كلية التربية
المجلة التربوية
***

﴿ بسم الله الرحمن الرحيم ﴾

مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة، وفاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية تلك المهارات وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية

إعداد

د/ ياسر سيد حسن مهدي
استاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية–جامعة عين شمس

DOI: 10.12816/EDUSOHAG. 2020.

المجلة التربوية. العدد السابع والسبعون. سبتمبر ٢٠٢٠م

Print:(ISSN 1687-2649) Online:(ISSN 2536-9091)

الملخص:

هدف البحث إلى تحديد مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة، وقياس فاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية تلك المهارات وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية؛ ولتحقيق هذا الهدف تم تحديد مهارات التفكير الفيزيائي اللازم إكسابها لطلاب المرحلة الثانوية، وكذلك تحديد مدى توافر هذه المهارات في اختبارات مصر وسنغافورة من خلال تحليل اختبارات الفيزياء في الفترة من ٢٠٠٩ حتى ٢٠١٨. ولإعداد البرنامج، تم بناء استراتيجية الخطأ الشائع تفصيلياً وتحديد مراحلها وإجراءاتها، كما تم إعداد الإطار العام للبرنامج، وإعداد وثائقه المكونة من كتاب الطالب ودليل المعلم في ضوء استراتيجية الخطأ الشائع. وتم إعداد اختبار مهارات التفكير الفيزيائي، ومقياس قلق الفيزياء. وللتحقق من فاعلية البرنامج، تم اختيار مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي وتقسيمها إلى مجموعة تجريبية درست البرنامج باستخدام استراتيجية الخطأ الشائع، وأخرى ضابطة درست المنهج المقرر. وتم تطبيق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي ومقياس قلق الفيزياء قبل وبعد التدريس. وقد أظهرت النتائج وجود فرق دال إحصائياً بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لكل من اختبارات مهارات التفكير الفيزياء ومقياس قلق الفيزياء لصالح المجموعة التجريبية. وفي ضوء هذه النتائج أوصى الباحث بتوجيه مزيد من الاهتمام بتنمية مهارات التفكير الفيزيائي من خلال توظيف استراتيجية الخطأ الشائع بما يخفض مستوى قلق الفيزياء لدى الطلاب.

الكلمات المفتاحية: مهارات التفكير الفيزيائي، اختبارات مصر، اختبارات سنغافورة، استراتيجية الخطأ الشائع، قلق الفيزياء

Physics Thinking Skills in Egypt and Singapore Tests, and the Effectiveness of a Program Based on the Common Mistakes Strategy in Developing These Skills and Reducing Physics Anxiety for High School Students

Abstract

The present study aimed to determine the physics thinking skills in Egypt and Singapore tests, and investigate the effectiveness of a program based on the common mistakes strategy in developing those skills and reducing anxiety in physics among high school students. To accomplish this purpose, the physics thinking skills that are necessary for the secondary school students were determined. Availability of these skills in Egypt and Singapore tests was determined by analyzing of the physics tests from 2009 to 2018. To build the program, the common mistakes strategy was built in details, the student book and teacher's guide were prepared in the light of the common mistakes strategy. A test of physics thinking skills and a physics anxiety scale were prepared. A quasi-experimental pre-test/post-test experimental/control group design was utilized. The data collection instruments were used as pre-tests before the implementation and as post-tests at the end of the implementation. Results indicated that using the program has a positive effect on students' physics skills and reducing their physics anxiety.

Keywords: Physics Thinking Skills, Egypt Tests, Singapore Tests, Common Mistakes Strategy, Physics Anxiety

المقدمة:

تتميز اختبارات شهادة الثانوية العامة –في نظام التعليم المصري– بخصوصية كبيرة؛ نظراً لكونها بوابة العبور إلى التعليم العالي، كما تعتبر الدرجات التي يحصل عليها الطالب في تلك الاختبارات المعيار الوحيد للقبول في الجامعات والتوزيع على التخصصات الدقيقة داخل الكليات. ونظراً لأهمية اختبارات شهادة الثانوية العامة تبذل وزارة التربية والتعليم المصرية جهوداً كبيرة لإنجاحها، كما تحرص على مشاركة كافة الأطراف لتحقيق هذا النجاح.

وتعرضت الاختبارات –بصيغتها الحالية– إلى جملة من الانتقادات منها أنها تؤكد على قياس حفظ المعلومات وتهمل جوانب التفكير الأكثر أهمية. وتشير دراسة الحسيني وآخرون (٢٠١٧) إلى اعتماد بعض اختبارات الثانوية العامة على الأسئلة التي تقيس المستويات الدنيا من العمليات العقلية كتذكر المعلومات، وإغفال المستويات العليا والجوانب التطبيقية، والتركيز على وضع الأسئلة في مستوى الطالب المتوسط. وقد ترتب عن ذلك سهولة أسئلة الاختبارات، وحدوث تضخم في درجات الطلاب؛ حيث يحصل كثير منهم على درجات مرتفعة للغاية.

وعلى النقيض من ذلك، ظهرت شكاوى متكررة من صعوبة اختبارات مواد أخرى، وكان في مقدمتها اختبارات الفيزياء. فقد توصل حسين (٢٠١٢) إلى أن طلاب المرحلة الثانوية في مصر يواجهون صعوبة في اختبارات الفيزياء بشكل واضح، وتنعكس هذه الصعوبات على اتجاهاتهم نحو دراسة الفيزياء. ولا تقتصر تلك الصعوبة على المستوى المحلي بل تمتد إلى المستويين الإقليمي والدولي، فتشير دراسات عديدة (مثل: رضوان، ٢٠١٦؛ القاسم وآخرون، ٢٠١٩؛ Yusrizal, 2016) إلى معاناة دارسي الفيزياء حول العالم من صعوبة اختباراتها؛ نظراً لما تتطلبه من مهارات عقلية ومعرفية عليا، وما تتضمنه من مفاهيم مجردة ومسائل صعبة، واعتمادها على الكثير من العمليات الرياضيات وعمليات التخيل.

وقد انعكست هذه الصعوبة على نسب النجاح في مادة الفيزياء، فتشير إحصاءات وزارة التربية والتعليم المصرية إلى انخفاض نسبة نجاح الطلاب في مادة الفيزياء بصورة ملحوظة؛ حيث بلغت نسبة النجاح فيها ٧٦.٢% في عام ٢٠١٧، و٨٠.٧% في عام ٢٠١٨، وهذا يعني أن ١ من كل ٥ طلاب يرسب في الفيزياء. وقد احتلت الفيزياء ثاني أعلى مادة من

حيث نسبة الرسوب في الثانوية العامة بعد الكيمياء التي احتلت المرتبة الأولى (وزارة التربية والتعليم، ٢٠١٨).

ونظراً لمعاناة طلاب المرحلة الثانوية من صعوبة الفيزياء واختباراتها، أصبحت الفيزياء سبباً رئيساً لتوتر وقلق معظم طلاب مرحلة الثانوية العامة؛ حيث يشعر الطالب بالخوف والضيق؛ مما يؤدي إلى إحساسه بتهديد الفيزياء لذاته ومستقبله الدراسي. وقد أثبتت دراسات عديدة (مثل: الخضري، ٢٠١٤؛ عبد الحسن، ٢٠١٨؛ González et al., 2017) معاناة طلاب مرحلة الثانوية العامة من مستويات مرتفعة من قلق الفيزياء. وأشارت دراسات أخرى (مثل: جوهر، ٢٠١٩؛ الناغي وآخرون، ٢٠١٩؛ Middleton et al., 2013) إلى أن قلق الفيزياء الذي يصيب الطلاب يؤدي إلى هروبهم من الشعبة العلمية والتحاقهم بالشعبة الأدبية؛ حيث ينشأ حاجز نفسي لديهم تجاهها، فيتوهمون أنهم لا يستطيعون فهمها ولا استيعابها، بل قد يرى كثير منهم أنها مجرد ألغاز تتسم بالصعوبة والغموض والجفاف.

وبصفة عامة، هناك اتفاق بين بعض الباحثين (مثل: أبو مسلم، ٢٠١٤؛ الرواشدة؛ ٢٠١٦؛ عبد الحليم وآخرون، ٢٠١٣) على أن طالب المرحلة الثانوية العامة يناله النصيب الأكبر من القلق والتوتر؛ حيث تبقى الثانوية العامة عنق الزجاجة في النظام التعليمي، والتي تحدد نجاح الطالب أو فشله، مما يعني الكثير بالنسبة لإثبات وجوده وتحقيق ذاته. هذا الأمر الذي يجعل الطالب ممزقاً بين القلق على درجاته وضغوط الوالدين بضرورة النجاح والتفوق مما يثير الخوف في نفسه، وهو الأمر الذي قد يكون مؤدياً للإخفاق.

ونظراً لارتفاع مستويات قلق الفيزياء، وقلق الثانوية العامة بصفة عامة، فقد تعالت الأصوات المطالبة بإعادة النظر في نظام الثانوية العامة الحالي، والعمل على تطوير نظام بديل يستطيع الطالب من خلاله التعبير عن قدراته وعن أدائه المتميز. ولقد بذلت وزارة التربية والتعليم جهوداً كبيرة لتحسين نظام الثانوية العامة، فتم تغييره عدة مرات خلال العقود الثلاثة الماضية. وقد شملت هذه التغييرات عدد من الجوانب مثل التشعيب وسنوات التشعيب وتوزيع الدرجات، إلا أن الوزارة بدأت مؤخراً في تنفيذ نظام جديد للثانوية العامة بدأ تطبيقه بدء من العام ٢٠١٨-٢٠١٩م. ويرتكز هذا النظام على الاستفادة من المعطيات التكنولوجية والتحول نحو التعليم الإلكتروني، واستغلال بنك المعرفة المصري (يوسف، ٢٠١٩).

ولعل من أهم نقاط القوة في النظام الجديد للثانوية العامة هو اعتماد أسلوب الكتاب المفتوح Open book في كافة الاختبارات بما فيها الفيزياء؛ حيث يسمح للطلاب استخدام كتاب الفيزياء أثناء أداء الاختبار في محاولة للتحول نحو مهارات التفكير العليا التي تمكن الطالب من المنافسة العالمية. كما تسعى الوزارة من استخدام هذا الأسلوب إلى إحداث تغيير جذري في ثقافة التعليم التقليدي التي تعتمد على حفظ المعلومات إلى ثقافة جديدة تعتمد على الفهم والبحث والتفكير (صالح، ٢٠١٨).

وعلى الرغم من نجاح استخدام أسلوب الكتاب المفتوح في إحداث تغيراً في طريقة وضع الاختبارات ونوعية الأسئلة المستخدمة، كما أنه امتد ليشمل تغيراً جزئياً في بعض طرق وأساليب تدريس الفيزياء، إلا أن هذا النظام تعرض لأوجه نقد عديدة، كما أنه لم ينجح في تحقيق الهدف منه. ويتضح ذلك من خلال مظاهر القلق والتذمر وعدم الرضى في أوساط الطلاب وأولياء الأمور؛ حيث واجه الطلاب صعوبات كبيرة في حل الاختبارات التي تركز على مهارات التفكير العليا وتتجنب الأسئلة التي تقيس تذكر وحفظ المعلومات.

وتشير الدلائل البحثية إلى أن الاختبار مفتوح الكتاب لا ينجح في التخلص من القلق الذي يشعر به الطلاب، فتوصلت دراسة سكران (٢٠١٨) إلى أن استخدام أسلوب الكتاب المفتوح لا يقلل من إحساس الطلاب بقلق الاختبار؛ حيث لا يوجد فرق دال بين استخدام الاختبار المفتوح والاختبار المغلق من حيث الشعور بقلق الاختبار. كما تشير دراسة الكليدار وفريقه (2018) .Al-Kilidar et al إلى أن الاختبار مفتوح الكتاب يجعل الطلاب يشعرون بقلق أكبر أثناء مرحلة الاستعداد للاختبار وأثناء انتظار النتيجة. كما توصل جلال وآخرون (2014) .Jalal et al إلى أن أداء الطلاب في الاختبارات المغلقة يكون أفضل من الكتاب المفتوح، وإنه ليس من الواضح عما إذا كانت الاختبارات مفتوحة الكتاب تقود إلى فهم أعمق.

وقد قام الباحث بدراسة استطلاعية شملت ٢٣ طالباً من طلاب الصف الأول الثانوي و٥ من معلمي الفيزياء بإدارة المعادي التعليمية؛ لاستطلاع آرائهم حول اختبارات الفيزياء باستخدام الكتاب المفتوح، وذلك عقب خوضهم لهذه النوعية من الاختبارات في الفصل الدراسي الأول للعام الدراسي ٢٠١٨-٢٠١٩. وقد عبر ٨٢.٦% من الطلاب عن شعورهم بأن أسئلة النظام الجديد تعجيزية يصعب حلها، كما وصفوا دراستهم للفيزياء بأنها صعبة

ومملـة ومنفـرة، وأنهـم يشـعرون بقلـق كبيـر مـن دراسـتها والمشـاركة فـي اختباراتهـا. وأشـار المعلمون إلى أن اختبارات الفيزياء بشكلها الحالي شكلت عبئاً كبيراً عليهم؛ نظراً لعدم تدريبهم على أساليب تنمية مهارات التفكير اللازمة لحل الاختبارات وفق المنظومة الجديدة.

وتدل الشكوى السابقة على وجود قصور في قدرة الطلاب على التعامل مع الاختبار باستخدام الكتاب المفتوح؛ نظراً لضعف امتلاكم لمهارات التفكير الضرورية لتعلم الفيزياء وحل اختباراتها؛ حيث تتطلب الفيزياء كتخصص قيام الطلاب بتوظيف مهارات عقلية غير عادية، علاوة على استخدام الجبر والهندسة والإحصاء والرسوم البيانية، والانتقال من المحسوس إلى المجرد. ويطلق على هذه المهارات اسم "مهارات التفكير الفيزيائي" (جوهر، ٢٠١٩).

ولقد أشارت دراسات محلية وعالمية عديدة إلى معاناة طلاب المرحلة الثانوية من ضعف مهارات التفكير الفيزيائي، وتمثل ذلك الضعف في وجود قصور واضح في مهارات دراسة الفيزياء (داود والأحمد، ٢٠١٨؛ العبد الله والجبورى، ٢٠١٨)، والمهارات الجبرية والهندسية والإحصائية اللازمة لدراستها (عبد الحميد وسلامة، ٢٠١٤)، ومهارات الترجمة الرياضية للقوانين الفيزيائية (سرهيد، ٢٠١٨؛ شحات ومتولي، ٢٠١٨)، ومهارات حل المسائل الفيزيائية (السلامات وآخرون ٢٠١٨؛ Ince, 2018)، ومهارات الرسم البياني، مثل: تحديد مقدار ميل الخط المستقيم، وإيجاد قيمة متغير ما بمعرفة قيمة متغير آخر من الرسم (الشايع والعبد الكريم ٢٠١٦؛ لفتة، ٢٠١٣)، ومهارات الرسوم التخطيطية، وتحويل وحدات القياس، واشتقاق معادلات فرعية من القانون الرئيس (الشايع، ٢٠١٤). وتشير دراسة سراج (٢٠١٧) إلى أن ٨٥% من معلمي الفيزياء يعتقدون أن الطلاب نادراً ما يمارسون مهارات التفكير أو مهارات حل المسائل الفيزيائية.

ولعل السبب الرئيس في ضعف مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوي هو إهمال المعلمين لمثل هذه المهارات، فيرى (خليل، ٢٠١٤؛ السلامات وآخرون، ٢٠١٨) أن ضعف مهارات التفكير المتعلقة بدراسة وتعلم الفيزياء تعود إلى تمركز المعلم حول نقل وتوصيل المعلومات بدلاً من التركيز على تدريب الطلاب على توليدها واستعمالها. كما تشير دراسات أخرى (الدرديري، ٢٠١٩؛ فضل، ٢٠١٣؛ الناغي وآخرون، ٢٠١٩) إلى غلبة

الطريقة التقليدية التي تهمل تنمية مهارات التفكير والقدرات العقلية، وتعتبر حفظ المعلومات واسترجاعها هي الغاية الأسمى من تدريس الفيزياء.

ولعل الواقع الحالي المتمثل في ضعف الاهتمام بمهارات التفكير الفيزيائي هو ما دفع الباحث إلى تحديد تلك المهارات بدقة، وتحديد درجة تضمينها في اختبارات الثانوية العامة في مصر، ومقارنة ذلك باختبارات الفيزياء في دولة سنغافورة بهدف الاستفادة من خبراتها في وضع الاختبارات. ويعود السبب في اختيار دولة سنغافورة إلى تصدرها تقارير تعليم العلوم حول العالم؛ حيث تحتل المركز الأول في تقرير التنافسية العالمية لعام ٢٠١٨/٢٠١٧ بينما تحتل مصر الترتيب ١٢٢ (Schwab, 2017). ويمكن إيجاز حالة التعليم في مصر وسنغافورة وفق هذا التقرير من خلال الجدول التالي:

جدول ١

تنافسية التعليم في كل من مصر وسنغافورة لعام ٢٠١٨/٢٠١٧ (Schwab, 2017)

المؤشر	مصر		سنغافورة	
	الترتيب/١٣٧	قيمة المؤشر	الترتيب/١٣٧	قيمة المؤشر
جودة تعليم العلوم والرياضيات	١٢٢	٢.٨	١	٦.٥
معدل الالتحاق بالتعليم الأساسي	٣٣	٩٨	١	١٠٠
جودة التعليم الأساسي	١٣٣	٢.٤	٣	٦.٢
معدل الالتحاق بالتعليم الثانوي	٨٤	٨٦.٦	٢٥	١٠٨.١
معدل الالتحاق بالتعليم العالي	٧٦	٣٦.٢	٤	٩٢.٢
جودة نظام التعليم العالي	١٣٠	٢.٥	٢	٥.٨
إتاحة الانترنت بالمدارس	١١٩	٣.٢	١	٦.٢
إتاحة خدمات التدريب المتخصص	١٣٥	٢.٨	٤	٦
مدى تدرب القائمين بالعمل	١١٦	٣.٤	٥	٥.٤

ويساعد تحديد مهارات التفكير الفيزيائي ودرجة الاهتمام بها في اختبارات مصر وسنغافورة في توجيه مجهود مقصود لتنميتها لدى الطلاب عن طريق اقتراح استراتيجية غير تقليدية تتلاءم مع طبيعة تلك المهارات، وتراعي البنية المعرفية للطلاب، وتحقق تفاعلهم واندماجهم. وبناء على ذلك اقترح البحث الحالي استراتيجية جديدة أطلق عليها اسم "الخطأ الشائع" بهدف إكساب الطلاب مهارات التفكير الفيزيائي، ومساعدتهم في الوصول إلى مرحلة اتقان تلك المهارات، مما قد يؤدي في النهاية إلى خفض إحساسهم بقلق الفيزياء.

ولقد ركز البحث الحالي على الأخطاء الشائعة لدى الطلاب؛ نظراً لتواتر الأدلة البحثة على فوائد دراسة تلك الأخطاء في تعميق عملية اكتساب المعارف والمهارات، ويشير دونالدسون (2019) Donaldson إلى أن دراسة الأخطاء الشائعة وتقديم التغذية الراجعة التصحيحية لتلك الأخطاء هي عناصر أساسية في مسعى التعلم. كما توصلت نتائج دراسة هيمسوت وهاينز (2014) Heemsoth and Heinze إلى أن دراسة الحلول غير الصحيحة ساعد الطلاب في اكتساب المعرفة بصورة أكبر. وتوصلت دراسة هيوسلر ومتكوف (2012) Huesler and Metcalfe إلى أن دراسة الأخطاء وإتباعها بتغذية راجعة تصحيحية يؤدي إلى الاحتفاظ بالإجابات الصحيحة بشكل أفضل من مجرد دراسة الإجابات الصحيحة فقط من البداية. كما توصلت دراسة عبد اللطيف (٢٠١٣) إلى أن دارسة الأخطاء في البحث الكيميائي تسهم في تنمية فهم طبيعة العلم وتقدير العلماء ومهارات حل المشكلات لدى طلاب المرحلة الثانوية.

مشكلة البحث:

حُددت مشكلة البحث في "ضعف مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية وارتفاع مستويات قلق الفيزياء لديهم؛ نظراً لاعتماد معلمي الفيزياء على استخدام طرق التدريس التقليدية". وللتغلب على هذه المشكلة يحاول البحث الإجابة عن السؤالين التالين: "ما مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة؟، وما فاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية تلك المهارات وخفض قلق الفيزياء لدى الطلاب؟" ويتفرع من هذين السؤالين الأسئلة الفرعية التالية:

١. ما مهارات التفكير الفيزيائي اللازم إكسابها لطلاب المرحلة الثانوية؟
٢. ما مدى توافر مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة؟
٣. ما استراتيجية الخطأ الشائع المقترحة لتدريس الفيزياء في المرحلة الثانوية؟
٤. ما برنامج الفيزياء القائم على استراتيجية الخطأ الشائع؟
٥. ما فاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية؟

٦. ما فاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في خفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية؟

أهداف البحث:

هدف البحث الحالي إلى:

- تحديد مهارات التفكير الفيزيائي المتضمنة في اختبارات مصر وسنغافورة.
- تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية باستخدام برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع.
- خفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية باستخدام برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع.

مصطلحات البحث:

- الاختبارات **Exams**: هي اختبارات الفيزياء التي أجرتها وزارة التربية والتعليم في مصر ووزارة التعليم في سنغافورة للطلاب في نهاية الصف الثاني عشر (اختبارات شهادة الثانوية العامة في مصر، ودبلوم البكالوريا الدولية في سنغافورة) في الفترة من عام ٢٠٠٩ حتى ٢٠١٨.
- مهارات التفكير الفيزيائي **Physics Thinking Skills**: هي العمليات العقلية التي تمكن الطالب من اتباع مسارات تفكير علماء الفيزياء أثناء معالجتهم للمعلومات، ومواجهتهم للمشكلات والمواقف الغامضة ذات الصلة بالكميات والعلاقات والمسائل الفيزيائية والرسوم البيانية، وهي مهارات مهمة وضرورية لتعلم الفيزياء وحل اختباراتها. وتقاس من خلال الدرجة التي يحصل عليها الطالب في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي المستخدم في هذا البحث.
- قلق الفيزياء **Physics Anxiety**: حالة من التوتر والخوف والإحساس بالفشل تصيب طالب المرحلة الثانوية عند تعرضه لمواقف ترتبط بالفيزياء، ويتضمن قلق الفيزياء القلق من اختبار الفيزياء، وحصة الفيزياء، وتعلم الفيزياء، ومسائل الفيزياء، وتجارب الفيزياء. ويقاس من خلال الدرجة التي يحصل عليها الطالب في مقياس قلق الفيزياء المستخدم في هذا البحث.

- استراتيجية الخطأ الشائع the Common Mistakes Strategy: سلسلة من الإجراءات المرتبة التي يقوم بها المعلم من أجل تحليل ودراسة الأحكام والقرارات غير الصحيحة التي يتخذها معظم الطلاب أثناء الإجابة عن سؤال فيزيائي أو أداء مهمة فيزيائية بسبب وجود مشكلة لديهم في الإدراك أو الفهم أو البنية المعرفية أو العمليات العقلية، ومن ثم مساعدة الطلاب في الانخراط في عمليات تفكير تساعدهم في الوصول إلى الأحكام والقرارات الصائبة، وتتم إجراءات الاستراتيجية في صورة دورات من الممارسة وارتكاب الأخطاء والتحليل الجماعي وتلقي التغذية الراجعة التصحيحية.
- البرنامج the Program: مجموعة من الخبرات التعليمية المخططة التي توظف استراتيجية الخطأ الشائع بهدف تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

حدود البحث:

اقتصر البحث الحالي على:

- اختبارات الفيزياء المنعقدة في نهاية الصف الثاني عشر في كل من مصر وسنغافورة (اختبارات شهادة الثانوية العامة في مصر، ودبلوم البكالوريا الدولية في سنغافورة).
- اختبارات الدور الأول (مايو/يونيو) في فترة عشر سنوات بداية من عام ٢٠٠٩ وحتى ٢٠١٨.
- الورقة الاختبارية الأولى المخصصة لأسئلة الاختيار من متعدد Multiple Choice والورقة الاختبارية الرابعة المخصصة للأسئلة الإنشائية للمستوى المتقدم A Level Structured Questions من اختبارات سنغافورة؛ وتم استبعاد الورقة الثانية لأنها مخصصة للمستوى المتقدم الفرعي، وكذلك استبعاد الورقة الثالثة والخامسة لأنهما مخصصتان للمهارات العملية والتخطيط لإجراء الاستقصاءات الفيزيائية.
- مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي بمدرسة العلياء بإدارة المعادي التعليمية.
- الكميات الفيزيائية، والعلاقات الفيزيائية، والمسائل الفيزيائية، والرسوم البيانية من أبعاد مهارات التفكير الفيزيائي.
- القلق من اختبار الفيزياء، وحصة الفيزياء، وتعلم الفيزياء، ومسائل الفيزياء، وتجارب الفيزياء من أبعاد قلق الفيزياء.

التصميم التجريبي للبحث:

في ضوء طبيعة البحث تم استخدام تصميم المجموعة الضابطة ذات الاختبار القبلي والبعدي Pre-test/Post-test control group design، والذي يتضمن مجموعة تجريبية وأخرى ضابطة، ويوضح الجدول التالي التصميم التجريبي للبحث:

جدول ٢
التصميم التجريبي للبحث

المجموعة	التطبيق القبلي	المعالجة	التطبيق البعدي
التجريبية	- اختبار التفكير الفيزيائي - مقياس قلق الفيزياء	البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع	- اختبار التفكير الفيزيائي - مقياس قلق الفيزياء
الضابطة		منهج الفيزياء المقرر	

فروض البحث:

١. يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعة الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي لصالح المجموعة التجريبية.

٢. يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي لصالح التطبيق البعدي.

٣. يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء لصالح المجموعة التجريبية.

٤. يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لمقياس قلق الفيزياء لصالح التطبيق البعدي.

أهمية البحث:

حدد البحث الحالي قائمة بمهارات التفكير الفيزيائي التي تقيسها اختبارات الفيزياء في مصر وسنغافورة، كما يحدد الوزن النسبي لكل مهارة؛ وقد يسهم ذلك في تقديم صورة لواضعي اختبارات الثانوية العامة وصانعي القرار في وزارة التربية والتعليم في مصر عن واقع اختبارات الفيزياء، وجوانب القوة ونقاط الضعف في تلك الاختبارات مقارنة بإحدى الدول الرائدة في تعليم العلوم والرياضيات. وقد يؤدي ذلك في النهاية إلى تحسين اختبارات الفيزياء في مرحلة الثانوية العامة.

كما قد تلفت نتائج هذا البحث مخططي ومطوري مناهج الفيزياء إلى أهمية بناء مناهج الفيزياء في المرحلة الثانوية في ضوء استراتيجية الخطأ الشائع بما يؤكد على تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى المتعلمين. وكذلك توجيههم إلى ضرورة العمل على توفير خبرات تعليمية داخل مناهج الفيزياء تقلل من القلق الذي يشعر به الطلاب تجاه الفيزياء، والذي يعتبر أحد أهم التحديات التي تواجه هؤلاء الطلاب في مرحلة حاسمة من حياتهم؛ نظراً لتأثيره السلبي على مستقبلهم العلمي والمهني.

كما قدم البحث برنامجاً قائماً على استراتيجية الخطأ الشائع قد يغير اتجاهات المعلمين ونظرتهم نحو أخطاء الطلاب أثناء تعلم الفيزياء، واعتبار هذه الأخطاء فرص حقيقية لتعميق عمليات التعلم وتحسين أداء الطلاب. ويقدم البحث كذلك اختباراً لمهارات التفكير الفيزيائي قد يساعد معلمي الفيزياء في تحديد مستويات تمكن طلابهم من هذه المهارات، وبالتالي توجيه مجهود مقصور لزيادة اتقانهم لتلك المهارات. كما تقدم مقياساً لقلق الفيزياء قد يساعد المعلمين في التعرف على مدى معاناة الطلاب أثناء دراستهم للفيزياء؛ مما قد يوجههم إلى تبني أساليب تدريس أكثر إنسانية وواقعية تقلل من شعورهم بهذا القلق.

الإطار المعرفي للبحث

يتكون الإطار المعرفي للبحث من أربعة محاور رئيسة تعرض لخلفية نظرية حول اختبارات الفيزياء في مصر وسنغافورة، ومهارات التفكير الفيزيائي، وقلق الفيزياء، واستراتيجية الخطأ الشائع، وفيما يلي تفصيلاً لهذه المحاور:

أولا - الاختبارات في مصر وسنغافورة:

يعد التقويم أحد أهم عناصر المنهج وجزءاً لا يتجزأ من عملية التعلم، ومن خلاله يمكن الحكم على مدى جودة عملية التدريس، وتحديد مستوى تحقق مخرجات التعلم، وجمع المعلومات والبيانات التي تساعد في صناعة القرارات الضرورية لتطوير العملية التعليمية؛ ولهذا ينظر بعض التربويين إلى التقويم باعتباره العنصر الحاسم في منظومة المنهج لما يترتب عليه من قرارات وإجراءات قد تضر هذه المنظومة أو قد تكون مدخلاً لإصلاحها وتطويرها.

وتعد الاختبارات من أكثر أدوات التقويم شيوعاً في المؤسسات التعليمية حول العالم، فهي تقيس مستويات تحصيل الطلاب، ويتم الاستدلال من خلالها على قدراتهم المعرفية، كما أنها تحدد جوانب القوة ونقاط الضعف لديهم، وتقيس مهارات التفكير المختلفة (قاسم، ٢٠١٩). وتزداد أهمية الاختبارات بالنسبة لطلاب مرحلة الثانوية العامة، إذ تمثل منعطفا مهما في حياتهم باعتبارها المقياس المعتمد للقبول في مؤسسات التعليم الجامعي، وتعطي صورة عما يمتلكه الطالب من معلومات ومهارات عقلية تمكنه من النجاح في الدراسة الجامعية. وليس من الغريب أن ينصب اهتمام الطلاب ومعلميهم وأولياء أمورهم على دراسة الاختبارات من جوانبها المختلفة (نوافلة والهنداسي، ٢٠١٤).

ونتيجة لأهمية اختبارات الثانوية العامة، فقد حظيت باهتمام كبير من قبل وزارة التربية والتعليم في مصر؛ حيث تبذل الوزارة جهوداً كبيرة لتطوير نظام اختبارات الثانوية العامة، فقامت بوضع الخطة الاستراتيجية للتعليم قبل الجامعي ٢٠١٤-٢٠٣٠. وتقوم هذه الخطة على عدد من المرتكزات التي من أهمها تطوير نظم التقويم ونظام اختبار الثانوية العامة مع الاستفادة من التكنولوجيا الحديثة في هذا الشأن، ومواجهة قضايا التقويم والاختبارات وصولاً إلى نظم تعيد التعليم إلى طبيعته ووظيفته الأساسية، والتوصل إلى الصيغ التكنولوجية الأكثر

فاعلية في عرض المعرفة وتداولها بين الطلاب والمعلمين واستخدامها في التعلم والتقويم الذاتي (وزارة التربية والتعليم، ٢٠١٤).

ولقد شهدت اختبارات الثانوية العامة في العام الدراسي ٢٠١٥/٢٠١٦ أزمة تسريب على مواقع التواصل الاجتماعي وصفحات الغش الإلكتروني مما اضطر الوزارة لإلغاء اختبارات بعض المواد وتأجيل البعض الآخر، الأمر الذي وضع وزارة التربية والتعليم في أزمة حقيقية (سليمان، ٢٠١٧). وللتغلب على هذه الأزمة، قامت الوزارة باستخدام نظام البوكليت Booklet في اختبارات الثانوية العامة بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٦/٢٠١٧؛ لتجنب مشكلات التسريب والغش داخل اللجان، وإعطاء فرص متساوية لجميع الطلاب. وأشارت الوزارة إلى أن هذا النظام لا يهدف إلى تغيير نوعية أسئلة الاختبار، ويلتزم بمواصفات الورقة الاختبارية مثل الأعوام السابقة، على أن يقتصر التجديد على زيادة عدد الأسئلة التي تتطلب إجابات موجزة (خليل وشحاته، ٢٠١٨).

ولقد أثار النظام الجديد حالة من الجدل بين الطلاب وأولياء الأمور الذين وجهوا إليه بعض الانتقادات كان من أهمها إرباك الطلاب؛ حيث تم تغيير كافة نماذج الاختبارات التي تدرب عليها هؤلاء الطلاب، كما أنه لم يقدم تغيراً حقيقياً في مضمون الأسئلة أو شكلها، إذ ما زالت الأسئلة تقيس مقدار حفظ واسترجاع المعلومات (شمس الدين، ٢٠١٧). ويشير منسي والبناء (٢٠١٧) إلى أن هذا النظام قد عمل على زيادة قلق الاختبار لدى الطلاب وأثر بشكل سلبي على أدائهم، كما أنه لم يركز على الأسئلة المفتوحة التي تقيس التفكير الإبداعي، علاوة على أنه لا يقيس جوانب ذات أهمية كبيرة مثل القدرة على التوقع والتنبؤ والتخيل والتحليل واتخاذ القرارات وحل المشكلات.

ومع إعلان رؤية مصر ٢٠٣٠، بدأت وزارة التربية والتعليم طوراً جديداً لتطوير النظام التعليمي وبخاصة اختبارات الثانوية العامة؛ حيث تضمنت الرؤية فيما يخص التعليم ثلاثة أهداف استراتيجية أساسية، وهي: تحسين جودة النظام التعليمي بما يتوافق مع النظم العالمية، وإتاحة التعليم للجميع دون تمييز، وتحسين القدرة التنافسية للنظام والمخرجات التعليمية. ولقد أدركت وزارة التربية والتعليم أن هذه الأهداف مهمة وكبيرة، وتحتاج لجهود وخطوات سريعة لتنفيذها بحيث تستطيع تخريج متعلم ذو قدرات عالية تسهم في بناء شخصيته المتكاملة وإطلاق إمكانياته إلى أقصى مدى (مركز هردو، ٢٠١٨).

ويتألف برنامج إصلاح التعليم في ضوء رؤية مصر ٢٠٣٠ من نهجين متوازيين، ويتمثل الأول في تطوير النظام التعليمي الحالي، والذي يشار إليه بـ EDU 1.0 ويهدف هذا التطوير هو إجراء تحسينات تدريجية موجهة، أما النهج الثاني فهو إنشاء نظام تعليمي جديد EDU2.0، وإطلاقه في سبتمبر ٢٠١٨. ويعرض تقرير البنك الدولي (٢٠١٧) أهم ملامح عملية تطوير اختبارات الثانوية العامة في النظام الجديد فيما يلي:

- **التحول من أساليب التقويم والاختبارات التقليدية إلى الاختبارات الإلكترونية، وتوسيع استخدام موارد التعلم الإلكتروني المتاحة من خلال بنك المعرفة المصري والتحول التدريجي عن الكتب المدرسية إلى موارد التعلم الرقمية.**
- **اعتبار إصلاح اختبارات الثانوية العامة النقطة المحورية لإحداث تغيير جذري تحويلي في منظومة التعليم، وقد أعلنت الوزارة عن توجهها نحو تبني نظام تقييم الطالب في المرحلة الثانوية على أساس متوسط درجاته في السنوات الثلاثة.**
- **اعتماد طريقة الكتاب المفتوح Open Book في اختبارات الثانوية العامة؛ حيث ستساعد هذه الطريقة في ضمان تركيز الطلاب والمعلمين على اكتساب طائفة واسعة من المهارات، بما فيها تلك التي توصف بأنها مهارات القرن الحادي والعشرين. واستلزم استخدام هذا النمط من الاختبارات إجراء تعديلات في شكل ومحتوى الاختبارات الجديدة لتعزيز مهارات التفكير العليا.**

واختبار الكتاب المفتوح –المستخدم في النظام الجديد– هو اختبار يؤديه الطالب مع السماح له باصطحاب الكتب المدرسية أو مصادر أخرى مصاحبة لاستخدامها في البحث والتنقيب عن المعلومات التي يحتاجها للإجابة، ويقيس جوانب التعلم ذات المستويات العليا بدءاً من مستوى التطبيق وصولاً إلى مستوى الإبداع (سكران، ٢٠١٨). وقد توصل أكرمان وليسر (2014) Acherman and leiser إلى أن الطلاب أثناء الإجابة عن اختبار الكتاب المفتوح يتعمقون في معالجة النصوص لكل سؤال مما يعزز الثقة في استخدام الاختبارات مفتوحة الكتاب في قياس مستويات التفكير العليا.

وقد نجحت وزارة التربية والتعليم في تطبيق اختبار الكتاب المفتوح على طلاب الصف الأول الثانوي في العام الدراسي ٢٠١٨/٢٠١٩، كما طبقته على طلاب الصفين الأول والثاني

الثانوي في العام الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠، ومن المتوقع تطبيقه على كافة طلاب المرحلة الثانوية بصفوفها الثلاثة في العام الدراسي ٢٠٢٠/٢٠٢١.

ويمكن تحديد أهم مواصفات اختبارات الفيزياء في ظل النظام الجديد من خلال مراجعة عدد من الوثائق الرسمية لوزارة التربية والتعليم، ٢٠١٩) وكذلك نماذج اختبارات الفيزياء التي أطلقتها وزارة التربية والتعليم (٢٠٢٠) على موقعها الالكتروني.

جدول ٣

مواصفات اختبارات الفيزياء في المرحلة الثانوية في النظام الجديد

الصف	الأول الثانوي	الثاني الثانوي	الثالث الثانوي
الدور	يناير ٢٠٢٠	يناير ٢٠٢٠	يونيو ٢٠٢٠
النوع	ورقي كتاب مفتوح	إلكتروني كتاب مفتوح	بوكليت بدون الكتاب
الزمن	١.٥ ساعة	٢ ساعة	٣ ساعات
العدد	٢٠ اختيار من متعدد	٣٠ اختيار من متعدد	٤٥ اختيار من متعدد ومقالي
المستويات	٥٠% فهم – ٤٠% تطبيق – ١٠% مستويات عليا	٤٠% فهم – ٤٠% تطبيق – ٢٠% مستويات عليا	١٥% تذكر – ٣٠% فهم – ٣٥% تطبيق – ٢٠% مستويات عليا
الدرجة	٢٠ درجة	٣٠ درجة	٦٠ درجة

وعلى الرغم من الجهود الكبيرة والمستمرة التي تسعى إلى إصلاح نظام اختبارات الثانوية العامة إلا أن هذه الجهود لن تكلل بالنجاح الكامل دون الانفتاح على النماذج الدولية التي حققت مستويات متقدمة في مجال التعليم بصورة عامة، وتعليم العلوم والرياضيات بصورة خاصة، وتأتي دولة سنغافورة في مقدمة تلك الدول.

وتعد تجربة سنغافورة من التجارب الرائدة في تطوير التعليم، فهي تجربة تستحق تسليط الضوء عليها والاستفادة من إيجابياتها، فقد أحدثت سنغافورة نقلة نوعية في التعليم، وأصبحت من المنافسين على المراكز الأولى في الاختبارات الدولية، ولم يكن ذلك وليدا للصدفة؛ وإنما جاء نتاج تفكير عميق ومدروس، وتضافر الجهود في كافة المجالات؛ مما أحدث تغييراً جذرياً في قدرات ومهارات الطلاب (بورسلي وآخرون، ٢٠١٨).

وسنغافورة دولة صغيرة في مساحتها تقع على المحيط الهندي في جنوب شرق آسيا عند الطرف الجنوبي من شبه جزيرة الملايو. وتتألف جمهورية سنغافورة من جزيرة سنغافورة و٦٣ جزيرة صغيرة واقعة في المضايق البحرية المجاورة لها. ويبلغ عدد سكان سنغافورة

حوالي ٦ ملايين نسمة، وينحدرون من أصول دينية وعرقية صينية وميلاوية وهندية وأصول أخرى. وقد حققت نجاحات كبيرة على المستوى الاقتصادي والصناعي، فضلاً عن نجاح وتفوق نظامها التعليمي على مستوى العالم، وتبوأ طلابها المراكز الأولى في الاختبارات الدولية PISA, TIMSS (الرشيدي ومندني، ٢٠١٧؛ Wamda, 2015).

ويعتبر نظام التعليم من أبرز ملامح التقدم في سنغافورة؛ حيث تشير درجات المتعلمين في المقارنات الدولية ومعدلات التخرج ونسبة الطلاب في التعليم العالي إلى تفوق هذا النظام، واعتباره أحد أرقى الأنظمة التعليمية حول العالم. ويعود الفضل في نجاح النظام التعليمي إلى عوامل متعددة من أهمها جودة المدارس والمعلمين والمناهج علاوة على الوالدين والتنشئة الاجتماعية (Bautista et al., 2015).

ويهدف نظام التعليم في سنغافورة إلى إعداد الطلاب لعالم اليوم، ومساعدتهم على مواجهة التحديات التي تنتظرهم في المستقبل، وإمداد الدولة بالكوادر البشرية المبدعة التي تحتاجها التنمية الاقتصادية المبنية على المعرفة، وتكوين أجيال من القوى العاملة المدربة والمؤهلة أكاديمياً والتي تتناغم مع رهانات التنافسية العالمية (Ministry Of Education, 2015). ومن أهداف التعليم في سنغافورة تنمية الطلاب تنمية متكاملة من خلال تنمية الشخصية، وتنمية المهارات الذاتية، والمهارات الاجتماعية والتعاونية، ومهارات التواصل، وقيم المواطنة، علاوة على مهارات التفكير الناقد والإبداعي وتطبيق المعرفية، ومهارات المعلومات، ومهارات التحكم في النفس (Hodge, 2015).

وتوجه سنغافورة اهتماماً كبيراً بنظام التقويم والاختبارات حيث تقوم بإعداد الاختبارات بالتعاون مع جامعة كامبريدج University of Cambridge، وتعرض دراسات عديدة (مثل: بورسلي وآخرون، ٢٠١٨؛ الجبير والفايز، ٢٠١٥؛ Fulmer et al., 2018) لأهم الاختبارات في سنغافورة في المرحلة قبل الجامعية، والتي تتمثل في:

- اختبار نهاية المرحلة الابتدائية Primary School Leaving Exam (PSLE): ينتظم التلاميذ في التعليم الابتدائي في الصفوف من ١-٦، وتركز هذه المرحلة على تطوير اللغة الإنجليزية والرياضيات، ويتم إجراء هذا الاختبار في نهاية المرحلة الابتدائية

ليحدد المسار التعليمي الذي سيسلكه المتعلم في المرحلة الثانوية، وفي ضوء مستواهم يتم توزيعهم على ثلاث مسارات هي: المتميز، والسريع، والعادي.

- اختبار سنغافورة-كامبريدج للمستوى العام GCE O-Level Exam: تشمل المرحلة الثانوية الصفوف من ٧-١٠، وتركز على اكساب التلاميذ المهارات الحيوية من خلال تعليمهم مهارات التفكير وعمليات الاتصال، كما يشمل اللغة الإنجليزية ولغات أخرى فضلاً عن العلوم والرياضيات والفنون والعلوم الإنسانية. ويقدم اختبار المستوى العام للتلاميذ المتفوقين في المسارين المتميز والسريع في نهاية الصف العاشر.
- اختبار سنغافورة-كامبريدج للمستوى العادي GCE N-Level Exam: يقدم هذا الاختبار لتلاميذ المسار العادي في نهاية الصف العاشر. وبعد نجاح التلاميذ في هذا الاختبار يمكنهم الاختيار بين مواصلة الدراسة لعام إضافي ودخول الاختبار العام GCE O-Level أو الالتحاق بمعاهد التدريب المهنية.
- اختبار سنغافورة-كامبريدج المتقدم GCE A-Level Exam: ينتظم الطلاب في الكليات المتوسطة Junior Colleges في الصفوف من ١١-١٢، ويقدم هذا الاختبار في نهاية الصف الثاني عشر ليحصل الطالب على شهادة دبلوم البكالوريا الدولية International Baccalaureate Diploma (IB)، والتي تؤهله للدراسة الجامعية. ونظرا لأن الفيزياء تدرس كمنهج منفصل في هذه المرحلة فإنه يتم تقديم اختبار منفصل لها يطلق عليه "Physics 9702".

ويسعى اختبار الفيزياء سنغافورة-كامبريدج للمستوى المتقدم A Level Physics إلى قياس عدد من المهارات الفيزيائية والمفاهيم النظرية الرئيسة وبعض التطبيقات الحديثة للفيزياء، كما يهتم بصورة قوية بتقويم المهارات العملية من خلال اختبار عملي بجدول زمني. ويركز الاختبار في كافة أجزائه على استيعاب المفاهيم وتطبيق الأفكار الفيزيائية في سياقات جديدة، كما يقيس قدرات الطلاب في مهارات حل المشكلات والتفكير الإبداعي والتي يمكن انتقالها بسهولة إلى أي مسار وظيفي مستقبلي. ويعتبر هذا الاختبار مثالياً للطلاب الذين يرغبون في استكمال دراستهم في تخصصات الفيزياء أو المهن العلمية بصورة عامة (Cambridge, 2016)، ويوضح الجدول التالي مكونات اختبار الفيزياء سنغافورة-كامبريدج للمستوى المتقدم:

جدول ٤

مكونات اختبار الفيزياء سنغافورة-كامبريدج للمستوى المتقدم (Quill, 2018)

الورقة	نوع الأسئلة		عدد الأسئلة	الزمن بالساعة	الدرجة	الوزن
١	اختيار من متعدد	Multiple Choice	٤٠	١.٢٥	٤٠	%١٥.٥
٢	أسئلة إنشائية للمستوى المتقدم الفرعي	AS Level Structured Questions	متغير	١.٢٥	٦٠	%٢٣
٣	مهارات عملية متقدمة	Advanced Practical Skills	٢	٢	٤٠	%١١.٥
٤	أسئلة إنشائية للمستوى المتقدم	A Level Structured Questions	متغير	٢	١٠٠	%٣٨.٥
٥	التخطيط والتحليل والتقويم	Planning, Analysis and Evaluation	٢	١.٢٥	٣٠	%١١.٥

وتوجه اختبارات الفيزياء في سنغافورة اهتماماً خاصاً بمهارات التفكير الفيزيائي؛ نظراً للدور التي تقوم به تلك المهارات في دراسة وتعلم الفيزياء، وكذلك دورها في مساعدة الطلاب على التفوق في الفيزياء والتعامل معها دون الشعور بحالة الخوف والقلق، ومن هنا وجب الاهتمام والتركيز على طبيعة تلك المهارات ومكوناتها.

ثانيا - مهارات التفكير الفيزيائي:

يعتبر علم الفيزياء أحد الركائز الأساسية لنهضة البشرية وازدهارها في مجالات عديدة كالطب والهندسة والصناعة والمواصلات والاتصالات، فتقدم الدولة في الفيزياء وتطبيقاتها يحول المجتمع من مجتمع ضعيف فقير متخلف إلى مجتمع قوي غني متقدم. وتحتل الفيزياء مكانة بارزة بين مقررات المرحلة الثانوية؛ حيث يتم تدريسها كمادة منفصلة قائمة بذاتها. ويسهم تدريس الفيزياء في المرحلة الثانوية في تنمية مهارات الطلاب العلمية والابداعية، وإكسابهم الخبرات التي تمكنهم من الاستفادة من الفيزياء في الحياة اليومية، وتزويد المجتمعات بالكوادر الفنية الماهرة لتسيير الصناعات المتقدمة في نظام اقتصادي مفتوح.

وتعد مادة الفيزياء من أكثر المواد قدرة على تفعيل مهارات التفكير في الدماغ البشري، وذلك لتركز معظم أنشطة تعلم الفيزياء على تفعيل العمليات العقلية. كما يتطلب حل اختبارات

الفيزياء تفعيل الجانب الأيمن من الدماغ؛ لتكوين صور تخيلية ومحاولة تركيب بنى فيزيائية جديدة، كما يتطلب تفعيل الجانب الأيسر؛ لتحليل الأسئلة بدقة واتباع التسلسل في إيجاد الحل والتعامل مع العلاقات العددية، والقيام بالعمليات الحسابية وحل المشكلات (نوافلة والهنداسي، ٢٠١٤).

وسيعزز اعتماد وزارة التربية والتعليم على الكتاب المفتوح في اختبارات الفيزياء من حاجة الطلاب إلى التمكن من مهارات تفكير عديدة من بينها المهارات المعرفية العليا كالتحليل والتركيب والتقويم والإبداع، والقدرة على التنظيم والتكامل بين الأفكار والتعبير عنها، والقدرة على التنقيب عن المعلومات وتنظيمها والربط بينها تحت ضغط الاختبار، ومهارة تلخيص المعلومات المتاحة من مصادر التعلم، والقدرة على تفسير البيانات وبناء الاستنتاجات، وإتقان عمليات العلم الأساسية والتكاملية (صعدي، ٢٠١٤).

علاوة على ما سبق، فإن الطالب سيحتاج عدداً من مهارات التفكير النوعية ذات الصلة بعلم الفيزياء التي تمكنه من استنتاج العلاقات الفيزيائية، وتطبيق قوانينها في مواقف مختلفة، وإجراء العمليات على الكميات الفيزيائية، وتحويل وحدات القياس، واشتقاق علاقات التناسب الطردي والعكسي، وحل المسائل المختلفة، والتعامل مع الرسوم البيانية من حيث استنتاج شكل الرسم من العلاقات الفيزيائية، وتحديد الميل من الرسم، وغير ذلك الكثير من مهارات التفكير الفيزيائي التي لا يمكن الاستغناء عنها لتعلم الفيزياء أو حل اختباراتها.

وتعتبر مهارات التفكير الفيزيائي من أكثر العمليات المعرفية تقدماً وتعقيداً بالنسبة لدارسي الفيزياء، ويعرف فانج (2019) Fang مهارات التفكير الفيزيائي بأنها الأساليب المنطقية التي يتمكن من خلالها دماغ الفرد من معالجة المعلومات الفيزيائية من خلال استخدام رموز المعلومات التي تم تشكيلها واستخدامها لتحقيق الفهم العلمي. ويعرف البحث الحالي مهارات التفكير الفيزيائي بأنها تلك العمليات العقلية التي تمكن الطالب من اتباع مسارات تفكير علماء الفيزياء أثناء معالجتهم للمعلومات، ومواجهتهم للمشكلات والمواقف الغامضة، وهي مهارات مهمة وضرورية لتعلم الفيزياء وحل اختباراتها.

ولقد أجريت محاولات بحثية عديدة لتحديد مهارات التفكير الفيزيائي، فيشير جونز (2020) Jones إلى أن الفيزياء تدرب عقل المتعلم على عدد من المهارات التي تمكنهم

من التعامل مع التحديات التي يفرضها تعلم الفيزياء، ومن بين تلك المهارات اتقان الحسابات الرياضية وخاصة الجبر والهندسة وحساب المثلثات وحساب التفاضل والتكامل، ومهارات حل المسائل، وكيفية استخدام البرهان المنطقي للوصول إلى الحل، ومهارات تنظيم البيانات والبحث عن الأنماط وتطبيق المعلومات في المواقف المعقدة.

كما حدد اتحاد الخدمات الاستشارية لوظائف الخريجين The Association of Graduate Careers Advisory Services (AGCA) (2019) عدداً من المهارات التي تنميها دراسة الفيزياء، وكان من بينها حل المسائل الفيزيائية، واستيعاب المشكلات المعقدة، وتحليل البيانات، وبناء النماذج الرياضية، وتفسير المعلومات البيانية، ومناقشة الأفكار العلمية. وحدد دارلينج Darling (2016) مهارات التفكير الفيزيائي بأنها حل المعادلات الفيزيائية، والترميز العلمي، وتحويل الوحدات، وأساسيات حساب المثلثات والهندسة، وفنيات الرسم العلمي والبياني، ووصف العلاقة بين المتغيرات.

وأشارت دراسة عبد الحميد وآخرون (٢٠١٥) إلى أهمية المهارات الرياضية في تعلم الفيزياء للتعبير عن القوانين والظواهر الفيزيائية، وكذلك أهمية المعادلات الرياضية كأداة مهمة لنمذجة المشاهدات، ووضع التوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية المختلفة. وحددت الدراسة ٨٦ مهارة رياضية لازمة لدراسة الفيزياء وحل مسائلها، منها: ١١ مهارة حسابية، ٢٤ مهارة جبرية، ٤٦ مهارة هندسية، و٥ مهارات إحصائية.

ويشير أمين وآخرون (2018) .Amin et al إلى مهارتين أساسيتين من مهارات التفكير الفيزيائي، وهما مهارة تصميم الرسوم التخطيطية المعرفية Sketch of Knowledge والتي تساعد في وصف وتوضيح السؤال في صورة رسم تخطيطي يوضع عليه الكميات الفيزيائية المعطاة في السؤال، ومهارة الصياغة Formulating وهي المهارة التي تستخدم المبادئ والقوانين والصيغ للوصول إلى المعادلة الرياضية، وذلك بالاستعانة بالرسوم التخطيطية المعرفية. كما أكد الشايع والعبد الكريم (٢٠١٦) على أهمية مهارات الرسم البياني كأحد مهارات التفكير الفيزيائية في تيسير عملية الاتصال وترجمة البيانات واختصارها. وتتضمن هذه المهارة القدرة على تحويل معرفة ما من صورة لفظية إلى صورة بيانية والعكس، وتفسير أحداث معينة في ضوء القراءة المتعمقة للموقف البياني، والقدرة على إدراك ما يدور حول الموقف البياني.

وتحتل مهارات حل المسائل مكانة بارزة بين مهارات التفكير الفيزيائي؛ حيث تساعد الطلاب على تطبيق القوانين والأفكار الفيزيائية، وتفسير كثير من الظواهر الطبيعية، وتنمية القدرة الاستدلالية (طلبة، ٢٠١٣). ونظراً لتلك الأهمية، فقد سعت دراسات عديدة لتحديد المهارات الضرورية لحل المسائل الفيزيائية، فحدد سراج (٢٠١٧) مهارات حل المسألة الفيزيائية في تحديد المعطيات، ورسم مخطط، وتوحيد وحدات القياس، وتحديد المطلوب من المسألة، وتحديد القانون المستخدم في الحل، والتأكد من الحل. وحدد شرف (٢٠١٥) مهارات حل المسألة في تحليل المسألة، والتخطيط لحل المسألة، وتنفيذ حل المسألة، ومراجعة حل المسألة، إضافة إلى مهارات التفكير، والمهارات الرياضية اللازمة لحل المسألة الفيزيائية، وتطبيق القوانين والعلاقات الرياضية في سياق حل المسألة.

ولقد أصبح تدريس وتفعيل مهارات التفكير الفيزيائي السابقة ضرورة حتمية بسبب تحديات العصر؛ حيث يؤكد فانج (2019) Fang على أن اكساب الطلاب مهارات التفكير الفيزيائي يساعدهم في تعلم الفيزياء، ويحسن جودة مخرجات التعلم، ويكسب الطلاب المعرفة والواسعة وطريقة التفكير الصحيحة. ويقوم التفكير الفيزيائي بدور لا غنى عنه في تطور البشرية؛ حيث أن كل تطور في الفيزياء لا ينتج عنه فقط مجالات جديدة للفيزياء بل يؤدي أيضا إلى ظهور تكنولوجيات مبتكرة وصعود تخصصات متعددة لم تكن معلومة من قبل. كما أن امتلاك مهارات التفكير الفيزيائي ضروري لإعداد الأفراد الموهوبين المطلوبين للتقدم العلمي والتكنولوجي؛ حيث تعد جزءاً مهما من إعداد المهندسين والأطباء والكيميائيين وعلماء الكمبيوتر وغيرهم الكثيرين.

وترى دراسة الباز (٢٠١٤) أن تنمية مهارات التفكير هدفاً يجب أن يسعى إليه تدريس الفيزياء، حتى يتم تجنب الحفظ والاستظهار، والاقتراب من التفكير الخلاق وغرسه في شخصية المتعلم بما يحقق أهداف تدريس الفيزياء على النحو المرجو. ويشير عبد الحميد وآخرون (٢٠١٦) إلى أن مهارات التفكير الفيزيائي تعتبر ضرورة بشرية لا غنى عنها، فحاجة الفرد لمواجهة مشكلاته تتطلب ضرورة العناية بالتدريب على مهارات التفكير من خلال مواقف تعليمية عملية وخبرات معرفية. علاوة على ما سبق، فأن تعليم مهارات التفكير يرفع من درجة الإثارة والجذب للخبرات، ويجعل دور الطالب إيجابياً وفاعلاً.

كما أن امتلاك الطلاب لمهارات التفكير الفيزيائي يحسن من أدائهم أثناء دراسة الفيزياء، فعلى سبيل المثال توصلت دراسة بالتا (2018) Balta إلى أن تدريب الطلاب على مهارة استخدام الرسوم التخطيطية أثناء حل مسائل السقوط الحر، قد ساعد الطلاب في بناء تمثيلات بصرية لمواقف المسائل مما قلل من استخدام المعادلات والصيغ الرياضية المعقدة. كما توصلت دراسة فانج (2019) Fang إلى أن استخدام التفكير الفيزيائي في التعلم ساهم في رفع كفاءة الطلاب، وساعدهم في تطوير طريقة شاملة ومتناغمة لمعالجة المعلومات.

ونتيجة لأهمية مهارات التفكير الفيزيائي في رفع جودة تدريس الفيزياء ومساعدة الطلاب على حل اختباراتها، فقد اهتمت دراسات عديدة بتنمية مختلف مهارات التفكير الفيزيائي باستخدام طرق واستراتيجيات متنوعة، فتم استخدام نموذج التعلم الموسع لتنمية مهارات التفكير في مادة الفيزياء (عبد الحميد وآخرون، ٢٠١٦)، ومدخل دمج مهارات التفكير في تدريس الفيزياء لتنمية بعض مهارات التفكير (خليل،٢٠١٤)، وأسلوب مقترح في تدريس مادة الكهربائية العملية لتنمية مهارة الرسم البياني (لفتة، ٢٠١٣). كما وجهت دراسات أخرى اهتماماً خاصاً بتنمية مهارات حل المسائل الفيزيائية باعتبارها مهارات أساسية لتعلم الفيزياء وحل اختباراتها؛ حيث تم تنمية مهارات حل المسائل من خلال استخدام استراتيجية الأبعاد السداسية (شحات ومتولي، ٢٠١٨)، واستراتيجية الرسوم المعرفية Amin (et al., 2018)، ونموذج أيديال IDEAL (سراج، ٢٠١٧)، والخرائط الذهنية (جعفر وآخرون، ٢٠١٦)، والمحاكاة الحاسوبية (الصم وآخرين، ٢٠١٦).

ويحتاج اكساب طلاب المرحلة الثانوية لمهارات التفكير الفيزيائي إلى مجهود مقصود يؤكد على دور المتعلم الإيجابي في الحصول على المعلومات، وفي ذات الوقت لا يلغي وجود المعلم، ويظهر دوره كمخطط وميسر وموجه ومشجع ومقوم (قرني، ٢٠١٣). ويشكل عدم نجاح المناهج في إكساب الطلاب تلك المهارات لطلاب المرحلة الثانوية خطورة كبيرة؛ حيث يصبح عدم التمكن منها عائقاً كبيراً نحو تعلم الفيزياء وفهما، وكذلك التعامل مع أسئلتها واختباراتها، مما ينعكس بصورة مباشرة على درجات الطلاب في مادة الفيزياء ويتحول في نهاية الأمر إلى حالة قلق من دراسة الفيزياء عادة ما يتسع إلى القلق من دراسة المواد العلمية بصورة عامة.

ثالثا - قلق الفيزياء:

يعتبر قلق الفيزياء من الانفعالات الشائعة بين طلاب المرحلة الثانوية؛ حيث ينتشر بينهم بدرجات متفاوتة. ويعمل قلق الفيزياء في حدوده الطبيعية كدافع يساعد الطالب على تحسين سلوكه وتطوير أدائه، ولكن إذا زاد عن حده وأصبح مرتفعاً فإنه يؤثر على حالته النفسية، كما يؤثر على تفكيره وذاكرته، ويعصف بمواهبه وإبداعاته، فالطالب في حالة القلق الزائد يعاني من الخوف وعدم الطمأنينة ويشعر بحالة تهديد مستمرة، ويتحول هذا الشعور إلى عقبة في طريق نجاح الطالب في الفيزياء، ويؤدي إلى عزوفه عن دراستها.

وجاءت كلمة القلق من الكلمة اللاتينية **Anxieties**، والتي تعني اضطراباً في العقل، وهو حالة نفسية عرفت في الماضي بحالات الخوف والهم التي تؤذي الإنسان نفسياً وجسدياً. وفي العملية التعليمية، ظهر أنواع من القلق المرتبط بالمواد الدراسية كقلق العلوم وقلق الرياضيات. ويشير قلق العلوم إلى الحالة الانفعالية التي تحدث لدى المتعلم من وقت لآخر، وتتميز هذه الحالة بعدة خصائص منها شعور المتعلم بالتوتر والضيق والخوف تجاه موضوعات معينة في تعلم العلوم (أبو عاذره، ٢٠١٢).

ولقد تم صياغة مصطلح "قلق العلوم الطبيعية" بواسطة جيفري مالو **Mallow** أستاذ الفيزياء الفلكية بجامعة لويولا شيكاغو الأمريكية **Loyola University Chicago** أواخر سبعينيات القرن العشرين، إيماناً بتأثيره على أداء دارسي العلوم الطبيعية ومستقبلهم، كما أنشأ أول عيادة بمقر الجامعة للحد من تزايد أعراضه لدى الطلاب والوصول به لمستويات مناسبة (**Mallow, 2010**).

وتعرف دراسة عبد الحسن (٢٠١٨) قلق الفيزياء بأنه حالة من التوتر يشعر بها الطالب عند دراسة الفيزياء أو عندما يطلب منه أداء اختباراتها. ويعرفه أبو غنيمة (٢٠١٧) بأنه حالة من التوتر والخوف والرهبة تصيب الطالب عند تعرضه لمواقف ترتبط بالفيزياء كدراستها وإجراء أنشطتها وحل مسائلها وأداء اختباراتها. ويعرفه الخضري (٢٠١٥) بأنه شعور بالضيق والضجر والإحساس بالفشل، وظهور بعض الأعراض المرضية النفسية والجسمية، واضطراب بعض العمليات العقلية كالتذكر والإدراك والانتباه عند دراسة الفيزياء والاختبار فيها.

ويرى (Aldalalah, 2018; Javanbakht & Hadian, 2014) أن الشعور بالقلق بين الحين والآخر يعد شعوراً طبيعياً؛ إلا إذا كان الإحساس بهذا القلق كثير التكرار دون أي سبب يستدعي ذلك، فقد يؤثر ذلك بشكل مباشر على حياة الفرد اليومية وسلوكه، ويزيد من الضغوطات النفسية التي يمر بها. ويرى أبو غنيمة (٢٠١٧) أن زيادة قلق الفيزياء عن الحد قد يصبح معوقاً لأداء الطالب بما يسببه من توتر ورهبة عند تعرضه لدراسة الفيزياء، وممارسة مهامها وأنشطتها واختباراتها، ومن ثم يلجأ لتجنب دراستها والعزوف عنها. ووفقا لسيناترا وآخرون (Sinatra et al. (2014 فإن المستوى المرتفع من قلق العلوم يؤدي إلى ضعف الأداء في مناهج العلوم، وتكوين اتجاهات مضادة للعلوم، وضعف مستوى التنور العلمي، وتجنب العمل بالمهن العلمية.

ويرجع قلق الفيزياء إلى أسباب متعددة، ولقد توصل عدد من الدراسات (مثل: أبو غنيمة، ٢٠١٧؛ Kaya & Yildrim, 2014; Kurbanoğlu & Takunyacı, 2017) إلى أن قلق الفيزياء قد يرجع للمتعلم ذاته نتيجة للأفكار السلبية عن دراسة الفيزياء، والخبرات غير السارة التي تعرض لها خلال حصص الفيزياء. وقد يرجع لمعتقدات المعلمين عن الفيزياء، وإفراط بعضهم في التحدث عن صعوبتها، والطرق غير الشيقة التي يستخدمونها في التدريس. كما قد يرجع إلى تصورات الآباء التي ينقلونها لأبنائهم. وقد يمثل منهج الفيزياء أحد الأسباب بتركيزه على الموضوعات النظرية البعيدة عن الواقع، والإفراط في المسائل المعقدة التي يتداولها الطلاب والمعلمون والكتب الخارجية، والانطباعات عن اختبارات الفيزياء بأنها تتضمن أسئلة ومسائل صعبة الحل.

ويعتقد كوربان أوغلو وتاكينيجا (2017) Kurbanoğlu and Takunyacı أن قلق الفيزياء –والذي يبدو أن معظم المعلمين يتجاهلونه– هو أحد العوامل المهمة التي تؤثر في تعلم الفيزياء، ولا تقل أهمية عن الاتجاهات والدافعية. ولقد حاولت دراسة كل من (Cari et al., 2016; Dilek et al., 2013; Şahin, 2014) قياس مستويات قلق الفيزياء لدى الطلاب. كما سعت دراسات أخرى (Berber, 2013; Sahin et al., 2015) إلى قياس مستويات القلق من معامل الفيزياء.

كما امتدت الدراسات التي اهتمت بموضوع القلق لتشمل دراسة قلق العلوم بصورة عامة (Karakaya, 2016)، والقلق من معمل العلوم (Elvan, 2017)، وقلق المعلمين

من العلوم (أبو عاذره، ٢٠١٢)، وقلقهم من تدريس العلوم (Yürük, 2011). وركزت دراسات أخرى على قلق الكيمياء (Huey, 2013)، والقلق من معمل الكيمياء (Kurbanoğlu & Yücel, 2015) والقلق من معمل البيولوجي (Kurbanoğlu, 2014).

ولقد توصلت الدراسات المتعددة على قلق الفيزياء وغيرها من العلوم إلى أن حدة القلق تختلف من شخص لآخر حسب الهدف الذي يسعى إلى تحقيقه، كما تختلف حدته تبعاً للموقف، فالقلق الذي يشعر به الطالب أثناء حل واجب الفيزياء يختلف عن القلق الذي يشعر به أثناء حل اختبار الفيزياء، وتتأثر حدة القلق أيضاً بعوامل بيئية ووراثية أخرى (الضامن، ٢٠١٥). وينتج عن قلق الفيزياء عدد من الأعراض العقلية والنفسية والجسمية والاجتماعية والتي تتباين حسب الموقف الذي يواجهه المتعلم، وتشير دراسات عديدة (مثل: بديوي، ٢٠١٨؛ خليفة وعمروني، ٢٠١٥؛ Balogun, 2014) إلى أن أهم هذه الأعراض هي:

- الأعراض العقلية: اضطراب العمليات العقلية كالانتباه والتفكير وحل المشكلات، علاوة على ضعف القدرة على التركيز والتفكك المعرفي، ووجود صعوبة في تنظيم المعلومات وتخزينها واستدعائها، وحدوث التداخل المعرفي.
- الأعراض النفسية: التوتر، والأرق، وفقدان الشهية، وتسلط بعض الأفكار السلبية، ونقص الثقة بالنفس، والشعور بالعجز، وعدم الكفاءة، وانخفاض مستوى الدافعية.
- الأعراض الجسمية: وتتمثل فيما يترتب عن استثارة الجهاز العصبي لا إرادياً، مما يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم، وتسارع خفقان القلب، وجفاف الحلق والشفتين، وضيق التنفس، وتصبب العرق، والشعور بالغثيان وآلام البطن، وشحوب الوجه، واتساع حدقة العين.

وتؤثر الأعراض السابقة بصورة سلبية على أداء الطالب في مادة الفيزياء؛ حيث يقل إنجازه الأكاديمي وقدرته على تحقيق أهداف تعلم الفيزياء والاستمرار في دراستها، وتشير دراسات عديدة (مثل: سرهيد، ٢٠١٤؛ Dominglos, 2015; González et al, 2017; Kurbanoğlu & Nefes, 2016; Sahin et al., 2015) إلى وجود علاقة ارتباط عكسي بين مستوى قلق الفيزياء لدى الطلاب وأدائهم الأكاديمي. وتوصلت دراسة أويلسنير-سيجر (2014) Ulucinar-Sagir إلى أن القلق من العلوم يخلق عائقاً خطيراً

لتعلم مواضيع العلوم، كما يؤثر على ميول المتعلمين نحو دراسة العلوم، كما قد ينعكس في المستقبل على اختياراتهم المهنية.

ويمكن إرجاع انخفاض الأداء بسبب قلق الفيزياء –من وجهة نظر معرفية– إلى أن القلق العالي يولد استجابات غير مرتبطة بالمهمة المطلوبة، فالطلاب ذوي القلق المرتفع يعانون من ضعف القدرة على التركيز بسبب توزيع الانتباه بين مشاعرهم الداخلية والمهمة المطلوبة. وقد اتضح أن هذا التداخل بين مشاعر القلق والمهمة قد يسبب في قصر مدة تخزين المعلومات في الذاكرة قصيرة المدى، وقد يحدث أن المعلومات الجديدة تجعل من الصعب تذكر المعلومات القديمة، ويقال إنه قد حدث كف راجع، وهذا بدوره يؤثر على عمل الذاكرة طويلة المدى، وبالتالي يشعر الطالب بعدم الارتياح (سالم، ٢٠١٦؛ سرهيد، ٢٠١٤).

ونظراً للتأثيرات السلبية المتعددة التي يحدثها قلق الفيزياء، فإن سعي تدريس الفيزياء نحو اختزال القلق الزائد لدى طلاب المرحلة الثانوية يعد أحد أهم الأولويات. وتشير دراسة ستيوان وكويماه (2019) Setiawan and Koimah إلى أن توعية المعلمين بخطورة قلق الفيزياء كمعوق لعملية التعلم قد يساعد في تغيير أسلوب تدريسهم، وتشير الدراسة إلى أنه يمكن التغلب على القلق من خلال البناء على نجاح الطلاب وإشعارهم ببعض الرضا والإنجاز، وإتاحة الوقت الكافي لتعلم الفيزياء واكتشافها. كما أوصى دوميجلوز Dominglos (2015) بضرورة إشاعة جو من المرح الهادف أثناء تعلم الفيزياء، وتوفير تجارب معملية وأنشطة تعلم ممتعة ترتبط بالحياة اليومية للمتعلم، بالإضافة إلى زيادة وعي المعلم بآثار قلق الفيزياء وسبل الحد منها، واستخدام استراتيجيات توفر بيئة تعلم آمنة خالية من التهديد والوعيد.

وقد حاول عدد من الباحثين خفض قلق الفيزياء من خلال استخدام طرق واستراتيجيات متنوعة، كان من بينها استخدام برمجية Quizizz التي تقوم أداء الطلاب باستخدام الألعاب الإلكترونية (Zhao, 2019)، والفصل المقلوب (Asıksoy & Sorakin, 2018)، وتراكيب كاجان التعاونية (أبو غنيمة، ٢٠١٧)، والأسئلة الشفوية ذات المستويات المعرفية المختلفة وإطالة زمن الانتظار (عبد الحسن، ٢٠١٨)، والأسئلة القائمة على المحتوى (Kurbanoğlu & Nefes, 2016)، والمدخل النظامي وهس (سرهيد، ٢٠١٤)، وبرنامج معرفي سلوكي (الخضري، ٢٠١٤).

ولعل من أهم الأساليب التي يمكن اتباعها للتصدي لظاهرة قلق الفيزياء هو تعرف الأخطاء الشائعة التي يقع فيها الطلاب أثناء دراسة الفيزياء، وتدريبهم على كيفية مواجهتها والتغلب عليها، بل تحويلها إلى فرص حقيقية للتعلم واكتساب المهارات.

رابعا - استراتيجية الخطأ الشائع:

يعتبر الخوف من الخطأ أحد أهم أسباب القلق بصورة عامة وقلق الفيزياء بصورة خاصة، فعادة ما يكون معلم الفيزياء متأثراً بأفكار سلبية حول أخطاء الطلاب، بل يتوقع بتوتر تلك الأخطاء حتى قبل أن يقع فيها الطالب، وعادة ما يكون متأكدا من أنها ستحدث. ويعمل المعلم تحت ضغط هذه الأفكار يوما بعد اليوم، ويتعامل الطلاب مع المعلم تحت تأثير هذا الضغط مما يؤثر سلبياً على تشكيل شخصياتهم. كما أن المعلم يهاجم الطالب على أخطائه دون فهم ذكي لطبيعة وأصل تلك الأخطاء، مما يجعل من المستحيل على الطالب رؤية أخطائه وتصحيحها بنفسه.

ويؤكد ما سبق دراسة جوستن (2016) Joosten التي أشارت إلى أن ديناميات التفاعل داخل الصف تؤثر بصورة عميقة على الطريقة التي ينظر بها الطالب إلى أخطائه؛ حيث يؤدي رد فعل المعلم تجاه الأخطاء –والذي عادة ما يكون عاطفياً ومبالغ فيه– إلى شك الطالب في قدراته وفقدانه للثقة في نفسه، مما يسهم في سيطرة حالة من القلق يتولد عنها مزيداً من الأخطاء، وكلما زاد الموقف السلبي للمعلم تجاه الأخطاء كلما تولدت أخطاء جديدة لم تكن لتحدث على الإطلاق. وعادة ما تؤدي الثورات الانفعالية تجاه الأخطاء إلى جعل الطالب مفرطا في الوعي والقلق والتوتر لدرجة أن خطأً صغيراً قد يصبح الزناد الذي يطلق سلسة كاملة من الأخطاء المتزايدة باستمرار. فلا يمكن لأي طالب مواجهة أخطائه بدون بذل جهد، ولا يمكن بذل هذا الجهد بدون شجاعة وإيمان بقدرته على تصحيح أخطائه.

وقد يؤدي شعور الطالب بأنه ليس آمناً عاطفياً عند ارتكاب الأخطاء إلى أن تصبح تلك الأخطاء عائقاً أمام الفهم، وتقوده إلى تجنب المخاطرة والمرور في خبرات جديدة، وأن يكون أكثر عرضه لإخفاء تلك الأخطاء بدلاً من التواصل لتصحيحها. وتؤدي هذه السلوكيات إلى تقليل إمكانية الاستفادة من الأخطاء كفرص للتعلم (Tulis, 2013). كما أن تعامل المعلمين مع أخطاء طلابهم بطريقة سلبية يمكن أن يؤدي إلى تكون طالب ذو عقلية ثابتة

Fixed Mindset يعتقد أن الأخطاء التي يقع فيها تعود إلى أنه غير ذكي، مما يولد لديه رد فعل سلبي تجاه تعلم الفيزياء، وبذلك تبدأ سلوكيات التجنب في الظهور أثناء التعلم، والتي تتضمن الشعور بالعجز وافتعال المشكلات(Schroder et al., 2017) .

وبناء على ما سبق، ينبغي إعادة النظر إلى أخطاء الطلاب أثناء تعلم الفيزياء على أنها فرصة وليست أزمة، فيشير بولار Boaler (2016) إلى أنه على الرغم من شيوع اعتبار الأخطاء مصدرًا لإحباط الطلاب ومعلميهم أثناء التعلم؛ لأنها تكشف عن سوء فهم محتمل أو نقص في التعلم إلا أن هناك دلائل متزايدة على أن ارتكاب الأخطاء يخلق مسارات إنتاجية لتعلم أفكار وبناء مفاهيم جديدة.

كما يمكن للأخطاء أن تدفع الفهم العلمي إلى الأمام، فالأخطاء التي تقود إلى فهم ملامح عميقة من العالم يمكن أن تكون أكثر قيمة على المدى البعيد من أفكار محدودة الصواب، فعلى سبيل المثال: أنشأ نيلز بور نموذجا للذرة خطأ من جميع الجوانب تقريباً، إلا أنه أوحى بفكرة ميكانيكا الكم الثورية (Kaiser & Creager, 2012). ويرى الفيلسوف البريطاني كارل بوبر Karl Popper أن كل المعرفة الإنسانية تنمو فقط من خلال تصحيح الأخطاء، وأن تاريخ العلم –مثل تاريخ كل الأفكار البشرية– هو تاريخ الأخطاء والعناد والأحلام. كما أن العلم أحد الأنشطة البشرية القليلة جداً – ربما الوحيدة – التي يتم فيها انتقاد الأخطاء بشكل منهجي، ويتم تصحيحها في كثير من الأحيان (Brady, 2018). كما يرى الفيلسوف الفرنسي غاستون باشلارد Gaston Bachelard أن للأخطاء قيمة إيجابية للعلم، فالمكان المفضل للخطأ هو العلم، وأن الخطأ في النشاط العلمي ليس حدثاً عارضاً يمكن التخلص منه بشيء من الحذر، بل هو سابق وأولي، وما الحقيقة في العلم إلا خطأ تم تصحيحه (Smith, 2016).

وتعتبر دراسة الأخطاء واحدة من الطرق المباشرة لتعليم الطلاب، فتدريس الفيزياء بدون الأخطاء يشبه تدريس الطب بدون المرض، أو تدريس القانون بدون الجرائم. ويعد ارتكاب الأخطاء جزءاً أساسياً من بناء المعرفة وتطوير إجراءات التعلم؛ حيث يمكن لدورات التجربة والخطأ والتغذية الراجعة أن تسمح للطالب باستخدام الأخطاء كأدوات للتعلم، مما يساعده في إتقان معرفة أو مهارة معينة بشكل متزايد. وعندما يتم إبراز الأخطاء على أنها نقاط انطلاق للبحث والاستقصاء يشعر الطالب بتشجيع على فحص وانتقاد أفكاره وأفكار

الآخرين، ويصبح أكثر ميلاً للانخراط في التفكير، وتطوير الحجج بدلاً من البحث ببساطة عن إجابات صحيحة من المعلم (Bray, 2011; Seifried & Wuttke, 2010).

وفي ضوء أهمية دراسة أخطاء الطلاب، يقترح البحث الحالي استراتيجية جديدة تعرف باسم "استراتيجية الخطأ الشائع"، ومحور هذه الاستراتيجية هو تحليل أخطاء الطلاب ومحاولة توظيفها في تحسين التعلم. والخطأ هو استنتاج أو حكم غير صحيح نتيجة لنقص المعلومات أو عدم دقتها، ويعرف قاموس ميريام ويبستر Webster (2019) الخطأ بأنه الخلط وإساءة فهم المعنى أو المقصود، واختيار البديل غير المناسب، وإصدار أحكام غير صحيحة.

ويرى ليشكا وآخرون Lischka et al. (2018) أن هناك نوعية من الأخطاء تكون جديرة بالبحث والدراسة، ويعرفها بأنها تلك الأخطاء التي يمكن الاستفادة منها في تعليم الفصل بالكامل، وهي تختلف عن الأخطاء التي يمكن أن يستفيد منها طالب واحد فقط. وهو بذلك يقصد تلك الأخطاء الشائعة. ويصنف (Barlow et al., 2018; Lischka et al., 2018) أخطاء الطلاب إلى أخطاء إدراك تنتج من ضعف الانتباه لعناصر الموقف أو المهمة، وأخطاء ترجمة تحدث بسبب مشكلات في عمليات الفهم والتفسير، وأخطاء معرفية تحدث بسبب وجود مشكلات في البنية المعرفية المخزنة في الذاكرة طويلة المدى لدى الطلاب، وأخطاء العمليات العقلية مثل إجراء عمليات رياضية غير صحيحة أثناء حل مسائل الفيزياء، واستخدام استراتيجيات حل غير فعالة للمشكلات، وتقديم حجج غير مكتملة.

ولقد تمكن البحث الحالي من تحديد أهم أسس استراتيجية الخطأ الشائع المقترحة من خلال تحليل عدد من الدراسات (e.g. Boaler, 2016; Seeley, 2016; Joosten, 2016) التي اهتمت بالاستفادة من أخطاء الطلاب في تحسين عمليات التعلم، ويمكن إيجاز هذه أسس فيما يلي:

- لا تنظر الاستراتيجية للخطأ كتعثر لعملية التعلم، بل تحتفي به وتعتبره فرصة تساعد على تركيز الطالب على نقاط ضعفه وتحسين أدائه، وتساعده أيضاً في مواجهة مشكلاته وعيوبه والتصرف باستقلالية والوقوف على قدمه بنفسه دون الحاجة لمساعدة الآخرين. وفي هذا الإطار ترفع الاستراتيجية شعار "الأخطاء متوقعة، وموضع للبحث والاحترام" "Mistakes are expected, inspected, and respected"،

- **تسعى الاستراتيجية إلى تحويل الأخطاء إلى تحدياً يحفز الطالب نحو إجراء مزيد من النشاط وعمليات البحث لمستويات عليا، ويتم ذلك من خلال اختيار اللحظة المناسبة لإثارة اهتمام الطالب بتلك الأخطاء، وتحويل هذا الاهتمام إلى سلاحاً يساعده في تحقيق النصر على أخطائه وعيوبه.**
- **تعتبر الاستراتيجية الأخطاء نافذة يمكن من خلالها رؤية مستوى فهم الطلاب؛ حيث يمكن أن يسهم تحليل تلك الأخطاء في تحديد طريقة تفكيرهم، ومدى متابعتهم للتعليمات.**
- **تساعد الاستراتيجية الطالب ليدرك أنه يتم تقدير جهوده التي يبذلها أكثر من نتائجه. فالاستراتيجية تشجيع جهود الطالب حتى ولو كانت النتائج متواضعة، وهذا بدوره سيساعده على بذل مزيداً من الجهد، وبالتالي تحسين نتائجه غير المرضية،**
- **توظف الاستراتيجية الأخطاء الشائعة في إثارة نقاش وجدال يساعد الطلاب على نقد أفكارهم وتصحيحها، كما أن فحص هذه الأخطاء يتيح مساحة لتعزيز استيعاب مفاهيمي أكثر عمقاً. كما يمكن ذلك في النهاية أن يغير معتقدات الطلاب أنفسهم نحو الخطأ.**
- **تركز الاستراتيجية على دراسة الأخطاء التي سيستفيد منها كافة الطلاب وليس طالب واحد، ويحدد ذلك معيارين أساسيين وهما: مدى انتشار الخطأ بين الطلاب داخل الصف، فكلما زاد تكرار حدوث الخطأ لدى الطلاب كلما استحق الدراسة. أما المعيار الثاني فهو مدى ارتباط هذا الخطأ بأهداف الدرس، فكلما كان الخطأ وثيق الصلة بأهداف الدرس كلما كانت دراسته ذات فائدة كبيرة للطلاب.**

ومن خلال ما سبق، يعرف البحث الحالي استراتيجية الخطأ الشائع بأنها سلسلة من الإجراءات المرتبة التي يقوم بها المعلم من أجل تحليل ودراسة الأحكام والقرارات غير الصحيحة التي يتخذها معظم الطلاب أثناء الإجابة عن سؤال فيزيائي أو أداء مهمة فيزيائية بسبب وجود مشكلة لديهم في الإدراك أو الفهم أو البنية المعرفية أو العمليات العقلية، ومن ثم مساعدة الطلاب في الانخراط في عمليات تفكير تساعدهم في الوصول إلى الأحكام والقرارات الصائبة.

وتتم إجراءات الاستراتيجية في صورة دورات من الممارسة وارتكاب الأخطاء والتحليل الجماعي وتلقي التغذية الراجعة التصحيحية مما يساعد الطلاب على الاستفادة من الأخطاء في تعلم أشياء جديدة. وتوجه الاستراتيجية اهتماماً خاصاً بتقديم تغذية راجعة تصحيحية

Corrective Feedback للطلاب مما يسمح لهم بالتعرف على الصواب والخطأ في أدائهم، وبالتالي وضع استراتيجيات تساعدهم في منع حدوث الخطأ في المستقبل. وإذا لم يحصل الطلاب على مثل هذه التغذية الراجعة فإنه من المرجح أن يحتفظ بالأداءات الخطأ، وبالتالي تتكرر في المستقبل. وتساعد التغذية الراجعة التصحيحية في حدوث زيادة ملحوظة في التعلم؛ حيث يمكن أن تزيد الإجابات الصحيحة خمس مرات في حالة توافرها أثناء تجارب التعلم والتدريب (Donaldson, 2019; Huesler & Metcalfe, 2012).

وتركز الاستراتيجية بصورة أساسية على استخدام الأخطاء الشائعة كوقاية قبل وقوع الطلاب فيها، وكحافز لعملية التعلم يساعد الطلاب على الانتباه والتركيز. إضافة إلى ذلك، فإنها توظف عدداً من السياقات التي حددها ليشكا وآخرون (2018) .Lischka et al لتصحيح الأخطاء الشائعة، وهذه السياقات هي:

- **مناقشة الواجبات والتكليفات: من المهام الاعتيادية للمعلم هي تصحيح الواجبات والتكليفات التي يقوم بها طلابه بغرض تحسين التعلم. ويستطيع المعلم انتقاء الإجابات غير الصحيحة وعرضها على الصف، وإجراء مناقشات صفية تعزز من استخدام الطلاب للتفكير السليم.**
- **أثناء متابعة المهام: يمكن أن تحدث الأخطاء أثناء تنفيذ الطلاب لمهمة، فعادة ما يكون لدى الطلاب تصورات خطأ وأفكار مختلطة حول كيفية أداء المهمة، ويمكن الاستفادة من تلك الأخطاء في زيادة تعلم الطلاب واندماجهم في المهمة.**
- **خلال فترة الإعداد للاختبارات: عادة ما تقوم المراجعة قبل الاختبار على إعطاء الطلاب مجموعة من الأسئلة والمسائل ويطلب منهم حلها. والأفضل من ذلك، هو إنشاء مراجعة تتضمن حلولاً لأسئلة ومسائل بها أخطاء شائعة، ويطلب المعلم من طلابه فحص تلك الأخطاء ومناقشة سوء الفهم التي تمثله، وتقديم الحل الصحيح مع التبرير.**

وقد يظهر بعض الطلاب القلق والخجل من تحليل ونقد أخطائهم، ويمكن التغلب على هذه المشكلة من خلال تقديم عمل من طالب غير معلوم للمناقشة، ومن خلال ذلك يتمكن المعلم من تقليل المخاطر النفسية التي قد يتعرض لها الطلاب، وكذلك زيادة تقديرهم لما يمكن تعلمه من خلال الأخطاء. علاوة على ما سبق، يمكن للمعلم الاتفاق مع أحد الطلاب على

ارتكاب خطأ شائع معين حتى يخلق فرصة لمناقشة جماعية تصحح هذا الخطأ (Barlow et al. 2016).

ويجب علي المعلم أثناء استخدامه للاستراتيجية التخلص من الهاجس اللاواعي حول الخطأ، مما يجعله متوتراً وقلقاً من تجاهل أخطاء طلابه. فلا يمكن أن تنجح الاستراتيجية المقترحة دون أن يتعلم المعلم كيفية التحكم في استجابته لأخطاء المتعلم، والاعتراف بأنه من خلال هذه الأخطاء يمكن الكشف عن الصعوبات التي تواجههم. فيجب على المعلم الانتباه لهذه الأخطاء وملاحظتها من أجل اكتشاف مصدرها، وبالتالي يستطيع التوصل إلى أفضل الطرق لإزالة الصعوبات التي تعوق نمو الطالب. ويجب على المعلم تشجيع ثقافة احترام جميع الأفكار، وخلق مجتمع تعلم يعمل من أجل تحقيق الفهم (Joosten, 2016).

وفي هذا السياق، يشير ستوير وآخرون (2013) .Steuer et al إلى أن طرق إدارة المعلم لحالات الخطأ يكون لها تأثير قوي على تصورات الطلاب واتجاهاتهم فيما يتعلق بالأخطاء، كما يؤثر بشكل مباشر على فاعلية الطلاب وكفاءتهم. وتوصل سيفريد ووتكي (2010) Seifried and Wuttke إلى وجود علاقة ارتباطية موجبة بين اتجاهات المعلمين الإيجابية نحو الخطأ بالاتجاهات الإيجابية نحو التعلم لدى طلابهم. كما توصل توليس (2013) Tulis إلى أن الاتجاهات الإيجابية لدى المعلم تجاه الأخطاء تعزز استجابات الطلاب التكيفية، بينما تؤدي الاتجاهات السلبية إلى شعور الطلاب بعدم الأمان.

ولعل العرض السابق يبرز أهمية دراسة الأخطاء التي يرتكبها الطلاب ودورها في تحسين عملية التعلم، وفي ضوء ذلك يسعى البحث الحالي إلى بناء برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع بهدف تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية، وذلك من خلال اتباع سلسلة من الإجراءات التي سيتم عرضها تفصيلياً فيما يلي.

إجراءات البحث:

للإجابة عن اسئلة البحث والتحقق من صحة فروضه تم إتباع الخطوات التالية:

أولا - تحديد مهارات التفكير الفيزيائي:

للإجابة عن السؤال الأول " ما مهارات التفكير الفيزيائي اللازم إكسابها لطلاب المرحلة الثانوية؟" تم بناء قائمة بمهارات التفكير الفيزيائي بهدف استخدامها في تحليل اختبارات الفيزياء في مصر وسنغافورة. وتم إعداد هذه القائمة من خلال الاطلاع على عدد من الدراسات السابقة التي اهتمت بدراسة المهارات اللازمة لتعلم الفيزياء وحل اختباراتها (مثل: السلامات وآخرون، ٢٠١٨؛ شحات ومتولي، ٢٠١٨؛ Amin et al., 2018; Ince, 2018) كما تم استطلاع آراء ٣٤ من معلمي الفيزياء بالمرحلة الثانوية المشتركين في مجموعة "منهج الفيزياء المطور" على شبكة التواصل الاجتماعي Facebook حول مهارات التفكير الفيزيائي الضرورية لطلاب المرحلة الثانوية. وفي ضوء ذلك تم بناء قائمة أولية لمهارات التفكير الفيزيائي تشمل ٥ مجالات رئيسة، وهي: مبادئ الرياضيات الفيزيائية، الكميات الفيزيائية، العلاقات الفيزيائية، المسائل الفيزيائية، الرسوم البيانية. وانبثق عن تلك المجالات ٤١ مهارة تفكير فيزيائي.

وتم عرض الصورة المبدئية للقائمة على مجموعة من الخبراء في ميدان تدريس الفيزياء والتربية العلمية؛ لإبداء آرائهم حول مناسبة وأهمية تلك المهارات لطلاب المرحلة الثانوية. وفي ضوء آراء السادة المحكمين، تم حذف ٥ مهارات تفكير فيزيائي، ودمج مهارتين في مهارة واحدة، كما تم تعديل صياغة عدد آخر من المهارات، وبذلك أصبحت قائمة مهارات التفكير الفيزيائي في صورتها النهائية مكون من ٣٥ مهارة، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول ٥

مكونات الصورة النهائية لقائمة مهارات التفكير الفيزيائي

المجالات	الوصف	عدد المهارات	الوزن النسبي
١- مبادئ الرياضيات الفيزيائية	تشمل المهارات الجبرية والهندسية الضرورية لدراسة الفيزياء وحل اختباراتها	٦	%١٧.١
٢- الكميات الفيزيائية	تتضمن مهارات التعامل مع الكميات الفيزيائية من جمع وتحليل وضرب وتحويل الوحدات والبادئات قياسية.	٥	%١٤.٣
٣- العلاقات الفيزيائية	تتضمن مهارات استخدام العلاقات الفيزيائية، مثل: استنتاج العلاقات، واستنتاج التناسب الطردي والعكسي.	١٠	%٢٨.٦
٤- حل المسائل الفيزيائية	تشمل كافة مهارات حل مسائل الفيزياء بداية من استخراج المعطيات حتى التأكد من صحة الحل.	٦	%١٧.١
٥- الرسوم البيانية	تشمل مهارات التعامل مع الرسوم البيانية، مثل: استنتاج شكل الرسم البياني، وتحديد الميل.	٨	%٢٢.٩
المجموع		٣٥	%١٠٠

ثانيا - تحليل اختبارات الفيزياء في مصر وسنغافورة:

للإجابة عن السؤال الثاني "ما مدى توافر مهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة؟" تم بناء بطاقة التحليل بهدف تحديد مهارات التفكير الفيزيائي الواردة في تلك الاختبارات والوزن النسبي لكل مهارة؛ ولتحقيق هذا الهدف تم دراسة قائمة مهارات التفكير الفيزيائي السابق بنائها لاستخدامها في تحديد فئات التحليل، كما تم الاطلاع على عدد من الدراسات التي اهتمت بتحليل اختبارات الفيزياء والعلوم (مثل: تركي، ٢٠١٦؛ الجودي، ٢٠١٨؛ قاسم، ٢٠١٩)؛ للاستفادة منها في بناء بطاقة التحليل. وتم تصميم البطاقة بحيث تتضمن اسم الدولة؛ وذلك لتحديد ما إذا كان الاختبار الذي سيتم تحليله لمصر أم لسنغافورة. وبجوار اسم الدولة يكتب العام الدراسي للاختبار؛ وذلك لتحديد العام الذي أُجري فيه الاختبار الذي سيتم تحليله. ويلي ذلك، جدول يتكون من ٤ أعمدة هي على الترتيب: المجالات الرئيسة، ومهارات التفكير الفيزيائي (والتي تعتبر فئات التحليل)، والتكرار (يحدد عدد مرات ظهور كل مهارة في الاختبار)، والدرجة (تحدد الدرجة الكلية المخصصة لكل مهارة في الاختبار). كما تم كتابة التعليمات والإجراءات الواجب اتباعها أثناء عملية التحليل في غلاف البطاقة، وهي على النحو التالي:

يتم تحليل اختبار كل عام على حدة، وتخصص ورقة تحليل منفصلة لكل اختبار.

١. اعتماد البند الاختباري وحدة للتحليل، وفي حالة الأسئلة المركبة التي تحتوي أسئلة فرعية (أ، ب، ج) يتم اعتبار كل فرع على أنه بند اختباري مستقل.

٢. قراءة أسئلة كل اختبار قراءة متأنية متفحصة.

٣. استخراج تكرارات الأسئلة حسب فئات التحليل.

٤. تحديد الدرجة التي حصلت عليها كل فئة في كل اختبار.

٥. تحسب الدرجة الكلية للاختبار بالمجموع الكلي لدرجات الأسئلة الإجبارية والاختيارية

وللتحقق من صدق بطاقة التحليل تم عرضها على مجموعة من خبراء التربية العلمية للتأكد من صلاحيتها ودقتها المنهجية واللغوية، ومدى شمول بنودها وعناصرها، وقد اقترح السادة المحكمون استبعاد مجال مبادئ الرياضيات الفيزيائية -الذي يتضمن ٦ مهارات- من بطاقة التحليل؛ نظراً لأنها تتواجد في معظم أسئلة أي اختبار فيزياء، وبالتالي يصعب حصرها. وأتفق السادة المحكمون على صلاحية البطاقة للاستخدام. وبذلك أصبح عدد مهارات التفكير الفيزيائي المتضمنة في البطاقة ٢٩ مهارة.

وللتأكد من ثبات البطاقة تم اختيار اختبار الفيزياء لشهادة الثانوية العامة في مصر للعام الدراسي ٢٠١٦- ٢٠١٧ بصورة عشوائية، وتم تحليل الاختبار من قبل الباحث وزميل آخر متخصص في التربية العلمية. وتم حساب عدد مرات الاتفاق والاختلاف واستخدامها في حساب معامل الاتفاق باستخدام معادلة كوبر Cooper والذي بلغ ٨٧%، وتم استخدام قيمة معامل الاتفاق في حساب معامل الثبات باستخدام معادلة هولستي Holisti، وقد بلغ معامل الثبات ٠.٩٣ وهذه القيمة المرتفعة تشير إلى صلاحية البطاقة لإجراء عملية التحليل.

وبعد التأكد من صلاحية بطاقة التحليل، تم تطبيقها على اختبارات الفيزياء في نهاية الصف الثاني عشر في كل من مصر وسنغافورة (شهادة الثانوية العامة في مصر، وشهادة دبلوم البكالوريا الدولية في سنغافورة)، وذلك لمدة عشرة سنوات خلال الفترة من ٢٠٠٩ - ٢٠١٨، وبلغ المجموع الكلي لاختبارات مصر وسنغافورة التي تم تحليلها ٢٠ اختباراً. ومن خلال التحليل تم تحديد تكرارات كل مهارة في كل اختبار، ومجموع الدرجة التي حصلت عليها كل مهارة في كل اختبار، كما تم حساب عدد الاختبارات التي ظهرت فيها كل مهارة.

وبعد الانتهاء من تحليل الاختبارات، استخلص الباحث عدداً من الفروق الأساسية بين اختبارات مصر وسنغافورة. فمن حيث الشمول، تم التوصل إلى أن اختبارات سنغافورة

أشمل لموضوعات فيزيائية متنوعة، كما تتضمن موضوعات لا يتم تدريسها في مصر. ومن حيث طول الاختبار، تم التوصل إلى أن عدد أسئلة الاختبار ودرجته والزمن المخصص للإجابة يكون أكبر في اختبارات سنغافورة. ومن حيث مستويات الأسئلة، تم التوصل إلى أن أسئلة سنغافورة أكثر عمقاً وتأكيداً على مهارات التفكير الفيزيائي. ومن حيث نوعية الأسئلة، تم التوصل إلى اهتمام سنغافورة بالأسئلة النظرية والعملية في نفس الوقت؛ حيث تخصص الورقتين الثالثة والخامسة لقياس المهارات العملية والتخطيط للاستقصاءات الفيزيائية، وعلى العكس من ذلك تركز اختبارات مصر على الأسئلة النظرية فقط. كما أن اختبارات مصر تتضمن أسئلة اختيارية على العكس من اختبارات سنغافورة والتي تكون جميع أسئلتها إجبارية. كما لاحظ الباحث أنه يتم إعطاء الطالب كافة العلاقات والقوانين الثوابت التي سيحتاجها في اختبارات سنغافورة مما يدل على اعتمادها بصورة أكبر على مهارات التفكير الفيزيائي وتجنبها لأسئلة الحفظ والتذكر.

ثالثا - بناء استراتيجية الخطأ الشائع:

للإجابة عن السؤال الثالث "ما استراتيجية الخطأ الشائع المقترحة لتدريس الفيزياء في المرحلة الثانوية؟" تم بناء الاستراتيجية بهدف استخدامها في تغيير قناعات الطلاب ومعلميهم حول الأخطاء التي يتم الوقوع فيها أثناء دراسة الفيزياء؛ مما قد يقلل من القلق الذي يشعرون به أثناء تعلم الفيزياء، علاوة على الاستفادة من تلك الأخطاء والتغذية الراجعة المصاحبة لها في تدريبهم على مهارات التفكير الفيزيائي والوصول إلى مستوى الإتقان؛ ولتحقيق هذه الأهداف تم تحديد الأسس التي تقوم عليها استراتيجية الخطأ الشائع من خلال دراسة عدد من الدراسات السابقة التي اهتمت بالاستفادة من أخطاء الطلاب في تحسين عمليات التعلم (e.g. Boaler, 2016; Donaldson, 2019; Joosten, 2016). وفي ضوء أسس الاستراتيجية، تم بناء تصور لمراحلها وإجراءات كل مرحلة.

وتتم إجراءات الاستراتيجية في صورة دورات من الممارسة وارتكاب الأخطاء والتحليل الجماعي وتلقي التغذية الراجعة التصحيحية مما يساعد الطلاب في الاستفادة من الأخطاء في تعلم أشياء جديدة. وقد راعى الباحث أن تتسم مراحل الاستراتيجية بالمرونة التي تعطي المعلم الحرية في اتخاذ القرارات التي تلائم كل موقف تدريسي، وتمكنه من إجراء التعديلات وفقاً لخصائص الطلاب والإمكانات المتاحة وزمن التدريس.

وتم عرض التصور المبدئي المقترح للاستراتيجية على عدد من المحكمين مصحوباً بالمقابلة الشخصية؛ للحكم على مدى مناسبة إجراءاتها لطبيعة البحث الحالي ومدى قابليتها للتطبيق. وأسفرت نتائج التحكيم عن إعادة صياغة بعض الإجراءات، واتفق المحكمون على مناسبة إجراءات الاستراتيجية لتدريس الفيزياء، وبعد إجراء تعديلات السادة المحكمين أصبحت الاستراتيجية صالحة للاستخدام. وفيما يلي عرضاً للمراحل الرئيسة للاستراتيجية وإجراءات كل مرحلة:

جدول ٦

المراحل والإجراءات لاستراتيجية الخطأ الشائع المقترحة

اسم المرحلة	الإجراءات
١- النمذجة من قبل المعلم Modeling by the Teacher	- يبدأ المعلم في تهيئة الطلاب للمهارة المراد التدريب عليها ويبرز أهميتها. - يقدم المعلم شرحاً نظرياً يبين كيفية أداء هذه المهارة. - يحل المعلم مثالا تطبيقيا لإيضاح كيفية أداء المهارة بصورة تفصيلية، وأثناء ذلك يتظاهر بأنه يفكر بصوت مسموع، كما يمارس عملية الاستجواب الذاتي ليعبر لفظياً عما يدور في رأسه.
٢- تقديم الخطأ الشائع Presenting the Common Mistake	- يستخدم المعلم وسيلة عرض مناسبة، مثل: عارض البيانات أو أوراق العمل لتقديم مثال تطبيقي على المهارة يتضمن أحد الأخطاء الشائعة. - من الضروري في هذه المرحلة توظيف الأخطاء الشائعة التي يرتكبها الطلاب واعتبارها محوراً مهماً للدراسة والتحليل.
٣- إيجاد الخطأ Finding the Mistake	- يقسم المعلم الطلاب إلى مجموعات صغيرة غير متجانسة. - يطلب المعلم منهم التفكير جماعياً، لتحديد الموضع الذي يتواجد به الخطأ. - يترك المعلم الفرصة للمجموعات حتى يتم الاتفاق على موضع الخطأ.
٤- المناقشة الجماعية Group Discussion	- من خلال المناقشة الجماعية، يتم الاتفاق على الجزئية موضع الخطأ. - يطلب المعلم من الفصل تفسير سبب الوقوع في الخطأ، وتحديد المصادر التي يمكن أن تكون سبباً فيه. - يقدم المعلم التغذية الراجعة النهائية عن الخطأ وسبب حدوثه وكيفية تجنبه.
٥- النمذجة بواسطة المتعلم Modeling be the learner	- يوزع المعلم على الطلاب أوراق عمل تتضمن موقف مشكل أو سؤال جديد يحتاج لاستخدام المهارة التي يتم التدريب عليها. - يقوم كل طالب بتقديم نموذج لحل المشكلة أو الإجابة الصحيحة عن السؤال. - يقارن كل طالب إجابته مع الزميل الذي يجلس بجواره، بحيث يصف كل منهما تفكيره بصوت مسموع، ويعبر عما يدور في ذهنه وكيفية تجنبه للخطأ الشائع، وبذلك يصبح الطالب مدركاً لعمليات تفكيره. - يطلب المعلم من المجموعات تحديد الأخطاء الجديدة التي تم ارتكابها أثناء عملية النمذجة ويناقشها معهم ويقدم لهم التغذية الراجعة التصحيحية.
٦- التأمل والتحليل الجماعي Reflection and Group Analysis	- بعد انتهاء الطلاب من عملية النمذجة، يتم اختيار أحد الطلاب عشوائيا. - يشرح الطالب لزملائه كيفية أداء المهارة، مع التأكيد على كيفية تجنبه للأخطاء. - أثناء ذلك يتم إجراء نقاش جماعي وتشجيعهم على طرح مزيداً من الأفكار.

رابعا - بناء البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع:

للإجابة عن السؤال الرابع "ما برنامج الفيزياء القائم على استراتيجية الخطأ الشائع؟" تم بناء البرنامج بهدف تنمية مهارات التفكير الفيزيائي وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية؛ ولتحقيق هذا الهدف تم دراسة مراحل وإجراءات استراتيجية الخطأ الشائع. كما تم تحديد الأخطاء الشائعة لدى طلاب الصف الأول الثانوي من خلال مراجعة عدد من الدراسات التي اهتمت بتحديد الأخطاء والصعوبات الشائعة في تعلم الفيزياء (e.g. Habibi et al., 2019; Mason et al., 2016)، علاوة على استطلاع رأي ٣٤ من معلمي الفيزياء بالمرحلة الثانوية المشتركين في مجموعة "منهج الفيزياء المطور" على شبكة التواصل الاجتماعي Facebook حول الأخطاء الشائعة في مهارات التفكير الفيزيائي، وبعد الانتهاء من تحديد تلك الأخطاء تم إجراء مقابلات مع ٢١ طالباً من طلاب المرحلة الثانوية بإدارة المعادي التعليمية؛ للتحقق من مدى شيوع تلك الأخطاء. ومن خلال الإجراءات السابقة تم تحديد ٣٢ خطأً شائعاً موزعاً على مهارات التفكير الفيزيائي.

وفي ضوء ما سبق، تم تحديد الأسس التي يقوم عليها البرنامج؛ وتمحورت هذه الأسس حول الاستفادة من الأخطاء الشائعة لدى الطلاب في تحسين تعلمهم، وتم استخدام هذه الأسس في إعداد الإطار العام للبرنامج، والذي تضمن:

- أهداف البرنامج: تم تحديد نواتج التعلم التي يسعى البرنامج إلى تحقيقها، والتي تدور حول تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية، وكذلك خفض قلق الفيزياء لديهم.
- موضوعات محتوى البرنامج: تم تقسيم البرنامج لعدد من الموضوعات، وهي: طبيعة علم الفيزياء، ومبادئ الرياضيات الفيزيائية، والكميات الفيزيائية، والعلاقات الفيزيائية، والمسائل الفيزيائية، والرسوم البيانية. ويتناول كل موضوع عدداً من مهارات التفكير الفيزيائي.
- استراتيجية التدريس: تم الاعتماد بصورة أساسية على استخدام استراتيجية الخطأ الشائع المقترحة في تدريس موضوعات البرنامج.

- **أنشطة البرنامج: تم تحديد الأنشطة التي سيقوم بها الطلاب أثناء تنفيذ المعلم لاستراتيجية الخطأ الشائع، وقد روعي أن تكون الأنشطة مرتبطة بأهداف البرنامج، وملائمة للطلاب، وأن تتيح الفرصة لممارسة الأنشطة فردياً وتعاونياً.**
- **مصادر التعلم: تم الاستعانة بعدد من مصادر التعلم التي يمكن أن استخدامها في تنفيذ الاستراتيجية، مثل: الصور، والرسوم، والمواد من خامات البيئة، والأفلام، وغير ذلك.**
- **أساليب التقويم: تم استخدام أساليب تقويم متعددة ومصاحبة للبرنامج بما يحقق التقويم المستمر، وتم توظيف أوراق العمل بصورة كبيرة لتقويم أداء الطلاب.**
- **الخطة الزمنية للبرنامج: يستغرق تطبيق البرنامج ٧ أسابيع، بمعدل حصتين أسبوعياً. وبالتالي يكون الزمن الكلي لتطبيق البرنامج ١٤ حصة.**

وفي ضوء ما سبق، تم إعداد وثائق البرنامج، والمكونة من كتاب الطالب، ودليل المعلم. وتضمن كتاب الطالب لعدد من العناصر داخل كل موضوع، ومن أهم تلك العناصر: نواتج التعلم، والكلمات المفتاحية، أين الخطأ، أمثلة، تدريبات، اختبارات سنغافورة، وغير ذلك. وتم التأكيد على تضمين الأخطاء الشائعة التي يقع فيها الطلاب كتدريبات لتحديد الخطأ داخل كتاب الطالب. وتضمن دليل المعلم لمقدمة الدليل، وتعليمات الدليل، وخلفية نظرية، والخطة الزمنية، وخطة تفصيلية لتدريس كل موضوع في ضوء استراتيجية الخطأ الشائع، علاوة على أوراق العمل المستخدمة أثناء تنفيذ البرنامج.

وتم عرض البرنامج بصورته المبدئية على السادة المحكمين للتحقق من صلاحيته، ومدى مراعاته لاستراتيجية الخطأ الشائع والأهداف المنشودة منه، وقد تم إجراء كافة التعديلات التي تم اقتراحها، والتي تضمنت ضبط الدقة اللغوية لبعض العبارات، وحذف وتعديل عدد من الأنشطة، وتعديل عدد من إجراءات التدريس، وبذلك أصبح البرنامج في صورته النهائية صالحاً للاستخدام.

جدول ٧
الخطة الزمنية للبرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع

الموضوع الرئيس	الموضوعات الفرعية	عدد الحصص
١ـ طبيعة علم الفيزياء	مفهوم علم الفيزياء ـ مجالات علم الفيزياء ـ خصائص علم الفيزياء.	١
٢ـ مبادئ الرياضيات الفيزيائية	إجراء العمليات الحسابية على الكميات الفيزيائية ـ حل معادلات الدرجة الأولى والدرجة الثانية ـ تطبيق قوانين حساب المثلثات ـ حساب محيط الأشكال المستوية ـ حساب مساحة الأشكال المستوية ـ حساب حجوم الأشكال المجسمة.	٢
٣ـ الكميات الفيزيائية	جمع الكميات المتجهة ـ تحليل الكميات المتجهة ـ ضرب الكميات المتجهة ـ تحويل البادئات القياسية ـ تحويل وحدات القياس.	٢
٤ـ العلاقات الفيزيائية	استنتاج العلاقات الفيزيائية ـ اشتقاق وحدات الكميات الفيزيائية من العلاقات ـ استنتاج العلاقات الفيزيائية من الوحدات ـ اشتقاق تعريف الكميات الفيزيائية من العلاقات ـ التوصل إلى معنى أن كمية تساوي مقدار معين ـ اشتقاق تعريف وحدة قياس الكمية الفيزيائية ـ اشتقاق العوامل التي تتوقف عليها كمية فيزيائية ـ استنتاج علاقات التناسب الطردي والعكسي ـ اشتقاق معادلة الأبعاد من العلاقة الفيزيائية ـ إثبات صحة العلاقة باستخدام معادلة الأبعاد.	٤
٥ـ المسائل الفيزيائية	استخراج المعطيات والمعلومات من المسألة ـ تحديد المطلوب من المسألة ـ التمثيل البصري للمسألة ـ تحديد العلاقة الفيزيائية المناسبة المسألة ـ إجراء الحل الرياضي ـ التأكد من صحة الحل.	٣
٦ـ الرسوم البيانية	استنتاج شكل الرسم البياني من العلاقة الفيزيائية ـ حساب الميل من الرسم البياني ـ تحديد العلاقة الفيزيائية من الرسم البياني ـ تحويل البيانات والمعلومات إلى رسم بياني ـ تحديد القيمة المقابلة لقيمة معلومة ـ استخراج بيانات ومعلومات من الرسم البياني ـ تحويل رسم بياني إلى رسم بياني آخر.	٢
المجموع		١٤

خامسا - بناء اختبار مهارات التفكير الفيزيائي

قام الباحث بإعداد الاختبار بهدف قياس مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية؛ ولتحقيق هذا الهدف تم دراسة قائمة مهارات التفكير الفيزيائي السابق إعدادها، كما تم الاطلاع على عدد من الدراسات التي اهتمت بقياس مهارات التفكير الفيزيائي المختلفة (مثل: الشايع، ٢٠١٤؛ شحات ومتولي، ٢٠١٨). وفي ضوء ذلك، تم تحديد ٤ أبعاد للاختبار، وهذه الأبعاد هي: الكميات الفيزيائية، والعلاقات الفيزيائية، والمسائل الفيزيائية، والرسوم البيانية. وتمثل هذه الأبعاد المجالات الرئيسة لمهارات التفكير الفيزيائي. ولتحديد الوزن النسبي لأبعاد الاختبار تم مراجعة نتائج عملية تحليل الاختبارات، وحساب

متوسط الوزن النسبي لدرجات كل مجال رئيس في اختبارات مصر وسنغافورة. وفي ضوء الأوزان النسبية تم تحديد عدد مفردات كل بعد، علماً بأن العدد الكلي لمفردات الاختبار ٣٢ مفردة، والدرجة النهائية للاختبار ٣٢ درجة.

وتم صياغة مفردات الاختبار في صورة أسئلة اختيار من متعدد، وقد روعي الشروط الواجب توافرها في هذا النوع من الأسئلة، كما تم صياغة تعليمات الاختبار وإعداد ورقة إجابة منفصلة، ومفتاح للتصحيح، وبذلك أصبح الاختبار في صورته الأولية. وللتأكد من صدق الاختبار تم عرضه على مجموعة من خبراء التربية العلمية للتعرف على آراءهم من حيث شمول الاختبار لمهارات التفكير الفيزيائي، ومناسبة الأسئلة لمستوى الطلاب، ومدى الصحة العلمية واللغوية لكل سؤال، وصلاحية الاختبار للتطبيق. وقد أجرى الباحث التعديلات التي أقرها السادة المحكمون، والتي تمثلت في صياغة بعض المفردات، وتعديل مستوى صعوبة مفردات أخرى، وإضافة بعض الرسوم لعدد من الأسئلة.

وللتأكد من ثبات الاختبار، تم تطبيقه على ٣٦ طالبا من مدرسة أمين الراعي الثانوية بالمعادي من غير مجموعة البحث يوم الاثنين ٢٠١٩/٣/١١، ثم طبق مرة أخرى بعد أسبوعين. وقد بلغ معامل الارتباط بين نتائج التطبيقين ٠.٨١، وبحساب الثبات بطريقة سبيرمان وبراون وجد أنه ٠.٨٩٥، وهذا يشير إلى ارتفاع معامل الثبات. كما تم تحديد زمن الاختبار عن طريق قياس متوسط زمن الإجابة الذي استغرقه الطلاب والذي بلغ ٥٦ دقيقة، وبذلك أصبح الاختبار في صورته النهائية صالحاً للاستخدام كأداة صادقة وثابتة لقياس مهارات التفكير الفيزيائي.

جدول ٨

مكونات اختبار مهارات التفكير الفيزيائي

أبعاد الاختبار	الوزن النسبي	عدد الأسئلة المحسوبة	عدد الأسئلة الفعلي	أرقام المفردات
الكميات الفيزيائية	%٦.٢	١.٩٨	٢	١-٢
العلاقات الفيزيائية	%٢٥.٤	٨.١٣	٨	من ٣ إلى ١٠
المسائل الفيزيائية	%٥١.٧	١٦.٥٤	١٧	من ١١ إلى ٢٧
الرسوم البيانية	%١٦.٧	٥.٣٥	٥	من ٢٨ إلى ٣٢
المجموع	%١٠٠	٣٢	٣٢	من ١ إلى ٣٢

سادسا - بناء مقياس قلق الفيزياء

تم إعداد مقياس قلق الفيزياء بهدف قياس مستوى التوتر والخوف الذي يشعر به طلاب المرحلة الثانوية عند تعرضهم لمواقف ترتبط بالفيزياء؛ ولتحقيق هذا الهدف تم دراسة عدد من الأدبيات والدارسات التي اهتمت بقياس قلق الفيزياء (مثل: أبو غنيمة، ٢٠١٧؛ الخضري، ٢٠١٥؛ Sahin, 2015). وفي ضوء ذلك، تم تقسيم المقياس إلى ٥ أبعاد كل منها يعبر عن إحدى مصادر قلق الفيزياء، وهذه الأبعاد هي: اختبار الفيزياء، وحصة الفيزياء، وتعلم الفيزياء، ومسائل الفيزياء، وتجارب الفيزياء.

وتم صياغة ٣٠ مفردة للمقياس تعطي كل منها وصفًا موجباً أو سالباً لموقف يعكس قلق الفيزياء؛ حيث يقوم الطالب بوضع علامة (√) في المكان الذي يوافق ما يشعر به على مقياس متدرج من خمس نقاط. وتحسب الدرجات بشكل تصاعدي من ١-٥ حسب نوع العبارة (موجبة أو سالبة)، ويقصد بالعبارة الموجبة تلك التي تعبر عن وجود قلق الفيزياء أما العبارة السالبة فهي التي تعبر عن عدم وجود قلق الفيزياء. وتم مراعاة تساوي العبارات الموجبة مع العبارات السالبة، كما تم مراعاة الدقة العلمية واللغوية للعبارات، وأن تكون محددة ومناسبة لطلاب المرحلة الثانوية. وتم صياغة تعليمات المقياس في الصفحة الأولي من كراسة المقياس؛ بحيث تشتمل على الهدف من المقياس، وطريقة الإجابة المطلوبة. كما تم إعداد ورقة الإجابة ومفتاح التصحيح. وبذلك يكون المقياس قد أصبح في صورته الأولية.

وللتحقق من صدق المقياس تم عرضه على مجموعة من الخبراء في مجال التربية العلمية؛ للتأكد من ارتباط العبارات بالهدف من المقياس، وشمول المقياس لأبعاد قلق الفيزياء، ومدى صحة كل عبارة علمياً ولغوياً، ومدى وضوح العبارات. وقد قدم السادة المحكمون مجموعة من المقترحات، والتي شملت تعديل صياغة بعض العبارات لتصبح أكثر دقة. وبعد إجراء التعديلات أصبح المقياس في صورته الأولية مكوناً من ٣٠ مفردة، وتكون أقل درجة يحصل عليها الطالب هي ٣٠ درجة، وتعبر عن مستوى قلق منخفض، أما الدرجة العليا فهي ١٥٠ درجة، وتعبر عن مستوى قلق مرتفع.

تم تطبيق المقياس استطلاعياً على ٣٦ من طلاب المرحلة الثانوي بمدرسة أمين الراعي بالمعادي من غير مجموعة البحث يوم الاثنين ٢٠١٩/٣/١١، ثم طبق مرة أخرى بعد أسبوعين؛ وقد بلغ معامل الارتباط بين نتائج التطبيقين ٠.٨٤ وبحساب الثبات بطريقة

سبيرمان وبراون وجد أنه ٠.٩١ مما يدل على أن المقياس يتمتع بدرجة ثبات عالية. وتم تحديد زمن المقياس بحساب متوسط زمن الإجابة، والذي بلغ ٣٨ دقيقة. وبذلك أصبح المقياس في صورته النهائية صالحاً للاستخدام كأداة صادقة وثابتة لقياس قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

جدول ٩

مكونات مقياس قلق الفيزياء

أبعاد المقياس	أرقام العبارات		عدد المفردات	الوزن النسبي
	موجبة	سالبة		
اختبار الفيزياء	١- ٦- ١٦	١١- ٢١- ٢٦	٦	%٢٠
حصة الفيزياء	٢- ١٢- ٢٧	٧- ١٧- ٢٢	٦	%٢٠
تعلم الفيزياء	١٨- ٢٣- ٢٨	٣- ٨- ١٣	٦	%٢٠
مسائل الفيزياء	٤- ١٤- ٢٤	٩- ١٩- ٢٩	٦	%٢٠
تجارب الفيزياء	١٠- ١٥- ٣٠	٥- ٢٠- ٢٥	٦	%٢٠
المجموع	١٥	١٥	٣٠	%١٠٠

خامسا - التجريب الميداني للبحث:

تم إجراء تجربة البحث على الصف الأول الثانوي نظرا لاحتياج الطلاب في هذا الصف لاكتساب وإتقان مهارات التفكير الفيزيائي التي تعد بمثابة الأساس الذي ييسر ويعزز تعلم الفيزياء في باقي صفوف المرحلة الثانوية، كما أن خفض قلق الفيزياء لدى هؤلاء الطلاب يشجعهم على استمرار في دراسة الفيزياء واختيار التخصص العلمي في الصفوف اللاحقة. وتم اختيار مجموعة من طلاب الصف الأول الثانوي بمدرسة العلياء بإدارة المعادي التعليمية، وتقسيمهم إلى مجموعتين إحداهما تجريبية مكونة من ٣٥ طالب، وأخرى ضابطة مكونة من ٣٤ طالب. وتم تطبيق أداتي البحث على المجموعة التجريبية والضابطة تطبيقاً قبلياً يوم الأربعاء ٢٠١٩/١٠/٢؛ وذلك للتأكد من تكافؤ المجموعة التجريبية مع الضابطة. وتم رصد درجات الطلاب في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي ومقياس قلق الفيزياء، ومعالجة البيانات باستخدام اختبار "ت" **t–test** لدلالة الفرق بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية والضابطة. وقد أظهرت النتائج تكافؤ المجموعتين إحصائياً من حيث مهارات التفكير الفيزيائي، كما يتضح في الجدول التالي:

جدول ١٠
نتائج التطبيق القبلي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي

أبعاد الاختبار	الدرجة	الضابطة (ن = ٣٤)			التجريبية (ن = ٣٥)			قيمة ت	مستوى الدلالة
		م	%	ع	م	%	ع		
الكميات الفيزيائية	٢	٠.٩١ ١	٤٥.٦ %	٠.٧٥ ٣	٠.٩١ ٤	٤٥.٧ %	٠.٧٤ ٢	٠.٠١ ٤	غير دالة
العلاقات الفيزيائية	٨	٣.٤١	٤٢.٦ %	١.١٠	٣.٤٨	٤٣.٥ %	١.٢٢	٠.٢٦	غير دالة
المسائل الفيزيائية	١٧	٦.٤٧	٣٨.١ %	٢.٠١	٦.٩٤	٤٠.٨ %	٢.٢٣	٠.٩٢	غير دالة
الرسوم البيانية	٥	١.٩٧	٣٩.٤ %	١	٢.٠٦	٤١.٢ %	١.٠٨	٠.٣٥	غير دالة
المجموع	٣٢	١٢.٨	%٤٠	٢.٩	١٣.٤	٤١.٩ %	٣.٠٦	٠.٨٨	غير دالة

كما تم رصد درجات الطلاب في مقياس قلق الفيزياء، ومعالجة البيانات إحصائياً، وقد أظهر التحليل الإحصائي أن المجموعتين متكافئتين إحصائياً من حيث قلق الفيزياء، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول ١١
نتائج التطبيق القبلي لمقياس قلق الفيزياء

أبعاد المقياس	الدرجة	الضابطة (ن = ٣٤)			التجريبية (ن = ٣٥)			قيمة ت	مستوى الدلالة
		م	%	ع	م	%	ع		
اختبار الفيزياء	٣٠	٢٣.٦	%٧٨.٧	١.٥٩	٢٣.٢	%٧٧.٣	١.٧	١.٠٦	غير دالة
حصة الفيزياء	٣٠	٢٢.٢	%٧٤	٣.٨	٢١.٩	%٧٣	٣.٦	٠.٢٦	غير دالة
تعلم الفيزياء	٣٠	٢٢.٨	%٧٦	٢.٣	٢٢.٤	%٧٤.٧	٢.٢	٠.٥٥	غير دالة
مسائل الفيزياء	٣٠	٢٣.٤	%٧٨	١.٥	٢٣.٢	%٧٧.٣	١.٤	٠.٦١	غير دالة
تجارب الفيزياء	٣٠	٢٣.١	%٧٧	١.٨	٢٢.٧	%٧٥.٧	١.٩	٠.٩	غير دالة
المجموع	١٥٠	١١٥.١	%٧٦.٧	٩.٤	١١٣.٤	%٧٥.٦	٨.٩	٠.٧١	غير دالة

بعد التأكد من تكافؤ مجموعتي الدراسة تم الاستعانة بأحد معلمي الفيزياء لتدريس البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع للمجموعة التجريبية، وتدريس منهج الفيزياء المقرر بالطريقة التقليدية للمجموعة الضابطة. ولقد بدأ التطبيق يوم الثلاثاء ٢٠١٩/١٠/٨، وانتهى الخميس ٢٠١٩/١١/٢٨ بمعدل حصتين أسبوعياً، وذلك حسب الخطة الدراسية لوزارة التربية والتعليم.

وقد تم تسجيل عدد من الملاحظات أثناء تنفيذ التجربة الميدانية، فبسؤال الطلاب عن موضوعات الفيزياء التي درسوها في المرحلة الإعدادية، عبروا عن مواجهتهم لبعض الصعوبات في تعلم تلك الموضوعات نظراً لطبيعتها المجردة، مما جعلهم يشعرون بحالة من الخوف من دراسة الفيزياء. ولاحظ الباحث أثناء عملية التطبيق ظهور مستوى مرتفع من الدافعية والاندماج لدى الطلاب؛ نظراً لاستثمار أخطائهم كمحرك قوي لعملية التعلم. وعبر الطلاب عن أن البرنامج قد وفر لهم بيئة آمنه للتعلم؛ حيث تم التعامل لأول مرة بطريقة مختلفة مع الأخطاء التي يقعون فيها، واعتبار هذه الأخطاء فرصة لمزيد من التعلم والبحث. ومع قرب انتهاء البرنامج، أظهر طلاب المجموعة التجريبية مستوى مرتفع من التمكن من مهارات التفكير الفيزيائي.

كما عبر المعلم القائم بالتطبيق عن استفادته الشخصية من البرنامج، وخاصة أن البرنامج قدم مهارات التفكير الفيزيائي بصورة منظمة ومرتبة ومركزة، علاوة على تقديم عدد كبير من الأمثلة والتدريبات من اختبارات سنغافورة. ويعرض البرنامج على معلمي الفيزياء بالمدرسة عبروا عن إعجابهم الشديد بالبرنامج، واعتباره أساس لا غنى عنه لإعداد الطلاب لدراسة الفيزياء في المرحلة الثانوية؛ نظراً لتضمنه على المهارات التي لا يخلو منها اختبار فيزياء. كما اقترح بعض المعلمين إصدار البرنامج على هيئة كتاب ليستفيد منه أكبر عدد من المعلمين والطلاب بالمرحلة الثانوية. واقترح البعض الآخر تحويل البرنامج ليصبح برنامج صيفي للطلاب قبل الدخول للمرحلة الثانوية، وذلك بهدف تهيئتهم لدراسة الفيزياء.

وبعد الانتهاء من عملية التدريس للمجموعتين التجريبية والضابطة، تم إعادة تطبيق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي ومقياس قلق الفيزياء على مجموعتي البحث، وذلك يوم الأحد ٢٠١٩/١٢/١. وقام الباحث برصد البيانات ومعالجتها إحصائياً، والتوصل الى النتائج ومناقشتها وتفسيرها وتقديم التوصيات والمقترحات.

عرض نتائج البحث:

تم جمع البيانات الناتجة من عملية تحليل اختبارات الفيزياء في مصر وسنغافورة، كما تم رصد درجات الطلاب في اختبار مهارات التفكير الفيزيائي ومقياس قلق الفيزياء للمجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة قبل وبعد تدريس البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع، وبتحليل البيانات باستخدام برنامج (SPSS) تم التوصل إلى النتائج التالية:

١. نتائج تحليل اختبارات الفيزياء في مصر وسنغافورة:

أسفرت عملية التحليل عن التوصل لثلاث مجموعات من البيانات، وهي: تكرار ظهور كل مهارة من مهارات التفكير الفيزيائي في كل اختبار، والدرجة التي تم تخصيصها لكل مهارة في كل اختبار، والمهارات التي وردت في كل عام من أعوام الاختبار. وتم تسجيل تكرار كل مهارة (ك)، ونسبة التكرار (%)، وعدد الاختبارات (خ) التي ظهرت فيها المهارة في الجدول التالي:

جدول ١٢

نتائج تحليل اختبارات مصر وسنغافورة من حيث التكرار (ك)، ونسبة التكرار (%)، وعدد الاختبارات (خ)

	مهارات التفكير الفيزيائي	مصر			سنغافورة		
		ك	%	خ	ك	%	خ
الكميات الفيزيائية	جمع الكميات المتجهة	٨	%١.٥٢	٦	١٦	%١.١٠	٩
	تحليل الكميات المتجهة	٠	%٠	٠	٨	%٠.٥٥	٦
	ضرب الكميات المتجهة	٩	%١.٧١	٨	٩	%٠.٦٢	٦
	تحويل البادئات القياسية	١	%٠.٢	١	١	%٠.٠٦٩	١
	تحويل وحدات القياس	١	%٠.٢	١	٣	%٠.٢١	٣
العلاقات الفيزيائية	استنتاج العلاقات الفيزيائية	١٥	%٢.٨٦	٧	٦٧	%٤.٦١	١٠
	اشتقاق وحدات الكميات الفيزيائية من العلاقات	٣	%٠.٥٧	٣	٧	%٠.٤٨	٦
	استنتاج العلاقات الفيزيائية من الوحدات	١٧	%٣.٢٤	٦	١	%٠.٠٦٩	١
	اشتقاق تعريف الكميات الفيزيائية من العلاقات	١٠	%١.٩٠	٥	٧	%٠.٤٨	٣
	التوصل إلى معنى أن كمية تساوي مقدار معين	١٠	%١.٩٠	٣	١	%٠.٠٦٩	١
	اشتقاق تعريف وحدة قياس الكمية الفيزيائية	٢	%٠.٣٨	٢	١	%٠.٠٦٩	١
	اشتقاق العوامل التي تتوقف عليها كمية فيزيائية	٢٥	%٤.٧٦	٧	٢١	%١.٤٥	٧
	استنتاج علاقات التناسب الطردي والعكسي	١٠	%١.٩٠	٨	٢٩	%٢	٨
	اشتقاق معادلة الأبعاد من العلاقة الفيزيائية	٤	%٠.٧٦	٢	٠	%٠	٠
	إثبات صحة العلاقة باستخدام معادلة الأبعاد	٠	%٠	٠	٣	%٠.٢١	٣

المسائل الفيزيائية	استخراج المعطيات والمعلومات من المسألة	٦٥	%١٢.٣٨	١٠	٢٠٩	%١٤.٣٩	١٠
	تحديد المطلوب من المسألة	٦٥	%١٢.٣٨	١٠	٢٠٩	%١٤.٣٩	١٠
	التمثيل البصري للمسألة	٤٧	%٨.٩٥	١٠	١٢٨	%٨.٨١	١٠
	تحديد العلاقة الفيزيائية المناسبة المسألة	٦٥	%١٢.٣٨	١٠	٢٠١	%١٣.٨٤	١٠
	إجراء الحل الرياضي	٦٥	%١٢.٣٨	١٠	٢٠٩	%١٤.٣٩	١٠
	التأكد من صحة الحل	٦٥	%١٢.٣٨	١٠	٢٠٩	%١٤.٣٩	١٠
الرسوم البيانية	استنتاج شكل الرسم البياني من العلاقة الفيزيائية	٠	%٠	٠	٨	%٠.٥٥	٥
	تحديد الميل من الرسم البياني	١٢	%٢.٢٩	٩	١٠	%٠.٦٩	٦
	تحديد العلاقة الفيزيائية من الرسم البياني	٠	%٠	٠	١	%٠.٠٦٩	١
	تحويل البيانات والمعلومات إلى رسم بياني	١٠	%١.٩٠	١٠	١٩	%١.٣١	٦
	تحديد القيمة المقابلة لقيمة معلومة	١٢	%٢.٢٩	٩	٦	%٠.٤١	٥
	استخراج بيانات ومعلومات من الرسم البياني	٤	%٠.٧٦	٤	٥١	%٣.٥١	٩
	تحويل رسم بياني إلى رسم بياني آخر	٠	%٠	٠	٨	%٠.٥٥	٧
	تحديد المساحة أسفل الخط في الرسم البياني	٠	%٠	٠	١٠	%٠.٦٩	٧
المجموع		٥٢٥	%١٠٠	١٠	١٢٨١	%١٠٠	١٠

كما تم حساب مجموع الدرجات (د) التي حصل عليها كل مجال رئيس في كل عام من أعوام اختبارات الفيزياء في مصر، وكذلك حساب نسبة درجات كل مجال (%)، وتم تسجيل ذلك في الجدول التالي:

جدول ١٣

نتائج تحليل اختبارات مصر من حيث درجة كل مجال (د) ونسبته المئوية (%)

العام	الدرجة الكلية	الكميات الفيزيائية		العلاقات الفيزيائية		المسائل الفيزيائية		الرسوم البيانية		المجموع	
		د	%	د	%	د	%	د	%	د	%
٢٠٠٩	٦٠	٠	%٠	١١	١٨.٣%	١٥	%٢٥	٣	%٥	٢٩	٤٨.٣%
٢٠١٠	٦٠	٦	%١٠	٣	%٥	١٥	%٢٥	٤	%٦.٧	٢٨	٤٦.٧%
٢٠١١	٦٠	٢	٣.٣%	١١	١٨.٣%	١٥	%٢٥	٣	%٥	٣١	٥١.٦%
٢٠١٢	٦٠	٠	%٠	١٣	٢١.٧%	١٢	%٢٠	٣	%٥	٢٨	٤٦.٧%
٢٠١٣	٦٠	١	١.٧%	١٧	٢٨.٣%	١٥	%٢٥	٣	%٥	٣٦	%٦٠
٢٠١٤	٧٥	٢	٢.٧%	١١	١٤.٧%	١٩	٢٥.٣%	١٠	١٣.٣%	٤٢	%٥٦
٢٠١٥	٧٥	١	١.٣%	٥	%٦.٧	١٧	٢٢.٧%	٨	١٠.٧%	٣١	٤١.٤%
٢٠١	٧٥	٤	٥.٣	١٠	١٣.٤	١٥	%٢٠	٦	%٨	٣٥	٤٦.٧

العام	الدرجة الكلية	الكميات الفيزيائية		العلاقات الفيزيائية		المسائل الفيزيائية		الرسوم البيانية		المجموع	
		د	%	د	%	د	%	د	%	د	%
٢٠١٦			%		%						%
٢٠١٧	٦٠	٤	٦.٧ %	٧	١١.٧ %	١٥	%٢٥	٥	%٨.٣	٣١	٥١.٧ %
٢٠١٨	٦٠	٢	٣.٣ %	٨	١٣.٣ %	١٩	٣١.٧ %	٣	%٥	٣٢	٥٣.٣ %
المتوسط		٢.٢	٣.٤ %	٩.٦	١٥.١ %	١٥.٧	٢٤.٥ %	٤.٨	%٧.٢	٣٢.٣	٥٠.٢ %

وبالمثل، تم حساب مجموع الدرجات (د) التي حصل عليها كل مجال رئيس في كل عام من أعوام اختبارات الفيزياء في سنغافورة، وكذلك حساب نسبة درجات كل مجال (%)، وتم تسجيل ذلك في الجدول التالي:

جدول ١٤

نتائج تحليل اختبارات سنغافورة من حيث درجة كل مجال (د) ونسبته المئوية (%)

العام	الدرجة الكلية	الكميات الفيزيائية		العلاقات الفيزيائية		المسائل الفيزيائية		الرسوم البيانية		المجموع	
		د	%	د	%	د	%	د	%	د	%
٢٠٠٩	١٤.٠	١٠	٧.١ %	٢١	%١٥	٥٠	٣٥.٧ %	٦	%٤.٢	٨٧	%٦٢
٢٠١٠	١٤.٠	٧	%٥	١٩	١٣.٦ %	٥٥	٣٩.٣ %	٩	%٦.٤	٩٠	٦٤.٣ %
٢٠١١	١٤.٠	٩	%٦.٤	١٦	١١.٤ %	٤٣	٣٠.٧ %	١١	%٧.٩	٧٩	٥٦.٤ %
٢٠١٢	١٤.٠	٣	%٢.١	٢٣	١٦.٤ %	٣٣	٢٣.٦ %	١٥	١٠.٧ %	٧٤	٥٢.٨ %
٢٠١٣	١٤.٠	٢	%١.٤	١٦	١١.٤ %	٤٦	٣٢.٩ %	١٦	١١.٤ %	٨٠	٥٧.١ %
٢٠١٤	١٤.٠	٢	%١.٤	٧	%٥	٥٥	٣٩.٣ %	٢٨	%٢٠	٩٢	٦٥.٧ %
٢٠١٥	١٤.٠	١	%٠.٧	٢٤	١٧.١ %	٤٦	٣٢.٩ %	٢٣	١٦.٤ %	٩٤	٦٧.١ %
٢٠١٦	١٤.٠	٢	%١.٤	٢٠	١٤.٢ %	٤٦	٣٢.٩ %	٣١	٢٢.٢ %	٩٩	٧٠.٧ %
٢٠١٧	١٤.٠	٧	%٥	٢٠	١٤.٣ %	٥١	٣٦.٤ %	١٢	%٨.٦	٩٠	٦٤.٣ %
٢٠١٨	١٤.٠	٥	%٣.٦	١٤	%١٠	٥١	٣٦.٤ %	١٥	١٠.٧ %	٨٥	٦٠.٧ %
المتوسط		٤.٨	%٣.٤	١٨	١٢.٩ %	٤٧.٦	%٣٤	١٦.٦	١١.٨ %	٨٧	٦٢.١ %

٢. نتائج تطبيق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي:

للإجابة عن السؤال الخامس "ما فاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية؟"، ولاختبار صحة الفرض الأول"يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي لصالح المجموعة التجريبية" تم حساب المتوسطات، والنسب المئوية، والانحراف المعياري، وقيمة "ت" لدلالة الفرق بين متوسطي درجات طلاب المجموعة الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول ١٥
نتائج التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي على المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة

أبعاد الاختبار	الدرجة	الضابطة (ن = ٣٤)			التجريبية (ن = ٣٥)			قيمة ت	مستوى الدلالة
		م	%	ع	م	%	ع		
الكميات الفيزيائية	٢	١.٠٩	%٥٤.٥	٠.٧٥	١.٧٤	%٨٧	٠.٥١	٤.٢	دالة عند مستوى ٠.٠١
العلاقات الفيزيائية	٨	٤.٢٦	%٥٣.٣	٠.٩٩	٦.٥٧	%٨٢.١	١.١	٩.١	دالة عند مستوى ٠.٠١
المسائل الفيزيائية	١٧	٨.٣٨	%٤٩.٣	٢.١	١٣.٣٧	%٧٨.٦	٢.٧	٨.٤	دالة عند مستوى ٠.٠١
الرسوم البيانية	٥	٢.٥٢	%٥٠.٤	٠.٨٩	٤.٠٢	%٨٠.٤	١.٠٤	٦.٣	دالة عند مستوى ٠.٠١
المجموع	٣٢	١٦.٣	%٥٠.٩	٢.٦	٢٥.٧	%٨٠.٣	٣.٢٨	١٣.٢	دالة عند مستوى ٠.٠١

ويتضح من الجدول السابق وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى ٠.٠١ بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي ككل ولكافة أبعاده لصالح المجموعة التجريبية، وتشير هذه النتائج إلى قبول الفرض الأول.

ولاختبار صحة الفرض الثاني "يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لاختبار مهارات

التفكير الفيزيائي لصالح التطبيق البعدي" تم حساب المتوسطات، والنسب المئوية، والانحراف المعياري، وقيمة "ت" لدلالة الفرق بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في كل من التطبيق القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول ١٦

نتائج التطبيق القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي على المجموعة التجريبية

أبعاد الاختبار	الدرجة	التطبيق القبلي			التطبيق البعدي			قيمة ت	مستوى الدلالة
		م	%	ع	م	%	ع		
الكميات الفيزيائية	٢	٠.٩١٤	%٤٥.٧	٠.٧٤٢	١.٧٤	%٨٧	٠.٥١	٦.٢٤	دالة عند مستوى ٠.٠١
العلاقات الفيزيائية	٨	٣.٤٨	%٤٣.٥	١.٢٢	٦.٥٧	%٨٢.١	١.١	١١.٧	دالة عند مستوى ٠.٠١
المسائل الفيزيائية	١٧	٦.٩٤	%٤٠.٨	٢.٢٣	١٣.٣٧	%٧٨.٦	٢.٧	١٣.٥	دالة عند مستوى ٠.٠١
الرسوم البيانية	٥	٢.٠٦	%٤١.٢	١.٠٨	٤.٠٢	%٨٠.٤	١.٠٤	٨.٧	دالة عند مستوى ٠.٠١
المجموع	٣٢	١٣.٤	%٤١.٩	٣.٠٦	٢٥.٧	%٨٠.٣	٣.٢٨	١٦.٩	دالة عند مستوى ٠.٠١

يتضح من الجدول السابق وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى ٠.٠١ بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي ككل ولكافة أبعاده لصالح التطبيق البعدي، وتشير هذه النتيجة إلى قبول الفرض الثاني. ولحساب حجم تأثيرEffect Size تدريس البرنامج "d" على مهارات التفكير الفيزيائي تم حساب "η^2" كما هو مبين بالجدول التالي:

جدول ١٧

قيمة "η2" وقيمة "d" المقابلة لها ومقدار حجم التأثير لنتائج التطبيق القبلي والبعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي على المجموعة التجريبية

الأداة	المجموعة التجريبية (ن = ٣٥)				قيمة ت	قيمة η2	قيمة d	مقدار حجم التأثير
	التطبيق القبلي		التطبيق البعدي					
	م	ع	م	ع				
اختبار مهارات التفكير الفيزيائي	١٣.٤	٣.٠٦	٢٥.٧	٣.٢٨	١٦.٩	٠.٨٩	٥.٨	كبير

يتبين من الجدول السابق أن حجم تأثير البرنامج على تنمية مهارات التفكير الفيزيائي كبير، وهذا يدل على فاعلية البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المرحلة الثانوية.

٢. نتائج تطبيق مقياس قلق الفيزياء:

للإجابة عن السؤال السادس " ما فاعلية برنامج قائم على استراتيجية الخطأ الشائع في خفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية؟"، ولاختبار صحة الفرض الثالث "يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة الضابطة والتجريبية في التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء لصالح المجموعة التجريبية" تم حساب المتوسطات، والنسب المئوية، والانحراف المعياري، وقيمة "ت" لدلالة الفرق بين متوسطي درجات طلاب المجموعة الضابطة والمجموعة التجريبية في التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول ١٨

نتائج التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء على المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة

أبعاد المقياس	الدرجة	الضابطة (ن = ٣٤)			التجريبية (ن = ٣٥)			قيمة ت	مستوى الدلالة
		م	%	ع	م	%	ع		
اختبار الفيزياء	٣٠	٢٣.٩	%٧٩.٧	١.٣٧	١٧.١	%٥٧	٢.٣	١٤.٧	دالة عند مستوى ٠.٠١
حصة الفيزياء	٣٠	٢٢.٣	%٧٤.٣	٢.٧٤	١٤.٢	%٤٧.٣	٢.٤	١٣.٢	دالة عند مستوى ٠.٠١
تعلم الفيزياء	٣٠	٢٢.٥	%٧٥	٢.٢٥	١٥.٤	%٥١.٣	٣.٣	١٠.٤	دالة عند مستوى ٠.٠١
مسائل الفيزياء	٣٠	٢٣.٦	%٧٨.٧	١.٣٩	١٦.٦	%٥٥.٣	٣.٧	١٠.٤	دالة عند مستوى ٠.٠١
تجارب الفيزياء	٣٠	٢٣.٢	%٧٧.٣	١.٧٢	٢٠.٥	%٦٨.٣	٢.٨	٤.٨	دالة عند مستوى ٠.٠١
المجموع	١٥٠	١١٥.٤	%٧٦.٩	٦.٩٩	٨٣.٧	%٥٥.٨	٦.٥	١٩.٥	دالة عند مستوى ٠.٠١

يتضح من الجدول السابق وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى ٠.٠١ بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء ككل ولكافة أبعاده لصالح المجموعة التجريبية، وتشير هذه النتيجة إلى قبول الفرض الثالث.

ولاختبار صحة الفرض الرابع الذي ينص على "يوجد فرق دال إحصائياً عند مستوى ($\alpha \leq$ ٠.٠٥) بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والبعدي لمقياس قلق الفيزياء لصالح التطبيق البعدي" تم حساب المتوسطات، والنسب المئوية، والانحراف المعياري، وقيمة "ت" لدلالة الفرق بين متوسطي درجات طلاب المجموعة التجريبية في كل من التطبيق القبلي والبعدي لمقياس قلق الفيزياء، كما يتضح من الجدول التالي:

جدول ١٩
نتائج التطبيق القبلي والبعدي لمقياس قلق الفيزياء على المجموعة التجريبية

أبعاد المقياس	الدرجة	التطبيق القبلي		التطبيق البعدي			قيمة ت	مستوى الدلالة
		م	%	م	ع	%		
اختبار الفيزياء	٣٠	٢٣.٢	%٧٧.٣	١٧.١	١.٧	%٥٧	١٢.٦	دالة عند مستوى ٠.٠١
حصة الفيزياء	٣٠	٢١.٩	%٧٣	١٤.٢	٣.٦	%٤٧.٣	١١.٣	دالة عند مستوى ٠.٠١
تعلم الفيزياء	٣٠	٢٢.٤	%٧٤.٧	١٥.٤	٢.٢	%٥١.٣	١٠.٢	دالة عند مستوى ٠.٠١
مسائل الفيزياء	٣٠	٢٣.٢	%٧٧.٣	١٦.٦	١.٤	%٥٥.٣	٩.١	دالة عند مستوى ٠.٠١
تجارب الفيزياء	٣٠	٢٢.٧	%٧٥.٧	٢٠.٥	١.٩	%٦٨.٣	٤.٠٤	دالة عند مستوى ٠.٠١
المجموع	١٥٠	١١٣.٤	%٧٥.٦	٨٣.٧	٨.٩	%٥٥.٨	١٤.٢	دالة عند مستوى ٠.٠١

يتضح من الجدول السابق وجود فرق دال إحصائياً عند مستوى ٠.٠١ بين متوسطي درجات المجموعة التجريبية في التطبيق القبلي والتطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء ككل ولكافة أبعاده لصالح التطبيق البعدي، وتشير هذه النتيجة إلى قبول الفرض الرابع. ولحساب حجم تأثير Effect Size تدريس البرنامج "d" على قلق الفيزياء تم حساب "η^2" كما هو مبين بالجدول التالي:

جدول ٢٠

قيمة "η2" وقيمة "d" المقابلة لها ومقدار حجم التأثير لنتائج التطبيق القبلي والبعدي لمقياس قلق الفيزياء على المجموعة التجريبية

الأداة	المجموعة التجريبية (ن = ٣٥)				قيمة ت	قيمة η2	قيمة d	مقدار حجم التأثير
	التطبيق القبلي		التطبيق البعدي					
	م	ع	م	ع				
مقياس قلق الفيزياء	١١٣.٤	٨.٩	٨٣.٧	٦.٥	١٤.٢	٠.٨٦	٤.٩	كبير

يتبين من الجدول السابق أن حجم تأثير البرنامج على خفض قلق الفيزياء كبير، وهذا يدل على فاعلية البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع في خفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية.

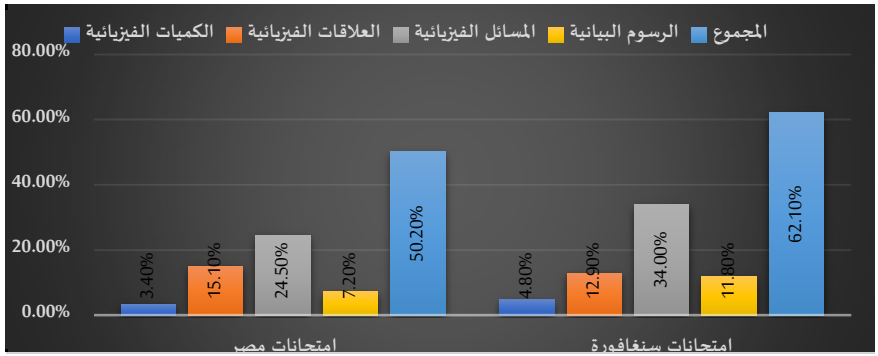
تفسير النتائج ومناقشتها:

تباينت مصر وسنغافورة في عدد الاختبارات التي وردت فيها كل مهارة. ففي اختبارات مصر، ظهرت المهارات الست الخاصة بحل مسائل الفيزياء ومهارة تحويل البيانات والمعلومات إلى رسم بياني في كافة الاختبارات بنسبة ١٠٠%. وظهرت مهارة تحديد الميل من الرسم البياني في ٩ اختبارات بنسبة ٩٠%، وظهرت مهارة ضرب الكميات المتجهة، ومهارة استنتاج علاقات التناسب الطردي والعكسي في ٨ اختبارات بنسبة ٨٠%. أما بالنسبة لاختبارات سنغافورة، ظهرت مهارات حل مسائل الفيزياء ومهارة استنتاج العلاقات الفيزيائية في كافة الاختبارات بنسبة ١٠٠%. وظهرت مهارة جمع الكميات الفيزيائية ومهارة استخراج بيانات ومعلومات من الرسم البياني في ٩ اختبارات بنسبة ٩٠%، وظهرت مهارة استنتاج علاقات التناسب الطردي والعكسي في ٨ اختبارات بنسبة ٨٠%. ويدل ذلك على الاهتمام الكبير بهذه المهارات على وجه الخصوص، والتأكيد على تضمينها في معظم اختبارات الفيزياء.

كما أن هناك عدداً من مهارات التفكير التي لم ترد في أي من اختبارات مصر أو سنغافورة. ففي اختبارات مصر، تمثلت تلك المهارات في مهارات تحليل الكميات المتجهة، وإثبات صحة العلاقة باستخدام معادلة الأبعاد، واستنتاج شكل الرسم البياني من العلاقة الفيزيائية، وتحديد العلاقة الفيزيائية من الرسم البياني، وتحويل رسم بياني إلى رسم بياني آخر، وتحديد المساحة أسفل الخط في الرسم البياني. أما بالنسبة لاختبارات سنغافورة، فلم

ترد مهارة واحدة فقط في أي من الاختبارات وهي مهارة اشتقاق معادلة الأبعاد من العلاقة الفيزيائية. ولعل النتيجة السابقة تشير إلى أن اختبارات سنغافورة كانت أكثر اهتماماً بتضمين مهارات التفكير الفيزيائي، وكذلك تضمن اختبارات سنغافورة على مدى واسع من تلك المهارات، والحرص على تنوع المهارات التي يقسها الاختبار الواحد.

ومن خلال حساب مجموع الدرجات التي حصل عليها كل مجال من المجالات، يمكن استخلاص وجود اهتمام واضح بمهارات التفكير الفيزيائي في اختبارات مصر وسنغافورة، حيث حصلت هذه المهارات على ٥٠.٢% من متوسط درجات اختبارات الفيزياء في مصر، وزادت هذه النسبة في اختبارات سنغافورة لتصل إلى ٦٢.١%. وقد جاء ترتيب المجالات في اختبارات مصر من حيث الدرجات المخصصة لكل مجال على النحو التالي: المسائل الفيزيائية ٢٤.٥%، والعلاقات الفيزيائية ١٥.١%، والرسوم البيانية ٧.٢%، والكميات الفيزيائية ٣.٤%. وجاءت المجالات بنفس الترتيب في اختبارات سنغافورة ولكن بنسب مختلفة على النحو التالي: المسائل الفيزيائية ٣٤%، والعلاقات الفيزيائية ١٢.٩%، والرسوم البيانية ١١.٨%، والكميات الفيزيائية ٣.٤%.



شكل١. نسبة متوسط درجات مجالات مهارات التفكير الفيزيائي اختبارات مصر وسنغافورة.

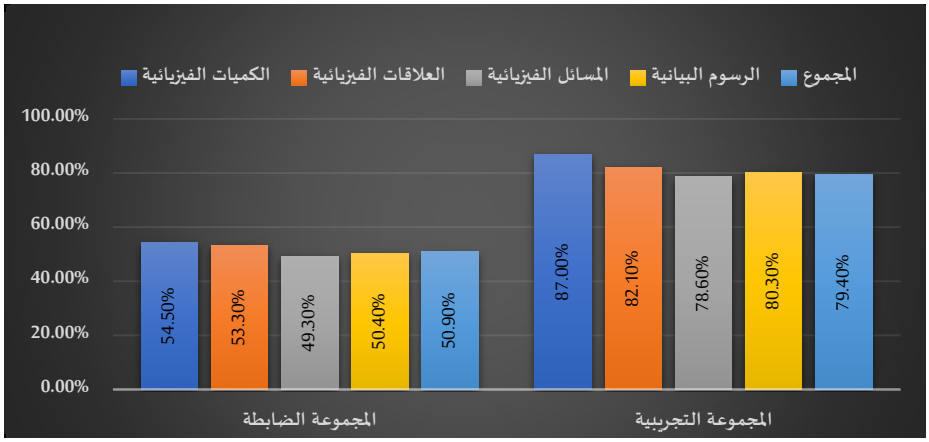
وقد أظهرت نتائج حساب تكرارات مجال "الكميات الفيزيائية" أن اختبارات مصر ركزت على مهارة ضرب الكميات المتجهة بنسبة تكرار ١.٧١%، ومهارة جمع الكميات المتجهة بنسبة تكرار ١.٥٢%. أما بالنسبة لاختبارات سنغافورة فقد ركزت على مهارة جمع الكميات المتجهة بنسبة ١.١%. كما أظهرت نتائج حساب تكرارات مجال "العلاقات الفيزيائية" أن اختبارات مصر ركزت على مهارة اشتقاق العوامل التي تتوقف عليها كمية فيزيائية بنسبة

تكرار ٤.٧٦%، ومهارة استنتاج العلاقات الفيزيائية من الوحدات بنسبة تكرار ٣.٢٤%. أما بالنسبة لاختبارات سنغافورة فقد ركزت على مهارة استنتاج العلاقات الفيزيائية بنسبة ٤.٦١%، ومهارة اشتقاق العوامل التي تتوقف عليها كمية فيزيائية بنسبة تكرار ١.٤٥%.

وقد حصل مجال "المسائل الفيزيائية" على أعلى نسبة تكرارات في اختبارات مصر وسنغافورة؛ حيث تراوحت ما بين ١٢.٣٨% و٨.٩٥% في اختبارات مصر، كما تراوحت ما بين ١٤.٣٩% و٨.٨١% في اختبارات سنغافورة. ولعل هذا ما يدل على أهمية المسائل بالنسبة لتعلم الفيزياء وحل اختباراتها؛ حيث أنها تتيح الفرصة لتطبيق العلاقات الفيزيائية في مواقف جديدة تثير التفكير وحل المشكلات. ويدل انخفاض نسبة التمثيل البصري للمسألة في اختبارات مصر وسنغافورة على الاهتمام بتقديم الرسم التخطيطي الذي يصف المسألة مع نص المسألة، وإن كان هذا الاهتمام أكبر قليلاً في اختبارات سنغافورة.

وأظهرت نتائج حساب تكرارات مجال "الرسوم البيانية" أن اختبارات مصر ركزت على مهارة تحديد الميل من الرسم البياني، ومهارة تحديد القيمة المقابلة لقيمة معلومة بنسبة تكرار متشابهة بلغت ٢.٢٩%. في حين ركزت اختبارات سنغافورة على مهارة استخراج بيانات ومعلومات من الرسم البياني بنسبة ٣.٥١%، ومهارة تحويل البيانات والمعلومات إلى رسم بياني بنسبة تكرار ١.٣١%

وأظهر تحليل نتائج تطبيق اختبار مهارات التفكير الفيزيائي فاعلية البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي، ويتضح من الشكل تفوق المجموعة التجريبية على المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي بالنسبة للاختبار ككل ولكافة أبعاده.



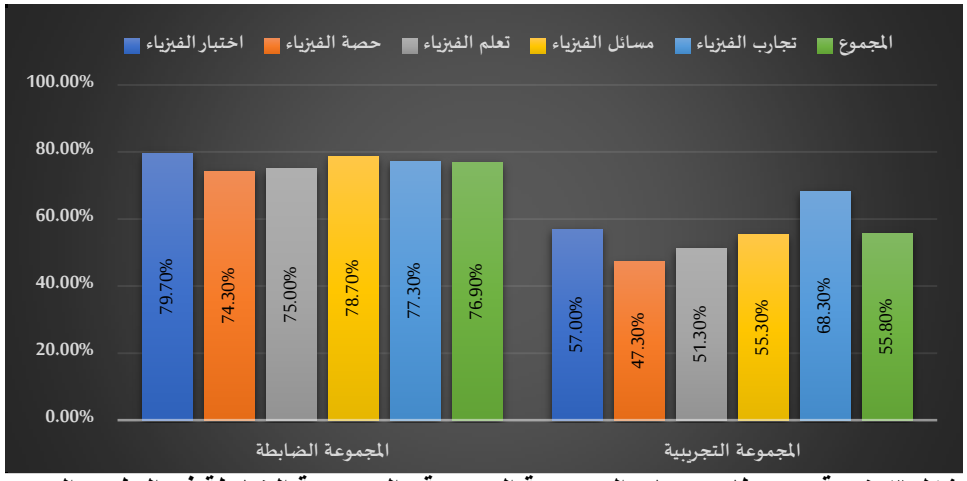
شكل ٢. نسبة متوسطات درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لاختبار مهارات التفكير الفيزيائي.

ويتضح من الشكل وجود انخفاض ملحوظ في مستويات مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي؛ ويمكن تفسير هذا الانخفاض إلى عدم توجيه اهتمام مقصود من قبل المعلمين بتدريب طلابهم على هذه المهارات، والتركيز بصورة أكبر على حفظ المعلومات واسترجاعها، كما ساهم سيطرة طرق التدريس التقليدية في أعاقة تعلم الطلاب لتلك المهارات، وقد أدى ذلك في النهاية إلى ضعف مهارات التفكير الفيزيائي لدى طلاب المجموعة الضابطة.

وعلى النقيض من ذلك، فقد أدى استخدام البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع مع المجموعة التجريبية إلى وصول الطلاب لدرجة كبيرة من التمكن من مهارات التفكير الفيزيائي؛ حيث ساعدت دورات الممارسة وارتكاب الأخطاء والتحليل الجماعي وتلقي التغذية الراجعة التصحيحية في تعرف الطلاب على الجوانب المختلفة لكل مهارة، والصعوبات والأخطاء التي قد تواجههم أثناء اكتساب هذه المهارة. كما اهتم البرنامج باعتبار الأخطاء الشائعة التي يرتكبها الطلاب أثناء تعلم المهارات فرصة يمكن استغلالها في زيادة دافعية الطلاب نحو تعلم هذه المهارات، وأسهمت عمليات بحث واستقصاء الأخطاء وأسباب الوقوع فيها في زيادة اندماج المتعلمين في عملية التعلم مما سرع من نمو مهارات التفكير الفيزيائي. كما وفر البرنامج بيئة تعلم داعمة غير مهددة لم يشعر الطلاب خلالها بالخوف والرهبة من ارتكاب الأخطاء مما شجعهم على اكتساب خبرات متنوعة أثناء استخدام وتوظيف مهارات التفكير الفيزيائي.

وتتفق هذه النتائج مع عدد من الدراسات التي توصلت إلى فاعلية برامج وطرق تدريس حديثة في تنمية مهارات التفكير الفيزيائي، ومن هذه الدراسات دراسة عبد الحميد وآخرون (٢٠١٦) التي استخدمت نموذج التعلم الموسع لتنمية مهارات التفكير في مادة الفيزياء، ودراسة خليل (٢٠١٤) التي استخدمت مدخل دمج مهارات التفكير في تدريس الفيزياء لتنمية بعض مهارات التفكير، ودراسة لفتة (٢٠١٣) التي استخدمت أسلوب مقترح في تدريس مادة الكهربائية العملية لتنمية مهارة الرسم البياني، ودراسة أمين وآخرون Amin et al. (2018) التي استخدام استراتيجية الرسوم المعرفية لتنمية مهارات حل المسائل الفيزيائية.

أما بالنسبة لقلق الفيزياء، فقد أظهرت النتائج فاعلية البرنامج القائم على استراتيجية الخطأ الشائع في خفض قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية. ويتضح من الشكل ٣ انخفاض مستوى قلق الفيزياء لدى المجموعة التجريبية عن المجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء.



شكل ٣. نسبة متوسطات درجات المجموعة التجريبية والمجموعة الضابطة في التطبيق البعدي لمقياس قلق الفيزياء.

ويتضح من الشكل معاناة طلاب المجموعة الضابطة من مستوى مرتفع لقلق الفيزياء، ويمكن إرجاع سبب هذا الارتفاع إلى أن التدريس التقليدي لم ينجح في التعامل مع أخطاء الطلاب بالطريقة الصحيحة، واعتبرها سلوكاً ينم عن ضعف القدرات العقلية ومستويات الذكاء لدى الطلاب مما أشعرهم بحالة كبيرة من القلق والتوتر والخوف من دراسة الفيزياء. كما أن تركيز المنهج على حفظ المعلومات غير القابلة للانتقال إلى مواقف عديدة جعل الطلاب يتعاملون مع كل مهمة أو مشكلة فيزيائية على إنها موقف منفصل يحتاج منهم استرجاع معلومات بعينها مما أشعر الطلاب بصعوبة هذا العلم وزاد من إحساسهم بالقلق تجاهه.

أما بالنسبة للمجموعة التجريبية، فقد ساعد استخدام البرنامج في خفض قلق الفيزياء؛ ليصبح عند المستويات الطبيعية المناسبة، ويمكن إرجاع السبب في ذلك إلى تعامل البرنامج بفاعلية مع قلق الفيزياء، فوجه اهتماماً خاصاً إلى معالجة مخاوف الطلاب من ارتكاب الأخطاء أثناء تعلم الفيزياء، وسعى إلى تغيير اتجاهات الطلاب نحو هذه الأخطاء، ثم استثمرها كمرتكزات للتعلم. وقد خلق هذا التفاعل الإيجابي مع أخطاء الطلاب في خلق بيئة

صفية خالية من الوعيد والتهديد ومعززة للرسائل الإيجابية للطلاب حول تعلم الفيزياء. وقد أدى ذلك إلى تخلص الطلاب تدريجياً من أخطائهم وشعورهم بمزيد من التمكن والسيطرة أثناء تعلم الفيزياء، ومع التخلص التدريجي من الأخطاء نجح الطلاب في التخلص من التوتر والرهبة التي تعتريهم عند تعلم الفيزياء وأصبح القلق لديهم عند المستويات المناسبة.

وتتفق هذه النتائج مع عدد من الدراسات التي توصلت إلى فاعلية برامج وطرق تدريس حديثة في خفض قلق الفيزياء لدى الطلاب، ومن هذه الدراسات: دراسة تشاو Zhao (2019) التي استخدمت برمجية Quizizz التي تقوم أداء الطلاب باستخدام الألعاب الإلكترونية، ودراسة أبو غنيمة (٢٠١٧) التي استخدمت تراكيب كاجان التعاونية، ودراسة سرهيد (٢٠١٤) التي استخدمت المدخل النظامي وهس.

توصيات البحث:

في ظل اهتمام كافة شرائح المجتمع بشهادة الثانوية العامة، وكذلك الاهتمام بالدور الرئيس لامتحاناتها في تحديد مستقبل الطلاب، وفي ضوء النتائج التي تم التوصل إليها، يوصي البحث بضرورة مراجعة سياسات وأساليب وضع اختبارات الفيزياء بالمرحلة الثانوية، وتوجيه لجان إعداد اختبارات الثانوية العامة نحو الاطلاع على التجارب العالمية في وضع اختبارات الفيزياء، مثل تجربة سنغافورة، ودراسة هذه التجارب ومحاولة الاستفادة منها في تطوير الاختبارات في مصر. علاوة على إعادة النظر في توزيع درجات اختبار الفيزياء في شهادة الثانوية العامة وتخصيص ورقة اختبارية للمهارات العملية، وورقة أخرى لمهارات التخطيط للاستقصاءات الفيزيائية، وذلك على نفس النهج الذي تتبعه اختبارات سنغافورة.

كما يوصي البحث القائمين على اختبارات الثانوية العامة بضرورة الاهتمام بصياغة أسئلة تقيس مهارات التفكير الفيزيائي وزيادة الوزن النسبي لتلك الأسئلة، خاصة في ظل استخدام نظام الكتاب المفتوح. وضرورة تبني لجان الاختبارات لمواصفات تحدد نسبة مهارات التفكير الفيزيائي الواجب توافرها في الاختبار، وكذلك إنشاء بنوك لأسئلة الفيزياء تركز على مهارات التفكير الفيزيائي في ضوء الاستفادة من أنماط الأسئلة الدولية.

ويوجه البحث نظر القائمين على إعداد مناهج الفيزياء إلى ضرورة الاستفادة من قائمة مهارات التفكير الفيزيائي المعدة في هذا البحث في بناء مناهج الفيزياء في المرحلة الثانوية بما يساعد على تجنب الاقتصار على المعارف والمعلومات والاهتمام بالجوانب العقلية

ومهارات التفكير. وكذلك توجيه مزيد من الاهتمام بالأخطاء الشائعة التي يقع فيها الطلاب أثناء دراسة الفيزياء، وحصر هذه الصعوبات، ووضع خطط لتعامل المنهج مع تلك الأخطاء.

وتوصي الدراسة كذلك بتوجيه اهتمام من قبل القائمين على برامج تدريب المعلمين نحو زيادة الوعي بأعراض وأسباب قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية، وتدريب المعلمين على قياس مستويات القلق لدى طلابهم، وتمكينهم من الأساليب والطرق التي تساعد في الحد منه، والوصول به للمستوى المناسب. وكذلك تدريبهم على خلق بيئة آمنة لتعلم الفيزياء تساعد على تخلص الطلاب من هذا القلق، وذلك من خلال استخدام استراتيجية الخطأ الشائع، وكذلك الاهتمام بتغيير قناعات المعلمين حول الأخطاء التي يرتكبها الطلاب أثناء دراسة الفيزياء.

وقد توجه نتائج هذا البحث إلى إجراء المزيد من الدراسات المستقبلية على عينات ومراحل أخرى، ومن الأمثلة على هذه الأبحاث: تحليل اختبارات مصر وسنغافورة في مواد العلوم في الثانوية العامة (كيمياء، أحياء، جيولوجيا) في ضوء مهارات التفكير. وتحليل مستويات أسئلة كتب الفيزياء بالمرحلة الثانوية في ضوء مهارات التفكير الفيزيائي. وإجراء دراسة تقويمية للأسئلة المعدة من قبل معلمي الفيزياء في المرحلة الثانوية في ضوء مهارات التفكير الفيزيائي. وتطوير مناهج الفيزياء في المرحلة الثانوية في ضوء مهارات التفكير الفيزيائي. واقتراح برامج قائمة على استراتيجية الخطأ الشائع في مواد العلوم الأخرى وفي مراحل دراسية أخرى. وإجراء دراسة تتناول قياس مستويات قلق الفيزياء لدى طلاب المرحلة الثانوية وعلاقتها ببعض المتغيرات الأخرى مثل الإنجاز الأكاديمي ومهارات التفكير الفيزيائي.

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

أبو شحادة، عبد الله فضل (٢٠١٣). *أثر تدريس الفيزياء بطريقتي حل المشكلات إبداعيا والمجموعات الثرثارة في التحصيل والتفكير الإبداعي لطلبة الصف العاشر الأساسي بالمدارس الخاصة في مدينة عمان* (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الشرق الأوسط، عمان.

أبو عاذره، سناء محمد ضيف الله (٢٠١٢). معتقدات معلمات العلوم قبل الخدمة بكفاءتهن الذاتية في تعليم العلوم وعلاقة ذلك بمستوى قلق العلوم. *المجلة التربوية الدولية المتخصصة*، ١ (١٠)، ٦٧٥-٦٩٩.

أبو غنيمة، عيد محمد عبد العزيز (٢٠١٧). أثر استخدام تراكيب كاجان التعاونية في تنمية عادات العقل وخفض قلق الفيزياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *مجلة دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، ٨٥(٢)، ٢٨٥-٣٢٥.

ابو مسلم، مايسة فاضل (٢٠١٤). فاعلية برنامج مقترح لخفض قلق امتحانات الثانوية العامة في علاقته ببعض المتغيرات لدى طلاب المرحلة الثانوية. *مجلة كلية التربية: جامعة عين شمس*، ٣٨ (٢)، ١٠٦-١٤٩.

الباز، إيمان علاء الدين (٢٠١٤). تدريس مادة العلوم في ضوء برنامج الكورت CORT وأثره لدى تلاميذ المرحلة الإعدادية (رسالة دكتوراه غير منشورة). كلية التربية، جامعة المنصورة.

بديوي، زينب حياوي (٢٠١٨). فاعلية برنامج إرشادي سلوكي معرفي في خفض قلق الامتحان لدى طالبات كلية التربية للعلوم الإنسانية في جامعة الموصل، *مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية: جامعة بابل*، ٣٨ ، ٧٣١-٧٥٧.

البنك الدولي (٢٠١٧). *مشروع مساندة التعليم في مصر، وثيقة معلومات المشروع*. مسترجع من https://bit.ly/2ylyWWQ

بورسلي، نورا وليد، الغريب، وداد علي، المطوع، فرح عبد العزيز، والرشيدي، غازي عنيزان (٢٠١٨). طبيعة السياسة التعليمية في المرحلة الثانوية في كل من سنغافورة وفنلندا: تحليل وثائق. *المجلة التربوية: جامعة الكويت*، ٣٣ (١٢٩)، ١٥-٦٤.

تركي، علي عادل (٢٠١٦). تحليل أسئلة كتاب الفيزياء للصف الثالث المتوسط وفق تصنيف بلوم للعام الدراسي ٢٠١٥ – ٢٠١٦. *مجلة القادسية في الآداب والعلوم التربوية: جامعة القادسية*، ١٦ (٤)، ٢٩١-٣١٦.

الجبير، تهاني، والفايز، وفاء (٢٠١٥). تجربة سنغافورة في التعليم. *عالم التربية: المؤسسة العربية للاستشارات العلمية وتنمية الموارد البشرية*، ١٦ (٥٢)، ١-٥٣.

جعفر، أنوار حسن، أحمد، أميمة عفيفي، والموجي، أماني محمد (٢٠١٦). فاعلية استراتيجية الخرائط الذهنية في تنمية المفاهيم الفيزيائية ومهارات حل المشكلة لدى طلاب المرحلة المتوسطة بالعراق. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ٧١*، ٢٢١-٢٤٧.

الجودي، رنا محمد (٢٠١٨). تقويم أسئلة امتحانات الفيزياء للصف الثالث الثانوي في مدينة الطائف في ضوء المستويات المعرفية. مجلة *كلية التربية: جامعة بنها، ٢٩* (١١٤)، ٥١٣-٥٣٧.

جوهر، غازي محمود (٢٠١٩). صعوبات تدريس مادة الفيزياء في المرحلة المتوسطة من وجهة المعلمين في مديرية لواء عين الباشا. *المجلة التربوية: جامعة سوهاج*، ٦٠، ٣١٧-٣٣٨.

حسين، أحمد السيد (٢٠١٢). *أثر التدريب على مهارات حل المشكلات في مادة الفيزياء على التحصيل الدراسي والانتباه الانتقائي وتعديل اتجاهات طلاب الصف الأول الثانوي من العاديين وذوي صعوبات التعلم نحو المادة* (رسالة دكتوراه غير منشورة). معهد الدراسات التربوية، جامعة القاهرة.

الحسيني، هشام حبيب، محفوظ، سهير أنور، وعمر، محمود أحمد (٢٠١٧). تقويم الامتحانات العامة في الوطن العربي وتطويرها: الوثيقة الرئيسة المقدمة الى المؤتمر العاشر لوزراء التربية والتعليم في الوطن العربي " الأردن ٧ – ١٢ ديسمبر ٢٠١٦. *عالم التربية: المؤسسة العربية للاستشارات العلمية وتنمية الموارد البشرية، ١٨* (٥٧)، ١-١٥.

الخضري، سوزان عبد العليم (٢٠١٤). *فعالية برنامج معرفي سلوكي لخفض القلق من العلوم الطبيعية والرياضية لدى عينة من المرحلة الثانوية* (رسالة ماجستير غير منشورة). كلية التربية، جامعة عين شمس.

الخضري، سوزان عبد العليم (٢٠١٥). الخصائص السيكومترية لمقياس قلق الفيزياء والرياضيات لدى طلاب المرحلة الثانوية. *مجلة الإرشاد النفسي: جامعة عين شمس*، ٤١، ٦٨٣-٧٠٨.

خليفة، قدوري، وعمروني، حورية تارزولت (٢٠١٥). ظاهرة قلق الامتحان بالمرحلة الثانوية: أسبابها، تناولانها النظرية، الإجراءات العملية التعليمية الإرشادية لخفض قلق الامتحان. *مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية: جامعة قاصدي مرباح – ورقلة، ١٨*، ٢٢١-٢٢٩.

خليل، عمر سيد (٢٠١٤). فاعلية مدخل دمج مهارات التفكير في تدريس الفيزياء في تنمية بعض مهارات التفكير الناقد وحل المشكلات واتخاذ القرار لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *دراسات في التعليم العالي: جامعة أسيوط، ٧*، ٨٦-١٣٩.

خليل، محمد المري محمد إسماعيل، وشحاته، غادة محمد احمد (٢٠١٨). الاتجاه نحو التطبيق التجريبي لنظام البوكليت في امتحانات الثانوية العامة لدى عينة من المعلمين والطلاب وأولياء الأمور ومقترحات لتطويرها. *دراسات تربوية ونفسية: جامعة الزقازيق، ٩٨*، ١ – ٥٦.

داود، علي لطفي علي، والأحمد، حياة عبدالحفيظ (٢٠١٨). أسباب تدني التحصيل الدراسي في مبحث الفيزياء لدى طلبة المدارس الثانوية في فلسطين والأردن من وجهة نظر معلميهم. *دراسات: جامعة عمار ثليجي بالأغواط، ٧١*، ٥٢–٧٧.

الدريدي، شاهر (٢٠١٩). أسباب تدني التحصيل الدراسي لدى طلبة الصف الثاني الثانوي في امتحان الثانوية العامة لمادة الفيزياء العلمي في الأردن من وجهة نظر المشرفين التربويين والمعلمين. *مجلة كلية التربية: جامعة أسيوط، ٣٥* (٩)، ٢٧٥ – ٢٩٢.

الرشيدي، غازي عنيزان، ومندني، لطيفة فيصل (٢٠١٧). الملامح المميزة لنظام التعليم في سنغافورة، وإمكانية الإفادة منها في دولة الكويت: دراسة تحليلية. *مجلة كلية التربية: جامعة الإسكندرية، ٢٧* (١)، ٩٣–١٣٤.

رضوان، أحمد (٢٠١٦). درجة رضا طلبة المدارس الثانوية في محافظة جرش عند إعدادهم لامتحان شهادة الدراسة الثانوية العامة. *مؤتة للبحوث والدراسات: جامعة مؤتة، ٣١* (١)، ٢٤٥–٢٧٨.

الرواشدة، ريم محمود جدعان (٢٠١٦). أساليب المعاملة الوالدية وعلاقتها بقلق الاختبار لدى طلبة الثانوية العامة في مدارس محافظة الكرك في الأردن. *مجلة العلوم التربوية: جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ١٧* (٢)، ١١٦–١٣٢.

سالم، هبة الله محمد الحسن (٢٠١٦). قلق الاختبار وعلاقته بموضوع الضبط والضغوط النفسية والتحصيل الدراسي لدى طالبات كلية التربية جامعة حائل بالمملكة العربية السعودية. *العلوم التربوية، ٣* (١)، ٣٢٧–٣٥٦.

سراج، سوزان حسين (٢٠١٧). فاعلية نموذج إيديال IDEAL في حل المسائل الفيزيائية على تنمية التفكير التأملي ومهارات حل المسألة الفيزيائية والاتجاه نحوها لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ٩٠*، ٣٦١–٤٣٢.

سرهيد، حيدر محسن (٢٠١٤). أثر استخدام إستراتيجيتي (المدخل النظامي وهس) لحل المسائل الفيزيائية على أداء الطلاب: وخفض القلق الناتج عن المادة. *مجلة كلية التربية للبنات للعلوم الإنسانية: جامعة الكوفة، ٨*(١٤)، ٢٣٩–٢٨١.

سرهيد، حيدر محسن (٢٠١٨). فاعلية استخدام نموذج التعلم (المواد غير المنظمة) في تحصيل المفاهيم الفيزيائية وحل أنماط مختلفة من المسائل الفيزيائية وتنمية التفكير السابر لدى طلاب الصف الخامس العلمي. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ٩٣*، ٢٣–٤٦.

سكران، السيد عبد الدايم (٢٠١٨). الفروق بين الاختبارات مفتوحة ومغلقة الكتاب في تعزيز الأداء وفاعلية الذات الأكاديمية وتحسين أسلوب التعلم وخفض قلق الاختبار لدى طلاب الدراسات العليا. *دراسات تربوية ونفسية: جامعة الزقازيق*، *٩٨*، ١-٦٢.

السلامات، محمد خير، السويلمين، منذر بشارة، وعليمات، عبير راشد (٢٠١٨). فاعلية برنامج تدريبي مقترح لتطوير أداء معلمي الفيزياء في تدريس مهارات حل المسائل الفيزيائية للمرحلة الثانوية في الأردن وتنمية مهارات التفكير العلمي لديهم ولدى طلابهم. *دراسات – العلوم التربوية: الجامعة الأردنية*، *٤٥*، ٥٣٢-٥٤٩.

سليمان، هناء إبراهيم (٢٠١٧). تصور مقترح لتطوير نظام الدراسة والامتحان بشهادة الثانوية العامة في مصر على ضوء سياسات القبول بالتعليم العالي. *دراسات في التعليم الجامعي: جامعة عين شمس*، ٣٦، ٤٠٢-٤٧٥.

الشايع، فهد سليمان (٢٠١٤). صعوبات حل المسائل الفيزيائية لدى طلاب مقررات الفيزياء الأولية بجامعة الملك سعود. *مجلة الدراسات التربوية والنفسية: جامعة السلطان قابوس*، *٨*(٢)، ٢٧٢-٢٨٩.

الشايع، هلا بنت سليمان بن حجي والعبد الكريم، صالح بن عبد الله بن محمد (٢٠١٦). مدى تمكن طالبات قسم الفيزياء في جامعة الأميرة نورة بنت عبد الرحمن من مهارات الرسم البياني. *مجلة العلوم التربوية والنفسية بجامعة القصيم*، *١٠*(١)، ٢٤٥-٣٠٩.

شحات، محمد على، ومتولي، زمزم عبد الحكيم (٢٠١٨). تجريب تدريس الفيزياء وفقا لاستراتيجية الأبعاد السداسية PDEODE لتنمية المفاهيم ومهارات حل المسألة والميول العلمية لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *المجلة التربوية: جامعة سوهاج*، *٥٦*، ٤٨٣-٥٤٠.

شرف، عبد العليم محمد (٢٠١٥). الاتجاهات الحديثة في تدريس المفاهيم الفيزيائية. *مجلة التربية: جامعة الأزهر*، *١٦٣*(٤)، ٥٨-١٣٣.

شمس الدين، مي (٢٠١٧). *امتحانات البوكليت للثانوية العامة: إصلاح في الوقت الضائع*. مسترجع من https://bit.ly/2XQjxbX

صالح، سهام (٢٠١٨). *امتحانات الثانوية العامة تتحول لـ "open book"، خبراء يفسرون*. *جريدة الوطن*. مسترجع من https://bit.ly/39p5coE

صعدي، إبراهيم بن عبده احمد (٢٠١٤). معايير بناء اختبار الكتاب المفتوح في ضوء التوجهات الحديثة لجودة التقويم في مؤسسات التعليم العالي. *المجلة التربوية الدولية المتخصصة*، *٣*(١١)، ٢٢٢-٢٤٥.

الصم، عبد اللطيف محمد، الشامي، عبد الله، والحدابي، داود عبد الملك (٢٠١٦). أثر استخدام المحاكاة الحاسوبية في تنمية مهارة حل المسائل الفيزيائية لدى طلبة الصف الثاني الثانوي واتجاهاتهم نحو مادة الفيزياء. *المجلة التربوية الدولية المتخصصة، ٥*(٧)، ١١٤-١٣٥.

الضامن، منذر (٢٠١٥). الإرشاد النفسي أسسه الفنية والنظرية. عمان: دار حنين للنشر والتوزيع.

طلبة، إيهاب جودة (٢٠١٣). أثر استخدام استراتيجية التفسيرات الذاتية على تحصيل المفاهيم الفيزيائية وحل المسائل المرتبطة بها لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *مجلة عجمان للدراسات والبحوث، ١٢* (١)، ٧-٣٥.

عبد الحسن، رشا عبد الحسين (٢٠١٨). أثر استراتيجية الأسئلة الشفوية ذات المستويات المعرفية المختلفة وإطالة زمن الانتظار في تحصيل مادة الفيزياء وخفض القلق الناتج عنها لدى طالبات الصف الرابع العلمي. *مجلة القادسية في الآداب والعلوم التربوية، ١٧* (٢). ١٠٦-١٤١.

عبد الحليم، مها عبد الحميد، عزب، حسام الدين، ويوسف، محمود رامز (٢٠١٣). مقياس قلق الاختبار للمراهقين. *دراسات في المناهج وطرق التدريس، ١٩٩*، ١٤٤-١٦١.

عبد الحميد، عبد الناصر، عبده، فايز محمد، متولي، أحمد سيد، والشايع، فهد بن سليمان (٢٠١٥). مهارات الرياضيات اللازمة لحل مسائل الفيزياء بالمرحلة الثانوية في المملكة العربية السعودية. *مجلة الدراسات التربوية والنفسية: جامعة السلطان قابوس، ٩* (٢)، ٣٥١-٣٦٥.

عبد الحميد، عبد الناصر محمد، وسلامة، عادل أبو العز (٢٠١٤). تمكن طلبة الصف الأول الثانوي من المهارات الرياضية اللازمة لحل مسائل الفيزياء في المنهج المطور بالمملكة العربية السعودية. *المجلة المصرية للتربية العلمية، ١٧* (٥)، ١-٢٧.

عبد الحميد، محمد كمال، قرني، زبيدة محمد، وعبد السلام، عبد السلام مصطفى (٢٠١٦). فعالية استخدام نموذج التعلم الموسع في تنمية مهارات التفكير في مادة الفيزياء لدى طلاب الصف الأول الثانوي. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ٧١*، ٣٣٧-٣٦٠.

عبد اللطيف، أسامة جبريل (٢٠١٣). برنامج مقترح لدراسة الأخطاء في البحث الكيميائي لتنمية فهم طبيعة العلم وتقدير العلماء ومهارات حل المشكلات لدي طلاب المرحلة الثانوية. *دراسات في المناهج وطرق التدريس، ١٩٥*، ١٠٥-١٥٥.

العبد الله، هادى كطفان، والجبورى، سلام داود على (٢٠١٨). مهارات التفكير المنتج لدى طلاب الصف الثاني المتوسط في مادة الفيزياء. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس*، ٩٦، ٣٨٩-٤٠٦.

القاسم، نضال، أبو صاع، جعفر، وعواد، روحية (٢٠١٩). *أسباب عزوف الطلاب عن الالتحاق بتخصصات الفيزياء والكيمياء والرياضيات في جامعة فلسطين التقنية –خضوري. مجلة جامعة الاستقلال للأبحاث*. مسترجع من https://bit.ly/2UCSYUc

قاسم، ياسر يسلم (٢٠١٩). تحليل أسئلة اختبارات الشهادة الثانوية العامة لمادة الكيمياء بالجمهورية اليمنية في ضوء تصنيف بلوم للأهداف المعرفية. *مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية بجامعة بابل، ٤٣*، ٥٦٠-٥٨٤.

قرني، زبيدة محمد (٢٠١٣). *استراتيجيات التدريس الفعال في العلوم والتربية العلمية*. المنصورة: دار الأصدقاء للطباعة.

لفتة، ساجدة جبار (٢٠١٣). أثر استخدام أسلوب مقترح في تدريس مادة الكهربائية العملية في مهارة الرسم البياني لدى طلبة الصف الثاني فيزياء كلية التربية الجامعة المستنصرية. *دراسات عربية في التربية وعلم النفس، ٤١* (١)، ٢٠١-٢٠١٦.

مركز هردو (٢٠١٨). *السياسات التعليمية في مصر*. مسترجع من https://bit.ly/2xtEGOo

منسي، محمود عبد الحليم والبناء، عادل السعيد (٢٠١٧). *تقويم نظام البوكليت Booklet كأداة للقضاء على سلبيات التسرب والغش في امتحانات الثانوية العامة*. ورقة عمل مقدمة للندوة العلمية الثانية للجمعية العربية للقياس والتقويم بالتعاون مع كلية الدراسات العليا للتربية جامعة القاهرة.

الباغي، باسم محمد، قرني، زبيدة محمد، وعبد السلام، عبد السلام مصطفى (٢٠١٩). فعالية التدريس القائم على المشروع المدعم بالتقييم الأصيل في تنمية مهارات حل المشكلات في مادة الفيزياء للصف الأول الثانوي. *مجلة كلية التربية: جامعة بورسعيد، ٢٥*، ٩٣٩-٩٦٦.

نوافلة، محمد خير، والهنداسي، الفيصل بن حميد (٢٠١٤). تحليل أسئلة امتحانات شهادة الدبلوم العام لمادة الفيزياء في سلطنة عمان في ضوء نظرية التعلم المستند إلى الدماغ. مجلة العلوم التربوية والنفسية: *جامعة البحرين، ١٥* (١)، ٥٢٣-٥٥٦.

وزارة التربية والتعليم (٢٠١٤). *الخطة الاستراتيجية للتعليم قبل الجامعي ٢٠١٤-٢٠٣٠، التعليم المشروع القومي لمصر، معا نستطيع، تقديم تعليم جيد لكل طفل*. القاهرة: وزارة التربية والتعليم.

وزارة التربية والتعليم (٢٠١٨). *نسب نجاح المواد في الثانوية العامة*. مسترجع من https://bit.ly/2xpkInw

وزارة التربية والتعليم (٢٠١٩). *مواصفات الورقة الامتحانية لمواد العلوم (فيزياء – كيمياء – أحياء) للصفين الأول والثاني الثانوي للفصل الدراسي الأول للعام الدراسي ٢٠١٩/٢٠٢٠*. مسترجع من https://bit.ly/2VzHiSE

وزارة التربيـــة والتعلـــيم (٢٠٢٠). *نمـــاذج امتحانـــات الفيزيـــاء للثانويـــة العامـــة*. مســـترجع مـــن https://bit.ly/3biv47F

يوسف، سلوى حلمي (٢٠١٩). سيناريوهات بديلة للإصلاح المدرسي بالتعليم الثانوي العام بمصر في ضوء نظرية الشبكة والمجموعة الثقافية: نظام الثانوية العامة الجديد نموذجاً. العلوم *التربوية: جامعة القاهرة*، ٢٧(١)، ١-٧٤.

ثانياً: المراجع الاجنبية:

Ackerman, R., & Leiser, D. (2014). The effect of concrete supplements on metacognitive regulation during learning and open-book test taking. *British Journal of Educational Psychology*, *84*(2), 329-348.

AGCAS (2019). Physics. Retrieved from https://bit.ly/2ymBELS

Aldalalah, O. (2018). The Effect of Anxiety on the Primary Students Achievement in Music Learning. *Journal of Scientific and Engineering Research, 5*(12), 32-39.

Al-Kilidar, H., Sixsmith, A., Leveaux, R., & Mooney, G. (2018). Student perceptions of open-book and closed-book exams in postgraduate engineering management subjects. In *29th Australasian Association for Engineering Education Conference 2018 (AAEE 2018)* (p. 1). Engineers Australia

Amin, B., Abdullah, H., & Malago, J. (2018). Sketch Strategy of Knowledge in Physics Learning and Its Influence on Metacognitive. *Educational Research and Reviews*, *13*(7), 230-235.

Aşıksoy, G., & Sorakin, Y. (2018). The effects of clicker-aided flipped classroom model on learning achievement, Physics anxiety and students' perceptions. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET), 5*(2), 334- 346.

Balogun, A. G. (2014). Effect of test anxiety on academic performance: Achievement motivation as a buffer. *Universal Journal of Educational Research, 2*(8), 531-536.

Balta, N. (2018). A new approach to solving physics problems related to freely falling objects. *Physics Education*, *53*(5), 1-5.

Barlow, A. T., Watson, L. A., Tessema, A. A., Lischka, A. E., & Strayer, J. F. (2018). Inspection-Worthy Mistakes: Which? And Why? *Teaching Children Mathematics*, *24*(6), 384-393.

Bautista, A., Wong, J., & Gopinathan, S. (2015). Teacher professional development in Singapore: Depicting the landscape. *Psychology, Society, & Education*, *7*(3), 423-441.

Berber, N. (2013). Developing a physics laboratory anxiety scale. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 14* (1), 1-18.

Boaler, J. (2016). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching*. San Francisco، CA: Jossey-Bass.

Brady, D. (2018). Workplace Gossip, Paranoia, and a Deviance Dilemma: A Warning for Deviance/CWB Research (Doctoral dissertation, Waterloo, Canada). Retrieved from https://bit.ly/34L1sNC

Bray, W. S. (2011). A collective case study of the influence of teachers' beliefs and knowledge on error-handling practices during class discussion of mathematics. *Journal for Research in Mathematics education, 42*(1), 2-38.

Cambridge (2016). *Introducing updated Cambridge international AS & A level syllabuses for science*. Retrieved from https://bit.ly/2RKeuG7

Cari, C., Suparmi, A., & Handhika, J. (2016). Student's preconception and anxiety when they solve multi representation concepts in Newton laws and its application. *8th International Conference on Physics and its Applications (ICOPIA)* (pp.1-5), Indonesia.

Darling, d. (2016). AP PHYSICS C Mechanics - SUMMER ASSIGNMENT FOR 2016-2017. Retrieved from https://bit.ly/34IZBcl

Dilek, U., Şahin, M., Guler, B., & Eslek, S. (2013). An investigation of university students' anxiety in physics courses. *2nd World Conference on New Trends in Science Education*. Cracow, Poland.

Dominglos, E. (2015). *Physics anxiety, academic achievement and coping mechanisms of sophomore bee students of the college of teacher education- Benguet state university*. Retrieved from https://bit.ly/2QQegN8

Donaldson, M. (2019). Harnessing the power of fantastic attempts: Kindergarten teacher perspectives on student mistakes. *The Journal of Educational Research, 112*(4), 535-549.

Elvan, İ. N. (2017). Examination of Expectation and Anxiety States in the Science Laboratory in Science Education. *World, 4*(4), 537-550.

Fang, L. (2019). *Analysis of the Influence of Physics Thinking Method Education on Improving Students' Comprehensive Quality. Asia-Pacific Conference on Advance in Education, Learning and Teaching (ACAELT 2019)*. UK: Francis Academic Press.

Fulmer, G. W., Chu, H. E., & Martin, S. N. (2018). The potential of teacher-led research: teachers' action research collaborations in science education in Singapore. *Asia-Pacific Science Education, 4*(7), 1-6.

González, A., Fernández, M. V., & Paoloni, P. V. (2017). Hope and anxiety in physics class: Exploring their motivational antecedents and influence on metacognition and performance. *Journal of Research in Science Teaching, 54*(5), 558-585.

Habibi, H., Jumadi, J., & Mundilarto, M. (2019). The Rasch-rating scale model to identify learning difficulties of physics students based on self-regulation skills. *Int. J. Eval. & Res. Educ. Vol*, *8*(4), 659-665.

Heemsoth, T., & Heinze, A. (2014). The impact of incorrect examples on learning fractions: A field experiment with 6th grade students. *Instructional Science*, *42*(4), 639-657.

Hodge, W. (2015). Basic Education Curriculum Revisited: A Look at the Current Content and Reform. Retrieved from https://bit.ly/3agscaa

Huelser, B., & Metcalfe, J. (2012). Making related errors facilitates learning, but learners do not know it. *Memory & cognition*, *40*(4), 514-527.

Huey C.S. (2013) Assessment of Chemistry Anxiety Among College Students. In: Chiu MH., Tuan HL., Wu HK., Lin JW., Chou CC. (eds) Chemistry Education and Sustainability in the Global Age. Dordrecht: Springer.

Ince, E. (2018). An Overview of Problem-Solving Studies in Physics Education. *Journal of Education and Learning*, *7*(4), 191-200.

Jalal, M. F. A., Fadhil, S. S., & Hasini, H. (2014). Students, assessment through open-book concept for final exam. *International Journal of Asian Social Science*, *4*(2), 217-225.

Javanbakht, N., & Hadianb, M. (2014). The effects of test anxiety on learners' reading test performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *98*, 775-783.

Jones, A. Z. (2020). What Skills Do I Need to Study Physics?. Retrieved from https://bit.ly/3eHLEjw

Joosten, A. M. (2016). Errors and Their Corrections. *NAMTA Journal*, *41*(3), 215-227.

Kaiser, D., & Creager, A. N. (2012). The right way to get it wrong. *Scientific American*, *306*(6), 70-75.

Karakaya, F., Avgin, S. S., & Kumperli, E. (2016). Analysis of Primary School Student's Science Learning Anxiety According to Some Variables. *Journal of Education and Practice*, *7*(33), 24-31.

Kaya, E., & Yıldırım, A. (2014). Science anxiety among failing students. *Elementary Education Online*, *13*(2). 518-525.

Kurbanoğlu, N. & Nefes, F. (2016). Context-based questions in science education: their effects on test anxiety and science achievement in relation to the gender of secondary school students, *Journal of Baltic Science Education*, *15* (3), 382-390.

Kurbanoğlu, N. İ. (2014). Development and evaluation of an instrument measuring anxiety toward biology laboratory classes among university students. *Journal of Baltic Science Education*, *13* (6), 802–808.

Kurbanoğlu, N. İ., & Takunyacı, M. (2017). Development and Evaluation of An Instrument Measuring Anxiety Toward Physics Laboratory Classes

Among University Students. *Journal of Baltic Science Education, 16*(4), 592-598.

Kurbanoğlu, N. İ., & Yücel, E. (2015). Development of chemistry laboratory anxiety scale for university students. *The Online Journal of Counseling and Education, 4* (1), 25-33.

Lischka, A. E., Gerstenschlager, N. E., Stephens, D. C., Barlow, A. T., & Strayer, J. F. (2018). Making room for inspecting mistakes. *Mathematics Teacher, 111*(6), 432-439.

Mason, A., Yerushalmi, E., Cohen, E., & Singh, C. (2016). Learning from mistakes: The effect of students' written self-diagnoses on subsequent problem solving. *The Physics Teacher, 54*(2), 87-90.

Middleton, K., Ricks, E., Wright, P., & Grant, &. S. (2013). Examining the Relationship Between Learning Style Preferences and Attitudes Toward Mathematics Among Students in Higher Education. *Institute for Learning Styles Journal, 1*(1), 3-5.

Ministry of Education (2015). Education Statistics Digest 2015, Management of Information and Research Branch, Planning Division, Singapore.

Quill, J. (2018). *Exam Success in Physics for Cambridge AS & A Level*. Oxford University Press-Children.

Şahin, M. (2014). The relationship between pre-service teachers' physics anxiety and demographic variables. *Journal of Baltic Science Education,13* (2), 201-215.

Sahin, M., Caliskan, S. & Dilek, U. (2015). Development and validation of the physics anxiety rating scale. *International Journal of Environmental & Science Education, 10* (2), 183-200.

Sahin, M., Caliskan, S. & Dilek, U. (2015). Development and validation of the physics anxiety rating scale. *International Journal of Environmental & Science Education, 10* (2), 183-200.

Schroder, H. S., Fisher, M. E., Lin, Y., Lo, S. L., Danovitch, J. H., & Moser, J. S. (2017). Neural evidence for enhanced attention to mistakes among school-aged children with a growth mindset. *Developmental cognitive neuroscience, 24*, 42-50.

Schwab, K. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. world Economic forum. retrieved from https://bit.ly/3bjMSiP

Seeley, C. L. (2016). *Making sense of math: How to help every student become a mathematical thinker and problem solver*. Alexandria, VA: ASCD.

Seifried, J., & Wuttke, E. (2010). Student errors: How teachers diagnose them and how they respond to them. *Empirical research in vocational education and training, 2*(2), 147-162.

Setiawan, A. R., & Koimah, S. (2019). Effective learning and teaching. Retrieved from https://bit.ly/3cvLr0U

Sinatra, G., Broughton, S., & Lombardi, D. (2014). Emotions in science education. In R. Pekrun & L. Linnembrink-Garc ıa (Eds.), International handbook of emotions in education (pp. 415–436). New York: Routledge.

Smith, R. C. (2016). *Gaston Bachelard, Revised and Updated: Philosopher of Science and Imagination*. New York: Suny Press.

Steuer, G., Rosentritt-Brunn, G., & Dresel, M. (2013). Dealing with errors in mathematics classrooms: Structure and relevance of perceived error climate. *Contemporary Educational Psychology*, *38*(3), 196-210.

Tulis, M. (2013). Error management behavior in classrooms: Teachers' responses to student mistakes. *Teaching and Teacher Education, 33*, 56–68.

Ulucinar-Sagir, Ş. (2014). Science anxiety scale for primary school students. *Journal of Faculty Education Buca, (37),* 1-20.

Wamda. G. (2015). The Global Financial Centres Index 18. Retrieved from https://bit.ly/3biT76j

Webster, M. (2019). Merriam-Webster online dictionary. Retrieved from https://bit.ly/3bjB8g2

Yuruk, N. (2011). The predictors of pre-service elementary teachers' anxiety about teaching science. *Journal of Baltic Science Education*, *10*(1), 17-26.

Yusrizal, Y. (2016). Analysis of Difficulty Level of Physics National Examination's Questions. *Journal Pendidikan IPA Indonesia, 5*(1), 140-149.

Zhao, F. (2019). Using Quizizz to Integrate Fun Multiplayer Activity in the Accounting Classroom. *International Journal of Higher Education*, *8*(1), 37-43.