نموذج مقترح قائم على التفكير ما وراء المعرفي لحل المسائل الفيزيائية لدى طلاب مقررات الفيزياء الأولية بجامعة الملك خالد

عبدالعزيز بن حمد العوله* فهد بن سليمان الشايع**

الملخص *_ يهدف هذا البحث إلى تقديم نموذج مقترح لحل المسائل الفيزيائية قائم على التفكير ما وراء المعرفي وتطويره ومعرفة مساهمته في تحسين حل الطلاب للمسائل الفيزيائية. اعتمد البحث على المنهج المعتمد على التصميم Design-Based Research –DBR وأسلوب دراسة الحالة، وتضمن مجتمع البحث جميع طلاب مقرر المدخل إلى علم الفيزياء (101 فيز) في كلية العلوم بجامعة الملك خالد المسجلين للفصل الدراسي الأول للعام الدراسي 1437/1436هـ، وعددهم 588 طالبًا يتوزعون على 15 مجموعة (شعبة) دراسية، واختيرت إحدى الشعب التي تضم 36 طالبا لتمثل عينة هذا البحث. ولجمع البيانات استخدمت مجموعة من الاختبارات التطبيقية، والفترية (الفصلية)، وكذلك اختبار بعدي في نهاية التطبيق. كما تضمنت: إجراء مقابلات فردية مع عينة مصغرة من الطلاب أثناء حلهم للمسائل، ومع أستاذ المقرر، إضافة إلى مذكرة ملحوظات الباحث لتضمينها ملحوظاته الصفية، إضافة إلى التسجيلات الصوتية والفيديو. ومن خلال تحليل البيانات؛ طور النموذج المقترح الذي يتكون من ثلاث مراحل رئيسة؛ تشمل الأولى القراءة وترتيب معلومات المسألة، وتتضمن الثانية التحليل والتخطيط، في حين تضم الثالثة العمليات الرياضية، والحل النهائي، والتحقق. وأظهرت نتائج التحليل أن النموذج أسهم في تحسّن حل الطلاب للمسائل الفيزيائية، وذلك من خلال تطوير بعض المهارات المرتبطة بالتفكير ما وراء المعرفي لديهم مثل: القيام بالتحليل الفيزيائي للمسألة، والقدرة على بناء خطة لحل المسألة، والقدرة على تقديم التفسيرات المناسبة للحل النهائي.*

الكلمات المفتاحية: *التفكير ما وراء المعرفي، المسائل الفيزيائية، مقررات الفيزياء الأولية، جامعة الملك خالد.*

*مشرف تربوي _ الإدارة العامة للتعليم بمنطقة عسير _ وزارة التعليم

**أستاذ المناهج وتعليم العلوم _ قسم المناهج وطرائق التدريس – كلية التربية _ جامعة الملك سعود

نموذج مقترح قائم على التفكير ما وراء المعرفي لحل المسائل الفيزيائية لدى طلاب مقررات الفيزياء الأولية بجامعة الملك خالد

1. المقدمة

يقوم علم الفيزياء على مجموعة كبيرة من المفاهيم والقوانين والمبادئ والنظريات التي تصف وتفسر وتتنبأ بكثير من الظواهر الطبيعية والكونية، وتتطلب دراسة الفيزياء التعرض بشكل أو بآخر لمجموعة من القوانين والمبادئ والعلاقات التي تُدرّس في برامج التعليم العام والجامعي على شكل مشكلات أو مسائل ينبغي للمتعلم التعامل معها وحلها بطريق مناسبة؛ وفق أنواع مختلفة من طرائق الحل تتدرج من البسيط إلى المعقد.

كما تُعَدُّ المسألة الفيزيائية بِنْية رئيسة لعلم الفيزياء يجب الاهتمام بها عند تدريس الفيزياء، في حين يُعدّ اكتساب الطلاب المهارات اللازمة لحل المشكلات -ومنها المسائل الفيزيائية - أحد أهداف تدريس العلوم، ويمكن القول بأن تمكين الطلاب من توظيف المعرفة في حل المشكلات يُعدُّ أحد الإنجازات الرئيسة للتربية، كما يُعد هذا التوظيف أحد أهم الأهداف الأساسية للتربية بشكل عام؛ بل إن بعض التربويين يعدونه الهدف الرئيس للتربية [1].

وعادة ما يستخدم معلمو الفيزياء حل المسائل الفيزيائية طريقةً رئيسة لتعليم الفيزياء، وتبدأ عملية الحل عادة بفهم المتعلم للمسألة فهمًا صحيحًا، ومن ثم البحث عن طرائق تمكنه من حلها باستخدام خبراته السابقة وما يملكه من بِنية مفاهيمية واستراتيجيات مساعدة، كما أن عليه أن يقوم بمراجعة ذلك الحل وتقويمه [3] Kelly & Lang [2]; Kotech. وتعتمد قدرة المتعلم على حل المسألة على ثلاثة عوامل حددها غيبل وبونس [4] وهي: طبيعة المسألة، والمفاهيم الأساسية التي بنيت عليها، وخصائص المتعلم من حيث النمط المعرفي للفرد، والأساس المعرفي الذي ينطلق منه ومستواه التطوري، والعوامل البيئية للتعلم. ويختلف الطالب والمعلم في تناولهما للمسألة الفيزيائية، وقد يعود ذلك إلى الاختلاف بين أساليب الخبير (المعلم) والمبتدئ (الطالب) في التعامل مع المسألة الفيزيائية، فالمبتدئون يتجهون إلى بناء تصوّر سطحي للمسألة الفيزيائية، فحين الخبير يستخدم المبادئ الفيزيائية لتحليل وحل المسألة الفيزيائية، كما أن المبتدئ يلجأ عادة إلى البحث عن معادلة أو صيغة مباشرة لحل المسألة، وبذلك فهو يحاول الحصول على تحليل كمي للمسألة قبل بناء تحليل كيفي لها، وهذا التحليل الكيفي أو ما يسمى بالوصف الفيزيائي هو العنصر المهم والرئيس في حل المسألة الفيزيائية [5].

ويعرّف علي [6] استراتيجية حل المسائل بأنها مجموعة الخطوات والإجراءات التعليمية والتعلّمية التي يقوم بها كل من المعلم والمتعلم بشكل متتابع لتدريس وحل المسائل بغية تحقيق نتاجات تعلم مهمة، ومن تلك الاستراتيجيات: استيعاب المفاهيم وتطبيق القوانين العلمية، وتفسير كثير من الظواهر الطبيعية، واكتساب مهارات الرسم البياني وقراءة الرسوم التخطيطية، واكتساب مهارات التطبيق والتحليل والاستدلال، واكتساب المهارات الرياضية اللازمة لحل المسائل، وتنمية القدرة على الترتيب والتنظيم عند استرجاع المعلومات، وتنمية الثقة بالنفس مما يزيد دافعية الطالب لحل مسائل أخرى. كما يرى بعض التربويين أن حل المسألة الفيزيائية عبارة عن موقف يتطلب عملا عقليًا متجهًا نحو هدف محدد، وهذا العمل يتكون من سلسلة من العمليات التي يوظف فيها الشخص ما يملكه من معرفة علمية ويعيد ترتيبها وتنظيمها من أجل الوصول إلى استراتيجيات أو آليات تساعده للوصول إلى حل للموقف الذي يواجهه، وهو ما يمكن تسميته بالتفكير [7].

ومن أهداف تدريس العلوم الرئيسة تنمية التفكير لدى المتعلمين، وتُحدَّد المهارات الأساسية للتفكير في عدة عناصر، هي: إدراك مشكلة أو قضية ما، والقدرة على جمع المعلومات ذات العلاقة، والكفاءة في تنظيم المعلومات، وتحليل

نماذج البيانات والاستنتاجات ومصادر الأخطاء، وربط النتائج، وتعد هذه المهارات من المهارات الأساسية التي يحتاج بناؤها إلى تخطيط وترتيب للعناصر العقلية والاتجاهات الخليلي وحيدر ويونس [8] وتعد استراتيجيات حل المسألة مهارة تحتاج إلى وقت حتى يتم اكتسابها وتنميتها، وتحتاج لكثير من الممارسة والتدريب، وهي ليست عملية خطية بل عملية دورية نشطة تفاعلية تبدأ بفهم المسألة وتنتهي بإجراء مراجعة للحل [9]. ويرى عدد من التربويون أن حل المسألة يتطلب نشاطاً عقلياً موجهاً نحو هدف محدد، ويتضمن سلسلة من العمليات، ويحتوي على قدر من المكونات المعرفية، فهو عمليات عقلية يوظف فيها الفرد ما يملك من بنية معرفية، ويعيد تنظيمها؛ من أجل استنباط استراتيجيات مناسبة تمكنه من الوصول لحل للموقف الذي يواجهه [10].

ولكي يكون الفرد قادراً على حل المسائل التي تواجهه، فلا بد من أن تتوافر لديه مجموعة من الشروط، من أبرزها: أن تتوافر لديه معرفة مناسبة باستراتيجيات حل المسألة، وأن يمتلك بنية مفاهيمية متماسكة ومنظمة تنظيمياً مناسباً، فمدى قدرته على تنظيم هذه البنية المفاهيمية وتحريرها يسهم في مقدار نجاحه في حل المسائل، كما يجب أن يكون قادرا على بناء تصورات أو رسم أشكال توضيحية للمسائل التي يتعامل معها، و قادرا على وضع خطة للحل، وتفسير هذه الخطة عند الحاجة، وأن يكون لديه قدرة على اشتقاق حلول مناسبة واستخدامها بشكل صحيح، كما يستطيع أن يراقب تقدمه في الحل، بمعنى أن يمارس التفكير فوق المعرفي أثناء الحل، وأن تتوافر لديه القدرة على التحقق من النتائج التي يتوصل إليها بأكثر من استراتيجية، ويجب أن يكون قادرًا على القيام بالتحليل، والتفكير المنطقي، واستخدام القدرات العقلية العليا. وتركزت جهود كثير من الباحثين على تقديم عدد من الطرائق لمساعدة الطلاب في حل المسائل الفيزيائية، فاهتمت عدد من البحوث بدراسة الطرائق التي تقارن بين أساليب الخبراء والمبتدئين، ولم تحقق النجاح المطلوب عند التطبيق، بناء على ذلك اتجه البحث العلمي في هذا المجال إلى تقديم طرائق مغايرة للتوجه السابق، مثل: النموذج المنطقي في حل المسائل Heller [11] & Heller، وطريقة النمذجة المنهجية [12]، وطريقة التعلم التعاوني [13]، والتعليم بمساعدة الكمبيوتر [14,15]، والتعبير عن المسألة الغنية بالتفاصيل [16]، وهذه أمثلة يزخر الأدب التربوي بعدد كبير منها وغيرها من الطرائق المختلفة باختلاف الباحثين وبيئاتهم والخلفيات العلمية التي يأتون منها، وهنا سيتم الإشارة إلى بعض تلك الدراسات القريبة ذات الصلة بالموضوع قيد الدراسة هنا.

من خلال عملهم مع طلاب الجامعة قام هيلر وهيلر [11] بتقديم طريقة الحل المنطقي للمسألة الفيزيائية والذي يقترح فيه الحل على خمس خطوات وهي: التركيز على المشكلة، وضع وصف فيزيائي للمشكلة، رسم خطة للحل، البدء بتنفيذ الخطة، تقييم الحل المقترح. وخلال هذه الدراسة واجهوا معضلتين عند تطبيق هذه الطريقة، أولاهما: أن المسائل إذا كانت بسيطة لدرجة أن يحلها الطلاب باستخدام طريقتهم التقليدية (طريقة المبتدئين)، فإنه بالتالي لا يرى الطلاب أن هناك حاجة للاستغناء عن تلك الطريقة وتطبيق النموذج المقترح، والمعضلة الثانية: أنه في حال كانت المسألة معقدة بالنسبة لهم بحيث لم يستطيعوا استخدام النموذج من البداية فسيعودون لاستخدام طريقتهم التقليدية في حل تلك المسألة. وفي دراسة لبولتون وروس [14] قدما آلية لحل المسألة الفيزيائية لطلاب الجامعة بمساعدة الكمبيوتر لفترة تطبيق طويلة نسبيا وفق نموذج مبسط يقوم على منظومة (الإعداد-التطبيق-التحقق)، وبعد سنة من التطبيق ارتفعت نسبة الطلاب الذين تخلوا عن هذه الطريقة من 16٪ إلى 26٪، بينما كانت نسبة الطلاب الذي لم يحبذوا هذه الطريقة تبلغ 8٪ والتي ارتفعت بشكل طفيف خلال فترة تطبيق النموذج، وفسر الباحثان ذلك بأنه كان بسبب شعور الطلاب بأن النموذج يقدم الحل في شكل منمق ومعقد من وجهة نظرهم أكثر من كونه على شكل حل مبسط، في حين أن لدى هؤلاء الطلاب طرائق متعددة وأساليب مختلفة باختلاف أساليبهم في التعلم، وقد تكون من الطرائق المناسبة استقراء أساليبهم التي يفضلونها في حل تلك المسائل والسعي إلى تطويرها.

وفي دراسة ليبروشالمي وماجن [16] هدفت إلى دراسة أثر تعليم الطلاب لحل المسائل الفيزيائية باستخدام طريقة تحويل المسائل ذات السياق الغني بالتفاصيل إلى مسائل ذات محتوى أقل، أو تقسيمها إلى مسائل فرعية أصغر، مثل استخدام الرسومات التخطيطية، أو تقسيم المسألة إلى تفاصيل أقل بحيث تقدم الحل خطوة بخطوة، توصلت تلك الدراسة إلى نتائج أقل نجاحًا من المتوقع، وفي نهاية تطبيق الدراسة قيّم حل الطلاب للمسائل في موضوعات الحركة والقوة باستخدام مقياس متدرج rubric، إضافة إلى لقاءات ومقابلات مع الطلاب ظهروا فيها متحمسين ولديهم انطباع إيجابي تجاه تلك الطريقة، ولكن لم يظهر أن أيًا من هؤلاء الطلاب توصّل لحل صحيح وكامل لتلك المسائل. واستخدمت دراسة سافاج و ويليامز [12] طريقة النمذجة بمشكلات العالم الواقعي للمسائل الفيزيائية، وهذه الطريقة استخدمت مع طلاب السنة الجامعية الأولى، وكانت العمليات الرئيسة في هذه الطريقة تشمل: إعداد نموذج الحل، ثم تحليل المسألة، ثم التفسير والتأكد من الإجابة الرياضية للحل الصحيح، وفي مرحلة إعداد نموذج الحل يجب تعريف جميع المتغيرات الفيزيائية في نص المسألة، ويتضمن ذلك طرح بعض الافتراضات العلمية المرتبطة بتلك المتغيرات، مثل: مقاومة الهواء مهملة، أو تسارع الجاذبية ثابت، وهكذا، وعادة يتم عمل رسم تخطيطي توضح عليه المتغيرات والكميات والافتراضات المستخدمة في تلك المسألة بوضوح.

وفي هذا السياق قدم لوكس [17] طريقةً لحل المسائل الفيزيائية للطلاب في المرحلة الجامعية تشبه إلى حد كبير دراسة سافاج ووليامز [12] خاصة تلك المسائل التي تتضمن حلاً رياضياً، وأهم ما في تلك الطريقة أن يتم إعداد المسألة بحيث يستطيع المتعلم تحديد المعادلة الرياضية المناسبة لها، وفي هذه الحالة تتحول المسألة الفيزيائية إلى مسألة رياضية بحتة، وهو هنا يوصي بالقيام بخمس خطوات للحصول على حل جيد ومقبول وهي: الأولى: تحديد نوع المسألة، مثل استخدام: مفهوم أو كلمات مفتاحية أو خاصية معينة. والثانية: التصنيف حسب الأبعاد في المسألة، مثل: وضع قائمة بالعناصر الواردة في المسألة، أو تمثيلها برسم تخطيطي. والثالثة: تحديد المعادلة المناسبة ومعرفة العناصر المجهولة فيها وربطها بالأبعاد في الخطوة الأولى. والرابعة: رسم خطوط عريضة للحل ومحاولة ربط العناصر ببعضها. وتمثلت الخطوة الخامسة بحل الجانب الرياضي في المسألة.

وفي طور السعي لتطوير تعليم يعتمد على تنمية عقول المتعلمين؛ تظهر الحاجة إلى تنمية التفكير لديهم بما يمكنهم من قيادة عمليات التفكير واستخدام قدراتهم العقلية بشكل أمثل، وهذا يقود إلى أهمية تنمية التفكير لدى المتعلمين، أي الاتجاه نحو تعليم المتعلم كيف يفكر أكثر من الاهتمام بما يجب أن يفكر فيه [18].

فالمتعلم في حاجة إلى التفكير فيما يعرفه وفيما يحتاج لمعرفته، وليرصد مدى تقدمه في تحقيق أهدافه، وبالتالي يقيّم حاجته إلى البحث عن طرائق جديدة للتفكير، وقياس مدى انتظام تعلمّه، فتفكير المتعلم في تفكيره يسمى ما وراء المعرفة Metacognition وهو جزء من العملية البنائية للتعلّم، كما أنه خاصية مميزة للخبراء ولمن يقدِّمون إسهامات في العلوم [19]. ومهارات ما رواء التفكير أو ما وراء المعرفة تعني أن تكون مدركاً لعمليات التفكير وأنت تُفَكّر، والتفكير بصوت مسموع أحد الأمثلة على ذلك، وتشير الدراسات إلى أن المؤثرين في حل المشكلات يناجون أنفسهم أي يتحدثون مع أنفسهم ويعيدون صياغة المواقف باستمرار، كما ظهرت توجهات حديثة تدعو إلى الاهتمام بتدريب المتعلمين على مهارات ما وراء المعرفة لمساعدتهم في حل المسائل الفيزيائية [20].

وقدم مصطلح ما وراء المعرفة Metacognition ودورها في التربية لأول مرة في السبعينيات الميلادية من القرن الماضي عن طريق جون فلافل [21] على أنها: المعرفة بالمعرفة، أو التفكير في التفكير. ثم عرّفها لاحقاً على أنها: مجمل عمليات الرصد والتنظيم النشط والتنسيق للقيام بإجراءات وعمليات معينة، وعلاقتها بالمعلومات والبيانات التي تحملها ضمن أهداف محددة [22]، ويشمل هذا المصطلح: ما وراء الذاكرة، واللغة، والتواصل، والتنبؤ، والملاحظة، والفهم، وحل المشكلات. كما أكد على المعرفة والإدراك لظاهرة المعرفة [23]. وتعد ما وراء المعرفة أحد الميادين المعرفية التي تمارس دورا مهما في العديد من أنماط التعلم، فهي تهتم بقدرة المتعلم على أن يخطط ويراقب ويقوّم تعلمه الخاص، وبالتالي فهي تعمل على تحسين اكتساب المتعلمين لعمليات التعلم المختلفة، وتسمح لهم بتحمل المسؤولية والتحكم بالعمليات المعرفية المرتبطة بالتعلم، كما تشجع المتعلمين على أن يفكروا في عمليات تفكيرهم الخاصة، فعلميات ما وراء المعرفة تساعد على تنمية التفكير المستقل ومهارات اتخاذ القرار وحل المشكلات لدى المتعلمين، وأن يصبحوا متعلمين فعالين ومستقلين وهادفين [24].

وخلال عدة عقود ماضية انتقل التركيز في الأدب التربوي لحل المسائل الفيزيائية من اختبار وتحليل المهارات المعرفية إلى تحليل المهارات ما وراء المعرفية التي يحتاجها المتعلمون في حل تلك المسائل وهذا التوجه يتوافق مع الخطوط العريضة للإطار التدريسي المتبنى بواسطة سيرجلو وكوماراس [25]، كذلك مع مقترح مستري [26] الذين يرون أنه من الواجب تدريس المهارات ما وراء المعرفية للطلاب كضرورة لتطوير مهاراتهم في حل المسائل،

ولتحقيق أحد أهداف تعليم الفيزياء وهو غرس مهارات أفضل في حل المسائل الفيزيائية حيث يحتاج هؤلاء الطلاب إلى التعرض لمسائل حقيقية وليس لمجرد تمارين أو أسئلة للامتحانات تساعدهم في الاستعداد للعالم روتينية الواقعي الذي سيواجههم بمشكلات ومسائل حقيقية وليس بتمارين [27].

كما تناولت عدد من الدراسات ما وراء المعرفة وحل المسائل الفيزيائية في مجالات عامة ومجالات مخصصة، كما أن هناك عدد من الدراسات التي توصي بضرورة الاهتمام بتدريس مهارات ما وراء المعرفة للطلاب من أجل تحسين قدرتهم على حل المسائل الفيزيائية [26] [30] ;,Mestre Georghiades; [29] Hartley; [28] Phang. في حين اهتمت دراسات أخرى بعلاقة ما وراء المعرفة بحل المسائل الفيزيائية; [33] [32] ;Kung & Linder Gok; [31] Inomiesa, Achufusi & Mgbemena; Abdullah, [35] Malago, Anandaraj [34] Shareeja & Gafoor; [36] Bundu &Thalib;. كذلك تطرقت بعض الدراسات لسمات وعمليات التفكير المرتبطة بما وراء المعرفة، ففي دراسة بنتريش وزملائه [37] تمت الإشارة إلى عدد من تلك العمليات ومنها: المعرفة ما وراء المعرفية، وإصدار الحكم، مراقبة الفهم، والتنظيم، ومراقبة المعرفة. كما أشارت إلى تلك العمليات دراسة فانج [28] والتي استعرضت عددا منها، مثل: مراقبة وتنظيم الفهم، انعكاس الذاكرة، مراقبة التخطيط، تقييم الهدف، انعكاس الحل، مراقبة إجراءات الحل، تقييم الحل، تبرير الحل، والتي ذكرت أن تلك العمليات تظهر لدى الطلاب عند حلهم للمسائل الفيزيائية.

وفي دراسة هندرسون [38] ودراسة كوو [39] تمت الإشارة إلى أهمية التفكير ما وراء المعرفي في حل المسائل الفيزيائية، فالعينة في دراسة هندرسون وزملائه وهم المحاضرون الجامعيون يرون أهمية "علامة النضج المعرفي" عند حل المسائل الفيزيائية من قبل المتعلمين والتي كانت أكثر مهارات ما وراء المعرفة صعوبة عند حل المسائل الفيزيائية والتي يحتاج الطلاب إلى تعلمها بشكل أساسي، وهذه الخاصية والتي من أمثلتها معرفة منطقية الحل، أو معرفة الأسلوب الأفضل للوصول إلى حل ذي قيمة علمية أعلى في حل المسائل؛ توصف بأنها مهارة ما وراء معرفية أو ما يسمى بالممارسة التأملية للمتعلم. وفي دراسة كوو [39] تم الحصول على نموذجين لأنماط الحل عند الطلاب الجامعيين من وجهة نظر معلمهم؛ أحدهما خطي والثاني دائري، في النموذج الخطي يعتقد المعلمون أن الطلاب يفهمون المفاهيم والمبادئ الفيزيائية بشكل عام ولا يحتاجون إلى المراجعة أثناء حل تلك المسائل، أما في النموذج الدائري فيعتقد المعلمون أن المراجعة والتحقق مهمان؛ لأن اختيار الحل الصحيح ليس دائماً ممكناً بشكل مباشر للطلاب الجامعيين في بداية دراستهم، وأشارت الدراسة إلى وجود بعض مهارات ما وراء المعرفة في كلا النموذجين من خلال المقابلات التي أجريت مع المتعلمين، ولكن كانت هناك نسبة أقل لاستخدام المهارات ما وراء المعرفية في النموذج الخطي عن النموذج الدائري، لأن الأخير يحتاج المتعلمون فيه إلى تتبع خطواتهم الفكرية والتقدم أو العودة إلى الوراء في خطوات الحل للوصول إلى حل صحيح، وفي هذه الدراسة صنف كوو المهارات ما وراء المعرفية عند الطلاب الجامعيين في عينة دراسته إلى ثلاثة أصناف، وهي: التخطيط، والرصد، والتقييم. فالتخطيط مرتبط بالبدء في حل المسألة، والرصد مرتبط بالتحقق من التقدم في المسألة، والتقييم مرتبط بالتحقق من منطقية الحل للمسألة.

كما أشارت بعض الدراسات إلى أهمية تعليم الطلاب التفكير ما وراء المعرفي لتحسين حلهم للمسائل الفيزيائية. وتوصلت دراسة ميجر وزملائه [40] التي أُجريت في هولندا إلى شيوع عدد من الأنشطة المرتبطة بالتفكير ما وراء المعرفي والتي كانت الأكثر استخدامًا من قِبل الطلاب في حل المسائل الفيزيائية. وأشارت دراسة أندرسون وناشون [41] التي تناولت أثر التفكير ما وراء المعرفي في حل المسائل الفيزيائية إلى أن استخدام هذا النوع من التفكير قد أدى إلى ظهور قدرة أكبر على تنظيم البناء المعرفي لدى الطلاب ذوي القدرات الأعلى في التفكير ما وراء المعرفي عن زملائهم الآخرين الأقل قدرة.

كما تناولت عدد من الدراسات حل المسائل الرياضية، والتي تتقاطع مع حل المسائل الفيزيائية في كثير جوانبها، مثل: دراسة بيب [42] ودراسة ستيلمان وغالبريث [43]، ودراسة بارك ولي [44]، ودراسة جوز وآخرين [45] وفي دراسة كرومسكي وآخرين [46]، ورديش [47]. وهناك دراسات عربية شبيهة بتلك، مثل: بدر [48]؛ سعيد، والقرون [49]؛ محمود [50]؛ ساسي [51]؛ ساسي، وقريشي [52]، حيث تطرقت هذه الدراسات إلى أهمية ما وراء المعرفة على مساعدة الطلاب في حل المشاكل الرياضية، وهذا يفتح إمكانية استكشافها بطريقة مماثلة، إلى جانب دراسة ما وراء المعرفة في حل المسألة الفيزيائية. كما تناولت عديد من الدراسات العربية ما وراء المعرفة من عدة اتجاهات، فمنها ما تناول علاقتها بالتفكير خليل [18]؛ رحاب [53]؛ الجراح، وعبيدات [54]؛ العليمات [55] أو دراسة تأثير ما وراء المعرفة على سلوك حل المشكلة عكاشة، وضحا [56]، ودراسات أخرى اهتمت بما وراء المعرفة في التعليم الجامعي وعلاقته بعناصر مختلفة، مثل: التعلم، أو دافعية الإنجاز، أو التفكير المعرفي زيدان [57]؛ زمزمي [58]؛ أشكناني [59]؛ العزام، وطلافحة [60]؛ الشهري [61].

بالنظر إلى غموض نظرية ما وراء المعرفة وتعريفها، فإنها تحتاج لأساليب أكثر دقة لقياسها، مثل الإدراك الذي كان يُنظر إليه على أنه من المستحيل مراقبته من خلال السلوك [62] Mayer، ووفقاً لتوبايس وايفرسون [63] يتم تقييم ما وراء المعرفة عادةً بطريقتين رئيستين: ملاحظة أداء الطلاب، أو تقدير المخزون الذاتي. وهناك عدد من التقنيات الشائعة المستخدمة في قياس معرفة ما وراء المعرفة والعمليات المرتبطة بها، مثل: التقرير الذاتي، والمقابلة، والتفكير بصوت عالٍ [37] Baker & Cerro [64]; Pintrich et al. ويُعدُّ التفكير بصوتٍ عالٍ الطريقة المفضلة لدى عدد من الباحثين لدراسة عمليات الضبط؛ لأنه يسمح للطلاب بالتقييم علنًا بالطريقة التي يمكن ملاحظتها بطريقة مباشرة، ومع ذلك، فإن السبب الأهم في تجنب كثير من الباحثين استخدام التفكير بصوت عالٍ أنه يحتاج إلى جهد عالٍ لتنفيذه [36]. وطريقة التفكير بصوت عالٍ تتطلب الكثير من الوقت والجهد، وتعد من أفضل الطرائق لدراسة ما وراء المعرفة بسبب عدد من المزايا ذكرها بريسلي [65]، وهي: أنها توفر تحليلا شاملًا لما وراء المعرفة ككل، وأنها تولد بداية جيدة للتصنيف، كذلك يرى أنها أكثر واقعية من التقديرات الأخرى، فالتفكير بصوت عالٍ يصف ماذا يفكر فيه المتعلمون أكثر من قدرة الباحثين على بناء استبيانات أو أدوات القياس، كذلك يرى أن التحليل النوعي لعمليات ما وراء المعرفة المعقدة يولد قدراً كبيرًا من المعنى حتى قبل محاولة التحليل الكمي لتلك العمليات. وعلى الرغم من ذكر أفضلية استخدام التفكير بصوت عالٍ في ما وراء المعرفة ككل، إلا أن هذا لا يعني أن هناك

طريقة مثالية واحدة، وأنه ليس هناك إلا مقياس واحد يناسب الجميع في قياس ما وراء المعرفة.

2. مشكلة الدراسة

تعد المسألة الفيزيائية من أهم عناصر بناء مقررات الفيزياء الجامعية، كما يعد مستوى القدرة على التعامل معها ومهارات حلها من الأسس التي يُبنى عليها تعلّم الطالب الجامعي وتقويمه في العديد من المقررات الخاصة بالفيزياء، وأكدت نتائج عديد من الدراسات وجود صعوبات في تعلم الفيزياء في المقررات الأولية ومنها ضعف مهارات حل المسائل الفيزيائية الشهراني والغنام [66] ؛[67] Brekke,؛ العرفج [68]؛ الكندري والرويشد [69]؛ [70] Gire & Rebello؛ الشايع [71]؛ الشايع [72].

نظراً لما يلاحظ من ظهور بعض الإشكالات في تعلّم وتعليم الفيزياء في المراحل الأولية من التعليم الجامعي، وبسبب عدم توفر إحصائيات تفصيلية حول نسب الرسوب في مقررات الفيزياء الأولية بقسم الفيزياء بجامعة الملك خالد بأبها؛ أجريت دراسة استطلاعية شملت 22 عضو هيئة تدريس في قسم الفيزياء، ممن يدرّسون المقررات الأولية، وبينت نتائج الدراسة أن أغلبيتهم يرون أن نسب الرسوب في مقررات الفيزياء الأولية ما بين 20٪ إلى 40٪ من إجمالي المتقدمين لاختبارات تلك المقررات، كما يرون أن مقرر "مقدمة في علم الفيزياء" (101 فيز) -المقدم لطلاب كلية العلوم بالجامعة - يعدّ الأعلى من بين تلك المقررات من حيث نسب الرسوب.

ولأن تعلم الفيزياء في المرحلة الجامعية يعتمد بدرجة كبيرة على حل الطالب للمسائل الفيزيائية، ونظرا إلى طبيعة المسألة الفيزيائية التي تعتمد في حلها على أساليب التفكير المستخدمة من قبل الطلاب فقد قدمت عدد من الدراسات أساليب تتبع نماذج مختلفة في حل المسألة الفيزيائية [41] Anderson and Nashon,; [40] Meijer, Veenman & Hout Wolters, ; Phang [24]., ولأهمية مراعاة أساليب الطلاب في استخدام النماذج المناسبة لحلهم للمسائل الفيزيائية، يسعى هذا البحث إلى تقديم نموذج مقترح قائم على التفكير ما وراء المعرفي في حل المسائل الفيزيائية يتفق مع طبيعة الطلاب وطبيعة المقرر المستهدف، وتطبيقه على طلاب مقرر 101 فيز "مقدمة في علم الفيزياء" للمرحلة الجامعية في جامعة الملك خالد، ومعرفة إمكانية إسهامه في تحسين حل الطلاب للمسائل الفيزيائية.

أ. أسئلة الدراسة

يسعى البحث للإجابة عن السؤالين التاليين:

السؤال الأول: ما النموذج المقترح القائم على التفكير ما وراء المعرفي لحل طلاب مقررات الفيزياء الأولية في جامعة الملك خالد للمسائل الفيزيائية؟

السؤال الثاني: كيف تعامل الطلاب مع النموذج المقترح أثناء حلهم للمسائل الفيزيائية؟

ب. أهداف الدراسة

يهدف هذا البحث إلى بناء وتطوير نموذج لحل المسألة الفيزيائية قائم على التفكير ما وراء المعرفي، والتعرف على مساهمته في تحسين حل طلاب جامعة الملك خالد للمسائل الفيزيائية.

ج. أهمية الدراسة

تظهر أهمية هذا البحث من خلال الآتي:

- تقديم نموذج لحل المسألة الفيزيائية قائم على التفكير ما وراء المعرفي لطلاب مقررات الفيزياء الأولية بالمرحلة الجامعية.

- قد يساعد هذا النموذج أعضاء هيئة التدريس على التغلب على بعض الصعوبات في تدريس مقررات الفيزياء الأولية في الجامعات.

- يُؤمل أن يساعد النموذج المقترح الطلاب في تعديل استراتيجياتهم في حل المسائل الفيزيائية.

د. حدود الدراسة

تتناول الحدود الموضوعية تطبيق المسائل الفيزيائية الواردة في مقرر "مقدمة في علم الفيزياء" (101فيز) والمقدم لجميع طلاب كلية العلوم بجامعة الملك خالد، والذي يتناول الموضوعات التالية: القياسات الفيزيائية، والمتجهات، والميكانيكا، والشغل والطاقة، والمرونة، وخواص الموائع الساكنة. وطبق الجزء الميداني من هذا البحث خلال الفصل الدراسي الأول من العام الدراسي الجامعي 1437/1436هـ.

هـ. مصطلحات الدراسة

- التفكير ما وراء المعرفي Metacognition: يعرفه مُعجم ميريام-وبستر على أنها: وعي الشخص وتحليله لعمليات التفكير والتعلّم الخاصة به [73] Merriam-Webster Dictionary. كما يعرفه هينسون وإيلر [38] على أنه: مجموعة من الإجراءات والعمليات الذهنية وأساليب التعلم والتحكم الذاتي التي تُستخدم قبل التعلم وأثناءه وبعده للقيام بعمليات مثل التذكر والفهم والتخطيط وحل المشكلات. ويعرّف التفكير ما وراء المعرفي إجرائيًا في هذا البحث على أنه: جملة من العمليات التي يقوم بها المتعلم والتي تجعله على وعي بتفكيره المعرفي أثناء حله للمسألة الفيزيائية، وذلك من خلال وعيه بالهدف منها، وما يعرفه مسبقًا عنها، وبما هو في حاجة لمعرفته عنها، وقدرته على التخطيط لحلها، وممارسته لكافة أشكال المراجعة والضبط الذاتي لعملياته العقلية أثناء حلّه لتلك المسألة.

- المسائل الفيزيائية: جاء في المعجم الوسيط أن المسألة: اسم، والجمع: مَسائِلُ. وهي مصدر ميميّ من (سأَلَ) وتَعني: قضيّة، أو ما كان موضوعَ بحثٍ أو نظر، والمسْأَلةُ (في الاصطلاح العلمي): القضية التي يُبرهن عليها، والسؤال: هو ما يطلب من طالب العلم الإجابة عنه في الامتحان مصطفى والزيات وعبدالقادر والنجار[84]. والمسألة الفيزيائية: هي مشكلة تتضمن بيانات فيزيائية معطاة، ويُطلب من المتعلم إيجاد قيمة مجهول أو أكثر باستخدام تلك المعطيات أو بعضها عن طريق تطبيق قوانين وعلاقات رياضية أو منطقية حتى يصل إلى حل مقبول لها [71,74,75].

- حل المسألة الفيزيائية: هو نشاط عقلي موجه نحو هدف محدد يتضمن سلسلة من العمليات ويحتوي عل قدر من المعلومات التي يوظف فيها المتعلم بنيته المعرفية ويعيد تنظيمها، بحيث يتمكن من الوصول إلى نتيجة مقبولة الزعبي وآخرون [7]؛ الخطيب [76]؛ [77] Taconis, Ferguson-Hessler & Engemann [10] ;Broekkamp. ويعرف إجرائيا في هذا البحث على أنه: مجموعة من الخطوات والإجراءات التي يقوم بها أفراد عينة البحث للوصول إلى نتائج مقبولة متضمنة إجابة صحيحة لسؤال محدد.

4. الطريقة والاجراءات

أ. منهج الدراسة

استخدمت منهجية البحث المعتمدة على التصميم Design-Based Research الذي يعرفها وانج وهنافين [78] بأنها: منهجية بحثية تهدف إلى تحسين الممارسات التربوية من خلال مراجعة منهجية منظمة مرنة ومستمرة لعمليات التحليل والتصميم والتطوير والتنفيذ، على أساس التعاون بين

الباحثين والممارسين في ظروف واقعية مما يقود إلى وضع مبادئ ونظريات. وقد تضمنت هذه المنهجية في البحث الحالي مزيجًا من الأساليب الكمية والنوعية، ويرى ستراوس وكوربين [79] أنه يمكن الجمع بين الأساليب الكمية والنوعية في البحث، ومن ذلك حين تستخدم البيانات النوعية لشرح أو توضيح نتائج تم التوصل إليها بالطرائق الكمية.

وبما أن هذا البحث يهدف لبناء نموذج لحل المسائل الفيزيائية، ومحاولة تطويره من خلال ملاحظة أساليب المتعلمين في التعامل معه والحاجة إلى مناقشتهم والتعرف على آرائهم حول هذا النموذج وتعديله حسب نتائج تلك الملحوظات والآراء، فإنه يمكن استخدام أسلوب دراسة الحالة Case Study، وهو أسلوب يتم فيه دراسة مظهرٍ ما من مظاهر السلوك ببعض العمق والخبرة الذاتية للملاحظ عن طريق جمع بيانات كيفية ووصفية تفصيلية باستخدام المقابلة أو الملاحظة غباري وأبو شندي وأبو شعيرة [80]. كما أن أسلوب دراسة الحالة يكون مناسبًا عندما يكون الهدف منه توضيح مفهوم أو تعديل نموذج -كما هي الحال في هذا البحث- من خلال التركيز على أشخاص أو أحداث أو عمليات [81].

ب. مجتمع البحث وعينته

مجتمع البحث هم جميع طلاب جامعة الملك خالد الذين يدرسون مقرر (101) فيز: مقدمة في علم الفيزياء"، وهو المقرر المقدم لطلاب كلية العلوم، والبالغ عددهم 588 طالبًا يتوزعون في 15 شعبة دراسية في بداية الفصل الدراسي الأول 1437/1436هـ، أما عينة البحث فقد اختيرت شعبة دراسية من شعب مقرر (101) فيز، وتتوفر فيها شروط مهمة لطبيعة البحث مثل استعداد ورغبة أستاذ المقرر للمشاركة. ووفقًا لكوهن ومانيون وميرسون [82] فإن اختيار العينة على هذا الأساس يعدّ ملائما لأن اختيار المشاركين تم برغبتهم وقبولهم لتنفيذ الإجراءات التدريسية وفق النموذج المقترح، وكان عدد طلاب الشعبة عند اختيار العينة 36 طالبًا، وقد انخفض هذا العدد عند تطبيق الاختبار الفصلي (الفتري) الأول إلى 29 طالبًا، وعند الاختبار الفصلي (الفتري) الثاني إلى 17 طالبا، وفي نهاية تطبيق التجربة أصبح العدد 11 طالبا، وقد تم تدريسهم فصلي: الميكانيكا، والشغل والطاقة؛ وفق النموذج المقترح. وقد اختيرت عينة مصغرة مكونة من ثلاثة طلاب، وهم الذين أبدوا استعدادهم للمشاركة، وأجريت معهم ثلاث مقابلات فردية على مراحل مختلفة أثناء فترة التطبيق، إضافة إلى أستاذ المقرر.

ج. أدوات الدراسة

يقوم هذا البحث على تقديم نموذج قائم على التفكير ما وراء المعرفي، وهو عبارة عن سلسلة مترابطة من الخطوات الذهنية والإجرائية المرتبطة ببعضها بعضا والتي تقدم دليلا إرشاديا للمتعلم يساعده في اتخاذ الإجراء الأنسب لحل المسألة الفيزيائية، كي يتمكن المتعلم من تطبيق آلية التسلسل الذهني والعملي لهذا النموذج على ما يقابله من مسائل، ومن خلال مراجعة الدراسات السابقة التي قدمت نماذج في إطار التفكير ما وراء المعرفي طرحت صورة أولية لنموذج مقترح لحل المسائل الفيزيائية، وعُرض على مجموعة من المتخصصين بهدف تحكيمه، حيث أجريت التعديلات المقترحة من قبل المحكمين. ولجمع البيانات استخدمت عدة أدوات، وشملت التالي:

- المسائل التطبيقية: وهي عبارة عن ثلاث مجموعات من المسائل لتطبيقها في نهاية كل موضوع دراسي، وكان الهدف من تلك الأسئلة دراسة تتبع مساهمة النموذج المقترح في تحسين حل الطلاب للمسائل الفيزيائية.

- الاختبارات الفصلية (الفترية): وهي اختبارات يعدها قسم الفيزياء لمقرر "مقدمة في علم الفيزياء" (101فيز) مرتين منفصلتين خلال الفصل الدراسي الواحد، وهي موحدة لجميع شعب المقرر، وتتكون من مجموعة من الأسئلة المتنوعة، فمنها: أسئلة الاختيار من متعدد، وأسئلة الإكمال، والمسائل الفيزيائية، التي هي محل الاهتمام في هذا البحث، ويقوم أعضاء هيئة التدريس بتصحيح إجابات الطلاب على تلك الاختبارات ورصد درجاتها.

- الاختبار البعدي: صمم الباحثان اختبارا تحصيليا بعديا شمل مجموعة من المسائل الفيزيائية في الموضوعات التي درستها العينة، ويهدف هذا الاختبار إلى قياس تحصيل الطلاب، وتم تحكيمه من قبل مجموعة من الخبراء المتخصصين؛ لإبداء وجهات نظرهم حول تلك المسائل، وتم تعديل الاختبار بناء على ملحوظات المحكمين.

- المقابلات: وهي مقابلات فردية شبه مقننة مع ثلاثة طلاب اختيروا من المجموعة التجريبية؛ للوقوف على مدى مناسبة النموذج المقترح، ومتابعة تقدمهم وملحوظاتهم حول النموذج ومقارنته مع استجاباتهم في الاختبارات المختلفة. كما أُجريت مقابلات مع أستاذ المقرر للتعرف على ملحوظاته حول تقدم الطلاب في حل المسائل باستخدام النموذج المقترح وتطوّر أساليب حلهم للمسائل الفيزيائية، إضافة إلى التعرف إلى ملاحظاته الخاصة بالنموذج وأساليب التطوير المقترحة من قِبله.

- تسجيلات الفيديو: وهي مجموعة التسجيل الصوتي والتسجيل المرئي (تصوير الفيديو) المستخدمة لرصد الملحوظات التي تتم داخل القاعة الدراسية أثناء حل الطلاب للمسائل الفيزيائية، وكذلك أثناء إجراء المقابلات مع الطلاب وأستاذ المقرر، وذلك بهدف الحصول على ملاحظة دقيقة يمكن تحليلها في أي وقت والعودة إليها حسب حاجة البحث بهدف تطوير النموذج المقترح. ولذلك الغرض سجلت جميع المحاضرات باستخدام آلتي تصوير: إحداهما كانت موجهة إلى أستاذ المقرر لمتابعة أدائه داخل القاعة التدريسية، والأخرى كانت موجهة إلى الطلاب لتسجيل تفاعلهم ومناقشاتهم داخل القاعة، أما بالنسبة لجلسات المقابلات المخصصة للعينة المصغرة من الطلاب فقد سجلت كذلك لجميع الطلاب.

- مفكرة ملحوظات الباحث: وهي مفكرة لكتابة الملحوظات المهمة خلال تطبيق النموذج حول مجريات تنفيذ المحاضرة، أو الأحداث التي يمكن أن تؤثر على سير المحاضرة، والأحداث الملفتة للانتباه، وقد تم استخدامها أثناء حضوره في قاعة التدريس، ومشاهدة لتسجيلات الفيديو، إضافة إلى الاستفادة من هذه المفكرة خلال تحليل تسجيلات الفيديو وتدوين بعض الملحوظات المهمة أثناء التطبيق، مما لم يمكن ملاحظته خلال المحاضرة.

كما تم التحليل النوعي لمحتوى هذه الأدوات والاستفادة منها في جميع مراحل تطبيق النموذج، بهدف تطويره وتحسينه للإجابة عن أسئلة البحث. ولرفع درجة الثقة في نتائج التحليل النوعي فقد تم تنفيذ مجموعة من الإجراءات حسب ما يصفها العبد الكريم [83]، والتي يمكن وصفها هنا وفق العناصر التالية:

- المصداقية: وتُعنى بمصداقية التحليل النوعي، والتي سعى الباحثان إلى تطبيقها باستخدام أكثر من أسلوب من الأساليب التي تنصح بها المصادر التي تهتم بالبحث النوعي، ومنها: تنويع مصادر وأصناف البيانات Triangulation من المقابلات الفردية والجماعية، وكذلك المناقشات الشفهية داخل قاعة المحاضرات، إضافة إلى تحليل أساليب حل طلاب المجموعة المصغرة في

الاختبارات المختلفة، وحاول الباحثان أيضاً إبراز الأمثلة المخالفة أو ما يسمى تحليل حالات الأمثلة السالبة التي يصفها العبدالكريم [83] بأنها "الحالات التي تخالف النسق العام في بيانات البحث".

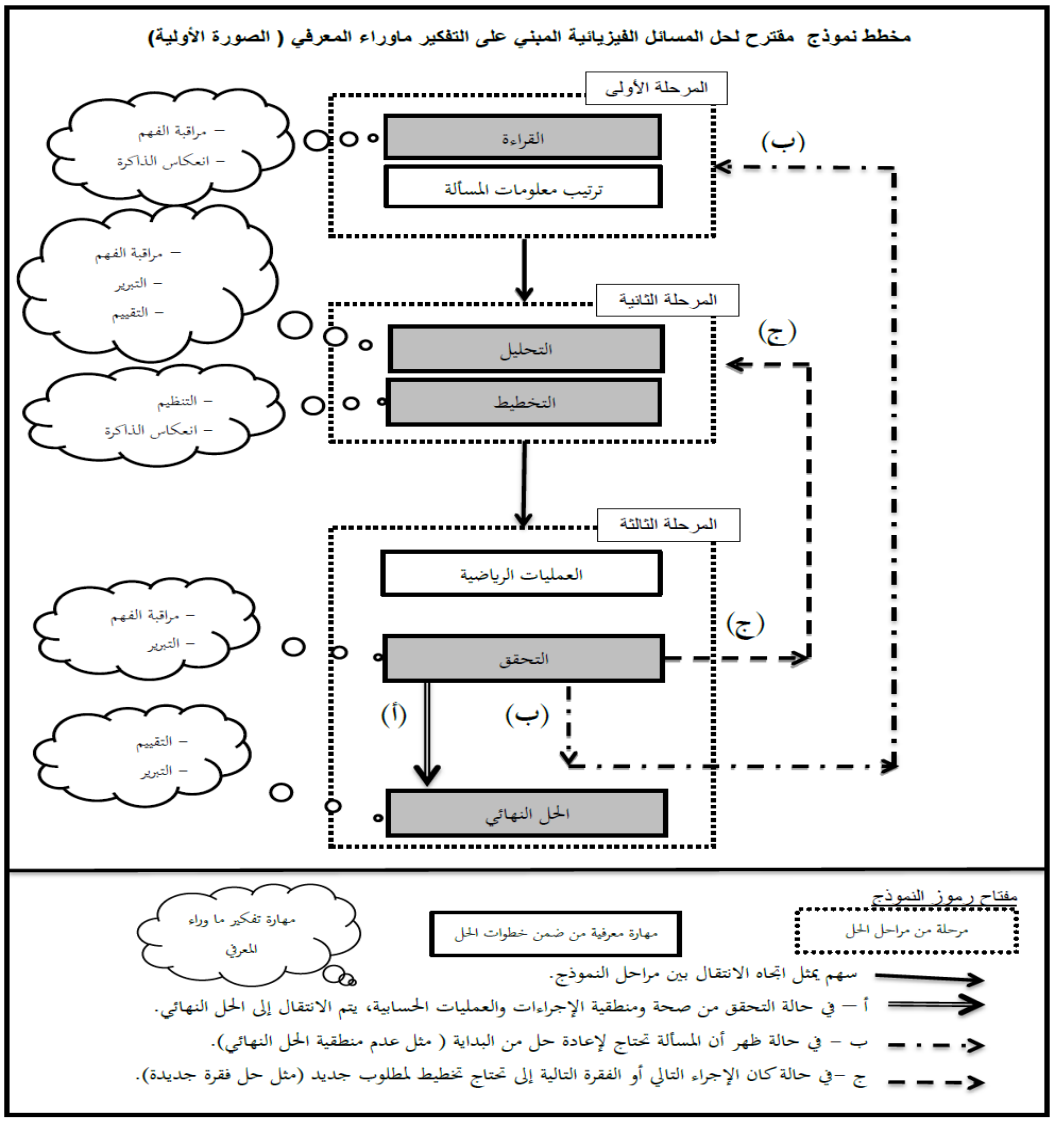
- الاعتمادية Dependability: حاول الباحثان توضيح تصميم البحث وإجراءات تنفيذه، إضافة إلى وصف عمليات جمع المعلومات، كما قاما بتقويم للنموذج وفاعلية العمليات التي تمت خلال تطبيقه.

- التطابقية Conformability: لتعزيز التطابقية والتقليل من تأثير ذاتية الباحث في الإجراءات والنتائج؛ اتبعت مجموعة من الإجراءات، ومنها: إظهار الأمثلة السالبة وإبرازها، وتقديم أمثلة على الملحوظات المحايدة والخالية من الأحكام، والفصل بين الملاحظة المحايدة والملحوظات الشخصية أو التفسيرية، إضافة إلى وضع بيان بمتابعة خطوات جمع المعلومات وأساليب التحليل.

5. النتائج

إجابة السؤال الأول: ما النموذج المقترح القائم على التفكير ما وراء المعرفي لحل طلاب المقررات الأولية بجامعة الملك خالد للمسائل الفيزيائية؟

يمثل النموذج المقترح طريقة علمية يُتوقع أن يستطيع بها المتعلم حل عدد من المسائل الفيزيائية ذات الأساس الرياضي، ومن خلال مراجعة الدراسات السابقة التي قدمت نماذج في إطار التفكير ما وراء المعرفي [12] Phang [24] ;Savage & Williams، طرح الباحثان صورة أولية لنموذج مقترح لحل المسائل الفيزيائية، ومن ثم تطويره على عدة مراحل قبل تطبيقه، ويقوم النموذج على ثلاث مراحل رئيسة في حل المسألة الفيزيائية، ويمثل الشكل (1) مخططا تفصيليا للنموذج موضح فيه المراحل الثلاث وخطواتها التفصيلية.



شكل 1

مخطط تفصيلي للنموذج المقترح لحل المسألة الفيزيائية القائم على التفكير ما وراء المعرفي (الصورة الأولية)

ويمكن شرح تلك المراحل وتفاصيل خطواتها وعمليات التفكير ما وراء المعرفي الخاصة بها كالتالي:

المرحلة الأولى:

تمثل هذه المرحلة الجزء الأوّلي للحل، وتهتم ببناء الفهم المبدئي للمسألة الفيزيائية وتكوين الصورة الذهنية للأحداث والعلاقات بين عناصر المسألة، وتقوم على خطوتين مهمتين وهما: القراءة، وترتيب معلومات المسألة، ويمكن توضيحهما كالآتي:

الخطوة الأولى: القراءة Reading: وهي تمثل البداية في تكوين تصوّر أولي للحل، والتي تتأثر بكثير من العوامل الخاصة بنص المسألة، مثل: وضوح وسلامة لغة المسألة، طول النص المكتوب، استخدام مصطلحات علمية أو غير علمية أو كلمات خارجة عن السياق الثقافي والبيئي للطالب، ووضوح هذه المصطلحات من عدمه؛ أو عوامل مرتبطة بالمتعلم، مثل: مدى إجادته للغة التي كُتبت بها المسألة، ومدى معرفته بالمصطلحات العلمية المستخدمة؛ ويمكن أن تتكرر خطوة القراءة أكثر من مرة حسب حاجة المتعلم لها. وللقراءة عدة مراحل: تبدأ بالقراءة الأولية المباشرة والتي يكون الهدف منها التعرف على المسألة بشكل عام، ثم ينتقل المتعلم إلى مرحلة القراءة للفهم والتي يحاول فيها تحديد أهم العناصر في المسألة، ثم القراءة للبحث عن هدف المسألة لتكوين إطار معرفي للحل؛ وترتبط بخطوة القراءة عمليتان للتفكير ما وراء المعرفي وهما:

- مراقبة الفهم Monitoring Understanding: وتتمثل هذه العملية في قدرة المتعلم على مراقبة مدى أُلفته مع عناصر المسألة، ويحاول أن يقيس إلى أي مدى كان الفهم من خلال القراءة الأولية يشكل لديه معنًى مقبولا يستطيع من خلاله تكوين تصور مبدئي للمسألة، ويمكن التعبير عن ذلك بأسئلة يوجهها المتعلم لنفسه مثل: هل العبارات والمفاهيم الواردة في هذه المسألة مفهومة بالنسبة لي؟، هل هناك كلمات أو عبارات وردت في هذه المسألة لم أفهمها؟، هل الشكل العام للمسألة واضح لديّ؟ ويقوم المتعلم خلالها بمقارنة ما يقرأه مع ما يشكّله من مفاهيم وعبارات وردت في المسألة والعلاقات التي يبنيها اعتمادا على فهمه من القراءة.

- انعكاس الذاكرة Reflecting Memory: وتمثل مرحلة البحث في الذاكرة أو الخبرة السابقة عن أي معلومة لها علاقة بمعلومات المسألة الحالية، ويرتبط ذلك بالبناء المعرفي لدى المتعلم، فيقوم المتعلم بمقارنة ما هو موجود ومألوف في بنائه المعرفي بما لديه في المسألة، ويمكن التعبير عن هذه الخطوة بالتساؤلات الآتية: ما المعلومات التي في ذاكرتي ولها مرادف هنا (في هذه المسألة)؟ هل هذه العبارات والمفاهيم الواردة في هذه المسألة مألوفة لديّ؟، هل سبق لي أن رأيت هذه المصطلحات؟

الخطوة الأخرى: ترتيب معلومات المسألة Arranging Information: وتتمثل هذه الخطوة في تحويل النص اللفظي للمسألة إلى نص فيزيائي كمي يمثل سردا مبسطًا للمصطلحات الواردة في المسألة باستخدام المختصرات والرموز مع وضع قيمها ووحداتها حسب المتبع علميًا، ولا يرتبط بهذه الخطوة أيٌّ من عمليات التفكير ما وراء المعرفي.

المرحلة الثانية:

وهي تمثل مرحلة العمليات الرئيسة في بناء حل منطقي مقبول للمسألة التي يقوم بحلها المتعلم، وتتكون من خطوتين، وهما: التحليل، والتخطيط. فخطوة التحليل تُعْنَى بربط المفاهيم الموجودة في المسألة ووضعها في إطار منطقي يستطيع به المتعلم التقدم في الحل بشكل صحيح، وخطوة التخطيط تُعنى ببناء مسار مقبول للحل، وهما كالآتي:

الخطوة الأولى: التحليل Analyzing: وتقوم هذه الخطوة على البحث عن مفهوم فيزيائي محتمل تدور حوله المسألة الحالية، والتعبير عنها بمفردات المتعلم ذاته بحيث يبني المفهوم الخاص به للمسألة، وبحث ماهية الطرائق المناسبة لتقديم حل يتوافق مع المطلوب والمتوفر في هذه المسألة، وتشمل أيضاً مناقشة أهم الافتراضات التي تقدم حلا معقولًا للمسألة، وهل هناك خيارات متعددة لهذا الحل. ويشمل التحليل كذلك تحديد الهدف المطلوب وكيفية الوصول إليه، واستخدام أساليب متنوعة للوصول إلى حل منطقي، وإعادة ترتيب للمتغيرات المفتاحية في المسألة، ويرتبط بهذه المرحلة ثلاث عمليات للتفكير ما وراء المعرفي، وهي:

- مراقبة الفهم Monitoring Understanding: وهنا يناقش المتعلم نفسه حول فهمه الخاص للمسألة، فيقارن –مثلاً-العناصر المعلومة بالعناصر المجهولة والعلاقات بينها، وكيف يمكن الوصول من بعضها إلى بعض، وكيف يمكن بناء مسار فكري مناسب للحل.

- التبرير Justifying: وتتضمن هذه العملية إعداد تبرير ذهني مناسب قبل اتخاذ أي خطوة أو قرار في اتجاه الحل، ويشمل ذلك تقديم تبرير للنقاط الآتية: قبول المفهوم المقدم لحل المسألة، وقبول الهدف من حل المسألة، وقبول إجراء حل المسألة بالطريقة المقترحة.

- التقييم Evaluation: ويشمل تقييم مستوى الفهم في هذه المرحلة مقارنة بنص المسألة، وكذلك تقييم مدى دقة الخطة المعدة للوصول إلى الهدف من الحل.

الخطوة الثانية: التخطيط Planning: وتقوم هذه الخطوة على تحديد آلية للحل، واختيار المعادلات الفيزيائية والعمليات الرياضية اللازمة، مع تحديد ترتيب مقترح للخطوات المقبلة، ويرتبط بهذه المرحلة عمليتان للتفكير ما وراء المعرفي، وهما:

- التنظيم Regulating: وهو تحديد ماذا يحتاج حل هذه المسألة، وتشمل: دقة تحديد خطة الحل، وتحديد الحاجة لمعلومات أخرى في الذاكرة للحل، مع استمرار التركيز الذهني على الهدف.

- انعكاس الذاكرة Reflecting Memory: ويمثل مرحلة مقارنة الخطة الموضوعة لحل المسألة الحالية بالمعلومات الموجودة في الذاكرة أو الخبرة السابقة التي لها علاقة بموضوع المسألة وآليات الحل المقترحة.

المرحلة الثالثة:

وتعد هذه المرحلة من أهم المراحل؛ إذ تمثل الجانب التطبيقي للحل، وهي تعبير عمّا سبقها من مراحل، مثل: التحليل والتخطيط، وتحويله إلى حل ملموس، وتشمل: التنفيذ الفعلي لخطة الحل، وتطبيق مسار الإجراءات المقترح، وتشمل ثلاث خطوات، وهي: العمليات الرياضية، والتحقق، والحل النهائي؛ والتي يمكن توضيحها كالآتي:

الخطوة الأولى: العمليات الرياضية Calculating: وتشمل هذه المرحلة إجراء حل رياضي بحت للمعادلات الفيزيائية ومتطلباتها من العمليات الرياضية، والتي تتضمن إجراء وتنفيذ العمليات الرياضية والحسابية التي يحتاجها الطالب للوصول إلى حل نهائي حسب خطة الحل المقترحة.

الخطوة الثانية: التحقق Checking: ويشمل التحقق عدة مستويات، ويكون على مرحلتين: المرحلة الأولى وتتمثل في التحقق الأولي لكل فقرة على حدة، ويعتبر التحقق هنا عملية مهمة في استكمال الحل ويشمل التأكد من مراجعة بعض العناصر كالآتي: قراءة الفقرة من المسألة بشكل صحيح، وصحة الخطة الموضوعة للحل، ومنطقية التحليل لعناصرها، ومنطقية ترتيب المتغيرات في المعادلة المستخدمة، وصحة الخطوات المتبعة للحل، وصحة المعادلات والعلاقات الفيزيائية المستخدمة، وصحة العمليات الرياضية المنفذة، وتحقق الهدف المقصود من تلك الفقرة، واكتمال الحل كما هو مطلوب في المسألة. أما المرحلة الثانية من التحقق فتشمل المسألة كاملة،

وتُعاد نفس الخطوات السابقة للمسألة بشكل عام، ويرتبط بعملية التحقق عدة عمليات للتفكير ما وراء المعرفي، وهي:

- التقييم Evaluation: تقييم صحة الحل ومناسبته للمسألة قبل قبوله بشكل نهائي.
- التبرير Justifying: إعداد تبرير ذهني مناسب لقبول الإجابة النهائية.

وبناء على نتائج التحقق يتم اتخاذ أحد القرارات كالآتية:

أ – في حالة التحقق من صحة ومنطقية الإجراءات والعمليات الحسابية، يتم الانتقال للحل النهائي.

ب - في حالة كان الإجراء التالي أو الفقرة التالية تحتاج إلى تخطيط لمطلوب جديد (مثل حل فقرة جديدة) يتم العودة إلى المرحلة الثانية من الحل.

ج - في حالة أن المسألة تحتاج إلى إعادة حل من البداية (مثل عدم منطقية الحل النهائي) وبالتالي العودة إلى الخطوة الأولى من الحل.

الخطوة الثالثة: إجراء الحل النهائي Answering: وهي مرحلة نهائية في الحل وتشمل استكمال جميع الإجراءات لجميع فقرات المسألة وترتيبها وإعداد ملخص نهائي للحل بشكل منظم يناسب الهدف المطلوب الوصول إليه في المسألة. ويرتبط بهذه المرحلة عمليتان للتفكير ما وراء المعرفي، وهما:

- مراقبة الفهم Monitoring Understanding: ويقوم هنا على مراقبة تطور القبول الذهني للحل وهل هناك حاجة لإعادة النظر في الإجابة المقدمة.
- التبرير Justifying: إعداد تبرير ذهني مناسب لقبول الإجابة النهائية.

تطبيق النموذج

ولدراسة هذا النموذج فقد طبق على عينة الدراسة والممثلة بطلاب إحدى شعب مقرر" 101 فيز: المدخل إلى علم الفيزياء"، وتم تطبيق النموذج على فصلين من فصول المقرر وهما: فصل الميكانيكا، وفصل الشغل والطاقة، ويتكون كلٌ منهما من عدة موضوعات تفصيلية، ففصل الميكانيكا يتكون من: أنواع الميكانيكا، والكميات الكينماتيكية الأساسية، والحركة بتسارع منتظم في اتجاه واحد، والسقوط الحر، وقوانين نيوتن، والكتلة والوزن، والاحتكاك. في حين يتكون فصل الشغل والطاقة من الموضوعات الآتية: الشغل بواسطة قوة ثابتة، والشغل وطاقة الحركة، والشغل بواسطة قوة متغيرة، والشغل بواسطة زنبرك، والقدرة، والشغل وطاقة الوضع، ونظرية الشغل والطاقة. قام أستاذ المقرر بتدريس المقرر، وقام بحل جميع المسائل المقدمة في قاعة التدريس باستخدام نموذج حل المسائل الفيزيائية المقترح القائم على التفكير ما رواء المعرفي، سواء كان ذلك الحل للأمثلة المقدمة لهم أثناء تدريس الموضوعات أو لمسائل نهاية الفصل.

وتبعاً للآلية التي تم تدريب أستاذ المقرر عليها؛ قام بتطبيق تدريس النموذج المقترح لحل المسائل الفيزيائية القائم على التفكير ما وراء المعرفي من خلال تقديم آلية حل النموذج لمساعدة الطلاب على فهم واستيعاب النموذج؛ ليتمكنوا من استخدامه بكفاءة أثناء حلهم لتلك المسائل. فعندما يتم تطبيق مثال لمسألة فيزيائية يبدأ أستاذ المقرر بكتابة المسألة كاملة على السبورة ويكلف أحد الطلاب بتدوين العلاقات الفيزيائية التي تخص المسألة على الجانب الآخر من السبورة، ويبدأ بعدها أستاذ المقرر بتطبيق النموذج الذي يكون في لوحة كبيرة معلقة أمام الطلاب في قاعة التدريس، ومتتبعاً نفس الخطوات مبتدئًا بالمرحلة الأولى التي تشمل خطوتي: القراءة، وترتيب معلومات المسألة، ففي خطوة القراءة يقوم أحد الطلاب بقراءة المسألة لضمان مشاركتهم واستيعابهم لخطوات تطبيق النموذج وملاحظة الإشكالات والصعوبات التي من الممكن ظهورها أثناء التطبيق موضحاً عمليتي التفكير ما وراء المعرفي المرتبطة بخطوة القراءة وهما: مراقبة الفهم، واسترجاع الذاكرة، ويوضح خلال الحل كيفية توظيف تلك العمليات. ينتقل بعدها أستاذ المقرر مع الطلاب إلى الخطوة الثانية وهي ترتيب معلومات المسألة وكيفية تحويل المعاني اللفظية في المسألة إلى معانٍ فيزيائية كمية وعلاقات بين العناصر الرئيسة في المسألة وتحديد العناصر المعلومة والعناصر المجهولة من خلال ترتيب منطقي لها.

أما المرحلة الثانية من التطبيق والتي تشمل خطوتي: التحليل والتخطيط وما يرتبط بهما من عمليات تفكير ما وراء معرفي فكان أستاذ المقرر يناقش الطلاب حول خطوة التحليل وترشيح طالب لتقديم تحليل مناسب للمسألة مع مناقشة زملائه فيما قدّمه من تحليل ومعرفة عمليات التفكير التي رافقت عملية التحليل تلك وكيفية توظيفها، وهي عمليات: مراقبة الفهم، والتبرير، والتقييم. يتبع تلك الخطوة في المرحلة الثانية خطوة التخطيط حيث يقوم أستاذ المقرر من خلالها بتشجيع الطلاب على اقتراح مخططات لحل تلك المسألة بناء على خطوة التحليل السابقة والتي تشمل اقتراح العلاقات الرياضية والفيزيائية المناسبة لحل تلك المسألة موضحًا فيها أهمية عمليتي التفكير ما وراء المعرفي المرتبطة بها، وهما: التنظيم وانعكاس الذاكرة.

أما في المرحلة الثالثة وهي تشمل خطوات: العمليات الرياضية والتحقق والحل النهائي، فيقوم أستاذ المقرر بترشيح طالب لإكمال الحل مبتدئًا بخطوة العمليات الرياضية ليصل بها إلى قيمة رياضية محددة، ثم ينتقل الطالب الذي يقوم بالحل إلى الخطوة التالية وهي: التحقق، ويقرر من خلالها بالمشاركة مع زملائه أي الخيارات الثلاثة في النموذج المقترح يختار، ويقدم لهم أستاذ المقرر بعض الأمثلة التي توضح كيف يتم تحديد المسار الذي يختاره الطالب، فالمسار (أ) في النموذج يتم اختياره في حالة التحقق من صحة ومنطقية الحل المقدم في الخطوات السابقة يتم بعدها الانتقال لخطوة الحل النهائي، وفي حالة ظهور حاجة لإعادة حل للمسألة يتم اختيار المسار (ب)، وفيه يعود الطالب من بداية الحل ويعيد قراءة المسألة من جديد ويحدد خطوات جديدة للحل، وفي حالة كان الإجراء التالي أو الفقرة التالية تحتاج إلى تخطيط لمطلوب جديد مثل: حل فقرة جديدة، فيتم اختيار المسار (ج) الذي يرجع بالحل إلى مرحلة التخطيط مع توضيح أستاذ المقرر للطلاب أساليب توظيف عمليتي: مراقبة الفهم والتبرير، في خطوة التحقق، أما الخطوة الأخيرة من المرحلة الثالثة، وهي خطوة الحل النهائي، والتي تقوم على ترتيب الطالب للحل على شكل يوافق المسألة التي بدأها بحيث يتأكد من استيفاء هذا الحل لجميع الخطوات والعمليات المطلوبة في المسألة، ويقوم بترتيب الحل بشكل علمي سليم شاملاً النص الرياضي والفيزيائي للحل مع توضيح عمليتي التفكير الما وراء معرفي المرتبطة بهذه الخطوة وهما التقييم والتبرير. تم تطبيق هذه الآلية من قِبل أستاذ المقرر في جميع الأمثلة التطبيقية التي قدمها للطلاب أثناء شرحه لموضوعات الفصلين اللذين شملهما التطبيق، على اختلاف ظروف كل درس على حدة.

تقويم تطبيق النموذج

بعد تحليل مصادر البيانات التي جمعت خلال مرحلة تطبيق النموذج، وهي:

- بينات مستمدة من أداء الطلاب ككل وهي الاختبارات الفصلية (الفترية) والتي طبقت مرتين خلال فترة التطبيق، والملحوظات الصفية أثناء الحضور

في قاعة التدريس عبر تطبيق النموذج، وتحليل تسجيلات الفيديو لجميع المحاضرات التي تم تقديمها.

- بيانات مستمدة من العينة المصغرة (ثلاثة طلاب) أثناء حلهم للمسائل التطبيقية ومناقشتهم حولها، والتحليل البعدي لتسجيلات الفيديو لتلك المقابلات، إضافة إلى تحليل حلهم الورقي لتلك المسائل.

- بيانات مستمدة من المقابلات مع أستاذ المقرر وملاحظة أدائه من خلال الملاحظة الصفية المباشرة للباحث الأول بحضوره في قاعة التدريس، ومن خلال تحليل تسجيلات الفيديو لتلك الدروس.

وبناء على استقصاء تحليل تلك البيانات، خلص الباحثان إلى عدد من الملحوظات والاستنتاجات حول تطبيق النموذج ومقترحات تطويره وفق مراحله الثلاث كما يأتي:

المرحلة الأولى:

تتكون هذه المرحلة من خطوتين رئيستين تمت الإشارة إليهما في وصف النموذج المقترح في بداية إجابة هذا السؤال، وهما: خطوة القراءة، وخطوة ترتيب معلومات المسألة، ومن خلال تحليل مصادر البيانات توصل الباحثان إلى الآتي:

خطوة القراءة: تظهر أهمية خطوة القراءة من خلال ملاحظة أداء الطلاب في حل المسائل، ففي قاعة المحاضرات ظهر أن لدى الطلاب إشكالا عاما في سلامة القراءة عندما يشارك أحدهم بقراءة مسألة أو مثال أو بحل على السبورة، مما قد يمثل صعوبة عند بعض الطلاب في فهم بعض الكلمات والمصطلحات المستخدمة، خاصة أن بعضهم يأتون من خلفيات علمية مختلفة مثل تخصصات الكيمياء والأحياء والرياضيات وهؤلاء يواجهون صعوبات في فهم واستيعاب المصطلحات الفيزيائية حسب رأي أستاذ المقرر، الأمر الذي قد يرتبط بشكل كبير بعملية استرجاع الذاكرة، ففقدان أو ضعف وجود تلك المصطلحات في ذاكرة الطالب يمنعه من ربطها بالمسائل الموجودة مما يشكل عائقًا في القراءة وبالتالي الفهم للمعنى بشكل عام، وكذلك لوحظ استمرار الطلاب في عمليات حل المسألة عند قراءتها بشكل جيد، بينما لوحظ ضعف التركيز في الحل لدى الطلاب داخل القاعة حال القراءة غير سليمة أو كثيرة الأخطاء.

كما تمت ملاحظة ظهور إشكالية أخرى إضافة إلى إشكالية الأخطاء القرائية، فهناك إشكالية عدم الاهتمام بإتمام قراءة المسألة بشكل كامل، فمثلاً: في حالة الطالب عبدالله من طلاب المجموعة المصغرة، والذي ظهر لديه انخفاض التركيز وقلة الترابط بين أجزاء الحل أثناء حله لأكثر من سؤال، وقد يُعزى ذلك لما لوحظ لدى الطالب من انتقال متكرر بين خطوة القراءة وخطوات أخرى مثل: كتابة معلومات المسألة والتحليل قبل انتهائه من قراءة المسألة بشكل كامل، مما قد يفسر ضعف قدرة الطالب على الحل بشكل متصل، وتكراره للتساؤل مع نفسه بصوت عال لكلمة: "كيف....كيف يعني؟" على تلك المسائل، وهذا يرتبط بعملية مراقبة الفهم وهي إحدى عمليتي التفكير ما وراء المعرفي المرتبطتين بخطوة القراءة في النموذج المقترح، والتي تظهر لديهم في استدعائهم ذهنيًا للمفاهيم والعلاقات الواردة في نص المسألة، كما أنه يلاحظ ارتباط تلك العملية لدى الطلاب بالمرحلة كاملة.

خطوة ترتيب معلومات المسألة: لاحظ الباحثان من خلال تحليل حل الطلاب للمسائل الفيزيائية تفاوتهم في التقيد بخطوة ترتيب معلومات المسألة، وقد يعزى جزء من هذا التفاوت إلى ما لوحظ من تباين اهتمام أستاذ المقرر بتلك الخطوة أثناء تطبيق النموذج من مسألة إلى أخرى، والذي فسّره خلال المقابلة معه بضرورة شرح بعض جزئيات الدرس التي تتقاطع مع حل المسألة. ويختلف اهتمام تنفيذ الطلاب لخطوة ترتيب معلومات المسألة باختلاف طريقة تناولهم لحلها، فمن خلال تحليل حل طلاب المجموعة المصغرة للمسائل اختلفت ممارساتهم لترتيب معلومات المسألة، فالطالب عبدالله لم يدون معلومات المسألة في أي حل قدمه لمسائل المجموعة الثانية، بينما الطالب محمد لوحظ اهتمامه وكتابته لأغلب معلومات المسائل التي يقوم بحلها في مجموعات المسائل الثانية والثالثة، ويظهر تأثر وارتباط هذه الخطوة بعملية مراقبة الفهم لدى الطلاب عند حلهم للمسائل، فالطلاب الذين لديهم فهم واضح للمسألة يكون لديهم ترتيب جيد لمعلوماتها، والعكس صحيح.

المرحلة الثانية:

تتكون هذه المرحلة من خطوتين رئيستين تمت الإشارة إليهما في وصف النموذج المقترح في بداية إجابة هذا السؤال، وهما: خطوة التحليل، وخطوة التخطيط، ومن خلال تحليل مصادر البيانات تم التوصل إلى الآتي:

خطوة التحليل: بالرغم من أهمية العناية بخطوة التحليل لما لها من تأثير في نجاح بقية عمليات حل المسألة الفيزيائية، إلا إنه يُلاحظ تفاوت الطلاب في التفاعل مع هذه الخطوة؛ فأثناء حضور المحاضرات مع المجموعة التجريبية، وأثناء مناقشة أستاذ المقرر للطلاب في حل المسائل المتعلقة بمعادلات الحركة في فصل الميكانيكا، قام أحد الطلاب بوضع قانون رياضي يحوي عنصرين مجهولين، وعند استمراره في التطبيق والتعويض بأرقام من معلومات المسألة واجه مشكلة في الوصول إلى حل صحيح، وهو هنا لم يقم بتحليل معلومات المسألة، ومقارنتها مع المطلوب؛ ليكوّن فكرة سليمة عن كيفيتها، ومقارنتها مع المطلوب؛ ليتمكن من إدارة عملية الحل قبل الانتقال إلى اختيار القانون أو العلاقة الفيزيائية المناسبة.

كما ظهرت نفس الإشكالية لدى طلاب المجموعة المصغرة، إذ عاد الطالب عبدالرحمن في المسألة (3) أثناء الحل في مجموعة المسائل التطبيقية (2) إلى خطوة التحليل مرة أخرى عند توقفه في خطوة إجراء العمليات الرياضية، ليكتشف خطأ اختياره لطريقة التعويض من معلومات المسألة في العلاقة الرياضية، كذلك في المسألة (1) لمجموعة المسائل التطبيقية (3) قام الطالب عبدالله بتحديد استراتيجية حل، تعتمد على أن المجهول هو نظرية الشغل والطاقة، بينما السؤال يطلب استخدام نظرية الشغل والطاقة في الحل، وبالتالي يقوده هذا الفرض إلى عمليات خاطئة تؤدي إلى نتائج خاطئة.

خطوة التخطيط: ترتبط خطوة التخطيط بشكل كبير بخطوة التحليل التي تسبقها، ويلاحظ أن الطلاب الذين يقومون بعمليات تحليل سليمة يؤدي ذلك في أغلب الأحيان إلى قيامهم بعمليات تخطيط سليمة، والتي تشمل اختيار الطالب قوانين وعلاقات فيزيائية محددة، تناسب الإجراءات التي بناها في خطوة التحليل السابقة، ففي المسألتين 1 و2 في مجموعة المسائل (3) لوحظ بناء الطالب محمد لتحليل جيد أنتج لديه خطة جيدة في اختيار العلاقات والقوانين الفيزيائية السليمة، مما يسّر له القيام بعمليات صحيحة للوصول إلى حل صحيح، مستخدمًا عمليتي التنظيم والتبرير ما وراء المعرفيتين بشكل مناسب لهذه الخطوة.

وبالنسبة لعمليات التفكير ما وراء المعرفي المرتبطة بهاتين الخطوتين، لوحظ أن الطلاب يمارسون عمليات: مراقبة الفهم، والتقييم، مع خطوة

التحليل، بينما يمارسون عمليات: التنظيم، والتبرير، مع خطوة التخطيط بشكل أوضح، مع ضعف استخدامهم لعملية انعكاس الذاكرة في هذه المرحلة.

المرحلة الثالثة:

تتكون هذه المرحلة من ثلاث خطوات رئيسة تمت الإشارة إليها في وصف النموذج المقترح في بداية إجابة هذا السؤال وهي: خطوة العمليات الرياضية، وخطوة التحقق، وخطوة الحل النهائي، ومن خلال تحليل مصادر البيانات تم التوصل إلى الآتي:

خطوة العمليات الرياضية: لاحظ الباحثان وجود إشكال كبير لدى الطلاب عند قيامهم بهذه الخطوة، سواء في حلهم للاختبارات الفصلية (الفترية) أو في الاختبار النهائي، ويتمثل هذا الإشكال في ضعف الأساس الرياضي، وظهور أخطاء واضحة لديهم في العمليات الأربع الأساسية: الجمع، والطرح، والضرب، والقسمة، إضافة إلى جبر الكسور، وهي إجمالي العمليات التي تعتمد عليها القوانين والعلاقات الفيزيائية، وترتبط بها نتائج المسائل بشكل كبير. ويقع الطلاب بعدد من الأخطاء الرياضية، وخاصة العمليات الحسابية الأساسية، كما يضاف إلى ذلك ظهور أثر لعمليات تفكير ما وراء المعرفي لدى الطلاب، مثل: التنظيم، والتبرير، تترافق مع خطوة العمليات الرياضية والتي تتضح من طريقة الحديث مع النفس حول صحة تلك العلاقات من عدمه أثناء الحل والتي لوحظت أثناء حل طلاب المجموعة المصغرة لدى حلهم لمجموعة المسائل الثانية والثالثة، والتي تتطلب من الطالب تنظيم أفكاره وآلية عمله في العلاقة الرياضية التي اختارها، مع وضعه لتبرير داخلي لطريقة العمل التي اختارها في خطوات حل العمليات الرياضية، يظهر جلياً عند مناقشة الطالب في الآلية التي اختارها لحل المسألة.

خطوة التحقق: على الرغم من أهمية خطوة التحقق لم يُظهِر معظم الطلاب اهتمامًا كبيرًا بها في المسائل سواء التي شاركوا في حلها أثناء المحاضرات، أو التي قاموا بحلها في اختباراتهم الفصلية (الفترية) أو الاختبار النهائي، كذلك تمت ملاحظة نفس الإشكال لدى طلاب العينة المصغرة أثناء حلهم لمجموعات المسائل التطبيقية الثلاث، بينما ظهرت إشارات بسيطة لها عند مناقشة طلاب العينة المصغرة حول المسألة (2) في مجموعة المسائل التطبيقية (3)، ويرتبط بخطوة التحقق عمليات التفكير التي تتبع خطوة التحقق، وهما: مراقبة الفهم، والتبرير.

خطوة الحل النهائي: مما تمت ملاحظته أثناء عمليات حل المسائل أن كثيراً من الطلاب لا يهتم بكتابة حل نهائي للمسألة يتضمن ملخصاً لأهم ما توصل إليه، أو تدوين وصف فيزيائي علمي لمعنى الكميات التي حسبها، وفي بعض الحالات لا يقوم الطالب بوضع الوحدة العلمية للقيم النهائية، و لا يعبر أو يصف ماذا تمثل تلك الأرقام والكميات بالنسبة للمسألة التي قام بحلها، وقد يعزى ذلك إلى عدم الاهتمام بهذه المرحلة مقارنة بأغلب المراحل التعليمية السابقة حسب رأي أستاذ المقرر، وكذلك قد يكون السبب في ذلك عدم احتساب جزء من الدرجة له في الاختبارات، الأمر الذي يجعله أقل أهميةً لدى الطلاب، وينعكس ذلك على عمليتي التفكير ما وراء المعرفي اللتين تترافقان مع خطوة الحل النهائي، وهما: التقييم، والتبرير. فعدم وجود دافع لدى الطالب يجعله لا يستخدمهما كما يجعله لا يهتم بالتفكير بهما، فعند توجيه سؤال لطلاب العينة المصغرة عن معنى تلك الأرقام؟ وماذا تعني بالنسبة للمسألة؟ يقوم بكتابة حل نهائي مختصر قد لا يعطي في كثير من الأحيان الهدف المطلوب.

جوانب مقترحة في تطوير النموذج:

وبناء على ما سبق عرضه فإن الباحثين يقترحان إجراء بعض التعديلات على نموذج حل المسألة الفيزيائية القائم على التفكير ما وراء المعرفي، وهي مرتبة حسب خطوات النموذج كالآتي:

خطوة القراءة: يرى الباحثان أن تبقى هذه الخطوة في بداية النموذج لأهميتها، وذلك لما لاحظاه من أهميتها وأثرها في مجمل العمليات الرئيسة التي يقوم بها الطلاب، مثل: ترتيب معلومات المسألة، والتحليل، والتخطيط، والتي تمثل منطلقًا مهمًا لحلٍ صحيح للمسألة، وأما ما يخص عمليات التفكير ما وراء المعرفي، فيعاد الترتيب بحيث تسبق عملية انعكاس الذاكرة عملية مراقبة الفهم؛ وذلك لما لوحظ أثناء المقابلات مع الطلاب من تقدم أثر عملية انعكاس الذاكرة على عملية مراقبة الفهم، فالطالب يبحث في ذاكرته عن المفاهيم والمصطلحات، ثم يقوم بعد ذلك بعمليات الربط التي تشكل عملية الفهم.

خطوة ترتيب معلومات المسألة: يضاف إلى هذه الخطوة عملية مراقبة الفهم؛ لأهميتها في تشكيل معنى للمعلومات المستخلصة من المسألة.

خطوة التحليل: يقترح الباحثان تغيير موقعها بحيث تصبح موازية لخطوة التخطيط، وترتبط بها عمليتا مراقبة الفهم والتقييم، وحذف عملية التنظيم؛ وذلك لما ظهر من تداخل كبير بين خطوتي: التخطيط والتحليل؛ لدى الطلاب أثناء ممارستهم لعمليات الحل، واختلاف الحيز الذي تأخذه كل عملية من الحل والذي يعتمد على طريقة الطالب في التفكير وقيادة عمليات التفكير لديه.

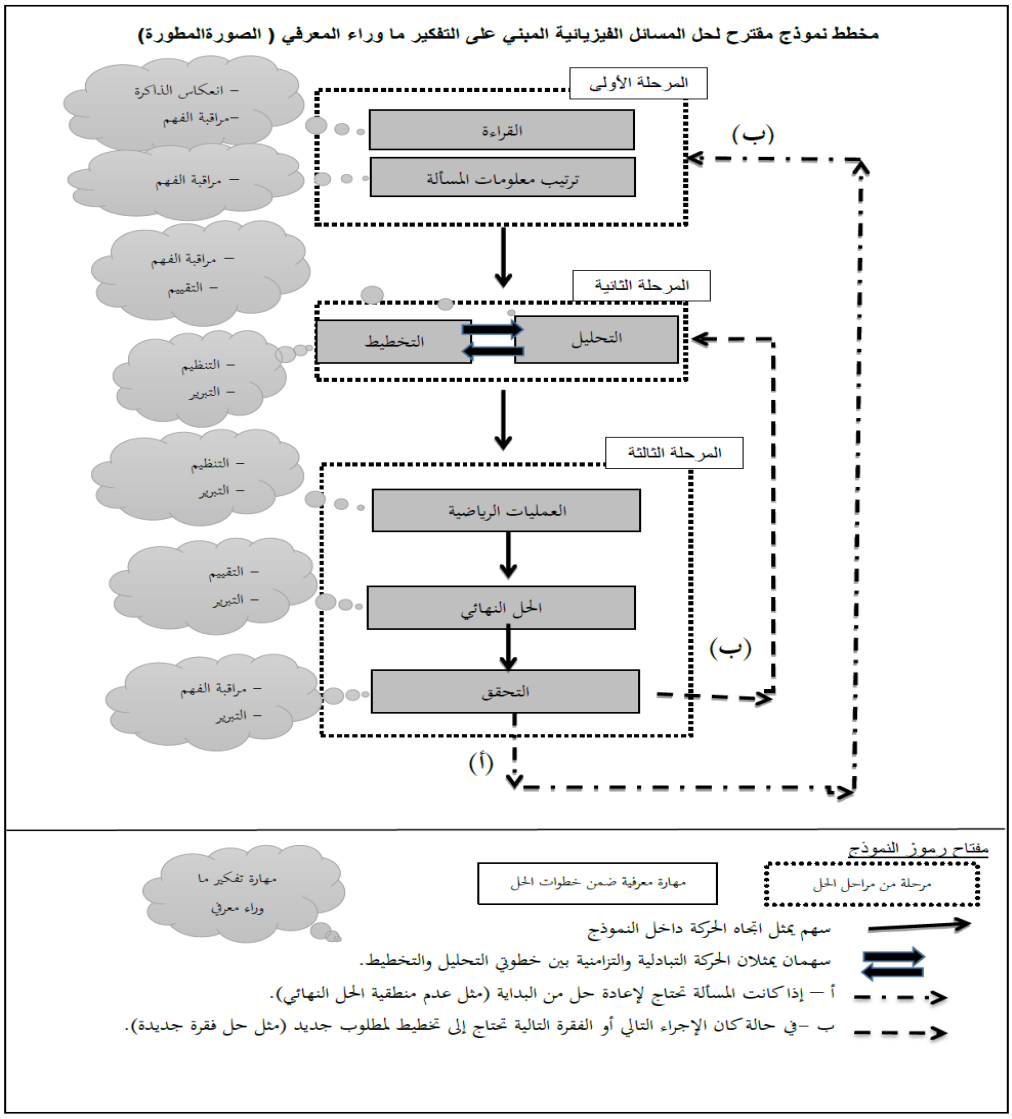
خطوة التخطيط: يصبح موقعها موازيًا لخطوة التحليل؛ وذلك لحاجة الطالب إلى التنقل بينهما أكثر من مرة للوصول إلى خطة حل جيدة ويرتبط بهذه الخطوة عمليتا: التنظيم والتبرير، وينطبق عليه التبرير في خطوة التحليل.

خطوة العمليات الرياضية: يضاف لها عمليتا التنظيم والتبرير، لارتباطهما بإجراء العمليات الرياضية.

خطوة الحل النهائي: يتم تقديمها قبل خطوة التحقق، وتبقى عمليتي التقييم والتبرير مرتبطتين بها.

خطوة التحقق: يتم وضعها كخطوة أخيرة يقوم بها الطالب والتي بناء عليها يتخذ قراره بإعادة الحل من جديد، أو العودة إلى مرحلة التحليل عند الحاجة للحل في فقرة جديدة ويرتبط بهذه الخطوة عمليتا مراقبة الفهم والتبرير.

ويمكن تمثيل هذه التعديلات في نموذج مطور للنموذج المقترح يمثله الشكل (2) الآتي:



شكل 2

مخطط للنموذج المقترح لحل المسائل الفيزيائية والقائم على التفكير ما وراء المعرفي (الصورة المطورة).

إجابة السؤال الثاني: كيف تعامل الطلاب مع النموذج المقترح أثناء حلهم للمسائل الفيزيائية؟

أجيب عن هذا السؤال من خلال تحليل إجابات طلاب كامل العينة في الاختبار البعدي، إضافة إلى تحليل حلهم للمسائل الفيزيائية في الاختبارات الفصلية (الفترية)، وكذلك من خلال تحليل إجابات طلاب المجموعة المصغرة على المسائل التطبيقية، ونتائج الملاحظة في قاعة التدريس والملحوظات المدونة أثناء تحليل تسجيلات الفيديو لطلاب المجموعة المصغرة. ويمكن توضيح مساهمة النموذج في تحسين حل الطلاب للمسائل الفيزيائية وفق المحاور التالية:

- قراءة المسألة الفيزيائية:

بالرغم لما للقراءة من أهمية كبيرة في تكوين تصوّر واضح عن المسألة الفيزيائية، إلا أنه لوحظ أن لدى الطلاب قلة اهتمام بإتمام القراءة للمسألة بشكل كامل، وظهور اتجاه لديهم للتوجه مباشرة للعلاقات الرياضية عند أول إشارة لعنصر يرتبط بها في المسألة، فعند مشاركة طالب داخل قاعة التدريس لحل مسألة فيزيائية انتقل مباشرة للبحث عن علاقة فيزيائية تتحدث عن المصطلح الذي واجهه بعد بضع كلمات في بداية المسألة، ومن خلال متابعة تطوّر تطبيق النموذج ظهر نمو الاهتمام لدى هؤلاء الطلاب بإتمام قراءة المسألة كاملة قبل البدء في الحل لما شعروا به من أهمية لهذه العملية خلال عملية الحل، والإخفاقات التي ترتبط بإهمالها، وما يسببه ذلك من فاقد في عملية تقديم حل سليم ومتكامل لتلك المسألة، وبالتالي يتوقع عند استمرار تطبيق النموذج لفترة أطول أن يتمكن الطالب بشكل أفضل من هذه المهارة. ومن تحليل بيانات العينة المصغرة؛ ظهر تغيّر الاهتمام بقراءة المسألة مع التنقل ما بين المراحل الثلاث للمسائل التطبيقية، يعزز ذلك عبارة وصف بها الطالب محمد واحدة من المشكلات التي يواجهونها بقوله:" المشكلة إنّا نقرا ونستعجل في الإجابة..."، والتي يصف فيها القراءة التي يمارسها كثير من الطلاب بأنها سطحية ولا ترتبط بعمليات تفكير عميقة، مثل: عملية مراقبة الفهم، وعملية استرجاع الذاكرة التي يوصي النموذج المقترح بتطبيقها بالتزامن مع خطوة القراءة في المرحلة الأولى. نخلص مما سبق إلى أن هناك دورًا قدّمه النموذج في تكريس أهمية خطوة القراءة، ومحاولة تشجيع الطلاب على ربطها بعمليات التفكير ما وراء المعرفي التي تثري خطوة القراءة وتحقق من خلالها فهمًا أعمق للمسألة، وممارسة الطلاب الفعلية لها.

- تحويل نص المسألة إلى بيانات كمية:

يقود فهم المسألة في الخطوات الأولى من الحل إلى القدرة على تحويل المسألة المكتوبة إلى مسألة كمية تعتمد الأرقام كوسيلة تعبير عن الحالة

الفيزيائية للمسألة، ففي حالة المجموعة التجريبية لوحظ أنه خلال تدريس المقرر ومشاركة عدد من الطلاب في الحل منذ بداية التطبيق لم يظهر لديهم اهتمام بترتيب معلومات المسألة وتصنيفها إلى معطيات ومجاهيل، وإنما لوحظ أنهم يسارعون إلى إجراء الحل بتطبيق أقرب معادلة فيزيائية لموضوع الدرس، ويظهر كذلك ضعف الاهتمام لديهم بتحديد الكميات المعلومة والمجهولة بشكل واضح، وذلك عند مشاركة الطلاب في الحل على السبورة، وبعد عدة نقاشات بين أستاذ المقرر والطلاب حول تدوين معلومات المسألة، ومع مرور أيام تطبيق النموذج سواء على طلاب المجموعة التجريبية أو طلاب المجموعة المصغرة لوحظ تطور اهتمامهم بكتابة معلومات المسألة ومحاولة تحديد المعلوم والمجهول فيها سواء كان ذلك في بداية المسألة أو بعد انتقالهم إلى مرحلة التحليل، وظهور أهمية معرفة تلك المعلومات لإتمام المسألة بشكل صحيح.

- التحليل الفيزيائي للمسألة:

ظهر خلال تحليل الملاحظة الصفية لأداء الطلاب عند حلهم للمسائل الفيزيائية في قاعة التدريس، وكذلك عند ملاحظة حل المجموعة المصغرة لمجموعات المسائل التطبيقية، ومن خلال تحليل تسجيلات الفيديو لتلك المجموعة؛ أن لدى الطلاب إشكالا عاما يختلف قدره من طالب لآخر، في قدرتهم على تكوين تحليل منطقي لحل المسألة انطلاقا من معطياتها، واتجاه كثير منهم للعلاقة الرياضية التي يقوم عليها الدرس، وتركيزهم عليها أكثر من الفكرة العامة للمسألة.

- بناء خطة حل للمسألة:

يعتمد حل المسألة الفيزيائية -إضافة إلى عملية التحليل-على بناء خطة مناسبة للحل تشمل اختيار علاقة أو عدة علاقات فيزيائية تناسب طبيعة المسألة وموضوعها، وربطها بالمعطيات والمجاهيل والشروط الواردة في المسألة. ومن خلال الملاحظة الصفية لما يقوم به الطلاب في قاعة التدريس عند مشاركتهم في الحل مع أستاذ المقرر ومن خلال إجابتهم عن بعض الأمثلة التي يطلب فيها أستاذ المقرر أن يقوموا بحلها، ظهر غياب في كثير من الحالات لعملية التخطيط لدى هؤلاء الطلاب، وانحصار جهودهم في التعرف على العلاقة الرياضية المرتبطة بالدرس والتي تمثل جوهر الحل من وجهة نظرهم، مما يؤدي إلى الإخفاق في إكمال الحل بشكل صحيح بسبب عدم مناسبة تلك العلاقة أو عدم القدرة على تطبيق الشروط الواردة في المسألة بشكل سليم، ومع الاستمرار في تدريس المقرر مع تطبيق النموذج بدأت تظهر مصطلحات، مثل: الخطة والتخطيط، في استجابات الطلاب عند حلهم للمسائل، وذلك قد يعزى إلى أنه استجابة لتكرارها من قِبل أستاذ المقرر في حل كل مسألة يمر بها، ويرتبط ذلك بالعناية بخطوة التحليل التي ترتبط بشكل وثيق بعملية التخطيط وتكوين خطة للحل، كذلك ظهرت لدى طلاب المجموعة المصغرة عناية بموضوع الخطة والتي تتضح من خلال بعض النقاشات حول الخطوات التي يقومون بها.

- اختيار قوانين وعلاقات فيزيائية مناسبة:

يرى الطلاب أهمية قدرتهم على اختيار العلاقة الفيزيائية المناسبة كأساس لحل صحيح للمسألة الفيزيائية، ففي حوار مع الطالب عبد الله حول الحل في المجموعة الثانية من المسائل التطبيقية أكد أهمية تلك الخطوة. ومن خلال ملاحظة تطور حل المجموعة المصغرة وتقدم نقاشاتهم حول اختيار العلاقة الفيزيائية المناسبة، وماهي الظروف والشروط الواردة في المسألة والتي تؤثر في اختيارها، وربطها بمعلومات المسألة وتحديد العناصر المعلومة من تلك المعلومات والعناصر المجهولة ومدى ارتباطهما بالمطلوب في المسألة، ظهر أن تلك النقاشات حسّنت من طريقة اختيار الطلاب للعلاقات في حل المسائل التي يواجهونها، وذلك عند مقارنة حلهم في مجموعة المسائل التطبيقية الأولى مقارنة بحلهم في مجموعة المسائل التطبيقية الثالثة.

- إجراء عمليات رياضية بشكل صحيح:

من خلال تحليل المقابلات التي أجريت مع أستاذ المقرر؛ أشار إلى أن ضعف قدرة الطلاب على القيام بعمليات رياضية سليمة يعدّ من أكبر الإشكالات التي يواجهونها عند حلهم للمسائل الفيزيائية، وبالتالي تسهم بشكل كبير في إخفاقهم في الوصول إلى حل نهائي سليم للمسألة على الرغم من أن بدايات الحل تكون جيدة نوعًا ما، ويرى من وجهة نظره أن هذه المشكلة تمثل عقبة لدى كثير من الطلاب في سبيل إتمامهم لحل المسائل الفيزيائية، كذلك لوحظ عند تحليل الاختبارات الفترية والنهائية لبعض الطلاب ضعف الأساس الرياضي خاصة العمليات الأساسية الأربع وجبر الكسور، وهي العمليات التي يعتمد عليها حل المسائل الفيزيائية بشكل كبير، كما يُلاحظ تكرار تلك الأخطاء لدى نسبة كبيرة من الطلاب مما يؤثر بشكل كبير على نتائجهم الدراسية مما قد يفسر انخفاض المعدل العام لنجاح هؤلاء الطلاب، والذي يرتبط سلبًا بعمليات تعلّمهم. وهذه الإشكالية يعيدها أستاذ المقرر إلى ضعف الإعداد الرياضي للطلاب في مراحل دراسية سابقة، إضافة إلى ضيق وقت المقرر مقارنة بالمحتوى المراد تقديمه مما لا يساعد أستاذ المقرر على تخصيص وقت أكبر لمعالجة تلك الإشكالات، ولم يلاحظ أن هناك تحسنًا ملحوظًا يمكن الإشارة إليه نتيجة لتطبيق النموذج المقترح على إجراء العمليات الرياضية والحسابية أثناء فترة التجربة.

- تفسير الحل النهائي للمسألة بشكل علمي مقبول:

يقوم حل المسألة الفيزيائية على تقديم حل نهائي يمثل استجابةً للمطلوب في نص المسألة، ويحتاج هذا الحل إلى تفسير وتعليق في كثير من حالاته، ويحتاج إلى تبرير وتوضيح كيف أن هذا الحل الذي توصل إليه يستجيب للمطلوب في المسألة ويحقق إجابة وافية له، لذا ظهر إدراك الطالب لأهمية هذا التفسير وعنايته به عند حله للمسائل الفيزيائية، وعند تتبع حل طلاب عينة الدراسة من خلال تحليل إجاباتهم في الاختبارات الفترية يلاحظ ضعف أو شبه انعدام لوجود مثل هذا التفسير أو التعليق على الحل النهائي. ومع تطبيق النموذج أثناء حل المسائل الفيزيائية في القاعة الدراسية لوحظ ازدياد الاهتمام بهذا التفسير كونه أحد الخطوات الرئيسة التي يقوم عليها النموذج، ومع استمرار الأستاذ في التأكيد عليه بشكل مستمر مع كل مسألة يقوم بحلها على السبورة، أو يشارك في حلها الطلاب بحيث يتم تشجيعهم على التعبير عن المعنى الفيزيائي للناتج الكمي الذي توصلوا إليه في نهاية حلهم للمسألة، وماذا تشير إليه تلك الإجابة وما مدى علاقتها بالمطلوب في نص المسألة، ومدى تحقيقها له. وكذلك من خلال ملاحظة أداء طلاب المجموعة المصغرة يظهر عدم اهتمامهم في التطبيق (1) بكتابة معنى القيم الكمية التي تنتج في نهاية المسألة، ثم تطور ذلك الاهتمام في المجموعة التطبيقية الثانية مع استجابة الطلاب للنقاشات حول معنى الكميات التي يصلون إليها في نهاية الحل وما علاقتها بالمطلوب في المسألة.

المحددات وأوجه القصور:

نظرًا لطبيعة البحث النوعي الذي لا يقصد منه التعميم؛ بل يقوم على تقديم دراسة مكثفة لحالة محددة؛ لذا وجب إضافة هذا الجزء لتوضيح ما صاحب هذا البحث من مشكلات ومحددات قد تهم الباحثين الآخرين من أجل الاستفادة من نتائجه وفق هذه المحددات. ويمكن استعراض عدد من تلك المحددات التي يختلف تأثيرها حسب ارتباطها بعمليات البحث النوعي وسماته، فأُولاها طبيعة المقرر المطبق في هذا النموذج وهو مقرر"101 فيز: مقدمة إلى علم الفيزياء"، وهو مقرر يقدمه قسم الفيزياء بجامعة الملك خالد لجميع طلاب كلية العلوم كمقرر إجباري، فيتقدم له طلاب أقسام مناظرة مثل: الكيمياء، والأحياء، والرياضيات، إضافة إلى طلاب قسم الفيزياء، مما يجعل عدداً من الطلاب في المقرر غير متفاعلين مع ما يقدم فيه وذلك حسب رأي أستاذ المقرر بسبب عدم قناعتهم بجدواه لهم كونهم من أقسام أخرى، الأمر الذي قد يسبب إخفاقًا في الانسجام مع ما يقدم فيه من مفاهيم فيزيائية ومصطلحات رياضية مما يراه هؤلاء الطلاب بالأمر الصعب لبعده عن تخصصاتهم من وجهة نظرهم، وبالتالي ينتج اتجاهًا سلبيًا من مجموعة من الطلاب في التعامل مع تلك المسائل، وكذلك يؤثر على بقية زملائهم الطلاب الذين يدرسون المقرر لأول مرة.

ومن الإشكالات المهمة التي واجهت البحث مشكلة تسرب الطلاب من المقرر، فيلاحظ أن هناك عمليات تسرب للطلاب تظهر بشكل كبير بعد اختبار الفترة الأولى، وذلك بسبب ظهور بعض النتائج غير المتوقعة لبعض الطلاب، وخوفهم من تأثيرها على معدلاتهم حسب رأي أستاذ المقرر؛ بالتالي يفضلون حذف المقرر أو التحويل من القسم أو من الكلية بشكل كامل والبحث عن تخصص آخر قد يكون أحياناً في كلية أخرى، فعند استعراض أعداد الطلاب المسجلين للمقرر في جميع الشعب تبين أن عددهم 588 طالبًا في بداية المقرر خلال الفصل الدراسي الأول للعام 1437/1436هـ، حضر منهم للاختبار الفتري الأول 550 طالبًا، وحضر من هؤلاء للاختبار الفتري الثاني 347 طالبًا، بينما حضر للاختبار النهائي منهم عدد 264 طالبًا فقط في 15 شعبة دراسية، والذين يشكلون ما نسبته 45٪ من مجموع الطلاب المسجلين للمقرر في بداية الفصل الدراسي، وهذه الأرقام تؤيد ما ذكره أستاذ المقرر من وجود تسرب من المقرر على طول الفصل الدراسي.

كذلك هناك عوامل أخرى تؤثر على تطبيق النموذج، ومنها ما يتعلق بأستاذ المقرر الذي على الرغم من تعاونه الكبير وحماسه لتطبيق النموذج إلا أن هذا يعتبر التطبيق الأول له وبالتالي قد يصاحب هذا التطبيق عدد من أوجه القصور، والتي قد تعود لحداثة التجربة لأستاذ المقرر؛ لذا قد يكون لتعود الأستاذ على النموذج واستمرار تطبيقه أثر لاحق على تجويد التدريس، وبالتالي تمكن الطلاب منه، وكذلك بالنسبة للطلاب لأن تلك التجربة هي الأولى بالنسبة لهم فتكون جديدة عليهم، كما أنها استهدفت جزء من المقرر وليس كامله وبالتالي يتوقع عند استمرار تطبيق أستاذ المقرر لهذا النموذج، وتطبيقه على كامل المقرر، أن يسهم بتحسين مهارات حل المسائل الفيزيائية لدى الطلاب بشكل أفضل.

كذلك من العوامل التي أثرت على تطبيق النموذج كان عامل الوقت كما يرى أستاذ المقرر، إضافة إلى كمية المحتوى المراد منه إنهاؤها في وقت محدد؛ وذلك لأن جميع اختبارات المقرر موحدة وفي وقت واحد لشُعبه الخمس عشرة، والذي يجب على جميع أساتذة المقرر إنهاء نفس المحتوى في نفس الوقت، مما قد يؤثر سلبًا على قدرة أستاذ المقرر المتعاون على إجراء جميع العمليات الخاصة بتطبيق النموذج على جميع المسائل والأمثلة المطلوب تطبيقها، الأمر الذي من المتوقع تأثيره على جودة التطبيق للنموذج.

ومن تلك المحددات التي من المتوقع تأثيرها بشكل كبير قصر وقت تطبيق النموذج، ويعود ذلك إلى استهلاك جزء من الوقت في بداية الفصل الدراسي لبعض الإجراءات الإدارية إضافة إلى وقت تم تخصيصه لتدريب أستاذ المقرر على النموذج والحاجة إلى حضور بعض المحاضرات معه لدراسة الظروف التي سوف يتم فيها تطبيق النموذج قبل البدء الفعلي للتطبيق، وكذلك التركيز في فصلين من فصول المقرر، وهما: فصل الميكانيكا، وفصل الشغل والطاقة، وهما يمثلان محوري المسائل الفيزيائية التي تمثل إشكاليات لدى طلاب المقرر حسب وجهة نظر عدد من أعضاء هيئة التدريس بالقسم الذين تمت استشارتهم أثناء بناء الأدوات.

ومن أهم المحددات وعوامل القصور التي واجهت تطبيق النموذج كانت ضعف الأساس الرياضي والحسابي لدى طلاب عينة الدراسة، ويظهر ذلك في حلهم للاختبارات سواء الفترية أو البعدية، وهي مشكلة متكررة مع الدفعات المختلفة لعدة عدة سنوات كما يذكر ذلك أستاذ المقرر، ولما لذلك الضعف من أثر مباشر على حل المسائل الفيزيائية لاعتماده بشكل مباشر على المهارات الرياضية الأساسية في حل تلك المسائل، فقد أثر كذلك على دافعية الطالب للاستمرار في الحل كما يتضح ذلك من ملاحظة طلاب المجموعة المصغرة.

6. التوصيات

بناء على إجراءات تطبيق هذا البحث والنتائج التي تم التوصل إليها يوصي الباحثان بما يأتي:

- الاستفادة من النموذج المقترح في حل المسائل الفيزيائية في تدريس مقررات الفيزياء الأولية للمرحلة الجامعية.
- التأكيد على الاهتمام بخطوة قراءة واستيعاب المسألة الفيزيائية.
- ضرورة تدريب الطلاب على مهارات التفكير القائم على ما وراء المعرفة، مثل: التنظيم، والتبرير، والتقويم، واستيعاب الفهم.
- الاهتمام بتدريب الطلاب على مهارات معرفية، مثل: التحليل، والتخطيط؛ لأهميتها في حل المسائل الفيزيائية.
- الاهتمام بإعداد الأساس الرياضي للطالب بشكل مناسب في مختلف المراحل الدراسية.
- تعويد الطلاب على تقديم تفسيرات علمية منطقية لمجمل النتائج التي يتوصلون إليها في حل المسائل.
- إعادة النظر في طريقة بناء مقررات الفيزياء الأولية في الجامعات، من حيث حجم المادة العلمية المقدمة للطلاب وطريقة تقديمها.
- إعداد برامج تربوية لأعضاء هيئة التدريس بالكليات العلمية تشمل تدريبهم على طرائق تدريس تلك التخصصات.

مقترحات بحثية:

- دراسة أثر تطبيق هذا النموذج على متغيرات تابعة أخرى مثل: مهارات التفكير، ومعتقدات الطلاب نحو الفيزياء، التحصيل الأكاديمي.
- إجراء بحوث تهتم بدراسة نماذج مشابهة في مقررات أخرى في الفيزياء الجامعية، مثل: الميكانيكا، الكهرباء، المغناطيسية، وغيرها.

- إعداد دراسات تقوم على المنهج النوعي تبحث في أنماط الطلاب في حل المسائل الفيزيائية.
- إجراء بحوث تهتم بتطبيق نماذج مماثلة في مقررات مناظرة، مثل: الكيمياء، والرياضيات.
- إعداد دراسات تقترح حلولاً لمشكلة ضعف الأساس الرياضي لدى طلاب المرحلة الجامعية.
- إجراء المزيد من الدراسات حول استراتيجيات حل المسائل الفيزيائية في المرحلة الجامعية.

المراجع

أ. المراجع العربية

[1] إمبو سعيدي، عبدالله؛ والبلوشي، سليمان. (1429ه). طرائق تدريس العلوم مفاهيم وتطبيقات عملية. عمان: دار المسيرة.

[6] علي، محمد. (1427ه). التربية العلمية وتدريس العلوم، (ط2). عمان: دار المسيرة.

[7] الزعبي، طلال؛ وجرادات، عبد الغني؛ والسلامات، محمد. (2011م). استراتيجيات حل المسألة وتأثرها بكل من الجنس والمعدل التراكمي والمستوى الدراسي. المجلة التربوية، (101)، مج145،1-187

[8] الخليلي، خليل؛ وحيدر، عبداللطيف؛ ويونس، محمد.(1417ه).تدريس العلوم في مراحل التعليم العام. دبي: دار القلم.

[18] خليل، نوال. (2005). أثر استخدام استراتيجيات ما وراء المعرفة في تنمية التفكير العلمي والاتجاه نحو مادة العلوم لدى تلاميذ الصف الأول الإعدادي. مجلة التربية العلمية، 8(1)، 91-130.

[20] أورليخ، دونالد؛ وكالاهان، ريتشارد؛ وهاردر، روبرت؛ وجبسون، هاري. (1423ه). استراتيجيات التعليم: الدليل نحو تدريس افضل (ترجمة عبدالله ابو نبعة). الكويت: مكتبة الفلاح.

[48] بدر، بثينة. (2006). أثر التدريب على استراتيجيات ما وراء المعرفة في تنمية أساليب التفكير لدى طالبات قسم الرياضيات في كلية التربية بمكة المكرمة. مجلة مستقبل التربية العربية، 12(41)، 1-30.

[49] سعيد، ردمان؛ القرون، علي. (2010). فاعلية استراتيجيات ما وراء المعرفة في تحصيل الصف الأول الثانوي في الرياضيات في الجمهورية اليمنية. المجلة العلمية، كلية التربية، جامعة صنعاء، 26(1)، 388-416.

[50] محمود، أشرف. (2012). استخدام استراتيجيات ما وراء المعرفة في تعليم الرياضيات وأثره في التفكير التقويمي والوعي ما وراء المعرفي وبقاء أثر التعلم لدى طلاب المرحلة الإعدادية. المجلة العلمية، كلية التربية، جامعة أسيوط، 28(1)،190-246.

[51] ساسي، عقيل. (2012). مستوى التفكير ما وراء المعرفي لدى تلاميذ الثالثة متوسط في مادة الرياضيات في ضوء بعض المتغيرات دراسة ميدانية بمدينة ورقلة. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة ورقلة، الجزائر، (9)، 233-249.

[52] ساسي، عقيل؛ قريشي، عبد الكريم. (2013). طبيعة العلاقة بين التفكير ما وراء المعرفي في الرياضيات والذكاء العام لدى تلاميذ الثالثة متوسط دراسة ميدانية بمدينة ورقلة. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة ورقلة، الجزائر، (12)، 1-11.

[53] رحاب، شيماء نصر؛ الهلالي، الشربيني؛ السيد، أحمد البهي؛ عباس، هناء. (2010). ماهية ما وراء المعرفة وعلاقتها بالتفكير والتعلم المنظم ذاتياً. مجلة التربية النوعية، جامعة المنصورة، 16، 186-207.

[54] الجراح، عبد الناصر؛ عبيدات، علاء الدين. (2011). مستوى التفكير ما وراء المعرفي لدى عينة من طلبة جامعة اليرموك في ضوء بعض المتغيرات. المجلة الأردنية في العلوم التربوية، 7(2)، 145-162.

[55] العليمات، علي. (2011). فاعلية التدريس باستخدام طريقة التفكير الاستقرائي في التحصيل وتنمية الإدراك ما وراء المعرفي في مادة الكيمياء لدى طلاب الصف العاشر الأساسي. مؤتة للبحوث والدراسات، سلسلة العلوم الإنسانية، 26(5)،31-58.

[56] عكاشة، محمود؛ ضحا، إيمان. (2012). فاعلية برنامج تدريبي في تنمية مهارات ما وراء المعرفة في سياق تعاوني على سلوك حل المشكلة لدى عينة من طلاب الصف الأول الثانوي. المجلة العربية لتطوير التفوق، (5)، 108-150.

[57] زيدان، ندى. (2009). أثر برنامج تعليمي في تنمية استراتيجيات ما وراء المعرفة لدى طلبة جامعة الموصل. دراسات موصلية، (24)، 1-35.

[58] زمزمي، عواطف. (2010). أساليب التعلم وعلاقتها بمهارات ما وراء المعرفة ومتغيرات أخرى لدى الطالبة الجامعية. المجلة العلمية، كلية التربية، جامعة المنصورة، (74)، 220-265.

[59] أشكناني، فاطمة. (2013). العلاقة بين تفكير ما وراء الذاكرة والتفكير المعرفي المعتمد/المستقل لدى طلبة الجامعة في ضوء بعض المتغيرات. رسالة ماجستير غير منشورة، قسم علم النفس التربوي، كلية العلوم التربوية والنفسية، جامعة عمّان العربية، الأردن.

[60] العزام، عبد الناصر؛ طلافحة، مصعب. (2013). مستوى التفكير ما وراء المعرفي وعلاقته بالكفاءة الذاتية المدركة لدى عينة من طلبة المرحلة الأساسية العليا في ضوء بعض المتغيرات. مجلة العلوم التربوية والنفسية بالأردن، 14(4)، 577-612

[61] الشهري، عبد الله. (1435ه). مهارات التفكير ما وراء المعرفي وعلاقتها بدافعية الإنجاز لدى الطلبة الموهوبين. رسالة ماجستير غير منشورة، قسم التربية الخاصة، كلية التربية، جامعة الباحة.

[66] الشهراني، عامر؛ والغنام، محرز. (1993م). دراسة تحليلية للعوامل التربوية المؤدية إلى تدني تحصيل طلاب الفيزياء كما يراها أعضاء هيئة التدريس والطلاب بقسم الفيزياء بكلية التربية بأبها. رسالة الخليج العربي، 14(48)، 55-96.

[68] العرفج، ماهر. (2004). الفيزياء بين الفهم الكيفي والتحليل الكمي (تطبيق على أحد المفاهيم الفيزيائية). مجلة العلوم التربوية والنفسية، جامعة البحرين، 5(2)، 9-30.

[69] الكندري، علي؛ والرويشد، نهى. (2005م). عزوف طلاب التخصصات العلمية عن الفيزياء في كلية التربية-جامعة الكويت. مجلة العلوم التربوية-جامعة القاهرة، (4)، 88-114.

[71] الشايع، فهد. (2013). تمكن طلاب مقررات الفيزياء الأولية بجامعة الملك سعود من حل المسائل الفيزيائية. المجلة العلمية، كلية التربية، جامعة المنصورة، (84)، 435-470.

[72] الشايع، فهد. (2014). صعوبات حل المسائل الفيزيائية لدى طلاب المقررات الأولية بجامعة الملك سعود. مجلة الدراسات التربوية والنفسية، جامعة السلطان قابوس، 2(8)، 272-289.

[74] المالك، فاطمة. (1421هـ). فاعلية استراتيجية تدريس مقترحة لمعالجة صعوبات حل المسائل والاتجاه نحو تلك المسائل لدى طالبات الصف الأول الثانوي بمدينة الرياض. رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم التربية وعلم النفس، كلية التربية للقسام الأدبية، الرياض.

[75] السبيعي، هيا. (1430). صعوبات حل المسائل الفيزيائية لدى طالبات الصف الثاني ثانوي بمدينة الرياض. رسالة ماجستير غير منشورة، قسم المناهج وطرائق التدريس، كلية التربية، جامعة الملك سعود، الرياض.

[76] الخطيب، محمد. (2012م).أثر النوع والمستوى التحصيلي والمعدل التراكمي في استراتيجيات حل المسألة لدى طلبة تخصص الرياضيات في الجامعة الهاشمية. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 4(14)،245-276.

[79] ستراوس، أنسليم؛ وكوربين، جولييت. (1419هـ). أساسيات البحث الكيفي (أساسيات وإجراءات النظرية المجذرة) (ترجمة عبدالله الخليفة). الرياض: معهد الإدارة العامة.

[80] غباري، ثائر؛ وأبو شندي، يوسف؛ وأبو شعيرة، خالد. (1432هـ). البحث النوعي في التربية وعلم النفس. عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع.

[81] أبو زينة، فريد؛ والإبراهيم، مروان؛ وقنديلجي، عامر؛ وعدس، عبد الرحمن؛ عليان، خليل. (1426هـ). طرائق البحث النوعي. عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة.

[83] العبد الكريم، راشد. (1433هـ). البحث النوعي في التربية. الرياض: مطابع جامعة الملك سعود.

[84] مصطفى، إبراهيم؛ والزيات، أحمد؛ وعبدالقادر، حامد؛ والنجار، محمد. (د.ت.). المعجم الوسيط. القاهرة: دار الدعوة.

ب. المراجع الأجنبية

[2] Kelly, R. & Lang, H. (2010). Mathematics Word Problem Solving for Deaf Students: A Survey of Practices in Grades 6-12. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 8(2), 104. 29 .

[4] Gabel, D. & Bunce, D. (1994). Research on problem solving: Chemistry. In: D. L. Gabel(Ed.), Handbook of research on science teaching and learning A project of the national science teachers association. New York: Macmillan.

[5] Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P. & Simon, H. A. (1980). Model of competence in solving physics problems. Cognitive Science, 4, 317-345.

[9] Fernandez, M. L., Hadaway, N. & Wilson, J. W. (1994). Problem solving: Managing it all. The Mathematics Teachers, 87(3), 195–199.

[10] Engemann, J. (2000). Performance in chemistry problem solving: A study of expert/novice strategies and specific cognitive factors. PhD Dissertation.UMI ProQuest Digital Dissertations. Publication (AAT 9967801)

[11] Heller, K. & Heller, P. (1995). The competent problem solver, a strategy for solving problems in physics, calculus version (2nded.). Minneapolis, MN: Mcgraw-Hill.

[12] Savage, M. & Williams, J. (1990). Mechanics in action-modelling and practical investigations. Cambridge: Cambridge University Press.

[13] Harskamp, E. & Ding, N. (2006). Structured collaboration versus individual learning in solving physics problems. International Journal of Science Education, 14(17), 1669-1688.

[14] Bolton, J. & Ross, S. (1997). Developing students' physics problem-solving skills. Physics Education, 32, 176-185.

[15] Pol, H. (2005). Solving physics problems with the help of computer-assisted instruction. International Journal of Science Education, 27(4), 451-469.

[16] Yerushalmi, E. & Magen, E. (2006). Same old problem, new name? Alerting students to the nature of the problem-solving process. Physics Education, 41(2), 161-167.

[17] Loucks, S. E. (2007). Introductory physics with algebra: Mastering problem-solving. John-US: Wiley & Sons.

[19] Baker, D. R. & Pilum, M.D. (1996). Constructing science in Middle and Secondary classrooms. U.S.A: Lachina Publishing Services Inc.

[21] Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Eds.), The nature of intelligence (pp.231-235). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

[22] Flavell, J. H., Miller, P. H. & Miller, S. A. (2002). Cognitive development (4th Ed.). New Jersey: Prentice Hall.

[23] Flavell, J. H. (1999). Cognitive development: Children's knowledge about the mind. Annual Review of Psychology. Retrieved April 10, 2014 from http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.psych.50.1.21?journalCode=psych

[24] Phang, F. A. (2006). The patterns of physics problem solving from the view of metacognition. Unpublished M.Phil. dissertation, University of Cambridge, Cambridge.

[25] Seroglou, F. & Koumaras, P. (2001). Contribution of the history of physics in physics education: A review. In F. Bevilacqua, E. Giannetto & M. R. Matthews (Eds.), Science education and culture – The contribution of history and philosophy of science (pp.327-346). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

[26] Mestre, J. P. (2001). Implication of research on learning. Physics Education, 36(1), 44-51.

[27] Jonassen, D. H. (2004). Learning to solve problems: An instructional design guide. California: Pfeiffer: An Wiley Imprint.

[28] Phang, F. A. (2009). The patterns of physics problem solving from the view of metacognition. Unpublished Doctoral dissertation, University of Cambridge Cambridge .

[29] Schraw, G, Crippen, K. J. & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. Research in Science Education, 36, 111-139.

[30] Georghiades, P. (2004). From the general to the situated: Three decades of metacognition. International Journal of Science Education, 26(3), 365- 383.

[31] Inomiesa, E. A., Achufusi, N. N., & Mgbemena, C. O. (2013). Effects of self-regulated learning and metacognitive learning cycle on the academic achievement of physics students. OpenJjournal of Advanced Engineering Techniques, 1(3), 10-20.

[32] Gok, T. (2010). The General assessment of problem solving processes and metacognitive in physics education, Eurasian Journal of physics and Chemistry Education, 2(2) 110-122.

[33] Kung, R. & Linder, C. (2007). Metacognitive activity in the physics student laboratory: is increased metacognition necessarily better?. Metacognition Learning, 2, 41–56.

[34] Anandaraj, S. & Ramesh, C. (2014). A Study on the Relationship between Metacognition and Problem Solving Ability of Physics Major Students. Indian Journal of Applied Research, 4(5), 191-19 .

[35] Abdullah, H. & Malago, J. & Bundu, P. & Thalib, S. (2013). The use of metacognitive knowledge patterns to compose physics higher order thinking problems. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 14(2), 2.

[36] Shareeja, A., & Gafoor, A. (2014). Does the Use of Metacognitive Strategies Influence Students' Problem Solving Skills in Physics?. IOSR Journal of Humanities and Social Science 19(11), 48-51.

[37] Pintrich, P. R., Wolters, C. A. & Baxter, G. P. (2000). Assessing metacognition and selfregulated learning. In G. Schraw, & J. C. Impara (Eds.), Issues in the measurement of metacognition (pp.43-97). Lincoln: Buros Institute of Mental Measurements.

[38] Henderson, C., Heller, K., Heller, P., Kuo, V. H. & Yerushalmi, E. (2001). Instructors' ideas about problem solving – Setting goals. Proceedings of Physics Education Research Conference, Rochester, New York, July 2001.

[39] Kuo, V. (2004). An explanatory model of physics faculty conceptions about the problem solving process. Unpublished doctoral thesis, University of Minnesota.

[40] Meijer, J., Veenman, M. V. J., & Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (2006). Metacognitive activities in text-studying and problem-solving: Development of a taxonomy. Educational Research and Evaluation, 12(3), 209-237.

[41] Anderson, D. & Nashon, M. (2006). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. Science Education, 91, 298-320 .

[42] Yeap, B. H. (1998). Metacognition in mathematical problem solving. Australian Association for Research in Education 1998 Annual Conference, Adelaide .

[43] Stillman, G. A. & Galbraith, P. L. (1998). Applying mathematics with real world connections: Metacognitive characteristics of secondary students. Educational Studies in Mathematics, 36, 157-195.

[44] Park, J. & Lee, L. (2004). Analysing cognitive or non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. International Journal of Science Education, 26(13), 1577-1595.

[45] Goos, M., Galbraith, P. & Renshaw, P. (2002). Socially mediated metacognition: Creating collaborative zones of proximal development in small group problem solving. Educational Studies in Mathematics, 49, 193-223.

[46] Kramarski, B., Mevarech, Z. R. & Arami, M. (2002). The effects of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks. Educational Studies In Mathematics, 49, 225-250.

[47] Redish, E. (2005). Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses. Invited talk presented at the conference of World View on Physics Education: Focusing on Change. Delhi, India

[62] Mayer, R. E. (1991). Thinking, problem solving, cognition (2nd ed.). New York: W. H. Freeman and Company.

[63] Tobias, S. & Everson, H. (2000). Assessing metacognitive knowledge monitoring. In G. Schraw & J. C. Impara (Eds.), Issues in the measurement of metacognition (pp.141- 222). Lincoln: Buros Institute of Mental Measurements.

[64] Baker, L. & Cerro, L. C. (2000). Assessing metacognition in children and adults. In G. Schraw & J. C. Impara (Eds.), Issues in the measurement of metacognition (pp.99-145). Lincoln: Buros Institute of Mental Measurements.

[65] Pressley, M. (2000). Development of grounded theories of complex cognitive processing: Exhaustive within- and between study analyses of think-aloud data. In G. Schraw & J. C. Impara (Eds.), Issues in the measurement of metacognition (pp.262-296). Lincoln: Buros Institute of Mental Measurements.

[67] Brekke, S. (2002). Physics problem solving research using protocols. Report documents ED461522.

[70] Gire, E. & Rebello, N. S. (2010). Investigating the perceived difficulty of introductory physics problems. American Institute of Physics (AIP) Conference Proceeding, 1278(1), 149-152.

[73] Merriam-Webster Dictionary (2014). meta.cog.ni.tion.Retrieved in 25 March 2014 from: http://www.merriam-webster.com/dictionary/metacognition.

[77] Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. & Broekkamp, H. (2001). Teaching ScienceProblem Solving: An Overview of Experimental Work. Journal of Research in Science Teaching, 38(4), 135-155.

[78] Wang, F. & Hannafin, M. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. Educational Technology Research and Development, 53(4), 5-23.

[82] Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research Methods in Education. London: Routledge/ Falmer.

A PROPOSED METACOGNITION MODEL FOR PHYSICS PROBLEM SOLVING FOR STUDENTS OF INTRODUCTORY COLLEGE PHYSICS COURSES AT KING KHALID UNIVERSITY

ABDULAZIZ HAMAD ALOLAH
Educational Supervisor
Assir Directorate
Ministry of Education

FAHAD SULAIMAN ALSHAYA
Professor of Science Education
Curriculum and Instruction Department
King Saud University

ABSTRACT *_This study aimed to provide a model of solving physics problem based on metacognition. Researchers used design-based research -DBR and Case Study methods. The population consisted of all students of the (101Phys) course, which presented to all students in the college of Science at King Khalid University, while the sample contained one group which had 37 students. For data collection; different open-ended exams were used, which were sets of physics problems, midterm exams, and post exam. In addition, an individual interviews with small sample from students, and the instructor were used. Also, researcher notebook, and audio and video recordings were used. For the findings; the proposed model has been developed, and it consists of three phases, the first phase includes reading and arranging problem information steps, while the second phase includes analysis and planning steps, and the third phase includes mathematical calculations, final answer and checking. Also, the proposed model showed improve on student solving physics problem, which include improving on metacognition skills, such as: problem analysis, planning, and presenting explains for final answer.*

KEYWORDS*: Metacognition, Problem Solving, Introductory College Physics Courses, King Khalid University.*