الفصل الأول

التعليم الهندسي وإدراك علم أصول التدريس
ENGINEERING EDUCATION AND THE PEDAGOGY OF AWARENESS

شيرلي بووث
Shirley Booth

مقدمة
Introduction

أتقدم في هذا الفصل ما اعتقد أنه مثمر لأصول علم التدريس[1] كرؤية للتعليم، ويتضمن كذلك بعض الجوانب المعنية في التدريس. إنها ليست رؤية إجمالية للتعليم، وليست، على سبيل المثال، تمس تصميم المنهج التعليمي فيما يتعلق بالمحتوى، أو تقدم نصيحة، من وجهة نظر محددة، للمدرسين تحضهم على مواصلة تدريبهم. ما أود أن أفعله هو توصيف مشاكل تدريس المدرسين، بإلقاء الضوء على تعليم المتعلمين في إطار تغليب الجانب التخصصي، والمؤسسي والتوجهات الوطنية، التي تحدد التعليم الهندسي.

تنضوي الرؤية التعليمية على عدة مستويات. فتختص على المستوى البنيوي الصغير جدا ببناء الإدراك البشري، وكيف يمكن لعلم أصول التدريس أن يعين على إعادة هيكلة الإدراك ليعير الأمر اهتماما أكبر، أما على المستوى الفردي فتختص بالتنوع في معرفة علاقات الناس مع العالم من حولهم. وعلى مستوى علم أصول التدريس والتطبيق في الفصول والمعامل وأماكن العمل فإنها تختص بالتنوع في طرق

التجارب التي تنشأ خلال قياسات ذلك العلم. يمكن توصيف التعلم بأنه تغير طريقة الفرد وخبرته في بعض الظواهر، وأهمية التدريس أن يوجد أوضاعا ترعى هذا التغيير.

الرؤية التعليمية لها جذورها في الدراسات التجريبية لرسم الظاهرة[٢]، حيث يتنوع الهدف من الدراسة باختلاف الطرق التي تواجه علم أصول التدريس وتؤدي به إلى التعديل، وتعتبر تلك النتيجة وصفا تحليليا لتغير دلالات مجموعة من الشرائح النوعية المتعارضة مع بعضها البعض. ويمكن من خلال ذلك العمل التجريبي أن تكون قد برزت نظرية، هي نظرية التنوع، والتي تحول البحث إلى شكل تعليمي يوصل إلى إيجاد ظروف خلاقة للتعليم.

خلفية
Background

يمكن إرجاع أصول المنشأ للتعليم الهندسي إلى جذرين مختلفين تماما. أولهما التعليم التجاري التأهيلي (الحرفي)، حيث يتقدم الأولاد بشهاداتهم للدراسات التجارية المحلية لتطوير معارفهم النظرية والعملية لتكون أدوات لحرفة ما. لذا فإن جامعة شالمارز للتكنولوجيا Chalmers University of Technology في السويد، بدأت في تخصصها الأولي بهندسة الميكانيكا البحرية لدعم الأسطول التجاري في ميناء جوتنبرج Gothenburg، وكذلك فعلت جامعة جورجيا للتكنولوجيا Georgia Institute of Technology بالولايات المتحدة، وبدء الدعم بالهندسة الميكانيكية، من بين عدة أشياء أخرى، في صناعة النسيج. أما نوع الجذر الآخر فهو الجامعة أو الكلية التي تأخذ تدريس العلوم الطبيعية كنقطة بداية وانطلاق والتخصص في تطبيقات للهندسة. وكأمثلة على هذا كلية إمبيريال Imperial college في انجلترا وام آي تي MIT في الولايات المتحدة. هذه المؤسسات الأربعة، كلها الآن مراكز وجامعات بحثية وتعليمية تقدم برامج دراسية لكل فروع الهندسة التقليدية وكذلك في مجالات الدراسة المتعددة التخصصات والتي أصبحت على درجة عالية من الأهمية، ليس فقط في مجال الهندسة

الكيميائية، ولكن في مجال تكنولوجيا الكيمياء الحيوية، وكذلك ليس فقط في الهندسة البحرية ولكن، أيضا في التكنولوجيا البحرية وفن النقل. ويتزايد التوجه نحو إدخال بعض المواضيع الخاصة بالنشاط البشري في البرامج، حيث يتوقع أن يتعلم الطلاب كيف يتواصلون مع الآخرين، لحل المشاكل وليصبحوا مدركين للاعتبارات الأخلاقية لعملهم التخصصي، وليتم إعدادهم لمواجهة حياة رجال الأعمال.

وما كان سابقا لنيل الفرد شهادة الهندسة من خلال برنامج معقد من الكورسات الفنية والرياضيات، قد أصبح الآن يتجه نحو عملية معقدة، ليصبح مهندسا محترفا من خلال تعرضه للكثير من التحديات التقنية والرياضية التي تغطي مجموعة متنوعة من فروع المعرفة والوصول إلى الاحترافية والمجتمع بأسره. وبات على معلمي الهندسة، أكثر من ذي قبل، النظر في العمليات التعليمية التي يتوقعونها من طلابهم وأن تأخذ خطوات مدروسة لينسجموا ويتلاءموا مع بيئات أصول علم التدريس المناسبة والمهام التعليماتية.

نعرض في هذا الفصل رؤية عن التعليم، تدعم المدرسين الذين ينخرطون في التحديات التعليمية، وكذلك العلماء في مجالاتهم البحثية. وهي ليست رؤية سلوكية تركز على تدريب الطلاب للسلوك بطرق محددة عند مجابهتهم بمجموعة محددة من الأجواء. حيث إن مجموعة الأجواء المستقبلية ما زالت غير معلومة بالنسبة للتعليم الهندسي والتخصصات الأخرى، فكان لزاما على الطلاب أن يستثمروا أربع أو خمس سنوات من شبابهم (باودن ومارتون Bowden and Marton ١٩٩٨)، كي يتم التلاؤم مع هذه البيئة المستقبلية. كما أنها ليست رأيا معرفيا، أن ينظر إلى التفكير والعقل على أنه جهاز حاسب آلي يجري العمليات الداخلة والبيانات الآن أو يحفظها لوقت آخر حينما تتوفر سعة إضافية، أو عندما تكون الخوارزميات في العقل كافية ومسؤولة عن إعطاء رد فعل صحيح مبنى على بيانات هيكلية موضوعة في سياق منظور. إن كلا من الرؤى السلوكية والمعرفية للتعليم لها ضوابطها وتحتاج إلى تدريب

نفسي عليها، ولكن ما يحتاجه التعليم الهندسي هو رؤية تعليمية لها جذور انضباطية وتدريب على علم أصول التدريس العالي. إن ما يدون هنا هو المجال المعرفي والبحثي، الذي يتركز على البشر، خصوصا أولئك الذين يتحركون تجاه أهداف شخصية بدعم من مجهودات الهيئات والمدرسين والمعرفة والتدريب .

رؤية لعلاقة التعليم والتدريس
A relational view of learning and teaching

الرؤية التي أعتنقها للتعليم هي التعليم في صورته العميقة، وهي مجرد سؤال عن "فهم" الأشياء بطرق جديدة مميزة تماما، حيث يمكن استبدال كلمة "فهم"'understand' بكلمة "رؤيا"'see' أو "مفهوم"'conceptualize'. هناك طرق أخرى لرؤية التعليم حتى في الحس التعليمي الصارم. فقد يقصد بالتعليم أيضا اكتساب حقائق جديدة أو مهارات أكثر من تلك المعروفة، أو تعلم البرمجة إجرائيا باستخدام لغة برمجة جديدة مثل "أدا" Ada، على سبيل المثال، عندما تكون على دراية ومقتدرا في المبرمجة بلغة باسكال، أو التعلم على التعامل مع إصدار جديد ومعدل لجزء من جهاز. وهذا هو التعلم الذي كالفهم (أو مرادفاته) الذي أركز عليه. ولا يرى التعليم على أنه رد فعل سلوكي للتنشيط، وليس إدراكا يتعامل مع الحسابات والأعداد وبناء بيانات في العقل، بل يرى التعليم على أنه تغير نوعي في العلاقة بين المتعلم وما يتعلمه، والذي يعبر عنه بالانتقال من طريقة رؤية لظاهرة ما إلى أخرى، أو ما يعادل ذلك، أي بكلمات أخرى كلما ظهرت ظواهر للمتعلم في طريقة نوعية جديدة مقارنة بما كان يراه من قبل. فالعلاقة ثنائية — حيث يرى المتعلم الظواهر بطريقة معينة، بينما تبدو الظواهر بطريقة معينة أخرى للمتعلم.

الآن، دعني أتوسع في هذه الفكرة، فغالبا ما نلتصق بالفعل "لنفهم". يوجد في أي موضوع محتوى هام – ظواهر ومفاهيم ونظريات ومبادئ ومهارات – وهناك أيضا طرق إنتاجية متميزة لفهم هذه الأشياء، والتي تكوّن العمود الفقري للموضوع. فعلى

سبيل المثال – بدون فهم واضح ومتعدد الوجهات لمفاهيم علم الحاسب، والذي يعني كيفيا، كيف يمكن كتابة برنامج لاستخدامه، وكيف يمكن تنفيذ هذا البرنامج، وما هي الوظائف التي يفيدنا بها في مختلف البيئات، وكيف يمكن ربط ذلك بالاستقراء التحليلي وهكذا[٣] – سيواجه الطالب أمورا هائلة لا يمكن تبريرها في دراسات علوم الحاسب. وهذا هو ما يمكن أن يعتقد بأنه المفهوم الأولي الاستهلالي threshold concept (ماير ولاند Meyer and Land، ٢٠٠٣)، الذي يرتكز عليه التعليم الناجح للموضوع في المراحل النهائية، والذي يستدعي اهتماما متزايدا من المدرس الذي يكون لدية حساسية للمتطلبات التعليمية لموضوعه أو موضوعها.

هناك حكاية نادرة لحقيقة بديهية، توضح أن الناس تفهم الأشياء بطرق مختلفة، بغض النظر إن كان الجدال حول الهندسة الوراثية للغذاء المطور، أو كيف يمكن تطوير برنامج حاسب يحتاج إلى حل حرفي. ما الذي سيحدث نتيجة للأبحاث التعليمية، هل هو تنوع في طرق فهم الناس لوثيقة ما؟ أم هو مفهوم يمكن تحليله ووصفه بطرق قليلة نوعية متميزة، (مارتون وبووث Marton and Booth ١٩٩٧). وهذا الوصف التحليلي سوف يمكن المدرسين من أن يقيسوا معيارية العلاقة بين الطلاب والظواهر التي يدرسونها، وبالتالي يصيغوا الأهداف، ويقدموا تغذية ارتجاعية، ويقيموا التعليم ليتماشى مع خط انتقال فهمهم نحو الأهداف المطلوبة.

ولنستمر مع المثال السابق (مع الاعتذار لهؤلاء الذين لم يقوموا بتشغيل البرنامج)، من خلال الطلاب في عمليات دراسة تقنية البرامج الوظيفية (بووث ١٩٩٢). وجد أن هناك ثلاث طرق متميزة للفهم، الأولى، أن هناك قالبا مزودا ببيئة البرنامج يمكن من كتابة البرنامج طبقا لقواعد محددة كطريقة لاستحضار برامج تكرر وظائف محددة تفي بأهمية التفاعل، والثانية كإنشاء أرضي تم بطريقة حسابية يستخدم مرجعا ذاتيا مبنيا على حالة أساسية كحالة الوقف. يمكن رؤيتهم بصورة شاملة متنامية ومعقدة بصورة متزايدة، أما الثالثة فهي طريقة مبرمج ذي خبرة (ومدرس) قادر على

فهم المرجعيات والأمور التي بها تعميم من خلال أساسها الرياضي وتطبيقها على البيئات المبرمجة الأخرى، ومع أن الثاني - في معظم الحالات العملية - يكون كافيا للقيام بعمل جيد في كتابة البرنامج. فيكون الأول بسيطا وساذجا لما يعمله، ولا يجهز الطالب لمستقبل بتحديات غير معلومة، غير أنه يكون قد أوقعه أو أوقعها في مصيدة أو ضمن نطاق مسائل كتاب المقرر الدراسي التي يمكن حلها مباشرة وببساطة[٤].

آمل أن يكون المثال المذكور لطرق الفهم المرجعية قد وضح أن هناك ليس فقط طرقا مختلفة نوعيا للفهم، لكن هناك تباينا حرجا بين هذه الطرق، يؤثر على تطوير الفهم من طرق قليلة الإنتاجية إلى طرق وافرة الإنتاجية. وهكذا، فإن بين الأول (القالب template) والثاني (التكرار repetition) تميزًا من حيث استحضار المشكلة للتركيز عليها لتفسيرها وحلها (بخلاف البرنامج المطلوب كتابته طبقا للقواعد). وبين الثاني والثالث (تكرار ذاتي self-repetition) يكون التمايز، بين البرمجة المشجعة للطالب على الاكتشاف (المناسب لهذه البيئة) والطريقة الرياضية المرتبطة بالمفاهيم (وعليه تكون قابلة للتعميم).

ولتعميم ذلك نوعا ما، ننظر أولا، فنجد أن طرق الفهم أضحت أكثر اتساعا وقبولا ومبنية على المفاهيم أكثر، وعلى المرجعيات وعلوم الحاسب والهندسة عموما. علاوة على ذلك، فإننا نرى أن كل واحدة تخبر بإسهاب كلي أكبر: في البداية فقط عن فن كتابة البرنامج، ثم استحضار أصل المشكلة للرؤية، ثم الرياضيات التي تدعم البرنامج الوظيفي (والذي يمثل متانتها العظمى)، ويدمج كل ذلك معا[٥]. ويعتبر تنوعا طرق فهم المرجعيات، تنوع في طرق تجسيد المفاهيم عموما، والأجزاء ضمن هذا الكل، والعلاقة بين هذه الأجزاء.

نستطيع أن نقول إن الفئات تعكس طرقا نوعية متباينة من إدراك طبيعة التنوع. وهنا "الإدراك" يعني، أنه بعيد عن كل الإشارات التي تصل إلى الطلاب، في عملية المرجعيات، تصبح محورية وكل ما هو مرتبط بهذا المحور. بمجرد جلوسك وقراءتك

لهذا الفصل قد تركز على عدد من التوقعات آملا في البحث عن معناها، وبرغم ذلك قد تركز على، مثال، طرق الطلاب في فهم التنوع، أو ماذا سيقال عن المبادئ التي تؤسس لهذه الرؤية في التعليم، والتي تشبه الرجوع والتحول فيما بين المثال والمبادئ[٦]. وحيث إن السياق الذي تقرأ فيه هو سياق محدد، فإذا لم تكن محظوظا بصورة كافية لقراءته لاختبار لديك غدا، على سبيل المثال، فمن الممكن أن تقرأه بطريقة مختلفة، حيث تركز على توقعات مختلفة أكثر من أن تقرأه للاستمتاع كمتعلم متخصص في التعليم الهندسي. والطالب الذي يعمل في مسألة نمطية نصف محلولة من كتاب مقرر، تتضمن تنوعا، فمن المحتمل أن يستفيد خبرة تنوع بطريقة مختلفة، عما إذا كانت المسألة مرتبطة بالخبرة الشخصية وتتطلب حينئذ درجة من التفسير.

النقطة التي أتحدث عنها في علم أصول التدريس هي الرؤية المبدئية. والتعلم يأتي لفهم شيء ما بطريقة نوعية أكثر تحقيقا للهدف. وهذا هو المطلوب لزيادة الإدراك وقبول الأمر كله بصورة أكبر، ورؤية أجزاء كثيرة داخل الأمر الكلي، وبناء علاقات قوية بين تلك الأجزاء. ويمكن التركيز بصفة خاصة على المفاهيم الحرجة. ويلاحظ في كل ما كتبت ،أنني كنت دائما أتفادى الربط بين طريقة فهم معينة لطالب بمفرده. لأن الفرد يمكن أن يكون قادرا على طرق للفهم تفوق تلك الموضحة ضمن سياق محدد، والمرتبطة بطبيعة الإدراك المعتمد عليه للسياق. حيث يتطلب التعليم أيضا مواكبة لطريق فهم المحتوى المناسب.

المفاهيم الأولية للتدريس
Teaching threshold concepts

الآن، وقد وضعنا الخطوط الرئيسة لرؤية تعليم الطلاب، فإن التدريس يمكن أن يأتي للنقاش. القاعدة الأساسية في التدريس هي في استحضار التوقعات الهامة (الحرجة) للمادة التي لها أهمية في بؤرة الاهتمام، وبصفة خاصة في تصميم المهمات،

سواء كان ذلك من خلال المحاضرات أو المعامل أو المشاكل أو المشاريع، وإعطاء تغذية راجعة عليها، بمساعدة المعمل أوحل التمارين أو من خلال التقييم. لذا فإن هناك مهمتين جديدتين- ثقيلتين- سيتم إعطاؤهما للمدرس، وهي: اكتشاف وتحليل ووصف الطرق الكيفية المتنوعة التي يمكن أن تفهم بها المادة، وتصميم المهمات التي تدعم انتقال طريقة فهم معينة لأخرى أكثر وضوحا وتركيبا وشمولا.

تأتي المهمة الأولى حقيقة، بصورة طبيعية أكثر أو أقل، من خبرة المدرسين. فهم الذين يعرفون ما يحتاجه الطلاب والطرق التي يجب أن يفهموا بها، كي يتقدموا في مادتهم بالرغم من الصعوبات التي قد يواجهونها لتوضيح ذلك، بدون تشجيع وتحد لفعل ذلك. سل نفسك، ما الذي يجده طلابي للسنة الأولى صعبا كي يفهموه، ما الذي يميز طرق فهم هؤلاء الطلاب ويظهر بوضوح نقص فهمهم عن هؤلاء الذين يفهمون بوضوح، ما هو الشيء الهام لأسلوب الفهم الذي أريده للطلاب لأكون قادرا على أن أستمر في تطويرهم في مواد أخرى أو مواد لها علاقة بمواد التخصص في المستقبل. ما العقبات في الفهم التي يصعب التغلب عليها؟

وبالقيام بتحليل هذه المفاهيم الحرجة، يمكن أن يصبح لديهم تركيز لمجهود التدريس في المفاهيم على المستوى الدقيق جدا ومهمة التعلم. لو أن أشخاصا أجانب من كواكب آخر هبطوا على الأرض وأظهروا أنفسهم على أن لديهم إحساسا فيزيائيا للألوان، لكن ليس لديهم مفهوم الألوان، كيف يمكنك تعليمهم أن يفرقوا بين اللون الأحمر وغيره من الألوان؟ طريقة واحدة للقيام بذلك وقد تكون الأوضح، أن تريهم أغراضا لونها أحمر وتخبرهم أنها حمراء. وهذا يمكن أن يؤدي بهم إلى الربط بين ما هو أحمر ومفهوم اللون الأحمر. لكن هل يمكن أن يفرقوا بين الأحمر وغيره من الألوان الأخرى؟ ليس قبل استيعاب الفرق بين الألوان. وهذا هو الجهد التدريسي بإحضار اللون الأحمر لإدراك الأجنبي، وفي نفس الوقت وجود ألوان أخرى، حيث يجلب التمييز إلى بؤرة الإدراك. الآن، دعنا نأخذ الغرض ليكون لبنات طوب الأطفال متنوع

الألوان بما فيه اللون الأحمر. ما هو الأكثر فاعلية، أن تظهر اللون الأحمر وحده بدلالة الطوب بشكل واحد وحجم واحد مقارنة بالطوب الأزرق والأخضر والزهري لمختلف الأشكال والأحجام؟ أليس لذلك خطورة، أن الشكل والحجم المحدد مشترك مع الأحمر، وبتلك الوسيلة فإننا نفقد التعميم. أليس من المؤكد أن مشاهدة مختلف الأشكال والأحجام مع بقاء اللون الأحمر كمعلم أساسي هي طريقة الإدراك الكلي للون الأحمر. لو تابعنا مع الورود بمختلف الألوان والأشكال يضاف تأثير آخر، وهذا يوجد تنوعا وثباتا variation and invariance، وهذه هي النقط الأساسية هنا. بحيث إن مفهوم اللون الأحمر يأتي في مرتبة الإدراك البؤري بتعرضه لدراسة متأنية تشمل التنوع في الحجم والشكل والنوع بالنسبة لغيره من الألوان الأخرى، بينما تظل خاصية الاحمرار في اللون متفردة.

هكذا يمكن التعامل مع تصميم مهمات التعليم أو تتالي المهمات. بحيث يمكن تحديد الجوانب الحرجة لظاهرة عرفت على أنها هامة للتعلم، وكذلك الأمر بالنسبة للتدريس فيمكن تصميمه بحيث يكون اعتبار الظاهرة المعلومة هامة للتعليم. وبالتالي، فإن التدريس يمكن تصميمه بحيث يمكن وجود جانب معين بينما تظل تتغير الجوانب الأخرى للظاهرة. وبالرجوع إلى المثال المرجعي، لكي نعزز الانتقال من التصنيف الأول للتصنيف الثاني للفهم، يمكن إجراء تمرين، أو يمكن إعطاء أمثلة عملية في المحاضرة لتفسير المشكلة بدلالة تكرار نوع واحد أو آخر، والتركيز عليه، بينما تظل صفة وشكل الحل في الخلفية لدى الطالب. وللانتقال من التصنيف الثاني للتصنيف الثالث نحتاج إلى العمل بعدد من البرامج، بحيث تكون الطبيعة المرجعية الذاتية للوظيفة، والنتيجة، للوصول للحالة الأساسية في بؤرة الإدراك خلال تنوع الصفة واللفظ (القالب وأشكال التكرار) كمعلم للبرنامج.

يمكن أن نفكر في هذه الأمثلة بدلالة أبعاد التنوع، إذا كان اللون في عمق المثال أو جوانب كتابة أصل البرنامج في المثال الأكثر تلخيصا، أبعاد التنوع هي معلم الفصل

التنوعي للظاهرة (اللون، جانب في إنشاء البرنامج) الذي يمكن أن يؤخذ كمعطى من المعطيات أو أمر محل تدبر وتفكير. ومن الضروري للتعلم (بالرغم من أنه بالتأكيد ليس كافيا) أن يرتقي التدريس بالأمر المعطى للإدراك البؤري ويفرض التنوع الذي يفتح طرقا مترادفة للفهم.

هذا الدرس في التنوع، هو درس قيم، ليس فقط من ناحية تصميم المهمات التعليمية في مجال النقاش أو الإخبار بالظاهرة بل يوجد حيز لدعم التعليم بدرجة قد تزيد أو تقلل من أشكال الشرح المستخدم أو النقاش. دعنا ننتقل إلى مجال الفيزياء، الميزة الفعلية لكل ظاهرة فيزيائية، أنه يمكن التعبير عنها بصورة رياضية، وكذلك معظم الجوانب الفيزيائية يمكن التعامل معها. بالنسبة للمهندسين يمكن استحضار الفيزياء لدعم التطبيقات، وهي تقنية وليست رياضية. وتؤيد الأبحاث– التي كتبها حديثا كل من "انجرمانو" و" بووث" عام ٢٠٠٣ عن طرق تمت دراستها في شرح الفيزياء من قبل طلاب الفيزياء والباحثين الفيزيائيين– تضمين هذه الطرق في التدريس والتعلم بناء على نتائج هذه الدراسة.

تم تحليل أربع طرق تعتمد على الفيزياء من النتائج المتجمعة من خلال سؤال طلاب متقدمين ليضعوا حلولا لمشكلة معلومة في الفيزياء الكمية، وطلب من الباحثين أن يبحثوا في هذه المشكلة، على أن يتم تناول المشكلة بأي مما يلي: (أ) على أجزاء، (ب) من وجهة نظر أحادية، (ج) من وجهة نظر متعددة، (د) من خلال السياق. الأولى تمت ملاحظتها من قبل الطلاب فقط، ويتم القفز والتنقل فيه من فكرة لأخرى دون خط مفهوم للاتفاق فيما بين الأفكار، وبهذه الطريقة يصعب أن يوصى بالتدريس. الأخرى، (ب) تمت رؤيتها لكل من المجموعتين المشاركتين (الطلاب والباحثين)، بينما كانت أكثر آراء الباحثين تتركز على (ج)، و(د). أما بالنسبة للطريقة (ب) فإنها تصف تماما بحثا شخصيا من خلال استعراض طويل للحكاية في حالة فردية، مثل معادلة رياضية أو معدة فنية، دون ربطها بمشكلة فيزيائية تحدث في قلب العمل. وبالنسبة للطريقة (ج)

فإنها، على العكس، تنتقل بين خلفية الموضوع إلى نهايته بين احتمالين للبحث. قد توجد فيزياء تنم عن الإحساس الكيفي بالمشكلة والرياضيات، بحيث يمكن أن تضع معادلة لهذا الأمر، وعندها يكون هناك سيل من المراجع بين خطى النقاش (المشكلة والصياغة الرياضية لها). أما بالنسبة للطريقة (د) فإن الظاهرة البحثية تعرض خلال محتويات مختلفة، لأنه يمكن رؤيتها من اتجاهات متعددة.

يعطي، ما سبق مؤشرا لطريقة العرض والشرح لتقديم المشكلة، بحيث يعرض فرص أكثر أو أقل للطلاب ليكونوا رؤية راهنة لفهم مفتوح، مبنى على دفع عملية التنوع. كل من (ج)، و(د) يعرضان هذا الدفع[٧]. وما دام هناك انتقال في وجهات النظر والمحتوى، فإن ذلك يؤدي إلى تركيز على المعرفة الحرجة الهامة، والمفاهيم المبدئية بدلا من العشوائية.

معرفة ماذا تم تعلمه

Finding out what is learned

حتى الآن، تم الأخذ في الحسبان فقط، ما يمكن أن يفعله المدرسون كي يدعموا بناء فعليا لإدراك طلابهم للمواضيع التي يدرسونها ويضعوا مميزات خطيرة لمعارف هامة في بؤرة اهتمامهم. والوسيلة لذلك، تؤسس على كشف التنوع في الأبعاد التي يتحصل من خلالها على المميزات. ولكن إلى هذا الحد، فإن لدي سؤالا هو: هل يمكن تكييف مواد الدراسة ككل مع هذا الأمر؟ والبرامج الكلية لتطوير التخصص التي يرتبط بها التعليم الهندسي؟

في الحالة المرجعية - التي لا أنوي أن أجهد نفسي فيها أكثر - عرضت وصفا تحليليا عن التنوع في طرق الفهم (أو الخبرة)، والفكرة حينئذ كانت الإشارة إلى الاختلاف الحرج بين أصناف ثلاثة يتألف منها الوصف. والطرق المقترحة تظهر من خلالها هذه المزايا الحرجة، مادة للتنوع في التدريس. فالمتعلم تعليما هندسيا يحتاج أولا

أن يعرف المعلومات الهامة، وما هي المواصفات الأولية للجودة. ويمكن أن يكون هذا الأمر – طبقا لأوليات التفاضل – تكاملا *integration* والذي يمكن أن يفهم بعدة طرق، حيث إن البعض منها يكون أكثر نفعا ومناسبة من البعض الآخر، في معالجة المعادلات التفاضلية. ويمكن أن يكون في علم البيئة "الطاقة" *energy*، وهي مفهوم شاق يصعب تصوره في أفضل الأحيان، لكنها تكتسب أهمية بالغة في أجواء خاصة في منظومات البيئة المغلقة (كارلسون Carlsson ١٩٩٩). يمكن من خلال فكرة النموذج a *model*، في عدة مجالات في الهندسة، تشخيص المشكلة، ويمكن للطلاب أن يخلطوا في التطبيق بين النموذج وبين الظاهرة التي تمت نمذجتها، وبالتالي يختلف هذا من مجال لآخر. هذه المفاتيح والمبادئ الأولية تثري الجهد التدريسي بصورة إضافية لتدعم الطلاب في الفهم عبر مجال دراستهم.

هناك طرق عديدة يمكن من خلالها أن يجمع ممارسو التدريس دلائل على تنوع طرق الطلاب في فهم مفاتيح الظواهر. تبتكر الاختبارات التشخيصية والمستندات لتحليل ذلك من خلال: – أسئلة امتحانات، لدراسة فهم مادة الاختبار ولمعرفة مدى الانحراف عن معرفة الأسئلة المحيرة. الأسئلة التي تأتي بعد المحاضرة مباشرة، يمكن جمعها وتحليلها مثلا بطريقة "تشويش الخطط" التي تم اختراعها في ام آي تي MIT (هال وآخرون Hall *et al.* ٢٠٠٢). ويمكن تنظيم الأمور التي لها علاقة بالموضوع، بحيث يجد الطلاب الوقت لمناقشة التصورات ويضعون التقارير حول الاختلاف في طرق الفهم التي يكتشفونها في المجموعة (سيفنسون وهوجفورز Svensson and Högfors ١٩٨٨)، ويمكن دمج البحث التعليمي الذي يربط بين معظم الدراسات النظامية لتحقيق أغراضهم. إلا أن أكثر عامل مهم في هذه الأمور هو وضع المنظور النقدي (الحرج) في صورة بيانات متجمعة: حيث أساس المنظور النقدي يرتكز على معرفة واعية وعميقة للمجال وعلى عقل مفتوح لتنوع الخبرة التعليمية.

تبني مناهج ذات مغزى للتعليم
Fostering meaningful approaches to learning

يتم تبني الرؤية التعليمية الكلية بأصولها المنهجية التجريبية البحثية لدراسة تعليم الطلاب بصورة كلية مجتمعة، هذه الظاهرة تعرف برسم أو مخطط الظاهرة (مارتون ١٩٨١، ومارتون وبووث Marton and Booth ١٩٩٧) ونظرية التنوع الطارئ (مارتون وبووث Marton and Booth ١٩٩٧، وبودن ومارتون Bowden and Marton ١٩٩٨، وبانج ومارتون Pang and Marton ٢٠٠٣). كما أن البحث التجريبي الأولي هو عبارة عن دراسة لكيفية تعامل الطلاب مع مهامهم التعليمية وبأي نتائج (مارتون وآخرون Marton *et al.* ١٩٩٧). أصبح العائد الجوهري من هذا البحث معروفا. وهو يشير إلى منهجين متميزين لتعليم المهمات: **المنهج السطحي surface approach**، والذي يتم فيه التركيز على المهمة كما هي، موضحة على الإشارة، وفعل ما تنادي به المهمة ظاهريا في الحالة التعليمية؛ **والمنهج المتعمق deep approach**، ويركز على المعنى الدفين في المهمة، الذي يجسد فحوى المهمة، وذلك من خلال المعرفة السابقة والخبرة. ولا يوصف هذان المنهجان منفردين للطلاب، لكن تكون نتيجة تفاعل الطلاب بالمهمة وفي المحتوى التعليمي المكتسب. لذا قد يأخذ الطالب (وبدون اختيار) بالمنهج المتعمق في المهمة بمصلحة ذاتية، حيث يشعر أن المدرس سيكون انطباعا معينا عنه، أو عندما يستدعي المنهج المشاركة في صلب الموضوع. وقد يأخذ ذات الطالب، بالمنهج السطحي، في المحتوى غير المؤكد، وعندما تبدو المهمة تعسفية أو مزدحمة، حينما يكون برنامج الطالب مزدحما والوقت قصير.

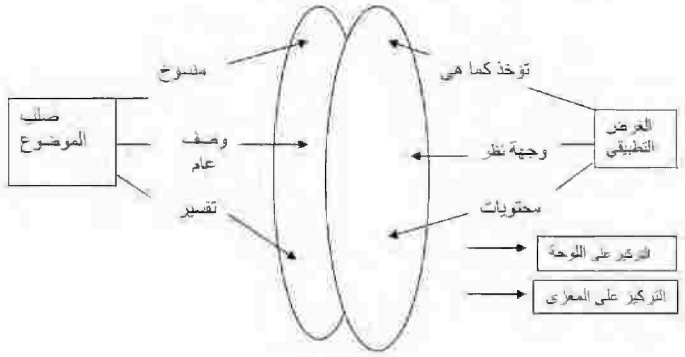
تبني كل مهمة له أهمية مبدئية، حول المتطلبات والقيود، لكن الأمر الأكثر أهمية في هذه المناقشة يدور حول العلاقات بين المعرفة السابقة والأهداف المعرفية المستقبلية. وعادة تظهر الأسئلة في المقابلات بين الطلاب والمهام التعليمية، حيث تدور هذه الأسئلة حول، ماذا يتوقعون مني هنا؟ أو حول، ماذا يعني هذا وما الذي يتضمن

هنا؟ وفي كلتا الحالتين يستخلص الطالب معنىً من المهمة، لكن بدون احتكاك مع المادة، أو يسأل للفهم بعمق، المدرس الذي يخلق إحساسا بالفضول في ماذا يكون العائد من الفهم، وهو في طريقه خلق فهما عميقا للمهمة القادمة.

هذا جيد بصورة كافية، لكن الدراسات الأولية (مثلا سالجو Säljö ١٩٧٥) – والعديد منها منذ ذلك الوقت، إضافة للتطور النظري (مارتون وبووث Marton and Booth ١٩٩٦) – أوضحت بحسم أن المنهج المتعمق يختص باستيعاب الملامح الحاسمة للموضوع، بينما يعتبر المنهج السطحي استجابة مؤقتة لوضع راهن، ويوفر معرفة تكون غير مفهومة بسهولة وتنسى بسرعة. ويجدر الإشارة إلى أن المنهجين السطحي والمتعمق هما مصطلحات عامة وأنواع انفرادية للمهمة (قراءة، وحل مشكلات، وعمل معامل، والقيام بمشاريع في الصناعة)، وكلها لها أشكالها الغريبة التي يمكن متابعتها وملاحظتها وتحليلها في موضعها. فكتابة برنامج كمبيوتر، على سبيل المثال، له أربعة مناهج متمايزة، اثنان منها عميقة واثنان سطحية (بووث Booth ١٩٩٢).

إن طبيعة المهمة والمحتوى الذي يتضمنها، تحكم على فهم مجال المعرفة الذي يعرض على الطلاب. وقد أجريت دراسة تشرح هذا الأمر (لاندستروم وبووث Lundström and Booth ٢٠٠٢)، في دورة لتقوية مواد اللدائن بواسطة مدرس، لمادة العلوم. وشعر المدرس أن طلابه لم يفلحوا في استحضار أشكال متنوعة للتقوية – النظرية الأساسية – وطرق التصنيع وخواص المواد الأساسية ككل، حيث تمت الاختيارات على طرق مناسبة لأغراض التصنيع بخواص محددة. ولم يستطع نظرا لمتطلبات الدورة والدورات الموازية الأخرى، أن يقدم المشاريع التي يحبها، مما جعله يتبع منهجا آخر، يوجب على الطلاب التعامل مع مادة الدورة بصورة محددة وبهدف تطبيق منفرد يمكن تصنيعه من المادة التي يتم دراستها، مثل تصنيع خوذة أو شاحنة أو سارية علم أو هزاز أنف مخروطي، وأن يعلقوا بنظرة انتقادية عن صلة بالموضوع. وجمعت هذه التقارير بواسطة البريد الالكتروني، وبعد دورة كهذه، تم ابتكار نظام

وقاعدة للتصحيح وتوفير طريقة معقولة للتغذية المرتجعة لاستخدامها في دورة معادة. وأوضح التحليل، الذي أعد بعناية (بمساعدة منحة جامعية)، ثلاث طرق نوعية مختلفة لكتابة التقارير بالبريد الالكتروني، (الشكل رقم ١,١).



الشكل رقم (١,١). طرق الربط بين صلب موضوع المقرر في تقوية مواد اللدائن بغرض تطبيق معين.

تمت معالجة الغرض التطبيقي *application object*، بطرق نوعية ثلاث، عبر عدد واسع من التقارير المكتوبة، من جهة أولى، وهي:

- يمكن أن تؤخذ كما هي، دون اعتبار للدور الوظيفي المحتمل أو الأشكال.
- يمكن أن تعالج من مناظير متعددة للوظيفة والشكل.
- يمكن أن توضع في محتويات مختلفة، لتوضح الاحتمالات المطلوبة لمختلف الوظائف والأشكال.

وتمت معالجة صلب الموضوع *subject matter* أيضا ، من جهة أخرى، خلال ثلاث طرق نوعية أخرى، هي:

- يمكن أن تكون قد نسخت في التقرير من الكتاب المقرر أو مذكرة المحاضرات.
- يمكن أن تختصر على هيئة وصف عام.
- يمكن أن تفسر في ضوء الغرض والوظيفة والشكل الذي يتم اعتباره.

يمكننا بمساعدة رسم الظاهرة المتبصر، وصف المنهجين المكافئين السطحي والعميق، في هذه المهمة المحددة. فالمنهج السطحي يركز على الإشارة كما يتضح من التقرير، حيث تم نسخ الموضوع أو اختصاره، وهذا يرتبط بالغرض التطبيقي الذي يتم أخذه كمنحة. بينما يركز المنهج العميق على المعنى والتفسيرات للموضوع وعلاقة ذلك بالغرض التطبيقي، وقد يعتبر من التصورات المختلفة أو يعتبر من المحتويات (النصوص) المتنوعة. يمكننا في الحالة الأولى، أن نقول بأن إدراك الطلاب لم يتحرك خلال المهمة، بينما في الثانية كان هناك في التنوع استحضار التوقعات الحرجة للموضوع في بؤرة التركيز.

يبين هذا الرسم البياني فهما لما يدور حوله الطلاب في المهمة التعليمية، ويمكن إعطاء رد فعل ليس فقط على محتوى التقرير، ولكن أيضا على الطرق التي يمكن بها تحسين المنهج لتحسين الفهم.

تشكيل الصورة الكلية
Constituting the whole

تم سابقا إعداد المرجع الحالي للشكل المناسب للمهمة التعليمية، ولكن لا يتم تشكيل التعليم من مهام تعليمية منعزلة. تتكون المهمات التعليمية في معظم البرامج التقليدية للدراسة من دورات، يتم إجراؤها في مجموعات متوازية ثنائية أو ثلاثية أو رباعية. وتعطى في هذه البرامج التقليدية، الدورات بواسطة مدرسين من هيئات مختلفة حسب تصورات أطر عملهم، وعلى الطلاب أن يركزوا على الدورة التدريبية ليتعلموا مادة تخصصية، ثم ينتقلوا لدورة أخرى، لتتكامل المواد ككل بصورة مترابطة. في البرامج التي تم شرحها في أول هذا الفصل، تم وضع مجالات جديدة مع الاهتمام الكبير بالعلوم الطبيعية والاهتمامات الهندسية البشرية. ويتطلب هذا النظام بناء برنامج للمدرسين ليفهموا نقاطا مبدئية أخرى. وتكون النقطة المبدئية المشتركة لعموم الطلاب – والتي غالبا ما تهمل – هي خبرة الطالب الشخصية وما تشكله الصورة الكلية.

تم إعداد دراسة حول كيفية تشكل خبرة الطالب ككل للهندسة الفيزيائية، قام بها (بووث وانجرمان Booth and Ingerman ٢٠٠٢)، يمكن أن تخدم في شرح التخصصات التي يعدها المدرسون، بناء على المنظور الواسع في علم أصول التدريس، لدعم إدراك الطلاب لتطويرهم التخصصي. وتأتي هذه الدراسة على خلفية الانخفاض المفاجئ والشديد للسنة الثانية من البرنامج الذي يتكون من أربع سنوات ونصفا. والذي يعتقد أن يكون نتيجة تحميل مواد ودراسات إنسانية كثيرة، وحل المشكلات في السنة الأولى المثقلة أصلا بالمقررات التعليمية. ويبقى هذا مجرد تخمين، لكن الذي يعول عليه أن الدراسة أصبح لها معنى.

تمت مقابلة وسؤال الطلاب على مختلف درجاتهم (بمختلف المستويات)، وذلك من خلال عدة أشياء، ليوضحوا كيفية العلاقة بين ألـ ١٦ أو ١٧ مقررا courses التي أخذوها. والتحليل الخاص بست طرق نوعية مختلفة، فقط، هو الذي أيد ذلك. وأوضحت مجموعة واحدة من الثلاث مجموعات عن المقررات بأنها (أ) أجزاء معرفية مغلفة ومعزولة، (ب) تم طلب هذه الأجزاء، (ج) ثبتت الأجزاء معا. وأن "الجزئية" هي الطبيعة المسيطرة على المقرر أو الدورة، ووجدت اهتمامات المدرسين في تقديمها أو وضعها في أمر جزئي أو تثبيتها معا في طريقة معدة من ذي قبل، وهذا هو ما يمكن اعتباره بالصورة الكلية. وعلى العكس من ذلك، فإن المجموعة الثانية من الثلاث مجموعات كان لديها إحساس أكبر بهذه الأجزاء (التبعيضات) والعلاقة الداخلية بينها وتتحدث عنها على أنها (د) شبكية ويعاد ترتيبها ومتكاملة عند الفهم، أو (هـ) تأتي معا كهدف معرفي واحد، وفي النهاية (و) تصبح هدفا معرفيا مرتبطا بنفسه وبعالم الفيزياء.

يتوفر لدينا مخطط لطرق نوعية مختلفة لصناعة الإحساس الكلي لبرنامج الهندسة الفيزيائية. وأكبر مزاياه المتقدمة استحضار الفيزياء في الذاكرة بطريقة ما، كما هي في الصورة، أما بالنسبة للجزء الثاني، فهو الخاص بالتخمين، واهتمامات المدرسين ومحاولة تثبيت الأجزاء المحيرة المفككة معا. رأينا الشرائح الستة كأنها متجمعة معا،

والآن جميع الطلاب، في الغالب وبالتأكيد، يفركون أدمغتهم حول، كيف يمكن لبعض المقررات (الدورات) أن يكون لها علاقة بالمقررات الأخرى أو بالمهن المستقبلية (وقد تكون هذه أحجية للمدرس أيضا)، لكن بعض الطلاب أوضحوا قدرتهم على النظر البعيد من النظرة الحائرة الحالية إلى البرنامج، وركزوا أولا على بحث نقاط التماس في فهمهم لمختلف الأجزاء ثم استحضارها على شكل علاقة لينموا الفهم حول ماهية شكل الفيزياء الهندسية.

هناك أيضا خيط للنقاش، وهو ماهية الموقف الأخلاقي للطلاب بالنسبة لمدرسيهم وتعلمهم. فبالنسبة للمجموعات الثلاث الأولى لطرق خبرة السنة الأولى (أ، وب، و ج)، أن السلطة تقام بحزم مع المدرسين، ومسؤوليتهم تجاه الطلاب تكون، بأنهم يجب أن يتعلموا. بينما المجموعة الثانية (هـ، و و، و ز) بينت بأن مسؤولية التعليم تتم بتغيير يأتي من الطلاب أولا بحسب درجة البرنامج، وفي النهاية بالفيزياء كنقطة مرجع. وحتى هنا يوجد شمول في الفئة الأخيرة – حيث إنه من المستبعد نزع السلطة كليا من جميع المدرسين، ولا يكون ذلك إلا بواسطة الطلاب الذين ينفرون من البرنامج – ولأسباب معينة – لكن ليس كل الطلاب يرون الإحساس بالذاتية والاستقلال.

عندما نرى التحول في إدراك الطلاب بأنفسهم لمحتوى دراستهم والعالم المفتوح للفيزياء الهندسية على أنها مهنة، عندئذ نستطيع أن نقول بأن أبعاد التنوع قد انفتحت من الشيء المعطى كفرض. وأن المدرسين يروون كل شيء على أنه حق، إلى التحقق من أن الطريق مفتوح لهم للسؤال عن افتراضاتهم وللسيطرة على صناعة إحساسهم، لتتجه وتتضمن مستقبل الفيزياء الهندسية في عملية صناعة الاحساس.

يمكن أن يكون المعنى المتضمن من التدريس على مستويين: الأول، أن على المدرس أن يصف المشكلة ككل بحيث تثبت عندهم أجزاؤها. وينظر إليها على أن لدى الطلاب خطاطيف (شباك) تصورية تمسك بها. قد يكون سؤال لمدرسي الرياضيات، يتناول الظاهرة كفرع أو مواد هندسية جزئية كنقطة بداية لتطويرهم نظريا، وكمصدر

للمثال والمشكلة، أو قد يكون مدرسو الأشياء الصغيرة جدا لمجال مرتبط بنماذج لهم وتجارب لاعتبارات ميكروسكوبية، سواء كانت خلفياتهم هي المرجع لدراسة المادة أو مستقبلا على شكل أسئلة، يوما ما سيتعاملون معها. لكنها تتطلب الزمالة بين المعلمين من خلال التخصصات، مع التركيز في التدريس، ومع الإطار النظري التربوي لتوضيح الأسئلة والتجارب المتنوعة.

الأمر الثاني، يحتاج المدرسون إلى تشجيع الاستقلالية عند الطلاب من خلال دراستهم من البداية. هناك افتراض عام أن الطلاب يحتاجون أن يتخصصوا في عملهم الأساسي قبل أن يبدؤوا في علاج المشكلة الأصلية، ويمارسوا المشروعات. لكن هناك عددا من الابتكارات مثل المشكلات - الأساسية ومن خلال المشروعات- توجه توجها منهجيا بغرض الدراسة، مثل الأسئلة والافتراضات. ويمكن رؤية التعليم على أنه دعم زائد - بمزيد من السعادة - يرتبط بحل المشاكل. هذه الأسئلة ليس لها إجابة في مادة الدراسة الحالية ولا تنتقص من مزايا الاكتشاف المتحققة على المدى البعيد. وتحتاج هذه الاستقلالية إلى أن تشمل بالطبع الأهداف والتوصيف- فيما يخص الأهداف والامتحانات - كي يكون مقنعا بوضوح لدى الطلاب للرؤية والفهم.

الاستنتاج
Conclusion

حاولت هنا أن أخلص في صفحات قليلة بعض الأفكار في التعليم والتدريس، أدمجت من خلال البحث التخصصي من رسم الظاهرة، لكل من الدراسات التجريبية والنظرية المتطورة لتدعم ذلك. وهذه الأفكار قد تكون غريبة بالنسبة لبعض مدرسي التعليم الهندسي، لكني أسألهم أن يقيسوا خبرتهم التدريسية مع الأفكار التي في عقولهم وينظروا إن كان هناك نقاط التقاء بينهما. أشك، أن يكون هذا. وبالنسبة للمدرسين الذين يسهم هذا الكلام، أسألهم أن ينشئوا ويوضحوا خبراتهم ويتعاملوا معها بأطر مشابهة ليشاركوا بمجموعة من المعارف العلمية التي تساعد زملاءهم في استخدامها.

ملاحظات

Notes

١- استخدم علم أصول التدريس في هذا الفصل ليوضح أنواعا معينة من المقابلات بين الطلاب والمدرسين والمعارف، حيث مجال الاهتمام بالتعليم. نعني هنا، أن التعليم أقل شمولا من أن يحوي هيئات وسياسات وقوانين منظمة واحتياجات ومتطلبات المجتمع مثل علم أصول التدريس.

٢- كتاب التعليم والإدراك *Learning and Awareness* الذي كتبه فرانس مارتون Ference Marton وأنا (مارتون وبووث ١٩٩٧)، يمكن أن يشير إلى تفصيل كثير من الخطوط العريضة النظرية التي يركز عليها هذا الفصل.

٣- للتزود من هذا الموضوع يرجع إلى (بووث ١٩٩٢).

٤- الطرق النوعية المختلفة التي يفهم الناس من خلالها الطعام المعدل وراثيا متروكة للقارئ للتحليل والوصف (من المفضل أن تكون على الأساس الذي تتجاوزه أو تكون ضده).

٥- الدراسة المشار إليها في الدورة التدريبية تتعمد تجنب مناقشة التنفيذ، وبلغة أخرى هذا سيأتي في طور آخر بالتأكيد، في صورة كلية بمفاهيم مثل البيئة والتكدس.

٦- يوصف ما الذي سوف نقدمه كمنهج عميق للتعلم من خلال قراءة النص.

٧- لا نعني أن (ب) يجب تجنبها بإعطاء فرصة للنقاش المتماسك من جانب واحد أو آخر للتركيز على هذه الظاهرة.

المراجع

References

Booth, S. (1992) Learning to program: a phenomenographic perspective, Gothenburg: Acta Universitatis Guthobergensis.

Booth S. and Ingerman. A. (2002) "Making sense of physics in the first year of study" Learning and Instruction 12 (5): 493-507.

Bowden J. and Marton, F. (1998) The University of learning, London: Kogan Page

Carlsson , B. (1999) " Ecological understanding a space of variation Doctoral thesis, Lulea University of Technology , p. 39.

Hall, S. R. Waitz , I., Brodeur, D. R, Soderholm, D. H. and Nasr, R. (2002) " Adoption of active learning in a lecture –based , engineering class" , Paper presented at the ASEE / IEEE Frontiers in Education Conference , Boston MA, 6-9 November.48

Ingerman, A. and Booth, S. (2003)" Expounding on physics, A. phenomenographic study of physicists talking of their physics "International Journal of Science Education" 25 (12) : 1489-1508.

Lundestrom, S. and Booth, S. (2002) "Journals based on applications: an attempt to improve students learning about composite materials" European Journal of Engineering Education" 27(2): 195-208.

Marton, F. (1981) " Phenomenography –describing of the world around us" Instructional Science 10: 177-200.

Marton, F. and Booth. (1996) "The learnef experience in D. Olson and N. Torrance (eds) Handbook of Education and Human Development , New models of learning, teaching and schooling. Oxford: Blackwell.

Marton, F. and Booth, S.(1997) Learning and Awarness, Mahwah NJ : LE5 LÉA.

Marton, F. Hounsell, D. and Entwistle. N. (1997), The Experience of Learning. 2nd edition, Edinburgh: Scottish Academic Press.

Mayer, E. and Land R.(2003) Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: linkages to ways of thinking and practicing within the disciplines, ETL, Project Occasional Report 4 (referenced from http//www.ed.ac. uk / publications. Html on 27 October 2003).

Pang M.F. and Marton, F. (2003) " Beyond " lesson study " comparing two ways of facilitating the grasp of some economic concepts", International Science 31(3) : 175-194.

Saljo, R. (1975) Qualitative Difference in Learning as a Function of the Learnef Conception of the Task, Gotebong Acta Universities Gothobergensis.

Svensson, L.and Hogfors,C.(1998) "Conception as the content of teaching improving education in mechanics" in P.Ramson (ed.) Improving Learning New Perspectives, London: Kogan Page.