التكنولوجيا التعليميّة في تعليم العلوم في المدارس الثانوية[1]

فؤاد عبد الخالق[2]

جامعة إيلينوي في أوربانا- شامبين - الولايات المتحدة

مقدمة

شهدت العقود الأربعة الأخيرة من القرن المنصرم تطوّرات لا مثيل لها في تكنولوجيات الإلكترونيات بوجه عام وتكنولوجيات المعلومات بوجه خاص. وكان لهذه التطوّرات تأثير عميق على طبيعة المسيرة العلمية وممارساتها، حيث تزداد أهمية الحوسبة كجانب أساسي من جوانب البحث العلمي. كما أنّ الاختراقات المتحقّقة في أجهزة الحواسيب الفائقة والميكرويّة والبرمجيات والتطوّرات في قدرات التشبيك تجعل تحليل النظم المعقدة وصياغة نماذجها وتصوّرها مكوّناً متزايد الأهميّة في الأنظمة العلميّة المختلفة. على سبيل المثال، تعتمد مفاهيمنا الحاليّة في العلوم الفيزيائيّة عن البنية الذريّة والجزيئيّة وحالات المادة المعقدة على الحوسبة إلى حدّ كبير. وفي العلوم البيولوجيّة، تعتمد القدرة على إعادة بناء الجين (البشريّ وغير البشري) على الحواسيب الفائقة بقدر ما تعتمد على الأجهزة المؤتمتة والعالية السرعة لتحديد المُتواليات، لأنّ هذه الأجهزة تولّد أجزاء عشوائية من الشيفرة الوراثيّة التي ينبغي جمعها مثل أحجية صور مقطّعة كبيرة وأحاديّة البعد.

إن استخدام التكنولوجيات التعليميّة القائمة على الحاسوب (سنسميّها "التكنولوجيا التعليميّة" في هذه الورقة) في تعليم العلوم قبل المرحلة الجامعية يعود إلى عقد السبعينيّات على شكل تعليم بمساعدة الحاسوب (Christmann and Badgett, 1999). بيد أن هذه الاستخدامات الأولى للتكنولوجيات التعليميّة كانت تقتصر على تطبيقات تدريبيّة مبسّطة وأحادية البعد، ولم تكن واعدة كثيراً بالنسبة للمربّين، لا سيما على

أنجزت كتابة صيغة موسّعة من هذه الورقة بتكليف وتمويل من مكتب اليونسكو في القاهرة.

[2] Fouad Abd-El-Khalick, University of Illinois at Urbana-Champaign. fouad@uiuc.edu

ضوء الفهم المعمّق والمعزّز لوقائع بيئات التعلّم والصف المدرسيّ وتعقيداتها (Mandinach and Cline, 1994). ولكن منذ الثمانينيّات، أصبح معلّمو العلوم يهتمون بشكل متزايد بالعواقب التربويّة، المنهجيّة والتعليميّة على السواء، للتقدّم في التكنولوجيات التعليميّة. أولاً، أدرك المربّون أنّ هذه التكنولوجيات أخذت تصبح بشكل متزايد جزءاً لا يتجزأ من العلوم، وأنّ لهذا التغيّر في طبيعة المشروع العلميّ عواقب مهمّة على مناهج تعليم العلوم قبل الجامعية، ولإعداد الطلاب بنجاح للمهن العلميّة في المستقبل، فضلاً عن المواطنية في عالم مثقل بالعلوم والتكنولوجيا بشكل متزايد، ينبغي أن تشمل مناهج التعليم قبل الجامعيّ تعلّم التكنولوجيات التعليميّة كنتائج تربوية مستهدفة، أي التكنولوجيا التعليميّة "كغاية" (American Association for the Advancement of Science, AAAS, 1990, 1993; National Research Council, NRC, 1996). ثانياً، بدأ المربّون يعتقدون أنّ التقدّم التكنولوجيّ يعزّز إمكانات التكنولوجيات التعليميّة كثيراً كأدوات تربويّة فعّالة، ما يمكن أن يعزّز تعلّم مضامين العلوم وعملياتها، أي التكنولوجيات التعليميّة "كوسيلة" (Bereiter, Scardamalia, Cassells and Hewitt, 1997; Hannafin and Land, 1997; McCluskey, 1994; Scardamalia and Bereiter, 1996).

تركّز هذه الورقة على الإمكانيّة التربويّة للتكنولوجيات التعليميّة في صفوف العلوم الثانوية، وهي تنقسم إلى أربعة أجزاء. يلخّص الجزء الأوّل من الورقة البحوث التجريبية (المحكّمة والمنشورة) التي قوّمت فعّالية التكنولوجيات التعليميّة في تعزيز التعلّم في صفوف العلوم بالمدارس الثانوية (من الصف السابع حتى الصف الثاني عشر) خلال العقد الماضي. ويستعرض الجزء الثاني من الورقة الاستراتيجيات الفعّالة لدمج التكنولوجيات التعليميّة في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية. ويقدّم الجزء الثالث وإرشادات لاختيار حزم البرمجيات المناسبة. وفي الختام يقدّم الجزء الأخير نظرة عامة على تبعات دمج التكنولوجيات التعليميّة في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية.

فعالية تعليم العلوم المعزّز بالتكنولوجيات التعليميّة في المرحلة الثانوية

يرى معلّمو العلوم أنّ التكنولوجيات التعليميّة تستطيع مساعدة المعلّمين على توفير الفرص المتنوّعة والغنيّة لطلابهم لتعلّم المحتوى العلميّ (مثل الحقائق والمبادىء

والنظريات) وعمليّاته (مثل جمع الأدلّة وتحليلها وتقويمها) (Duschl, 1990). وما زالت التكنولوجيا في تعليم العلوم حقلاً ناشئاً إلى حد بعيد، ويتركّز البحث في هذا المجال في غالبيته على عدد قليل من المتغيّرات ذات الصلة (Weller, 1996). لذا في حين أنّ مثل هذه البحوث لا تكاد تقدّم أي نتائج ثابتة بشأن فعّالية التكنولوجيات التعليميّة، إلا أنها ستسلّط الضوء على إمكانات مثل هذه الأساليب ومجال الاحتمالات التعليميّة المترافقة. وتشمل التكنولوجيات التي يستعرضها هذا النمط من البحوث التعليم بمساعدة الحاسوب والمحاكاة والعوالم الميكرويّة والمختبرات القائمة على الحواسيب الميكرويّة والأقراص البصرية التفاعلية والوسائط المتعددة والوسائط التشعّبيّة .

التعليم بمساعدة الحاسوب Computer Assisted Instruction CAI

يضم التعليم بمساعدة الحاسوب طرقاً لاستخدام الحاسوب في نقل المعلومات خطوة خطوة بطريقة شبيهة بالتعليم المبرمج. ويرمي التعليم بمساعدة الحاسوب إلى تعزيز تحصيل الطالب لغايات تعليمية ذات مضامين تربوية محدّدة (Simonson and Thompson, 1994; Weller, 1996). وقد قارن يجدة وأوكبيوكولا وعجولة تحصيل طلاب نيجيريين من الصف الثاني عشر درسوا علم الحياة لمدة ثلاثة أشهر بأسلوبين مختلفين. استخدم الأسلوب الأول المحاضرة التقليدية والإيضاح، في حين استخدم الأسلوب الثاني حزمة تفاعليّة للتعليم بمساعدة الحاسوب تقدّم للطلاب نصاً ورسوما بيانية يليها جلسات أسئلة وأجوبة. ولم يلاحظ اختلاف ذو دلالة في التحصيل في علم الحياة بين المجموعة التجريبيّة ومجموعة المقارنة (Jegede, Okebukola and Ajewle, 1991).

وقد قوّم لازارويتز وهوبرت تأثير دمج برنامج للتعلّم بمساعدة الحاسوب في التعليم في الصف – المختبر للتعليم على معارف ١٨١ طالباً (٨٢ بالمئة منهم إناث) جميعهم من الصف العاشر عن النموّ الجرثوميّ ومهارات النهج العلميّ. واشتمل التقويم على ثلاث جلسات في الأسبوع مدة كل منها ٤٥ دقيقة واستمر لأربعة أسابيع. ومقارنة بطلاب مجموعة المراقبة التي تلقّت تعليماً تقليديّاً في الصف – المختبر، استخدم طلاب المجموعة التجريبيّة البرنامج لمحاكاة نمو الكائنات الدقيقة ووضع رسوم بيانية له. وحقّقت الإناث في المجموعة التجريبيّة نتائج أعلى بكثير مما حقّقت الإناث في مجموعة المراقبة فيما يتعلّق بمعرفة المضمون واكتساب مهارات النهج العلميّ (وبخاصّة تفسير البيانات

وضبط المتغيّرات)، بينما لم يلاحظ أي فارق من هذا القبيل عند الطلبة الذكور في المجموعة التجريبيّة (Lazarowitz and Huppert, 1993).

وقارن يالسينالب وجيبان وأوزكان آثار استخدام برنامج تعليميّ بمساعدة الحاسوب مقابل جلسات المحاضرة التقليدية لتكملة استيعاب الطلاب الصيغ الكيميائية ومفهوم الجُزيء Mole. وكان المشاركون ١٠١ طالب من الصف الثامن في فصلي علوم عامّة. وكانت المجموعة التجريبيّة ومجموعة المراقبة على السواء تحضران نفس المحاضرات إلا أنّهما كانتا تتلقّيان تعليماً مكمّلاً مختلفاً (أي تعليماً بمساعدة الحاسوب في مقابل جلسات المحاضرة). وقد حقّق الطلاّب في المجموعة التجريبيّة نتائج أفضل بكثير من طلاّب مجموعة المراقبة في اختبار أعدّ لتقويم معارفهم واستيعابهم للمفاهيم المستهدفة، فضلاً عن قدرتهم على حل مسائل تضم هذه المفاهيم. ولكن تجدر الإشارة إلى أن الدراسات الثلاث الآنفة الذكر لم تراقب المتغيّرات المهمّة المربكة مثل تأثير الحداثة أو المعلّم، والجهود الإضافية التي توظّف عادة عندما يجري إدخال طريقة حديثة على بيئة تربوية تقليديّة بخلاف ذلك (Yalcinalp, Geban, and Ozkan, 1995).

وأجرى كرايستمن وبادجيت ولكينغ تحليلاً فوقيّاً meta-analysis قارن بين التحصيل الدراسي لطلاب من الصف السادس حتى الصف الثاني عشر تلقّوا إما تعليماً تقليدياً أو تعليماً مكمّلاً بمساعدة الحاسوب، وذلك في ثمانية مجالات مختلفة من منهج التعليم. وبلغ متوسّط حجم التأثير، نتيجة من ثمانية بحوث ذات صلة، ٠,٦٣٩ لصالح طلاب التعليم بمساعدة الحاسوب. وتجدر الإشارة إلى أن متوسّط حجم التأثير هذا كان الأعلى بين كافة المجالات الدراسية الثمانية موضوع هذا البحث وهو ينوّه بأن للتعليم بمساعدة الحاسوب تأثيراً كبيراً نسبياً على تحصيل طلاب العلوم في المرحلة الثانوية (Christmann, Badgett, and Lucking,1997).

ومؤخّراً أجرى كرايستمن وبادجيت تحليلاً فوقيّاً للأبحاث التي قوّمت التأثير على التحصيل العلمي لطلاب في العلوم تلقّوا - مقابل آخرين لم يتلقّوا - تعليماً بمساعدة الحاسوب في أربع مواد دراسية مقررة (علوم عامّة، علم الحياة، كيمياء، فيزياء) في ثلاث بيئات تربوية (حضريّة، ريفيّة، ضاحيويّة). وتم اختيار ١١ دراسة بحثيّة بناء على شروط اختيار محددة سلفا (والمتعلّقة بتصميم البحث وحجم العيّنة وتحليل البيانات) وجرى إدخالها في التحليل الذي كشف قيمة إيجابية ولكن صغيرة لمجمل متوسّط تأثير الحجم بلغت ٠,٢٦٦. ويعني متوسّط حجم التأثير هذا بالنسبة للطلبة الذين شملهم

التحليل والذين بلغ عددهم ٢٣٤٣ طالباً، أنّ "الاختلاف في التحصيل العلمي نتيجة التعليم بمساعدة الحاسوب شكل تحسّناً مقداره ١٠,٤ مراتب مئوية عن المنطقة الوسطى في منحنى التوزيع" (Christmann and Badgett, 1999) (ص ١٤٠). ولكن كان هناك تفاوت كبير في أحجام التأثير للمواد الأربع المختلفة: العلوم العامة ٠,٧٠٧، الفيزياء ٠,٢٨٠، الكيمياء ٠,٠٨٥ علم الحياة ٠,٠٤٢. ووجدت تباينات مشابهة في حجم التأثير بين بيئة تربوية وأخرى حيث سجّلت أعلى زيادة في التحصيل بين طلاب الأماكن الحضرية (٠,٦٨٥) بينما أدناها بين طلاب الأماكن الريفية (حجم التأثير: ٠,١٥٦). أما الطلاب القاطنون في الضواحي فحقّقوا زيادات ضئيلة نسبياً في التحصيل (٠,٢٧٣). وتوصّل الباحثان إلى أنّ التعليم بمساعدة الحاسوب أكثر فعّاليّة من التعليم التقليدي في تعزيز التحصيل بين طلاب العلوم. ومع ذلك يجب النظر إلى هذه النتيجة بحذر نظراً للصغر النسبيّ لمجمل متوسّط حجم التأثير (Adams and Shrum, 1990).

عمليات المحاكاة والبيئات الميكرويّة

تمكّن عمليات المحاكاة بالحاسوب المتعلّمين من التفاعل مع نماذج لتمثيل النظم النظرية أو العالم الطبيعيّ. ويستطيع المتعلّمون تغيير أوضاع نظام ما بالتلاعب بمتغيّرات معيّنة، الأمر الذي يسمح لهم باستكشاف علاقات بين هذه المتغيّرات أو إجراء تقويم تأثيرها على الوضع العام للنظام. أما البيئات الميكرويّة فهي عبارة عن عمليات محاكاة مستفيضة ومعقّدة تمكّن المتعلّمين من تصميم الاستقصاءات وجمع البيانات لاختبار فرضياتهم. ووفقاً لثوماس وهوبر يمكن تقسيم عمليات المحاكاة إلى أربع فئات: (أ) محاكاة "التجريب" التي تسمح للمتعلّمين باستكشاف موضوع قبل عرض المعلم لهذا الموضوع، (ب) محاكاة "التبليغ" التي تستخدم عوضاً عن الكتب الدراسيّة لنقل أجزاء رئيسيّة معيّنة من المعلومات للمتعلمين، (جـ) محاكاة "التعزيز" التي ترمي إلى تعزيز فهم المتعلّمين لأهداف تربوية محددة من خلال إتاحة الفرص لهم لتطبيق مفاهيم تعلّموها مسبقاً، و(د) محاكاة "الإدماج" التي تمكّن المتعلّمين من دمج معارفهم وفهمهم لحقائق ومفاهيم عديدة تبدو مستقلة وجرى تعلّم كل منها بشكل منفصل إلى حد ما (Thomas and Hooper, 1991). ووفقاً لولر ثمة فئة خامسة تضم محاكاة "التغيّر المفهوميّ" (Weller, 1996). واستخدام هذه الفئة الأخيرة من المحاكاة يدعم ما يسمّى "نظرية التغيّر المفهوميّ"

التي (Posner, Strike, Hewson, and Gertzok, 1982) (Conceptual Change Theory) تفترض أن المتعلمين يحضرون معهم إلى بيئة التعلّم تصوّرات مسبقة قويّة عن كيفية عمل الظواهر الطبيعيّة. وغالباً ما تتعارض هذه التصوّرات المسبقة مع المفاهيم العلمية وقد ثبت أنها تبقى بعد تلقّي تعليم العلوم بطريقة تقليديّة. وتصمّم محاكاة "التغيّر المفهوميّ" لتتحدى المفاهيم المسبقة للمتعلمين وتمكّنهم من تقدير قابليّة نجاح وجدوى المفاهيم البديلة المدعومة بمفاهيم علمية/صحيحة، على أمل حضّ الطلاب على تعديل أفكارهم السائدة.

وقد تقصّى جبان وعسكر وأوزكان آثار تجارب المحاكاة بالحاسوب على تحصيل طلاب الكيمياء ومهاراتهم في النهج العلمي ومواقفهم من الكيمياء. وتم تقسيم المشاركين البالغ عددهم ٢٠٠ طالب من الصف التاسع بين مجموعتين تجريبيتين ومجموعة للمراقبة. وطوال فترة تسعة أسابيع تلقّت مجموعة المراقبة دروساً في الكيمياء بالطريقة التقليدية بينما استخدم الطلاب في إحدى الحالتين التجريبيتين تجارب محاكاة بالحاسوب لتقصّي مفاهيم كيميائيّة. وبيّنت النتائج أنّ الطريقة المستندة إلى المحاكاة حقّقت تحصيلاً أكبر بكثير في الكيمياء وفي مهارات النهج العلمي، وعزّزت مواقف أكثر إيجابية تجاه الكيمياء من الطريقة التقليديّة (Geban, Askar, and Ozkan, 1992).

وقارن فريدلر وميرين وتامير بين تأثير التعليم التقليدي في المختبر وتأثير تعليم مماثل باستخدام محاكاة الإدماج على طلاب من الصف العاشر يدرسون تفاعلات الأنزيمات. لم تتضمّن المحاكاة ذاتها أسئلة أو تقدّم أجوبة بل ساهمت في تعزيز فهم المشاركين للمفاهيم المستهدفة. وأظهر طلاب التجربة نتائج أفضل في التعلّم من طلاب مجموعة المقارنة (Friedler, Merin, and Tamir, 1992). ووجدت دراسة وايت أنّ ستة طلاب من الصف الثامن درسوا القوة والحركة على مدى شهرين باستخدام بيئة ميكرويّة كانت علاماتهم في الامتحان الذي أعد لتقويم قدرتهم على تطبيق المفاهيم المستهدفة على مسائل من واقع الحياة، أعلى من علامات طلاب درسوا نفس المفاهيم بطريقة التعليم التقليدية (White, 1993). غير أنّ كلتا الدراستين لم تراقبا على ما يبدو أسلوب التدريس المستخدم أو تأثير الحداثة ولر (Weller, 1996).

وفي دراسة نوعيةً حلّل روث التخاطب فيما بين الطلاب وبين الطلاب والمدرّس الذي تمّ التقاطه أثناء إجراء الطلبة تجارب على القوة والحركة باستخدام بيئة نيوتنيّة ميكرويّة من برنامج "الفيزياء التفاعلية". كان المشاركون طلاباً من الصف الحادي عشر ملتحقين

بصف في الفيزياء النوعية. ووجد روث أنه بتفاعل الطلبة مع هذه البيئة الميكرويّة وبعضهم مع بعض، أخذ تخاطبهم حول المفاهيم المستهدفة، الذي كان في البداية مشوشا ومفككا، يتحوّل تدريجيّاً إلى مقولات وصفية وتفسيرية واضحة المعالم، وهذا ينسجم مع الأفكار النيوتنيّة القياسيّة (Roth, 1995).

وفي فئة الدراسات التي استخدمت محاكاة "التغيّر المفهوميّ" قيّم غروسكي وفاينغولد تأثير المحاكاة على تعلّم طلاب من الصف التاسع حتى الصف الثاني عشر. واستخلصت عمليات المحاكاة المستخدمة المفاهيم المسبقة للمشاركين عن "القوة" بأن طلبت منهم التنبّؤ بسلوك النظام موضوع الدرس ثم عرضت عليهم تمثيلاً مقابلاً للنظام. بعد ذلك، لتوليد عدم الرضا عن أفكارهم الساذجة، عرضت على هؤلاء المشاركين تمثيلاً بديلاً لسلوك النظام يستند إلى تطبيق نماذج قياسية للقوة. وكما كان مرجوّاً، قادت التباينات الناجمة الطلبة إلى تعديل مفاهيمهم الساذجة عن القوة، ولو بدرجات متفاوتة (Grosky and Finegold, 1994). كذلك وجد ولر أن طلاب الصف الثامن عدّلوا مفاهيمهم الساذجة عن الديناميكا استجابة لعمليات محاكاة عرضت عليهم تمثيلات تتعارض مع هذه المفاهيم المسبقة. وكان جميع المشاركين تقريباً في دراسة (ولر) والبالغ عددهم ٦٠ مشاركاً يعتنقون إلى ثلاث أفكار ساذجة عن الديناميكا، وتم توزيعهم بشكل عشوائي بين مجموعة التجربة ومجموعة المراقبة. وقد تفاعل طلاب مجموعة التجربة مع عمليتي محاكاة تتعلّقان بالسقوط الحرّ والحركة الأفقية بينما أكمل طلاب مجموعة المراقبة مهمة خارجة عن الموضوع. وخلافاً لطلاب المجموعة الأخيرة أظهر طلاب مجموعة التجربة تحولات كبيرة ومرغوبة في فهمهم للديناميكا (Weller, 1995).

كما قيّم هينيسي وآخرون تأثير استخدام عمليات المحاكاة المقرونة بأنشطة عملية على مفاهيم القوة والحركة لدى طلاب في الصف العاشر. عمل طلاب مجموعة التدخّل في عدد من الفرق المصغّرة وكانت تفاعلاتهم مع عمليات المحاكاة تجري وفقاً لإرشادات أوراق العمل (Hennessey et al., 1995). وكما هو الحال في الدراستين المذكورتين أعلاه صممت عمليات المحاكاة لجعل الطلاب يدركون حدود أفكارهم ولتزويدهم بمفاهيم أدق بغية مساعدتهم في بناء أطر بديلة متماسكة داخليّاً ومنسجمة مع ملاحظات سلوك البيئة المحاكاة. وقد أظهر طلاب مجموعة التدخّل بالنسبة إلى زملائهم في صفوف المقارنة تعليلاً وفهماً أكثر حنكة للمفاهيم المستهدفة وفق قياسات الإختبارات الفورية والمتأخرة التي أجريت. وقيّم تاو وغنستون تأثير برامج المحاكاة بالحاسوب، التي تم

استحداثها لمواجهة أفكار المتعلّمين الساذجة، على مفاهيم ١٢ طالباً من الصف العاشر للميكانيكا. وعمل الطلاب بشكل تعاونيّ في أزواج للقيام بمهمّات "تنبّأ ثم ارصد ثم فسّر" مع عمليات المحاكاة. وإلى جانب إجراء اختبارات مسبقة ولاحقة متأخّرة، تم طوال فترة الدراسة جمع البيانات لوضع نُبَذ عن تصوّرات المشاركين في فترات مختلفة من عملية التدخّل. لم يحقّق سوى القليل من الطلاب تغيّراً مفهوميّاً مستقل عن السياق ومستقر. فيما أظهر بقيّة الطلاب مجموعة من التصوّرات الساذجة والعلمية التي اتسمت بالميوعة والتبعيّة للسياق الذي وردت فيه. وتوصّل (تاو) و(غنستون) إلى أنه للنجاح في تحقيق تحسّن مستقرّ في مفاهيم المتعلّمين، يتعيّن توجيه المتعلّمين الذين يستخدمون محاكاة "التغيّر المفهوميّ" لإدراك القواسم المشتركة وقبول عمومية المفاهيم العلمية المستهدفة من سياق إلى آخر (Tao and Gunstone, 1999).

وأخيراً تقصّى جيمويانيس وكوميس دور عمليات المحاكاة بالحاسوب في تحدي المفاهيم البديلة للطلاب وتطوير فهمهم الوظيفيّ لمفاهيم السرعة الاتجاهية والتسارع فيما يتعلّق بموضوع حركة القذائف. تم تقسيم المشاركين من طلاب الصف الثاني عشر إلى مجموعة تجربة ومجموعة مراقبة. وتلقّت المجموعتان معاً تعليماً تقليديّاً في الصف المدرسي. بالإضافة إلى ذلك، استخدم المحاكاة بالحاسوب لتعزيز تعليم مجموعة التجربة. وقد حقق الطلاب الذين استخدموا عمليات المحاكاة علامات أعلى بكثير بالمقارنة مع زملائهم في مجموعة المراقبة في الاختبار اللاحق الذي أجري لتقييم فهمهم للمفاهيم المستهدفة. وهكذا ثمة أدلة متزايدة توحي بأن عمليات المحاكاة، إذا ما صممت ونفذت بشكل سليم، يمكن أن تحدث تغيّراً مفهوميّاً في الأفكار الساذجة لطلاب المرحلة الثانوية (Jimoyiannis and Komis, 2001).

مختبرات قائمة على الحاسوب

المختبر القائم على الحاسوب هو عبارة عن برنامج يعمل كواجهة بينيّة interface تصل بين مسابير وأجهزة استشعار إلكترونية تُستخدم في جمع بيانات عن نظام طبيعي (مثل درجة الحرارة والضغط والتسارع والأسّ الهيدروجيني)، وبين حاسوب ميكروي أو شاشة آلة حاسبة تخطيطية. تقوم هذه المختبرات بتحويل البيانات المجمعة إلى مدخلات رقمية تحوّل بدورها إلى رسوم بيانية تمثيليّة فوريّة (Nakhleh, 1994).

ويعتقد العديد من معلّمي العلوم مثل هوتبنك، ماكنزي، موكروس وتينكر، نخلة، وولر أن المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي واعدة أكثر من أي أداة أخرى لتعليم العلوم بواسطة الحاسوب، فهي تعزّز بيئات البحث التي يجري فيها الطلاب تقصّياتهم ويصمّمونها ويجمعون البيانات للفصل بين الفرضيّات والتفسيرات العلمية البديلة. وبالمقارنة مع طرق أخرى لتعليم العلوم بمساعدة تكنولوجيا المعلومات (مثل عمليات المحاكاة والأقراص البصرية التفاعلية)، فإن الطلاب الذين يستخدمون مختبرات قائمة على الحاسوب الميكروي يتفاعلون رأساً مع الظواهر الطبيعية لا العروض المجرّدة (والمبسّطة) لتلك الظواهر (Huetinck, 1992; MacKenzie, 1988; Mokros and Tinker, 1987; Nakhleh, 1994; Weller, 1996).

بل تؤكد دراسة ماكنزي أن المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي تمثّل الأرضيّة الوسطى بين نهايتين قصويين في مختبرات العلوم. الأولى هي المختبر العلمي التقليدي، وهو غير دقيق ونطاقه محدود ويستغرق الكثير من الوقت، والثانية عمليات المحاكاة بالحاسوب، وهي تجريدية وتلغي مشاركة الطالب الحسيّة الحركيّة المباشرة في الظواهر التي يجري بحثها (Mackenzie, 1988).

ولتقويم صحة هذه النقطة الأخيرة تضمنت دراسة باخنر مقارنة للوسائط تغيّرت فيها تجربة لحركة قذيفة باستخدام مختبر قائم على الحاسوب إلى عملية محاكاة وذلك باستبدال التمثيلات البيانيّة الحاسوبيّة لتجارب حسية حركية بقذيفة حقيقية. عمل طلاب المدرسة المشاركون في مجموعات صغيرة متعاونة تم تصنيفها على النحو التالي: (أ) مجموعات المختبر القائم على الحاسوب الميكروي التي أجرى بعض طلابها التجربة بالمحاكاة مع مشاهدة عرض لحركة قذيفة حقيقية وأجراها البعض الآخر بدون مشاهدة العرض، (ب) مجموعات تقليدية أجرى طلابها التجربة باستخدام صور فوتوغرافيّة مخياليّة (ستروبوسكوبيّة) تقليديّة، منهم مع مشاهدة عرض لحركة قذيفة حقيقية ومنهم بدون مشاهدته، (جـ) مجموعات مراقبة اقتصرت على التعليم من دون مختبر ولم تجر أي تجارب مخبرية. وكانت النتيجة أن أداء طلاب مجموعة المحاكاة بالمختبر القائم على الحاسوب الميكروي كان أفضل من أداء المجموعة التقليدية ومجموعة المراقبة. لذا هناك ما يدل على أن مكون المعلومات الارتجاعيّة الديناميكية للمختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي قد يمثّل ميزة بالمقارنة مع الطرق الأخرى التي تفتقر إلى مثل هذا المكون (Beichner, 1990).

واختبر أدامس وشروم تأثير المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي على قدرة طلاب مادة علم الحياة في الصف العاشر على إعداد الرسوم البيانية وتفسيرها. وجرى توزيع ٢٠ طالبا على مجموعتين. استخدمت المجموعة الأولى تمارين مختبر قائم على الحاسوب الميكروي كمتمّم تعليميّ. واستخدمت المجموعة الثانية تمارين مختبر تقليدي للغرض ذاته. لم يلاحظ أي اختلاف كبير بين قدرة الطلاب على إعداد الرسوم البيانية أو تفسيرها، حتى بعدما جرى مراقبة مستوى النمو الإدراكيّ والقدرة على إعداد الرسوم البيانية والجنوسة. لكن تجدر الإشارة هنا إلى أنه لا يُتوقّع من المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي توفير فرص للطلاب لتعلّم كيفية إعداد الرسوم البيانية لأنّ الحاسوب في هذا الوسط يولّد هذه الرسوم تلقائياً.

كما أجرى نخلة وكرايتشيك تقويما لتأثير ثلاث وسائل – المختبر القائم على الحاسوب الميكروي ومقياس الأسّ الهيدروجيني والكاشف الكيميائيّ – على فهم ١٤ طالباً من الصف الحادي عشر للأحماض والقلويات والأس الهيدروجيني pH meters. وبعد دراسة كيمياء التفاعل الحمضي القلوي، أكمل المشاركون عدداً من المعايرات بالتحليل الحجمي titrations باستخدام إحدى الوسائل الثلاث الآنفة الذكر. وقد استخدمت خرائط المفاهيم لتقويم استيعاب الطلاب للمفاهيم المستهدفة. وقد حقق الطلاب الذين استخدموا مختبرات قائمة على الحاسوب نتائج أفضل بكثير من طلاب المجوعتين الأخريين، الأمر الذي يعكس درجة عالية من التمييز والتكامل في معارفهم للأحماض والقلويات والأسّ الهيدروجيني (Nakhleh and Krajcik, 1994).

واستخدم كيلي وكراوفرد طريقة التحليل المنظم للمخاطبة في دراسة تفاعلات وتفسيرات مهام محددة كلّفت بها أربع مجموعات من طلاب الصف الثاني عشر كانوا يعملون بمختبرات قائمة على الحاسوب الميكروي. وصممت تجارب المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي لتساعد المشاركين على الربط بين الحركات التذبذبية والتمثيلات البيانية المقابلة لها. ومكّن استخدام هذه المختبرات الطلاب من جمع البيانات والتلاعب بها وتحليلها، مما ساعد على توليد مداولات غنية حول الظاهرة المستهدفة وعلى بناء فهم يقترب من المفاهيم العلمية المسلم بها (Kelly and Crawford, 1996). وأخيراً قارن أليسي وبينا بين التعليم المعزّز بالحاسوب والتعليم التقليدي لجهة تأثير كل منهما على قدرة استيعاب الطلاب لمفاهيم فيزيائية. ويتميّز التعليم المعزّز بالحاسوب بثلاثة أشكال: المختبر القائم على الحاسوب الميكروي، والمحاكاة، والنص المحوسَب. وأثبت الطلاب الذين تضمّن تعلّمهم طرقا في التعليم المعزز بالحاسوب

فهماً أفضل بكثير من طلاب المقارنة. علاوة على ذلك كان شكلا المختبر القائم على الحاسوب والعرض بالمحاكاة، أكثر فعالية من النص المحوسَب (Alessi and Pena, 1999).

الأقراص البصرية التفاعليّة والوسائط المتعددة والوسائط التشعبّيّة

تحفل الأدبيات بتعاريف للأقراص البصريّة التفاعليّة والوسائط المتعدّدة والوسائط التشعبيّة (Liao, 1998). على سبيل المثال، تُعرَّف الأقراص البصرية التفاعلية بأنّها وسائط يرتبط فيها القرص البصريّ بحاسوب ميكروي وبالتالي يتحكم الأخير به ليسمح بتجميع المعلومات على القرص البصري (مثل الطباعة والصُوَر الثابتة والمتحركة والرسوم التخطيطيّة المعدّة بالحاسوب) لتشكل وحدات تعليمية تتفاعل مع سلوك المتعلّم (Weller, 1996). وتعرّف الوسائط المتعددة التفاعلية بأنّها برامج تعليمات تضم مجموعة متنوّعة من المصادر المتكاملة التي "صمّمت بشكل متعمّد في مقاطع (بحيث)...تؤثّر استجابات المشاهِد للمسارات والفرص المتاحة على تسلسل البرنامج وحجمه ومضمونه وشكله" (Schwier and Misanchuk, 1993, p. 324). وتعرّف الوسائط التشعّبيّة بأنّها "برمجيات تتكوّن من شبكات من النصوص و/أو الرسوم البيانية أو الملفات السمعية أو كليبات فيديويّة يتجوّل عبرها المستخدم باستعمال أيقونات أو استراتيجيات بحث" (Gayeski, 1993, p. 5). وتتسق هذه التعاريف في ناحيتين مهمتين، أولاهما تعدّدية عرض المعلومات وتمثيلها، والثانية التفاعلية بين المستخدم والمعلومات (Liao, 1998). وعلى العموم تستخدم هذه المصطلحات الثلاثة بشكل مترادف ومتبادل في الأدبيات.

نجد في بحث ليفين استخداماً لـ "بطاقة تشعّبيّة" (HyperCard) مدعومة بقرص بصري تفاعلي لإغناء التعليم عن الزلازل لطلاب من الصف السابع في خمس صفوف. وأشارت اختبارات لاحقة أجريت فور انتهاء التعليم إلى أن الإناث حققن نتائج أعلى بكثير من زميلاتهن اللواتي لم يستخدمن الوسط المدعوم بقرص بصري تفاعلي. مع ذلك كان تحصيل الذكور في مجموعة التدخّل أقل بقليل. وقد عزي التحصيل الأفضل بين الإناث إلى أن الطلاب عملوا ضمن مجموعات متعاونة وهذه الطريقة في التعلّم مفضّلة عند الإناث. علاوة على ذلك حقق الطلاب الذين لم يحصلوا على دعم القرص البصري نتائج أعلى من مجموعة التدخّل في اختبار متأخّر للقدرة على الحفظ (Levin, 1991).

ووجد تورنر وديبينتو أن طلاب الصف السابع الذين استخدموا وسائط تشعّبية في إنشاء تقارير متعددة الوسائط عن الثدييات حقّقوا نفس المستوى من التعلّم للمضمون الذي توصّل إليه طلاب يستخدمون وسائل تقليدية لمعالجة النصوص في تحضير التقارير. وتدل البيانات النوعية التي تم جمعها أثناء التدّخل على أن هؤلاء الطلبة حققوا منظوراً جديداً وأكثر عمقاً من الناحية النوعية حول تنظيم المعلومات عن الكائنات الحية (Turner and Dipinto, 1992). ونجد عند باخنر دراسة نوعية مشابهة ولكن أوسع نطاقاً ركزت على تسعة طلاب من الصفين السابع والثامن أثناء قيامهم طوال فترة سنتين بدراسة حيوانات في حديقة حيوان مجاورة. واستخدم المشاركون أدوات الوسائط المتعدّدة لإنتاج مجموعة من الشاشات التي عزّزت بمعلومات نصيّة ملائمة لكي تستخدم في مقصورة معلومات زوّار حديقة الحيوانات تعمل بلمس الشاشة. وأشارت تحليلات خطاب الطلاب وهم ينفذون المهمة، وأجوبتهم في مقابلات فردية رسمية وغير رسمية، وفحوصات منتجات الطلاب إلى أنهم حقّقوا مكاسب على مستويات عديدة، فقد أظهروا ميلاً قوياً للعمل المستقل وقاموا بمراجعة وحفظ كمّ كبير من المعلومات عن الحيوانات في الحديقة، كما طوروا مهارات إدراكيّة متفوقة، كتلك المتعلّقة بتحديد أولويات للمفاهيم التي يفاد عنها في التقارير عن الحيوانات المستهدفة (Beichner, 1994).

بالمقابل قيّم أوريون ودوبوفسكي ودوديك تأثير التأليف بالوسائط المتعددة على طلاب يتعلّمون عن الزلازل وذلك في إطار وحدة بيئية متعددة المناهج العلمية. زوّد المشاركون وعددهم ٣٢ طالباً من الصف الثاني عشر بمعلومات أساسية شاملة عن الزلازل باستخدام التجارب المخبريّة والرحلات الميدانيّة. بعد ذلك أجرى الطلاب مشاريع مستقلّة ومعمّقة عن موضوعات منتقاة تتعلّق بالزلازل باستخدام برمجيات الوسائط المتعددة في تحضير مشاريعهم وتقديمها. أشار تحليل البيانات المجمّعة باستخدام استبيانات ومقابلات وملاحظات وخرائط المفاهيم، فضلاً عن تحليل مشاريع الطلبة، أن تكامل التمارين المخبرية والرحلات الميدانيّة والمشاريع المستقلة أدّى إلى تعلّم مفيد للمفاهيم المستهدفة (Orion, Dubowski, and Dodick, 2000). ولكن خلافاً للنتائج التي نقلها تورنر وديبينتو، وأيضا نتائج بايخنر، لم تجد في هذه الدراسة أي دليل يدعم الزعم أن استخدام الوسائط المتعددة يساعد في تحصيل المعرفة (Beichner, 1994; Turner and Dipinto, 1992).

وقد قيّم يلدريم وأوزدن وأكسو التأثير النسبي لبيئات التعلّم بالوسائط التشعّبيّة مقابل التعليم التقليدي في تحصيل وحفظ المعارف التصريحيّة والمشروطة والإجرائيّة في مادة علم الحياة. تم توزيع ٣٩ مشاركاً من طلاب الصف التاسع على مجموعتين، مجموعة التجربة (بيئة التعلّم بالوسائط التشعّبيّة) ومجموعة المراقبة (التعليم التقليدي) باستخدام إجراء الثنائيّ المتلائم Matched fair procedure. خضعت المجموعتان لاختبارات مسبقة وتالية واختبارات للقدرة على الاحتفاظ بالمعلومات، ولم يلاحظ وجود اختلافات ذات دلالة بين المجموعتين لجهة اكتساب المعارف التصريحيّة والمشروطة والإجرائيّة، لكنّ مجموعة التجربة حافظت على أنماط المعارف الثلاث بشكل أفضل بكثير من مجموعة المراقبة (Yildirim, Ozden and Aksu, 2001).

وأخيرا في هذا السياق، تقدّم دراسة لياو تحليلاً فوقيّاً للبحوث والدراسات التي تقصّت تأثيرات الوسائط التشعّبيّة مقارنةً مع التعليم التقليدي على تحصيل الطلاب خلال الفترة بين عامي ١٩٨٦ و ١٩٩٧. ومن بين الدراسات التي توفّرت فيها معايير الاختيار، وعددها ٣٥ دراسة، كانت خمس منها بالتحديد ذا صلة بالعلوم. وبلغ المتوسّط الإجماليّ لحجم التأثير المرجّح لكافة الدراسات الخمس والثلاثين ٠,٤٨ مما يشير إلى تأثير إيجابيّ متواضع لبيئات الوسائط التشعّبيّة مقارنة بالتعليم التقليدي. بيد أن إجمالي متوسّط حجم التأثير للدراسات الخمس المتعلقة بالعلوم بلغ ٠,٨٩ وهذا يدل على تأثير إيجابي كبير كوهن على تحصيل الطلبة باستخدام الوسائط التشعّبيّة في تعليم العلوم (Liao, 1998).

فعالية تعليم العلوم المعزز بتكنولوجيا المعلومات في الثانويّات: خلاصة

إن التنوع في استراتيجيات البرمجيات والتعليم التي جرى استخدامها، والأهداف المتعددة المتنوعة التي ترمي إليها البحوث والدراسات المراجعة في هذا الجزء من الدراسة يجعل التوليف الشامل للبحوث المستعرضة أمراً صعباً جدا. ومما يضاعف هذه الصعوبة أنّ الكثير من الدراسات الآنفة الذكر قدّمت تدخلات قصيرة الأجل وأخفقت في ضبط المتغيّرات المربكة مثل تأثيرات المعلّم والحداثة وإتقان الطالب المهارات الفنية المطلوبة للاستخدام الفعّال للتكنولوجيات الجديدة. ومع ذلك تظهر البحوث والدراسات التي جرت مراجعتها بعض الأنماط. أولاً، تبقى الأدلة بشأن فعالية التعليم

بمساعدة الحاسوب ملتبسة في أفضل الأحوال. فنتائج البحوث لم تكن متضاربة في هذا الشأن فحسب، بل كانت الآثار الإيجابية حيثما وجدت قليلة نسبيا، كما تبيّن من تدني متوسّط حجم التأثير الذي ورد في دراسات التحليل الفوقيّ التي جرت مراجعتها. وبما أن برمجيات التعليم بمساعدة الحاسوب هي أساسا من نوع التدريب والممارسة وتستهدف بشكل رئيسيّ مستوى متدنّياً من المعرفة والفهم، قد لا يعطي الاستثمار في برمجيات تكنولوجيا التعليم بمساعدة الحاسوب العائدات التربوية المرجوة إلا إذا قيّمت هذه النتائج التربوية الأخيرة (مثل إتقان كتل من المعلومات أو حل مسائل خوارزميّة) في السياق التعليمي المستهدف.

ثانيا، فيما يتعلّق بتعليم العلوم المعزز بتكنولوجيا المعلومات، ثمة كمّ متزايد من الأدلة التي تنوّه بأن عمليات المحاكاة والبيئات الميكرويّة، إذا ما صمّمت ونفّذت بشكل سليم، تستطيع أن تحفّز إحداث تغيّر مفهوميّ في أفكار طلاب المرحلة الثانوية المسبقة الساذجة حيال الظواهر الطبيعية. وهكذا يمكن دمج هذه التكنولوجيات بشكل مفيد في طرق التعليم التي تهدف بوجه خاص إلى مساعدة الطلاب في التخلي عن المفاهيم الخاطئة المستحكمة وتبنّي أفكار وتفسيرات بديلة قياسية علمية. وعلى غرار ذلك تقدّم الدراسات المجراة عن المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي والبيئات الميكرويّة إشارات واعدة توحي بأنه يمكن استخدام هذه الأدوات لإنشاء بيئات تعليمية فعالة ذات توجّه استكشافيّ حيث يقوم الطالب ذاته باستكشاف الظواهر وجمع البيانات واختبار الأفكار ومراكمة استيعاب المفاهيم العلمية. وأخيراً توحي الأدلّة بأنّ للأقراص البصرية والوسائط المتعددة والوسائط التشعّبيّة تأثيراً إيجابيّاً ولكن معتدلاً على تحصيل الطلاب العلمي، مقارنة بالأساليب التقليديّة.

لذا بالرغم من تضارب الأدلة حول مدى فعالية طرق تعليم العلوم المستندة إلى الحاسوب المختلفة والمشار إليها أعلاه، من الصعب، على ضوء الأدلّة الإيجابيّة التي تقدّمها بعض الدراسات المراجعة هنا، استبعاد الإمكانات الهائلة لهذه الطرق في توفير بيئات للتعلّم قائمة على الاستكشاف والاستقصاء والتي يمكن أن لا تعزّز تعلّم طلاب العلوم في المرحلة الثانوية مضمون العلوم فحسب، بل تعزّز أيضا إتقان العمليات العلمية والاستقصاء ومهارات حل المسائل والمهارات الاستيعابيّة المتفوّقة ومهارات التفكير العالي. لكن إذا كان هناك ما يبرر أي زعم جازم بناء على ما جاء في المراجعة أعلاه، فهو أن تكنولوجيا المعلومات في حد ذاتها ليست الدواء لكل داء في تعليم العلوم في المرحلة

الثانوية. غير أنّه لم يكن من الممكن إجراء فحص مفصّل لتفاصيل تدخلات تعليميّة معيّنة مستخدمة في الدراسات المذكورة أعلاه نظراً لضيق الحيّز المتوفّر. ومع ذلك، يكشف هذا الفحص أنه لكي يكون التعليم بمساعدة تكنولوجيا المعلومات فعّالاً يجب أن تتوفّر فيه بعض الشروط. أولاً، يجب أن يكون للتدخلات في التعليم أهداف واضحة ومحددة ويجب أن يخطط لها بشكل دقيق ومدروس لإدخال تكنولوجيا المعلومات في سياق حصص العلوم، فلا يكفي أسلوب الإضافة التبسيطيّ. ثانياً، يتعيّن على معلّمي العلوم أنفسهم أن يكونوا مرتاحين للتكنولوجيا والتربية المستخدمة وأن يشاركوا بشكل تامّ في جميع مراحل تطوير وتنفيذ طرق التعليم المعزّزة بتكنولوجيا المعلومات، فالتكنولوجيا فعالة بقدر ما يكون المعلّم الذي يستخدمها فعالاً. ثالثاً، يجب عدم القيام بالتدخلات وتقويمها إلا بعد توفير فترة كافية من الوقت للطلاب (والمعلّمين) للتغلّب على الإحباط الذي يرافق تذليل المصاعب الفنيّة وتعلّم الاستخدام الفعّال للتكنولوجيا أو البرمجيّة الجديدة. وستشرح هذه الجوانب للتدخّلات الناجحة لتكنولوجيا المعلومات في القسم التالي المتعلّق بالاستراتيجيات الفعّالة لدمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم.

استراتيجيات فعالة لدمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم

لعلّ أهم ما يتعيّن على المرء إدراكه عند مقاربة الاستراتيجيّات الفعالة لدمج أو تنفيذ تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية أنّ هذه التكنولوجيا ليست مقاربة تعليمية بحد ذاتها. بعبارة أخرى، لا يمكن الافتراض ببساطة بأن إدخال تكنولوجيا المعلومات في الصفوف المدرسيّة، سواء كانت على شكل حزم برمجيات أو أدوات أخرى، سيؤدي تلقائياً وحتماً إلى تحسين ممارسات التعليم و/أو تعزيز نتائج الطلاب. ومع التسليم بأنّ تكنولوجيات المعلومات هي الأقوى، إلا أنّها أدوات تعليميّة على غرار السبورة وآلة عرض الشفّافيّات والمسطرة وموقد (بنزن) وغير ذلك. ومثل أي أداة تعليميّة أخرى، يمكن إساءة استعمال تكنولوجيات المعلومات أو استعمالها بشكل جيّد وفعال في خدمة التعليم والتعلّم.

يمكن إساءة استعمال تكنولوجيا المعلومات وجعل الاستثمار فيها بلا فعالية إذا تمّ استيعابها في طرق تقليدية للتعليم (فيما عدا برمجيات تعليم العلوم بمساعدة الحاسوب، وهي في الحقيقة مصممة أساساً لدعم اكتساب معلومات إبلاغية وتوفير التدريب

والممارسة في حل المسائل الخوارزميّة). فعلى سبيل المثال يمكن بسهولة استخدام المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي لإجراء تمارين مخبرية من نوع التحقق التقليدي حيث يجري تعريف الطالب بطريقة تعليمية إبلاغية على مفاهيم معيّنة ومن ثم يمارس هذا الطالب نشاطاً مخبرياً على غرار التعلّم من كتاب الطهي لكي "يُثبت" له صحة الأفكار المطروحة. طبعاً قد يكون لهذا الأسلوب ميزة في ترسيخ مفاهيم علمية في ذهن الطالب، إلا أن ذلك سيشكل استخداماً دون الأمثل لهذا المورد القيّم والغنيّ الذي تمثّله المختبرات القائمة على الحاسوب الميكروي (Nakhleh, 1994). كذلك باستطاعة معلّمي العلوم استخدام قرص بصري تفاعلي لتحضير عرض أحادي البعد لفصيلة من فصائل علم تصنيف الكائنات الحية، يستخدم فيما بعد لإتمام محاضرة تقليدية مزيّنة ببعض المشاهد الملوّنة للكائنات موضوع العرض. ورغم أن هذا الاستخدام الأخير قد يمثّل تحسناً مقارنة مع الدرس القائم على المحاضرة فحسب، فهو لا يشكل حتى نقطة البداية لإدراك إمكانات الوسائط المتعددة في تعليم العلوم (Adams, 1996). ويمكن الاسترسال، لكن يؤمل أن تكون هذه الأمثلة كافية لأن توضّح بشكل مقنع كيف أنّ الاستثمار الكبير في الموارد التكنولوجية قد يصبح عديم الفعالية عندما تدمج تكنولوجيا المعلومات في التعليم التقليدي.

ويمكن بلوغ الحد الأقصى من الفعالية في استخدام تكنولوجيات المعلومات، وتحقيق إمكاناتها أيضا، بدمج هذه التكنولوجيات في ممارسات تعليمية تنسجم مع التربية البنائية التي يشارك فيها الطلاب بشكل فعّال في عملية تعلّمهم (انظر القسم الرابع من هذه الورقة حيث يوجد شرح لهذه الفكرة). ورغم تعدّد وتنوّع الطرق التي جرى طرحها ضمن الإطار العام "للبنائيّة" Constructivism، تشترك الغالبية العظمى لهذه الطرق في عناصر أساسيّة جوهريّة (Chiappetta, Koballa, and Collette, 1998)، ومنها ما يلي:

(أ) اعتبار مفاهيم الطلاب المسبقة أو أفكارهم الساذجة حيال المفاهيم العلمية المستهدفة نقطة انطلاق للتخطيط للتعليم وممارسته، (ب) توفير فرص للطلاب لاستكشاف الظواهر أو المفاهيم المستهدفة من خلال إجراء تجارب متنوعة وغنية على هذه الظواهر والمفاهيم، (جـ) حض الطلاب على إيجاد حلول من تلقاء ذاتهم لمسألة ما، أو طرح أفكار تفسّر مجموعة من الملاحظات أو البيانات (التي يمكن أن يجمعها الطلاب أنفسهم أو تقدّم لهم) ثم اختبار هذه الحلول والأفكار بطرق متعددة متنوعة، (د) عرض تفسيرات أو مفاهيم بديلة وأكثر انسجاما مع المفاهيم العلمية القياسية على الطلاّب (عند الحاجة)، (هـ) حض الطلاب على المقارنة بين أفكارهم وبين التفسيرات أو الأفكار البديلة وذلك بالرجوع إلى

قواعد معيارية، مثل الأدلّة، والقدرة على التفسير والتنبؤ، (و) إتاحة فرص مدروسة تسمح للطلاب بالتفكير بالعملية برمتها بغية استنباط "الدروس" من المفاهيم والعمليات المستهدفة. وتجدر الإشارة إلى أن هذه العناصر الآنفة الذكر تندرج في إطار عملية أكبر وأوسع تحاكي عملية إنتاج المعارف العلمية والتأكّد من صحّتها. وبذلك يطوّر الطلاب أثناء انخراطهم في أنشطة بنائيّة العمليّات العلمية Science Processes الحيوية ومهارات التفكير ويمارسونها.

لعلّه أصبح أكثر وضوحاً الآن كيف أنّ تكنولوجيات المعلومات العلميّة المستعرضة في الجزء الأول من هذه الورقة تستطيع أن تساهم بشكل فعّال في طريقة التعليم البنّاءة التي ترتكز على الطالب. وسنقدّم هنا بعض الأمثلة الإيضاحية التي نرجو أن تكون كافية لشرح هذا الاستخدام وأن توفر مشاهد للاستخدامات الممكنة والفعالة لتكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية. ويمكن استخدام هذه التكنولوجيات لاستدرار أفكار الطلاب حيال المفاهيم المستهدفة.

ويمكن استخدام بيئة ميكرويّة في مادة الفيزياء لبناء نظام ميكانيكيّ بسيط مثل مستوى مائل (Roth, 1995). ثم يطلب الطلاب التنبؤ بسلوك النظام عند إجراء تغيير معيّن على بعض المتغيّرات داخل النظام. على سبيل المثال، يمكن أن يطلب من الطلاب التنبؤ بما قد يحصل إذا جرى إفلات سيارة من أعلى المستوى المائل وبعد ذلك من منتصفه. تساعد مثل هذه التحديات المعلّم في استدرار أفكار الطلاب عن الميكانيكا النيوتنية. وليس من الصعب تصوّر كيف يمكن استخدام أفكار الطلاب المستخلصة لوضع تسلسل تعليمي يتحدّى أفكارهم المستخلصة و/أو يطلب من الطلاّب طرح أفكار وتفسيرات لسلوك مثل هذا النظام ثم اختبار هذه الأفكار والتفسيرات بتغيير المزيد من المشاهد أو المتغيّرات في النظام. عندئذٍ يستطيع الطالب أن "يرى" بأم عينه ماذا سيحصل بمجرد تشغيل المحاكاة. كذلك بإمكان الطلاب استخدام قرص بصري تفاعلي أو وسائط تشعّبيّة لاستكشاف مجموعة كبيرة من الكائنات الحية (الثدييات مثلاً) أو من المعالم الجيولوجية (البراكين مثلاً) ومحاولة إيجاد قواسم مشتركة بين هذه الأشياء الطبيعية وتوليد تصنيفات ومفاهيم خاصة بهم (Escalada and Zollman, 1997; O'Bannon, 1997; Adams, 1996). وبعد ذلك يمكن أن يطلب من الطلاب استكمال أفكارهم في أوضاع جديدة واستكشاف المزيد عن بيئة الوسائط المتعددة لمعرفة إذا ما كان تصنيفهم أو مفاهيمهم تنطبق على مزيد من الحالات أو مجموعات أوسع من البيانات.

توفّر تكنولوجيا المعلومات الأدوات والفرصة لانخراط المتعلّمين في مثل هذه البيئات من التعلّم الموجّهة للاستقصاء والمتركّزة على الطالب بسبب عدد من الخصائص المفيدة. وينبغي تعظيم الاستفادة من هذه الخصائص لتحقيق الاستخدام الأكثر فعّاليّة لتكنولوجيات المعلومات في تعليم العلوم (Denning and Smith, 1997; Escalada and Zollman, 1997; Woolsey and Bellamy, 1997) . أولاً وقبل كل شيء، هناك الغنى والمرونة. فالمحاكاة الواحدة أو البيئة الميكرويّة الواحدة قد تولّد عدداً كبيرا جدّاً من العوالم المحتملة، الأمر الذي يسمح للطالب باستكشاف فضاء واسع من الاحتمالات واختبار عدد كبير جدّاً من المتغيّرات والفرضيات. ثانياً، تقدّم تكنولوجيات المعلومات تمثيلات ومعلومات ارتجاعيّة فوريّة، وبالتالي توفر الوقت القيّم المصروف على التعليم وتحقق أقصى درجة من انهماك الطالب في عمليّة التعلّم بإلغاء الحاجة إلى إجراء عمليات أو حسابات مطوّلة ومتكررة ورتيبة. على سبيل المثال، عندما يستخدم الطالب مختبراً قائماً على الحاسوب الميكروي يستطيع تغيير قيمة متغيّر ما (مثل الأسّ الهيدروجيني أو درجة الحرارة) ثم ملاحظة التغيّرات المرافقة في رسم بياني مثلاً على الفور. وهكذا يستطيع الطلاب اختبار أفكارهم دون أن يكون عليهم الانهماك في تجميع عدد كبير من نقاط البيانات ثم توقيع رسم بياني كلما تلاعبوا بمتغيّر ما في نظامهم. ثالثاً، تمكّن تكنولوجيات المعلومات من استكشاف أحداث وظواهر لا يستطيع الطلاب لولاها اختبارها نظراً لخطورتها (كالتفاعلات الكيميائية الخطرة مثلاً) أو لتعذّر الوصول إليها (مثل المعالم الجغرافية أو الجيولوجية النائية أو الأجرام الفلكية) أو لكونها تتجاوز القدرات الحسابية المتوافرة عادة لدى المعلّم (مثل رسوم بيانية ثلاثية الأبعاد يمكن إدارتها ودراستها من أكثر من منظور بشكل فوريّ). من الواضح إذن أن لتكنولوجيات المعلومات القدرة على دعم بيئات التعلّم بما يحسّن تعلّم الطالب. لكنّ تحقيق قدرات تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم يشكّل تحدّيا على الأقل. وبعد القيام في الجزء التالي من هذه الورقة ببحث بعض الأمثلة الإيضاحية الخاصة ببرمجيات وأدوات تعليم العلوم، وإرشادات اختيارها، يستعرض الجزء الأخير بعض التحديات التي ترافق استخدام تكنولوجيا المعلومات.

إرشادات لاختيار حزم برمجيات تعليم العلوم المناسبة

إن مهمة اختيار حزمة برمجيات معيّنة من بين العشرات المتوافرة لكل فئة من الفئات التي تمّ التطرق إليها في القسم الأول قد تكون عملية مثبّطة للهمة، ولكن يستطيع معلمو العلوم

طرح مجموعة من الأسئلة واللجوء إلى بعض المعالم لمساعدتهم في تحقيق هذه المهمة (Good, 1986). يستطيع المعلّمون أو الخبراء في تكنولوجيا المعلومات اتخاذ الخطوات التالية:

أولاً: البدء بتحديد مجال المقرر أو مواضيع محددة في السياق الذي ستستغل البرمجيّات فيه. ويمكن إجراء بحث على الإنترنت باستخدام محرك بحث نشط (مثل "غوغل" أو "إنفوسيك")، يليه بحث "متقدّم" أو "دقيق"، للتعرّف على بعض الحزم ذات الصلة.

ثانياً: تحديد الناشر/المبتكر الأصلي، وتجنّب بائعي التجزئة الذين لا يقدّمون عادة دعما فنّياً أو تربوياً. عند الانتهاء من هذا التحديد، التحقق مما إذا كان الناشر/المبتكر هيئة تربوية أو لديه التزام موثوق حيال التعليم المدرسي من مرحلة الروضة حتى نهاية المرحلة الثانوية. وغالباً ما ينعكس هذا الالتزام في استعداد هذه الجهات لتوفير الدعم الفني والتربوي، وتقديم حسومات للجهات التربوية، والإنزال المجّانيّ للبرمجيّات والسماح بفترات تجربة للمعلّمين والمربّين، وتوفير الأدلّة الخاصة بالمعلّمين وموارد أخرى، فضلاً عن انتمائها لمنظّمات المعلّمين وفرق للبحوث والدراسات ومؤسسات التعليم العالي.

ثالثاً: تحديد الفئة التي تندرج تحتها البرمجيّات. يجب أن يكون وصف فئات برمجيّات وأدوات تعليم العلوم المختلفة المقدّمة في الجزء الأول من هذه الورقة مفيداً في هذا التحديد. ويستطيع المعلّم بعد ذلك طرح السؤال التالي: هل تلبّي البرمجيّة احتياجات الأهداف التعليميّة لمستويات المعارف الأدنى (مثل برمجيات التدريب والممارسة)، أو تسمح للطالب بالاستكشاف أو الاستعلام، بناء فهمه الخاص للمفهوم (أو المفاهيم) المستهدف، وتطوير مهارات أساسية ومتكاملة وبلوغ مستويات أعلى في التفكير؟

رابعاً: مراجعة الأدبيات التقنيّة الخاصة بالبرمجيّة لتحديد ملاءمتها وصلاحيتها في تلبية الحاجة المستهدفة، فضلاً عن مرونتها: فهل البرمجيّة مناسبة من الناحية التطويرية لصف الطلبة المستهدف وفئة عمرهم؟ ما هي المهارات الفنية المطلوبة لاستخدام البرمجيّة بفعّاليّة؟ هل تتعامل البرمجيّة مع موضوع شديد التخصّص أم تتعلّق بمجموعة من المواضيع في مجال المقرر المعنيّ؟ إن مراجعات البرمجيات مفيدة جداً للإجابة عن هذه الأسئلة. ولكن يتعيّن على المعلّم الحرص على العودة إلى مراجعات مستقلة ومنشورة ومعدّة من قبل معلّمين استخدموا البرمجيّة بالفعل، بخلاف "الإفادات التجارية" التي غالباً ما يقدّمها مبتكر البرمجيّة أو مورّدها. وتجدر الإشارة في هذا الصدد إلى أن عدم

توفير المبتكر/المورّد لمعلومات ومواد تربوية ذات صلة (فئة العمر المقترحة أو مستوى الصف، دروس نموذجية تستخدم البرمجيّة، إشارات إلى ممارسات تعليمية ناجحة في استخدام البرمجيات...إلخ) تعتبر إشارة إنذار في عملية اختيار البرمجيّات التعليميّة.

خامساً: تحديد المتطلبات الفنيّة للبرمجيّة: هل تتوافق البرمجيّة مع الحاسوب الميكروي المتوفر (مثل الحاسوب الشخصي أو حاسوب "ماكنتوش") والمعالج الميكرويّ (بعض البرمجيات مثلاً يتطلّب وحدات معالجة مكافئة لـ"بنتيوم" أو أسرع لكي تعمل بشكل سليم) والعرض (بعض عمليات المحاكاة مثلاً تتطلب عرضاً "بالألوان الحقيقيّة" ولا تكفيها شاشات عروض ١٦ أو ٢٥٦ لوناً) وبرمجيات التوصيل والتشغيل (بعض برمجيّات الوسائط المتعددة تتطلب بطاقات خاصة للصوت و/أو أجهزة التشغيل الفوريّ للفيديو) وغير ذلك من المتطلبات الفنية؟ وهل يترتّب على شراء البرمجيّة صعوبات فنية أو تكاليف خفيّة من ناحية خدمات خبير تصويب الأخطاء أو تحديث الأجهزة أو البرمجيات الموجودة؟

سادساً: تقويم سعر البرمجيّة أو الأداة من الجانبين التاليين: أولاً، مقارنة أسعار حزم مماثلة من البرمجيات أو الأدوات في مقابل ميزاتها. على سبيل المثال، يوجد في بعض الآلات الحاسبة التخطيطية المكلفة ميزة إضافية قد لا يستخدمها طالب المرحلة الثانوية بأي طرق مفيدة. في حين أنّ الآلات الحاسبة الأقل تكلفة قد لا يقل أداؤها جودة في تنفيذ الوظائف المطلوبة لتحقيق الأغراض التعليميّة المحددة موضع الاهتمام. ثانياً، تقويم السعر في مقابل القيمة المضافة لشراء البرمجيّة أو الأداة وتعدّد استعمالاتها، ففي بعض الحالات مثلاً قد يكون شراء حواسيب ميكرويّة لتشغيل المختبرات القائمة على الحاسوب الميكرويّ أكثر فائدة من الناحية التربوية وأكثر مردوديّة على المدى البعيد من شراء آلات حاسبة تخطيطية، لأن الأخيرة قد لا توفّر الدعم لبعض الوظائف الحيويّة لاستخدام البرمجيات وأجهزة الاستشعار في هذه المختبرات في سياقات مختلفة لتحقيق نتائج تعليميّة مختلفة.

سابعاً: إجراء دائماً اختبار إرشادي على البرمجيّة أو الأداة الجديدة. فكما أشير أعلاه، تقدّم أغلب دور النشر التربوية فترة تجربة مجّانيّة للمعلّمين. وحتى لو لم يكن هذا الخيار متوفراً، يتعيّن على المعلّمين شراء نسخة واحدة من البرمجيّة وإجراء تجربة نموجية عليها في صفوفهم المدرسية لتقييم إذا ما كانت تخدم احتياجاتهم المحدّدة واحتياجات طلابهم.

هذه بعض الإرشادات المساعدة في اقتناء برمجيّات تعليم العلوم وأدواتها. لكنّ اقتناء التكنولوجيا ليس سوى الخطوة الأولى في عملية أكثر تشابكاً وتعقيداً. ويقدم القسم التالي من هذه الورقة نظرة عامة على تبعات قرار دمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية.

تبعات دمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية

إنّ لقرار دمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية تبعات على مستويات المنهج التعليميّ والتربية والتطوير المهني للمعلّم (Becker, 1998; Buckley, 1995; Pedretti, Mayer-Smith, and Woodrow, 1998; Usiskin, 1993) أولاً، وكما أشير أعلاه، إن تطوير فهم التكنولوجيا والنظم التكنولوجية ومهارات استخدام التكنولوجيا يمكن اعتباره هدفاً تربويّاً من صفوف الروضة حتى نهاية المرحلة الثانوية. وقد أبرز مثل هذا الهدف في وثائق إصلاح تعليم مادة العلوم التي صدرت مؤخراً (AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996). لذلك فإن القرارات المتعلّقة بالتكنولوجيات التي ستستخدم وأفضل السبل لاستخدامها في إطار أي جهود قد تبذل لدمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية، إنما عليها أن تأخذ في الحسبان نتائج منهج التعليم من ناحية الفهم التكنولوجي والمهارات التي يرجى أن يكتسبها طلاب المرحلة الثانوية. وغني عن البيان أنه إذا لم تكن هذه النتائج جزءاً من منهج التعليم، فإنّ الجهود المبذولة لدمج تكنولوجيا المعلومات في التعليم يجب أن تشكل حافزاً لإعادة النظر في أهداف المنهج التعليميّ القائمة.

والأهم من ذلك على مستوى المنهج التعليميّ أن المقاربات الجارية لدمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم تتفق والاتجاهات الحديثة الرئيسيّة لتعليم العلوم من مرحلة الروضة حتى نهاية المرحلة الثانوية. ويأتي في مقدّمتها الانتقال من "تغطية مضمون" العلوم إلى التشديد على الوصول إلى استيعاب أعمق ومفهوميّ لمضامين مختارة بدقة، وإلى العمليات التي ينطوي عليها تطوير المعارف العلمية وإقرارها. ويتمثّل هذا الانتقال في مقاربتي "الأقل هو الأكثر" و"العمق بدلا من الاتساع" لمناهج تعليم العلوم (AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996). ووفقاً لهذه المقاربات، يتعيّن على الطلاب التركيز

على الدراسة المعمّقة لعدد محدود من الأفكار الرئيسية في العلوم بدلاً من التغطية السطحية لقائمة طويلة من المواضيع. ومع تعمّق الطلاب في عدد قليل من المواضيع، باستخدام طرق استكشافيّة وبحثيّة، فإنّهم سيتوصّلون إلى استيعاب مفهوميّ ويطوّرون العمليات العلمية ويكتسبون مهارات عليا ضرورية في التفكير، فضلاً عن المهارات المعرفيّة المتفوّقة. والأمل معقود على أنّ مثل هذا الفهم والمهارات ستساعد الطلاب في التعامل مع عالم مشحون بالعلوم والتكنولوجيا وفي اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن العلوم والتكنولوجيا المتصلة بالقضايا الفردية والمجتمعية، فضلاً عن التحاقهم بمهن في العلوم والتكنولوجيا. لذلك وكما تبيّن في القسم الثاني من هذه الورقة أعلاه، ربما لا يكون من المجدي كثيراً ولا يشكّل مسعى ذا مردوديّة عالية (من الناحية الماليّة وحجم التعلّم المتراكم على السواء)، محاولة دمج تكنولوجيا المعلومات بغية تحقيق أهداف لمنهج تعليميّ تقليدي تخطاه الزمن، تركّز إلى حدّ كبير على استظهار مجموعة كبيرة من الوقائع والمبادئ والنظريات في العلوم، وتستهدف انشغالاً في حل المسائل الخورازميّة في الكتب المدرسية. فدمج التكنولوجيا بمنهج التعليم يدعو إلى إعادة النظر في فلسفة المنهج التعليميّ ومضمونه.

ثانياً، إنّ المقاربة التربويّة المستندة إلى رؤية بنائية للتعلّم تنسجم مع أهداف المنهج التعليميّ التي ترمي إليها جهود الإصلاح الحاليّة (von Glasersfeld, 1979, 1989). وتختلف هذه النظرة كل الاختلاف عن المفاهيم الأكثر تقليديّة حيث ينظر إلى المتعلّم على أنه مُتلقٍّ سلبي لمعلومات ينقلها معلّمون أو شخصيّات أو مصادر سلطة أخرى. ووفقاً للبنائية، يتعلّم الطلاب من خلال المشاركة الفعّالة (باليد أو بالعقل مباشرة) في المفاهيم العلمية، الأمر الذي يسمح لهم ببناء تصوّراتهم الخاصة بشأن المفاهيم المستهدفة. ويترتّب على هذه النظرة تربية يقلّ فيها النشر الإبلاغي الموجّه للمعلومات وأنشطة التدريب والممارسة ويزداد التفاعل مع مجموعة متعددة متنوعة من المفاهيم والعمليات العلمية. إذ يقل التشديد على الأنشطة التي تركز على حفظ الوقائع عن ظهر قلب وعلى المهارات الإجرائيّة والحسابية، بينما يزداد التشديد على التعليم الذي يستهدف استيعاب المفاهيم ومهارات الممارسة والبحث والإدراك الفوقيّ (McCoy, 1996; Weller, 1996). بل كما شرحت الأقسام السابقة من هذه الورقة، تُستخدم تكنولوجيا المعلومات بشكل رئيسي لتعزيز بيئة يستكشف فيها الطالب الظواهر والمفاهيم ويولّد الأفكار ويختبرها وذلك من خلال طرح الفرضيات وجمع البيانات للفصل بين التفسيرات البديلة

والتوصّل إلى بناء فهمه الخاص فيما يطوّر مهارات ضروريّة. وبموجب هذه المقاربة التربويّة يتنازل المعلّمون عن دورهم كـ"مقدّمين للمعلومات" ويتولون دور "ميسّري التعلّم". ويقوم المعلّمون ببناء بيئة التعلّم وتوجيه الطلاب في الجهود التي يبذلونها من أجل التحصيل. وعليه يترتّب على قرار دمج تكنولوجيا المعلومات في تعليم العلوم في المرحلة الثانوية التخلّي عن المواقف السلوكيّة القديمة والمواقف التقليدية للمتعلّم والطرق الموجّهة في التعليم. وهكذا يتعيّن على المعلّمين إعادة بناء مفهومهم حيال دورهم في الصف وإعادة النظر في طرقهم في التعليم.

وتنقلنا هذه النقطة الأخيرة إلى العاقبة الثالثة وربما الأكثر أهميّة على الإطلاق بالنسبة لاستخدام تكنولوجيا المعلومات في الصف المدرسي، أي التطوير المهني لمعلّمي العلوم. فعلى الرغم من "الاعتراف" بأن المعلّم هو أهم عنصر منفرد لنجاح أي محاولة لتنفيذ تكنولوجيا المعلومات في الصف المدرسي، غالباً ما يُغفل هذا العنصر في الجهود التي تبذل لدمج التكنولوجيا في التعليم. ويرتبط هذا الإغفال بمفهوم الإصلاح التربويّ "المتناسي للمعلّم" وهو الذي يستند إلى الاعتقاد بأنه إذا زُوِّد معلّم ذو خبرة كافية بالتكنولوجيات المناسبة والخطط التعليمية المفصلّة، فإنّه سينجح في تنفيذ أي تغيير مطلوب. هذا الاعتقاد غير صحيح لأن المعلّم هو الوسيط الأوليّ لمنهج التعليم. وثمة حالات كثيرة جرى فيها شراء تكنولوجيات باهظة الثمن وشديدة القوة لكنّها لم تستخدم في الغالب أو استخدمت بطرق غير فعالة في تعليم العلوم (Fenster, 1998; Usiskin, 1993). وتدل البحوث على أن هناك مجموعة من العوامل التي تؤثّر على قدرة المعلّمين على التنفيذ المجدي لدمج تكنولوجيا المعلومات في صفوفهم المدرسية والنجاح في ذلك. ومن بين هذه العوامل التي تخص المعلّمين ما يلي: (أ) الوقت الكافي لاستكشاف التكنولوجيا وإتقانها بمفردهم لكي يتمكّنوا من استخدامها بفعّالية مع الطلاب، (ب) تطوير مهارات إدارة الصف الخاصة باستخدام التكنولوجيا، (جـ) أن يكون لديهم و/أو يطوّروا مواقف إيجابية من التكنولوجيا، وأن يؤمنوا بقيمة المزايا المنهجيّة والتربويّة لاستخدام التكنولوجيا المستهدفة، (د) تقدير وفهم كيفية تنفيذ تعليم العلوم المتركّز على الطالب والقائم على البحث باستخدام التكنولوجيا المستهدفة، (هـ) المشاركة الفعّالة في جميع أوجه تبني وتنفيذ تكنولوجيا المعلومات في صفوفهم (Pedretti et al., 1998). وتجدر الإشارة إلى أن جميع هذه العوامل يمكن معالجتها، من حيث المبدأ على الأقل، وذلك من خلال التطوير المهني الواسع في أثناء الخدمة والمقرون بالمراقبة والدعم المتواصلين للمعلّمين المعنيين في تنفيذ التكنولوجيات الجديدة في تعليمهم.

يتبيّن أن قرار دمج تكنولوجيا المعلومات في التعليم ليس سوى الخطوة الأولى في عملية أكثر تشابكاً وتعقيداً لإعادة النظر في أهداف المنهج التعليميّ والأساليب التربويّة. وتنطوي إعادة النظر هذه على عدّة نواحٍ ضرورية للتطوير المهني لمعلّمي العلوم يجب تلبية احتياجاتها طوال فترة التنفيذ.

المراجع

Adams, P. E. (1996). Hypermedia in the classroom using earth and space science CD-ROMs. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 15(1/2), 19-34.

Adams, D. D.; Shrum, J. W. (1990). The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line-graph construction and interpretation skills by high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 777-787.

Alessi, S. M.; Pena, C. M. (1999). Promoting a qualitative understanding of physics. *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching*, 18(4), 439-457.

American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report*. New York: Oxford University Press.

Becker, H. J. (1998). Running to catch a moving train: Schools and information technologies. *Theory into Practice*, 37(1), 20-30.

Beichner, R. J. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(8), 803-815.

Beichner, R. J. (1994). Multimedia editing to promote science learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 3(1), 55-70.

Bereiter, C., Scardamalia, M., Cassells, C.; Hewitt, J. (1997). Postmodernism, knowledge-building, and elementary science. *Elementary School Journal, 97*, 329-340.

Buckley, R. B. (1995). What happens when funding is not an issue. *Educational Leadership, 53*(2), 64-66.

Chiappetta, E., Koballa, T.; Collette, A. (1998). *Science instruction in the middle and secondary schools (4th ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Merrill.

Christmann, E.; Badgett, J. (1999). A comparative analysis of the effects of computer assisted instruction on student achievement in differing science and demographical areas. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 18*(2), 135-143.

Christmann, E., Badgett, J., Lucking, R. (1997). Microcomputer-based computer-assisted instruction within differing subject areas: A statistical deduction. *Journal of Educational Computing Research, 16*(3), 281-296.

Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral science (rev. ed.)*. New York: Academic Press.

Denning, R.; Smith, P. J. (1997). Cooperative learning and technology. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 16*(2/3), 177-200.

Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education*. New York: Teachers College Press.

Escalada, L. T.; Zollman, D. A. (1997). An investigation on the effects of using interactive digital video in a physics classroom on student learning and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(5), 467-489.

Fenster, M. J. (1998, April). *Evaluating the impact of science, math and technology initiatives on student achievement: The case of the New Jersey statewide systemic initiative (NJSSI)*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 424 292)

Friedler, Y., Merin, O.; Tamir, P. (1992). Problem-solving inquiry-oriented biology tasks integrating practical laboratory and computer. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 11*(3/4), 347-357.

Gayeski, D. M. (1993). *Multimedia for learning: Development application, evaluation*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Geban, O., Askar, P.; Ozkan, I. (1992). Effects of computer-simulations and problem-solving approaches on high school students. *Journal of Educational Research, 86*(1), 5-10.

Good, R. (1986). *Science computer software: A handbook on selection and classroom use*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 273 447)

Grosky, P.; Finegold, M. (1994). The role of anomaly and of cognitive dissonance in restructuring students' concepts of force. *Instructional Science, 22*, 75-90.

Hannafin, M. J.; Land, S. M., (1997). The foundations and assumptions of technology-enhanced student-centered learning environments. *Instruction Science, 25*, 167-202.

Hennessey, S., Twigger, D., Driver, R., O'Shea, T., O'Malley, C., Byard, M., Draper, S., Hartley, R.; Scanlon, E. (1995). A classroom intervention using a computer-augmented curriculum for mechanics. *International Journal of Science Education, 17*, 189-206.

Huetinck, L. (1992). Laboratory connections: Understanding graphing through microcomputer-based laboratories. *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching, 11*(1), 95-100.

Jegede, O. J., Okebukola, P. A.; Ajewle, G. A. (1991). Computers and the learning of biological concept: Attitudes and achievement of Nigerian students. *Science Education, 75*(6), 701-706.

Jimoyiannis, A.; Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education, 36*(2), 183-204.

Kelly, G. J.; Crawford, T. (1996). Students' interaction with computer representations: Analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(7), 693-707.

Lazarowitz, R.; Huppert, J. (1993). Science process skills of 10th-grade biology students in a computer-assisted learning setting. *Journal of Research on Computing in Education, 25*(3), 366-382.

Levin, S. R. (1991). The effects of interactive-video-enhanced earthquake lessons on achievement of seventh-grade earth science students. *Journal of Computer-Based Instruction, 18*(4), 125-129.

Liao, Y. C. (1998). Effects of hypermedia versus traditional instruction on students' achievement: A meta-analysis. *Journal of Research on Computing in Education, 30*(4), 341-359.

MacKenzie, I. S. (1988). Issues and methods in the microcomputer-based lab. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 7*(3), 12-18.

Mandinach, E. B.; Cline, H. F. (1994). *Classroom dynamics: Implementing a technology-based learning environment.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

McCluskey, L. (1994). Gresham's law: Technology and education. *Phi Delta Kappan, 75*, 550-552.

McCoy, L. P. (1996). Computer-based mathematics learning. *Journal of Research on Computing in Education, 28*(4), 438-460.

Mokros, J. R.; Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(4), 369-383.

Nakhleh, M. B. (1994). A review of microcomputer-based labs: How have they affected science learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 13*(4), 368-381.

Nakhleh, M. B.; Krajcik, J. S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(10), 1077-1096.

National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academic Press.

O'Bannon, B. (1997). CD-ROM integration peaks student interest in inquiry. *Computers in the Schools, 13*(2-3), 127-134.

Orion, N., Dubowski, Y., Dodick, J. (2000). The educational potential of multimedia authoring as a part of the earth science curriculum-a case study. *Journal of Research in Science Teaching, 37*, 1121-1153.

Pedretti, E., Mayer-Smith, J.; Woodrow, J. (1998). Technology, text, and talk: Students' perspectives on teaching and learning in a technology-enhanced secondary science classroom. *Science Education, 82*(5), 569-589.

Posner, G., Strike, K., Hewson, P.; Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*, 211-227.

Roth. W. M. (1995). Affordances of computers in teacher-student interactions: The case of Interactive PhysicsTM. *Journal of Research in Science Teaching, 43*(2), 329-247.

Scardamalia, M.; Bereiter, C. (1996). Engaging students in a knowledge society. *Educational Leadership, 54*, 6-10.

Schwier, R. A.; Misanchuk, E. R. (1993). Interactive multimedia instruction. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Simonson, M.; Thompson, A. (1994). Educational computing foundations (2nd ed.). Columbus, OH: Merrill.

Tao, P. K.; Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 36*, 859-882.

Thomas, R.; Hooper, E. (1991). Simulations: An opportunity we are missing. *Journal of Research on Computing in Education, 23*, 497-513.

Turner, S. V.; Dipinto, V. M. (1992). Students as hypermedia authors: Themes emerging from a qualitative study. *Journal of Research on Computing in Education, 25*(2), 187-199.

Usiskin, Z. (1993). Lessons from the Chicago Mathematics Project. *Educational Leadership, 50*(8), 14-18.

von Glasersfeld, E. (1979). Radical constructivism in Piaget's concept of knowledge. In F. B. Murray (Ed.), *The impact of Piagetian theory on education, philosophy, psychiatry, and psychology* (pp. 109-122). Baltimore, MD: University Park Press.

von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. Synthese, 80(1), 121-140.

Weller, H. G. (1995). Diagnosing and altering three Aristotelian alternative conceptions in dynamics: Microcomputer simulations of scientific models. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(3), 271-290.

Weller, H. G. (1996). Assessing the impact of computer-based learning in science. *Journal of Research on Computing in Education, 28*(4), 461-485.

White, B. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and instruction, 10*(1), 1-100.

Woolsey, K.; Bellamy, R. (1997). Science education and technology: opportunities to enhance student learning. *Elementary School Journal, 97*(4), 385-399.

Yalcinalp, S., Geban, O.; Ozkan, I. (1995). Effectiveness in using computer-assisted supplementary instruction for teaching the mole concept. *Journal of Research in Science Teaching, 32*, 1083-1095.

Yildirim, Z., Ozden, M. Y., Aksu, M. (2001). Comparison of hypermedia learning and traditional instruction on knowledge acquisition and retention. *Journal of Educational Research, 94*(4), 207-214.