

# البلاط المعشق من الفن الإسلامي في قصر الحمراء: تدريس جماليات الرياضيات

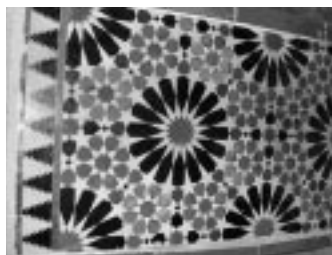


ريموند تِنانت Raymond F. Tennant  
كلية الآداب والعلوم - جامعة زايد

الثقافي والحضاري، إذ يمكن النظر إلى تاريخ الرياضيات كنسيج ثري تم نسجه من إسهامات الأفراد والجماعات خلال العالم الجديد والحديث، فلنأخذ مثلاً الأفكار الرياضية التي أصبحت من قبيل المسلمات الآن مثل منظومة الأعداد الهندية-العربية من ١ إلى ٩، فربما يمكن أن نسرد قصة هذه الأعداد بحكاية امتدت على مدى ألفي عام، وتضمنت فصولاً من شبه القارة الهندية مروراً بالعالم الإسلامي في الشرق الأوسط، ثم عبوراً إلى أوروبا والغرب، مع وجود عدد من المنعطفات المختلفة التي عرجت عليها عبر الطريق الطويل.

إن تدريس مادة الرياضيات للطلبة -بما تنطوي عليه من ارتباطات وصلات تاريخية وثقافية- ربما يعمق المنظور العالمي الشامل لعلم الرياضيات بأنه محاولة إبداعية من محاولات العقل الإنساني، وإذا ما أضفنا إلى ذلك ربط التاريخ بالتراث الثقافي والحضاري للطلبة، فمما لا شك فيه أنه سيتمخض عن ميلاد شعور بالإنارة والانتفاء الشخصي لدى الطلبة، وأستطيع أن أجزم من خلال خبراتي الشخصية في التدريس وإلقاء المحاضرات في مختلف البلدان أنه حين تذكر الروابط الحضارية والثقافية أمام المستمعين، يصبح علم الرياضيات خبرة حية وأمرأ محفزاً ومفجراً للطاقات، فبغض النظر عما إذا كنت تتحدث أمام طلبة في مدينة تشيناي Chennai عن عالم الرياضيات الهندي سرينيفاسا رامانيوجان Srinivasa Ramanujan، أو كنت تتحدث للطلبة في الإمارات العربية المتحدة عن عالم الرياضيات والفلك الإسلامي الشهير نصر الدين الطوسي، فسيشعر الطلبة بالاستثارة والتحفز ويصبحون أكثر انخراطاً في الموضوع لا سيما وأن الصلة ترجع إلى حضارتهم وثقافتهم، تماماً مثلما يشعر المرء بالاهتمام لدى الحديث عن نسبه وأسلافه.

ومن بين النتائج الإيجابية للتدريس من منطلق ثقافي وحضاري المردود الخاص بالمدرس ذاته، فمع ترك الحرية للطلبة لتفسير التطور التاريخي لإحدى الأفكار الرياضية فربما تتولد لديهم أفكار مغايرة لما هو متعارف عليه، وإتاحة الفرصة للطلبة للإعجاب عن بعض الأساليب الجديدة لتناول فكرة رياضية قديمة قد يجعل المدرس ينظر إلى



## مقدمة

كيف استطاع الإغريق القدامى قياس محيط الكرة الأرضية؟ وكيف اكتشف البابليون نظرية فيثاغورس قبل ألفين عام من فيثاغورس نفسه؟ وكيف استطاع علماء الرياضيات الإسلاميون في القرن الثالث عشر الميلادي وضع نماذج وأمثلة تتحدى نظرية حركة الأرض الراسخة التي وضعها البطالمة منذ قرون عدة؟ ما هي العبقرية الهندسية التي



شكل ١: قصر الحمراء بمدينة غرناطة بأسبانيا

احتاجها  
الفنانون في  
العصور الوسطى  
لتصميم البلاط  
القيشاني في قصر  
الحمراء الخلاب  
في مدينة  
غرناطة بأسبانيا  
(الشكل ١)؟ مما

لا شك فيه أن مثل هذه الأسئلة لا يسهل الإجابة عليها، إلا أنها تحديداً ذات الأسئلة التي تطلق شرارة المناقشات الحيوية وتستنفذ طاقات الطلبة في فصول الرياضيات.

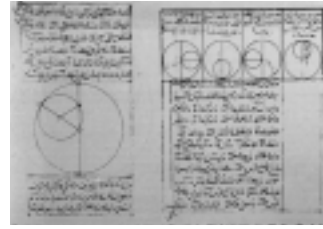
## الرياضيات كتراث ثقافي

بدأ مدرسو الرياضيات في الأعوام الأخيرة التفكير في طرق تدريس جديدة لمادة الرياضيات بالاستعانة بالروابط والصلات الثقافية والحضارية، وقد وضع المجلس القومي لمدرسي مادة الرياضيات من بين أهدافه العامة أن يتعامل الطلبة مع مادة الرياضيات كجزء لا يتجزأ من التراث

المسألة نظرة جديدة كذلك، ومن ثم فإن عكس الأدوار بحيث يصبح المدرس طالباً تأتي بمردود مفيد وخبرات ثمرة بالنسبة لجميع الأطراف.

## الحضارة الإسلامية وعلم الرياضيات

هناك نقطتان جديرتان بالاعتبار بالنسبة لتدريس مادة الرياضيات في الشرق الأوسط، ولا سيما فيما يتعلق بتطبيق أسلوب الربط بين علم الرياضيات والحضارة الإسلامية، يجب أولاً إدراك أن العصر الذهبي للكشوف العلمية في العالم الإسلامي من القرن التاسع حتى القرن الخامس عشر الميلادي يعج بالعديد من الحكايات عن علماء الرياضيات (الشكل ٢)، وعلماء الفلك الذين أسهموا في نظريات علم الرياضيات الحديثة المستخدمة في وقتنا الحالي، وثانياً أن الفنون الإسلامية شديدة الاتساق، والزخارف المنقوشة على جدران المساجد والأضرحة والمآذن في كافة أنحاء العالم



شكل ٢ - نصر الدين الطوسي - القرن الثالث عشر، النص الخاص بحركة الكواكب

تقدم أمثلة رائعة على تراكيب الهندسة التي يمكن استخدامها في حصص الرياضيات، وسنركز في هذا البحث على الزخارف الهندسية للبلاط القيشاني في قصر الحمراء بمدينة غرناطة بأسبانيا، والمفاهيم الرياضية المستخدمة في صياغتها، وسننص على كيفية تنفيذ هذه الأفكار في الدورات التدريبية لمادة الهندسة والجبر المجرد والتعلم العام برمته.

## قصر الحمراء بمدينة غرناطة بأسبانيا

سنحت لي الصيف الماضي فرصة رائعة لمشاهدة قصر الحمراء بينما كنت أحضر أحد المؤتمرات حول التناسق الرياضي في مدينة غرناطة بأسبانيا، ويعد هذا القصر أفضل مثال يعرفه الغرب عن الفن الإسلامي والعمارة الإسلامية. بنى المسلمون الذين فتحوا الأندلس القصر في بداية القرن الثالث عشر الميلادي فوق هضبة عالية تشرف على مدينة غرناطة العريقة، ويتألف المكان من قصر تحيط به العديد من الأبراج، وشيد على هيئة حصن منيع، ومن الشائع أن يكون اسم القصر وهو "الهمبرا" (Alhambra) بالإسبانية قد استمد من كلمة "الحمراء" العربية، ويقصد بها التربة الحمراء، والتي تشير إلى لون التربة التي شيد عليها القصر، وقد شيد القصر بحيث يبدو كمشهد ساحر تقف خلفه جبال سيرا نيفادا الشامخة التي يكسوها الجليد، أما الأبنية الفسيحة وحدائق خنرالايغيه (بالإسبانية Generalife) الخلافة المحيطة به فتعطي انطباعاً مريحاً بروعة الريف الأسباني الهادئ.

ولقد تأثر العديد من الزائرين من الغرب على مر العصور بوفود القادمين لقصر الحمراء، كما قضى الكاتب الأمريكي واشنطن إيرفينج (Washington Irving) في القرن التاسع عشر وقتاً في القصر وهو يكتب كتابه "حكايات الهمبرا"، وقد كان

لهذا العمل الرومانسي عظيم الأثر في إعادة اكتشاف جمال القصر وروعه أمام الأجيال الجديدة من الزائرين، وقد قام الفنان الهولندي إم سي إيشر M.C. Escher في العشرينات والثلاثينات من القرن الماضي بزيارتين لقصر الحمراء لإعداد رسوم تخطيطية وكتيب حول الأنماط الزخرفية في البلاط القيشاني في كافة أنحاء القصر وفي الأبنية المحيطة به، ويكمن استخدام الأنماط الهندسية لقصر الحمراء لاستثارة اهتمام الطلبة بالنسق الرياضي.



شكل ٣ - رسومات إيشر التماثل (السيمترية) إي ١٠٤ - كوردون آرت - بارن الأنماط الزخرفية في البلاط - هولندا - جميع الحقوق محفوظة

## النقوش الإسلامية في بلاط قصر الحمراء

من اللافت للنظر أن الأنماط الإسلامية للقرميد الذي وجد في القصر قد نظمت وفقاً لقواعد التوالي الهندسي والتماثل (السيمترية) والترابط، وطبقاً لهذا التمسك الصارم بمبدأ الاتساق والانسجام، استعان المصممون بموتيفات بسيطة لإنتاج نمط فني متصاعد ومتواصل إلى ما لا نهاية، وإذا ما أردنا استخدام المجاز الفلسفي لأمكن القول بأن كل فرد يدلي بدلوه وإسهاماته الهامة في الكون، وعلى الرغم من ذلك فالجميع سواسية في إطار المنظومة الكونية للحياة دون فضل للآخر عن سواه، ومن ثم فإن فهم منطق الرياضيات الذي يحكم الاتساق الكامل وبنوية هذه الأنماط الإسلامية يعد الأساس لاستخدام هذه الأنماط الدقيقة كأدوات تحفيزية داخل الفصل الدراسي، فمثل هذا الجسر البيني الذي يجمع بين الرياضيات والفن هو ما يسمح للطلبة باستيعاب علم الرياضيات كجزء من كل أعم وأشمل يضم علم الجمال والحضارة والتاريخ.

## علم الرياضيات يتكشف في النقوش الإسلامية لبلاط القصر - الاتساق والهندسة

إن جمال النقوش الدقيقة الموجودة على البلاط الذي يكسو

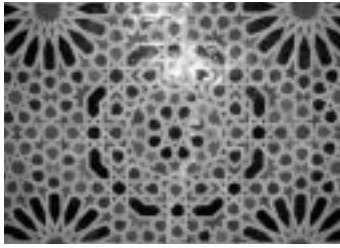


شكل ٤: النقوش الإسلامية لبلاط قصر الحمراء

النقل : وفيه ينتقل النمط مسافة ثابتة في اتجاه خطي  
 التناوب : وفيه يتناوب النمط خلال زاوية محددة حول محور محدد  
 الانعكاس: وفيه يتحرك النمط كصورة في مرآة عبر خط محدد  
 الانعكاس المائل: وفيه يتكرر النمط في اتجاه محدد، ثم ينعكس في خط معين مواز لاتجاه التكرار.

ويطلق على التماثل الموجود في نمط معين مجموعة النمط، وتقاس هذه المجموعات درجة تماثل أو لا تماثل النمط، ومن الممكن أن يوجد أنماط تبدو مختلفة، وإنما بها نفس مجموعة التماثل، وفي هذه الحالة يقال إن الأنماط متشاكلة.

### الأنماط نصف القطرية – مجموعات التماثل النهائية

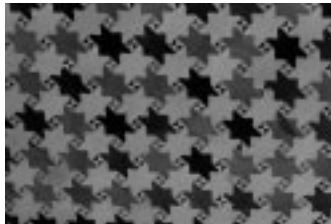


شكل ٦ : نمط نصف قطرية من بلاط قصر الحمراء

وبعد أن استوعبنا المفاهيم الأساسية عن التماثل والمجموعات

التماثل، يمكن أن نبدأ في وصف النقوش الإسلامية الموجودة على بلاط قصر الحمراء من منظور رياضي. تنقسم جميع الأنماط الموجودة في البلاط إلى فئتين أساسيتين، حيث يصف النوع الأول الأنماط التي تبدأ عند نقطة محورية ثم تمتد على هيئة نصف قطر إلى الخارج (شكل ٦)، وحيث أن هذه الأنماط ذات نقطة محورية لذا لن يكون لها انعكاسات مائلة أو تكرر للنمط، وإنما يمكن أن تتناوب حول النقطة المحورية أو الانعكاسات الموجودة في خطوط من خلال النقطة المحورية بحيث يكون العدد الكلي للأشكال المتماثلة عدداً محدداً، ويطلق على مجموعة الأشكال المتماثلة التي لا تأتي سوى على شكل تناوب "المجموعات الدائرية"، أما التي لها انعكاسات فيطلق عليها "ثنائية السطح".

### الأنماط الدورية – مجموعات التماثل اللانهائية



شكل ٧ - الأنماط الدورية في قصر الحمراء

أما النوع الثاني من الأنماط فيشمل الأشكال المتماثلة المنقولة في اتجاهين مستقلين (شكل ٧)، وتصنف هذه الأنماط طبقاً لأصغر زاوية تناوب تظهر في النمط، وعن طريق أحد الخواص التي تعرف باسم خاصية "القيد البللوري" فإن

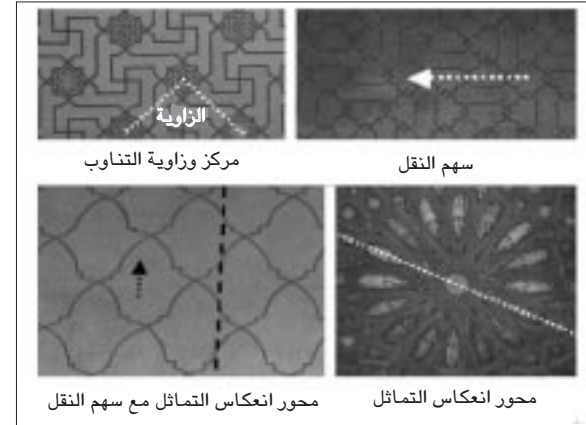
المستخدم، وهو ما يمهّد للطالب التعرف على المفاهيم الأولية لنظرية تماثل المجموعة، وتفيد تلك المحاولة الطالب كثيراً سواء قرر بعد ذلك التوسع في دراسة الجبر المجرد أم لا، أما المجال الثاني وهو المجال الأشمل والأعم فهو توجيه الطالب لاكتشاف الأساليب الهندسية اللازمة لإعداد بلاط القصر، وبهذه الطريقة يتعرف الطالب على الأساليب التقليدية للأسطح المستقيمة وبناء المنحنيات، إضافة إلى التصميم الهندسي الحديث باستخدام برمجيات الحاسوب المتقدمة مثل برنامج "سكتشباد" Sketchpad الهندسي، ويعمل مقارنة بين القديم والحديث ستستثار قدرات الطالب الابتكارية وتستنفذ طاقاته لتصميم نسق لبلاط الخاصة به، وإذا ما تعرف الطالب على أنماط اتساق وهندسة لبلاط فربما بدأ في فهم بعض الصلات التي تربط بين عالمي الجبر والهندسة، والبدء في النظر إلى الرياضيات كعالم واحد متكامل بدلاً من رؤية كل فرع على حدة وبمعزل عن غيره من الفروع الأخرى.

### التماثل

بدأ عالم الرياضيات الشهير هيرمان فايل Herman Weyl في كتابه المرجعي "التماثل" الصادر عام ١٩٥٢ بوصف التماثل أو السيمترية بأنها انسجام وتوافق النسب، ولا شك أن سمة التكرار الموجودة في بلاط قصر الحمراء تناسب تماماً الوصف الذي جاء به فايل، وحتى نبدأ فهم المنطق الرياضي وراء هذا البلاط علينا أن نحدد طريقة قياس أنماط التماثل، ومن نحن بحاجة إلى تعريف رياضي لتماثل الأنماط.

التعريف: تماثل النمط هو الحركة الساكنة للنمط التي لا تغير من الشكل الظاهري له.

وبالنسبة للأنماط ثنائية الأبعاد على السطح المستوي نجد أربعة أنواع من التماثل (شكل ٥)



أنماط التماثل الأربعة على سطح مستوي - شكل ٥ - النقوش الإسلامية لبلاط قصر الحمراء

للطلبة العمل داخل الفصل وخارجه لمدة تتراوح بين أسبوعين أو ثلاثة أسابيع في بناء النمط الهندسي، ويجري في كل حصة مناقشة ما اكتشفه الطلبة، والمعضلات التي قد يواجهونها، وفيما يلي عدد من الأسئلة التي طرحها المسألة وكذلك الموضوع المتعلق بها، ويسمح لكل طالب باستخدام المسطرة المسطحة والفرجار ويمكن أيضاً الرجوع إلى برنامج الحاسوب "سكتش باد" المهندس.

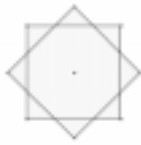
أسئلة توجه للفصل (الموضوع المتعلق بالسؤال)

■ كيف يجب أن يبدأ البناء الهندسي للبلاط؟ هل هناك بلاطة محددة يمكن أن يبدأ النمط منها وتنتج النسق بأكملها (لبلاط بالنقل)

■ هل يهم إذا ما وقع الاختيار على البلاطة التي تحمل شكل النجمة أو الصليب أو أية بلاطة أخرى؟ (استقلالية البلاط المستخدم)

■ إذا ما وقع الاختيار على شكل النجمة كمحور فإن السؤال الجانبي الهام هنا هو: لماذا توجد بعض الأنماط التي تحتوي على شكل النجمة وعدد محدد من النقاط؟ ومن الواضح أن مثل هذه الأسئلة تؤدي بالطالب إلى اتجاهات ومناح مختلفة بما في ذلك الجانب الحضاري وعلم الجماليات والتاريخ أو الاعتبارات المتعلقة بالتصميم (الأسئلة المفتوحة)

■ هل يمكن استخدام التداخل لإثراء النمط؟ وعلينا أن نلاحظ هنا أنه بالنسبة لهذا المثال أن التداخل الذي تم اختياره يغير من التماثل الموجود في بلاط قصر الحمراء الأصلية (كسر



السمتريّة/التماثل) ما هي أشكال تماثلية النمط؟ (مجموعات التماثل)

■ ما هي أصغر بلاطة نحتاج إليها لإعادة إنتاج النمط بأكملها؟ (المنطقة الأساسية للبلاط)

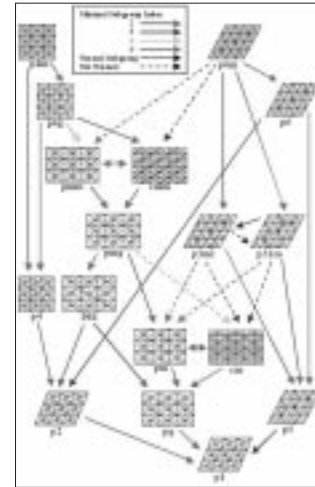
■ كيف يؤثر استخدام الألوان على تماثلية النمط؟ (المجموعات الفرعية)



■ هل يحتوي عمل الطالب على نفس التماثل الموجودة في البلاطة الأصلية؟ هل يمكن إيجاد نقوش أخرى غير تلك الموجودة في قصر الحمراء تحتوي على نفس التماثل الموجودة في النمط الذي وضعه الطالب؟ (تماثلية الشكل)

الزوايا الوحيدة التي قد تظهر في هذا التناوب هي زاوية ٦٠ و٩٠ و١٢٠ و١٨٠، أو لن يكون للنمط تماثل متناوب، وإذا ما تتابعت هذه الأنماط في كافة الاتجاهات تكون مجموعات التماثل في هذه الحالة لا نهائية، ويظهر الشكل ٨ وجود سبع عشرة مجموعة للتماثل لهذه الأنماط، وتعرف باسم مجموعات ورق الحائط أو الجرافيك البللوري.

## البناء الهندسي



شكل ٨ - مجموعات الرسم البللوري السبع عشرة للنقوش الدورية

تتميز النقوش الإسلامية بجاذبية خاصة لما لها من إحياء بصري أمام الطلبة، ومن ثم يمكن استخدامها لتقديم موضوعات من علم الهندسة للاستعاضة عن شرح التطور التقليدي البديهي للموضوع أو ربما لاستكمال الموضوع بهذا الأسلوب، فيمكن تصميم المشروعات التي تشحن طاقات الطلبة الإبداعية لبناء نسق هندسي على

■ سبيل المثال، بحيث تأخذ الطالب عبر سلسلة من المفاهيم المستهدفة، وإذا ما تركت الحرية للطلبة لاختيار التصميم الذين يقررونه، فربما يضيف هذا النوع من الابتكار على الحصة روحاً خاصة بها، ونسوق المثال التالي من أجل التوضيح، وهو مثال ملائم تماماً لحصة الهندسة الحديثة والجبر المجرد أو التعليم العام، ويشمل التمرين مسألة البناء الأساسية التي يضعها المدرس أمام الفصل، مع سرد عدد محتمل من الموضوعات ذات الصلة، بحيث يمكن إرشاد الطلبة خلالها للتوصل إلى حل للمسألة، وتصمم مثل هذه المسائل التي توصف بأنها تدرج تحت باب "التعلم التعاوني" بحيث يمكن استخدامها مع قطاع عريض من الطلبة المتخصصين في مادة الرياضيات والذين قد تعرفوا بالفعل أو لم يتعرفوا بعد على المفاهيم المختلفة المتعلقة بنظرية المجموعة.



■ مسألة البناء الهندسي شكل ٩ - نقوش بالنجوم ذات النقاط الثماني يوزع على الطلبة رسماً بيانياً للنقوش

الإسلامية في بلاط قصر الحمراء (شكل ٩)، ويطلب المدرس منهم وضع استراتيجية لبناء نمط هندسي مشابه له، ويمكن



شكل ١٤ - مسجد غرناطة في مدينة غرناطة بأسبانيا

الفنانين وعلماء الهندسة من القرون الفائتة على الرغم من توفر أبسط الأدوات لديهم آنذاك.

وأثناء تجوالي في مدينة غرناطة هذا الصيف، ومشاهدة الفن الإسلامي

الرائع والعمارة الإسلامية الفريدة لقصر الحمراء أتاحت لي لأول مرة رؤية الصلات التاريخية ما بين الماضي والحاضر، ومن الحمراء استطعت النظر إلى ريو دارو Rio Darro لمشاهدة المسجد الجديد الذي استكمل بناؤه للتو على هضبة قريبة، وكان صاحب السمو الدكتور شيخ سلطان بن محمد القاسمي عضو المجلس الأعلى بالإمارات العربية المتحدة وحاكم الشارقة قد زار مدينة غرناطة قبل أسبوعين لافتتاح مسجد غرناطة (شكل ١٤)، والمركز الثقافي الملحق به والذي يكمل حلقة الوصل عبر خمسة قرون.

## المراجع

- Acedo, A. (2000). *The Alhambra and Generalife in Focus*. Edilux S. L.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1995) *Principles and Standards for School Mathematics*. Retrieved July 10, 2003 from [http://standards.nctm.org/]
- Saliba, G. (1999). *Whose science is Arabic science in renaissance Europe?* Retrieved March 15, 2002 from [http://www.columbia.edu/~gas1/project/visions/case1/sci.1.html.]
- Tennant, R. (2002). *Subgroup Lattices for Crystallographic Groups*. VISMATH Electronic Journal vol. 4 no. 4, Retrieved August 15, 2003 from [http://members.tripod.com/vismath8/tennant/index.html.]
- Tennant, R. (2003). *Islamic Constructions: The Geometry Needed By Craftsmen*,
- BRIDGES/ISAMA International Conference Proceedings. 459 - 463.
- Weyl, H. (1952). *Symmetry*. Princeton University Press.



شكل ١٢ - إضافة شبكية متداخلة

وتظهر الأشكال من ١٠-١٣ سلسلة من التراكيب المرسومة باستخدام برنامج "اسكتش باد المهندس" والتي تستنسخ جوهر النقوش في بلاط قصر الحمراء.

وحيث أن التقدم الحادث بشأن سير هذه الأسئلة يعتمد بصورة كبيرة على مدخلات الطالب نجد أن هذا المنهج ينطوي على جوانب إيجابية وجوانب سلبية، فيمكن من ناحية أن يكون بمثابة خبرة مجزية إذ أنها تثير الاهتمام لدى الطلبة لمواجهة التحدي الخاص بوضع بناء خاص بهم،



شكل ١٣ - نقوش صممت باستخدام برنامج الحاسوب سكتش باد المهندس

فضلاً عن أهمية مثل هذا التمرين في تنشيط جو الفصل وتحفيزه، ويستخدم هذا الأسلوب لحث الطلبة على مساعدة بعضهم البعض إذ

يتعلمون من اكتشافاتهم الخاصة

أثناء الممارسة، ومن ناحية أخرى هناك احتمال لأن يتعثر الطلبة أمام فكرة معينة، أو أن تأخذ المناقشات منحى بعيداً عما خطط له المدرس في الأصل، وفي حالة حدوث هذه التطورات السلبية يتعين على المدرس وقتئذ أن ينتقل إلى تنفيذ خطة درس ذات بناء محدد لتحقيق أهداف التعلم المرجوة.

## الخلاصة - المقارنة والتضاد بين الماضي والحاضر

يتعين على المعلمين مراجعة استراتيجيات الفصل بصورة مستمرة ودائمة حتى تصبح طريقة تدريس مادة الرياضيات شيقة وذات مغزى بالنسبة للطلبة، ومن عرض التاريخ والحضارة والفن أثناء النقاش في الفصل تتاح الفرصة للطلبة للنظر إلى مادة الرياضيات كنسيج متعدد الأبعاد تم نسجه عبر الزمان والمكان.

ولا يسعنا سوى أن نتخيل مدى جمال وروعة الفن الإسلامي وزخارف قصر الحمراء في القرنين الرابع عشر والخامس عشر الميلاديين، ولا شك أن مثل هذه التمارين ستحفز الطلبة لمحاولة فهم التماثل الرائع الموجود في بلاط قصر الحمراء، وتعلم قواعد الهندسة اللازمة لبنائها، كما أن الاستعانة بالأدوات الحديثة مثل برنامج الحاسوب "سكتش باد" المهندس سيجعل الطلبة أكثر فهماً وتقديراً لإنجازات