المحلي والعالمي.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

٦. إنشاء علاقات مميزة بين الطالب وزملائه المشاركين له، ومع معلميه والخبراء والعلماء المهتمين بمجالات تعليم STEM.

٧. إجراء ورش عمل وتدريبات لتطوير المهارات والممارسات العلمية والهندسية.

٨. التوسع في عمليات التطبيق من خلال برامج صيفية تحوي أنشطة ومهارات إثرائية ومسابقات علمية ومسابقات الروبوتات والتصميمات الهندسية.

مزايا مدخل STEM:

تضمنت أجندة الحكومات المختلفة جذب المزيد من الطلاب لدراسة العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات في مراحل التعليم المختلفة بدء من المرحلة الابتدائية وحتى المرحلة الجامعية، وزيادة القوى العاملة الماهرة في STEM للمشاركة في البحث والتطوير والابتكار الصناعي والاستجابة الفاعلة للتقدم التكنولوجي (Gough,2015)؛ حيث أن مهارات STEM تسهم في تنمية وتطوير المجتمعات الصناعية والحديثة (Leon et al.,2015).

ومن أجل تزويد جميع المواطنين بالكفاءات اللازمة للنجاح في هذا المجتمع الجديد القائم على المعلومات والتكنولوجيا؛ أصبح التعليم في مجالات STEM أكثر أهمية (Thibaut et al.,2018)؛ فقد أكدت دراسة جياراجا (Jayarajah et al.,2014) أن هناك اهتمام متواصل بدراسة هذا النوع من التعليم وأن السنوات الأخيرة أظهرت حجم أكبر من التداول عن السنوات الأولى، وأن هناك اتساق حول تعليم STEM وخصائصه.

ولا يمكن تحقيق أهداف الحكومات نحو تعليم STEM المناسب من أجل التنمية الاقتصادية إلا إذا أنتجت شيئاً من شأنه أن يكون ذا قيمة اقتصادية وليس فقط مجموعة من العلماء والمتعلمين الذين يمكنهم المساهمة في الوعي بالمعرفة والممارسات والتطبيقات، وهذا يتطلب دمج تخصصات الرياضيات والعلوم في العمليات النشطة للرياضيات والعلوم وربطها بحل القضايا الاقتصادية والاجتماعية (Thomas & Watters,2015).

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

ويؤكد ذلك ساكستون وآخرون (Saxton et al.,2014) بأن تعليم STEM أصبح أمرًا مهمًا على المستوى الوطني، والمستوى الإقليمي والمحلي والفردي، لعدة أسباب، منها: اعتراف كافة أصحاب المصلحة بما في ذلك الحكومات والشركات بأن الاستثمارات في تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات تعتبر عاملًا رئيسًا في القدرة التنافسية الاقتصادية، وأيضًا ينظر إلى جودة تعليم STEM باعتباره وسيلة مهمة لإعداد مواطنة مستنيرة تفيد القرارات السياسية على المستويات الوطنية والإقليمية والمحلية، إضافة إلى أنه يعكس الطرق التي يتم بها تطبيق مفاهيم STEM ومهارات التفكير العليا في العالم الحقيقي من قبل العلماء والمهندسين وغيرهم من المهنيين من أجل التعرف على المشكلات المعقدة وتقييمها وحلها واكتشاف المعرفة الجديدة وتعزيزها.

إضافة إلى أن مدخل STEM يمكن الطلاب من تحويل أفكارهم إلى حقيقة ملموسة، ويمكن المعلمين من استخدام النمذجة في شرح المبادئ العلمية المجردة والتحليل التنبؤي للرياضيات (Fan & Yu,2017)، كذلك يعمل على تشجيع الخريجين على امتلاك القيم والالتزامات بتقديم مساهمات مهنية للمجتمع؛ مما يعزز رفاهية الإنسان ويسهم في بناء مجتمع يقدر امتلاك القدرات لجميع مواطنيه (Walker,2015).

كما أن تدريس STEM أكثر فاعلية حيث ينمو تحصيل الطلاب عندما يتضافر المدرسون لتطوير مجتمعات تعليمية مهنية قوية في مدارسهم، إضافة إلى أن المعلمين الذين يعملون في مجتمعات تعليمية قوية هم أكثر ارتياحاً لمهنتهم، ويفضلون البقاء في التدريس لفترة كافية ليصبحوا معلمين بارعين (Fulton & Britton,2011)؛ فتعليم STEM لا يؤثر فقط على تحسين أداء التلاميذ في الرياضيات والعلوم، بل يؤثر أيضًا في نمو الثقافة العلمية والتكنولوجية والتي هي من ضرورات القرن الحادي والعشرين (Pecen el al.,2012).

معوقات تطبيق مدخل STEM:

لعل من أبرز معوقات تطبيق منحى STEM في تدريس الرياضيات ما يلي: (القحطاني وآل كحلان،٢٠١٧؛ Ejiwale,2013)

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

١. ضعف تدريب المعلمين على كيفية التدريس باستخدام منحى STEM، وضعف التنسيق بين معلم الرياضيات والمختصين في التعليم بمنحى STEM.

٢. ضعف مستوى الخبرة العملية في التدريس باستعمال منحى STEM، حيث تؤكد دراسة عبدالفتاح (٢٠١٦) بأن هناك ضعف في إعداد المعلمين القائمين بالتدريس في هذه المدارس، وتؤكد دراسة إنجلش (English,2016) فشل المعلمين في مساعدة تلاميذهم على ربط الرياضيات مع التخصصات الثلاثة الأخرى.

٣. أنظمة الحوافز التي تركز على جهود المعلم الفردية على حساب بناء القدرات المهنية التعاونية، والتي من شأنها أن تعوق بدرجة كبيرة قدرتنا على إعداد طلاب اليوم لنجاحهم في الجامعات في القرن الحادي والعشرين (Fulton & Britton,2011).

٤. عدم إدراك أن التعلم باستعمال منحى STEM يحتاج للتعاون بين المدرسة والمنزل.

٥. كثافة الطلاب في الفصل الواحد، وضعف إمكانيات المدرسة المادية.

٦. الوقت المخصص للتدريس غير كاف لتطبيق منحى (STEM).

٧. شيوع التطبيقات النظرية مقارنة بالتطبيقات العملية في المحتوى؛ حيث تؤكد دراسة عبدالفتاح (٢٠١٦) بأن المشكلة الرئيسة التي تواجه مدارس STEM حالياً هي أن المناهج الحالية في المرحلة الابتدائية والإعدادية لا تكسب التلاميذ المهارات الضرورية في الرياضيات والعلوم.

٨. يتكون منهج STEM من بناء معرفي شاسع ومعقد؛ قد يتسبب في العديد من الصعوبات أثناء التصميم والتطبيق (Fan & Yu,2017).

وكان من أهم معوقات تعليم STEM عزوف الطلاب في مجال الرياضيات والعلوم، وعدم القدرة على حل مشكلات العالم الحقيقي، والتي تتطلب معرفة هذه التخصصات؛ ومن هنا تزايد الاهتمام بهذا النظام التعليمي في الولايات المتحدة، ومنها إلى معظم الدول المتقدمة والنامية (Campbell

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

(et al.,2012؛ وأصبح التحدي الأساسي لتعليم STEM هو تحفيز الطلاب للالتحاق بهذه التخصصات، والذي يجب أن يبدأ من المراحل المبكرة، حيث يتمكن الطلاب من مهارات التفكير الناقد وحل المشكلات وابتكار أفكار جديدة لحل القضايا المختلفة، وتنمية قدراتهم على الإبداع واتخاذ القرارات وذلك في إطار أخلاقي محدد (أبوعليوة، ٢٠١٥).

ولذا أوصى تحالف تعليم STEM وهو شبكة من شبكات الممارسة في المملكة المتحدة تضم العديد من المنظمات المحلية والشركات والمدارس والأندية العلمية، وتقوم بمبادرات مع المدارس والجامعات في مجال تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات بإتاحة الفرص لجميع الطلاب بغض النظر عن خلفياتهم الاجتماعية أو الاقتصادية للالتحاق بهذا النوع من التعليم وحثهم على ذلك وتشجيعهم على مواصلة التعلم للحصول على وظائف متميزة، كما أوصت بمساعدة جميع المدارس والكليات في المملكة المتحدة على إثراء فرص تعليم STEM والتوسع فيه، وكذلك تشجيع المؤسسات والمنظمات المختلفة المهتمة بهذا النوع من التعليم على استثمار جهودها ومواردها بطريقة تحقق أفضل النتائج لها وللشباب الراغبين في الالتحاق ببرامج STEM (أبو عليوه،٢٠١٥؛ STEM Education Coalition,2014).

مدارس STEM:

مدارس STEM مدارس ذات نظام تعليمي خاص؛ حيث تقوم هذه المدارس على فلسفة التكامل أو ما يعرف حديثًا بالعلوم البينية Interdisciplinary، تنتهج هذه المدارس المنهج متعدد التخصصات Multidisciplinary وتطبيقاته، STEM ليست كلمة واحدة، وإنما هي مجموعة حروف كل حرف منها هو الحرف الأول من مجالات العلم الأربعة الآتية على الترتيب: العلوم، التكنولوجيا، الهندسة، والرياضيات (Science, Technology, Engineering and Mathematics)؛ وبذلك فإن هذه المدارس تعتمد على منهج التكامل بين أربعة مجالات مهمة من مجالات العلم بدلًا من تعليم المجالات الأربعة كموضوعات منفصلة وبصورة مستقلة لا يتضح الترابط بينها، STEM نظام تعليمي يقدم نموذجًا تعليميًا –متعدد التخصصات– متكاملًا ومتماسكًا يعتمد على التطبيق في العالم الحقيقي أو

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

الواقعي، وهو نظام تعليمي قائم على البحث والتفكير وحل المشكلات والتعلم من خلال المشروعات والتي من خلالها يطبق الطالب وبصورة مباشرة ما يتعلمه في العلوم والرياضيات والهندسة باستخدام التكنولوجيا، بمعنى أن الطالب يتعلم دروسه من خلال مشروعات يكلف بإنجازها، هذه المشروعات تتطلب منه الرجوع إلى هذه التخصصات، وخريج هذا النظام التعليمي مواطن قادر على التعامل مع التكنولوجيا والانخراط في سوق العمل الذي يتطلب القدرة على التفكير والابتكار (حسانين، ٢٠١٦).

صنف ماكفارلين (٢٠١٧) مدارس تعليم STEM إلى ثلاثة مجالات:

١. مدارس STEM المتخصصة: وهي مدارس تركز بشكل دائم على تعليم STEM وجميع الطلبة الملتحقين بها يشتركون في دراسة مناهج العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات بشكل مترابط ومتكامل.

٢. منحي تعليم STEM في المدارس: تلجأ بعض المدارس إلى إنشاء برامج أكاديمية، أو فصولًا داخلية لـ STEM وهذا التنظيم يأخذ عدة أشكال بحسب الحاجة أو الغرض، حيث يسمح مثل هذا النوع من البرامج بتقديم تعلم أكثر عمقًا ضمن STEM للطلبة المهتمين بمثل هذه البرامج.

٣. منحي تعليم STEM الداخلية: وهي عبارة عن برامج مكثفة يخضع لها الطلبة وذلك من خلال إقامتهم في سكن داخلي وذلك أثناء حضورهم إلى مدارس STEM.

وتشترك مدارس STEM مع بعضها البعض في ثمانية عناصر رئيسة هي (Koppes,2015):

١. التعلم القائم على حل المشكلات (تعليم متعدد التخصصات، استقلالية المتعلم).

٢. التعلم الصارم (محتوى تعليمي مرتبط بالواقع، مناهج من إعداد المتخصصين).

٣. المجتمع المدرسي والانتماء (يتعامل الطلاب مع بعضهم البعض بثقة واحترام وروح الجماعة).

٤. المهن والتقنية والمهارات الحياتية (الانخراط المبكر بالأنشطة ذات الطابع الجامعي، استخدام التقنية).

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

٥. إضفاء الطابع الشخصي على التعلم (تعليمات تخص المعلمين).

٦. الاتصال بالمجتمع الخارجي (من مستوى الجوار إلى مستوى الدولة).

٧. مؤسسات المتخصصين (طاقم متعاون، قادة مدارس ييسروا طرق النمو والتطور المهني للطاقم).

٨. العوامل الأساسية (مشاركة الأسرة، الفضاء المادي المفتوح).

ولعل من المتطلبات المهمة التي يجب توافرها في مدارس STEM المختلفة ما يلي:

١. الطاقم الإداري المتميز والفاعل والداعم لتوفير بيئة تعليمية تشجع على النجاح والتعلم.

٢. كفاءة المعلمين القائمين على تعليم STEM.

٣. التركيز على إيجابية الطالب وجعله محور أساسي في العملية التعليمية.

٤. العمل بروح الفريق.

٥. بناء جسور من العلاقات القوية بين المدرسة والأسرة ومؤسسات المجتمع المدني.

٦. توفير الميزانية الكافية.

مداخل حديثة قائمة على مدخل STEM:

مع زيادة تطبيقات المناهج القائمة على مدخل STEM وحاجتها لموضوعات ومجالات أخرى تسدد العجز فيها وتضيف إليها الجديد في ظل تطور سوق العمل والحاجة إلى التنافسية؛ استلزم الأمر استحداث أشكال جديدة من المناهج القائمة على مدخل STEM، ومن أهمها:

١. مدخل تكامل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والرياضيات STEAM:
Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics
حيث جاء هذا المدخل من خلال إضافة مجال الفنون Arts إلى مدخل STEM لتحقيق المزيد من الجوانب الجمالية وإثارة الخيال وتنمية الإبداع والإمكانات اللازمة للنجاح في القرن الحادي

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

والعشرين، إضافة إلى أنه يتضمن إدراج الفنون الحرة فإنه قد يتضمن أيضًا إضافة الإنسانيات في تعليم وتعلم STEM، ولعل تزايد الاهتمام بمدخل STEAM ارتبط بأهمية العلاقات المتبادلة بين تعليم وتعلم المدخل وشركاء الصناعة والممارسين في الصناعات الإبداعية؛ بحجة أهمية وضرورة الفنون لكل من التعلم والاقتصاد على حد سواء.

٢. مدخل تكامل العلوم والتكنولوجيا والروبوتات والهندسة والرياضيات STREM:
Science, Technology, Robotics, Engineering and Mathematics
حيث جاء هذا المدخل من خلال إضافة الروبوتات Robotics إلى مدخل STEM لتحقيق مزيد من شمولية التطبيقات التكنولوجية، وتعزيز مشاركة الطلاب في محتوى STEM، ودمج تعليم STEM مع ممارساته وتوفير التعلم العملي النشط.

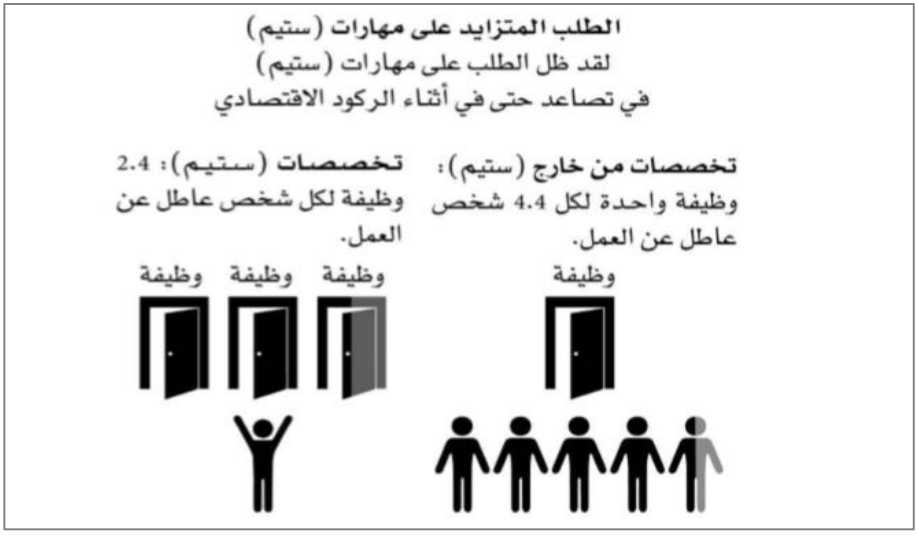
٣. مدخل تكامل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات والطب STEMM:
Science, Technology, Engineering, Mathematics and Medicine
حيث جاء هذا المدخل من خلال إضافة مجال الطب إلى مدخل STEM لدعم التخصصات المرتبطة بمجال الابتكارات الطبية.

٤. مدخل تكامل البيئة والعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات E-STEM:
Environmental, Science, Technology, Engineering and Mathematics
حيث جاء هذا المدخل من خلال دمج البيئة مع مدخل STEM لدعم الوعي البيئي، ويُعد E-STEM أحد إصدارات منهج STEM الذي تم تكييفه مع متطلبات القرن الحادي والعشرين من خلال دمج البيئة مع تخصصات STEM، حيث تم تقديم مفهوم E-STEM من قبل الرابطة الوطنية للتعليم البيئي National Association for Environmental Education تحت عنوان "مشاركة الشباب في تحديات المجتمع في القرن الحادي والعشرين: ربط التعليم البيئي بالعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات" (Helvaci & Helvaci,2019).

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

وظائف STEM:

على الرغم من تأثير الأزمة الاقتصادية والمالية على سوق العمل؛ إلا أن الطلب على التوظيف في القطاعات المرتبطة بمدخل STEM قد تزايد بشكل كبير في العقد الماضي، علاوة على ذلك، من المتوقع أن يستمر هذ النمو والتزايد في السنوات القادمة، ومن المتوقع في إسبانيا ارتفاع بنسبة ٦٨ ,٩٪ في عدد الموظفين الذين سيطلبهم القطاع العلمي والتكنولوجي بحلول عام ٢٠٢٥م (Fernández-Martín, et al.,2020).



الطلب الوظيفي على شهادات (ستيم) في ولاية لأركنساس (ماكفارلين،٢٠١٧)

ورغم ذلك، تشير الدراسات إلى وجود عجز على المستوى العالمي في تلبية احتياجات سوق العمل، وتوفير القوى العاملة اللازمة في تخصصات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، مما كان له دور في انخفاض المؤشرات الاقتصادية (عبدالسلام،٢٠١٩)، فالطلب يفوق المعروض من المتقدمين لوظائف STEM، في ظل تزايد وظائف STEM فهناك ١٦ مهنة من أصل ٢٠ مهنة مرتبطة بالعلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، مع نمو متوقع في العقد المقبل؛ ونظرًا لعدم تلبية هذه

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

الاحتياجات من القوى العاملة في STEM، سيعتمد اقتصاد الدول في المستقبل على إعداد المزيد من الطلاب المستعدون للوظائف المتعلقة مثل معلمي STEM، ومساعدين طبيين Medical Assistants، والممرضات Nurses، وفنيين الكمبيوتر والطاقة الخضراء Computer and green energy technicians (National Research Council,2011)، ويضيف بريني وهيل (Briney & Hill,2013) أن أسباب هذا العجز يرجع إلى افتقار المدارس للمواد والدعم في المحتوى الدراسي، إضافة إلى عدم كفاية المعلم بالشكل المطلوب لإنتاج المفكرين والقادرين على حل المشكلات عبر تخصصات STEM، بالإضافة إلى النمو السريع والمتلاحق للوظائف في مجالات STEM خلال السنوات الماضية مثل التكنولوجيا الحيوية، وعلوم الحاسب الآلي وتكنولوجيا المعلومات، والاتصالات السلكية واللاسلكية والطب وغيرها.

ولذا يسعى تطبيق نظام STEM إلى تلبية احتياجات سوق العمل وتوفير القوى البشرية اللازمة لسد العجز في المهن والوظائف السابقة، وذلك من خلال السعي إلى بناء تعليم يسهم في دفع عجلة الاقتصاد ويضمن مواءمة مخرجات التعليم مع سوق العمل (عبدالسلام، ٢٠١٩).

كما أن هناك العديد من العوامل التي تقف خلف عدم عمل خريجي STEM في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، فالعديد من أفضل الطلاب ينتقلون إلى وظائف أخرى بعد المدرسة، نظرًا لأن هذه الوظائف ذات رواتب أعلى وتقدم فرص التقدم والاستقرار الوظيفي، ومن الأمور المثيرة للاهتمام أيضًا أن العلماء والمهندسين الأمريكيين يختارون العمل في الشركات الصغيرة والناشئة بدلًا من الشركات الكبيرة بسبب الإشباع الشخصي للمشاركة في عمليات صنع القرار، ولذلك يبدو أن العوامل الرئيسة وراء عدم عمل خريجي STEM بالوظائف المرتبطة بتخصصهم هي ببساطة مسألة اختيار شخصي وفوائد العمل في مجالات أخرى، فضلًا عن التباين بين ما يتطلبه سوق العمل وما يجلبه الخريجين معهم من مهارات وقدرات، وكذلك النقص في أعداد خريجي STEM من

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

ذوي الخبرة اللازمة لتعزيز التقدم الاقتصادي والتكنولوجي العالمي، إضافة إلى أن التحاق النساء بتخصصات STEM ضئيل ومتراجع بشكل ملحوظ (Sahlin & Lobera, 2016).

كما يشير فيلدر وبرينت (Felder & Brent,2016) إلى أن العمل في مهن STEM يعني العمل في فرق، شئنا أم أبينا، حيث أن أصعب المشكلات في مهن STEM معقدة ومتعددة التخصصات، ومن النادر أن تجد أفرادًا يتمتعون بخبرة واسعة كافية لحل هذه المشكلات بأنفسهم تمامًا، ويتضح من خلال نتائج الاستبيانات التي يُطلب فيها من أصحاب العمل من خريجي STEM سرد المهارات التي وجدوها أكثر نقصًا في تعييناتهم الأخيرة، وجد أن العمل الجماعي هو أحد المهارات التي يتم ذكرها بشكل متكرر، هذا بالإضافة إلى مهارات الاتصال والتفكير الإبداعي (إيجاد حلول مبتكرة للمشكلات عندما تكون الأساليب الموجودة غير مناسبة) والتفكير النقدي (صنع ودعم الأحكام والقرارات القائمة على الأدلة).

ويستطردان بأن الدراسات الاستقصائية لأرباب العمل من خريجي STEM تشير إلى وجود فجوات خطيرة بين المهارات التي تحتاجها القوى العاملة لديهم والمهارات التي يمتلكها الموظفين الجدد لديهم، وعندما طُلب منهم تحديد المهارات الفكرية والعملية المطلوبة، صنفوها في إحدى عشر مهارة: الاتصال الشفهي والكتابي، والعمل الجماعي، والتفكير النقدي، والتفكير التحليلي، وحل المشكلات المعقدة، ومحو الأمية المعلوماتية، والابتكار والابداع، والمهارات التكنولوجية والتفكير الكمي.

ولذا من أجل تعزيز أداء الولايات المتحدة في الاقتصاد العالمي، ومعالجة ندرة الخريجين المؤهلين في STEM، ساهم مجتمع الأعمال والمؤسسات غير الربحية في تحسين تعليم STEM، حيث تعهد بتدريب مائة ألف من معلمي STEM بحلول عام ٢٠٢١م (Stevenson,2014).

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

التضمينات التربوية:

١. تضمين مدخل STEM ضمن مقررات إعداد معلم الرياضيات في كليات التربية، وضمن برامج التنمية المهنية لمعلمي الرياضيات أثناء الخدمة.

٢. تشجيع الطلاب في مراحل التعليم المختلفة على المشاركة الفاعلة في أنشطة STEM والاهتمام بمشاركتهم في عمل تصميمات وابتكارات.

٣. حث المؤسسات التعليمية المسئولة عن إنتاج المواد التعليمية على تطوير إنتاج وسائل ومواد تعليمية تساعد على تحقيق أهداف مدخل STEM.

٤. ضرورة توجيه أنظار القائمين على بناء وتطوير وتنفيذ مناهج الرياضيات بالمراحل التعليمية المختلفة إلى التركيز على الموضوعات المرتبطة بحياة المتعلمين اليومية، وتناول المشكلات الرياضية الحياتية بحيث لا تكون مناهج الرياضيات معزولة عن المجتمع ومحصورة في حجرات الدراسة.

٥. ضرورة إنشاء شبكات لتبادل الممارسات الجيدة في مجال تدريس STEM، فتبادل الخبرات والممارسات الجيدة من شأنه رفع المستوى وتحسين الأداء وتلافي نقاط الضعف والتغلب على المعوقات.

٦. رفع مستويات الطلاب في مدارس STEM بالدول العربية لتنافس الدول المتقدمة ليس بالأمر الصعب، حيث تستطيع الدول العربية أن تمتلك مصادر القوة الثلاثة الخاصة بتحسين تلك المدارس والتي أظهرت التجربة في دول شرق أسيا بشكل خاص أنها تؤدي إلى الإسراع بالإصلاحات وجني الفوائد المتعلقة بتحسين الأداء وهي توافر الموارد الكافية، ورؤية طموحة، وإرادة سياسية خالص لتحقيق النجاح.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

المراجع

أبو عليوه، نهله السيد (٢٠١٥). دراسة مقارنة لبعض تطبيقات نظرية مجتمع الممارسة في التنمية المهنية لمعلمي STEM في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكوريا الجنوبية وإمكانية الإفادة منها في جمهورية مصر العربية. دراسات تربوية واجتماعية، ٢١(٢)، أبريل، ١٢٠-٢٩.

اجباره، محمد عدنان محمد؛ والعيسى، يوسف محمد جبرائيل. (٢٠٢٠). اتجاهات معلمي العلوم والرياضيات والحاسوب نحو استخدام المنحى الجذعي في منحى تدريس موضوعات العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات في التدريس في منطقة الرياض التعليمية. دراسات العلوم التربوية، الجامعة الأردنية - عمادة البحث العلمي، ٤٧(١)، ٣٢٤-٣٤١.

إسماعيل، حمدان محمد علي (٢٠١٧). أثر أنشطة إثرائية في الكيمياء قائمة على مدخل العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (STEM) في تنمية الوعي بالمهن العلمية والميول المهنية لطلاب المرحلة الثانوية ذوي استراتيجيات التعلم العميق والسطحي. مجلة التربية العلمية، ٢٠(٢)، فبراير، ١-٥٦.

آل عطية، عبدالله بن أحمد. (٢٠٢٠). مستوى اتجاهات الطلاب نحو مهن العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM . المجلة الدولية للعلوم التربوية والنفسية: المؤسسة العربية للبحث العلمي والتنمية البشرية، ع(٣٨)، ٢٢٠-٢٣٥.

بايبي، رودجيرو (٢٠١٣). تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات التحديات والفرص. (هيئة التحرير، مترجم)، المجلة العربية للتربية، تونس، ٣٣(٢)، ديسمبر، ١٨٥-١٨٦.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

حسانين، بدرية محمد محمد (٢٠١٦). التكامل بين العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات في مناهج العلوم بمرحلة التعليم الأساسي. المؤتمر العلمي الثامن عشر للجمعية المصرية للتربية العلمية "مناهج العلوم بين المصرية والعالمية"، مركز الشيخ صالح كامل، جامعة الأزهر، مدينة نصر، القاهرة، ٢٤-٢٥ يوليو، ٩٩-١٣٩

الرفاعي، أحمد محمد رجائي. (٢٠١٥). اتجاهات متميزة في تعليم وتقويم الرياضيات لدعم التوجه STEM. مؤتمر مركز التميز البحثي في تطوير تعليم العلوم والرياضيات الأول "توجه العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات STEM"، جامعة الملك سعود، ٥-٧ مايو، ص٥٥.

الزبيدي، محمد بن علي بن مرزوق. (٢٠١٧). فاعلية استراتيجية مقترحة قائمة على مدخل التكامل بين العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات STEM في تنمية مهارات التفكير عالي الرتبة والتحصيل لدى طلاب الصف الثالث المتوسطة في مادة العلوم. رسالة دكتوراه: جامعة أم القرى.

السبيل، مي عمر عبدالعزيز (٢٠١٥). أهمية مدارس العلوم، والتقنية، والهندسة، والرياضيات "STEM" في تطوير تعليم العلوم دراسة نظرية في إعداد المعلم. المؤتمر العلمي الرابع والعشرون للجمعية المصرية للمناهج وطرق التدريس "برامج إعداد المعلمين في الجامعات من أجل التميز، دار الضيافة جامعة عين شمس، القاهرة، ٢٦-٢٧ أغسطس، ٢٥٤-٢٧٨.

السعيد، رضا مسعد؛ والغرقي، وسيم محمد عبده (٢٠١٥). STEM. مدخل قائم على المشروعات الإبداعية لتطوير تعليم الرياضيات في مصر والوطن العربي. المؤتمر العلمي السنوي الخامس عشر للجمعية المصرية لتربويات الرياضيات "تعليم وتعلم الرياضيات وتنمية مهارات القرن الحادي والعشرين"، القاهرة، ٨-٩ أغسطس، ١٣٣-١٤٩.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

سليم، شيماء عبدالسلام عبدالسلام (٢٠١٧). استخدام أنشطة STEM وفق الصفوف المقلوبة في العلوم لتنمية مهارات التفكير الأساسية والقيم العلمية لتلاميذ المرحلة الإعدادية. مجلة التربية العلمية، ٢٠(١٠)، أكتوبر، ١٢٧-١٦٠.

عبدالرؤف، مصطفى محمد الشيخ (٢٠١٧). تصور مقترح لتطوير الأداء التدريس لمعلمي العلوم بالمرحلة الإعدادية في ضوء معايير توجه STEM. مجلة التربية العلمية، ٢٠(٧)، يوليو، ١٣٧-١٩٠.

عبدالسلام، أماني محمد شريف. (٢٠١٩). معايير إعداد معلم STEM في ضوء تجارب بعض الدول: دراسة تحليلية. مجلة كلية التربية: جامعة أسيوط-كلية التربية، ٣٥(٥)، ٣١٤-٣٥٩.

عبدالفتاح، محمد عبدالرازق (٢٠١٦). برنامج STEM مقترح في العلوم للمرحلة الابتدائية لتنمية مهارات التصميم التكنولوجي والميول العلمية. مجلة التربية العلمية، ١٩(٦)، نوفمبر، ١-٢٨.

علا الله، منى علي طاهر والمهيي، رجب السيد عبدالحميد. (٢٠١٩). فاعلية استخدام مدخل STEMفي تنمية مهارات الحل الإبداعي للمشكلات الرياضية لدى طالبات الصف الثاني المتوسط. مجلة تربويات الرياضيات: الجمعية المصرية لتربويات الرياضيات، ٢٢(١٢)، ٢٢٦-٢٦٣.

علي، علي طاهر. (٢٠١٦). تصورح مقترح للتطور المهني لمعلمي الرياضيات في المملكة العربية السعودية وفقًا لتوجه العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM). مجلة العلوم التربوية: جامعة الأمير سطام بن عبدالعزيز، ١(٢)، أكتوبر، ٤١-٧٦.

العنزي، عبدالله بن موسى بن عطا الله؛ والجبر، جبر بن محمد (٢٠١٧). تصورات معلمي العلوم في المملكة العربية السعودية نحو توجه العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات (STEM)

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

وعلاقتها ببعض المتغيرات، مجلة كلية التربية بأسيوط، ٣٣(٢)، جزء ثاني، أبريل، ٣١٢-٦٤٧.

غانم، تفيده سيد أحمد (٢٠١١). مناهج المدرسة الثانوية في ضوء مدخل العلوم، التكنولوجيا، الهندسة، الرياضيات (STEM). المؤتمر العلمي الخامس عشر للجمعية المصرية للتربية العلمية "التربية العلمية: فكر جديد لواقع جديد"، المركز الكشفي بمدينة نصر، القاهرة، ٦-٧ سبتمبر، ١٢٩-١٤١.

غانم، تفيده سيد أحمد (٢٠١٥). أبعاد تصميم مناهج STEM وأثر منهج مقترح في ضوئها لنظام الأرض في تنمية مهارات التفكير في الأنظمة (Systems Thinking) لدى طلاب المرحلة الثانوية. عالم التربية، س(١٦)، ع(٥١)، يوليو، ١-٢٥.

القحطاني، حسين محمد مسعود؛ وآل كحلان، ثابت بن سعيد (٢٠١٧). معوقات تطبيق منحى STEM في تدريس الرياضيات في المرحلة المتوسطة من وجهة نظر المعلمين والمشرفين بمنطقة عسير. مجلة العلوم التربوية والنفسية: المركز القومي للبحوث، فلسطين، ١(٩)، أكتوبر، ٢٣-٤٢.

ماكفارلين، برونوين. (٢٠١٧). تصميم مناهج ستيم STEM للطلبة الموهوبين: تصميم ستيم وتنفيذها (محمود محمد الوحيدي، مترجم). الرياض: العبيكان. (نشر العمل الأصلي ٢٠١٥)

عبدالسلام، أماني محمد شريف. (٢٠١٩). معايير إعداد معلم STEM في ضوء تجارب بعض الدول: دراسة تحليلية. مجلة كلية التربية: جامعة أسيوط - كلية التربية، ٣٥ (٥)، ٣١٤-٣٥٩.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

References

Acar, D., Tertemiz, N. & Tasdemir, A. (2018). The effects of STEM training on the academic achievement of 4th graders in science and mathematics and their views on STEM training teachers. International Electronic Journal of Elementary Education, 10(4), Mar, 505-513.

Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., Mesutoglu, C. & Ocak, C. (2016). Moving STEM beyond schools: Students' perceptions about an out-of-school STEM education program. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 4(1), 9-19

Bell, D. (2015). The reality of STEM education, Design and technology teachers' perceptions: a phenomenographic study. International journal of technology and design education, 26(1), February, 61-79

Bottia, M. C., Stearns, E., Mickelson, R. A., Moller, S., & Valentino, L. (2015). Growing the roots of STEM majors: Female math and science high school faculty and the participation of students in STEM. Economics of Education Review, 45, April, 14-27.

Briney, L., & Hill, J. (2013). Building STEM education with multinationals. In International conference on transnational collaboration in STEAM education. Sarawak, Malaysia.

Campbell, T., Lee, H., Kwon, H. & Park, H. (2012). Student motivation and interests as proxies for forming STEM identities. J. Korea Assoc. Sci. Edu., 32(3), 532-540.

Dare, E. A., Ellis, J. A. & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementation of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. International of STEM Education, 5(4), 1-19.

Ejiwal, J. A. (2012). Facilitating teaching and learning across STEM fields. Journal of STEM Education, 13(3), May-June, 87-94.

Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. Journal of Educational and Learning, 7(2), 63-74.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

English, L. D. & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigation in aerospace. International Journal of STEM Education, 2(14), 1-18.

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. International Journal of STEM Education, 3(3), 1-8.

Fan, S. & Yu, K. (2017). How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices. International Journal of Technology and Design Education. 27(1), March, 107-129.

Fan, S., & Ritz, J. (2014). International views of STEM education. In M. J. de Vries (Eds.), PATT-28 Research into Technological and Engineering Literacy Core Connections (pp. 7-14). The 76th annual ITEEA conference: International Technology and Engineering Educators Association, Orlando, U.S.A., 27-28 March.

Felder, R. M., & Brent, R. (2016). Teaching and learning STEM: A practical guide. John Wiley & Sons.

Fernández-Martín, F. D., Arco-Tirado, J. L., Carrillo-Rosúa, F. J., Hervás-Torres, M., Ruiz-Hidalgo, J. F., & Romero-López, C. (2020). Making STEM Education Objectives Sustainable through a Tutoring Program. Sustainability, 12(16), 6653.

Fulton, K. & Britton, T. (2011). STEM teachers in professional learning communities: from Good teachers to great teaching. Washington: National Commission on Teaching and America's Future.

Gerlach, J. (2012). STEM: Defying a simple definition. NSTA WebNews Digest, NSTA Reports, Available at: http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=59305

Gough, A. (2015). STEM policy and science education: Scientistic curriculum and sociopolitical silences. Cultural Studies of Science Education, 10(2), June, 445-458.

Grubbs, M. (2013). Robotics intrigue middle school students and build STEM skills. Technology and Engineering Teacher, 72(6), March, 12-16.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

Helvaci, S. C., & Helvaci, I. (2019). An Interdisciplinary Environmental Education Approach: Determining the Effects of E-STEM Activity on Environmental Awareness. Universal Journal of Educational Research, 7(2), 337-346.

Jayarajah, K., Saat, R. M. & Abdul Rauf, R. A. (2014). A review of Science. Technology, Engineering & Mathematics (STEM) education research from 1999-2013: A Malaysian perspective. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 10(3), 155-163.

Koehler, A., Feldhaus, C. R., Fernandez, E. & Hundley, S. P. (2013). Alternative certification programs & pre-service teacher preparedness. Journal of ETEM Education, 14(4), October-December, 45-55.

Koppes, S. (2015). Study identifies common elements of STEM schools. Retrieved from: https://news.uchicago.edu/story/study-identifies-common-elements-stem-schools

Leon, J., Nunez, J. L. & Liew, J. (2015). Self-determination and STEM education: effects of autonomy, motivation, and self-regulated learning on high school Math achievement. Learning and Individual Differences, 43, 156-163.

Murphy, S. (2020). Achieving STEM education success against the odds. Curriculum Perspectives, 40(2), 241-246.

National Research Council. (2011). Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics. National Academies Press.

Pecen, R., Humston, J. L. & Yildiz, F. (2012). Promoting STEM to young students by renewable energy application. Journal of STEM Education: Innovations and Research, 13(3), May-Jun, 62-73.

Pollard, V., Hains-Wesson, R. & Young, K. (2018). Creative teaching in STEM. Teaching in Higher Education, 23(2), 178-193.

Reeve, E. M. (2015). STEM thinking. Technology and Engineering Teacher. 75(4), Dec/Jan., 8-16.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

Ritz, J. & Fan, S. (2015). STEM and technology education: international state-of-the-art. International Journal of Technology and Design Education, 25(4), November, 429-451.

Rogers, s. (2013). Using Fluid power in the Middle School Classroom. Technology and Engineering Teacher, 72(6), March, 17-22.

Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning. Educational Sciences: Theory & Practice, 14(1), 13-26.

Sahlin, J. P., & Lobera, K. (2016). Cloud computing as a catalyst for change in STEM education. In Handbook of research on cloud-based STEM education for improved learning outcomes (pp. 12-30). IGI Global.

Sarac, H. (2018). The effect of science, technology, engineering and mathematics-stem educational practices on students' learning outcomes: A met-analysis study. TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, 17(2), 125-142.

Saxton, K., Burns, R., Holveck, S., Kelly, S., Prince, D., Rigelman, N. & Skinner, E. A. (2014). A common measurement system for K-12 STEM education: Adopting and educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. Studies in Educational Evaluation, 40, 18-35.

Sharkawy, A.; Barlex, D.; Welch, M.; McDuff, J. & Craig, N. (2009). Adapting a curriculum unit to facilitate interaction between technology, Mathematics and Science in the elementary classroom: Identifying relevant criteria. Design and Technology education, 14(1), 7-20.

STEM Education Coalition "Science Technology Engineering Mathematics" (2014). Statement of core policy principles. Annual Reports, available at: http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2014/04/Note-STEM-Education-Coalition-Core-Principles-2014-Final.pdf

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3

Stevenson, H. J. (2014). Myth and motives behind STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education and the STEM-worker shortage narrative. Issues in Teacher Education, 23(1), Spring, 133-146.

Stohlmann, M., Moore, T. J., Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated (STEM) education. Journal of Pre-College Engineering Education Research, 2(1), 28-34.

Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W. & Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. Teaching and Teacher Education, 71, 190-205.

Thomas, B. & Watters, J. J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches on STEM education. International Journal of Educational Development, 45, 42-53.

Vasquez, J. A., Sneider, C. & Corner, M. (2013). STEM lesson essentials grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics (1st Edition). Portsmouth: Heinemann.

Walker, M. (2015). Imagining STEM higher education futures: advancing human well-being. Higher Education, 70(3), September, 417-425.

Wang, H. H., Moore, T. J. & Roehrig, G. H. & park, M. S. (2011). STEM integration: Teacher perception and practice. Journal of Pre-college Engineering Research, 1(2), 1-31.

Wang, X. (2013). Modeling entrance into STEM fields of study among students beginning at community colleges and four-year institutions. Research in Higher Education, 54(6), September, 664-692.

http://dx.doi.org/10.29009/ijres.4.4.3