الفصل العاشر

ظهور مقررات الاستوديو – نموذج للتعلم التفاعلي

THE EMERGENCE OF STUDIO COURSES – AN EXAMPLE OF INTERACTIVE LEARNING

ليندا س. سكادلر وجون ب. هودسون
Linda S. Schadler and John B. Hudson

مقدمة
Introduction

التجديد في التعليم الهندسي ليس ظاهرة جديدة، فكان دائمًا معلمون عظماء أوجدوا طرقًا عديدة لخلق بيئة صفّية متفردة، وبالإضافة إلى ذلك كان التعلم التعاوني النشط موجودًا في التعليم الهندسي على شكل معامل – مثلاً – ومشروعات صممها الخريجون. وتوجد ثلاثة تغييرات جوهرية حديثة نسبيًا، والتي رغم ذلك تقوم بتحفيزٍ أوسع في الصف الدراسي ونماذج مجموعات العمل (شيفتات) في مدارس الهندسة.

كان الحافز المؤثر الأول في الولايات المتحدة هو مؤسسة العلوم الوطنية (NSF) National Science Foundation، التي جعلت من الضروري أن يكون للمنح التعليمية محتوى دراسي، وأجبر ذلك الباحثين بأن يهتموا رسميًا بالتغييرات في فصولهم الدراسية. وقامت مؤسسة العلوم الوطنية NSF كذلك بتطوير مجموعة مميزة من المكافآت لشباب الكليات، تستلزم تجديدًا في التعلم كجزء من معيار التقييم (الباحث الرئاسي الصغير Presidential Young Investigator، الباحث الوطني الصغير National

Young Investigator، جوائز المهنة CAREER awards — بترتيب تاريخي). وزادت المؤسسة من التمويل في مجال تطوير المناهج والمعامل وأصبحت أكثر صرامة في طلب العائد من تقييم أثر تلك المنح. وكانت مؤسسة العلوم الوطنية NSF تقوم بالإضافة إلى ذلك بتمويل تحالفات التعليم الهندسي Engineering Education Coalitions (كوارد وآخرون Coward *et al.* ٢٠٠٠)، وتوفير منح أخرى كبيرة لمدارس الهندسة أكثر منها لأفراد الباحثين، لتحدث تغييرا أوسع في المناهج.

كان الحافز المؤثر الثاني — والذي لم يكن الفريد في الولايات المتحدة — هو التكنولوجيا، فأجهزة الكمبيوتر المحمولة والشبكة العنكبوتية العالمية وتجديد البرامج كلها تقود طرقًا تعليمية جديدة، مثل: التعلم غير المتزامن، والتعلم على الشبكة (الإنترنت) (ليستر وآخرون Lister *et al.*، ١٩٩٩)، ووحدات قياس تعليم الوسائط المتعددة (ميلارد Millard وبيرنهام Burnham، ٢٠٠٢، إسكاندر وآخرون Iskander *et al.*، ١٩٩٦، جلينكوسكي وآخرون Glinkowski *et al.*، ١٩٩٧)، والمعامل الافتراضية (لايونز وآخرون Lyons *et al.*، ١٩٩٨)، والمحاضرات (مكماهون McMahon، ١٩٩٧) والكتب المقررة التشاركية (لارسون Larson، ٢٠٠١) واستوديوهات التصميم (بوسينيل وآخرون Bucinell *et al.*، ١٩٩٧، إيردن وآخرون Erden *et al.*، ٢٠٠٠).

وكان الحافز المؤثر الثالث التغير في عملية الاعتماد الأكاديمي في الولايات المتحدة. فقد سمح المعيار، الذي أسسته هيئة الاعتماد الأكاديمي للتعليم الهندسي والتكنولوجيا لعام ٢٠٠٠ (هيئة الاعتماد الأكاديمي للهندسة والتكنولوجيا Accreditation Board for Engineering and Technology، ٢٠٠٢) بمزيد من المرونة لمدارس الهندسة في تحديد مناهجها، بشرط أن يقوم الخريجون بتطوير إحدى عشرة كفاءة أصلية، وبالإضافة إلى ذلك فقد كان كل نظام يتطلب معيارًا آخر، وأدى هذا إلى المزيد من المرونة في المنهج الهندسي.

وجد نتيجة لذلك، عددًا لا يحصى من المشروعات الصغيرة، والأدوات التجديدية وطرق التدريس التي يتم تطويرها في الولايات المتحدة. والتي سيكون من

الصعب، كما لن يكون مفيدًا بصورة عملية، أن نسجلها جميعًا في هذا المقال، حيث إن هذا الفصل يركز على واحد من نماذج التغيير الأكثر شمولية — ألا وهو نموذج الاستوديو في التدريس. ويعتبر معهد البوليتكنك رنسلاير Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) واحدا من رواد هذا المجال (ويلسون Wilson ١٩٩٦)، حيث يتم تطوير مقررات أو دورات الاستوديو في الولايات المتحدة (ديمتري وآخرون *Demetry et al.*، ٢٠٠٢، ريباندو وآخرون *Ribando et al.*، ١٩٩٩)، وسوف نستخدم تغيرات طريقة تدريس معهد البوليتكنك رنسلاير RPI كمثال عند الإشارة إلى مبادرات أخرى ذات صلة.

مفهوم الاستوديو
The studio concept

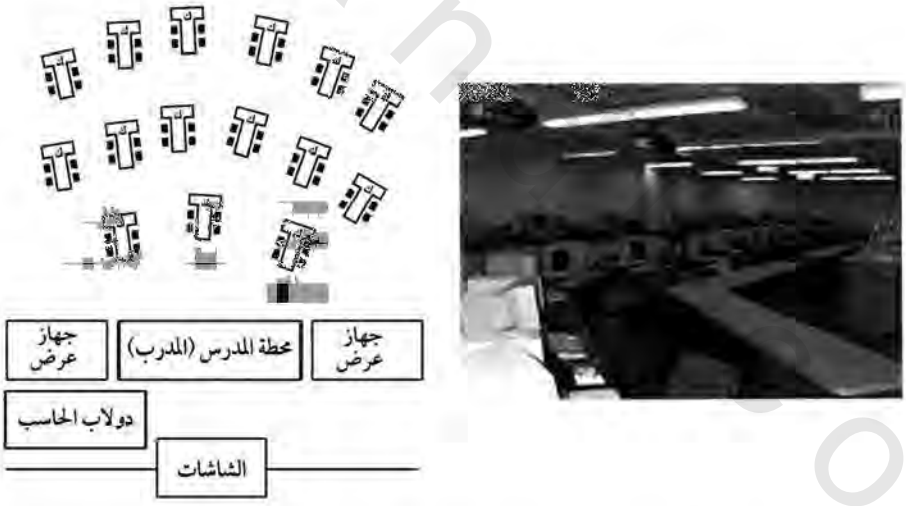
رغم وجود المعلمين العظماء الذين أوجدوا طرقًا لعمل مقررات كبيرة -تتضمن المحاضرات والسرد والمعامل - تكون مثيرة وثرية بالمعلومات، فإن هناك بعض القيود الخطيرة لطريقة التسليم المعيارية هذه. ويكمن القيد الأول في توقيت التعلم النشط في المعمل، فغالبًا ما تتم المعامل بعيدًا عن المحاضرة أو يفصلها عن المحاضرة عدة أسابيع، وهكذا يكون التعلم الحالي في المحاضرات بعيدا ومنعزلاً عن التعلم السابق للمعامل، وبينما يعتبر ذلك ضروريًا كي يتم التعامل مع العدد الكبير لطلاب الهندسة الجدد الذين يدرسون الدورات التمهيدية، فإن المعامل لا تساعد على تحفيز المحاضرة أو العكس. والعائق الثاني هو انخفاض مستوى الحضور غالبًا في مقررات المحاضرات (٦٠٪) (مايبي وآخرون *Maby et al.*، ١٩٩٧)، وهكذا فإن التعلم النشط يعد صعبًا في محيط الفصول الكبيرة العدد أثناء المحاضرة، ويقل مستوى اهتمام الطالب كما يوضح ذلك معدل الحضور، وأخيرًا فلابد من توفير طاقم تدريس لثلاث بيئات مختلفة للتعلم هي: المحاضرة، السرد، المعمل.

يحاول مفهوم الاستوديو (صالة التدريب) تعديل هذه القيود والعوائق عن طريق دمج المحاضرة والتعلم النشط (بما في ذلك المعامل وتدريبات الكمبيوتر وفريق

حل المشكلات)، والتقييم في إطار فصل دراسي واحد (ويلسون Wilson وجيننجز Jennings ٢٠٠٠)، وتقوم الكلية بتسهيل العملية، ولكن مع التركيز على التعلم التعاوني من قبل الطلاب، كما يشمل ذلك أنشطة حالية، وقد تشمل الجلسة النموذجية مجموعتين من المحاضرات تتراوح بين ١٠ – ٢٠ دقيقة عن موضوع ما، مع حل مشكلة وتجارب بعد كل محاضرة صغيرة، وهذا يوفر إلقاء وتوصيلا وتسليمًا شبه متزامن للمادة باستخدام أنماط تدريس مختلفة وذلك لملاءمة أنماط التدريس المختلفة في الفصل الدراسي، وبالإضافة إلى ذلك فإن تغيير الأنشطة يحافظ على زيادة انتباه الطلاب ويجعل الفصل ممتعًا ويحسن من معدل الحضور بوجه خاص (مايبي وآخرون Maby *et al.*، ١٩٩٧)، كما تتحقق بعض الفوائد الأخرى مثل الفصل صغير الحجم (قلة الكثافة) (٦٠ طالبًا بحد أقصى) والعلاقة الجيدة بين الطالب وعضو هيئة التدريس. وأخيرًا لأن الطلاب قيد الدراسة يتم تقييمهم عن طريق عرض قدرتهم على استكمال مشكلة متعلقة بالمحاضرة التي تم إلقاؤها مؤخرًا، فهناك فرصة لعضو هيئة التدريس أن يتوسع في أي مساحة يجد الطلاب مشكلة بصددها، وبالمثل فإنه يتم تحديد الطلاب الذين يعانون في المقرر بصورة سريعة وهنا يمكن أن يتم التدخل.

تعتبر البيئة الصفية المناسبة أمرًا حرجًا لتحقيق النجاح، كما أنها تتطلب توظيفًا مميزًا. والفصل الدراسي بحاجة إلى أن يوفر بيئة مناسبة للتفاعل المتميز، كما أن الطلاب بحاجة إلى حيز للكتابة المشتركة (الشائعة) والتكنولوجيا والتواصل مع المدرس وكذلك حيز في المعمل. وهناك اعتبارات خاصة بالإضاءة حيث إن جزء الحجرة المزود بعرض الكمبيوتر يجب أن يكون مظلمًا بدرجة تمكن الطلاب من رؤية التفاصيل على الشاشة، في حين أن الحجرة يجب أن تكون مضيئة بدرجة تمكن الطلاب من الرؤية والعمل على أجهزة الكمبيوتر، ويوضح الشكل رقم (١٠.١) نموذجين لتصميم فصل دراسي. يجلس الطلاب في الفصول المستخدمة في محاضرات التدريس في رينسيلير لكيمياء المواد Rensselaer's Chemistry of Materials (هدسون وآخرون Hudson *et al.*، ١٩٩٨)

– والذي سيتم وصفه بالتفصيل لاحقًا في هذا الفصل – في مجموعات من أربعة أفراد مع إمكانية اتصالهم عن طريق شبكة الأثير (ستكون لاسلكيًا قريبًا) في كل طاولة، ويتاح للمدرس العرض على الكمبيوتر وكذلك جهاز العرض التقليدي وسبورات بيضاء، وعبر القاعة يوجد معمل كامل التجهيز يتسع لستين طالبًا في آن واحد على شكل مجموعات من أربعة أفراد، وفي قاعات استوديوهات الدوائر الكهربائية/ والإلكترونيات، حيث يجلس الطلاب في صفوف على شكل أقواس، ويكون الصف الأخير مرتفعًا إلى حد ما، ويتجه الطلاب إلى ناحية للاستماع إلى المحاضرات الصغيرة ولإكمال فريق المشكلات، ثم يتجهون إلى ناحية أخرى نحو عشرين محطة للتعلم مجهزة بأجهزة الكمبيوتر، وحيز لتصميم الدوائر وأجهزة القياس (مايبي وآخرون Maby *et al.*، ١٩٩٧)، كذلك يمكن لجهاز عرض الكمبيوتر أن يعرض البيانات كما يتم أخذها.



الشكل رقم (١٠.١). (أ) رسم تخطيطي لفصل دراسي يستخدم في تدريس كيمياء المواد في رينسيلير والمعامل تقع في الجهة المقابلة من قاعة الفصل، (ب) صورة فتوغرافية لفصل استوديو دراسي يستخدم لتدريس الدوائر الكهربائية والإلكترونيات في رينسيلير.

يوجد مكونات تدريسية عديدة لفصل الاستوديو الدراسي. الأول هو المحاضرة القصيرة والصغيرة التي تقدم الموضوع وتعرض المعادلات أو المفاهيم الأساسية التي سيتم تطويرها لاحقا في الفصل، أما المكون الثاني فهو فريق حل المشكلات، ويمكن أن يكون هذا الفريق في شكل وحدات وسائط متعددة تسمح للطلاب بممارسة المفاهيم أو المشكلات البسيطة المتعلقة باستخدام الورقة والقلم، وتتنوع وحدات الوسائط المتعددة أو المالتيميديا من المحاضرات الافتراضية (ماكماهون McMahon، ١٩٩٧) إلى تدريبات حل المشكلات (ميلارد Millard وبيرنهام Burnham، ٢٠٠٢) والمعامل الافتراضية (لايونز وآخرون Lyons *et al.*، ١٩٩٨). وهناك فوائد (ميزات) عديدة لاستخدام تدريبات حل مشاكل الوسائط المتعددة، أولاً: إنها تستخدم داخل وخارج حجرة الفصل الدراسي، ثانيًا: يمكن للطلاب – إذا ما تم إعدادها بدقة – أن يتمكنوا من إتمام تدريبات التصميم، فعلى سبيل المثال في دورة الدوائر والإلكترونيات في رينسيلير يستطيع الطلاب تصميم دائرة على الكمبيوتر وكذلك اختبار خصائص الدائرة (ميلارد Millard وبيرنهام Burnham، ٢٠٠٢). وفي حين يطلب من الطلاب حل مشكلات معينة داخل الفصل، يمكنهم الدخول والوصول إلى البرامج من خارج الفصل، وهذه الوحدات متصلة كذلك ببرنامج كمبيوتر يسمى الاشتراك (Scribe)، يقوم بتسجيل تفاعل الطلاب مع الكمبيوتر، ويستطيع المدرس حينئذ أن يرى الطريقة التي سلكها الطالب في حل المشكلة، وبرؤية هذا الطريق يستطيع المدرس أن يحدد موضع الصعوبات عند الطلاب وأن يكتسب بصيرة في العملية الإدراكية وأن يعرض مقترحات، كما يستطيع أن يقيم بطريقة أفضل سؤال التصميم مفتوح النهاية. وموضع القوة الثاني لبرنامج الوسائط هذا هو تكنولوجيا العمل من خلال الشبكات (networking) وتسمى فريق الشبكة (Web Team)، ويمكن باستخدام فريق الشبكة Web Team تكليف طلاب في موضعين منفصلين بتصميم جزء من الدائرة، وحيث إن كل جزء من الفريق يستطيع تعديل الجزء الخاص به فقط من الدائرة فإن الطلاب الذين

يجلسون في موضعين منفصلين يجب أن يعملوا كفريق واحد لتفعيل واستكمال تصميم الدائرة ككل.

يعتبر تكوين مجموعات أو فرق تجيد العمل معًا، واحدًا من التحديات التي تواجه مشاكل الفريق والتعلم التعاوني، حيث يعتبر مركز "رامي السهام" لقيادة الطلاب Archer Center for Student Leadership (ACSL) مظهرًا فريدًا (ماكلوسكي وآخرون McClosky *et al.*، ٢٠٠٣). ويقوم الموظفون في هذا المركز بتدريس وحدتين من القيادة المهنية المحترفة في دورة مهنة الطالب الهندسية في رينسيلير، ويعتبر مقرر "التطور المهني ١" جزءًا من دورة تصميم للسنة الثانية مكونة من أربع وحدات، وفي هذه الدورة يقسم الطلاب إلى فرق ويتم تسليمهم مشروعا يتطلب منهم تصميم وبناء واختبار منتج ما، وتقوم كلية الهندسة ومعلمون من مركز رامي السهام بتدريس الدورة معًا، وتخصص ٧٥٪ من درجة الطالب لكلية الهندسة بينما تخصص الـ ٢٥٪ الباقية لمركز "رامي السهام" لقيادة الطلاب ACSL، وميزة هذه الطريقة المشتركة في التدريس، هي أن الطلاب يتعلمون تكوين الفريق وإدارة الصراع وأنماط الشخصية في سياق يكونون فيه فريق تصميم هندسي أكثر فعالية، وبهذا يشاهدون نظريات القيادة في الواقع، كما يطلب من الفريق عمل تقييم ذاتي على مدار الفصل الدراسي، ويتعلمون موضوعات مثل التواصل الفعال والتغذية الاسترجاعية الفعالة وإدارة الفروق الشخصية وإدارة الصراع واستراتيجيات المخاطرة، واتخاذ القرارات الأخلاقية. كما يقوم مدرسو المركز أيضًا بتدريس مقرر قيادة ذات مستوى متقدم من وحدة واحدة، وقد قمنا أيضًا باستخدام مركز "رامي السهام" لقيادة الطلاب ACSL للتأثير على عمل الفريق في مقررات الاستوديو لكيمياء المواد. وعلى سبيل التجربة، فقد ذهب طاقم مركز "رامي السهام" لقيادة الطلاب ACSL إلى فصول استوديو فردية لاستكمال تدريبات بناء الفريق، وفي حين لم تكتمل أية دراسة رسمية عن تلك النتائج فقد أظهر دليل قصصي من أولئك المؤلفين أن الكلية التي عملت مع مركز "رامي

السهام" لقيادة الطلاب ACSL وجدت أن حصص حل مشكلات الطلاب كانت أكثر فعالية بكثير من الكليات التي لم تفعل ذلك.

ومن المفاهيم الأخرى للتعلم النشط مفهوم المعمل، وفي بعض الحالات لا يمكن تمييز هذا عن وحدات الوسائط المتعددة المذكورة سابقًا، لأن هذه الوحدات تمثل معملاً افتراضيًا (لايونز وآخرون Lyons *et al.*، ١٩٩٨) يمكن أن تجمع فيه المعلومات، بينما في حالات أخرى تمثل المعامل المتاحة متعة وتعتبر أدوات ممتازة للتعلم، والتحدي للمعامل المتاحة هو إجراء التجارب التي يمكن أن تؤدى في فترة من ٣٠ — ٥٠ دقيقة ولكنها عميقة لدرجة أنها تمثل خبرة تعليمية معتبرة (ستاريت Starreett وموركوس Morcos، ٢٠٠١، هادسون وآخرون Hudson *et al.*، ١٩٩٨ ب)، ويوجد أمثلة لذلك في قسم كيمياء المواد التالي، ويعتبر جمع المعلومات عن بعد، كذلك احتمالاً لدورات الاستوديو. ويوفر المعمل الطويل Long lab (ميلارد Millard وبيرنهام Burnham ٢٠٠٢)، والذي تم تطويره في رينسيلير، فرصة للطلاب لعمل قياسات كهربية عن بعد عن تكوين معمل حقيقي، فمثلاً في موقع بعيد يمكن إطلاق شعاع بأقصى مدى ويتم قياس الذبذبات الناتجة ومقارنتها بذبذبات الشعاع في حجرة الدراسة.

ولإتمام عرض مقرر الاستوديو، سيتم عرض دورة كيمياء المواد بالتفاصيل في الجزء التالي.

كيمياء المواد
Chemistry of Materials

يعتبر جعل مقررات العلم الأساسية مناسبة للمهندسين واحدًا من التحديات في التعليم الهندسي، فمثلاً: أدرك طلاب الهندسة — في الثمانينيات في رينسيلير — أن سلسلة الكيمياء العامة لم تكن ذات صلة وثيقة بمعظم الأنظمة الهندسية، فقد كانت موجهة بثقل بالغ وبأهمية كبيرة نحو الكيمياء الوصفية والتمهيدية على حساب موضوعات عملية مثل المواد الإليكترونية الدقيقة والأكسدة، ونتيجة لذلك فقد أعدت

رينسيلير سلسلة من الدورات من فصلين ضمت عناصر من الكيمياء العامة التقليدية وعلم المواد التمهيدية، وقد أحدثت النتيجة التي تم تطويرها تكاملاً بين مفاهيم الكيمياء التي كانت الأوثق صلة بالمهندسين، مثل التركيب الأساسي للذرة، والترابط الكيميائي والديناميكا الحرارية، مع المفاهيم الأساسية لعلم المواد مثل تركيب البلور، والسلوك الميكانيكي وتغيرات الحالة، وقد استخدمت التطبيقات الهندسية — حيثما أمكن — لتقديم مبادئ كيميائية، فمثلاً: تم تقديم الكيمياء العضوية في سياق تكوين البوليمر، والكيمياء الإليكترونية في سياق الأكسدة والتآكل، وتم تبني هذه الفكرة في أرجاء الدولة، وفي حين لم يكن هذا الدمج غير شائع (وفي الحقيقة قامت رينسيلير بتغيير هذا إلى الكيمياء من أجل المهندسين، والمواد من أجل تتابع المهندسين)، فإن فكرة دورة الكيمياء التي لها نماذج مطبقة أكثر وتدرس مفاهيم أكثر صلة بالمهندسين يتم تطويرها في مدارس أخرى (ديمتري وآخرون Demetry *et al.*، ٢٠٠٢ — ريباندو وآخرون Ribando *et al.*، ١٩٩٩).

تم تدريس تسلسل المقررات المسماة كيمياء المواد، ابتداءً بالأسلوب التقليدي: المحاضرة، والتلقين، والمعمل. وبينما تلقى الطلاب هذه الطريقة بصورة أفضل من الكيمياء العامة المنفصلة السابق ذكرها، بالإضافة إلى تتابع علم المواد فمازالت المشكلات موجودة. وكانت أقسام المحاضرات الكبيرة — ذات الـ ٢٥٠ طالبًا في المحاضرة الواحدة — ضعيفة الحضور حتى عندما كانت تبذل الجهود لانتقاء أفضل المحاضرات من بين الكيمياء ومواد الكلية. وكانت حصص السرد في معظم الحالات مجرد مراجعة للمشكلات التي تم تحديدها كواجب منزلي، أما حصص المعمل — والتي كانت عبارة عن تجارب كيميائية تقليدية من ثلاث ساعات — فقد كانت ضعيفة التنسيق مع مادة المحاضرة بسبب القيود على عدد التجهيزات المتاحة بالمعمل.

وبعدما بدأ هذ المقرر كبرنامج مرشد عن طريق واحد منا (JBH)، فيحضرها الآن حوالي ٦٠٠ طالب في الخريف و٤٠٠ طالب في الربيع، وفي كل الحالات تكون

كثافة المجموعة الدراسية حوالي ٦٠ طالبًا، ويتكون نمط الاستوديو المختار من حصتين تفاعليتين لمدة ساعتين لكل منهما، وجلسة تقييم واحدة لمدة ساعة كل أسبوع. وتتضمن الجلسات التفاعلية عرضًا للمواد الجديدة عن طريق المدرس إضافة إلى حل مشكلات داخل الصف عن طريق الطلاب الذين يعملون على شكل فرق مكونة من أربعة أفراد. وتزود المجموعات الدراسية بمدرس ومساعد تدريس حديث التخرج، وهذا ما يوفر طاقة بشرية كافية للتفاعل مع الطلاب أثناء حصص وجلسات حل المشكلات. وكونت المعامل في البداية جلسة تفاعلية كاملة، ولكننا طورنا سلسلة من المعامل لمدة ٥٠ دقيقة تتكامل مع الحصص التفاعلية.

البنية التحتية Infrastructure

كان المبدأ الأساسي للمقرر التفاعلي، هو أنه يجب أن يتاح للطلاب فرص المشاركة بفاعلية في حصص الفصل. وينبغي أن تكون بيئة الفصل متناسقة مع هذا المبدأ، وقد أمكن ذلك في الحالة التي نحن بصددها عن طريق تحديد طابقين في مبنى موجود على شكل مجموعات كيميائية تفاعلية. يحتوي كل طابق على فصل تفاعلي يتسع لـ ٦٠ طالبًا، يُقسمون إلى مجموعات من أربعة أفراد وحجرتي معمل بكل منها نفس التجهيزات. يوضح الشكل رقم (١٠,١) نموذجًا لهذا الفصل التفاعلي، حيث يوجد ١٥ محطة تتسع كل منها لأربعة طلاب، ويزود كل منها بجهاز كمبيوتر يتم توصيله بشبكة الجامعة. وبينما كان يتعين على كل طالب في رينسيلير أن يمتلك جهاز كمبيوتر محمول ليستعمله في أعمال المقرر، فقد استبدل ذلك مؤخرا بفتحات ووصلات تسمح بتوصيل كمبيوتر محمول لكل طالب. وتجهز منطقة المدرس في مقدمة الفصل بجهازين للعرض وسبورات بيضاء وجهاز كمبيوتر متصل بالشبكة ومتصل كذلك بجهاز العرض، كما يتاح للمدرسين كذلك توصيل أجهزة الكمبيوتر المحمولة الخاصة بهم بجهاز العرض، كما يوجد بالفصل أيضًا مجهر يستخدم لمشاهدة الأسطح المشقوقة والمكسورة أو البنية المجهرية، وتعرض الصور عن طريق عرض الكمبيوتر.

التصميم (الصيغة) Format

يستخدم تصميم التعلم التفاعلي الذي تم تطويره، طريقة الوحدات (modules)، وتبدأ كل وحدة بعرض من المدرس للمادة الجديدة: المفهوم والملاحظة التجريبية أو التقنية التجريبية، وتزداد هذه العروض كلما أمكن ذلك عن طريق العروض داخل الفصل أو أجهزة الوسائط المتعددة المناسبة، ويتم تعزيز وتقوية المفاهيم التي تم تقديمها عن طريق قيام الطلاب بتكوين مشكلة الفريق المتعلقة بالموضوع قيد المناقشة. وأثناء قيام الطلاب بحل المشكلة من خلال مجموعاتهم ذات الأربعة أفراد، يقوم المدرس ومساعدوه بالتجول داخل الفصل لعرض المساعدة ومناقشة دلالة ونتائج المشكلة مع الفرق والمجموعات التي توصلت إلى حل المشكلة. وتتم مناقشة الحل، عندما تنتهي جميع الفرق من استكمال المشكلة، في الفصل بصورة جماعية، وعلى نحو نموذجي سوف تستغرق وحدة من هذا النوع ما بين ٢٠-٣٠ دقيقة من وقت الفصل الذي يشمل ثلاث أو أربع وحدات يتم تغطيتها في حصة تفاعلية من ساعتين، ويدخل نشاط المعمل في هذه الحصص وهو عبارة عن تدريب من ٥٠ دقيقة يتم كل أسبوع مرتين تقريبًا.

وكمثال لتصميم هذه الحصة دعنا نأخذ الحصة التي قمنا فيها بتناول انتشار المادة الصلبة. إن وحدات هذه الحصة تقود الطلاب عبر علم ظواهر (فينومينولوجيا) الانتشار، ثم مفاهيم قفز التردد الذري، والتدفق المنتشر، وآليات انتشار فراغ والمسالك العشوائية واعتماد الانتشار على الحرارة. وتختم الحصة بمناقشة التطبيقات العملية لانتشار المادة الصلبة في التخلل والكربنة، ويوضح الجدول رقم (١٠,١) نتائج مشاكل الفريق المستخدمة التي تم استخدامها، كما تتضمن هذه الحصة أيضًا عرضًا لانتشار الفراغ عن طريق عملية المسلك العشوائي التي يستخدم فيها عدد من المولد العشوائية للتحكم في حركة "فراغ" في نظام من نوعين مختلفين من "الذرات" (البنسات

Pennies والوردات Washers)، يمكن عرضهما على جهاز العرض أمام الفصل. وقمنا في السنوات القريبة الماضية بربط هذه الحصة بتجربة معملية لقياس تحلل الهيدروجين من خلال غشاء بلاديوم رقيق.

الجدول رقم (١٠,١). مشاكل الفريق المستخدمة في توضيح مبادئ انتشار الحالة الصلبة.

المفهوم	مشكلة الفريق
تردد القفز الذري	للكربون المتوضع في الحديد ذي بنية حسم مركز المكعب، فإن طاقة التنشيط هي ٨٠٠٠٠ جول/مول، يكون تردد القفز الذري ٦ (١٠)[١٣]/ ث. وعند ٣٠٠ كلفن، كم ضعف يكون متوسط القفز الوضعي من موقع إلى آخر في الساعة؟
معامل الانتشار	احسب D وD$_o$ لمواضع الكربون في الحديد ذي بنية حسم مركز المكعب عند ٣٠٠ كلفن. وتكون المسافة في الحديد ذي بنية حسم مركز المكعب موقع تموضع إلى آخر $a/\sqrt{2}$ حيث a = ٠,٢٨ نانومتر. ويجدر التذكير أن للكربون المتوضع في الحديد ذي بنية حسم مركز المكعب، فإن طاقة التنشيط هي ٨٠٠٠٠ جول/مول، يكون تردد القفز الذري ٦ (١٠) [١٣] / ث.
مسافة السير العشوائية	أ) كم المسافة في المتوسط التي تتحركها ذرة الكربون في الحديد ذي بنية حسم مركز المكعب في اتجاه معين في مدة عام عند ٣٠٠ كالفن؟ ب) كم تكون قيمة D المطلوبة للحصول على نفس المسافة المتوسطة في ساعة؟
تأثير الحرارة على الانتشار	إلى أي درجة حرارة ينبغي على الفرد رفعها في الحديد ذي بنية حسم مركز المكعب لكي يحصل على D الضرورية لتحريك ذرة كربون متموضعة مسافة ٦٦٠ نانومتر في ساعة واحدة؟

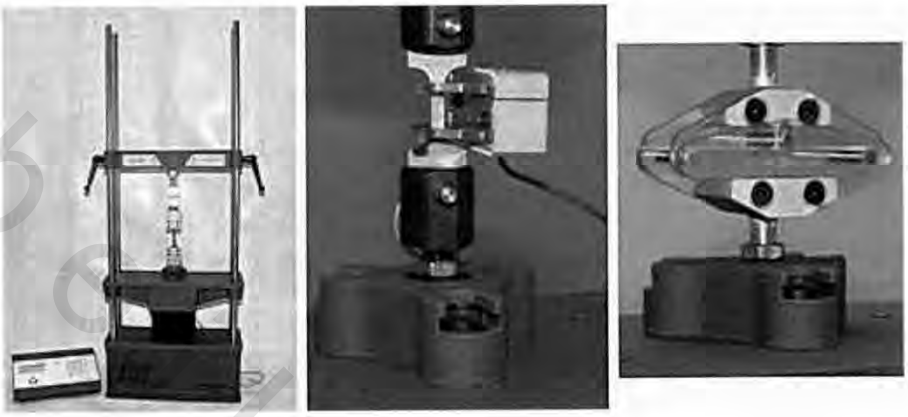
جزئية المعمل The laboratory component

قضينا وقتًا معتبرًا وطويلاً في تطوير تدريبات معملية مناسبة للمقرر، وفي دمجها في حصص وجلسات الفصل التفاعلية (هادسون وآخرون Hudson *et al.*، ١٩٩٨ ب).

كان هذا ضروريًا لأن جلسة المعمل التقليدية ذات الساعتين أو الثلاث لم تكن مناسبة للتصميم التفاعلي. والمطلوب في الواقع تجارب يمكن دمجها في جلسة تفاعلية لمدة ساعتين ويمكن إتمامها فيما لا يزيد عن ٥٠ دقيقة. ويجب أن يكون المبدأ الموضح عن طريق التجربة ذا صلة وثيقة بالمادة المقدمة في المناقشة ومحتويات حل مشاكل الجلسة، وينبغي أن يقود ويدل الطلاب على اكتشاف مبدأ أو تطبيق مناسب للموضوع قيد المناقشة. ويوجد مطلب عملي بأن تكون تكلفة التجهيزات وإدارة وإجراء التجربة متواضعة – وبالنسبة لهذا النظام ليتم عمله، يجب أن تتمكن ١٥ مجموعة ،من أربعة طلاب لكل منها، من أداء التجربة في نفس الوقت.

وقمنا خلال مقرر الخمس سنوات الماضية بتطوير ١٠ تجارب جديدة، حتى نتمكن من القيام بتجربة مرة كل ثلاث جلسات في الصف. ويتم دعم ذلك بعروض في جلسات الصف تستغرق من ١٠–٢٠ دقيقة تؤدى من قبل المدرس ومساعديه. والعديد من هذه التجارب تم نشرها في أماكن أخرى، (هادسون وآخرون Hudson *et al*، ١٩٩٨ب، هادسون Hudson ٢٠٠٠).

وتم توجيه اهتمام كبير لدمج مادة المعمل، مع الحوار المتعلق بها، ومواد حل المشكلات المستخدمة في نفس الجلسة. وتؤدي في بعض الحالات المناقشة وحل المشكلات إلى جلسة تعليمية في نهاية الجلسة التفاعلية، ويتم في حالات أخرى العمل التجريبي في منتصف الجلسة، ومن أمثلة ذلك الجلسة التمهيدية عن الخصائص الميكانيكية للمواد، فتبدأ هذه الجلسة بتعريفات والمعاملات الأساسية للسلوك الميكانيكي مثل الإجهاد والانفعال والالتواء واستخدام اختبار الشد لتوضيح العلاقة بين هذه المعاملات، ثم يذهب الطلاب إلى المعمل لتأدية اختبارات الشد على معدن ومركب بوليمر باستخدام آلات اختبار ميكانيكية تم تصميمها خصيصًا للتطبيق الخاص بنا (الشكل رقم ١٠,٢).



الشكل رقم (١٠,٢). صورة فوتوغرافية لتجهيزات سطح المكتب المستخدمة في اختبار الخصائص الميكانيكية في مقرر كيمياء المواد في رينسيلير. على اليسار جهاز التحميل، وفي الوسط الشكل الهندسي للعينة المستخدمة في اختبار الشد مشتملة على مقياس التمدد، وعلى اليمين الهندسة المستخدمة في اختبار الانحناء ذي الثلاث نقاط.

تعمل هذه الآلات آليًا، ويمكن أن يتم توصيلها مع أجهزة الكمبيوتر المحمولة، التي يطلب من كل طلاب رينسيلير اقتناؤها، ويسمح هذا للطلاب بتحصيل بيانات اختبار الشد في المعمل وأداء التحليل لتحويل البيانات من حمل- واستطالة إلى جهد- وانفعال. وبعد استكمال جمع المعلومات يعود الطلاب إلى الفصل لمناقشة مظاهر وخصائص الاختبار المختلفة – التشوه المرن، معامل المرونة، التشوه اللدن، الانكسار، الشدة والكزازة toughness – وكيف ولماذا تختلف هذه القيم والمعاملات بين عينات المعدن والبوليمر. وتكون مشاكل الفريق متعلقة (الجدول رقم ١٠,٢) بتغطية حساب معامل المرونة، وجهد الإذعان وغيرها من البيانات المأخوذة من المعمل.

الجدول رقم (١٠,٢). مشاكل الفريق المستخدمة في إيضاح مبادئ السلوك الميكانيكي.

المفهوم	مشكلة الفريق
تعريف الإجهاد والانفعال	تم تحميل قضيب من النحاس بقطر ١ سم وطول ١م بقوة شد قيمتها ١٠٠٠ نيوتن: أ) ما مقدار الجهد في العينة ؟ ب) إذا استطالت العينة ٠,١ مم تحت تأثير هذا الحمل، ما مقدار الانفعال العينة؟
تعريف حد المرونة ومعامل يونج	أ) احسب الإجهاد والانفعال لنقطة دون حد المرونة لواحدة من العينات التي اختبرتها في المعمل. (أو استخدم البيانات المعطاة لك من قبل المدرس). ب) احسب معامل يونج لنفس العينة.
تعريف معاملات الشد الأخرى	احسب متانة (جهد) الإذعان عند ٠,٢٪ استطالة، أقصى متانة شد والمطولية لواحدة من العينات التي اختبرتها في المعمل. (أو استخدم البيانات المعطاة لك من قبل المدرس).

النقد Critique

أصبح من الواضح أن الفصول المشتملة على تقنيات للتعلم النشط كانت أكثر فاعلية من الفصول ذات التعلم السلبي، وكان لطريقة الاستوديو مكون إضافي أكثر تحقيقًا للتكامل التام بين التعلم الحالي (hands-on) وأنماط التعلم النشط الأخرى. ويبدو منطقيًا أن نفترض أن التعلم سيكون أعظم وأكبر في المقررات التي تطبق نظام الاستوديو، ومع ذلك فإن النتائج المثالية تظهر بوضوح أن النتائج مختلطة فيما يتعلق باكتساب المعرفة التقنية. وبدا واضحًا أن تواصل الطلاب ومهارات فرق العمل قد تحسنت، حيث أصبح الطالب أكثر ارتياحًا وقبولاً وأصبحت الكلية أكثر قدرة على متابعة تقدم الطالب.

وقام معهد ديمتري Demetry ومعهد البوليتكنيك ورسيستر بمقارنة نتائج التعلم النشط/ التعاوني في مقرر المواد التمهيدية بنتائج من الطريقة التقليدية (ديمتري Demetry

وجروكشيا Groccia، ١٩٩٧)، وتم مقارنة نتائج ثلاثة أقسام درّست بالأسلوب التقليدي مع قسمين تم تدريسهما بأسلوب الاستوديو، وفي هذه الحالة أظهر الاختبار الموضوعي للمعرفة أن الطلاب قد تعلموا أكثر في مقرر نمط الاستوديو من المحاضرة التقليدية. وشعر الطلاب أيضًا أن تواصلهم ومهاراتهم في فرق العمل قد تحسنت. وقامت دراسة أعدها تيرنيزي وفريقه (تيرنيزي وآخرون *Terenzini et al.*، ٢٠٠١) بتقييم أثر التعلم النشط على مخرجات التعلم في مقررات التصميم، وأجريت المقارنة لـ ١٧ مقررا أو قسما للتعلم النشط مع ٦ مقررات أقسام بدون التعلم النشط من خلال ٦ مدارس هندسية. وأظهر تحليل إحصائي لتعلم الطلاب أن الطلاب في فصول التعلم النشط قاموا بأداء أكثر تميزًا في العديد من مخرجات التعلم في مقرر التصميم خصوصًا في مساحات مثل مهارات التصميم ومهارات التواصل ومهارات المجموعة، ولكن لم يكن ذلك في مهارات حل المشكلات. وتظهر دراسات أخرى في رينسيلير تحسنًا متواضعًا في المعرفة التقنية المكتسبة، ولكنها تظهر توافقًا تامًا من الطلاب فيما يتعلق بأسلوب المقرر مقارنة بمقرراتهم التي لا تستخدم أسلوب الاستوديو (كارلسون وآخرون، *Carlson et al.* ١٩٩٨).

ومما يتعلق بمقارنة التقنيات أيضًا عدد الطلاب الذين اكتسبوا الحد الأدنى على الأقل من مستوى المعرفة المقبول، ويعد واحدًا من ميزات مقرر الاستوديو أنه — بسبب العلاقة القوية بين أعضاء الكلية والطلاب — كان يتم تحديد الطلاب المجتهدين سريعًا مما يمكن من إحاطتهم باهتمام أكبر. وقد حدث نموذج محدد للنجاح في هذا الصدد في مقرر الدوائر والإلكترونيات في رينسيلير المذكورة سابقًا (ميلارد Millard وبيرنهام Burnham، ٢٠٠٢). رسب ١٧ طالبًا في الامتحان الأول، من بين الثلاثة والثلاثين طالبًا في مجموعة الاستوديو المرشة التجريبية (pilot)، وهذا يشبه نسبة الطلاب الراسبين في المقرر الذي لا يستخدم نظام الاستوديو. ونجح في الامتحان النهائي ٩٨٪ من الطلاب في المقرر الذي يستخدم نظام الاستوديو، وهذا أعلى بكثير من نسبة الناجحين

في المقرر الذي لا يستخدم نظام الاستوديو، بالإضافة إلى ذلك فقد أحس الطلاب بالمتعة، ونالت المقررات معدلات أعلى في تقييمات الطلاب، التي تمت في نهاية كل فصل دراسي.

ويعتبر الحضور مقياسًا واضحًا آخر لنجاح طريقة الاستوديو، كانت نسبة الحضور في مقررات الاستوديو في رينسيلير تقترب من ١٠٠٪ في المجموعات المرشدة. ونظرًا لزيادة عدد مقررات التدريس بنظام الاستوديو بالكلية فقد انخفضت نسبة الحضور إلى حوالي ٨٥٪، والتي ما تزال أعلى من نسبة الـ ٦٠٪ الملاحظة غالبًا في نظام المحاضرة الكبيرة التي تعتمد التلقين. ووجد آخرون ممن يدرسون بنظام الاستوديو تطورات مشابهة في نسبة الحضور (ديمتري وآخرون Demetry *et al.*، ٢٠٠٢).

قمنا كذلك بتقييمات نوعية للمعامل ذات الـ ٥٠ دقيقة التي تم إعدادها لتصاحب مقرر الاستوديو، فقد تمت تقييمات رسمية للمقررات في نهاية كل فصل دراسي في رينسيلير، وشملت هذه التقييمات أسئلة يتم الإجابة عليها بمقياس "١-٥"، وفرصة للتعليقات الخاصة على النواحي المختلفة للمقرر. ارتفع معدل الرد الإيجابي في مقرر الاستوديو لكيمياء المواد على سؤال: "هل ساعدك ملصق البيانات على التعلم؟" إلى ما بين ٥٥ — ٨٥٪ عندما انتقلنا من المعامل غير المتصلة إلى المعامل المتكاملة، وكان الذين شعروا أنهم تعلموا من كتابة التقارير المعملية ٧١٪. وبنظرة ثاقبة في تعليقات الطلاب يتضح لنا أن هذا بسبب أننا لم نفصل بدرجة كافية بين التقارير الجيدة والضعيفة، فأحس ٧٧٪ أن المعامل كانت ممتعة إلى حد ما ("أفضل من المحاضرة" كان تعليقًا متكررًا) ولكن المعامل لا تزال أكثر بنائية.

قمنا إضافة إلى ذلك بمقارنة بين أداء الطلاب في الامتحان النهائي في عام ١٩٩٧، ٢٠٠٠، ٢٠٠١، وكانت النتائج شيقة، ولكن لم تكن نوعية بدرجة كافية لاختبار الأهمية الإحصائية. وأعطى للطلاب بشكل أساسي نفس المشكلة في الامتحان النهائي في الخصائص الميكانيكية عام ١٩٩٧ وعام ٢٠٠١، وكان هذا قبل وبعد

التعرض لمعمل الاختبار الميكانيكي، (لاحظ عدم وجود مدخل (access) للطالب إلى هذه الامتحانات بعد أدائها). وحصل الطلاب مع نفس المدرس في عام ١٩٩٧ على معدل ٦٠ ٪ في سؤال الخصائص الميكانيكية، في حين حصلوا على ٧٢٪ عام ٢٠٠١.

وعندما يتم تحويل مقرر به من ٥٠٠ – ٦٠٠ طالب إلى نمط الاستوديو، فإن عددًا أكبر من طاقم الكلية يجب أن يكون مسئولاً عن تقديم المقرر على عكس كونهم مدرسي تلقين. ويستغرق تغيير الأسلوب بعض التعديل بالنسبة للكلية، ولكنهم – بوجه عام – يفضلون نظام الاستوديو. وتعتبر مشاهدة الطلاب أثناء أداء مشاكل فريقهم تغذية رجعية فورية للمدرس بالنسبة للنقاط التي أسيء فهمها في عرض المادة الجديدة، وتحسنت العلاقة بين الكلية والطلاب بصورة عظيمة مما جعل التدريس أكثر متعة.

يوجد بعض القيود المرتبطة بالطريقة التفاعلية، فليس كل أعضاء الكليات يشعرون بارتياح لنظام الاستوديو، وعلاوة على ذلك – فبالنسبة لبعض المقررات يعتبر نظام الاستوديو أكثر كفاءة (ويلسون Wilson، ١٩٩٦). أما بالنسبة للبعض الآخر فيعتبره أكثر استهلاكا للوقت، أضف إلى ذلك أن هذه الطريقة تتطلب مساعدين للتدريس يستطيعون العمل داخل الفصول، كما يستطيعون تجهيز وعرض معدات المعمل وبرامج الكمبيوتر، وليسوا فقط مجرد واضعي درجات. وختاما، فإن مساعدة طاقم التدريس في صيانة الكمبيوتر وأجهزة المعمل يعد نقطة حرجة في نجاح المقرر.

ملخص

Summary

تعتبر طريقة نظام الاستوديو مثيرة بالنسبة لتدريس المقررات الهندسية التمهيدية، كما أنها تعتبر متعة. ولكي تكون ناجحة، فإنها تستلزم مكانًا مناسبًا للتدريس وتطوير الوحدات الحالية المناسبة (سواءً كانت افتراضية أو حقيقية).

المراجع

References

Accreditation Board for Engineering and Technology Inc. (2002) 'Criteria for accrediting programs in engineering in the United States', Baltimore, MD: Engineering Accreditation Commission. Available online at http://www.abet.org/criteria.html.

Bucinell, R. B., Kenyon, R. A., Erden, A. and Platin, B. E. (1997) 'The International Virtual Design Studio', *Frontiers in Education Conference* 3 (Session F3A).

Carlson, A. B., Jennings, W. C. and Schoch, P. M. (1998) 'Teaching circuit analysis in the studio format: a comparison with conventional instruction', *Frontiers in Education Conference* 4 (Session F4H).

Coward, H. R., Ailes, C. P. and Bardon, R. (2000) 'Progress of the engineering education coalitions', *SRI International Report*, May, available online at http://www.nsf. gov/pubsys/ods/getpub.cfm?nsf00116.

Demetry, C. and Groccia, J. E. (1997) 'A comparative assessment of students' experiences in two instructional formats of an introductory materials science course', *Journal of Engineering Education* 86: 203–210.

Demetry, C., Gurland, S. T. and Kildahl, N. (2002) 'Building bridges to materials properties in general chemistry laboratories: a model for integration across disciplines', *Journal of Engineering Education* 91: 379–386.

Erden, A., Erkmen, A. M., Erkmen, I., Bucinell, R. B., Traver, C. *et al.* (2000) 'The Multidisciplinary International Virtual Design Studio (MIVDS)', *IEEE Transactions* 43 (3): 288–295.

Glinkowski, M. T., Hylan, J. and Lister, B. (1997) 'A new, studio based, multimedia dynamic systems course: does it really work?', *Frontiers in Education Conference* 3: 201–216.

Hudson, J. B. (2000) 'Simple classroom demonstrations in chemistry and materials science', J. A. Jacobs (ed.) *National Educators Workshop: Update 99*, NASA Publication NASA/CP- 2000–210325.

Hudson, J. B., Schadler, L. S. and Palmer, M. A. (1998a) 'Integration of laboratory experiences into an interactive chemistry/materials course', J. A. Jacobs (ed.) *National Educators Workshop: Update 97*, NASA/CP-1998–208726, pp. 357–368.

Hudson, J. B., Schadler, L. S., Palmer, M. A. and Moore, J. A. (1998b) 'Integration of laboratory and classroom work in an interactive first-year chemistry/materials course', *Journal of Materials Education* 20: 215–222.

Iskander, M. F., Catten, J. C., Rodriguez-Barcells, A. and Jones, A. K. S. (1996) 'Interactive multimedia CD-ROMS for education', *Proceedings – Frontiers in Education Conference 2, Technology-based Re-Engineering Engineering Education*, pp. 856–858.

Larson, T. R. (2001) 'Developing a participatory textbook for the Internet', *Journal of Engineering Education* 90: 49–53.

Lister, B. C., Danchack, M. M., Scalzo, K. A., Jennings, W. C. and Wilson, J. M. (1999) 'The Rensselaer 80/20 model for interactive distance learning',

Proceedings of EDUCAUSE '99: celebrating new beginnings, Long Beach, CA, 26–29 October, p. 11.

Lyons, J., Kalidindi, S., Lawley, A., Ruff, G., DiNardo, J. *et al.* (1998) 'The NSF gateway engineering education coalition materials project', *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, Seattle, WA, 28 June–1 July (Session 1364).

Maby, E. W., Carlson, A. B., Connor, K. A., Jennings, W. C. and Schoch, P. M. (1997) 'A studio format for innovative pedagogy in circuits and electronics', *Frontiers in Education Conference* 3 (Session S3F).

McClosky, L., Allard, C., Reel, J. and Kaminski, D. A. (2003) 'Incorporating leadership training in a sophomore engineering design course', *Proceedings of the American Society of Engineering Education 2003 Annual Conference and Exposition* (Session 2525), Nashville, TN, 22–25 June.

McMahon, C. J. (1997) 'Development of the "virtual lecture" ', *Journal of Materials Education* 19 (1–2): 87–90.

Millard, D. and Burnham, G. (2002) 'Interactive educational materials and technologies', *International Conference on Engineering Education*, 18–21 August, Manchester, UK (Paper #445).

Ribando, R., Scott, T. C. and O'Leary, G. W. (1999) 'Teaching heat transfer in a studio mode', *Proceedings of the ASME* 364–4: 397–407.

Sanderson, A., Millard, D., Jennings, W., Krawczyk, T., Slattery, D. *et al.* (Rensselaer Polytechnic Institute) (1997) 'Cybertronics: interactive simulation game for design and manufacturing education', *Proceedings – Frontiers in Education Conference* 3: 1595–1606.

Starreett, S. K. and Morcos, M. M. (2001) 'Hands-on, minds-on electric power education', *Journal of Engineering Education*, 90: 93–99.

Terenzini, P. T., Cabrera, A. F., Colbeck, C. L., Parente, J. M. and Bjorklund, S. A. (2001) 'Collaborative learning vs. lecture/discussion: students reported learning gains', *Journal of Engineering Education* 90: 123–130.

Wilson, J. M. (1996) 'Institution-wide reform of undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology', *Proceedings – Frontiers in Education Conference 2, Technology Based Re-Engineering Engineering Education*, pp. 541–544.

Wilson, J. M. and Jennings, W. C. (2000) 'Studio courses: how information technology is changing the way we teach, on campus and off ', *Proceedings of the IEEE* 88 (1): 72–80.