

الأمواج، الصوت ومنظومات الاتصال: بحث في برنامج جديد يعتمد الاستراتيجيات الحديثة في طرق تدريس العلوم والتكنولوجيا للمرحلة الإعدادية

نايف عواد*

ملخص

يتناول هذا المقال نتائج بحث قمت به لفحص مدى قدرة طلاب المرحلة الإعدادية على تعلّم مواضيع علمية -
تكنولوجية متقدمة في سن مبكرة، والكشف عن العوامل التي من شأنها أن تؤثر على تحصيلهم ودافعيتهم للتعلّم.
اعتمدت الدراسة منهجية دمجت بين البحث الكمي والبحث الكيفي، واستعانت بعينة بحثية شارك فيها مئة وعشرون
(120) طالبًا من الصفوف السابعة من ثلاث بلدات عربية مختلفة في شمال البلاد. أشارت نتائج البحث إلى تحديات في
دراسة مثل هذا الموضوع في المراحل الأولى (المبكرة)، ولا سيما فيما يتعلق بالأفكار المسبقة الخاطئة حول المفاهيم
العلمية. كذلك كشفت الدراسة عن صعوبات في فهم المصطلحات الأساسية ذات الصلة، مما عزز لاحقًا الصعوبات
المتعلقة بمناقشة مواضيع متقدمة وفهمها. كذلك تعذّر على الطلاب استخدام مبادئ وأسس بسيطة في الرياضيات
وإمكانية تطبيقها في مجال المضامين الفيزيائية. على الرغم من ذلك، تبين أنّ استخدام استراتيجيات تعليم متعدّدة،
وتكرار عرض المصطلحات العلمية والتكنولوجية نفسها بقوالب وأساليب مختلفة، قد أسهما على نحوٍ تدريجيّ، وعلى
مراحل، في التغلّب على قسم كبير من هذه الصعوبات.

في العصر الحالي، لا تزال التحديات التي تواجه تدريس العلوم والتكنولوجيا في المرحلة الإعدادية كثيرة ومركبة. من بين أهم هذه التحديات كيميّة الدمج بين العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات (أي ما يُعرف بـ STEM). كذلك يواجه تدريس العلوم والتكنولوجيا تحديات متعلّقة بكيميّة استنباط المواضيع العلميّة والتكنولوجيّة من واقع الطالب وربطها بحياته اليوميّة، وكذلك في الحاجة إلى تطبيق أمّاط واستراتيجيات تعلّم يكون الطالب من خلالها في مركز العمليّة التعليميّة؛ كالتعلّم من خلال حلّ المشكلات والعمل على المشاريع. كذلك يشكّل استخدام الحوسبة وتكنولوجيا المعلومات على نحوٍ فعّال لتسهيل دراسة العلوم وفهمها تحديًا إضافيًا.

القاعدة النظرية

كثر الحديث مؤخرًا عن ضرورة تعزيز التعلّم ذي المغزى بغية الوصول إلى تعليم -تعلّم ناجح للعلوم والتكنولوجيا، يلائم تحديات ومتطلّبات العصر الرقميّ. وعليه، فقد اعتمدنا إطارًا نظريًا من شأنه أن يوضّح ماهيّة التعلّم ذي المغزى وضروريّات التعلّم الناجح، وكيميّة تطبيقها فعليًا على أرض الواقع. يشتمل الإطار على أساليب وطرائق تدريس عصريّة، إضافة إلى اعتماد استراتيجيات تدريس وتعلّم حديثة يجدر اتّباعها، على نحو ما هو مفصّل أدناه.

التعلّم المتّصل بالواقع (Contextual Learning): ويُقصد به ربط العمليّة التعليميّة بمختلف مناحي الحياة التي يعيشها المتعلّم؛ فالطالب يتعلّم من بيئته ومن محيطه القريب، عند تواجده في المنزل، أثناء لعبه وخلال أوقات فراغه، حين يتساءل عمّا حوله وينشغل بفهم حقائق الأمور الواقعيّة التي يراها ويحسّها ويلمسها عن كُتب (Karweit, 1993).

التعلّم المتعدّد المجالات (Interdisciplinary Learning): ويُعنى بتزويد الفرص والإمكانيّات أمام الطّلاب لاجتياز حدود الموضوع الواحد وتخطّيها، وصولًا إلى فهم الصلات القائمة بين مختلف مجالات التعلّم، طبيعتها وماهيّتها، والسعي نحو إنشاء وتطوير علاقات تماسّ جديدة. لهذا الفهم المتعدّد المجالات أهميّة خاصّة في مجتمع كمجتمعنا الذي يسعى دومًا نحو التجدّد المستمرّ، في ظلّ سيطرة وهيمنة واضحة لمجالات التكنولوجيا والهندسة على تفاصيل الحياة اليوميّة. من هنا فقد بات ربط المواضيع العلميّة المختلفة مع التكنولوجيا والهندسة والرياضيات حاجة ملحة، وهو ما يُعرّف اليوم عالميًا بـ STEM (Bybee, 2010).

التعلّم المبنّي على المشاريع (Project based Learning): تُعتبر هذه الاستراتيجية إطارًا طبيعيًا لتطبيق أسس التعلّم البنائيّ ومبادئه، ومنصّة مهمّة لتعزيز مهارات الطّلاب المعرفيّة. من خلال هذه الاستراتيجية، يقوم المتعلّم بدورٍ ناشط وفعّال، فيكون منهمكًا في حلّ المشكلات والقيام بمهامّ عديدة ومتنوّعة ورغبة منه في الإجابة عن سؤال بحث يعنيه ويثير اهتمامه على نحوٍ خاصّ (Thomas, 2000). بهذا الشكل، يتمكّن المتعلّم من تطوير مهارات التفكير المختلفة - كالتفكير الاستراتيجي والتكفيّفي، وتعزيز السلوكيات أو التصرفات الإنتاجيّة. (Schunn & Silk, 2011).

التكنولوجيا التربوية (Educational Technology): إن استخدام التكنولوجيا والحوسبة استخدامًا صحيحًا من شأنه أن يساعد في تعلم العلوم، وذلك من خلال دعم أنشطة مختلفة تتعلق بجمع المعلومات، ومشاهدتها، ومعاينتها، وتحليلها، والتفكير بها وإعطاء تغذية مرتدة حولها. تُعتبر المحاكاة إحدى الأدوات التكنولوجية الناجعة التي تساعد في تمثيل ظاهرة علمية أو مصطلح أو موديل ما بمساعدة برنامج مُحوسَب يقلد ما يحدث في الواقع بأكبر قدر ممكن من الدقة (Kahn, 2008).

بناءً على ما ذُكر آنفًا، بات من الضروري تطوير برامج وبيئات تعليمية جديدة توفّق بين المبادئ الأربعة الواردة أعلاه، وتعمل على جسر الهوة بين الموجود والمنشود.

برنامج "الأمواج والصوت ومنظومات الاتصال"

هو برنامج جديد طوّره مجموعة باحثين من قسم تدريس العلوم في جامعة بن غوريون. يتألف البرنامج من خمسة عشر (15) لقاءً أسبوعيًا (مدّة كلّ لقاء ساعتان تعليميتان)، ويهدف إلى إكساب الطالب فهمًا عميقًا لمصطلحات علمية وتكنولوجية من مجال الصوت والاتصال، نحو: موجة؛ تردد؛ زمن دورة؛ طول موجة؛ سرعة تقدّم الموجة؛ عمل الميكروفون؛ السّماع؛ مكبّر الصوت؛ التحويل من الصوت التناظريّ إلى الصوت الرقّميّ؛ ضغط البيانات...

يعتمد البرنامج على الدمج بين أساليب وطرائق تدريس مختلفة، كالتدريس النظريّ (الأسلوب الوجيه-التقليديّ)، وإجراء تجارب عملية، واستخدام برمجيات وتطبيقات مُحوسَبة، بالإضافة إلى العمل على مشاريع تكنولوجية (نظرية وعملية).

جرى تطبيق البرنامج وتفعيله في عدّة مؤسّسات وأطرّ تربوية في مرحلة الإعدادية، كما جرى العمل على تأهيل طُلاب العلوم في كُليّة إعداد المعلمين من خلال دمجهم في مساقات تعليمية ملائمة. إضافة إلى ذلك، رُوّفق ثلاثة معلّمين من الحقل مرافقة مكثّفة، وزُوّدوا بجميع النصائح والإرشادات اللازمة أثناء تدريسهم الفعليّ للبرنامج الجديد في مدارسهم.

البحث:

هدفت الدراسة إلى فحص مدى قدرة طُلاب المرحلة الإعدادية على تعلّم مواضيع علمية - تكنولوجية متقدّمة في سنّ مبكرة، والكشف عن العوامل التي من شأنها أن تؤثر على تحصيلهم ودافعيتهم؛ أي على الرغبة أو الميل لدراسة العلوم، والمقدرة على تعلّم مواضيع جديدة بصورة ذاتية. جرّت الدراسة على مرحلتين: دراسة استرشادية (Pilot study) ودراسة مركزية (Main study). أما أسئلة البحث الرئيسية التي وُجّهت الدراسة، ففحصت مدى تمكّن طُلاب المرحلة الإعدادية من دراسة مواضيع علمية - تكنولوجية متقدّمة كموضوع الصوت والاتصالات، والعوامل والأسباب التي قد تسهم أو تعيق دراسة مثل هذه المواضيع. كذلك عُنيّت الدراسة بفحص مدى تأثير عملية دمج الاستراتيجيات المختلفة، نحو: التدريس الوجيه؛ تنفيذ التجارب العلمية؛ استخدام الحوسبة؛ العمل عن طريق المشاريع على دافعية الطُلاب لدراسة المواضيع العلمية-التكنولوجية، وقدرتهم الذاتية على دراسة مواضيع جديدة، والرغبة في استخدام الحوسبة في العملية التعليمية.

اعتمدت الدراسة أسلوب الدمج بين البحث الكمي والبحث الكيفي، وشارك فيها مئة وعشرون (120) طالبًا من الصفوف السابعة من ثلاث بلدات عربية مختلفة في شمال البلاد (إسرائيل)، موزعين على ست مجموعات (في كل مجموعة منها ما يقارب العشرين طالبًا). تعلّم الطلاب في ساعات ما بعد الدوام الدراسي وأيام العطلة الأسبوعية، في لقاءين أسبوعيًا، كل منهما مدّة ساعتين. اشتمل البرنامج على خمسة عشر (15) لقاءً. في نهاية المساق، وُزعت الشهادات على مستحقيها ممّن أمّوا جميع واجبات الدورة.

اشتملت أدوات البحث الكمي على:

اختبار تحصيلي نهائي: أُجري في نهاية المساق، وقد تكوّن من خمسة أسئلة أساسية مفتوحة مقسومة الى ثلاثة مستويات: 1. معرفة الحقائق (نحو: تحديد سرعة الصوت في الهواء) 2. معرفة إجرائية (كاحتساب سرعة الصوت استنادًا إلى قانون فيزيائي) 3. إدراك المفاهيم (نحو: فهم مبنى عمل منظومة الصوت وماهيته). لضمان ثبات الاختبار، قام فريق الباحثين بتصنيف الأسئلة وتدرجها إلى المستويات الثلاثة، وقد أظهر الفحص درجة عالية من التوافق في التدريج.

المشاريع النهائية: عمل الطلاب على تحضير مشاريع نظرية في مواضيع متقدمة تتعلّق بالصوت والاتّصال. حلّلت هذه المشاريع وقُيِّمت بناءً على معايير مختلفة قاست جودة المضمون، والمبنى والتصميم، وطريقة العرض أو طريقة التقديم الشفوية. صُنفت المشاريع إلى ثلاثة مستويات وفقًا لمدى تنفيذ المهمة: على نحو تام، أو جزئي، أو منقوص.

استبيان قبلي-بعدي لفحص دافعية التعلّم: اشتمل الاستبيان على اثني عشر (12) ادعاءً من نوع لا يكرت (موافق جدًا - موافق - غير موافق - غير موافق بتاتًا)، ابتغاءً فحص دافعية الطلاب لتعلّم العلوم، ومقدرتهم على دراسة مواضيع جديدة، ومدى رغبتهم في استخدام الحوسبة. اختار الطالب التدريج المناسب من 1 (غير موافق بتاتًا) حتى 4 (موافق جدًا) لكل ادعاء. وقد أشارت امتحانات الصدق المعروفة بـ "ألفا كرونباخ" إلى النتائج التالية: $\alpha_2=0.83, \alpha_3=0.72$ ، $\alpha_1=0.65$ (على التوازي).

أمّا أدوات البحث الكيفي، فقد تضمّنت تدوين المشاهدات الصفيّة وتوثيقها في يوميات الباحث، إضافة إلى مقابلات عميقة مع الطلاب. من الجدير ذكره أنّ أدوات البحث الكيفية خضعت أيضًا لامتحانات الصدق والثبات المختلفة.

نتائج البحث:

أشارت نتائج البحث إلى صعوبات وتحديات في دراسة الموضوع في المراحل الأولى (المبكرة)، ولا سيّما فيما يتعلّق بالأفكار المسبقة الخاطئة. فعلى سبيل المثال، اعتقد الكثير من الطلبة أنّ الصوت عبارة عن مادّة تتكوّن من ذرّات أساسية تُعرّف بـ "ذرّات الصوت". كذلك عبّر معظمهم عن صعوبة في فهم المصطلحات الأساسية ذات الصلة، نحو: سرعة تقدّم الصوت؛ طول الموجة الصوتية؛ الطاقة الصوتية... وذلك لكون هذه المصطلحات مجردة، غير محسوسة وغير مرئية. هذه المشاكل والتحديات أسهمت كذلك على نحو ملحوظ في الصعوبات المتعلقة بمناقشة مواضيع متقدمة وفهمها، كالصوت الرقمي، وكيفية الانتقال من الصوت التناظري (أنالوجي) إلى الصوت الرقمي (ديجيتالي)،

وغير ذلك. إضافة إلى ذلك، تعدّ على الطّلاب استخدام مبادئ وأُسُس بسيطة في الرياضيات وإمكانية تطبيقها في مجال المضامين الفيزيائية، والمقصود أنّ الطّلاب -خلال تعاملهم مع أسئلة فيزيائية في مجال الصوت- لم يتمكنوا من ربط الأدوات والقوانين الرياضية الملائمة أو استحضارها من تلقاء أنفسهم.

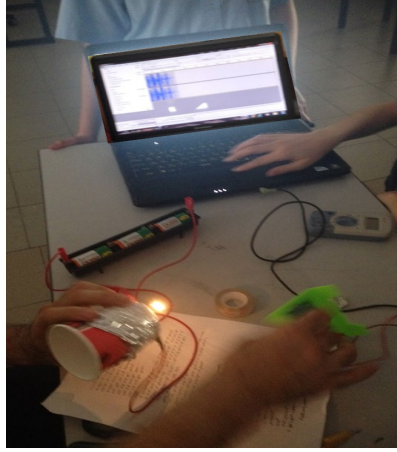
على الرغم من ذلك، تبيّن أنّ استخدام استراتيجيات تعليم متعدّدة، وتكرار عرض المصطلحات العلميّة والتكنولوجيّة نفسها بقوالب وأساليب مختلفة، قد أسهما على نحوٍ تدريجيّ، وعلى مراحل، في التخلّب على قسم كبير من هذه الصعوبات. بعبارة أخرى، تطرّق المعلّمون (بتوصية من موجهي البحث) إلى الأفكار المركزيّة نفسها بأشكال متنوّعة: تارة من خلال الشرح النظريّ ومحاولة "نقض" المفاهيم الخاطئة، وطوّراً من خلال شرح الظواهر العلميّة المركّبة بمساعدة المحاكاة المُحوّسة (التي تجسّد الموديل الحقيقيّ على نحوٍ مرئيّ وبمقدار كبير من الدقّة) واستخدام برمجيات الصوت، وأخرى من خلال الحوار والنقاش الجماعيّ، إضافة إلى تنفيذ التجارب العلميّة الفعليّة في المختبر (أو غرفة الصّف).

نتائج اختبار التحصيل النهائيّ -على نحوٍ ما يظهر في الجدول 1- أشارت إلى تمكّن الطّلاب من المضامين ونجاحهم في الإجابة عن الأسئلة المختلفة، سواء في ذلك الأسئلة التي تطلّبت "حفظاً واسترجاعاً" للحقائق والثوابت المعروفة، والأسئلة التي احتاجت مهارات حسابيّة وإجرائيّة، وحتى الأسئلة التي تتعلّق بمستوى المفاهيم (المُدركات) -وهي غالباً ما تشير إلى مستوى عالٍ من الفهم والإلمام بالموضوع.

جدير بالذكر أنّ بعض الطّلاب (قرابة الـ 20% من مجمل الطّلاب) قد أسهموا إسهاماً فعّالاً في القيام بتجارب علميّة "إبداعية" عملوا على تصميمها وتخطيطها مسبقاً، نحو: بناء الميكروفون الضوئيّ (الصورة 1) الذي يعتمد على فكرة أنّ شدّة الضوء المرسلّة إلى الخليّة الضوئيّة تتغيّر مع التغيّر في شدّة الصوت.

الجدول 1: معدّل علامات الطّلاب -مع الانحراف المعياريّ- في الامتحان النهائيّ (على سلّم 0 - 100)

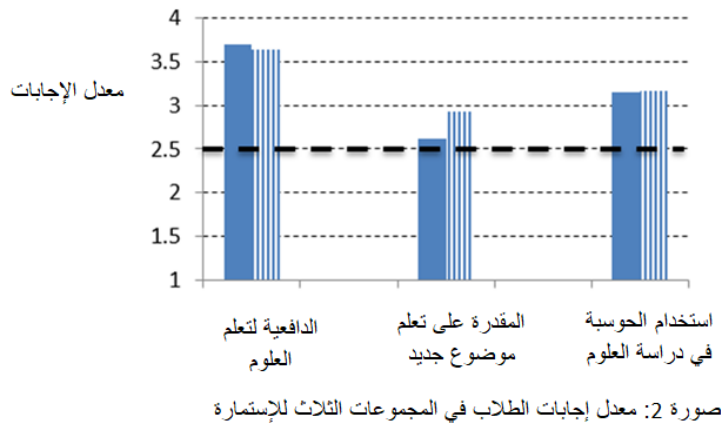
معدّل العلامات (n=112)	
80.02 (22.17)	دراية بالحقائق العلميّة (5 بنود)
85.87 (32.20)	المعرفة الإجرائيّة (5 بنود)
80.15 (29.18)	المفاهيم والمُدركات (5 بنود)
81.96 (12.7)	المعدّل العامّ



الصورة 1: بناء ميكروفون ضوئيّ-يتضمّن استخدامًا لبرمجيّة الصوت أودسيتي.

إضافة إلى ما ذُكر، نجح معظم الطّلاب في تطوير مشاريع بحثية نظرية جديدة تتعلّق بموضوع الصوت والاتّصالات، على الرغم من التفاوت والتباين في مستويات هذه المشاريع. من اللافت للنظر أنّ جميع الطّلاب تهيّأوا لعرض المشاريع، وتدرّبوا على ذلك بمساعدة معلّميهم وزملائهم، وقاموا بعرضها أمام الأهل والضيوف في حفل اختتام المشروع.

فيما يتعلّق بمواقف الطّلاب من دراسة العلوم، أظهرت الدراسة رغبة عالية لدى الطّلاب في تعلّم موضوع الصوت في معظم مراحل البرنامج، مع التفاوت البسيط بين المراحل المختلفة. كذلك وُجدت فروق ذات دلالة إحصائية بمستوى الدلالة (0.05) بين المعدّلات الحسابية لمقدرة الطّلاب على التعلّم الذاتي قبل الدورة وبعدها، وذلك لمصلحة القياس البعديّ. الرسم البياني أدناه (الصورة 2) يُظهر أنّ جميع المعدّلات في فئات الاستبيان الثلاث (سواء قبل دراسة المساق أو بعدها) كانت أعلى من 2.5 (منتصف السلم القياس) - مع وجود فروق ذات دلالة إحصائية بمستوى الدلالة (0.05) بين المعدّلات الحسابية للفئة (قبل/بعد) والقيمة 2.5، باستثناء مجموعة المقدرة على التعلّم الذاتي (قبل). هذه النتائج مجتمعة تشير إلى الإقبال والاهتمام اللذين أبداهما الطّلاب لدراسة الموضوع.



الاستنتاجات:

قد يكون أهم ما توصلت إليه الدراسة هو ضرورة تطوير وتدريس مواضيع علمية-تكنولوجية متقدمة تتصل بواقع الطالب اليومي وتخاطب تحديات هذا العصر الرقمي، بحيث يكون الدمج بين المواضيع المختلفة -كالفيزياء والإلكترونيات والتكنولوجيا والحاسوب والرياضيات- أمراً طبيعياً وتلقائياً، وجزء لا يتجزأ من سيرورة العملية التعليمية. كذلك يتضح أنّ الدمج المرن والمتكرر بين أساليب التدريس المختلفة -كالتدريس الوجيهي، وإجراء التجارب العملية، واستخدام البرمجيات والتطبيقات الموحّسة، واعتماد التعلّم من خلال المشاريع- يشكل أحد العوامل المركزية في نجاح الطلاب في دراسة مواضيع علمية-تكنولوجية متقدمة.

Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: a 2020 vision. **Technology and Engineering Teacher**, 70(1), 30-35.

Kahn, S. (2008). Model-based teaching as a source of insight for the design of a viable science simulation. **Technology, Instruction, Cognition, and Learning**, 6(2), 1-25.

Karweit, D. (1993). **Contextual Learning: a Review and Synthesis**. Baltimore, MD: Center for the Social Organization of Schools, Johns Hopkins University.

Schunn, C. D., & Silk, E. M. (2011). Learning Theories for Engineering and Technology Education. In M. Barak, & M. Hacker (Eds.), **Fostering Human Development through Engineering and Technology Education (ETE)** (pp. 3-18). Rotterdam: Sense Publishers.

San Rafael, CA: Thomas, J. W. (2000). **A review of research on project-based learning**. Autodesk Foundation.

*د. نايف عواد، يعمل محاضرا في كلية سخنين بمجالات الحوسبة والعلوم. تعنى أبحاثه بتطوير وتقييم برامج جديدة لتدريس العلوم والتكنولوجيا، ملائمة لتحديات العصر الرقمي.