الفيزياء بين الفهم الكيفي والتحليل الكمي (تطبيق على أحد المفاهيم الفيزيائية)

د. ماهـــر محمد العرفـــج
كلية التربية – جامعة الملك فيصل
الإحساء – المملكة العربية السعودية

الفيزياء بين الفهم الكيفي والتحليل الكمي (تطبيق على أحد المفاهيم الفيزيائية)

د. ماهر محمد العرفــج
كلية التربية - جامعة الملك فيصل
الإحساء - المملكة العربية السعودية

الملخص

يتضح جليا مدى تأثير الفهم الكيفي وعدِّه عاملا مهما في التعاطي مع المسائل الفيزيائية الكمية، وخصوصا في حالة تكون لبس في الفهم الكيفي، مما يترتب عليه صياغة صور ذهنية تعوق المعالجة الكمية (الرياضية) للمسألة . ومن هنا فإن هذه الدراسة تجيب عن السؤال الذي تمت إثارته عن إمكانية الوصول إلى الحل الكمي (تطبيق المعالجات الرياضية) من دون تكون الصور المفاهيمية اللازمة، حيث بينت هذه الدراسة أن الطلاب ممن استخدموا مفاهيم مغلوطة، قد وصلوا إلى طريق مسدود أثناء محاولتهم ترجمة هذه الصور الذهنية من خلال المعالجات الكمية (الرياضية). وفي حالات كثيرة لم يستطع هؤلاء الطلاب الخروج من هذا المأزق. إن هذة الدراسة لا توضح فقط أثر الفهم الكيفي فى المعالجات الكمية (الرياضية)، وإنما تحدد ماهية الصور الذهنية الواجب تطبيقها من قبل المتعلم لكي تقوده إلى المعالجات الكمية المناسبة، مما يعني أن إمكانية حل المسألة يتحدد في ضوء وجود الصور المفاهيمية المناسبة.

* تاريخ تسلم البحث ٢٠٠٣/٢/١٩م
* تاريخ قبوله للنشر ٢٠٠٣/١٢/٢م

المجلد 5 العدد 2 يونيو 2004

Physics Between Qualitative Understanding and Quantitative Analysis

Maher M. Al-arfaj
College of Education
King Faisal University
AL-Ehsa'- Saudi Arabia

Abstract

This study sheds light on the impact of qualitative understanding on quantitative analysis (mathematical manipulations) in the discipline of physics. It has become evident, in this study, that the construction of physics concepts (qualitative understanding) is a major factor in solving quantitative physics problems.

The study also answers the following question: can quantitative result be reached regardless of the comprehension of necessary physics concepts? The study shows that students who constructed an improper physics understanding could not acquire a correct quantitative result, and in some cases students reached an impasse when they tried to express the results of their qualitative problem analyses in quantitative terms. Moreover, the study does not only show how students misconceptions in physics come into play in solving formal problems that demand a precise quantitative solution, but also indicates which correct qualitative physics knowledge should be applied in order to guide the use of quantitative physics knowledge successfully.

الفيزياء بين الفهم الكيفي والتحليل الكمي
(تطبيق على أحد المفاهيم الفيزيائية)

د. ماهر محمد العرفـــج
كلية التربية – جامعة الملك فيصل
الإحساء – المملكة العربية السعودية

المقدمة :

قد يصاب المعلم بالدهشه خصوصا عندما يكتشف أنه ومع ما يبذله من جهد في تدريس الماده التعليمية، إلا أن بعضا من طلابة لم يستطع احتواء مجموعة من الأفكار الرئيسة، والتي تم تناولها داخل الصف. وقد يبدو الأمر أكثر غرابة عندما يلحظ المعلمون أنه بعد تدريسهم لماده تعليمية معينة تكوين بعض من المتعلمين لمجموعة من الأفكار، أو المفاهيم الخاطئة لتحل بدلا عن الفهم الصحيح، وعندما يتكرر هذا الأمر مع أفضل الطلاب حالاً في الصف، فإن المعلم سيصبح أمام لغز لابد من حله.

إن تكوين المفاهيم، أو الأفكار الخاطئة بعد التعاطي مع مادة تعليمية معينة، قد يأخذ بعدا آخر، خصوصا عندما تتعلق المادة التعليمية بمادة الفيزياء؛ حيث إنه في مجال الفيزياء يتداخل نوعان أساسان من المعلومات يساهمان في تكوين التصور النهائي لفكرة، أو لمبدأ، أو لمفهوم، أو لنظرية فيزيائية، ألا وهما المعلومات الفيزيائية الكمية، (Physics Knowledge Quantitative) والمعلومات الفيزيائية الكيفية (Qualitative Physics Knowledge).

حيث يمكن للمتعلم أن يتعاطى مع المعلومات الكمية بصورة سليمة، ولكنه قد يخفق في إدراك المعلومات الكيفية؛ وقد يكون العكس صحيحا. ويدلل مازور (Mazur ,1996) على ذلك بأن طلابه في مادة الفيزياء قد أتقوا حفظ المعادلات، ومهارات حل المسائل؛ ولكن مع ذلك فإن أداءهم قد كان متدنياً في الاختبارات التي تقيس مدى استيعابهم لهذه المفاهيم .

إن عدم إدراك المتعلم للمفاهيم الأساسية المتضمنة في المادة التعليمية المدرسية قد يعزى إلى عدة عوامل؛ إلا أن بفند ودويت (Pfundt & Duit, 1991) يريان أنه في العلوم الأساسية،

كالفيزياء مثلا، فإنه غالبا ما يكون لدى المتعلم صورة ذهنية أوليه للظاهرة التي سيتم تناولها من منظور فيزيائي. وحيث إن هذه التصورات الأوليه تختلف عن المفاهيم المدرسية، والتي لها صلة بالظاهرة؛ لذلك فإن هذه الصور الذهنية الأولية، والتي يطلق عليها مسمى مفهوم خاطئ، أو مغلوط (misconception) ستؤثر بشكل ما في إدراك المتعلم للمفاهيم الفيزيائية بشكل كامل.

وفي محاولة لمعالجة الصور الذهنية المشوشة، والتي قد تؤثر فى الأساليب الكمية (المعالجات الرياضية) المتبعة لحل المسألة، فإن الاتجاه قد أخذ ينحو نحو تصحيح هذه التصورات المفاهيمية المتكونة؛ وذلك من خلال تعريض المتعلم لمجموعة من المحددات (المحكات)، والتي يمكن الكشف من خلالها على نوعية القصور المفاهيمي لديه . فعلى سبيل المثال فإن هستنز وولز وسواكهامر (Hestens,Wells,&Swackhamer,1992) قد صمموا مقياسا لمعالجة الصور الذهنية الأساسية المتعلقة بمواضيع القوى (Force Concept Inventory) حيث تكوَّن المقياس من تسعة وعشرين فقرة، تتلخص في ستة محاور، وتتضمن في مضمونها تصنيف هستن (Hestenes Taxanomy) للمفاهيم المتعلقة بموضوع القوة (انظر ملحق – ١).

ويؤكد أولسون وريس (Ohlsson &Rees, 1991) أن المتعلم يتعلم من أخطائة، ولكن حدوث هذا النوع من التعلم يتطلب من المتعلم تكوين كم كاف من المعلومات المتكاملة ذات الصلة بمشكلة الدراسة، حيث إن هذه المعلومات ستكون بمثابة محددات للحل(ution constraints on sol)، ومن ثم ستساعد الفرد على اكتشاف أخطائة، ومن هنا فإن اكتشاف المتعلم لخطئه سيدعم الصورة الذهنية المراد تكوينها، وسيقلص من ظهور أي لبس مفاهيمي (صور مغلوطة).

ولهذا جاءت دراسة أولسون وريس (Ohlsson &Rees, 1991) لتدعم هذا التوجه؛ وذلك من خلال تصميم سلسلة من برامج الحاسوب، والتي تهدف إلى محاكاة بعض المبادئ الرياضية، مما يعني تجسيد الصورة الذهنية لهذه المبادئ من خلال التمثيل الحسي لها . ومع الاعتماد على هذه الآلية في تصحيح التصورات الخاطئة (error correction mechanism) لدى المتعلمين، فإن الباحثين قد وجدا أن هذا قد أثرى المهارات العقلية لدى المتعلم في المواقف الحسابية، والمهام ذات الطبيعة العلمية.

أما بلوزنر (Plötzner,1995) فقد طور برنامجا حاسوبيا يتعرض من خلاله لبعض المفاهيم

الفيزيائية في مجال الميكانيكا؛ ليبين دور المعلومات الفيزيائية الكيفية، وأثرها في حل المسائل الفيزيائية، والتي تتطلب الحصول على نتيجة كمية. ومع أن هذه الدراسة قد سلطت الضوء على خطوات المعالجة الكمية لحل المسائل الفيزيائية المتعلقة بالمفهوم موضع الدراسة، والتي تتشكل في ضوء الفهم الكيفي، ومن ثم تترتب عليها الخطوات الأخرى لحل المسألة، إلا أنها أيضا سلطت الضوء على ماهية المعلومات الكيفية (الصور الذهنية)، والتي يجب أن تتشكل لدى المتعلم لكي تقود المعالجات الكمية (الرياضية)، ومن ثم الوصول إلى الحل السليم للمسألة/المسائل المتضمنة للمفهوم الفيزيائي موضع الدراسة . ولقد أثبتت هذه الدراسة تحديدا أن الصور الذهنية غير الواضحة، أو المغلوطة ذات الصلة بالمفهوم الفيزيائي تمنع من تعميق التصورات التي تؤدي إلى تطبيق المعالجات الكمية المناسبة للمسألة.

وبناء على ما تقدم يتضح جليا أن الطريق نحو إكساب المتعلم المفاهيم الفيزيائية السليمة سيكون محفوفا بالمصاعب المتمثلة بوجود العديد من المفاهيم المغلوطة، أو الخاطئة. ومع أن المفاهيم المغلوطة، أو الخاطئة (misconceptions) قد أوليت عناية فائقة في الأبحاث ذات الصلة بمجال العلوم والتربية (Science Education)؛ وذلك من خلال رصد أكبر قدر من هذه المفاهيم، ومحاولة تبيان الأسلوب الأمثل في التعاطي معها، إلا أنه في مجال الفيزياء قد تبدو المهمة أكثر تعقيدا؛ وذلك نظرا لطبيعة الفيزياء، والتي تتسم بشقيها الكمي، والكيفي . ومن هنا فإن هذه الدراسة ستُعنى بأحد الجوانب المتعلقة بهذا الموضوع؛ وذلك من خلال تناول أحد المفاهيم الفيزيائية، والتي يمكن أن يكون المتعلم عنها صوراً ذهنية مغلوطة، أو غير صحيحة.

مشكلة الدراسة :

قد لا يكون مستغربا وصف مادة الفيزياء من قبل الكثير من المتعلمين أنها تتضمن الكثير من الصعوبة والتعقيد، سواء كان ذلك على مستوى المرحلة الثانوية، أو الجامعية . وفي محاولة لكشف سبب وجود مثل هذا التصور نجد الكثير من العوامل، والتي قد تساهم في تكوين هذا الاتجاه، ومنها: الصور المجردة الكثيرة المتضمنة في المحتوى التعليمي، ودرجة التفكير المنطقي اللازم لفهمها، والمهارات الرياضية اللازمة لحلول المسائل العديدة فيها . ولكن مع ذلك فإن هذه العوامل تظل غير كافية في تفسير، كيف يمكن لأفضل الطلاب حالا ممن يتحصلون على درجات مرتفعة في هذه المادة الإقرار بصعوبتها ؟

ولهذا فإن الأسباب التي قد تعوق التعاطي السلس مع هذه المادة يجب أن تكون أسباب

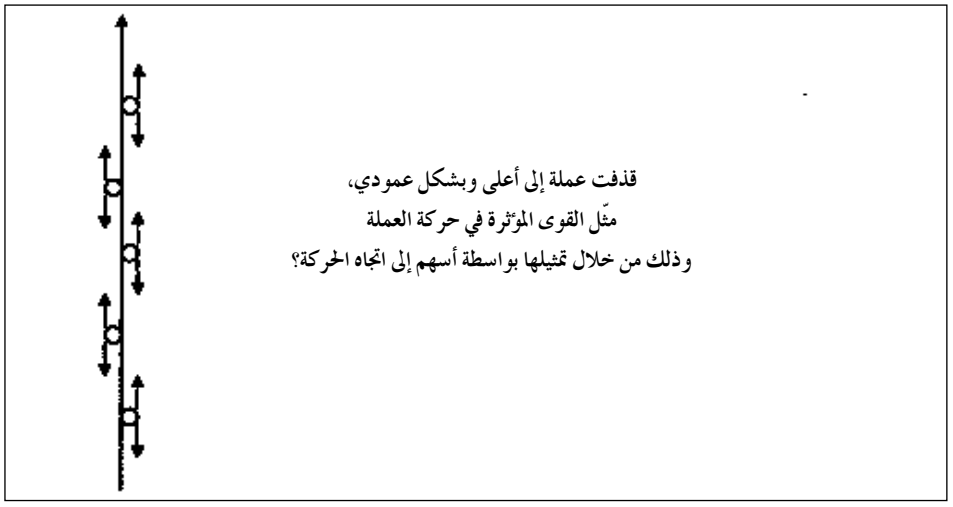
تميزها، وهذا ما يؤكده كلمنت (Clement, 1982) بوصفه لأحد أهم هذه الأسباب بالمفاهيم الأساسية (Primitive Understanding) حيث يقصد بها الصور الذهنية، والتي يبنى عليها صوراً مركبة. ونظراً لأن الفيزيائيين قد اعتادوا على مثل هذه الصور، فمن ثم فإنهم قد يخطئون في تقدير الجهد اللازم لتعلم وتكوين مثل هذه الصور (المفاهيم الأساسية) من قبل متوسط الطلاب، مما ينتج عنه جنوح الطلاب، إلى تجنب المصاعب الحقيقية المتضمنة في المادة المقدمة لهم، وتكييف مجموعة من إستراتيجيات التعلم التقليدي، والتي كانت مثمرة في دراسته لمواضيع أخرى للتعامل مع حقل الفيزياء، ونتيجة لمثل هذه الإستراتيجيات الخاطئة في تعلم المفاهيم الفيزيائية، فإن هذا سينتج عنة تكوين فهم قاصر لها. ومع كثرة هذه المفاهيم فإن دائرة الفهم القاصر ستتسع.

ويعتقد الكثير من المشتغلين بحقل الفيزياء بأن الفهم الكمي للمعلومات الفيزيائية (Quantitative Physics Knowledge) لا يتأتى إلا من خلال الفهم الكيفي للمعلومات الفيزيائية (Qualitative Physics Knowledge) ومن هنا يمكن القول: إنه في حالة وصول المتعلم إلى التقدير الكمي الصحيح لحالة فيزيائية معينة، فإن الاعتقاد سيكون بأن المتعلم قد أتم الفهم الكيفي الكامل ذا الصلة بهذه الحالة. ومع أن هذا الاعتقاد قد يكون من المنطقية بمكان، إلا أن بعضهم يعتقد بأن الفهم الفيزيائي الكيفي لا يتحصل إلا من خلال الإدراك الفيزيائي الكمي.

إن التباين في النظرة الموجهة إلى الفهم اللازم على المتعلم تكوينه للتعاطي مع حقل الفيزياء، قد ولّد بدوره تباينا في أسلوب التدريس المعمول به مع الموضوعات الفيزيائية المختلفة؛ حيث يتجه قسم من المعلمين إلى التركيز على تأصيل الفهم الفيزيائي الكيفي؛ وذلك من خلال مناقشة المفاهيم، والإسهاب في شرح النظريات؛ وذلك لتجنب أي لبس في الفهم قد يقع من جانب المتعلم (misconception) مع إعطاء أهمية أقل للجزء الكمي؛ وذلك من خلال تناول فقط بعضاً من المسائل ذات الصلة بالمفهوم، أو النظرية الرئيسة. ويتجه القسم الآخر إلى إعطاء الجزء الكمي أهميه أكبر؛ وذلك من خلال تناول أكبر عدد من المسائل ذات الصلة بالمفهوم، أو النظرية، مؤمنين بأن مثل هذه المسائل ستكون هي الكفيلة برسم الصورة الذهنية السليمة للمفهوم لدى المتعلم، ومن ثم لن يكون للصور الذهنية المغلوطة أي مجال للظهور.

ومن هنا فان أحد محاور البحث المهمة في مجال الأبحاث التي تعنى بمجالي الفيزياء والتربية (Physics Education) قد أخذ يتجه نحو الكشف عن نوع العلاقة التي يمكن أن تنشأ بين الفهم الفيزيائي الكمي، والفهم الفيزيائي الكيفي، وأثر كل منهما في تكوين الفهم الفيزيائي السليم، ومن ثم فإن هذه الدراسة تسعى إلى إثراء محور البحث هذا؛ وذلك من خلال إثارة السؤال التالي: هل يمكن للمتعلم أن يتجاوز الفهم الفيزيائي الكمي بحسب المقاييس الموضوعة لقياس هذا الجانب، مع استمرار وجود لبس في الفهم الفيزيائي الكيفي (Physics Misconception) ، وذلك من خلال تناول مفهوم التحريك-الدفع (Impetus) بالدراسة ؟

ويجسد الشكل (١) التصور الخاطئ، أو اللبس في الفهم، والذي غالبا ما يصاحب التعاطي مع المسائل، على غرار تلك التي تتضمن مفهوم الدفع (Impetus)؛ وهو مفهوم قديم قد تمت إثارته خصوصا خلال العصور الوسطى من قبل الكثير من الفلاسفة (Franklin, 1976; Szabo,1976)، (Classical Mechanics ،إضافة إلى كونه من المفاهيم المشهورة في مجال الميكانيكا الكلاسيكية ، والتي غالبا ما يتم تطبيقه على الأجسام المتحركة، والتي تتصف بغياب القوة المؤثرة في اتجاه الحركة، مما يفضي بالمتعلم إلى افتراض قوة تناقصية غير ظاهرة تعمل في اتجاه حركة الجسم نفسها، ومن ثم تكوين فهم كيفي غير سليم للتعاطي مع حركة الأجسام من هذا النوع؛ ولهذا فإن هذه الدراسة ستتمحور حول هذا المفهوم من خلال التعرف إلى أثر الفهم الكيفي في التعاطي مع الجزء الكمي للمفهوم، وبالتحديد فإن مشكلة الدراسة تتلخص في السؤال الآتي: ما أثر الصور الذهنية المتكونة لدى المتعلم (الفهم الكيفي) لمفهوم الدفع في تعلم الجانب الكمي لهذا المفهوم ؟



الشكل رقم ١
تمثيل بياني للقوى المؤثرة في حركة قطعة معدنية قذفت إلى أعلى
بما في ذلك قوة الدفع الافتراضي

أهمية الدراسة :

تأتي أهمية هذه الدراسة في كونها تتناول موضوعا محوريا في تدريس الفيزياء، ألا وهو اللبس المفاهيمي الفيزيائي؛ وذلك من خلال دراسة أحد المفاهيم الفيزيائية الرئيسة، وهو مفهوم الدفع . وقد امتازت هذه الدراسة في تناول حالة خاصة ضمن مفهوم الدفع، وهي حالة عدم التماس بين مصدر القوة الدافعة والجسم المدفوع، وما يصاحب هذه الحالة من تشويش مفاهيمي. وتتبدى أهمية هذه الدراسة أيضا في شموليتها لدراسة مفهوم الدفع، والتي تعكس طبيعة الفيزياء؛ وذلك من خلال تناول الجانب الكيفي لهذا المفهوم، وبيان أثرة في توجيه المعالجات الكمية ذات الصلة بالمفهوم نفسه.

مصطلحات الدراسة :

المفهوم العلمي: ما يحمل الفرد من معان ، وصور ذهنية ترتبط بكلمات، أو عبارات، أو عمليات معينة (كاظم وزكي، ١٩٨١).

الفهم الفيزيائي الكيفي: مجموعة الأفكار والصور الذهنية التي تعكس مدركات المتعلم للمفاهيم الفيزيائية.

الفهم الفيزيائي الكمي: تكميم الظاهرة الطبيعية، أو الحالة ذات الصلة بالمفهوم الفيزيائي باستخدام المعالجات الرياضية.

المفاهيم الفيزيائية المشوشة: الأفكار أو الصور الذهنية الخاطئة التي يقرنها المتعلم بالمفاهيم الفيزيائية.

فرضيات الدراسة :

تم اختبار الفرضيات الصفرية والبدائل الآتية:

الفرضية الصفرية الأولى: إن مستوى الأداء الكمي (المتغير الأول) في المسألة الأولى غير مرتبط بمستوى الأداء الكيفي (المتغير الثاني).

الفرضية الصفرية الثانية: إن مستوى الأداء الكمي (المتغير الأول) في المسألة الثانية غير مرتبط بمستوى الأداء الكيفي (المتغير الثاني).

الفرضية الصفرية الثالثة: إن مستوى الأداء الكمي (المتغير الأول) في المسألة الثالثة غير مرتبط بمستوى الأداء الكيفي (المتغير الثاني).

العينة وإجراءات الدراسة :

شملت عينة الدراسة ثلاثين طالبا من طلاب السنة الأولى في جامعة الملك فيصل، حيث تم اختيارهم بصورة عشوائية، من مجمل الطلبة الذين يدرسون مقرر مقدمة في الفيزياء العامة، وحيث إن القوى المؤثرة في الأجسام المتحركة كانت من المواضيع المدرجة في مقرر المرحلة الثانوية، فقد تم عرض أربع مسائل (انظر ملحق–٢) على الطلبة كلهم، تدور في فلك الأجسام المتحركة، وتقيس الفهم الكيفي لدى الطالب؛ وذلك من خلال تحديد الطالب للقوى المؤثرة في الجسم المتحرك في مواضع مختلفة، ومن دون الدخول في حسابات رياضية. وبعد ذلك تم عرض ثلاثة مسائل (انظر ملحق–٣) أيضا على الطلبة تتناول في مضمونها الأفكار المحتواة في المسائل الأربع السابقة، ولكن تتطلب تحديدا كميا دقيقا للإجابة النهائية.وتقدير الحاجة الطالب في الرجوع إلى بعض المعادلات والثوابت، فقد تم إرفاق جدولين، أحدهما: يتضمن المعلومات الكمية، والتي قد يكون الطالب في حاجة إليها عند حل المسألة، والجدول الآخر : يتضمن ملخصا لإعادة تذكير الطالب بكيفية حل المركبات المتجهة؛ حيث كانت هذه المعلومات هي الوحيدة المتاحة للطلاب، مع التنبيه

عليهم بعدم استخدام المفاهيم المتعلقة بالطاقة، والتي يمكن حل بعض المسائل من خلالها . كما تم التأكيد على الطلاب بضرورة تدوين أية ملاحظة، أو أية فكرة تتصل بأية محاولة من محاولاتهم لحل المسائل.

وحيث إن جميع المسائل المقدمة كانت تتصف بغياب القوة الدافعة في اتجاة الحركة، مما يعني أنها تتطلب بصورة، أو بأخرى وجود الفهم الكيفي ذا الصلة بمفهوم الدفع (Impetus) ، فإن هذا قد أضاف لها أهمية من حيث إمكانية دراسة، كيف يمكن للمفاهيم المغلوطة، أو التصورات الخاطئة)الفهم الكيفي(من أن تؤثر في خطوات الحل الكمي.

منهج الدراسة وأدواتها:

اتبعت هذه الدراسة المنهج التجريبي، وتضمنت الأدوات الآتية:

١- اختبار قياس الفهم الكيفي، ويتكون من أربعة أسئلة على نمط الاختيار من متعدد (ملحق -٢).

٢- اختبار قياس الفهم الكمي، ويتكون من ثلاثة أسئلة (ملحق -٣).

المعالجة الإحصائية:

تم تقسيم العينة إلى مستويين بناء على أدائهم في الاختبار الكيفي (اختبار قياس المفاهيم)، حيث يمثل المستوى الأول (أداء مرتفع) مجموعة الطلاب الذين تمكنوا من الإجابة عن جميع الأسئلة، أو ثلاثة منها إجابة صحيحة؛ أما المستوى الثاني (أداء منخفض) فيمثلها الطلاب الذين تمكنوا من الإجابة عن أقل من ثلاثة أسئلة. كما أن الأختبار الكمي قد أفضى إلى تصنيف العينة إلى ثلاث مجموعات، حيث يمثل المجموعة الأولى الطلاب الذين وصلوا إلى الإجابة السليمة؛ وذلك بتعيين الكمية المطلوبة. أما المجموعة الثانية فيمثلها الطلاب الذين وصلوا إلى إجابة كمية، ولكنها لا تمثل النتيجة المطلوبة . أما المجموعة الثالثة فإنها تمثل الطلاب الذين لم يقدموا أي جهد يذكر لحل المسألة المعروضة. وبناء على ذلك تم عمل الجدول التقاطعي (contingency table) لكل مسألة من المسائل الكمية بدلالة الأداء الكمي (إجابة صحيحة، إجابة خاطئة، لا إجابة)، والأداء الكيفي (أداء مرتفع ، أداء منخفض) ومن ثم استخدام اختبار كاي تربيع (chi-square test) لاختبار الفروض المدرجة في الدراسة، وحساب استقلالية الأداء الكمي عن الأداء الكيفي.

النتائج والمناقشة:

من خلال عرض الإجابات المقدمة من قبل العينة، سواء كانت هذه الإجابات صحيحة، أو خاطئة عن كل مسألة من المسائل التي قدمت، يتبين أنه في حالات كثيرة لم تتمكن العينة المفحوصة من الوصول إلى الإجابة النهائية للمسائل الثلاث والتي تتطلب تحديدا كميا للإجابة النهائية. كما يتبين أيضا أن تطبيق مفهوم الدفع وعدّ وجود قوة دافعة غير ظاهرة تعمل في اتجاة الحركة نفسها، كان من قبل سبعة عشر طالبا في المسألة الأولى . أما في حالة المسألة الثانية فقد كان من قبل أحد عشر طالبا، بعكس ما كان عليه في حالة المسألة الثالثة، حيث كان من قبل ستة عشر طالبا.

ومن خلال الرجوع إلى الملاحظات المدونة من قبل الطلاب أثناء حل المسائل، والتي تعكس جميع الأفكار والاحتمالات التي وردت للطالب أثناء حل المسألة، يتضح تحديدا أن تطبيق مفهوم الدفع «قوة دفع» كان واردا لدى الطلاب الذين قاموا بتحليل القوى المؤثرة في الحركة، سواء كان ذلك بالرسم، أو من خلال التعبيرات اللفظية المكتوبة.

ويتضح من إجابات العينة كذلك، أن خمسة عشر طالبا قد قاموا بتطبيق مفهوم الدفع على جميع المسائل، بينما قام سبعة عشر طالبا بتطبيق هذا المفهوم على المسألتين الأولى والثالثة، وسبعة عشر طالبا كذلك على المسألتين الثانية والثالثة، وطالب واحد على المسألة الأولى، بينما لم يطبقه على بقية المسائل؛ بينما قام طالبان بتطبيق هذا المفهوم على المسألة الثالثة من دون تطبيقه على بقية المسائل .

وتتفق هذه النتيجة مع ما ذكره توايجر وآخرون (Twigger et al, 1994) في معرض دراستهم لمفهوم الجاذبية الأرضية، حيث أشاروا إلى أن عينة الدراسة قد ارتكبت الخطأ المفاهيمي نفسه عند دراسة القوى المؤثرة في حركة كرة مقذوفة إلى الأعلى؛ وذلك بإهمال تأثير قوة الجاذبية الأرضية، وعدّ أن القوة المؤثرة في الكرة هي قوة دفع الكرة، أو القوة التي دفع بها الشخص الكرة.

ومن خلال تحليل الإجابات المقدمة من الطلاب، وذلك من خلال المقترحات المدونة لحل كل مسألة اتضح أن العينة المفحوصة تمتلك مجموعة من التصورات الخاطئة ذات صلة بمفاهيم أخرى، ومنها على سبيل المثال اعتقاد بعضهم بأن الجسم الذي تؤثر فيه قوة ثابتة

يتحرك بسرعة ثابتة (طالبين)، إضافة إلى خلط بعضهم بين مفهومي السرعة، والتسارع (طالب واحد). ومع أن هذه المعطيات قد تكون مثارا للبحث، إلا أن السؤال المهم يظل في معرفة أثرالفهم الكيفي لما يسمى بالدفع (الفهم الصائب، والفهم المغلوط) في الوصول إلى التحليل الكمي الصحيح (القيمة الكمية المطلوبة).

ونظرا لوجود درجتي حرية {(Ncolumns-1)(Nrows-1)=2} لذا فإن الدرجة chi-square ذات الدلالة الإحصائية عند المستوى ٠,٠١ هي ٩,٢١١ ؛ وحيث إن الدرجة chi-square (17.98) المحسوبة عند مقارنة مستوى الأداء الكمي في المسألة الأولى بمستوى الأداء الكيفي (انظر الجدول رقم ١) هي أعلى بكثير من النقطة الحرجة؛ ولذلك فإننا نرفض الفرضية الصفرية المتعلقة باستقلالية مستوى الأداء الكمي في المسألة الأولى بمستوى الأداء الكيفي، وبناء علية ندعم الفرضية البديلة، والداعمة لارتباط (المتغيرين) الأدائين ببعضهما بعضاً. ولاختبار الفرضية الصفرية الثانية، والمتعلقة باستقلالية الأداء الكمي في المسألة الثانية عن مستوى الأداء الكيفي (انظر الجدول رقم ٢) فقد وجدنا أن قيمة كاي تربيع المحسوبة chi-square (17.828) كانت أكبر بكثير من النقطة الحرجة. وبناء عليه فإننا نرفض الفرضية الصفرية الثانية، وندعم الفرضية البديلة الثانية، والداعمة لارتباط الأدائين (المتغيرين) ببعضهما بعضاً. ولاختبار الفرضية الصفرية الثالثة، والمتعلقة باستقلالية الأداء الكمي في المسألة الثالثة عن مستوى الأداء الكيفي (انظر الجدول رقم ٣) فقد وجدنا أن قيمة كاي تربيع المحسوبة كانت chi-square (17.87) ، أكبر بكثير من النقطة الحرجة؛ وبناء عليه فإننا نرفض الفرضية الصفرية الثالثة، وندعم الفرضية البديلة الثالثة، والداعمة لارتباط (المتغيرين) الأدائين ببعضهما بعضاً .

الجدول رقم (١)
نتائج اختبار كا٢ لمقارنة الطلبة بحسب مستويات أدائهم في الإجابة عن المسألة الأولى

	إجابات صحيحة	إجابات خاطئة	لا إجابة	المجموع
أداء مرتفع	٥ (٪١,٥٣)	٣ (٪٠,٨١)	٠ (٠)	٨ (٪٢٧)
أداء منخفض	٠ (٠)	١٢ (٪٨,٧٦)	١٠ (٪٧,٣)	٢٢ (٪٧٣)
المجموع	٥	١٥	١٠	٣٠

الجدول رقم (٢)
نتائج اختبار كا٢ لمقارنة الطلبة بحسب مستويات أدائهم في الإجابة عن المسألة الثانية

	إجابات صحيحة	إجابات خاطئة	لا إجابة	المجموع
أداء مرتفع	٥ (١,١٦٥٪)	٢ (٠,٤٦٦٪)	٠ (٠)	٧ (٢٣,٣٪)
أداء منخفض	٠ (٠)	١٨ (١٣,٨٪)	٥ (٣,٨٣٥٪)	٢٣ (٧٦,٧٪)
المجموع	٥	٢٠	٥	٣٠

الجدول رقم (٣)
نتائج اختبار كا٢ لمقارنة الطلبة بحسب مستويات أدائهم في الإجابة عن المسألة الثالثة

	إجابات صحيحة	إجابات خاطئة	لا إجابة	المجموع
أداء مرتفع	٥ (١,١٦٥٪)	٢ (٠,٤٦٦٪)	٠ (٠)	٧ (٢٣,٣٪)
أداء منخفض	٠ (٠)	٢٢ (١٦,٨٧٪)	١ (٠,٧٦٧٪)	٢٣ (٧٦,٧٪)
٣٠	١	٢٤	٥	المجموع

إن تكوّن الفهم المغلوط (الفهم الكيفي الغير سليم) قد أثر بدوره في المعالجة الكمية للمسألة، ومن ثم أدى إما الوصول إلى حل كمي غير سليم، أو عدم وجود حل. كما يتبين أيضا أن العينة المفحوصة خصوصا تلك التي حاولت حل المسائل المعروضة من خلال الرجوع إلى مفهوم الدفع، قد واجهت عقبات واضحة في محاولاتهم حل المسائل، خصوصا عندما كان هناك علاقة بين نتائج التحليل الكيفي (الصور الذهنية)، والتحليل الكمي اللازم لحل المسألة (الإجراءات الرياضية)؛ ففي خمس وعشرين حالة من مجمل الحالات (٤٩ ٪) تم ربط مفهوم الدفع بالتحليل الكيفي للمسألة؛ وذلك من خلال عدّ قوة دافعة تعمل في اتجاة حركة الجسم نفسه مما ترتب علية التعثر في معالجة هذا التحليل الكيفي المعالجة الكمية (الرياضية)؛ ومن ثم الوصول إلى طريق مسدود من خلال عدم إكمال الحل نتيجة للحصول على كمية غير منطقية، كما هي الحال بالنسبة لثلاثة عشر فردا من العينة، أو الوصول إلى إجابة نهائية غير سليمة من خلال استخدام تحويلات، أو معالجات رياضية غير منطقية كما هي الحالة بالنسبة لاثنتي عشرة حالة.

وتتفق هذه النتيجة مع ما ذهب إلية هاي وورث (Heyworth,1994) عند مقارنته أداء مجموعتين من الطلاب (مجموعة الخبراء، و مجموعة المبتدئين) من حيث إمكانية كل مجموعة في إيجاد حل لأحد المسائل الأساسية في الكيمياء. حيث وجد في دراسة أن مجموعة الخبراء قد اتبعت خطوات واضحة، ومحددة لحل المسألة، وأن هذه الخطوات قد تشكلت في ضوء وجود صور مفاهيمية واضحة، ولا يعتريها أي لبس، وفي المقابل تعثرت مجموعة المبتدئين كثيرا في ظل وجود العديد من المفاهيم المغلوطة، وغياب رؤية واضحة؛ لتحديد خطوات حل المسألة.

ومع أن بعضهم قد بذل جهدا ما في التعاطي مع المسائل المدرجة بغض النظر عن صحة الإجابة من عدمها، فقد توقف بعضهم الآخر عن بذل أي جهد يذكر في مواجهة بعض من المسائل المدرجة، حيث يبدو ذلك جليا من خلال تتبع الخطوات المكتوبة لحل المسألة الثالثة، والملاحظات المدونة حولها.

كما أنه من خلال تتبع خطوات حل المسألة الثالثة يتضح أن مانسبته ٥٣٪ من العينة قد ضمن مفهوم الدفع في تعاطية مع المسألة؛ وذلك بوصفه قوة غير ظاهرة تعمل في اتجاة حركة الجسم، ومن ثم البناء عليها في حساب القوة المحصلة، وإجراء المعالجة الرياضية اللازمة، ولكن هذه المحاولات انتهت بالفشل في الوصول إلى حل نهائي للمسألة؛ وذلك بسبب عدم التمكن من حساب تسارع الجسم.

ومن خلال تتبع خطوات حل المسألة الثالثة تبين أيضا أنه ومع أن بعض الطلبة (ثلاثة طلاب) قد كون فهما أوليا لحل المسألة؛ وذلك باعتبار وجود قوة دافعة تعمل في اتجاة الحركة إلا أن هذه الفئة قد تمكنت من الوصول إلى الحل السليم للمسألة؛ وذلك بإعادة تكوين فهم جديد لها . ففي إحدى هذه الحالات تم التعبير عن كل قوة تؤثر في الجسم؛ وذلك بتمثيلها من خلال سهم يشير في اتجاة تأثيرها، والأخذ في الاعتداد بوجود قوة دافعة تؤثر في اتجاة الحركة؛ ولكن بعد المعالجة الجبرية لهذه المتجهات، والحصول على معادلات باتجاة المحور الأفقي (محصلة القوى في اتجاة x) ، والمعادلات في اتجاة المحور الرأسي (محصلة القوى في اتجاة y) ، وبدراسة القوى المؤثرة في الاتجاة الأفقي (x) على عدّ أن القوى في اتجاة المحور الرأسي (y) ستكون متعادلة، وتحويلها بدلالة الكتلة والتسارع تم الحصول على ثلاث كميات للتسارع، تسارع الجاذبية الأرضية - تسارع بدلالة قوة الاحتكاك (مجهول)- تسارع بدلالة قوة الدفع (مجهول) . ونظرا لوجود هذين المجهولين في معادلة القوى المؤثرة

في (x) فإن هذا قد أعطى دلالة أن هناك خطأ ما في المسألة، وتحديدا في إحدى القوى المفترضة، ومن ثم إعادة النظر فيها، ومن ثم إسقاط القوة الدافعة، ومن ثم مواصلة حل المسألة، والحصول على نتيجة .

من هذا المنطلق فان البحث في هذا المجال قد بين بصورة جلية أن التحدي لا يكمن فقط في تدريس المتعلمين المنهج العلمي، وأنماط التفكير اللازمة للتعاطي مع المفاهيم الفيزيائية، ولكن التحدي أيضا يكمن في قدرة المعلم على تحديد المفاهيم الملبوسة (المغلوطة)، والتي غالبا ما يقع فيها المتعلم بصورة مسبقة، ومن ثم تبني خطوات تدريسية فاعلة يمكن للمتعلم من خلالها المقارنة بين تلك الصور المفاهيمية المغلوطة، وتلك الصور المفاهيمية الصحيحة.

ويؤكد بالمر (Palmer, 2001) هذا التوجه، حيث يرى في دراسة للمفاهيم البديلة أن نجاح المعلم في إيصال المفهوم العلمي للمتعلم، وإكسابه القدرة على استدعاء المفهوم، ومن ثم تطبيقه على المواقف المتشابهة سيكون مرهونا بمعرفة المعلم القبلية لما يمكن أن يدور في ذهن المتعلم من مفاهيم بديلة عند مروره بالمواقف الفيزيائية المتشابهة، والتي تتمحور حول المفهوم نفسه .

إن عدم معالجة ذلك اللبس المفاهيمي لكي يكون متزامنا مع تدريس المفاهيم الفيزيائية الصحيحة، سيترك المتعلم في نهاية المطاف مع تلك المفاهيم، والتي ستتشكل في ضوء الاعتقادات، أو الأحاسيس الشائعه (Common Sense Beliefs) ، والتي بطبيعة الحال تتضمن الكم الكبير من المفاهيم الملبوسة .

توصيات الباحث:

في ضوء نتائج البحث الحالي يوصي الباحث بما يلي:

أولا- فيما يتعلق بالمنهاج الدراسي:

١- إن تعريف المتعلم بالمفهوم الفيزيائي من دون توضيح ما قد ينتاب هذا الفهم من تصورات دخيلة لن يضمن بأي حال من الأحوال تكوين المتعلم للفهم الفيزيائي السليم . وبناء على ذلك، فإن أساليب التدريس يجب أن تعمد إلى استشراف وتشخيص ما قد يعتري ذهن الطالب من تصورات ذهنية غير سليمة، ومعالجتها ليحل الفهم السليم بدلا عنها.

٢- إن التعريف بالمفاهيم المغلوطة لا يكمن فقط من خلال طريقة التدريس، ولكن أيضا من خلال الكتب الدراسية، والتي تعد كتبا مرجعية في تأسيس القاعدة الفيزيائية لدى المتعلم، سواء كانت تلك الكتب المدرسة في المرحلة الثانوية، أو تلك المدرسة في السنة الأولى الجامعية . ومن هنا فإن الأفق الجديد في صياغة الكتب الفيزيائية يجب أن يرصد بدقة تلك التصورات الملبوسة، ومقارنتها بالمفاهيم السليمة، وبعدها تعريض المتعلم لتلك المسائل، والتي يمكن للمتعلم من خلالها تعميق ذلك الفهم.

٣- نظرا لما للفهم الكيفي من أثر في توجيه المعالجات الكمية ذات الصلة بالمفهوم؛ لذلك فإن كتب الفيزياء المدرسية يجب أن تعد بحيث تتضمن اختبارات تقويمية)محكات(لجميع الموضوعات الفيزيائية المقررة؛ لضمان تكوين المتعلم للصور الذهنية الصحيحة التي تعكس تلك المفاهيم.

ثانيا- فيما يتعلق بالدراسات المستقبلية:

١- مع تنوع مجالات الفيزياء، فإن الدراسات اللاحقة يمكن أن تتجه نحو حصر أكبر عدد من المفاهيم الفيزيائية المغلوطة في مجالات الفيزياء المختلفة؛ لتكون مرجعا لمعلمي الفيزياء عند تدريسهم للمفاهيم الفيزيائية.

٢- مع تنامي دور الحاسوب في التعليم من خلال ظهور برامج حاسوبية يمكن أن تسهم في عرض المادة العلمية بصورة مشوقة، وتقويم أداء المتعلم بصورة آلية؛ ونظرا لما للمفاهيم الفيزيائية الأولية من أهمية حيث إنها تشكل النواة الرئيسة لمفاهيم متقدمة؛ لذلك فإن الدراسات اللاحقة يمكن أن تبحث في دور برامج الحاسوب التعليمية في تعميق الفهم الفيزيائي السليم لدى المتعلم.

المراجع

كاظم، أحمد خيري وزميلة .(1981) . **تدريس العلوم**. القاهرة، جمهورية مصر العربية: دار النهضة.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. **American Journal of Physics, 50**, 66-71.

Franklin, A. (1976). **The principle of inertia in the middle ages.** Boulder, CO: Colorado Associated University Press.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. **The Physics Teacher, 30** (3), 141-151.

Heyworth, R. (1999). Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry. **International Journal of Science Education, 21** (2), 195-211.

Lehman, J. F. (Eds.). **Proceedings of the Seventeenth Annual Meeting of the Cognitive Science Society** (pp. 248-252). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mazur, E. (1996). Qualitative vs. quantitative thinking: Are we doing the right thing? **International Newsletter on Physics Education 32** (April), 1.

Ohlsson, S., & Rees, E. (1991). The function of conceptual understanding in the learning of arithmetic procedures. **Cognition and Instruction, 8**, 103-179.

Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. **International Journal of Science Education, 23** (7), 691-706.

Pfundt, H., & Duit, R. (1991). **Bibliography: Students' alternative frameworks and science education** (3rd ed.). Kiel: Institute for Science Education.

Ploetzner, R. (1995). How misconceptions affect formal physics problem solving: Model-based predictions and empirical observations. Published in Moore, J., & lehman, J. (Eds). **Proceeding of the Seventeenth Annual Meeting of the Cognitive Science Society** (pp. 248-252).

Szabo, I. (1976). **Geschichte der mechanischen prinzipien und ihrer wichtigsten Anwendungen.** Basel: Birkhaeuser.

Twigger, D., et al. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: An interview study designed to guide instruction. **International Journal of Science Education, 16,** 215-229.

الملاحق

الملحق (١)

تصنيف هستن

Hestenes' Taxonomy

1- Impetus (Impetus supplied by hit and impetus dissipation)

(التحريك-الدفع -التحريك بالضرب - التحريك المستهلك)

2- Active Force (Only active agents exert force)

القوة المحركة (القوة المؤثرة تبذل فقط من قبل الأجسام المتحركة)

3- Action/Reaction Pairs (Greater mass implies greater force and most active agent produces greatest force)

الفعل ورد الفعل (الكتلة الأكبر توحي بقوة أكبر ، الجسم الأكثر حركة -الأسرع- يؤثر بقو ة أكبر)

4- Concatenation of Influences (Largest force determines motion)

تسلسل المؤثرات (القوة الأكبر تحدد الحركة)

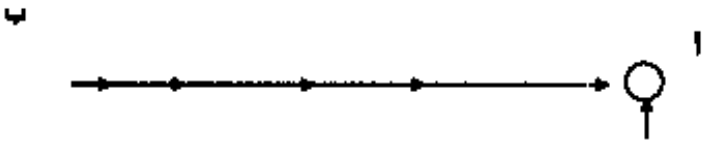
5- Other Influences of Motion (Obstacles exert no force, motion when force overcomes resistance, and heavier objects fall faster)

مؤثرات الحركة الأخرى (معوقات الحركة لا تؤثر بقوة، الحركة بعد التغلب على القوة المقاومة، الأجسام الأثقل تسقط أسرع)

الملحق(٢)

- أجب عن الأسئلة التالية من خلال إحاطة الإجابة السليمة بدائرة (دون أية ملاحظة، أو أية فكرة قد تخطر على بالك)

س١ الشكل التالي يبين انزلاق كرة بسرعة ثابتة على مستوى أفقي أملس من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، ولكن عندما وصلت الكرة إلى النقطة (ب) تعرضت لدفعة أفقية كما يشير السهم. ما القوة أو القوى الرئيسة التي ستؤثر في حركة الكرة بعد تعرضها لعملية الدفع مالاتجاه الذي تعتقد أن الكرة ستسلكة ؟



١) قوى باتجاه الأسفل نتيجة للجاذبية الأرضية و ضغط الهواء.

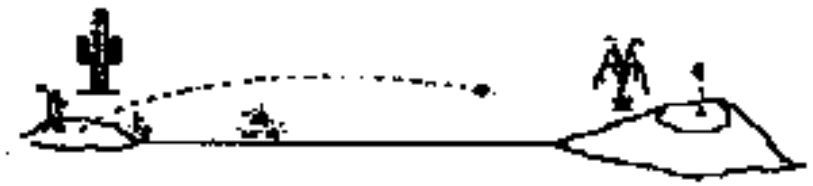
٢) قوة باتجاه الأسفل نتيجة للجاذبية الأرضية، وقوة أفقية نتيجة للعزم وباتجاه حركة الكرة.

٣) قوة باتجاه الأسفل نتيجة للجاذبية الأرضية، وقوة باتجاه الأعلى نتيجة لتأثير الطاولة على الكرة، وقوة أفقية تؤثر في الكرة باتجاه حركتها.

٤) قوة باتجاه الأسفل نتيجة للجاذبية الأرضية، وقوة باتجاه الأعلى نتيجة لتأثير الطاولة في الكرة.

٥) عجلة الجاذبية الأرضية لن يكون لها تأثير نتيجة لميل الكرة للرجوع إلى حالتها الطبيعية.

س٢) قام أحد هواة الجولف بضرب كرة الجولف؛ ليجد أنها بدأت تحلق في الهواء، وتأخذ مسارا كما هو موضح بالشكل، ما القوة أو القوى التي ستؤثر في الكرة أثناء رحلتها:



a- قوة الجاذبية b- قوة الضربة (القوة التي نتجة عن ضرب الكرة) c - قوة مقاومة الهواء

١ 2- a 3- a و a 4- a و b و b 5- b و c c و c

س٣ عند رمي كرة من الحديد بشكل رأسي مباشرة فإن القوة أو القوى التي ستؤثر فى الكرة حتى تصل إلى الأرض بعد إهمال مقاومة الهواء ستكون:

١) قوة سفلية تمثل قوة وزن الكرة، و قوة علوية تتناقص بشكل ثابت.

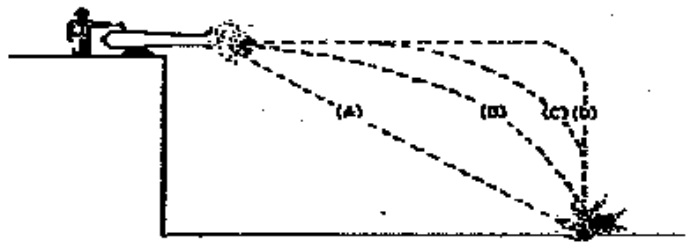
٢) قوة علوية تتناقص بشكل ثابت من لحظة ترك كرة اليد إلى أن تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع لها،إضافة إلى قوة الجاذبية الأرضية، والتي تتجة نحو الأسفل، وتتزايد بشكل ثابت إلى اللحظة التي تسبق ارتطام الكرة بالأرض.

٣) قوة سفلية ثابتة نتيجة للجاذبية الأرضية، إضافة إلى قوة علوية تتناقص بشكل ثابت من لحظة ترك كرة اليد إلى أن تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع لها، وبعد ذلك ستبقى فقط قوة ثابتة سفلية نتيجة للجاذبية الأرضية.

٤) قوة سفلية ثابتة نتيجة للجاذبية الأرضية.

٥) لن يكون لأي من القوى المذكورة سابقا أي تأثير نتيجة لميل الكرة للرجوع إلى حالتها الطبيعية.

س٤) أي من هذه المسارات سيمثل المسار الذي ستسلكة قذيفة مدفعية تم أطلاقها كما بالشكل التالي:



(١ A (٢ B (٣ C (٤ D

ملحق(٣)

س١ قذفت قطعة معدنية في الهواء بسرعة $v = 7\ m/s$ وبشكل عمودي، كم هي المسافة التي ستقطعها هذة العملة حتى تصل سرعتها إلى $v = 3\ m/s$ ؟

س٢ دفع صندوق منتظم كتلتة $m = 10kg$ إلى أعلى مستوى مائل زاوية ميلة (30^{o}) وبسرعـة مقدارها $v = 5\ m/s$ ، ما أقصى مسافة يمكن أن يقطعها الصندوق حيث إن معامل احتكاك السطح $f = 0.3$ ؟

س٣ تسير سيارة على سطح مستو خشن بسرعة $v = 30\ m/s$، فإذا كان معامل احتكاك السطح $= 0.6$ ، فما أقل مسافة تحتاجها السيارة لكي تقف تماما ؟