برنامج قائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية بعض المفاهيم العلمية وتطبيقاتها الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم

إعداد

د. محمد مصطفى على
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم المساعد
كلية التربية - جامعة الإسكندرية

د. فاطمة فتوح الجزار
مدرس المناهج وطرق تدريس الرياضيات
كلية التربية - جامعة الإسكندرية

ملخص: اهتمت كثير من جهود التطوير التي تمت في ميدان تعليم العلوم والرياضيات بالتركيز على تعليم المفاهيم الكبرى، ومساعدة المتعلمين على اكتسابها. وقد يكون ذلك راجعًا إلى قدرتها على الربط بين أفرع العلم المختلفة كما يتضح من خلالها وحدة المعرفة، وتماسكها.

ومن بين المفاهيم الكبرى في مجال تعليم العلوم مفهوم مركز الثقل الذي يمكن من خلاله وصف عدد من الظواهر الحياتية، وتفسيرها كما أنه أحد المفاهيم التي تربط بين الفيزياء، والرياضيات. وعادة ما يأخذ هذا المفهوم صبغة رياضياتية في أثناء معالجته بمحتوى كتب الفيزياء ما يجعله مفهومًا جافًا صعب الفهم؛ لذا فقد عُنى البحث الحالي بتعرف مستوى استيعاب مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية. **فضلاً عن اقتراح برنامج قائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم.**

واعتمد البحث على أداة تشخيصية، وهي اختبار مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية الذي طبق على عدد ٥٢ من الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية؛ لتعرف مدى تمكنهم من مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته. كما أعقب تطبيق الاختبار إجراء عدد من المقابلات الشخصية مع بعض أفراد عينة البحث لمحاولة الوصول إلى فهم أكثر عمقًا لمدى تمكنهم من المفهوم موضوع البحث.

وقد أسفرت نتائج البحث عن تدني مستوى استيعاب الطلاب المعلمين للمفهوم موضوع البحث. كما قدم البحث مقترحًا لبرنامج قائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم.

الكلمات المفتاحية:

النمذجة الرياضياتية- معلمو العلوم- مركز الثقل – مقاييس التقدير.

Abstract:

Current study aimed to investigate student teachers' understanding for a major concept in science education which is center of gravity and its mathematical and daily life applications. The center of gravity of an object is the point at which mass is equally distributed and all sides are in balance. This concept is useful in designing static structures such as buildings and bridges or in predicting the behavior of a moving body when it is acted on by gravity … etc.

To achieve this goal, researchers conducted a conceptual understanding test and a semi-structured interviews with 52 student teachers to collect data about their understanding of center of gravity and its mathematical and daily life applications. Descriptive statistics were used to generate avrages and percentages. The major conclusions drawn from this paper were results regarding students teachers' understanding for center of gravitiy and its applications is low by comparison with what it should be. For that reason researchers developed a program based on mathematical modeling to develop student teachers' for center of gravitiy and its applications.

Keywords: Mathematical modeling, center of gravitiy, student teachers, and scoring rubrics.

مقدمة:

أدى تسارع النمو المعرفي في مجالات العلم المختلفة، والتطبيقات التكنولوجية ذات الصلة، وما صاحب ذلك من تضاؤل متزايد للفاصل الزمني بين الكشوف العلمية، والتطبيقات التكنولوجية؛ إلى مواجهة النظام التعليمي في القرن الذي نحياه بعدد من التحديات التي تمثل عبئًا ثقيلاً على كاهل العملية التعليمية.

وهو ما يتطلب التحديث والتطوير المستمران لأبعاد العملية التعليمية، ومن بينها نظم انتقاء المعلم، وإعداد قبل الخدمة وأثناءها، ومدة الدراسة وكيفيتها، وأساليب التقويم والمتابعة بما يمكننا من إعداد أجيال قادرة على الحياة والعطاء في عالم سريع التغير؛ الأمر الذي يستدعى مراجعة، وإصلاح شبه دائمين في جميع المجالات لاسيما مجالي العلوم والرياضيات.

ففي الوقت الذي تهتم فيه الرياضيات بدراسة المجردات، تهتم العلوم بدراسة الظواهر الطبيعية، ويعبر عنها بالرياضيات؛ ما يجعل من الأولى لغة للأخيرة. ومن جانب آخر نجد أن مجالات انتشار العلوم والرياضيات واسعة، ومتنوعة كما أنها متداخلة مع عديد من المجالات الأخرى بما يحقق لهما الريادة. ومن هنا كانت ضرورة الاهتمام بهما، وفهم طبيعة كل منهما، والعلاقة المتبادلة بينهما.

وكنتيجة للنمو المعرفي المتزايد في كافة أفرع العلم بعامة والفيزياء بخاصة؛ أصبح الإلمام بالبناء المعرفي لعلم الفيزياء مشكلة تواجه الطلاب المعلمين؛ حيث يتعذر عليهم أن يلموا بكافة المعلومات في مجال تخصصهم نظرًا لما تتسم به من اطراد وتغير دائمين؛ لذا فقد اتجهت العناية إلى التركيز على تعليم المفاهيم الكبرى، واكتساب مهارات حل المشكلات، وتسهيل تدريسهما للمتعلمين.

وترجع أسباب الاهتمام بتعلم المفاهيم الكبرى إلى أنها تربط بين أفرع العلم المختلفة كما يتضح من خلالها وحدة المعرفة وتماسكها؛ أي أنها تربط بين عديد من الظواهر والأحداث، وتوضح العلاقات القائمة بينها؛ لذا فهي أكثر ثباتًا، وأقل عرضة للتغير الأمر الذي يمكن المتعلمين من الاحتفاظ بأغلب المعلومات والأفكار، ويجعلها سهلة الفهم والاستيعاب، كما تؤدي دراسة المفاهيم الكبرى إلى زيادة اهتمام المتعلمين بالفيزياء، وحفز البعض منهم نحو التعمق في دراستها، والتخصص فيها (أحمد خيري كاظم وسعد يسي، ١٩٨٠).

ومن بين المفاهيم الكبرى في علم الفيزياء مفهوم مركز الثقل الذي يمكن من خلاله وصف عدد من الظواهر الحياتية، وتفسيرها كما أنه أحد المفاهيم التي تربط بين الفيزياء والرياضيات. هذا وقد أدرك العلماء أنه لا يمكنهم فهم ظواهر الطبيعة، والتنبؤ بها، إلا إذا تعاملوا معها بصبغة رياضياتية. فقد بدأ ارتباط الرياضيات بالكيمياء مع أعمال لافوازيه، وبدأ ارتباط الرياضيات بالبيولوجي مع أعمال مندل عن

قوانين الوراثة، ثم تطورت العلاقة بينهما لتصبح الرياضيات البيولوجية أحد أفرع علم البيولوجي المعاصرة. ولعل الارتباط بين الرياضيات والفيزياء يسبق ارتباطها بالعلوم الأخرى كالكيمياء والبيولوجي؛ حيث ترجع بدايته إلى القرن السابع عشر مع ظهور عدد من العلماء الذين أثروا مجال الفيزياء بأعمالهم؛ مثل: أعمال كيبلر عن حركة الكواكب، وأعمال جاليليو عن السقوط الحر ... إلخ.

وقد أدى هذا الارتباط الوثيق بين الرياضيات والفيزياء الناتج عن استخدام الأولى في التواصل بين العاملين في ميدان علم الفيزياء إلى وجود معتقدات لدى المتعلمين بأن الفيزياء ترتكز على أطر نظرية ذات طبيعة مجردة لا ترتبط بحياة المتعلمين اليومية؛ ما جعلها ذات طبيعة جافة مقارنة بالعلوم الطبيعية الأخرى كالكيمياء والبيولوجي. وقد يكون ما سبق سببًا في عزوف المتعلمين عن دراستها؛ ما دفع العاملين في ميدان التربية العلمية إلى بحث أسباب هذه الظاهرة، والبحث عن أنسب الحلول لها.

ومن بين المفاهيم عالية التجريد التي يواجه المتعلمون مشكلة في تعلمها مفهوم مركز الثقل؛ ذلك أنه يأخذ صبغة رياضياتية في أثناء معالجته بمحتوى كتب الفيزياء ما يجعله مفهومًا جافًا صعب الفهم (Leyden, 1995; Sattizahn, 2015)؛ لذا فقد تم إجراء دراسة استطلاعية على عينة من الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية، حيث تم تطبيق اختبار مواقف حياتية، ورياضياتية على عينة من الطلاب المعلمين عددها ١٤ طالبًا وطالبة؛ لتعرف مدى استيعابهم لمفهوم مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية. كما استخدمت مقاييس تقدير متدرجة، تمثلت في مجموعة من العبارات الوصفية التي يمكن استخدامها في الحكم على مستوى استيعاب الطلاب المعلمين لمفهوم مركز الثقل وتطبيقاته.

وقد أسفرت نتائج الدراسة الاستطلاعية عن تدني مستوى استيعاب الطلاب المعلمين لمفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية، فقد بلغ متوسط درجات الطلاب المعلمين (٦,٣) من (١٢)؛ أي ما يعادل نسبة مئوية (٥٢,٥٪). وتعد هذه النسبة مؤشرًا لتدني مستوى استيعاب أفراد عينة البحث لمفهوم مركز الثقل وتطبيقاته.

تأسيسًا على ما سبق نشأت فكرة البحث الحالي الذي يُعنى بمحاولة تعرف مستوى استيعاب أحد المفاهيم الكبرى في مجال تعليم العلوم، وهو مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته بالإضافة إلى تقديم برنامج مقترح قائم على النمذجة الرياضياتية كأحد الاستراتيجيات التي من شأنها مساعدة المتعلمين على التمكن من مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته. وفي حدود علم الباحثين لم تجر بحوث حول استخدام النمذجة الرياضياتية في تنمية مفهوم مركز الثقل كأحد المفاهيم الكبرى في علم الفيزياء، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى طلاب معلمي العلوم في مصر.

مشكلة البحث:

لا يُعد تعليم الفيزياء وتعلمها بالأمر الممتع، فالفيزياء كمادة دراسية – من وجهة نظر المتعلمين- مادة جافة ذات مستوى عالي من التجريد كما أن موضوعاتها غير شائقة. وقد يرجع ذلك إلى عوامل متعلقة بالمتعلم كوجود متطلبات قبلية لديه ذات صلة بمجال الفيزياء، أو بمجالات أخرى كالرياضيات تمكنه من متابعة دراسة موضوعاتها، أو إلى عوامل متعلقة بالمعلم، وإعداده التخصصي، وعوامل متعلقة بمحتوى كتب الفيزياء، إذ أن موضوعاتها تتسم بالمدى، والتتابع، والتناسق فإذا غاب موضوع ما، أو حدث تقصير به، فإنه يؤثر في الموضوعات الأخرى. وتُعد طرق التدريس المستخدمة في فصول تعليم الفيزياء من العوامل التي قد تؤثر على تمكن المتعلمين من البنية المعرفية للفيزياء، والسيطرة عليها –ليس هذا فحسب- واتجاهاتهم نحو دراسة الفيزياء.

استنادًا لما سبق فإن مشكلة البحث تتحدد في السؤالين الآتيين:

١. ما مستوى استيعاب الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية لمفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية؟
٢. ما البرنامج المقترح القائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم؟

أهمية البحث:

تتمثل أهمية البحث فيما يأتي:

١. تناول مفهوم مركز الثقل بالبحث، كأحد المفاهيم الكبرى في مجال تعليم الفيزياء حيث تمتد تطبيقاته لتشمل عدد كبير من الظواهر الحياتية، فضلاً عن كونه أحد المفاهيم البينية بين الفيزياء، والرياضيات حيث يمثل جسرًا يسمح بالربط بين النظرية، والتطبيق.
٢. يُعد هذا البحث من البحوث التي تحاول استكشاف مستوى استيعاب مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته لدى الطلاب معلمي العلوم، فضلاً عن تقديم أحد الحلول المقترحة من ميدان تعليم الرياضيات.
٣. يقدم تشخيصًا للحالة التي توجد عليها مخرجات برنامج إعداد معلم العلوم فيما يتصل ببنائه المعرفي التخصصي بأحد المفاهيم الكبرى في مجال علم الفيزياء وهو مفهوم مركز الثقل؛ الأمر الذي من شانه مساعدة القائمين على إعداد المعلم في تطوير أحد أبعاد إعداد معلم العلوم، وتنمية قدرته على متابعة مستحدثات العلم، وفهمها، وتوظيفها في مجال تخصصه.

٤. يقدم أداة تستهدف تحديد المستوي الذي يوجد عليه أحد مخرجات برنامج إعداد معلم العلوم، والتي قد يُستفاد منها في تحديد مستوى الاستيعاب المفاهيمي لدى الطلاب معلمي العلوم.
٥. قد تسهم نتائج البحث في تضمين البرنامج المقترح في برنامج إعداد معلم العلوم.
٦. قد تسهم نتائج البحث في تقديم توصيات حول تحديث المحتوي العلمي لبرنامج إعداد معلم العلوم، وتطويره.

حدود البحث:

اقتصر البحث على ما يأتي:

١. مفهوم مركز الثقل كأحد المفاهيم الكبرى في مجال تعليم العلوم.
٢. بعض التطبيقات الرياضياتية، والحياتية لمفهوم مركز الثقل.
٣. عينة من الطلاب معلمي العلوم في الدبلوم العام في كلية التربية - جامعة الإسكندرية.

منهج البحث، وأدواته:

للإجابة عن السؤال الفرعي الأول من البحث الحالي استخدم المنهج الوصفي؛ لتعرف مستوى استيعاب مفهوم مركز الثقل لدى الطلاب معلمي العلوم، كما استخدم أيضًا في إعداد البرنامج المقترح لتنمية مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب المعلمين.

واعتمد البحث الحالي على أداة أعدها الباحثان لقياس المتغير التابع للبحث، وهي: اختبار مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية، ويُعنى بقياس مستوى استيعاب الطلاب المعلمين لمفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته لدى الطلاب المعلمين في كلية التربية-جامعة الإسكندرية.

مصطلحات البحث:

مركز الثقل Center of gravitiy:

يُعرف فيزيائيًا بأنه النقطة التي تكون عندها محصلة القوى المؤثرة تساوي صفر؛ لذا يطلق عليها منتصف الكتل Center of mass.

النمذجة الرياضياتية Mathematical modelling

تعددت تعريفات النمذجة الرياضياتية في الأدب التربوي، ويقصد بها في البحث الحالي استخدام التعبيرات، والتمثيلات الرياضياتية في حل المشكلات الفيزيائية.

عينـة البحـث:

تمثلت عينة البحث الحالي في الآتي:

- عينـة مـن طـلاب معلمـي العلـوم فـي الـدبلوم العـام فـي كليـة التربيـة - جامعـة الإسكندرية.
- أحد المفاهيم الكبرى في مجال علم الفيزياء، وهو مفهوم مركز الثقل.
- بعض التطبيقات الرياضياتية، والحياتية لمفهوم مركز الثقل.

ثانيًا- الإطـار النظري للبحث:

تعليم الفيزياء: أهميته ومشكلاته:

يمثل تعليم العلوم بعامة، والفيزياء بخاصة أهمية كبيرة في حياتنـا المعاصـرة لمـا لهـا من قيمة تطبيقية فرضها التطور العلمي والتكنولـوجي المتسـارع، وبـرغم ذلـك يشـير أدب المجال إلى عـزوف بعـض الطـلاب عـن الالتحـاق بالتخصـص العلمـي المرحلـة الثانوية لما تتسم به مواده الدراسية – بعامة والفيزياء بخاصة - من صعوبة وتجريـد، فضلاً عن أن تدريسها يكون بعيدًا عن الحياة الواقعية للمتعلمين. ففـي دراسـة أجراهـا عابدين (١٩٩٥) على طلاب المرحلة الثانوية بعدد من المدارس الحكومية في مصر، أظهرت نزعتهم إلى الالتحاق بالشعبة الأدبية أكثر من الطلاب الراغبين فـي الالتحـاق بالشعبة العلمية لما تتسم به الأولى من سهولة موادهـا الدراسـية مقارنـة بنظيرتهـا فـي التخصص العلمي.

ومن بين المواد الدراسية في الشعبة العلمية مادة الفيزياء التي تعتمد الظواهر الطبيعية موضوعًا، والتجربة والقياس وسيلة، والمنهج العلمي أسلوبًا وأداة. ومـن جانـب آخـر تُعد الغاية من تدريس هذا العلـم تزويد المتعلمين بالمفاهيم والمهارات التـي مـن شـأنها مساعدتهم في فهـم الظـواهر الطبيعيـة وتفسـيرها، وتعويـدهم الأسـلوب العلمـي الـذي يـربط النتـائج بالأسـباب، والواقـع بالنظريات (أحمد قنديل، ٢٠٠١).

ويشير عدد من الدراسات التي تمت في الميدان إلى أن الفيزياء من أكثر المواد الدراسية صعوبة من وجهة نظر المتعلمين؛ ما يدفعهم إلى تجنبها لما لديهم من اتجاهات سلبية عنها؛ الأمر الذي أدى إلى تناقص عدد الدارسين بها (Ali, Yager, Hacieminoglu & Caliskan, 2013; Williams et al., 2003)، وهو ما سبق أن أكدته دراسة Erdemir (2009) من وجود معتقدات لدى المتعلمين في المرحلة الثانوية تتمثل في أن موضوعات الفيزياء صعبة، وغير شائقة. ويمكن تصنيف صعوبات تعلم الفيزياء وتعليمها إلى فئات عدة، منها: ما يتصل بطبيعة الفيزياء كمادة دراسية، وما يتصل بطبيعة المتعلم من حيث وجود متطلبات قبلية، وشيوع المفاهيم البديلة، وضعف الاستعداد والدافعية للتعلم، ومنها ما يتصل بالعوامل

الخارجية المتمثلة بطرائق التدريس التي يسيطر عليها نمط الإلقاء والتلقين، والتركيز على المعالجات الرياضياتية دون الاهتمام بالمعالجات المفاهيمية، وأيضًا المحتوى الذي قد يشمل بنية معرفية غير مرتبة ترتيبًا يساعد على التعلم ذي المعنى (يحيى أبو جحجوح، ٢٠١٣).

ويرى الباحثان أن التأثر بالاتجاهات الاجتماعية السائدة في داخل المجتمع المصري – أيضًا- قد يكون له دور مهم فيما يتكون لدى المتعلمين من معتقدات عن الفيزياء؛ فقد تسهم تلك المعتقدات في تضليل المتعلمين حول ما يتعلق بحقيقة قدراتهم وإمكاناتهم وميولهم؛ ما قد يؤدي إلى عزوفهم عن دراستها، أو إخفاقهم في تعلمها إذا ما اختاروا دراستها مستقبلاً.

العلاقة بين الفيزياء والرياضيات:

تمثل الفيزياء أحد أفرع العلوم الطبيعية التي تُعنى بدراسة الجسيمات والموجات، وما بينهما من تفاعلات دراسة دقيقة تساعد على فهم ظواهر الطبيعة. وتتسم البنية المعرفية لمجال الفيزياء بالتنوع، فمفاهيمها - على سبيل المثال- قد تكون محسوسة يمكن التعرف عليها، ودراستها بالحواس المجردة، وقد تكون مجردة لا يمكن التعرف عليها مباشرة عن طريق الحواس، وإنما يتم الاستدلال عليها بآثارها.

ويمتد اهتمام علماء الفيزياء إلى دراسة الظواهر الكونية كافة من الجسيمات متناهية الصغر إلى المجرات العملاقة. وعلى الجانب الآخر يلعب علم الفيزياء دورًا مهمًا في المجالات الأخرى، بل إن البعض يذهب إلى أنه أحد الأدوات الرئيسة في كل من: العلوم الأساسية كالكيمياء، والفلك، والعلوم التطبيقية كالزراعة، والطب، والهندسة، والمجالات التكنولوجية. ومن المجالات وثيقة الصلة بالفيزياء، مجال الرياضيات.

هذا وقد أدرك العلماء أنه لا يمكنهم فهم ظواهر الطبيعة، والتنبؤ بها إلا إذا تعاملوا معها بصبغة رياضياتية. فقد بدأ ارتباط الرياضيات بعلم الكيمياء مع أعمال لافوازيه، وبدأ ارتباط الرياضيات بعلم البيولوجي مع أعمال مندل عن قوانين الوراثة، ثم تطورت العلاقة بينهما لتصبح الرياضيات البيولوجية أحد أفرع علم البيولوجي المعاصرة.

ولعل ارتباط الفيزياء بالرياضيات يسبق ارتباطها بالكيمياء، والبيولوجي؛ حيث ترجع بدايته إلى القرن السابع عشر مع ظهور عدد من العلماء الذين أثروا مجال الفيزياء بأعمالهم؛ مثل: أعمال كيبلر عن حركة الكواكب، وأعمال جاليليو عن السقوط الحر ... إلخ.

والمستعرض لتاريخ العلم يجد أن العلاقة بين الرياضيات، والفيزياء هي علاقة أساسية كما أنها تفاعلية في الوقت ذاته. ومما هو جدير بالذكر أن المهتمين بهذا المبحث ينقسمون إلى فريقين: يرى الأول أنه ليس كل ابتكار في الرياضيات يقابله

تطبيق/تطبيقات في مجال الفيزياء؛ أي أن النمو المعرفي الرياضياتي لا يرتبط – بالضرورة- بنمو معرفي فيزيائي. أما الفريق الثاني، فيرى أن التطور في الرياضيات يقابله تطور في الفيزياء، وبالتالي فإن العلاقة بينهما اطرادية.

ويرى الباحثان أنه برغم أن وجهة نظر الفريق الأول هي الأقرب إلى الصواب، فإن التطور المستمر في الرياضيات يسهل على الفيزيائيين فهم الطبيعة، وتفسير ظواهرها والتنبؤ بها مستقبلاً، وليس بالضرورة أن يقابله تطور في الفيزياء؛ فهناك بنى معرفية رياضياتية لا علاقة لها بالواقع الفيزيائي.

تأسيسًا على ما سبق يمكن القول بأن الفيزياء تهتم بالعالم المادي ممثلاً في الظواهر الكونية المختلفة، أما الرياضيات فتهتم بالكائن الرياضياتي المجرد، والأنماط المنطقية؛ وبذا فهي لا تعترف بالمحددات والأطر التي يضعها عالم الفيزياء المادي، أو بمعنى آخر تهتم الرياضيات بدراسة المجردات، ويُعبر عنها بالرموز. أما الفيزياء فتهتم بدراسة الظواهر الطبيعية، ويعبر عنها رياضياتيًا؛ ما يجعل الأولى لغة للأخيرة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه برغم كون الرياضيات وسيلة للفيزياء، فإن ذلك لا ينفي عنها كونها قيمة في ذاتها، فالرياضيات تعلمنا كيف نجرد أفكارنا، ونقدمها في تسلسل محكم يتسم بالمنطقية. ومن جانب آخر نجد أن مجالات انتشار الفيزياء والرياضيات واسعة ومتنوعة كما أنها متداخلة مع عدد من المجالات الأخرى بما يحقق لهما الريادة. ومن هنا كانت ضرورة الاهتمام بهما، وفهم طبيعة كل منهما، والعلاقة المتبادلة بينهما.

ونظرًا لهذه العلاقة المترابطة بين الرياضيات والفيزياء الناتجة عن استخدام الأولى في التواصل بين الفيزيائيين؛ تكون لدى المتعلمين تصور بأن الفيزياء ترتكز على أطر نظرية ذات طبيعة مجردة لا ترتبط بحياة المتعلمين اليومية؛ وهو ما جعلها ذات طبيعة جافة مقارنة بالعلوم الطبيعية الأخرى كالكيمياء، والبيولوجي. وقد يكون ما سبق سببًا في عزوف المتعلمين عن دراستها؛ ما دفع العاملين في ميدان التربية العلمية إلى بحث أسباب هذه الظاهرة، والبحث عن أنسب الحلول لها.

ونتناول فيما يأتي النمذجة الرياضياتية كأحد الاتجاهات التي من شأنها مساعدة المتعلمين على فهم بنية الفيزياء المعرفية، وطبيعتها – ليس هذا فحسب- فضلاً عن كونها أحد الحلول المنبثقة من ميدان تعليم الرياضيات.

النمذجة الرياضياتية: المفهوم والأهمية:

النموذج الرياضياتي: Mathematical model

يختلف تعريف النموذج باختلاف المجال الذي يستخدم فيه، فالنموذج المعماري هو تبسيط للظاهرة الهندسية المعمارية كبناء الماكيت، وهو ما يختلف بطبيعة الحال عن النموذج الرياضياتي، أو النموذج الاحصائي ... وهكذا. وبصفة عامة يمثل النموذج تعبير رمزي لموقف، أو مشكلة بما يساعد على تكوين تصور كأساس لصنع قرار مناسب تجاه الموقف، أو المشكلة.

وبرغم أن الفكرة السابقة تنطبق على النموذج الرياضياتي، فإن انتماءه إلى مجال الرياضيات يجعل له خصوصية، فهو تعبير رياضياتي عن مشكلة واقعية في صورة معادلات، أو متباينات، أو أشكال هندسية ...إلخ؛ لمساعدة المتعلمين على تمثيل الرياضيات، وفهمها (رمضان بدوي، ٢٠٠٧). وهو بذلك يمثل خريطة معرفية تعتمد لغة الرياضيات لتحديد المتغيرات المتعلقة بموقف، أو مشكلة ما، والعلاقات المتبادلة بينها، يتم التعبير عنها في صورة معادلة، أو متباينة، أو شكل هندسي، أو رسم بياني.

النمذجة الرياضياتية: Mathematical modeling

تعددت تعريفات النمذجة الرياضياتية؛ فيعرفها Stacey (١٩٩٦) على أنها استخدام الرياضيات في مجالات الحياة المختلفة بحيث تعالج سؤالاً ينشأ من خارج الرياضيات، وتنتقل به إلى الأساليب الرياضياتية التي يمكن أن تستخدم للإجابة عن السؤال الأصلي.

ويشير Rosa (٢٠٠٠) إلى أنها عملية ديناميكية تستخدم لفهم المشكلة، أو الموقف في مجال الفيزياء، والكيمياء ،والبيولوجي، أو أي مجال آخر من مجالات المعرفة. أما Cheng (٢٠٠١) فيرى أنها عملية تمثيل مشكلات العالم الحقيقي رياضياتيًا، ومحاولة إيجاد حلول لتلك المشكلات، ويتفق ذلك التعريف مع تعريف Kahn and Kyle (٢٠٠٢) للنمذجة الرياضياتية بأنها ترجمة مشكلات العالم الواقعي إلى تمثيل رياضياتي ثم حلها، وترجمة الحل الرياضياتي إلى سياق العالم الواقعي. ويتفق أيضًا مع تعريف فايز مينا (٢٠٠٦) الذي يشير إلى عملية تحويل المشكلة إلى موقف واقعي، وحلها ثم اختبار الحلول على الموقف الحياتي، واختيار أنسب الحلول.

مما سبق نستنتج أن النمذجة الرياضياتية هي استخدام الرياضيات في معالجة مشكلات الحياة الواقعية سواء كانت تلك المشكلات في مجال الرياضيات، أو في مجالات أخرى كالفيزياء من خلال تحويل المشكلة من صورتها الحياتية إلى الصورة الرياضياتية ثم حلها، وتطبيق الحل على المشكلة الأصلية.

أهمية النمذجة الرياضياتية:

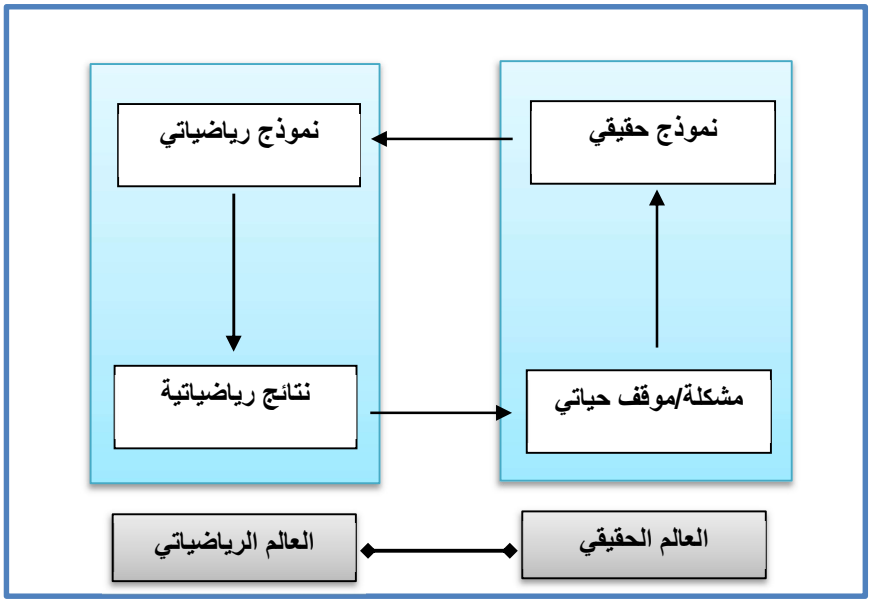
يمثل النموذج الرياضياتي تعبيرًا عن مشكلة واقعية في صورة معادلات، أو متباينات، أو أشكال هندسية، أو رسوم بيانية ... إلخ. وعادة ما ينظر إلى النموذج على أنه جسر يسمح بالربط بين النظرية والتطبيق؛ ما يسمح بسد الفجوة بينهما من خلال مساعدة المتعلمين على إحكام السيطرة على متغيرات الظاهرة الفيزيائية عبر تمثيل المفاهيم بشكل مبسط يساعد على الفهم، والتفسير، والتنبؤ بالعلاقات بشكل أفضل، حيث يتم تمثيل المشكلات الفيزيائية في صبغة رياضياتية، وإيجاد حلول لها باستخدام نموذج رياضياتي ثم ترجمة هذا الحل مرة أخرى إلى العالم الواقعي.

ويشير Jiang et al. (٢٠٠٠) إلى أن استخدام النمذجة الرياضياتية يسهم في تحسين مخرجات التعلم؛ حيث تزداد دافعية التعلم لدي المتعلمين من خلال ربط ما يتعلمونه في فصول الدراسة بحياتهم بحيث تصبح ذات معنى، وتساعدهم أيضًا على إدراك العلاقة بين المشكلات المجتمعية والفيزياء والرياضيات من جهة، وبين الفيزياء والرياضيات من جهة أخرى – ليس هذا فحسب- بل إنها قد تغير من اتجاهات المتعلمين نحو الفيزياء والرياضيات؛ كنتيجة لرؤيتهم هذين المجالين كمجالين مرتبطين معا، ومرتبطين في الوقت ذاته مع مشكلاتهم الواقعية. وهو ما أكدته محبات أبو عميرة (٢٠٠٠) بأن النمذجة الرياضياتية لا تقتصر على مجال الرياضيات فقط، حيث أن لها دور مجتمعي في معالجة بعض قضايا المجتمع ومشكلاته، والاتجاه نحو تطبيق الرياضيات في العلوم الأخرى، وتدريب الطلاب على توظيف الرياضيات في مواقف حياتية.

خطوات النمذجة الرياضياتية:

تختلف خطوات النمذجة باختلاف المفاهيم، والمتغيرات المستخدمة في بناء النموذج، وطبيعة النواتج المستهدفة، فقد صنف Kaiser and Schwarz (٢٠٠٦) النمذجة الرياضياتية إلى ستة أنماط، وهي: النمذجة الواقعية، والنمذجة السياقية، والنمذجة الإدراكية، والنمذجة الاجتماعية، والنمذجة التربوية، ونمذجة اكتشاف النموذج. والنمط الأخير هو المستخدم في البحث الحالي؛ حيث تساعد المتعلمين على بناء تمثيلات تعمل كنماذج رياضياتية تساعد على فهم المشكلة ومتغيراتها، وما بينها من علاقات كما تنطوي على عمليات ترييض الموقف متمثلة في الوصف، والتكميم، والتحليل، والبناء، والتمثيل (Lesh et al., 2000).

وحاول كل من Kaiser and Schwarz بناء دورة النمذجة الرياضياتية كما يوضحها الشكل الآتي:



شكل (١): دورة النمذجة الرياضياتية

وبصفة عامة تنطلق عمليات النمذجة من الواقع بمشكلة، أو موقف حياتي يحاول المتعلم أن يفهمه، وفي أثناء سعيه لذلك يقوم بتحديد المفاهيم التي تدور حولها المشكلة، وتحديد المطلوب، والبيانات اللازمة للحل، ومدى توافرها مع عزل البيانات غير ذات الصلة، ثم تنظيم تلك البيانات. ويليه الترييض من خلال صوغ المشكلة، وتمثيلها رياضياتيًا مستخدمًا النموذج الملائم، ومقترحًا خطة للحل، والعمل رياضياتيًا بتنفيذ خطة الحل مستخدمًا الإجراءات الرياضياتية الملائمة، والتفسير بتأمل الحل والتحقق منه، وتحديد مدى معقوليته، وأخيرًا الاكتشاف من خلال إدراك العلاقة بين استخدام النموذج الرياضياتي، والموقف الأصلي.

النمذجة الرياضياتية في تعليم الفيزياء:

يتضمن تعليم الفيزياء التعامل مع مشكلات تتسم بدرجة عالية من الصعوبة والتجريد؛ وهو ما يجعل تناولها، ومعالجتها في العالم الحقيقي، أو الواقعي أمرًا بعيد المنال في كثير من الأحيان، مثل: دراسة حركة الإلكترونات، والتفاعلات التي تحدث بين الجسيمات الموجودة داخل نواة الذرة، وحركة الأمواج ... إلخ. ومن هذا المنطلق تمثل النمذجة مدخلاً للتغلب على تلك الصعوبات، بل تكاد تكون أحد المداخل القليلة التي

يمكنها تقديم صورة مقربة للواقع انطلاقًا من أن النموذج يعد تمثيلاً للواقع، وتبسيطًا له في الوقت ذاته.

وبرغم أهمية النمذجة في عمليتي التعليم، والتعلم لما تؤديه من دور فعال في مساعدة المتعلمين على الارتباط بحياتهم الواقعية، وتنمية مهارات التواصل لديهم؛ فإنها لا تُعد مجال اهتمام لمعلمي الفيزياء. وقد يكون ذلك راجعًا إلى عدم المعرفة بها، أو نقص خبرة المعلمين بالنمذجة الرياضياتية؛ ما يؤدي إلى عزوفهم عن استخدامها مع طلابهم (Ang, 2010)، والذين بدورهم قد يتواجد لديهم قلق، ورهبة من الرياضيات تؤثر على ثقتهم في قدرتهم على التعامل مع الفيزياء، وهو ما أكده المجلس القومي لمعلمي الرياضيات NCTM ضمن وثيقة معايير المنهج، وتقويم الرياضيات، والتي تشير إلى ضرورة رفع مستويات المتعلمين في الرياضيات، وذلك برفع الحد الأدنى الإلزامي للمعرفة الرياضياتية لديهم لمواجهة متطلبات الحياة المستقبلية ما يجعلهم أكثر ثقة في قدرتهم على التعامل مع الرياضيات، ومتمكنين من حل المشكلات، ويستخدمون لغة الرياضيات في التواصل (NCTM, 1989).

ولعل الهدف من استخدام النمذجة الرياضياتية في تعليم الفيزياء، هو مساعدة المتعلمين على فهم أوضح للأحداث، والمواقف، والظواهر الفيزيائية، وضبط متغيراتها من خلال تمثيل المفاهيم الفيزيائية بشكل مبسط يساعد على الفهم، والتفسير، والتنبؤ بالعلاقات بشكل أفضل، حيث يتم تمثيل المشكلات الفيزيائية في صبغة رياضياتية، وإيجاد حلول لها باستخدام نموذج رياضياتي ثم ترجمة هذا الحل مرة أخرى إلى العالم الواقعي.

النمذجة الرياضياتية وتعليم الفيزياء:

أدى التطور العلمي والتكنولوجي المتسارع في مجالات الحياة المختلفة إلى ظهور تحديات من نوع جديد، أحدثت تحولاً في تعليم الفيزياء من حيث أهدافه، ومحتواه، واستراتيجياته ... إلخ، فأصبح انغماس المتعلمين في حل مشكلات ترتبط بحياتهم اليومية أحد الأهداف الرئيسة لتعليم الفيزياء؛ ما يساعدهم على اكتساب عدد من المهارات النوعية التي تعينهم على مواجهة ما يطرحه المستقبل من تحديات. وهو ما فرض على العاملين في ميدان تعليم الفيزياء ضرورة البحث عن طرق، واستراتيجيات جديدة لتعليم الفيزياء بما يتناسب مع أهداف تعلمها الجديدة. وفي العقد الأخير من القرن العشرين قدم العاملون في ميدان تعليم الرياضيات مفهوم النمذجة الرياضياتية كأحد استراتيجيات تعليم الرياضيات لما لها من دور في مساعدة المتعلمين على استيعاب الرياضيات، واكتساب عديد من المهارات (Kertil & Gurel, 2016). وأظهرت الدراسات المختلفة التي أجريت في ميدان تعليم الرياضيات فاعلية استخدامها في الفصول الدراسية في تنمية متغيرات عدة منها

التحصيل الدراسي، ومهارات حل المشكلة، والتفكير الرياضي، والقياس (انظر على سبيل المثال دراسة: English, 2012; English, 2006; Gould, 2013; Lege, 2003; Sauer, 2000; Wares, 2001) . واتساقًا مع هذه العناية المتزايدة بدور النمذجة الرياضياتية في مساعدة المتعلمين على التعلم أظهرت بعض الدراسات فاعلية استخدام النمذجة الرياضياتية في تنمية متغيرات تنتمي إلى الرياضيات، أو مجالات أخرى، ومنها:

دراسة Sauer (٢٠٠٠) التي هدفت إلى تنمية مهارات حل المشكلات لدى طلاب المرحلة الثانوية. وتوصلت الدراسة إلى أن أفراد عينة البحث الذين شاركوا في البرنامج نمت لديهم مهارات حل المشكلات حيث تمكنوا من التعامل مع مشكلات غير مألوفة، ومعقدة مقارنة بنظرائهم أفراد المجموعة الضابطة.

ودراسة Wares (٢٠٠١) التي هدفت إلى دراسة العلاقة بين أنماط التفكير، والنماذج التي يمكن لطلاب الصف الأول الإعدادي انتاجها حيث توصلت الدراسة إلى وجود ارتباط قوي بين متغيرات الدراسة فكلما تنوعت أنماط تفكير الطلاب، تنوعت النماذج المقدمة من قبلهم.

ودراسة Lege (٢٠٠٣) التي هدفت إلى تعرف فاعلية نماذج تدريسية مختلفة في تنمية النمذجة الرياضياتية لدى المتعلمين، وقدرتهم على استخدامها في حل المشكلات. وتوصلت الدراسة إلى أن أداء المتعلمين الذين تعرضوا لبرامج يتضمن محتواها مشكلات مفتوحة النهاية أفضل من نظرائهم الآخرين.

ودراسة English (٢٠٠٦) التي هدفت إلى تنمية الاستيعاب المفاهيمي، والعمليات الرياضياتية لدى تلاميذ الصف السادس الابتدائي من خلال استخدام النمذجة الرياضياتية في بناء نموذج رياضياتي لدليل المستهلك. وشارك في الدراسة عدد من المعلمين في أثناء الخدمة من خلال تصميم أنشطة على أنها مشكلات تتطلب حلولاً للمستهلكين. وتوصلت الدراسة إلى فاعلية البرنامج في تنمية الاستيعاب المفاهيمي، والعمليات الرياضياتية لدى التلاميذ المشاركين في الدراسة كما نمت مهارات التفكير الناقد لديهم حيث أصبحوا قادرين على نقد النموذج المقدم لهم، ومن ثم تطويره.

ودراسة Schukajlow et al. (٢٠١٢) التي تمت على عينة من طلاب الصف الثالث الإعدادي، وأشارت إلى فاعلية النمذجة الرياضياتية في تنمية اتجاهات المتعلمين نحو الرياضيات حيث أشارت نتائج الدراسة إلى زيادة اهتمام المتعلمين بالرياضيات عقب مشاركتهم كما أنها تركت آثارًا إيجابية، وممتعة لديهم.

ودراسة Czocher and Maldonado (٢٠١٥) التي تمت على عدد ١٢ طالبًا من طلاب المرحلتين الإعدادية والثانوية. واعتمدت الدراسة على المنهج النوعي في دراسة النماذج الرياضياتية التي يستخدمونها، وعلاقتها بقدرتهم على فهم المشكلات

اللفظية وحلها. وتوصلت الدراسة إلى أن المتعلمين الذين لديهم القدرة على حل المشكلات اللفظية يستخدمون النماذج الرياضياتية بشكل أفضل من نظرائهم الآخرين.
ودراسة Stohlmann, Maiorca and Olson (٢٠١٥) التي هدفت إلى إعداد برنامج قائم على الأنشطة للطلاب المعلمين؛ بهدف تنمية قدرتهم على استخدام النمذجة الرياضياتية في عمليتي التعليم والتعلم. وتوصلت الدراسة إلى فاعلية البرنامج في تنمية مهارات، واتجاهات الطلاب المعلمين نحو استخدام النمذجة الرياضياتية.
ودراسة Schwerdtfeger (٢٠١٧) التي هدفت إلى تعرف مدركات المعلمين حول النمذجة الرياضياتية، وعلاقتها بعدد من المتغيرات. وقد اعتمدت الدراسة على عينة من الطلاب معلمي الرياضيات (قبل الخدمة)، ومعلمي الرياضيات (أثناء الخدمة). وتوصلت الدراسة إلى عدم وجود ارتباط بين مدركات الطلاب المعلمين، ومعلمي الرياضيات في أثناء الخدمة، وأداءاتهم التدريسية كما أشارت الدراسة إلى عدم وجود ارتباط بين مدركات المعلمين في أثناء الخدمة، وعدد سنوات الخبرة لديهم.
وبتحليل الدراسات السابقة نخلص إلى عدد من الجوانب من أبرزها:

- تنوعت العينة المشاركة في هذه الدراسات من حيث الفئات، والمرحلة الدراسية. فعلى سبيل المثال اعتمدت دراسة Sauer (٢٠٠٠) على عينة من طلاب المرحلة الثانوية في حين تمثلت العينة في دراسة Stohlmann, Maiorca and Olson (٢٠١٥) في مجموعة من الطلاب المعلمين. وجمعت دراسة English (٢٠٠٦) بين فئتين، هما: الطلاب، والمعلمين كما جمعت دراسة Schwerdtfeger (٢٠١٧) –أيضًا- بين فئتين: هما، معلمو الرياضيات قبل الخدمة، وأثناءها.
- اعتمدت أغلب الدراسات على المنهج شبه التجريبي في تعرف فاعلية النمذجة الرياضياتية في تنمية متغير تابع، أو أكثر في حين اعتمدت أقلية من الدراسات على المنهج الوصفي لفهم طبيعة النماذج التي يستخدمها المتعلمون في حل المشكلات اللفظية كدراسة Czocher and Maldonado (٢٠١٥)، أو تعرف العلاقة بين مدركات المعلمين حول النمذجة الرياضياتية، وأداءاتهم التدريسية، وعدد سنوات الخبرة لديهم كدراسة Schwerdtfeger (٢٠١٧).
- تنوعت الأدوات المستخدمة في الدراسات السابقة بما يقابل الهدف من الدراسة، فقد استخدمت أدوات عدة كمقياس الاتجاه كما في دراسة Schukajlow et al. (٢٠١٢)، والمقابلات الشخصية كما في دراسة Czocher and Maldonado (٢٠١٥)، وبطاقات الملاحظة كما في

دراسة Schwerdtfeger (٢٠١٧)، واختبار حل المشكلات كما في دراسة English (٢٠٠٦).

ويلاحظ أن أغلب الدراسات التي تمت كانت في مجال تعليم الرياضيات لتعرف فاعلية استخدام النمذجة في تنمية متغيرات كالتحصيل الدراسي، والعمليات الرياضياتية، ومهارات حل المشكلات؛ لذا فإن البحث الحالي يهدف إلى استخدام أحد الأساليب التي ظلت وثيقة الصلة بمجال تعليم الرياضيات لفترة طويلة في مساعدة الطلاب المعلمين لفهم أحد المفاهيم الكبرى في مجال آخر، وهو مجال تعليم الفيزياء، والقدرة على استخدامها في التطبيقات الرياضياتية والحياتية لهذا المفهوم من خلال فهم أوضح للأحداث، والمواقف المرتبطة بالمفهوم، وإحكام السيطرة على متغيراته.

إجراءات البحث:

للإجابة عن السؤال الأول من أسئلة البحث **"ما مستوى استيعاب الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية لمفهوم مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية؟"**. اتُبعت الخطوات الآتية:

١. بناء عدد من المهام كمشكلات رياضياتية وحياتية؛ بلغ عددها ثمان مهام حول مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية.
٢. إعداد مقاييس تقدير scaling rubrics لتصحيح الاختبار.
٣. التحقق من صدق الاختبار، ومقاييس التقدير من خلال عرضهما على اثنين من المتخصصين في مجال تعليم العلوم والرياضيات؛ لإبداء آرائهم فيهما.
٤. إجراء التعديلات اللازمة في ضوء آراء المحكمين، والخروج بالصورة النهائية من الاختبار (ملحق ١).
٥. تجريب الاختبار على عينة استطلاعية من الطلاب المعلمين؛ بلغ عدد أفرادها (٢٦) طالبًا معلمًا؛ لحساب ثبات الاختبار.
٦. حساب ثبات الاختبار؛ باستخدام طريقة كرونباخ ألفا؛ حيث كانت قيمته مساوية (٠,٨٤)؛ ما يشير إلى قيمة مقبولة لثبات الاختبار.
٧. تطبيق الاختبار على عينة من الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية بلغ عددها ٥٢ طالبًا معلمًا.
٨. تحليل النتائج وتفسيرها بما يوفر للبحث قيمته التشخيصية.

وللإجابة عن السؤال الثاني من أسئلة البحث "ما البرنامج المقترح القائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم؟. اتُبعت الخطوات الآتية:

١. إجراء مسح لأدب المجال والدراسات السابقة التي تناولت النمذجة الرياضياتية؛ من حيث: المفهوم، والأهداف، والمنطلقات، والأنواع، والمجالات، والإجراءات.

٢. تحديد الإطار العام للبرنامج، ويتضمن:
- منطلقات البرنامج.
- نواتج البرنامج التعليمية.
- محتوى البرنامج.
- أساليب التدريب.
- الوسائل التعليمية.
- أنماط بيئة التعلم الصفي.
- أساليب التقويم، وأنشطته.
- الخطة الزمنية لتنفيذ البرنامج.

٣. إعداد الصورة الأولية لكل دليل من أدلة البرنامج المقترح (دليل المدرب، ودليل المتدرب).

٤. ضبط البرنامج، وتضمن عرض البرنامج على مجموعة من المحكمين من المتخصصين في مجال تعليم العلوم والرياضيات.

٥. تنفيذ التعديلات المطلوبة، وصوغ الصورة النهائية لكل من: دليل المدرب، ودليل المتدرب (ملحق ٢ & ملحق ٣).

تحليل البيانات، ومناقشة النتائج:

يتناول هذا البند تحليل البيانات، ومناقشة النتائج، وتفسيرها؛ للإجابة عن أسئلة البحث.

وللإجابة عن السؤال الأول من أسئلة البحث "ما مستوى استيعاب الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية لمفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية؟". اتُبعت الخطوات الآتية:

قام الباحثان بتطبيق اختبار مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية على عينة من الطلاب معلمي العلوم في كلية التربية- جامعة الإسكندرية بلغ عددها (52) طالبًا معلمًا. أعقب ذلك تصحيح استجابات الطلاب المعلمين باستخدام مقاييس التقدير المتدرجة scoring rubrics.

ومما هو جدير بالذكر أنه تم الاعتماد على إجابات أفراد عينة البحث في أثناء المقابلة الشخصية لدعم تحليل نتائج الاختبار وتفسيرها. ويوضح جدول (١) المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية لنتائج تطبيق الاختبار على أفراد عينة البحث.

جدول (١): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري وقيمة "ت" لاختبار مركز الثقل وتطبيقاته الرياضية والحياتية

عدد الأفراد (ن)	المتوسط الحسابي	المتوسط الاعتباري	الإنحراف المعياري	قيمة "ت"	مستوى الدلالة (٠,٠٥)
٥٢	٧,٧	١٠	٠,٩٧	-17.048	0.00

يتضح من الجدول السابق وجود انخفاض دال عند مستوى ثقة (٠,٠٥) في متوسط درجات أفراد العينة في اختبار مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية عن القيمة المحددة للمتوسط الاعتباري (١٠ درجات) في البحث الحالي التي تقابل الفترة الواقعة بين تقديري "متوسط وجيد" في مقياس التقدير المتدرج.

وقد بلغ متوسط درجات الطلاب المعلمين في الاختبار ٧,٧ درجة، وتنخفض هذه القيمة عن المتوسط الاعتباري (١٠ درجات) بما يعادل نسبة مئوية قدرها ٦٤,١٨٪، ٨٣,٣٣٪ لكل من المتوسطين الحسابي، والاعتباري على الترتيب.

وتعد هذه النسبة أدنى مما يجب أن يكون عليه مستوى استيعاب الطلاب معلمي العلوم لأحد المفاهيم الرئيسة في ميدان تعليم الفيزياء، وهو مركز الثقل وتطبيقاته؛ ذلك أنهم سيطلعون في المستقبل القريب بمساعدة طلابهم على اكتسابه كأحد البنى المعرفية الرئيسة التي نشهد تطبيقاتها المتنوعة في حياتنا اليومية كما أنه أحد المفاهيم البينية التي تربط بين مجالي العلوم والرياضيات.

وبرغم اتفاق نتائج البحث الحالي مع نتائج عدد من الدراسات التي تمت في مجال إعداد معلم العلوم (حجازي عبد الحميد، ١٩٩٢؛ هالة طليمات، ١٩٩٢؛ محمد إبراهيم فوده، ١٩٩٤؛ محمد مصطفى، ٢٠٠٤) التي أشارت إلى وجود تدني في برامج إعداد معلم العلوم، فإنها تختلف عنها في الأسلوب المتبع في التشخيص؛ الأمر الذي مكن البحث الحالي من الكشف عن أوجه أخرى للقصور في برنامج إعداد معلم العلوم مثل الاعتماد على البديهة Common Sense في تفسير عدد من المواقف، فضلاً عن فشل برنامج الإعداد في تصحيح التصورات البديلة لدى الطلاب المعلمين عن بعض المواقف الحياتية. وعلى الرغم من صعوبة تحديد منشأ التصورات البديلة Alternative Conception بدقة، فإن هناك دلائل تشير إلى دور البيئة المحيطة، وتفاعل المتعلمين معها في تكوين تلك التصورات. وفي هذا السياق يؤكد Wheeler (١٩٨٣) على أن المفاهيم، والادراكات المستمدة من خبرات الحياة اليومية تحدد تفسيرات الخبرات الجديدة.

ويشير Taber and Watts (٢٠٠٠) إلى أن جودة التفسير العلمي ترتبط بالإجابة عن السؤال **"لماذا تبدو هكذا الأشياء?Why it is"**، وليس **"لماذا أعتقد أن الأشياء هكذا تبدو ?Why I think it is"**.

فعلى سبيل المثال إذا ما سئل أحد الطلاب "لماذا يختل توازن الجسم عند محاولة الانحناء وخلفنا حائط؟"، وكانت الإجابة "لأن رأس الانسان هي الأكبر وزنا ما يؤدي لاختلال توازن الجسم"، فإنه يمكن الحكم على تلك الإجابة بأنها خادعة، وليست صحيحة؛ لأنها تجيب عن النمط الثاني من الأسئلة Why I think it is? بينما إذا كانت الإجابة "لأن مركز ثقل الجسم في هذه الحالة يقع خارج نقطة الارتكاز؛ وهو ما

يفقد الجسم اتزانه"، فإنه يمكن الحكم على تلك الإجابة بأنها أفضل من الإجابة الأولى لأنها تجيب عن النمط الأول من الأسئلة Why it is?. (لمزيد من التفصيل انظر الموقف الثالث)

ونتناول فيما يلي نتائج أفراد عينة البحث في كل موقف من مواقف الاختبار حيث يوضح جدول (٢) المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، والنسب المئوية في كل موقف من مواقف اختبار مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية.

جدول (٢): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية والنسب المئوية لمواقف اختبار مركز الثقل وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية

م	الموقف/المشكلة	المتوسط	الانحراف المعياري	النسبة المئوية	الترتيب
1	الأول	8.37	1.74	69.71	1
2	الثاني	7.94	1.82	66.19	٣
3	الثالث	7.33	1.67	61.06	٧
4	الرابع	8.25	1.93	68.75	٢
5	الخامس	7.50	2.46	62.50	5
6	السادس	7.71	1.89	64.26	٤
7	السابع	7.44	1.84	62.02	٦
8	الثامن	7.08	1.62	58.97	8
9	المجموع	7.7	1.87	64.18	

ويُلاحظ من الجدول السابق ما يأتي:

- بلغ عدد المواقف المتضمنة في الاختبار ثمانية مواقف، وتراوح متوسط درجات أفراد عينة البحث بين 7.08 - 8.37، وبمتوسط عام ٧,٧ درجة؛ أي ما يعادل نسبة مئوية ٦٤,١٨٪.
- على مستوى المواقف جاء الموقف الأول في المرتبة الأولى "اتزان مسطرة على أطراف الأصابع" بنسبة مئوية قدرها ٦٩,٧١٪ بينما جاء الموقف الثامن في المرتبة الأخيرة "حساب مركز الثقل في مستوى ثلاثي الأبعاد" بنسبة مئوية قدرها ٥٨,٩٧٪.
- المواقف الثالث، والسابع، والثامن من الاختبار جاءت في مرتبة متأخرة من حيث الترتيب بنسب مئوية قدرها ٦١,٠٦٪، ٦٢,٠٢٪، ٥٩,٣٪ على الترتيب. وقد يكون ذلك راجعًا إلى أن هذه المواقف قد ركزت على التطبيقات الرياضياتية لمركز

الثقل حيث عنيت هذه المواقف بحساب موضع مركز الثقل جبريًا لجسم في مستوي ثنائي الأبعاد، ومستوى ثلاثي الأبعاد.

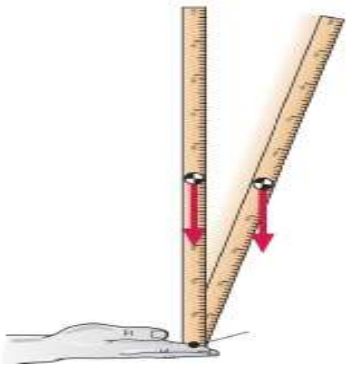
- المواقف الأول، والثاني، والرابع من الاختبار جاءت في مرتبة متقدمة من حيث الترتيب بنسب مئوية قدرها 69.71%، 66.19 %، 68.75% على الترتيب. وقد يكون ذلك راجعًا إلى أن هذه المواقف قد عُنيت بتعرف مستوى استيعاب الطلاب المعلمين للتطبيقات الحياتية لمركز الثقل؛ ما يجعل الطلاب المعلمين أكثر احتكاكًا بها، وبالتالي أكثر قربًا من أذاهانهم.

ونحاول في الجزء التالي مناقشة نتائج البحث الحالي بصورة أكثر عمقًا من خلال تناول بعض المواقف، أو المهمات التي تعرض لها الطلاب المعلمين، واستجاباتهم بالعرض، والتحليل، والمناقشة بما يمكنا من تعرف مدى تمكنهم من مفهوم مركز الثقل وتطبيقاته.

الموقف الأول:

- **وصف الموقف:**

يعبر هذا الموقف عن إحدى الظواهر التي نراها في حياتنا اليومية - أو قد نكون مارسناها يومًا ما- وهو تثبيت مسطرة على أطراف أصابع اليد ثم محاولة التحرك بها في أرجاء المكان دون أن تسقط المسطرة كما هو مبين في الشكل الآتي.



شكل (٢): اتزان مسطرة على أطراف أصابع أحد الأطفال

- **استجابات الطلاب المعلمين:**

برغم ألفة أفراد عينة البحث بهذا الموقف حيث أشاروا إلى أنهم قد مارسوه في صغرهم، أو شاهدوا تلاميذهم في أثناء التربية العملية يمارسونه، أو حتى شاهدوا مثيلاً له على شاشات التلفاز، فإن أي منهم لم يتساءل يومًا عن الخلفية الفيزيائية

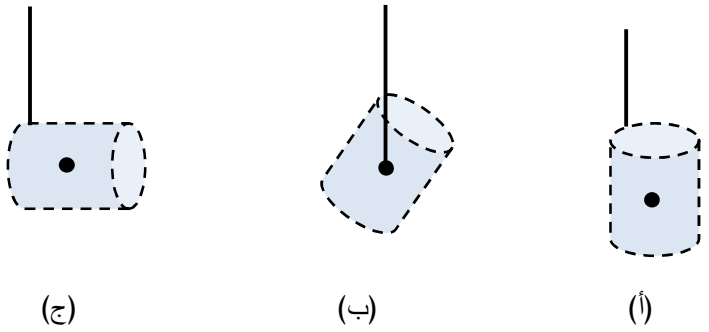
لهذا الحدث. ومالت أغلب استجابات الطلاب المعلمين إلى أن الجسم (المسطرة) تكون في حالة ثبات ما يؤدي إلى عدم سقوطها. وعندما طرحت عليهم فكرة أن الجسم لا يسقط أيضًا عند حركة اليد ما يعنى انتفاء الثبات، مال بعض أفراد العينة إلى طرح فكرة انتقال الجسم (المسطرة) إلى حالة الاتزان مع حركة الجسم.

ويلاحظ من استجابات الطلاب المعلمين وجود حالة من الخلط بين مفهومي الثبات، والاتزان؛ لذا فقد طُلب منهم خلال المقابلة الشخصية تفسير عدم سقوط الجسم حتى عند حركة اليد. واتسمت استجابات أغلب أفراد عينة البحث بعدم القدرة على الربط بين المفهومين (الثبات، والاتزان)، بينما قدم أغلبهم تفسيرًا مقبولاً لهذه الظاهرة تمثل في أن وزن المسطرة يكون مركزًا على أطراف الأصابع عند ثبات الجسم، وفي حالة الحركة يحاول الطفل الذي يلهو تحريك المسطرة بحيث يكون أغلب وزنها فوق أطراف الأصابع؛ وهو ما يؤدي إلى عدم سقوطها.

الموقف الثاني:

- **وصف الموقف:**

في هذا الموقف طلب من أفراد العينة تحديد أي الأسطوانات تصل إلى حالة الاتزان بشكل أسرع كما هو مبين في الشكل التالي. ويمثل الشكل ثلاث أسطوانات متماثلة علقت من نقاط مختلفة تعليقًا حرًا، وتركت تتأرجح حتى تصل إلى حالة الاتزان.



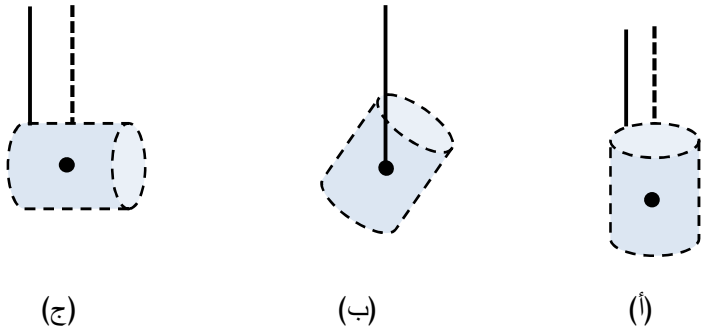
شكل (٣): اتزان جسم أسطواني الشكل عند تعليقه تعليقًا حرًا

- **استجابات الطلاب المعلمين:**

مالت استجابات الطلاب المعلمين إلى اختيار الشكل (ب)، وعلل أغلبهم ذلك بأن نقطة التعليق تقع فوق مركز الأسطوانة؛ ما يجعلها الأسرع في الوصول إلى حالة الاتزان مقارنة بنظيرتيها.

وبتحليل استجابات أفراد العينة نجد أن أغلبهم قد توصل إلى الحل الصحيح من خلال اختيار الشكل (ب). وللحصول على فهم أكثر عمقًا، فقد طرح عليهم بعض التساؤلات في أثناء المقابلة الشخصية مثل: كيف يمكن للشكلين (أ)، (ج) أن يصلا إلى حالة الاتزان في ذات الوقت مع الشكل (ب)؟

واختلفت استجابات الطلاب المعلمين حيث يرى البعض استحالة المساواة بين الأشكال الثلاثة من حيث الوصول إلى حالة الاتزان في الوقت ذاته. في حين يرى البعض الآخر إمكانية الوصول إلى هذه الحالة عند تغيير نقطة التعليق بحيث تصبح فوق مركز الأسطوانة مع افتراض ثبات باقي المتغيرات ككتلة الأسطوانة، ونوع المادة المصنوعة منها، ونوع خيط التعليق، وطوله ... إلخ. وهو ما يمكن توضيحه من خلال الشكل الآتي:



شكل (٤): تعديل موضع تعليق الجسم الأسطواني

وتوضح الخطوط المتقطعة في الشكل السابق تغير موضع تعليق الأسطوانة بحيث تصبح فوق مركز الأسطوانة –وفقًا لتعبير أفراد العينة- أو بمعنى آخر أن تصبح نقطة التعليق فوق مركز الثقل Center of gravity مباشرة حيث يُعرف فيزيائيًا بأنه: النقطة التي تكون عندها محصلة القوى المؤثرة تساوي صفر؛ لذا يطلق عليها منتصف الكتل Center of mass.

ويلاحظ ميل الطلاب المعلمين إلى استخدام مفهوم هندسي، وهو مركز الأسطوانة للتعامل مع الموقف عوضًا عن المفهوم الفيزيائي مركز الثقل؛ حيث يعبر الأول عن منتصف المسافات بين أطراف الجسم في حين يعبر الأخير عن منتصف الكتل.

وقد تكون هذه الفكرة ناجحة في حالة الأجسام ثلاثية الأبعاد المنتظمة كالأسطوانة، والمكعب حيث يتطابق موضع مركز الأسطوانة (المفهوم الهندسي) مع مركز الثقل (المفهوم الفيزيائي) بينما لا تكون صحيحة في حالة الأجسام ثلاثية الأبعاد غير

المتماثلة؛ لذا فقد طرح على أفراد عينة البحث بعض التساؤلات في أثناء المقابلة الشخصية للحصول على فهم أكثر عمقًا مثل: كيف يمكن للشكل (أ) أن يصل إلى حالة الاتزان قبل الشكل (ب) مع افتراض أن نقاط التعليق كما هي موضحة في الشكل (4)؟

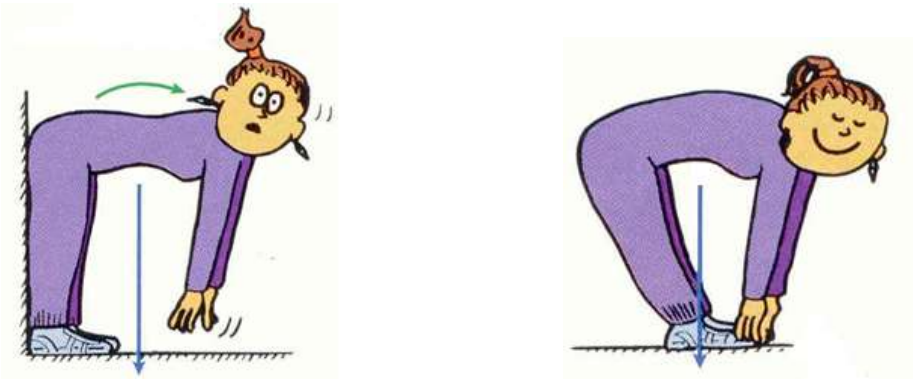
وأشارت استجابات نسبة قليلة جدًا من أفراد العينة إلى إمكانية حدوث ذلك في حالة أن يكون الجسمين غير منتظمين من حيث توزيع الكتل بما يجعل نقطة التعليق في الشكل (أ) أقرب إلى محصلة الكتل –أو مركز الثقل- مقارنة بنظيرتها في الشكل (ب).

يتضح مما سبق انتقال بعض أفراد العينة إلى استخدام مركز الثقل (المفهوم الفيزيائي) للتنبؤ بإمكانية أن يصل الشكل (أ) إلى حالة الاتزان قبل الشكل (ب). كما تشير استجابات الطلاب المعلمين خلال المقابلة الشخصية إلى غياب مفهوم مركز الثقل عما قدموه من تفسيرات لأحد المواقف، فضلاً عن ميل أغلب الطلاب المعلمين لاستخدام التفسير الرياضياتي مقارنة بالتفسير الفيزيائي.

الموقف الثالث:

- **وصف الموقف:**

من الأحداث المتكررة التي نشاهدها في حياتنا اليومية، وهو اختلال توازن الجسم عند محاولة الانحناء وخلفنا حائط كما هو مبين في الشكل التالي. ويُطلب من أفراد العينة تفسير قدرة الرياضيين على الانحناء لأسفل بسهولة لملامسة أطراف أقدامهم، ولكن عندما يوضع خلفهم حائط فإنهم يفقدون اتزانهم ويسقطون.



شكل (٥): التغير في حالة اتزان الجسم مع تغير موضع مركز الثقل

استجابات الطلاب المعلمين:

تمثلت أغلب استجابات الطلاب المعلمين حول تفسير ظاهرة اختلال توازن الجسم في تغير حالة الجسم من متزن إلى غير متزن بسبب أن معظم كتلة الجسم مركزة في رأس الشخص؛ وهو ما يفقده اتزانه عند الانحناء للأمام من وجهه نظر الطلاب المعلمين.

ويلاحظ غياب مفهوم مركز الثقل عن إجابات أغلب أفراد عينة البحث، حيث أنه المفهوم الحاكم في تفسير هذه الظاهرة. فعند انحناء جسم اللاعب الرياضي للأمام يُلاحظ محاولة الجسم تلقائيا إعادة توزيع مركز ثقل ليصبح فوق نقطة الارتكاز الجسم (القدمين) من خلال انبعاج الجزء الخلفي من جسم اللاعب. في حين أن وجود حائط خلف جسم اللاعب لا يمكنه من القيام بذلك؛ فيختل توازنه ويسقط. وفيما يلي بعض من إجابات الطلاب المعلمين في أثناء المقابلة الشخصية.

جدول (٣): بعض من إجابات أفراد عينة البحث في أثناء المقابلة الشخصية

R[4] : كيف فسرت عدم قدرة اللاعب الرياضي على الاحتفاظ بتوازنه عندما يكون خلفه حائط؟

T_3 [5]: اعتقد أن وضعية جسم اللاعب تخل بتوازنه بسبب أن أغلب وزن الجسم يقع خارج نقطة الارتكاز.

R : هل سبق وأن صادفت هذا الموقف في حياتك اليومية؟

T_3: ليس هذا الموقف بالضبط ولكن هناك مواقف اخرى مشابهة واجهتها.

R: هل يمكنك إعطائي مثال؟

T_3: اعتقد أن هذا الموقف مشابه لموقف آخر وهو وقوفي في الصف الأخير في المسجد أثناء الصلاة.

R: هل سبق وأن صادفت هذا الموقف في حياتك اليومية؟

T_5 : نعم.

R: هل يمكنك إعطائي مثال؟

T_5: أذكر تحدي طلبه منا أحد المعلمين عندما كنت في الإعدادية القيام بتحدي، وهو أن أقف على أطراف أصابع قدمي ففعلت، ولكن عندما طلب منى الوقوف في مواجهه الحائط وتكرار التجربة لم أتمكن!

R: لمـاذا؟

T_5: لست متأكدًا، ولكن الحالة الأخيرة تستدعي أن يكون الرأس فوق أطراف الأصابع حتى يحتفظ الجسم بتوازنه، وهو ما يستحيل أن يحدث بسبب وجود الحائط.

أظهرت المقابلة التي تمت مع عدد من الطلاب المعلمين معرفتهم بالظاهرة في صور عدة من الحياة اليومية سواء شاهدوها، أو مارسوها، ومن بينها الوقوف في الصف الأخير في أثناء الصلاة؛ مما يؤدي إلى اختلال توازن جسم المصلي، أو عدم إمكانية الوقوف على أطراف الأصابع عندما يكون الجسم مواجهًا لحائط بسبب ممانعة الحائط لتقدم الجسم للأمام بحيث يكون الجسم على استقامة واحدة مع نقطة الارتكاز (أطراف الأصابع).

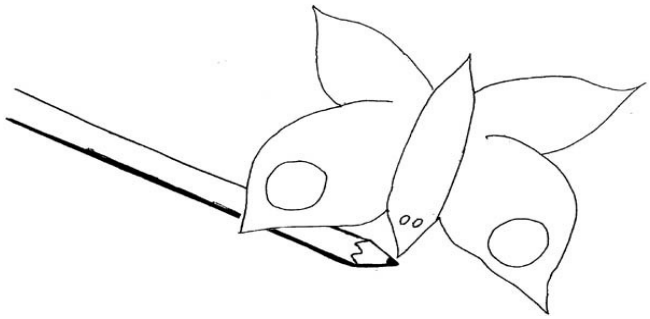
[4] يرمز للباحث بالرمز R

[5] يرمز للطالب المعلم بالرمز T

الموقف الرابع:

- **وصف الموقف:**

تم تصميم هذا الموقف حول نشاط في أحد فصول تعليم الفيزياء الذي يطلب فيه المعلم من المتعلمين تعيين موضع مركز الثقل باستخدام قصاصات من الورق المقوى على شكل فراشة، وأقلام رصاص. وحاول المتعلمون الوصول إلى موضع مركز الثقل عن طريق تحريك جسم الفراشة عشوائيًا وصولاً إلى نقطة الاتزان. كما يشير الموقف إلى تمكن أحد المتعلمين من الوصول إلى حالة اتزان يكون فيها فم الفراشة مثبت على طرف القلم كما هو موضح في الشكل الآتي.



شكل (٦): اتزان جسم الفراشة على سن القلم

- **استجابات الطلاب المعلمين:**

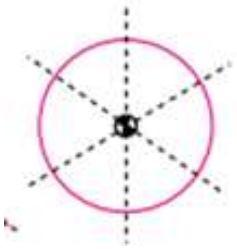
طلب من أفراد العينة تفسير مقدرة أحد المتعلمين إلى الوصول إلى حالة الاتزان بوضع فم الفراشة على طرف القلم الرصاص، وكيف يمكن جعل ذيل الفراشة هو مركز الثقل بدلاً من فمها.

وأشارت إجابات أفراد العينة إلى إمكانية تحديد موضع مركز الثقل بتحريك طرف القلم على جسم الفراشة عشوائيًا وصولاً إلى حالة الاتزان في حين فشل أغلب أفراد العينة في تفسير إمكانية تغيير موضع مركز ثقل الفراشة بحيث يصبح طرف فم الفراشة. وفيما يلي بعض من إجابات الطلاب المعلمين في أثناء المقابلة الشخصية.

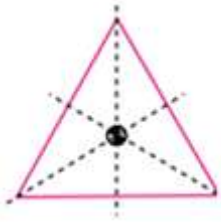
جدول (٤): بعض من إجابات أفراد عينة البحث في أثناء المقابلة الشخصية

R: **إذا كنت في موضع المتعلمين كيف يمكنك تحديد موضع مركز الثقل؟**
T_2: قد اضطر إلى تحريك سن القلم الرصاص بشكل عشوائي على جسم الفراشة حتى أصل إلى نقطة الاتزان.
R: **هل هناك طريقة أفضل من الطريقة العشوائية لتعيين موضع مركز الثقل؟**
T_2: قد يكون من الأنسب طي الورقة المقواه بحيث يضم الجناحين معًا، فيتشكل خط في المنتصف يقسم الفراشة إلى نصفين متماثلين، ثم نطويها أيضًا بالعرض بحيث يكون تقاطع الخطين الطولي والعرضي هو منتصف جسم الفراشة، وهو أيضًا مركز ثقل الفراشة.
R: **كم عدد خطوط التماثل في جسم الفراشة؟**
T_2: اثنين
R: **ما تفسيرك أن أحد المتعلمين تمكن من جعل طرف فم الفراشة هو مركز الثقل ؟**
T_4: هل هذا موقف افتراضي أم حقيقي!
R: **نعم موقف حقيقي.**
T_4: ليس لدي فكرة، ولكن إذا كان صحيحًا، فهو يعني أن المتعلم تمكن من تغيير موضع مركز الثقل.

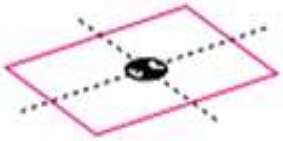
وبتحليل إجابات الطلاب المعلمين في أثناء المقابلة الشخصية يلاحظ من إجابات الطلاب المعلمين الميل إلى استخدام الأسلوب العشوائي في تحديد موضع مركز الثقل بينما تمكن البعض من استخدام فكرة خطوط التماثل لتعيين موضع مركز الثقل. كما يلاحظ وجود مشكلة لدى الطلاب العلمين في تحديد خطوط التماثل بدقة حيث أن جسم الفراشة يحتوي خط تماثل واحد طولى؛ لذا فإن استخدام تقاطع خطوط التماثل لتعيين موضع مركز الثقل تكون ناجحة فقط في حالة الأجسام المتماثلة حيث يكون المركز الهندسي هو ذاته مركز الثقل كما هو موضح في الأشكال التالية. وتتسق استجابات أفراد عينة البحث في الموقف الحالي مع استجاباتهم في الموقف الثاني من حيث الميل إلى استخدام المفاهيم الهندسية أكثر من المفاهيم الفيزيائية في حل المشكلة، أو شرحها، أو تفسيرها.



شكل (٧)



شكل (٨)

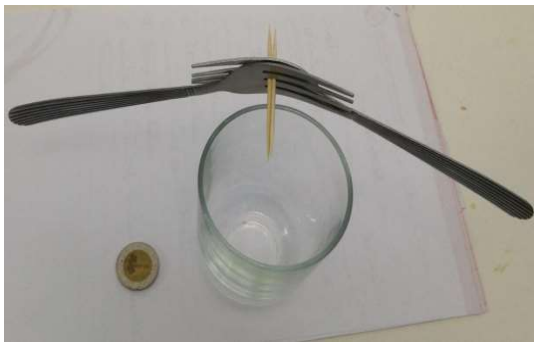


شكل (٩)

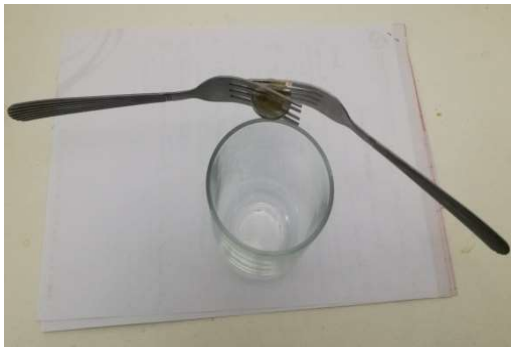
ولم يتمكن أغلب الطلاب المعلمين من تقديم تفسير لأن يكون طرف فم الفراشة هو موضع مركز الثقل، وقد يكون ذلك راجعًا إلى تصور بديل مفاده أن "مركز الثقل الجسم هو نقطة ثابتة غير قابلة للتغيير".

وقد قام الباحثان بتصميم مقابلة حول حدث Interview about event تدور حول فكرة تغيير موضع مركز الثقل، ثم اختيار خمسة من الطلاب المعلمين ممن يعتقدون بثبات موضع مركز ثقل الأجسام. وتدور المقابلة حول تغيير مركز ثقل مجموعة من الأشواك، للحصول على فهم أكثر عمقًا لطبيعة التصورات لدى الطلاب المعلمين عن موضع مركز ثقل الأجسام، وإمكانية تغييره.

وقبل تنفيذ النشاط مع بعض أفراد العينة طلب منهم التنبؤ بموضع مركز ثقل المجموعة المكونة من شوكتين، وعملة معدنية كما تركت لهم الفرصة لاختبار تنبؤاتهم من خلال تثبيت المجموعة على حافة طاولة، أو كوب، أو حتى ورق مقوى.



شكل (١٠): أحد الأنشطة التي نفذها الباحثان لاتزان مجموعة من الأشواك على طرف كوب باستخدام خل الأسنان



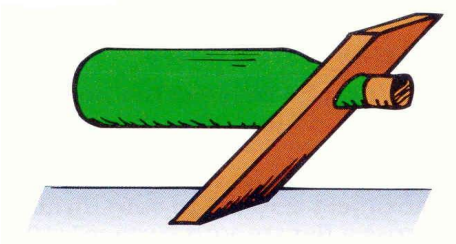
شكل(١١): أحد الأنشطة التي نفذها الباحثان لاتزان مجموعة من الأشواك على طرف كوب باستخدام عملة معدنية

وتشير استجابات أفراد العينة إلى أن مركز الثقل من المتوقع أن يكون منتصف العملة المعدنية، كما أن محاولاتهم لثبيت المجموعة لم تنجح. وهو ما يدعم فرضية وجود تصور بديل لدى بعض أفراد العينة عن موضع مركز الثقل. أعقب ذلك قيام أحد الباحثين بتثبيت المجموعة على طرف العملة المعدنية، ثم تعديل نقطة التثبيت لتصبح منتصف العملة، أو طرف قطعة خشبية صغيرة (خل الأسنان) –كما هو موضح في الشكلين السابقين- ما آثار اندهاش أفراد العينة بإمكانية تعديل مركز ثقل الأجسام.

الموقف الخامس:

- **وصف الموقف:**

هدف هذا الموقف لتعرف فهم الطلاب المعلمين لنقطة الارتكاز، وعلاقتها بمركز الثقل؛ لذا فقد صمم الموقف حول نشاط يُطلب فيه من أفراد العينة تقديم تفسير لاتزان مجموعة مكونة من زجاجة، ولوح خشبي به ثقب على مستوى أفقي كما هو موضح في الشكل الآتي.



شكل (١٢): اتزان مجموعة مكونة من زجاجة مثبتة في لوحة خشبية

- **استجابات الطلاب المعلمين:**

طلب من أفراد العينة تفسير هذا الحدث الممثل في إمكانية وصول المجموعة الموضحة في الشكل السابق إلى حالة الاتزان. في حين تفقد المجموعة اتزانها إذا ما تم تعديل نقطة الارتكاز لتصبح أسفل فوهة الزجاجة؛ أي تعديل اللوح الخشبي ليكون عموديًا على المستوى الأفقي. وفيما يلي بعض من إجابات الطلاب المعلمين في أثناء المقابلة الشخصية.

جدول (٥): بعض من إجابات أفراد عينة البحث في أثناء المقابلة الشخصية

R: **كيف فسرت اتزان هذه المجموعة في الاختبار؟**
T_{12}: اذكر أن تفسيري يدور حول ارتكاز المجموعة عند نقطة في منتصف جسم الزجاجة.
R: **وكيف تأكدت من ذلك؟**
T_{12}: إذا رسمت خط مستقيم رأسيًا من نقطة الارتكاز، فستجده يقطع جسم الزجاجة في المنتصف.
R: **هل يمكن أن تقدم تحليلاً مبسطًا لتوزيع القوى بالنسبة لنقطة الارتكاز كما بينتها؟**
T_{12}: في رأيي هناك قوتان إحداهما أمام نقطة الارتكاز، وتمثل مجموع أوزان فوهة الزجاجة واللوح الخشبي. والقوى الثانية موجودة خلف نقطة الاتزان تتمثل في وزن الجزء المتبقي من جسم الزجاجة.
R: **كيف تعرف أن القوتان متساويتان؟**
T_4: لو لم تكونا متساويتان لسقطت الزجاجة.
R: **هل يتغير اتزان المجموعة إذا عدلنا ميل اللوح الخشبي قليلاً؟**
T_4: أكيد سيختل اتزان المجموعة ثم تسقط.
R: **لماذا؟**
T_4: لأن محصلة القوى ستكون في صالح إحدى الجهتين أمام نقطة الاتزان أو خلفها، وبالتالي تسقط المجموعة.

ويلاحظ أن استجابات أفراد العينة تشير إلى أن نقطة الارتكاز تقع في منتصف جسم الزجاجة، ويستدل البعض منهم على ذلك من خلال رسم مسقط رأسي يمر بنقطة الارتكاز؛ ما يعني توزيعًا متكافئًا للكتل أمام نقطة الارتكاز، وخلفها بحيث تصل المجموعة إلى حالة الاتزان.

كما قام الباحثان بتغيير مسار المقابلة للحصول على فهم لبعض إجابات الطلاب المعلمين، كأن يطرح عليهم فكرة استبدال اللوح الخشبي بشكل هرمي ينتهي بفتحة مماثلة لتلك الموجودة باللوح الخشبي.

وتشير استجابات أفراد العينة إلى الاعتقاد بأن استبدال اللوح الخشبي بشكل هرمي يزيد من ثبات المجموعة. وهو ما يشبه محاولة إمالة كوب من الماء موضوع على منضده قليلاً، فنجد أنه يقاوم الميل محاولاً العودة إلى وضعه الأصلي، ومع زيادة مستوى الميل نجد أنه حتى حد معين نجد أن الكوب يسقط في اتجاه الإمالة؛ نتيجة خروج مركز الثقل عن محيط قاعدة الكوب. وبتكرار الخطوات السابقة مع كوب محيط قاعدته أكبر – أوسع من الكوب السابق- نجد أننا نحتاج إلى إمالته بدرجة أكبر كي يسقط، وهكذا.

وبرغم أن بعض الطلاب المعلمين لم يذكروا المسمى العلمي لمركز الثقل كمفهوم حاكم في هذا الموقف، فإن استجاباتهم تعكس الفهم المطلوب لشرح الموقف، وتفسيره، والتنبؤ بمواقف أخرى مشابهه مستقبلاً.

تعقيب:

أسفرت نتائج تطبيق اختبار مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية، والحياتية عن تدني مستوى فهم الطلاب المعلمين للمفهوم، وقدرتهم على استخدامه في شرح مواقف حياتية ورياضياتية، وتفسيرها كما أشارت النتائج إلى وجود بعض التصورات البديلة لديهم عن بعض المتغيرات المرتبطة بالمفهوم.

وقد أفاد الباحثان من نتائج المقابلات الشخصية في بناء محتوى البرنامج، وأنشطته بما يعكس واقع استيعاب مفهوم مركز الثقل لدى أفراد عينة البحث، وقدرتهم على استخدامه في شرح، وتفسير عدد من الأحداث، والمواقف الحياتية، والرياضياتية. واعتمد في بناء البرنامج على عدد من الأنشطة التي ترتبط بتطبيقات حياتية، أو رياضياتية لمفهوم مركز الثقل كما تشجعهم على البحث، ووضع حلول مقترحة للمواقف التي تدور حولها التطبيقات، فضلاً عن أنها تسمح بالمناقشة، والحوار، والتواصل بين أفراد مجتمع التعلم.

وللإجابة عن السؤال الفرعي الثاني: ما البرنامج المقترح القائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم؟

تم إجراء مسح لأدب المجال، والدراسات السابقة التي تناولت النمذجة الرياضياتية؛ من حيث: المفهوم، والأهداف، والمنطلقات، والأنواع، والمجالات، والإجراءات. كما تم تحديد الإطار العام للبرنامج، والذي تضمن:

- **منطلقات بناء البرنامج؛** استند بناء البرنامج المقترح إلى مجموعة من المنطلقات من أبرزها ما يأتي:
  - أهمية مفهوم مركز الثقل كأحد المفاهيم الكبرى في مجال تعليم الفيزياء؛ حيث تمتد تطبيقاته لتشمل عدد كبير من الظواهر الحياتية.
  - عزوف الطلاب عن الالتحاق بالتخصص العلمي لما تتسم به مواده الدراسية – بعامة والفيزياء بخاصة- من صعوبة وتجريد، فضلاً عن أن تدريسها يكون بعيدًا عن الحياة الواقعية للمتعلمين.
  - مفهوم مركز الثقل هو أحد المفاهيم البينية بين الفيزياء، والرياضيات.
  - أهمية النموذج الرياضياتي؛ حيث يمثل جسرًا يسمح بالربط بين النظرية والتطبيق؛ وهو ما يسمح بسد الفجوة بينهما من خلال مساعدة المتعلمين على إحكام السيطرة على متغيرات الظاهرة الفيزيائية عبر تمثيل المفاهيم بشكل مبسط يساعد على الفهم، والتفسير، والتنبؤ بالعلاقات بشكل أفضل.
  - أهمية تنمية المهارات الرياضياتية، والحياتية لدى الطالب المعلم باعتباره أحد العوامل المؤثرة على تنميتها لدى طلابه.
  - الدور المهم لبرامج إعداد المعلم وتنميته المهنية في إعداد المعلم وتدريبه؛ لتنمية معارفه، واتجاهاته، ومهاراته.
- **النواتج التعليمية للبرنامج؛** عقب الانتهاء من تنفيذ البرنامج المقترح من المتوقع أن تؤدي مشاركة الطالب المعلم الفاعلة في مواقف التدريب، وأنشطته المختلفة أن تنمى لديه كل من: مفهوم مركز الثقل، التطبيقات الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب معلمي العلوم.
- **محتوى البرنامج؛** نُظم محتوى البرنامج حول الموديولات الثلاثة الآتية:
  - الموديول الأول: الإطار العام للبرنامج، والتعريف بمركز الثقل: المفهوم، والأهمية، والتطبيقات.
  - الموديول الثاني: مركز ثقل الأشكال المنتظمة ثلاثية البعد (المنتظمة، وغير المنتظمة).
  - الموديول الثالث: مركز ثقل الأشكال المنتظمة ثنائية البعد، والتطبيقات الرياضياتية، والحياتية لمركز الثقل.

- **أساليب التدريس؛** يستعان في تنفيذ البرنامج باسترتيجية النمذجة الرياضياتية، والتي تسير وفقا لعدد من الخطوات بثلاث مراحل، وهي مرحلة ما قبل الحل، وأثناء الحل، وما بعد الحل. وفيما يأتي وصف موجز لكل مرحلة:

أولاً- مرحلة ما قبل الحل:

- **فهم المشكلة**: وفيها يقدم المدرب المشكلة من خلال أوراق العمل، ويطلب من الطلاب قراءة المشكلة، وتحديد المطلوب، والمعطيات.
- **التنظيم**: وفيها يطلب المدرب من الطلاب تحديد البيانات اللازمة لحل المشكلة، ومدى توافرها، وتحديد البيانات المضللة، وعزلها، فضلاً عن تنظيم ما توصلوا إليه بالطريقة الخاصة بهم.
- **الترييض**: في هذه الخطوة يناقش المدرب مع الطلاب النماذج الرياضياتية التي يمكن استخدامها في تعيين مركز ثقل الجسم، وصولاً إلى اقترح نموذج رياضياتي في تعيين مركز ثقل الجسم.

ثانيًا- مرحلة أثناء الحل:

- **العمل رياضياتياً:** في هذه الخطوة يقوم الطلاب باستخدام النموذج المقترح لتعيين مركز الثقل مع توجيه المدرب.

ثالثًا- مرحلة ما بعد الحل:

- **التفسير**: في هذه الخطوة يطلب المدرب من الطلاب تفسير ما توصلوا إليه من نتائج.
- **الاكتشاف والتوسع**: في هذه الخطوة يسأل المدرب أفراد كل مجموعة اقتراح نموذج رياضياتي لتعيين مركز الثقل، ومقارنة بين ما توصلوا إليه من نتائج مع نتائج مرحلة العمل رياضياتيا، وتفسير أسباب التشابه، أو الاختلاف في النتائج.
- **التـأمل**: وفيها يسأل المدرب الطلاب المعلمين التأمل ذاتيًا في:
  - ✓ الخطوات المتبعة لتعيين مركز الثقل.
  - ✓ النموذج الرياضياتي الذي استخدمته المجموعة.
  - ✓ استراتيجية الحل المتبعة في النشاط.

- **الوسائل التعليمية؛** يُستعان في معالجة محتوى البرنامج بعدد من الوسائل التعليمية؛ وهي: السبورة البيضاء، والأقلام السبورية الملونة، وأوراق النشاط المتضمنة في دليل المتدرب، وبرنامج العروض التقديمية.
- **أنماط بيئة التعلم الصفي؛** يُعتمد في تدريب الطلاب المعلمين على أنشطة محتوى البرنامج على ثلاثة أنماط للتعلم، وهي:

- **التعلم الفردي:** ويتمثل في تأمل أفراد عينة البحث للنشاط تمهيدًا لفهمه، وتحليله، مما ييسر عملية الحل في خطوة تالية.
- **التعلم التعاوني:** ويتمثل في تقسيم الطلاب المعلمين إلى مجموعات متعاونة غير متجانسة – متفاوتة المستوى – بحيث تتشكل كل مجموعة من ٣– ٤ طلاب يعملون معًا على تنفيذ المطلوب في ورقة النشاط.
- **التعلم الجماعي:** ويتمثل في المناقشات الجماعية التي ينظمها المدرب مع الطلاب المعلمين في نهاية تنفيذ المطلوب في ورقة النشاط، بحيث يناقش المدرب الطلاب المعلمين في الأفكار، واستراتيجيات الحل التي استخدمتها المجموعات المختلفة لحل النشاط.

- **التقويم؛** يُعتمد في تقويم مدى تحقق أهداف البرنامج المقترح على ثلاثة أنواع من التقويم، وهي:
  - **التقويم القبلي:** من خلال تطبيق اختبار مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية قبل بدء أنشطة التدريب.
  - **التقويم التكويني**: تنفيذ أنشطة التقويم في أثناء كل موضوع من موضوعات محتوى البرنامج، ممثلة في مرحلة الاكتشاف والتوسع، والتي تُعنى بتطبيق النموذج الرياضياتي على مواقف أخرى مشابهة، فضلا عن اقتراح نماذج أخرى لحل المشكلة.
  - **التقويم التجميعي:** من خلال تطبيق اختبار مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية عقب الانتهاء من التدريب.
- **الخطة الزمنية لتنفيذ البرنامج؛** يستغرق التدريب على أنشطة البرنامج ثمانية أسابيع بواقع جلسة كل أسبوع؛ حيث تستغرق كل جلسة ساعة تدريبية ونصف.

جدول (٦): الخطة الزمنية لتنفيذ البرنامج

الموديول	موضوعات المحتوى	توزيع الجلسات التدريبية	عدد الجلسات
الأول	• الإطار العام للبرنامج.	الجلسة الأولى	١
	• مركز الثقل: المفهوم والأهمية والتطبيقات.	الجلسة الثانية	١
الثاني	• مركز ثقل الأشكال المنتظمة ثلاثية البعد (المجسمات).	الجلسة الثالثة	١
	• مركز ثقل الأشكال غير المنتظمة ثلاثية البعد المتماثلة.	الجلسة الرابعة	١
الثالث	• مركز ثقل الأشكال المنتظمة ثنائية البعد.	الجلسة الخامسة	١
	• مركز ثقل الأشكال غير المنتظمة ثنائية البعد المتماثلة.	الجلسة السادسة	١
	• مركز ثقل الأشكال غير المنتظمة ثنائية البعد غير المتماثلة.	الجلسة السابعة	١
	• مركز الثقل في حياتنا اليومية.	الجلسة الثامنة	١

دليل المتدرب؛ وتضمن الدليل ما يأتي:

- معالجة محتوى البرنامج، وتتضمن:
  - الموديولات التدريبية موضوع محتوى البرنامج.
  - الموضوعات التي تندرج تحت كل موديول تدريبي.

وتضمن ذلك عرضًا مفصلاً لكيفية معالجة كل موضوع من خلال توضيح ما يأتي:

- الأهداف التعليمية لكل موضوع.
- الأنشطة الخاصة بكل موضوع.

- **دليل المدرب:** تضمن الدليل ما يأتي:

- كيفية معالجة محتوى البرنامج، وتضمن ذلك عرضًا مفصلاً لكيفية معالجة موضوعات كل موديول من موديولات محتوى البرنامج؛ بتوضيح كل مما يأتي:
  - الأهداف التعليمية لكل موضوع.
  - الوسائل التعليمية.
  - إجراءات التدريس.
  - التقـويم.

- **المادة العلمية**: ويتضمن ذلك الجزء من البرنامج المادة العلمية التي تدور حول كل موضوع، وأنشطته.

تعقيب عام:

عمد البحث الحالي إلى بناء برنامج مقترح قائم على النمذجة الرياضياتية لتنمية مفهوم مركز الثقل، وتطبيقاته الرياضياتية والحياتية لدى الطلاب المعلمين، استنادًا إلى ما سبق أن توصلت إليه عدد من الدراسات التي عُنيت بتعرف فاعلية استخدام النمذجة الرياضياتية في تنمية متغيرات عدة لدى المتعلمين كالتحصيل الدراسي، ومهارات حل المشكلة، والتفكير الرياضي، والقياس، والاتجاه نحو الرياضيات (انظر على سبيل المثال دراسة: English, 2012; English, 2006; Gould, 2013; Lege, 2003; Sauer, 2000; Wares, 2001)

وقد يكون ذلك راجعًا إلى زيادة دافعية التعلم لدي المتعلمين من خلال ربط ما يتعلمونه بحياتهم بحيث تصبح ذات معنى كما أنها تساعدهم على الربط بين المشكلات المجتمعية، والفيزياء، والرياضيات من جهة، وبين الفيزياء والرياضيات من جهة أخرى. وهو ما أكدته محبات أبوعميرة (٢٠٠٠) من أن مجال استخدام النمذجة الرياضياتية وتوظيفها لا يقتصر على الرياضيات فقط، بل يمتد ليشمل مجالات أخرى؛ لما لها من دور في معالجة بعض قضايا المجتمع ومشكلاته، وتدريب الطلاب

على توظيف الرياضيات في مواقف حياتية، والاتجاه نحو تطبيق الرياضيات في العلوم الأخرى، ومنها الفيزياء.

كما يمكن القول أن استخدام النمذجة الرياضياتية يساعد الطلاب المعلمين في بناء فهم أوضح للمواقف، والظواهر الفيزيائية المرتبطة بموضوع مركز الثقل، وإحكام السيطرة على متغيراتها من خلال تمثيل المفاهيم الفيزيائية بشكل مبسط يساعد على الفهم، والتفسير، والتنبؤ بالعلاقات بشكل أفضل، حيث يتم تمثيل المشكلات الفيزيائية في صبغة رياضياتية، وإيجاد حلول لها باستخدام نموذج رياضياتي ثم ترجمة هذا الحل مرة أخرى إلى العالم الواقعي.

ومن جانب آخر يتضمن البرنامج المقترح خلفية معرفية عن مفهوم مركز الثقل وأهميته، وأبرز تطبيقاته الرياضياتية والحياتية؛ الأمر الذي يمكن أن يثرى الجانب المعرفي لدى الطلاب معلمي العلوم. في حين أن المقررات التي يدرسها الطلاب المعلمين في كلية التربية لا تتضمن موضوعًا واضحًا عن مركز الثقل وتطبيقاته برغم تضمين الأهداف العامة للبرنامج أهدافًا تحث على إكساب الطالب المعلم المفاهيم الكبرى في ميدان تعليم العلوم. فضلاً عن أن استخدام النمذجة الرياضياتية قد أضفى على المواقف والمشكلات -الرياضياتية أو الحياتية- عنصر التشويق والحيوية، بحيث يصبح الطلاب المعلمين قادرين على إعادة صياغة المشكلة بأسلوبهم باستخدام النماذج الحسية كما أن الاهتمام بفهم الطلاب المعلمين لطبيعة المفهوم، وتطبيقاته قد ينمي لديهم الشعور بأهمية المفهوم، ويوسع خبراتهم من خلال حل مشكلات غير مألوفة بطرق ابتكارية بسيطة.

التوصيات والمقترحات:

استنادًا لما أسفر عنه البحث الحالي من نتائج يمكن الخروج بعدد من التوصيات، والمقترحات. ويمكن إيجازها فيما يأتي:

أولاً: التوصيات:

في ضوء ما أسفرت عنه نتائج البحث الحالي، فإنه يمكن تقديم التوصيات الآتية:

١. الاهتمام بالمفاهيم الكبرى في ميدان تعليم العلوم التي تربط بين الأفرع المختلفة للعلم، وبين العلوم والمجالات الأخرى كالرياضيات والتكنولوجيا، وغيرها، والتي يتضح من خلالها وحدة المعرفة، وتماسكها.

٢. إعادة النظر في الأساليب المتبعة في تقويم برامج إعداد معلم العلوم بحيث تكامل بين كل من الجانب الكمي، والجانب النوعي؛ الأمر الذي يساعد في تقديم تشخيص يتسم بالدقة والعمق لفهم الطلاب المعلمين.

٣. العناية بأن تُقدم نتائج التقويم إلى القائمين على إعداد المعلم؛ بحيث يُستفاد منها في تطوير المحتوى العلمي لبرامج الإعداد.
٤. الابتعاد عن الأساليب التقليدية في التدريس، واستخدام أساليب أكثر فاعلية تسمح للطالب بالمشاركة في العملية التعليمية، وتساعده على الإلمام بطبيعة العلم، وبنيته المعرفية.
٥. العناية بالمفاهيم، والمهارات الرياضياتية التي تمثل متطلبًا قبليًا لدراسة بعض المفاهيم العلمية بما يسمح للطلاب المعلمين من فهمها، وإحكام السيطرة عليها.

البحوث المقترحة:

في ضوء ما أسفرت عنه نتائج البحث الحالي، ونظرًا للحاجة إلى إجراء المزيد من البحوث في هذا المجال، فإنه يمكن تقديم مقترحات بالبحوث الآتية:

١. إجراء بحوث تقييمية مماثلة للبحث الحالي في التخصصات العلمية الأخرى في كليات التربية مثل الكيمياء، والتاريخ الطبيعي.
٢. تطوير برنامج الإعداد التخصصي لمعلم العلوم في كليات التربية في ضوء المفاهيم الكبرى الحاكمة.
٣. دراسة الحيل الدفاعية التي يتبعها الطلاب المعلمين للحفاظ على اتزانهم المعرفي، وعلاقتها بتصوراتهم البديلة الناتجة عن خبراتهم الحياتية.

المراجـــع:

أحمد خيري كاظم، سعد الدين يس. (١٩٨٠). *تدريس العلوم*. القاهرة: دار النهضة العربية.

أحمد قنديل. (٢٠٠١). تأثير التدريس بالوسائط المتعددة في تحصيل العلوم والقدرات الابتكارية والوعي بتكنولوجيا المعلومات لدى تلاميذ الصف الثالث الإعدادي. *دراسات في المناهج وطرق التدريس، الجمعية المصرية للمناهج، ٧٢*، ٥٩-٨٦.

رمضان بدوي. (٢٠٠٧). *تدريس الرياضيات الفعال من رياض الأطفال حتى الصف السادس الابتدائي "دليل للمعلمين والآباء ومخططي المنهاج" (ط١)*. عمان: دار الفكر.

عايش زيتون. (٢٠٠٢). *تدريس العلوم للفهم رؤية بنائية (ط١)*. القاهرة: عالم الكتب.

عبدالحافظ سلامة. (٢٠٠٧). *أساليب تدريس العلوم والرياضيات*. الأردن: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.

فايز مينا. (٢٠٠٦). *قضايا تعليم وتعلم الرياضيات (ط١)*. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

مجدي ابراهيم. (١٩٩٧). *أساليب حديثة في تعليم الرياضيات (ط١)*. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.

محبات أبوعميرة. (٢٠٠٠). *تعليم الرياضيات بين النظرية والتطبيق*. القاهرة: مكتبة الدار العربية للكتاب.

محمد زين الدين. (٢٠١٣). *أساليب بناء التصور المقترح في الرسائل العلمية*. جامعة أم القرى. استرجع من https://faculty.psau.edu.sa/filedownload/doc-14-pdf-f5f2373e16e677b500645-original.pdf c5430dadd27

محمد مصطفى. (٢٠٠٤). *تقييم مخرجات برنامج إعداد معلم العلوم في الكيمياء بكليات التربية في ضوء البنية المفاهيمية لعلم الكيمياء*. رسالة ماجستير غير منشورة، كية التربية – جامعة الإسكندرية.

محمود شوق وآخرون. (٢٠٠١). *معلم القرن الحادي والعشرين*. القاهرة: دار الفكر العربي.

هالة طليمات. (١٩٩٢). *تقويم المحتوى العلمي لبرنامج اعداد معلم البيولوجي في كلية التربية جامعه الإسكندرية في ضوء التطورات الحديثة في علم البيولوجي*. رسالة ماجستير غير منشورة، كية التربية – جامعة الإسكندرية.

يحيى أبو جحجوح. (٢٠١٣). طبيعة علم الفيزياء وعلاقته بطرائق التدريس لدى معلمي الفيزياء في المدارس الثانوية بفلسطين. *مجلة جامعة الأقصى، ١٧* (٢)، ٢٠١٧-١٧٧.

Ali, M., Yager, R., Hacieminoglu, E., & Caliskan, I. (2013). Changes in student attitudes regarding science when taught by teachers without experiences with a model professional development program. *School Science and Mathematics, 113*(3), 109-119.

Ang Keng, C. (2005). *Teaching Mathematical Modeling in Singapore School*, National Institute of Education. Retrieved from http://math.nie.edu.sg/kcang/TME-paper/Teachmod.htm

Ang, K.C. (2010). Mathematical Modeling in the Singapore curriculum: Opportunities and challenges. In proceeding of *the educational interface between mathematics and industry study conference, Lisbon, Portugal*, 53-61.

Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied Mathematical problem solving modeling Application and Links to the subject state Trends and Issues in Math. *Educational Studies in Math, 22,* 37- 68.

Chan, C. (2009). Mathematical modelling as problem solving for children in the Singapore mathematics classroom. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia, 32*(1), 36-61.

Cheng , A. (2001). Teaching mathematical modeling in Singapore school. *The Mathematics Educator - Association of Mathematics Educators, 6*(1), 63-75.

Czocher, J., & Maldonado, L. (2015). A mathematical modeling lens on a conventional word problem. *Retrieved from ERIC database* (ED534244).

English, L. (2012). Data modelling with first grade students. *Educational Studies in Mathematics, 81*(1),15-30.

English, Lyn. (2006). Mathematical Modeling in the Primary School: Children's Construction of a Consumer Guide. *Educational Studies in Mathematics, 63*(3), 303-323.

Erdemir, N. (2009). Determining Student's attitude towards physics through problem-solving strategy. *Asia-Pacific on Science Learning and Teaching, 10* (2), 1 -21.

Eric, C., Dawn, N., Wanty, W., & Seto, C. (2015). A Case Study on Developing a Teacher's Capacity in Mathematical Modelling. *The Mathematics Educator, 16* (1), 45-74.

Gould, H. (2013). Teachers' Conceptions of Mathematical Modeling. *Retrieved from ERIC database (ED553516).*

Hodgson, T., & Harpster, D. (1997). Looking back in mathematical modelling: Classroom observations and instructional strategies. *School Science and Mathematics, 97*(5), 260-267.

Kahn, P., & Kyle, J. (2002). Effective Learning & Teaching in Mathematics and Its Applications. UK: London.

Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM, 38*(3), 302-310.

Kertil,M., & Gurel, C. (2016). Mathematical Modeling: A Bridge to STEM Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 4* (1), 44-55.

Lege, G. (2003) A comparative case study of contrasting instructional approaches applied to the instruction of mathematical modeling. Ed. D. *Dissertation thesis*, Teachers College, Columbia University.

Leyden, M. (1995). Teaching science. A lesson centering on gravity. *Teaching PreK-8*, 25 (6), 22-23.

NCTM (1989). *Curriculum and Evaluation standards for School Mathematics.* Reston, Va: Author.

Sattizahn, J., Lyons, D., Kontra, C., Fischer, S., & Beilock, S. (2015). In Physics Education, Perception Matters. *Mind, Brain, and Education, 9*, 164-169.

Sauer, T. A.(2000). The effect of mathematical model development on the instruction of acceleration to introductory physics students. *Dissertation Abstracts International,61(1*0), Section: A, page: 3946.; 169 p.

Schukajlow et al.(2012). Teaching Methods for Modelling Problems and Students' Task-Specific Enjoyment, Value, Interest and Self-Efficacy Expectations. *Retrieved from ERIC database* (EJ953699).

Schwerdtfeger, S. (2017). Elementary Preservice Teachers' and Elementary Inservice Teachers' Knowledge of Mathematical Modeling. Retrieved from ERIC database (ED579620).

Stacey, R. (1996). *Complexity and creativity in organizations (1st ed*.).San Francisco: Berrett - Koehler publishers.

Stohlmann, M., Maiorca, C., & Olson, T. (2015). Preservice Secondary Teachers' Conceptions from a Mathematical Modeling Activity and Connections to the Common Core State Standards. *The Mathematics Educator, 24*(1), 21-43.

Wares, A. (2001). *Middle school student's construction of mathematical models.* Unpublished ph.D. Illinois State University.

Williams, C., Stanisstreet, M. Spall, K., & Boyes, E. (2003). Why aren't secondary students interested in Physics? *Physics Education, 38,* 324-329.