المجلة الأردنية في العلوم التربوية، مجلد 3، عدد 1، 2007، 11-32

مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى طلبة الصف العاشر

أمل خصاونه*

تاريخ تسلم البحث 2006/7/10 تاريخ قبوله 2007/1/15

ملخص: تقصّت الدراسة الحالية مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى طلبة الصف العاشر، والبالغ عددهم (310) من الطلاب والطالبات، وذلك من خلال استجاباتهم على اختبار في مستويات التفكير في الهندسة الفضائية. وبني الاختبار من قبل الباحث في ضوء المستويات الأربعة الأولى لنظرية "فان هيل" في التفكير الهندسي، إضافةً إلى التأكد من خصائصه السيكومترية. أسفرت النتائج عن تصنيف 71.94% من الطلبة في إحدى المستويات موزعة بالترتيب: 34.84% في مستوى الاستدلال غير الشكلي، و17.42% في مستوى الاستدلال الشكلي، و10.65% في المستوى التحليلي، و 9.03% في المستوى الإدراكي أو البصري. وتبيّن أنّ 19.03% من الطلبة قد صُنّفوا دون المستوى الأول؛ أي دون الإدراكي من مستويات "فان هيل". وبذلك تكون نسبة الطلبة الذين أمكن تصنيفهم من خلال اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية 90.97%. كما أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباطية بين جنس الطلبة ومستويات تفكيرهم في الهندسة الفضائية، وأنّ أداء طلبة الصف العاشر على اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية يختلف باختلاف مستوى التفكير الهندسي لديهم. (**الكلمات المفتاحية**: نظرية "فان هيل"، التفكير الهندسي، الصف العاشر، الهندسة الفضائية، جنس الطالب، أداء الطالب. اختبار محكي المرجع).

Spacial Geometric Thinking Levels among Tenth Grade Students

Amal Khasawneh, *Faculty of Education, Yarmouk University, Irbid, Jordan.*

Abstract: *Geometric thought among a sample of (310) male and female tenth grade students was investigated. The students responded to a test of spacial geometric thinking levels. The test was developed by the researcher in light of Van Hiele theory. The psychometric data of the test were confirmed. The results revealed that among tenth graders, 71.94% were classified as follows: 34.84% at the informal deduction level, 17.42% at the formal deduction level, 10.65% at the analytic level, and 9.03% at the cognition or visual level. In addition, 19.03% among the students were classified as below the cognition level. Moreover, the findings indicated that there is a correlation between students' sex and their geometric thinking levels, and there were significant differences between their performance on the test due to their geometric thought.(**Keywords**: Van Hiele theory, Geometric thought,Tenth grade, Spacial geometry, Sex, Performance, Criterion-Referenced Test).*

أفرز العقد الأخير تطورات في مجال منهاج الرياضيات تمثّلت بتوجهات جديدةٍ لما يجب أن يكون محل اهتمامٍ في تعليم وتعلّم الرياضيات وتقويم تعلّم الطلبة. وقد تمّ توثيق تلك التوجهات في وثائق عالمية لعل من أبرزها وثيقة مبادئ ومعايير مناهج الرياضيات المدرسية الصادرة عام 2000 عن المجلس الوطني الأمريكي لمعلّمي الرياضيات. وقد ركزت مجمل الوثائق على أهداف كبيرة لتنمية القدرات الرياضية في كافة مجالات المعرفة الرياضية وفي مقدمتها الأعداد والعمليات عليها، والجبر، والهندسة، والقياس، والإحصاء والاحتمالات، وتمثّلت تلك القدرات الرياضية بعمليات التبرير والبرهان، والاتصال، والتمثيل، والربط، وحل المسألة. (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000).

ومن هنا، تعد الهندسة أحد المكونات الأساسية لمحتوى مناهج الرياضيات المدرسية منذ رياض الأطفال ولغاية الصف الثاني عشر، وترتبط الهندسة بعلمي الفيزياء والرياضيات؛ فالجسم الأسطواني الشكل يرتبط بمفهومين مجردين، أولهما الفراغ الذي يشغله هذا الجسم حيث ينشأ، ويسمّى بالفراغ الفيزيائي، وثانيهما شكله الأسطواني وهو ما يسمّى بالفراغ الرياضي موضوع دراسة الهندسة؛ فالهندسة علم يخص الأفكار والشكل وليس العالم المادي (راشد والزعبي، 1984). وعلاوةً على ذلك، تلعب الهندسة دوراً في تنميةِ الحس المكاني لدى الطلبة، وفهم المحيط المادي الذي يستمدون منه خبراتهم اليومية. والهندسة جنباً إلى جنب مع الأعداد تعدان المعيارين الأساسيين لمناهج الرياضيات؛ لأهميتهما في مساعدة الطلبة على تعلّم مختلف معايير المحتوى الرياضي، ومعايير العمليات آنفة الذكر.

إنّ إدراك أهمية الهندسة في المناهج المدرسية –بمكوناتها المستوية والتحليلية والفضائية- يتمثل في الإدراك البصري للأشياء المستوية والمجسّمات، ووصف خصائصها، والتوصل إلى استنتاجات منطقية تمثل علاقات بين مفاهيمها. وتبدأ الخبرات المبكرة في الهندسة من خلال التمثيل ببعدين للأشياء ذات الثلاثة أبعاد (كالصور مثلاً). وتختلف تلك الخبرات من طالب إلى آخر؛ فمنهم من يفكر ويبرّر المعلومات المكانية بجهد بسيط، ومنهم من يحتاج إلى الوقت الكافي والتعليم المناسب لتكوين تلك الخبرات (عبيد، 2004).

ويشير الأدب السابق إلى قصور في المعرفة المفاهيمية الهندسية لدى الطلبة عبر الصفوف المختلفة؛ فقد ركّزت أبحاث "بيير فان هيل" و "دينا فان هيل-جيلدوف" على مستويات التفكير في الهندسة ودور التعليم في تحسين تلك المستويات لدى الطلبة والرقي بها هرمياً. ففي نهاية الخمسينيات طوّرا نظرية مميّزة تتعلق بمستويات التفكير الهندسي، واستندت تلك النظرية أساساً على دراستين لهما تعلقتا بالصعوبات التي يواجهها الطلبة

* كلية التربية، جامعة اليرموك، اربد، الأردن.
© حقوق الطبع محفوظة لجامعة اليرموك، اربد، الأردن، 2007.

في ألمانيا أثناء دراسة الهندسة. وافترضت تلك النظرية أنّ جميع الطلبة يتقدمون بتسلسل هرمي من خلال خمسة مستويات تفكير في الهندسة وهي: مستوى الإدراك أو مستوى التعرّف البصري؛ ويتحدّد بملاحظة الشكل الهندسي وتسميته من خلال مظهره العام، وتمييزه من بين مجموعة من الأشكال التي تبدو مماثلة له دون إدراكٍ أو تمييز لخواصه. ومستوى التحليل؛ ويتميز بملاحظة ووصف خواص الأشكال الهندسية دون ربطها مع بعضها بعضاً، سواء على مستوى خواص الشكل الواحد أم خواص الأشكال المختلفة، ويختبر الطالب تلك الخواص بالقياس، لكنّه لا يستطيع تحديد السمات الحرجة للمفهوم الهندسي؛ أي المكونة لتعريف ذلك الشكل، أو تمييزها من السمات الثانوية، بل يصف جميع الخواص التي يمكن تمييزها. أمّا المستوى الثالث فهو الترتيبي أو الاستدلال غير الشكلي؛ ويتميز بالقدرة على إعطاء تعريف دقيق للمفهوم الهندسي وإيجاد علاقات بين خواص الشكل الواحد والأشكال المختلفة ويدلّل على صحتها دون برهان. ومستوى الاستدلال الشكلي؛ ويتميز بالقدرة على التجريد والاستدلال من خلال بناء البراهين وفهم دور المسلّمة والتعريف والنظرية والقدرة على التعليل ضمن خطوات البرهان. أمّا المستوى الأخير والمتمثل بالدقة البالغة، فيتميز بالقدرة على فهم بنى الأنظمة المختلفة للهندسات الإقليدية واللاإقليدية والإسقاطية والمحايدة والتمييز بينها، إضافةً إلى إدراك البرهان القائم على المنطق واستخدام البرهان غير المباشر والخوض في مبدأ التناقض (Van Hiele, 1986; Van De Walle, 1994).

وفي منتصف الثمانينيات طوّر "فان هيل" (Van Hiele) نموذجاً لتعليم وتعلّم الهندسة منطلقاً من مستويات التفكير التي اقترحها سابقاً، ولخّص هذا النموذج بثلاثة مستويات أو مراحل، وهي البصري، والوصفي، والاستدلالي. وتتحقق كافة المستويات خلال فترات تعلّم مختلفة، والانتقال من مستوى إلى آخر ليس فطرياً أو طبيعياً، بل يأخذ مكانه من خلال نشاطات تعليمية مكثّفة وتحت تأثير برنامج تعليمي مناسب (Van Hiele, 1986, p.501; Van Hiele 1999, p.311).

كما قامت فان هيل-جيلدوف (Van Hiele –Geldof) عام 1984 بتحديد خمس مراحل للتعلّم يفترض أن تكون مرافقة لتعليم الهندسة، وقد لخصتها بالمراحل الآتية: مرحلة التصور البصري أو الاستقصاء؛ حيث يكون فيها محور النقاش التعلّم والخبرات السابقة للطالب ضمن موضوع الهندسة، ومرحلة التوجيه المباشر؛ وتتلخص بتزويد الطلبة بنشاطات من قبل المعلم بحيث تتيح لهم الفرصة لاكتساب الموضوع، ومرحلة التفسير؛ وتتميز باعتماد الطالب على نفسه في الحصول على المعرفة بدون التغاضي عن دور المعلم، ومرحلة التوجيه الحر؛ وتتميز باهتمام المعلم وانتباهه لقدرات الطلبة ومعرفتهم الإبداعية، والمهمات التي يجب أن تقدّم لهم؛ والمرحلة الأخيرة التكامل وتتمثل بمقدرة الطلبة على تلخيص ما تعلموه خلال الدرس لتظهر مقدرتهم على الربط والتحليل والتركيب.(Mistretta, 2000, p.367).

تشير الوثائق العالمية المتعلقة بمعيار الهندسة والحس المكاني، إلى أهمية هذا المعيار على مستوى كافة المراحل المدرسية، وذلك بهدف تنمية مقدرة الطلبة على تصنيف ونمذجة الأشكال الهندسية ببعدين وثلاثة أبعاد، وتحليل الخصائص والسمات المميزة لتلك الأشكال، وتنمية مقدرتهم على اختيار واستعمال أنظمة تمثيل مختلفة مثل الهندسة الإحداثية، وإدراك دور التحويلات الهندسية والتماثل في تحليل المواقف الرياضية، وامتلاك المقدرة على استعمال التمثيلات البصرية، والتبرير المكاني لحل المسائل داخل الرياضيات وخارجها. (NCTM, 2000, P.61). وقد أشارت تلك المعايير إلى خصوصية للمراحل المدرسية في مجال معيار الهندسة والحس المكاني؛ فعلى سبيل المثال، يفترض هذا المعيار أنّ الطلبة من الصف التاسع وحتى الثاني عشر مستعدون لدخول مرحلة الاستدلال والقدرة على البرهان وحل المسألة، بحيث تكون المراحل السابقة بما اشتملت عليه من مفاهيم وخصائص وعلاقات هندسية أساساً ومتطلباً لتعليم وتعلّم الهندسة لطلبة هذه الصفوف. وتتضمن هذه المعايير تطوير قدرة الطلبة على البرهان والتفكير بشقيه الاستقرائي والاستدلالي باستخدام الأمثلة واللاأمثلة والأمثلة المضادة في استكشاف الأفكار ووضع التخمينات والتحقق منها (NCTM, 2000, P.290).

ولا شك أنّ تفحص تلك المعايير يتفق ومستويات فان هيل للتفكير الهندسي؛ فالمفاهيم الهندسية لا تظهر فجأة بصورة كاملة لدى الفرد، ولا تنتهي لديه عند حد معيّن، ولكنها في تطوّر ونمو مستمرين. ويحتاج تكوين المفهوم بشكلٍ عام إلى فترة زمنية وإلى نوعية من التعليم تركز على مراحل تكوّن ذلك المفهوم، ومن هنا كانت السمة الأساسية المميزة لمستويات التفكير الهندسي هو عدم اعتمادها على النضج، بل على نوعية النشاطات والخبرات التي يتعرض لها الطالب، إضافةً إلى أنها هرمية في تطورها.

أمّا على المستوى المحلي فتعتبر الهندسة إحدى المحاور الأساسية في منهاج الرياضيات المدرسي على مستوى كافة المراحل التعليمية. ويضم منهاج الهندسة عبر الصفوف المختلفة دراسة الهندسة المستوية والتحليلية والفضائية (ثلاثية الأبعاد). وتهدف دراستها إلى فهم العالم المادي المحيط بالطالب، وفهم النماذج الهندسية، وتنمية القدرة على التحليل وحل المسألة الهندسية وفهم التمثيل المجرد والرمزي للمفاهيم الهندسية، والتعرف على الأشكال الهندسية وخواصها والعلاقات بين تلك الخواص، وتطوير القدرة المكانية من خلال رسم وإنشاء وقياس وتصور ومقارنة وتصنيف الأشكال الهندسية. فالطالب الذي يطوّر معنى للعلاقات المكانية ويعي المفاهيم الهندسية يكون أفضل من غيره لتعلّم الأفكار العددية والقياس والمواضيع الرياضية المتقدمة (وزارة التربية والتعليم، 1990).

وبمراجعة الأدب البحثي، فقد تعددت مجالات البحث في الهندسة بشكلٍ عام؛ فمنها أبحاث ودراسات تناولت فعاليّة استخدام الحاسوب في تدريس الهندسة من خلال تأثير لغة لوجو،

(LOGO)في تعلّم الهندسة، وبرامج الراسم الهندسي (Geometer's Skecthpad)واستخدام الآلة الراسمة وبرامج أخرى أعدت في ضوء برامج الذكاء الاصطناعي. وتناولت دراسات أخرى استخدام أنشطة وتطبيقات عملية صفية في تدريس الهندسة كأنشطة القراءة والكتابة الرياضية وأنشطة تكاملية مع العلوم الأخرى (الصادق،2001، ص267). أمّا المجال البحثي الآخر فهو موضوع الدراسة الحالية؛ فقد تناول أبحاثاً متعددة الاهتمامات بمستويات التفكير الهندسي وتدريس الهندسة في إطار نموذج "فان هيل" للتفكير الهندسي، واتبعت أطراً بحثية مختلفة؛ فمنها الدراسات الوصفية أو الاستطلاعية التي تناولت واقع مستويات التفكير في الهندسة لدى فئات عمرية مختلفة من الطلبة على مستوى المدرسة والكلية الجامعية (Hoffer, 1981; Mayberry, 1983; Fuys, Geddes & Tischler, 1988; Wilson, 1990; Teppo, 1991; الجراح، 2001؛ خصاونه، 1994). ومنها الدراسات التجريبية التي تناولت برامج تدريبية أعدت حسب نموذج فان هيل لتعليم الهندسة وتعلّمها وأثر ذلك في متغيرات مختلفة منها تطور مستويات التفكير الهندسي لدى الطلبة والتحصيل (خصاونه والغامدي، 1998)، وهناك دراسات تناولت أثر بعض المتغيرات في مستويات التفكير الهندسي (July, 2001; Fitzsimmons, 1995)، وأثر بعض البرامج الحاسوبية في تنمية المقدرة على التفكير الهندسي (Symser, 1994; Choi-Koh, 1996, 1999). كما أجريت دراسات تحليلية لمحتوى كتب الرياضيات المدرسية الخاصة بجانب الهندسة، وعلاقة ذلك بالأنشطة المرافقة لمستويات "فان هيل" (خصاونه، 2000).

ففي مجال استخدام البرامج المحوسبة في الهندسة، أجرى سمسر (Symser, 1994) دراسة تجريبية هدفت إلى تقصّي أثر برنامج محوسب في الهندسة في مستويات التفكير الهندسي (مستويات فان هيل) ومتغيرات أخرى مرافقة كالقدرة المكانية والتحصيل في الهندسة لدى طلبة المرحلة المتوسطة، وأسفرت النتائج عن وجود فروق في الأداء على اختبار لمستويات التفكير الهندسي ليست ذات أهمية من الناحية العملية بين المجموعتين التجريبية والضابطة، كما أشارت النتائج إلى عدم وجود علاقة بين القدرة المكانية ومستويات التفكير الهندسي من جهة، وبين مستويات التفكير الهندسي والتحصيل في الهندسة من جهة أخرى. وفي نفس الإطار أجرى شوي-كو (Choi-Koh, 1996) دراسة حالة لثلاثة طلبة حدّدت مستويات التفكير الهندسي لديهم قبل التجربة، هدفت إلى تقصّي أثر استخدام برامج محوسبة في تدريس الهندسة على تطور مستويات التفكير الهندسي لفان هيل، وعلاقتها بمستوى الأداء في الهندسة. وكشفت الدراسة عن فعاليّة استخدام برمجيات تعليمية قائمة على نموذج فان هيل في تطوير مستوياتهم في التفكير الهندسي، إذْ تساعد على التغلب على بعض الصعوبات لدى الطلبة. وأجرى فريركنج (Frerking, 1995) دراسة هدفت إلى الكشف عن العلاقة بين مستويات فان هيل للتفكير الهندسي والمقدرة على كتابة البرهان، فقد تعرضت المجموعة التجريبية لدراسة الهندسة بطريقة استقرائية من خلال برنامج الراسم الهندسي المحوسب، بينما درست المجموعة الضابطة بالطريقة الاستنتاجية بدون الحاسوب. وأسفرت النتائج عن وجود علاقة ارتباطية قوية بين مقدرة الطلبة على كتابة البرهان ومستويات التفكير الهندسي لديهم. وهدفت دراسة شوي-كو (Choi-Koh, 1999) إلى تتبع تطوّر مراحل تعلّم طلبة المرحلة الثانوية لبعض المفاهيم في الهندسة المستوية خلال تدريسهم حسب نموذج التعليم والتعلّم لفان هيل، واستخدام برمجية الراسم الهندسي. ومن خلال المقابلات العيادية تبين أنّ مراحل التعلّم لدى هؤلاء الطلبة تتطوّر حسب المستويات الهرمية الحسي-البصري، والتحليلي، والاستقرائي، ثم المرحلة الاستنتاجية وهي توازي مستويات التفكير في الهندسة لفان هيل.

ومن منطلق أهمية الوسيلة البصرية في تنمية مظاهر التفكير الهندسي والقدرة المكانية بثلاثة أبعاد، أجريت دراسة من قبل جولاي (July, 2001) هدفت إلى الكشف عن أثر استخدام برمجية الراسم الهندسي كبيئة تعليمية في تنمية مستويات التفكير الهندسي لدى طلبة الصف العاشر وقدرتهم على استيعاب مفاهيم هندسية بثلاثة أبعاد. فقد تعرض الطلبة لاختبارين أحدهما في التفكير الهندسي حسب مستويات فان هيل والآخر اختبار في القدرة المكانية ثلاثية الأبعاد كاختبارات قبلية وبعدية، وأسفرت نتائج التحليلات النوعية والكمية عن تحسن جوهري في مستويات التفكير الهندسي لدى الطلبة لا سيما للطلبة ذوي المستويات الأولى في هرم فان هيل (الإدراكي أو البصري والتحليلي)، كما أظهرت تقدمهم في القدرات المكانية بأشكال ثلاثية الأبعاد. وكذلك أجرى فيتزمانز (Fitzsimmons, 1995) دراسة تقصّت العلاقة بين مستويات التفكير الهندسي لدى طلبة الكليات الجامعية ومدى نجاحهم في حل مسائل في الهندسة ثلاثية الأبعاد، وذلك من خلال تعرضهم لعمل مخبري مبني على أساس نموذج فان هيل التعليمي، واستخدام الحاسبة الراسمة وبرمجية رسم هندسي ثلاثية الأبعاد، مقابل مجموعة ضابطة درست المادة نفسها بالطريقة الاعتيادية، وأظهرت النتائج عدم وجود علاقة بين مستويات التفكير الهندسي لدى الطلبة وقدرتهم المكانية، من خلال أدائهم على مسائل المساحات والحجوم الدورانية.

وبعيداً عن بيئة تكنولوجيا الحاسوب، اهتمت بعض الدراسات بطبيعة المنهج في الهندسة وأثر المعلومات والخبرات السابقة لدى الطلبة في تطور مستويات التفكير الهندسي لديهم، فقد أجرى ماسي (Massey,1994) دراسة هدفت إلى تقصّي أثر المعلومات الهندسية الأساسية لدى تسعة من طلبة المرحلة المتوسطة في التحصيل ومستويات التفكير الهندسي لديهم، وأظهرت النتائج أنّ مجموعة الطلبة من ذوي المستوى الأقل في امتلاك المعلومات الهندسية الأساسية، قد واجهت مشكلات في تطوّر مستويات فان هيل في التفكير الهندسي لديها، في حين وصلت المجموعة المتوسطة بشكل أسرع إلى المستويين الإدراكي والتحليلي من مستويات فان هيل، بينما تقدمت مجموعة المستوى الأعلى من

حيث المعلومات الأساسية في الهندسة إلى المستوى الترتيبي (الاستدلالي غير الشكلي). مما يدلّل على ارتباط مستويات التفكير الهندسي بالخبرات التعليمية. كما أجرى كارول (Carrol,1998) دراسة هدفت إلى تقصّي أثر تدريس الهندسة لطلبة المرحلة المتوسطة في إطار نموذج فان هيل للتفكير الهندسي في إمكانية إحداث تحسن في مستويات التفكير الهندسي لديهم. وأسفرت النتائج عن تطوّر ملحوظ في مستويات التفكير لدى هؤلاء الطلبة. أمّا سوافورد وجونز وثورنتون (Swafford, Jones, and Thornton,1997)، فقد شملت دراستهم (49) معلماً من معلّمي الرياضيات للمرحلة المتوسطة ممن تعرضوا لبرنامج في الهندسة صُمِّمَ في ضوء نظرية فان هيل للتفكير الهندسي، وذلك بهدف تعريفهم بتلك المستويات، ومن خلال ملاحظتهم داخل الغرفة الصفية ومتابعة درجة استيعاب طلبتهم للهندسة تبين وجود تحسن في أداء المعلمين أثناء تدريس الهندسة وكذلك في أداء طلبتهم. وفي دراسة استطلاعية أجريت من قبل ماسون ومور (Mason&Moore,1997) تقصّت مستويات التفكير في الهندسة لدى (120) من الطلبة الموهوبين رياضياً بمستوى الصفوف من سادس إلى ثامن قبل تعرضهم لدراسة مساق في الهندسة، وأظهرت النتائج مقدرة الطلبة على استدلال المعاني الهندسية، لكن تخلّل ذلك ضعف في فهم التعريفات الهندسية الأساسية والمفاهيم والخواص، مما يظهر عدم تحقيقهم مستويات تفكير متقدمة في الهندسة، وذلك بسبب عدم خبرتهم وتعرضهم لدراسة ما يكفي من المعلومات الهندسية الأساسية. أمّا دراسة شانغ (Chang,1992)، فقد تقصّت مستويات التفكير في الهندسة ببعدين للطلبة المعلّمين وعلاقتها بأدائهم في حل مسائل في الهندسة بثلاثة أبعاد، وأسفرت النتائج عن أنّ مستويات التفكير في الهندسة ببعدين التي تمّ قياسها من خلال اختبار مستويات التفكير الهندسي لفان هيل- كانت أعلى من مستويات تفكيرهم في الهندسة بثلاثة أبعاد من خلال اختبار في الهندسة المكانية.

كما أجرى وو (Wu, 1994) دراسة تجريبية هدفت إلى اكتشاف أثر استخدام نموذج التعليم والتعلّم لفان هيل في تدريس الهندسة المستوية لمعلّمي المرحلة الابتدائية قبل الخدمة من المتخصصين في الرياضيات. وأسفرت النتائج عن أنّ تدريس الهندسة القائم على نموذج فان هيل بمستوياته الخمسة قد نقل الطلبة المعلّمين إلى مستويات هندسية أعلى من التي كانت لديهم قبل التجربة مقارنة بالمجموعة التي درست بالطريقة العادية. وفي السياق نفسه أجرى لي (Lee, 2000) دراسة جمعت بين المنهجين النوعي والكمي للكشف عن مدى التحسن في مستويات التفكير الهندسي حسب تصنيف فان هيل من جهة، وتحسن مقدرتهم على التبرير والبرهان من جهة أخرى، وذلك بعد تعرضهم لدراسة مساق في الهندسة الحديثة. وأظهرت النتائج عدم وجود فروق في متوسطات علامات عينة الدراسة على الاختبارين القبلي والبعدي لمستويات التفكير الهندسي.

أمّا على المستوى المحلي، فقد بدأ الاهتمام بهذا المجال عام 1994، وأجريت مجموعة من الدراسات الاستطلاعية والتجريبية، شملت عينات مختلفة المستوى. وقد أجرت خصاونه (1994) دراسة استطلاعية هدفت إلى التعرف على مستويات التفكير في الهندسة لدى الطلبة المعلّمين (تخصص معلم الصف)، كما تناولت دراسة الاختلاف في أدائهم على اختبار التفكير الهندسي باختلاف مستويات تفكيرهم من جهة (إدراكي، تحليلي، ترتيبي، استنتاجي)، وباختلاف نوع المهارة في الهندسة (بصرية، وصفية، منطقية) وذلك في ضوء مصفوفة هوفر (1991) ذات البعدين. وتناول الاختبار مفاهيم في الهندسة المستوية لمستوى الطلبة المعلّمين في تخصص التربية الابتدائية. وقد خلصت النتائج إلى تصنيف 26.6% من عينة الدراسة إلى إحدى المستويات الأربعة، بينما صُنِّفَ 27.5% منهم دون المستوى الصفري (الإدراكي). وهذا يشير إلى أنّ خبرات هؤلاء الطلبة المعلّمين غير كافية، ولم يحظ موضوع الهندسة بعناية في المرحلتين المدرسية أو الجامعية لهذا التخصص. وتلاها إجراء دراسة تجريبية (خصاونه والغامدي، 1998) هدفت إلى التعرف على أثر استخدام بيئة (لوغو) لتدريس عينة من المعرفة المفاهيمية الهندسية في مدى تطوّر مستويات التفكير الهندسي والتحصيل في الهندسة لدى طالبات الصف الثامن الأساسي، وقد تعرضت المجموعة التجريبية إلى دراسة المادة التعليمية بطريقة (لوغو+هندسة)، بينما تعرضت المجموعة الضابطة لدراسة المادة نفسها بطريقة (قلم وورقة+لوغو). وأشارت النتائج إلى تفوق طريقة (لوغو+هندسة) على طريقة (قلم وورقة+هندسة) في تأثيرها الإيجابي على كل من التحصيل في الهندسة ومستويات التفكير في الهندسة وبدلالة إحصائية، كما أظهرت النتائج تحسناً جوهرياً في مستويات التفكير الهندسي بين الاختبارين القبلي والبعدي يُعزى لطريقة التدريس، فقد كان التحسن في المستويين الإدراكي والتحليلي لصالح طريقة (القلم والورقة+الهندسة)، بينما كان التحسن الملحوظ في المستوى الأعلى وهو الترتيبي أو الاستنتاج غير الشكلي لصالح (لوغو+الهندسة).

كما أجرت خصاونه (2000) دراسة تحليلية لمنهاج الهندسة للصفوف من الخامس إلى التاسع وذلك من خلال تحليل الوحدات المتعلقة بالهندسة في كتب الرياضيات المدرسية لتلك الصفوف في ضوء نموذج فان هيل. وكان ذلك انطلاقاً من أهمية الكتاب المدرسي ودوره في عملية التعليم والتعلّم، وأهمية معيار الهندسة في المناهج المدرسية، وطبيعة الفكر الهندسي ودوره في ضوء نموذج فان هيل، ونتائج الأبحاث في هذا الإطار. وأظهرت النتائج أنّ بناء المحتوى الهندسي في الكتب المدرسية يتلاءم وتطوّر مستويات التفكير الهندسي حسب نموذج فان هيل، كما أنّه تمّ تطوير المحتوى ليتناسب وخبرات الطلبة في مختلف الصفوف. وهناك تطوّر في المستويات، إذْ يركز كتابا الصف الثامن والتاسع على المستويين الترتيبي والاستنتاجي، كما أنّ المهارات المنطقية والتطبيقية تركزت في الصفوف العليا على العكس من مهارات

الملاحظة والوصف- التي ترافق المستويين الإدراكي والتحليلي- فقد تركزت في الصفوف الخامس والسادس والسابع. كما أجرى الجراح (2001) دراسة هدفت إلى الكشف عن مستويات التفكير الهندسي لطلبة الصفوف من الخامس إلى الثامن، ومدى الاختلاف في تصنيفاتهم على تلك المستويات باختلاف الصف من جهة وباختلاف المفهوم من جهة أخرى. وبيّنت النتائج أنّه يمكن تصنيف ما نسبته 77% من عينة الدراسة ومن مختلف الصفوف إلى المستويات الأربعة، كما بيّنت أنّ المستويات العليا في التفكير الهندسي كانت من نصيب المستويات الصفية الأعلى.

ويبدو جليّاً من خلال استعراض الدراسات على المستويين العالمي والمحلي، أنّ اختبارات مستويات التفكير الهندسي -التي استُخدمت في الدراسات السابقة- تناولت مفاهيم متفرقة في الهندسة المستوية كالزاوية والشكل الرباعي وما يندرج تحته من أشكال رباعية، والمثلث ومفهومي التطابق والتشابه، والتماثل والتحويلات الهندسية. ولكنّها لم تتناول في مضمونها الهندسة الفراغية أو ثلاثية الأبعاد، بالرغم من دراسة العلاقة بين مستويات التفكير الهندسي في الهندسة ثنائية الأبعاد والقدرة المكانية، التي قيست باختبارات صُمِّمت بمضامين من الهندسة ثلاثية الأبعاد، لذا جاءت هذه الدراسة لتتناول الهندسة الإقليدية ثلاثية الأبعاد كمضمون لاختبار في مستويات التفكير الهندسي حسب نموذج فان هيل، كما أنّها تتناول طلبة الصف العاشر الذين تعرضوا لدراسة وحدة متكاملة في الهندسة الفراغية وهو آخر مستوى في المرحلة الأساسية في الأردن.

إنّ الهندسة، وعلى مر القرن العشرين كانت تقوم على نظام المسلّمات التي ابتكرها إقليدس منذ ألفي عام، فبناؤه المنطقي للهندسة بمسلّماتها وتعريفاتها ونظرياتها وبراهين تلك النظريات كانت وما زالت في القرن الحادي والعشرين من الأهداف والتوقعات المستقبلية للتحصيل العلمي (Van Hiele, 1999, p.310; Malloy&Friel, 1999, p.87)

وكذلك عُرضت الهندسة الفضائية المقررة للصف العاشر في مناهج الرياضيات الأردنية بطريقة مماثلة قائمة على المسلّمات، وتفترض أنّ طلبة هذا الصف يفكرون بمستوى الاستدلال الشكلي (Formal deduction)من مستويات التفكير الهندسي لفان هيل. لكنّ هذا ليس هو الحال، فهم يفتقرون لمتطلبات سابقة ولفهم مناسب لدراسة الهندسة بشكلٍ رسمي ممّا يحدث فجوة بين مستويات تفكيرهم في الهندسة، وما هو مطلوب منهم أن يتعلموه في هذا المجال. فطلبة الصف العاشر ومن خلال ملاحظاتي الصفية في بعض المدارس وملاحظات معلّميهم الذين ألتقي بهم باستمرار في برامج الدبلوم والماجستير ينظرون إلى الهندسة نظرة سلبية، وكذلك الحال عند معلّميهم الذين يواجهون صعوبات في تدريسها. وإذا ما نظرنا إلى ما أسفرت عنه الدراسات الدولية، والتقويم الوطني للتقدم التربوي في معظم الدول، فقد أظهرت تدنياً في أدائهم في الهندسة بينما لم يكن الحال كذلك في الحساب. فمثلاً بلغ المتوسط الحسابي العالمي في الهندسة في الدراسة الدولية/الثالثة للصف الثامن 56% والولايات المتحدة 48% (Lappan, 1999, p.3). أمّا على مستوى الأردن، فقد أشارت نتائج الدراسة الدوليّة الثالثة للرياضيات والعلوم (إعادة) أنّ متوسط أداء طلبة الأردن دون متوسط الأداء الدّولي (المركز الوطني لتنمية الموارد البشرية،2003). كما بلغت متوسطات النسب المئوية للإجابة الصحيحة لطلبة الأردن للصفين السابع والثامن في مجال الهندسة وذلك في الدراسة الدولية الثانية 29.9%، 46.9% على التوالي مقارنة بمتوسطات جملة الطلبة من البلدان المشاركة لهذين الصفين التي بلغت 47.8% و68.2% على التوالي (المركز الوطني للبحث والتطوير التربوي، 1991، ص30). وربما يكون ذلك مؤشراً على عدم امتلاك أولئك الطلبة لمستويات تفكير مناسبة في الهندسة. وأنّ هذه النتائج بدورها تؤكد على ضرورة الاهتمام بالكشف عن مستويات الطلبة في التفكير الهندسي في مختلف المراحل.

مشكلة الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى طلبة الصف العاشر، ومحاولة بناء اختبار يقيس تلك المستويات.

وبالتحديد حاولت الدراسة الحالية الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى طلبة الصف العاشر؟
2. هل تختلف تصنيفات طلبة الصف العاشر على مستويات التفكير في الهندسة الفضائية باختلاف الجنس؟
3. هل يختلف أداء طلبة الصف العاشر على اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية باختلاف مستوى التفكير الهندسي لديهم؟

التعريفات الإجرائية

* مستويات التفكير في الهندسة: مراحل تعلّم يتقدم الطلبة عبرها بتسلسل هرمي، وهي: الإدراكي، والتحليلي، والترتيبي أو الاستدلال غير الشكلي، والاستدلال الشكلي، والدقة البالغة. وتناولت الدراسة الحالية المستويات الأربعة الأولى فقط.

ولأغراض تصنيف طلبة الصف العاشر في ضوء هذه المستويات، فقد عُرّفت المستويات إجرائياً كما يلي:

- مستوى الإدراك: تحدّد بملاحظة الشكل الهندسي وتسميته من خلال مظهره العام، وتمييزه من بين مجموعة من الأشكال التي تبدو مماثلة له دون إدراك لخواصه. وقد حُدّد محك النجاح على الاختبار الفرعي الذي يقيس هذا المستوى بالإجابة عن (70%) فأكثر من الأسئلة، إجابة صحيحة.
- مستوى التحليل: تحدّد بملاحظة خواص الأشكال الهندسية ووصفها دون ربطها مع بعضها بعضاً، سواء على مستوى خواص الشكل الواحد أم خواص الأشكال المختلفة. وقد حُدّد محك النجاح على الاختبار الفرعي الذي يقيس هذا المستوى بالإجابة عن (70%) فأكثر من الأسئلة، إجابة صحيحة.

- مستوى الترتيب أو الاستدلال غير الشكلي: تمثّل بالقدرة على إعطاء تعريف دقيق للمفهوم الهندسي، وإيجاد علاقات بين خواص الشكل الواحد والأشكال المختلفة. وحُدّد محك النجاح على الاختبار الفرعي الذي يقيس هذا المستوى بالإجابة عن (60%) فأكثر من الأسئلة، إجابة صحيحة.
- مستوى الاستدلال الشكلي: تمثّل بالقدرة على الاستدلال من خلال البراهين وفهم دور المسلّمة والتعريف والنظرية في برهنة العلاقات، والقدرة على التعليل ضمن خطوات البرهان. وحُدّد محك النجاح على الاختبار الفرعي الذي يقيس هذا المستوى بالإجابة عن (55%) من الأسئلة فأكثر، إجابة صحيحة.

* الأداء على اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية: يقاس بالعلامة التي يحصل عليها الطالب على الاختبارات الفرعية التي تقيس مستويات التفكير الأربعة.

محدّدات الدراسة

هناك مجموعة من القضايا التي قد تحد من تعميم نتائج هذه الدراسة، وتسهم في تفسير نتائجها، ومن أبرزها: صعوبة اختيار عينة ممثلة من الأسئلة لكل مستوى من مستويات التفكير الهندسي (إدراكي، تحليلي، ترتيبي أو استدلال غير شكلي، استدلال شكلي)، واقتصار الدراسة على أربعة من مستويات التفكير الهندسي من أصل خمسة مستويات، وعينة الدراسة –من طلبة الصف العاشر- التي تبدو متجانسة من حيث خلفية الدراسة في المرحلة الأساسية، ومن حيث دراستها لوحدة الهندسة الفضائية بشكلها الرسمي لأول مرة. وربما أنّ هذه الخلفية قد لا تكون كافية للكشف عن نمطية معينة في التسلسل الهرمي لمستويات التفكير في الهندسة الفضائية، كما أنّ محك النجاح على كل مستوى من مستويات التفكير الهندسي، قد اعتمد على الآراء الشخصية للمحكمين ومدى اتفاق آرائهم مع ما رآه الباحث من خلال الأدب السابق المتعلق بالهندسة ببعدين.

مجتمع الدراسة وعينتها

تكوّن مجتمع الدراسة من طلبة الصف العاشر الأساسي -ذكوراً وإناثاً- التابعين لمديرية تربية إربد الأولى للفصل الثاني من العام الدراسي 2004/2003، والبالغ عددهم حسب إحصائيات المديرية المذكورة (5621) طالباً وطالبة. أمّا عينة الدراسة فقد بلغت (310) من الطلاب والطالبات، تمّ اختيارهم بالطريقة العشوائية العنقودية؛ إذْ اختيرت عشر مدارس عشوائياً من بين المدارس التي تحوي شعبتين في الأقل للصف العاشر؛ خمس مدارس للذكور وخمس للإناث. وبعدها اختيرت شعبة عشوائياً من كل مدرسة وبمعدل (30) طالباً أو طالبة في الشعبة الواحدة. وقد تعرّض جميع هؤلاء الطلبة لدراسة وحدة في الهندسة الفضائية ضمن منهاج الرياضيات للصف العاشر في الفصل الثاني من نفس العام الدراسي، وتوزع عدد أفراد عينة الدراسة بين الذكور والإناث، إذ بلغ (170) طالباً و (140) طالبة.

أداة الدراسة

من أجل تحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن أسئلتها، تمّ تحليل وحدة الهندسة الفضائية في كتاب الصف العاشر، حيث قرّرت وزارة التربية والتعليم في الأردن تدريسه في جميع المدارس بموجب قرار مجلس التربية والتعليم رقم 92/52 بتاريخ 1992/9/30 اعتباراً من العام الدراسي 1993/1992. شملت الوحدة المكونات الأساسية لبناء هندسة إقليدس بثلاثة أبعاد، وتلخصت تلك المكونات بمجموعة من المفاهيم غير المعرّفة هي النقطة والمستقيم والمستوى، ومجموعة من التعريفات: النقاط المستقيمة، والنقاط المستوية، والمستقيمان المتقاطعان، والمستقيمان المتوازيان، والزاوية الزوجية وحرفها وقياسها، وتعامد مستقيم مع مستوى، والمستويان المتعامدان، والإسقاط العمودي ويشمل: المسقط العمودي لنقطة على مستوى، والمسقط العمودي لنقطة على مستقيم، والمسقط العمودي لقطعة مستقيمة على مستقيم، والمسقط العمودي لقطعة مستقيمة على مستوى، والزاوية بين مستقيم ومستوى. كما شملت أربع مسلّمات أساسية انبثقت عن المسمّيات الأولية (غير المعرفة) تلخصت بالآتي:

1. لأي نقطتين مختلفتين يوجد مستقيم واحد فقط يحتويهما.
2. إذا وقعت نقطتان في مستوى، فإنّ المستقيم الذي يحويهما، يقع بأكمله في المستوى نفسه.
3. يوجد لأي ثلاث نقاط غير مستقيمة، مستوى واحد فقط يحتويها.
4. إذا تقاطع مستويان، فإنّ تقاطعهما مستقيم.

أمّا بالنسبة للمكوّن الرابع فهو النظريات، فتضمنت الوحدة نظريتين هندسيتين أساسيتين أولاهما: يمر مستوى واحد فقط في أي مستقيم معلوم ونقطة معلومة تقع خارجه، وثانيهما: إذا تقاطع مستقيمان فإنّه يوجد مستوى واحد يحويهما، ونظريتان في التوازي، وسبع نظريات في التعامد (وزارة التربية والتعليم، 2002).

وبالرغم من أنّ طبيعة هذه الوحدة تحتاج إلى مستويات تفكير عليا في الهندسة، إلا أنّ المهارات البصرية والوصفية التي تندرج تحت المستويين الإدراكي والتحليلي من مستويات التفكير الهندسي لفان هيل تعتبر أساسية لفهم المسلّمات والنظريات والتوصل إلى استنتاجات، والتمكن من بناء برهان بالطريقتين المباشرة وغير المباشرة.

وأمّا المرحلة الثانية في بناء أداة الدراسة وهي اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية، فقد تمّ مراجعة الأدب السابق النظري والبحثي الذي تمثل بأعمال بيير فان هيل وزوجته دينا فان هيل-جيلدوف، وما تلاهما من أعمال المهتمين في إطار هذا البحث. ونظراً لأنّ مضامين اختبارات مستويات التفكير الهندسي لفان هيل التي استخدمت في الأدب السابق كانت في مفاهيم هندسية ببعدين، فقد قام الباحث ببناء ذلك الاختبار اعتماداً على السمات والخصائص المنطوية تحت كل مستوى

تفكير من مستويات "فان هيل". وما يميز هذا الاختبار هو أنّه شمل بنية هندسية متكاملة ثلاثية الأبعاد، واقتصر على المستويات الأربعة الأولى وهي الإدراكي، والتحليلي، والاستدلال غير الشكلي، والاستدلال الشكلي. هذا وقد استثني المستوى الخامس المتمثل بالدقة البالغة لافتراض الباحث أنّ طلبة الصف العاشر لم يصلوا إلى مرحلة الدقة في فهم البناء الهندسي لإقليدس، وفهم دور المسلّمات والنظريات في التطبيقات المختلفة، أو المقارنة بين هندسة إقليدس والهندسات اللاإقليدية، علاوةً على أنّ تدريس الهندسة بشكلها الرسمي ظهر فجأة في الصف العاشر، دون أن يعتاد الطلبة مسبقاً على مكونات البناء الرياضي بشكل عام، إضافةً إلى أنّ تحقيق هذا المستوى يحتاج إلى فترة زمنية أطول، ومزيد من الخبرات التعليمية التعلّمية.

وفي ضوء ما سبق تمّ تحديد المهارات المنطوية تحت كل مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية إجرائياً على النحو الآتي:

1) مستوى الإدراك أو الإدراك البصري: ويتحدد بملاحظة الصورة أو الشكل الهندسي الذي يمثل المفهوم أو الفكرة الهندسية دون إدراك لخواصها. ويفترض أن يقوم الطالب بالآتي وفق هذا المستوى:
   - تسمية شكل هندسي معطى أو تحديد ما يمثله شكل هندسي معطى.
   - تمييز شكل يمثل مسمّى أولياً من بين مجموعة من الأشكال الهندسية.
   - تسمية مفاهيم هندسية تتعلق بالتوازي والتقاطع والتخالف والزوايا الزوجية من خلال شكل معطى.
   - رسم شكل يمثل مجموعة من المفاهيم في الهندسة الفراغية.
   - التعرف على أجزاء شكل معطى.
2) مستوى التحليل: ويتحدد بتمييز خواص الأشكال والمفاهيم الهندسية دون إدراك العلاقات فيما بين هذه الخواص، ويتم النظر للمفهوم كمجموعة من الخواص دون إدراك لسماته المميزة. ويفترض أن يقوم الطالب بالآتي ضمن هذا المستوى:
   - إدراك المسمّيات الأولية في نظام الهندسة وتمييزها عن غيرها من المسمّيات غير الأولية.
   - التمييز بين الأشكال أو المفاهيم الهندسية بحسب خواصها ومكوناتها.
   - إدراك الحالات التي تحدّد مستوى من خلال مجموعة من المكونات.
   - إدراك عدد المستقيمات التي يمكن رسمها بحيث تمر بثلاث نقط مستقيمة.
   - وصف علاقة أو أكثر بين أزواج من المستقيمات أو المستويات.
   - إعطاء وصف أو أكثر لرسومات تمثل أشكالاً تتضمن مستقيمات ومستويات بأوضاع مختلفة.
   - وصف بالكلمات كيفية إيجاد قياس الزاوية الزوجية مع توضيح ذلك بالرسم.
3) المستوى الترتيبي أو الاستدلال غير الشكلي: ويتحدد بوعي الطالب للعلاقات بين المفاهيم الهندسية المختلفة. ويفترض أن يقوم الطالب بالآتي ضمن هذا المستوى:
   - تمييز العلاقات بين الأشكال الهندسية المختلفة.
   - تمييز الخواص لأشكال هندسية مختلفة.
   - تعريف المصطلحات والمفاهيم في ضوء سماتها المميزة.
   - فهم نوعية التعريف الجيد لمفهوم هندسي من بين عدة تعريفات.
   - التعرف على المفاهيم من خلال تعريفاتها.
   - التعرف على الشروط الكافية لتكوين شكل هندسي ثلاثي الأبعاد.
   - التوصل إلى استنتاجات من خلال معطيات، ويدلّل على صحتها بطرق غير شكلية.
   - إعطاء نص مسلّمة في ضوء تفسيرها بعبارات مختلفة.
   - تحديد الخواص المميزة لمفهوم ما في الهندسة الفضائية.
   - إدراك صحة عبارة تصف مفهوماً أو علاقة أو مسلّمة أو نظرية.
   - المقارنة بين مفهومين من خلال تحديد أوجه الشبه والاختلاف بينهما.
   - كتابة وصف لشكل يمثل علاقة (مسلّمة، نظرية).
   - كتابة نص مسلّمة في الهندسة الفراغية ممثلة برسمٍ معيّن.
4) مستوى الاستدلال الشكلي: ويتحدد بالتفكير النظري وبناء البراهين للنظريات الهندسية واستخلاص نتائج من خواص ومعطيات محدّدة. ويفترض أن يقوم الطالب بالآتي:
   - استخلاص معلومات إضافية من معلومات معطاه والتدليل على صحتها بطرق شكلية.
   - تمييز المفروض والمطلوب في مسألة هندسية.
   - تطوير البراهين الهندسية بطرق مباشرة وغير مباشرة.
   - فهم الفرق بين التعريفات والمسلّمات والنظريات.
   - إدراك معنى الشرط اللازم والشرط الكافي.
   - إدراك كافة الشروط الكافية لتكوين مستوى أو شكل هندسي بثلاثة أبعاد.
   - التمثيل بالرسم كافة الحالات أو الشروط لتكوين مستوى أو شكل هندسي بثلاثة أبعاد.

وفي ضوء ما ورد سابقاً، تمّ إعداد (58) فقرة اختبارية توزعت كما يلي: (13) للمستوى الإدراكي، و (14) للمستوى

التحليلي، و (17) لمستوى الاستدلال غير الشكلي، و (14) لمستوى الاستدلال الشكلي. وقد تكوّن الاختبار في صورته الأولية من (33) فقرة من نوع الاختيار من متعدد بأربعة بدائل، و(25) فقرة من نوع الإكمال والرسم والإجابة بصح أو خطأ، ثمّ من نوع المقال وشملت بناء برهان هندسي لمواقف في الهندسة الفضائية. وقد عُرض الاختبار بصورته الأولية على عدد من المتخصصين والمطلعين على نظرية فان هيل لمستويات التفكير الهندسي وممّن درّسوا وحدة الهندسة الفضائية للصف العاشر، وذلك للنظر في صدق المحتوى. كما تمّ تجريب الاختبار على عينة استطلاعية بلغت (40) طالباً وطالبة من خارج عينة الدراسة. وتمّ تحليل إجابات الطلبة على فقرات الاختبار لإيجاد معاملات الصعوبة والتمييز وارتباط كل فقرة بالاختبار الكلي وبمجالها الإدراكي، أو التحليلي، أو الاستدلال غير الشكلي، أو الاستدلال الشكلي، وكذلك ثبات الاختبار.

ونظراً لأنّ الاختبار أُعِدّ لأغراض تصنيف الطلبة إلى مستويات التفكير في الهندسة الفضائية، واعتبر اختباراً محكي المرجع، فيجب أن يحوي فقرات سهلة وأخرى صعبة ليكون من السهل الحكم على تصنيف الطلبة، وبخاصة ذوي التحصيل المتدني. لذا تمّ اعتماد معامل ارتباط الفقرة بالاختبار المصحّح هو المعيار لحذف بعض الفقرات بعد تجريب الاختبار وليس معامل الصعوبة أو معامل التمييز. وقد تمّ حذف ثماني فقرات ضمن هذا المعيار تراوحت معاملات ارتباطها ضمن الفئة (-0.12 - 0.18)، بينما تراوحت معاملات تمييزها ضمن الفئة (07. - 0.19). وبذلك اقتصر اختبار التفكير الهندسي على (50) فقرة تمتعت بمعاملات صعوبة وتمييز ومعاملات ارتباط مناسبة ومقبولة لأغراض هذا البحث. هذا وقد بلغت معاملات ارتباط فقرات المستوى الإدراكي مع مجالها، ومعاملات ارتباط فقرات المستوى التحليلي مع مجالها، ومعاملات ارتباط فقرات مستوى الاستدلال غير الشكلي مع مجالها، ومعاملات ارتباط فقرات مستوى الاستدلال الشكلي مع مجالها: (0.39 – 0.75)، و(0.29 – 0.68)، و(0.29 – 0.75)، و(– 0.67 0.39) على التوالي. بينما تراوحت معاملات ارتباط فقرات الاختبار مع الاختبار الكلي ضمن الفئة (0.27 – 0.72)، وكانت جميعها ذات دلالة إحصائية ($\alpha = 0.05$). ويتضمن ملحق الدراسة الاختبار بصورته النهائية، بحيث تمثل الفقرات ذوات الأرقام 37, 35, 34, 3 ,5 ,6 ,7 ,13 ,17 ,29 المستوى الإدراكي؛ والفقرات ذوات الأرقام 48, 44, 39, 36, 22, 16, 15, 11, 9, 8, 2 المستوى التحليلي؛ والفقرات ذوات الأرقام 57, 49, 47, 46, 45, 43, 42, 12 ,20 ,23 ,24 ,25 ,26 ,28 ,38 ,40 ,41 مستوى الاستدلال غير الشكلي؛ والفقرات 58, 56, 55, 54, 53, 52, 51, 50, 33, 21, 19,18مستوى الاستدلال الشكلي.

وبالإضافة إلى معاملات الارتباط الواردة سابقاً، تمّ إيجاد صدق المحك للاختبار من خلال إيجاد معامل ارتباط بيرسون بين أداء المجموعة الاستطلاعية على اختبار مستويات التفكير الهندسي ككل وتحصيلها المدرسي في الرياضيات، إذْ بلغ معامل الارتباط 0.72. كما تمّ تقصّي العلاقة الارتباطية بين الاختبارات الفرعية (إدراكي، تحليلي، استدلال غير شكلي، استدلال شكلي) من جهة والاختبار الكلي من جهة أخرى، ويبين الجدول (1) معاملات الارتباط.

جدول (1): معاملات ارتباط الاختبارات الفرعية مع الاختبار الكلي

العلاقة الارتباطية	الادراكي	التحليلي	الاستدلال غير الشكلي	الاستدلال الشلي
التحليلي	.73 *			
الاستدلال غير الشكلي	.71 *	.77 *		
الاستدلال الشكلي	.60 *	.65 *	.71 *	
أداء الطلبة على الاختبار الكلي	.84 *	.89 *	.94 *	.84 *

* ذات دلالة إحصائية $\alpha = 0.05$

إضافةً إلى مؤشرات الصدق الواردة سابقاً، فقد تمّ استخدام أسلوب التحليل العاملي لتحديد البناء العاملي لهذا المقياس على مستوى عينة الدراسة الكلية (310). وقد استخدمت طريقة المكونات الأساسية مع التدوير المتعامد. وقد تبين أنّ هناك أربعة عوامل مسؤولة عن تفسير 35.19% من تباين علامات المفحوصين على اختبار التفكير في الهندسة الفضائية، فسّر العامل الأول منها 23.24%، بينما فسّر العامل الثاني 4.66%، والعامل الثالث 3.88%، والرابع 3.41%. وتبيّن من نتائج التحليل العاملي أنّ قيمة الجذر الكامن للعامل الأول كانت مرتفعة (11.62) إذا ما قورنت مع قيمة الجذر الكامن للعوامل الأخرى؛ إذْ بلغت 2.33 ,1.94 ,1.71للعوامل الثاني والثالث والرابع على التوالي. وهذا يؤكد أحادية البعد للمقياس. أي أنّه يقيس بعداً واحداً وهو مستوى التفكير في الهندسة الفضائية (Hattie, 1985).

ثبات الاختبار

حُسب ثبات التجانس –باستخدام معادلة كودريتشاردسون-لاختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية ككل وذلك من خلال استجابات طلبة العينة الاستطلاعية وبلغ 0.92، كما حُسب لكل مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية: الإدراكي، والتحليلي، والاستدلالي غير الشكلي، والاستدلالي الشكلي وبلغت على التوالي:0.71, 0.84, 0.76, 0.70.

وبما أنّ الاختبارات الفرعية لمستويات التفكير في الهندسة الفضائية، قد استخدمت كاختبارات مرجعية المحك في الإجابة عن عدد من أسئلة الدراسة، فقد تمّ حساب معامل التوافق (agreement coefficient)؛ ويُعرّف بنسبة الطلبة الذين اجتازوا علامة المحك عند تعرضهم لاختبار مرجعي المحك للمرة الأولى، واجتازوها على افتراض تعرضهم لنفس الاختبار للمرة الثانية (Subkoviak, 1988, p.48; Crowley,1990, p239). علماً بأنّه يمكن أن يُحسب معامل التوافق من خلال تعرض الطلبة للاختبار مرتين أو مرة واحدة. وفي هذه الدراسة، تعرضت العينة

الاستطلاعية للاختبارات التي تقيس مستويات التفكير المختلفة مرة واحدة. وحُسب معامل التوافق من خلال إيجاد العلامة المعيارية* لعلامة المحك أو القطع. ومن خلال جداول تقريبية تتضمن العلامة المعيارية وثبات الاختبار (Subkoviak, 1988, p.49)، تمت قراءة القيمة التقريبية لمعامل التوافق، وذلك بعد اعتماد ثبات التجانس المذكور سابقاً ممثلاً لثبات الاختبار. وبلغت معاملات التوافق 0.79, 0.75, 0.77, 0.82 لكل من الإدراكي والتحليلي والاستدلال غير الشكلي والاستدلال الشكلي على التوالي، وقد اعتبرت تلك القيم مقبولة لأغراض هذه الدراسة (Subkoviak, 1988, p.48).

ولدعم ثبات الاختبار، وعلى اعتبار أنّه تمّ اعتماد الدرجة (75%) محكاً لنجاح الطالب على (30%) من أسئلة الاختبار وذلك لتعدد أفرع هذه الأسئلة، فقد حُسب معامل ثبات الاختبار الكلي باستعمال معادلة ليفنجستون (Livingston) (عوده، 1998)؛ فبلغت 0.94. كما حُسبت معاملات الثبات لفقرات كل مستوى من مستويات الاختبار بنفس الطريقة، وبلغت 0.86, 0.76, 0.75, 0.79 لكل من الإدراكي والتحليلي والاستدلال غير الشكلي والاستدلال الشكلي على التوالي. وأُعطيت علامة واحدة في حالة الإجابة الصحيحة عن أسئلة الاختيار من متعدد، وصفراً في حالة الإجابة الخاطئة، أو عدم وجود إجابة. ولتعدد أفرع مجموعة من فقرات الاختبار، فقد تمّ اعتماد درجة (75%) فما فوق كمحك لنجاح الطلبة على كل فقرة، وأُعطيت الفقرة علامة واحدة في حالة تحقيق علامة المحك 75% فما فوق، وصفراً لغير ذلك. كما أُعطيت الفقرات التي تطلبت بناء برهان علامة في حالة إعطاء خطوات صحيحة ومتسلسلة ومبررة، وصفراً لغير ذلك.

جمع البيانات والمعالجة الإحصائية

لأغراض الإجابة عن أسئلة الدراسة، تمّ جمع البيانات في النصف الثاني من الفصل الثاني للعام الدراسي 2004/2003، وقُدِّمَ الاختبار في جلستين منفصلتين على يومين متتاليين. قُدِّم الجزء الأول من الاختبار الذي يتضمن (30) سؤالاً من نوع الاختيار من متعدد في الجلسة الأولى التي استغرقت ساعة واحدة، بينما قُدِّمَ الجزء الثاني من الاختبار والذي يتضمن (20) سؤالاً من نوع الإكمال والصح والخطأ والمقال (البرهان) في الجلسة الثانية التي استغرقت (90) تسعين دقيقة. وعلى مدى أسبوعين، تم جمع البيانات من المدارس المشمولة في الدراسة بإشراف الباحث وعدد من المساعدين، وبعد ذلك قام الباحث بتحديد نمط الأداء لكل طالب على مستويات التفكير باستخدام علامة المحك، ثمّ حُسبت النسب المئوية من أجل الإجابة عن السؤال الأول. كما استخدم اختبار كاي تربيع (χ^2) للاستقلالية للإجابة عن السؤال الثاني، وتحليل التباين الأحادي ذي القياسات المتكررة للإجابة عن السؤال الثالث.

نتائج الدراسة

أولاً: النتائج المتعلقة بالسؤال الأول.

للإجابة عن السؤال الأول والمتعلق بالكشف عن مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى طلبة الصف العاشر وتصنيفهم ضمن تلك المستويات، تمّ تحديد محكٍ لنجاح الطلبة على كل مستوى من مستويات التفكير الهندسي. وحدّدت بالإجابة عن 70%من الأسئلة فأكثر إجابةً صحيحةً على المستوى الإدراكي أو البصري، و70% فأكثر على المستوى التحليلي، و60% فأكثر على مستوى الاستدلال غير الشكلي، و55% فأكثر على مستوى الاستدلال الشكلي. وفي جميع هذه الحالات تعتبر علامة الطالب واحداً (1) وغير ذلك صفراً. وبذلك أعطي كل طالب نمطاً معيناً لأدائه. فمثلاً الرمز (1111) يعني أنّ الطالب سجل علامة (1) على كل مستوى من مستويات التفكير الأربعة؛ أي أنّه حقق علامة المحك أو اجتازها على جميع المستويات، والرمز (0001) يعني أنّ الطالب سجّل علامة (1) على المستوى الأول فقط وصفراً على بقية المستويات، والرمز (1101) يعني أنّ الطالب سجّل علامة (1) على المستويات الأول والثالث والرابع وصفراً على المستوى الثاني وهكذا. وقد تمّ تصنيف الطالب ضمن إحدى مستويات التفكير على أساس تسلسل اجتيازه لعلامة المحك على المستويات المختلفة. فمثلاً يصنف الطالب بموجب نمط الإجابة (0111) على أنّه في المستوى الثالث أي الاستدلال غير الشكلي، إذْ كان هناك تسلسل في اجتياز علامة المحك للمستويات الأول والثاني والثالث على التوالي (خصاونه، 1994 ;Crowley, 1991, p.238).

وبالتالي فإنّ الأنماط المقبولة هي: (0000) أي لم يجتز بنجاح أياً من مستويات التفكير الأربعة بموجب علامة المحك، و(0001) اجتاز المستوى الأول فقط، و(0011) اجتاز المستويين الأول والثاني فقط، و(0111) اجتاز المستويات الثلاثة الأولى، و(1111) تعني أنّه اجتازها جميعاً. وبعد ذلك حُسبت النسب المئوية للطلبة الذين سجلوا هذه الأنماط من الإجابات. ويلخّص الجدول رقم (2) النسب المئوية للطلبة موزعة بموجب أنماط الأداء المختلفة.

جدول (2): النسب المئوية للطلبة موزعة حسب أنماط الأداء المختلفة

نمط الأداء	التكرار	النسبة%	نمط الأداء	التكرار	النسبة%
0000*	59	19.03	0111*	108	34.84
0001*	28	9.03	0101	14	4.52
0011*	33	10.65	0110	2	0.65
0010	3	0.97	0100	4	1.29
1011	2	0.65	1111*	54	17.42
1101	2	0.65	1001	1	0.32
الكلي				310	100.0

*النمط الذي بموجبه يمكن تصنيف الطلبة في مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية.

* $Z = \frac{(C - 0.5 - M)}{S}$

Z = standard score, C = cutoff score, M = mean of the scores, S = standard deviation, the value 0.5 is a correction for continuity.

يوضح الجدول (2) أنّ (34.84%) من مجموع طلبة الصف العاشر قد صُنّفوا في المستوى الثالث (حسب ترتيب المستويات في هذه الدراسة) وهو الاستدلال غير الشكلي، و17.42% صُنّفوا في المستوى الرابع وهو الاستدلال الشكلي، و10.65% في المستوى الثاني وهو التحليلي، و9.03% فقط صُنّفوا في المستوى الأول وهو الإدراكي أو البصري. وبذلك يمكن تصنيف 71.94% من الطلبة في إحدى المستويات الأربعة المعنية في هذه الدراسة. كما تشير النتائج إلى أنّ 19.03% من الطلبة لم يجتازوا أياً من المستويات حسب علامة المحك، وهذا يعني أنّ هذه المجموعة من طلبة الصف العاشر لم تصل حتى إلى مستوى التفكير الأول وهو الإدراكي أو البصري. وإذا ما أُضيفت هذه النسبة إلى 71.94% تصبح نسبة الطلبة الذين أمكن تصنيفهم إلى مستوى معين من خلال تعرضهم لاختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية والمعد لأغراض هذه الدراسة 90.97%. بينما لم تسفر الدراسة عن تصنيف 9.03% من الطلبة في أي من المستويات الأربعة، حسب ما يوضحه الجدول (2). وبذلك تكون مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى طلبة الصف العاشر هي ما دون الإدراكي والإدراكي والتحليلي والاستدلال غير الشكلي والاستدلال الشكلي وبنسب متفاوتة، ورتبت تنازلياً على النحو الآتي: الاستدلال الشكلي (34.84%)، ما دون الإدراكي (19.03%)، الاستدلال الشكلي (17.42%)، التحليلي (10.65%)، ومن ثمّ الإدراكي (9.03%). كما بلغت نسبة الطلبة الذين أمكن تصنيفهم باستخدام الاختبار الحالي 90.97% بما في ذلك مستوى ما دون الإدراكي (البصري).

إضافةً إلى ما سبق، تمّ حساب التكرارات والنسب المئوية لطلبة الصف العاشر الذين حققوا علامة المحك على فقرات الاختبار لكل مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية، ويبين الجدول (3) تلك النسب.

جدول (3): النسب المئوية للطلبة الذين حققوا علامة المحك لكل مستوى تفكير

مستوى التفكير	التكرار*	النسبة%
الإدراكي	242	78.1
التحليلي	202	65.2
الاستدلال غير الشكلي	184	59.4
الاستدلال الشكلي	59	19.0

* العدد الكلي للطلبة (310)

يبين الجدول (3) أنّ النسب المئوية لطلبة الصف العاشر الذين حققوا علامة المحك فأكثر لكل مستوى تفكير في الهندسة الفضائية قد تدرجت تنازلياً، حيث كانت أعلاها للمستوى الإدراكي تلاه المستوى التحليلي، ثمّ مستوى الاستدلال غير الشكلي، وأقلها مستوى الاستدلال الشكلي. علماً أنّ علامة المحك بلغت (70%) لكل من المستويين الإدراكي والتحليلي، و(60%) لمستوى الاستدلال غير الشكلي، و(55%) لمستوى الاستدلال الشكلي. ويلاحظ أنّ النسب المئوية لتحقق علامة المحك على مستوى كافة المستويات كانت منطقية وواقعية.

ثانياً: النتائج المتعلقة بالسؤال الثاني.

للإجابة عن السؤال الثاني من أسئلة الدراسة والمتعلق بمدى اختلاف تصنيفات طلبة الصف العاشر على مستويات التفكير في الهندسة الفضائية باختلاف الجنس، حُسبت النسب المئوية للطلبة الذكور وللطلبة الإناث الذين أمكن تصنيفهم ضمن كل مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية. ويلخّص الجدول (4) النسب المئوية للطلبة ضمن كل مستوى موزعة حسب الجنس.

جدول (4): النسب المئوية للطلبة ضمن كل مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية موزعة حسب الجنس

مستوى التفكير/الجنس	الادراكي (البصري)	التحليلي	الاستدلال غير الشكلي	الاستدلال الشكلي
ذكور	%11.8	%13.5	%20.6	%17.1
إناث	%5.7	%7.1	%52.1	%17.9

قيمة كاي تربيع(χ^2) المحسوبة=75.479،وهي ذات دلالة إحصائي($\alpha = 0.01$)

بعد ذلك استخدم اختبار كاي تربيع للاستقلالية للكشف عن دلالة الفروق في النسب المئوية بين تصنيفات الطلبة الذكور والطلبة الإناث على كل مستوى من مستويات التفكير في الهندسة الفضائية. إذْ بلغت قيمة كاي تربيع المحسوبة 75.479 وهي قيمة ذات دلالة إحصائية عند مستوى دلالة ($\alpha = 0.01$). أي أنّه يوجد فروقات بين تصنيفات الذكور والإناث من طلبة الصف العاشر على مستويات التفكير في الهندسة الفضائية؛ بمعنى أنّه يوجد علاقة ارتباطية بين جنس الطالب ومستوى التفكير في الهندسة الفضائية؛ ومن أجل الكشف عن قوة هذه العلاقة حُسب معامل الارتباط (فاي)* بين مستويات الجنس ومستوى التفكير (عودة والخليلي، 2000)، وبلغت قيمته 0.50 وهي ذات دلالة إحصائية ($\alpha = 0.05$).

$$*\phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}} \quad ; \text{حجم العينة} = N$$

بعد ذلك استخدم اختبار الباقي المعياري (Standardized residual) للفروقات البعدية، وذلك للكشف عن مصادر الفروق بين تصنيفات الذكور والإناث على مستويات التفكير في الهندسة الفضائية (Hinkle, wiersma & Jurs, 1988)، ويبين الجدول (5) نتائج هذا الاختبار.

جدول (5): قيم الباقي*المعياري لطلبة الصف العاشر لكل مستوى من مستويات التفكير موزعة حسب الجنس

مستوى التفكير/الجنس	الإدراكي (البصري)	التحليلي	الاستدلال غير الشكلي	الاستدلال الشكلي
ذكور	1.2	1.2	- 3.1**	- 0.1
إناث	- 1.3	- 1.3	3.5**	0.1

*ذو دلالة إحصائية إذا كانت قيمة الباقي المعياري المطلقة أكبر من (2).
**ذات دلالة إحصائية ($\alpha = 0.05$).

يتضح من الجدول (5) أنّ مصدر الفروقات ($\alpha = 0.05$) بين تصنيفات طلبة الصف العاشر من الذكور وأقرانهم من الإناث على مستويات التفكير في الهندسة الفضائية، هو تصنيفات كل من الذكور والإناث على مستوى الاستدلال غير الشكلي. إذْ كانت نسبة الطلبة الذكور الذين صُنّفوا في مستوى الاستدلال غير الشكلي (المستوى الثالث) منخفضة مقارنة مع نسبة الإناث، كما أنّ نسبة الإناث اللواتي صُنّفن في المستوى نفسه؛ أي الاستدلال غير الشكلي مرتفعة مقارنة مع الذكور. كما تجدر الإشارة إلى أنّ الباقي المعياري لنسبة الذكور الذين صُنّفوا ما دون المستوى الإدراكي قد بلغ (3.6)، بينما بلغ الباقي المعياري لنسبة الإناث اللواتي صُنّفن في نفس المستوى (4.0-).

ثالثاً: النتائج المتعلقة بالسؤال الثالث.

للإجابة عن السؤال الثالث والمتعلق بمدى اختلاف أداء طلبة الصف العاشر على اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية باختلاف مستوى التفكير، استخدم تحليل التباين الأحادي ذي القياسات المتكررة. ونظراً لاختلاف عدد الفقرات في كل مستوى من المستويات الأربعة، وبالتالي اختلفت العلامة القصوى على كل مستوى؛ إذ بلغت (10) للمستوى الإدراكي أو البصري، و(11) للمستوى التحليلي، و(17) لمستوى الاستدلال غير الشكلي، و(12) لمستوى الاستدلال الشكلي، تمّ تعديل المتوسطات الحسابية بحيث حُسبت من (100) أي متوسطات مئوية لجميع المستويات. ويبيّن الجدول (6) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية بعد التعديل لأداء الطلبة حسب مستويات التفكير في الهندسة الفضائية.

جدول (6): المتوسطات الحسابية* والانحرافات المعيارية المعدّلة لأداء طلبة الصف العاشر حسب مستويات التفكير

المستوى	عدد الطلبة	المتوسط الحسابي المئوي	الانحراف المعياري
الادراكي	310	79.10	20.55
التحليلي	310	66.19	24.04
استدلال غير شكلي	310	56.05	24.65
استدلال شكلي	310	34.35	21.87

* العلامة القصوى لكل مستوى بعد التعديل = (100).

كما يظهر الجدول (7) ملخصاً لنتائج تحليل التباين الأحادي ذي القياسات المتكررة لأداء الطلبة حسب مستويات التفكير في الهندسة الفضائية.

جدول (7): نتائج تحليل التباين الأحادي ذي القياسات المتكررة لأداء الطلبة حسب مستويات التفكير في الهندسة الفضائية

مصدر التباين	درجات	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة ف
بين المستويات	3	332192.121	114615.183	695.77*
بين الأفراد	309	497103.522	1608.749	
الخطأ	895	147530.031	164.731	
الكلي	1239	976825.674	788.398	

* $\alpha \leq 0.01$

يبيّن الجدول (7) وجود فروق ذات دلالة إحصائية في أداء طلبة الصف العاشر على اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية تُعزى لمستوى التفكير (إدراكي، تحليلي، استدلال غير شكلي، استدلال شكلي). وللكشف عن مصادر تلك الفروق استخدم اختبار أدنى فرق دال (فشر) (Fisher Least Significant Difference (LSD)) للكشف عن الفروقات الثنائية البعدية. ويبيّن الجدول (8) نتائج هذا الاختبار.

جدول (8): نتائج اختبار (LSD) للفروقات الثنائية البعدية لأداء الطلبة حسب مستويات التفكير في الهندسة الفضائية

	إدراكي (79.10)	تحليلي (66.19)	استدلال غير شكلي (56.05)	استدلال شكلي (34.35)
تحليلي (66.19)	12.91*			
استدلال غير شكلي (56.05)	23.05*	10.14*		
استدلال شكلي (34.35)	44.75*	31.84*	21.70*	

* ذات دلالة إحصائية ($\alpha = 0.01$)

يوضح الجدول (8) وجود فروقات ثنائية ($\alpha = 0.01$) في أداء طلبة الصف العاشر على المستوى الإدراكي من جهة، وكل من المستويات التحليلي والاستدلال غير الشكلي والاستدلال الشكلي من جهة أخرى، وجميعها لصالح المستوى الإدراكي. كذلك يبيّن وجود فروقات ذات دلالة إحصائية في أداء الطلبة على المستوى التحليلي من جهة، وكل من مستويي الاستدلال غير الشكلي والاستدلال الشكلي من جهة أخرى، ولصالح المستوى التحليلي. كما ظهر فرق ذو دلالة إحصائية في أداء الطلبة بين مستويي الاستدلال غير الشكلي والاستدلال الشكلي ولصالح الاستدلال غير الشكلي.

مناقشة النتائج

لقد أحدثت نظرية "فان هيل" في التفكير الهندسي تحولاً كبيراً في النظرة إلى الهندسة كبناءٍ رياضي، كما أنّها فتحت مجالاً لاستطلاع مستويات التفكير الهندسي لدى الطلبة والطلبة المعلّمين، والقدرة على تصنيفهم حسب تلك المستويات، وبناء اختبارات تقيس مختلف المستويات: الإدراكي، والتحليلي، والاستدلال غير الشكلي، والاستدلال الشكلي، والتجريد المتصف بالدقة البالغة. إضافةً إلى أنّها أفرزت نموذجاً لتعليم وتعلّم الهندسة تلخّص في ثلاث مراحل: البصرية، والوصفية، والاستنتاجية.

إنّ ما أسفرت عنه الدراسة الحالية من نتائج في مجال استطلاع مستويات التفكير في الهندسة الفضائية يشير إلى مجموعة من القضايا الهامة جاء في مقدمتها أنّ ما يقارب 19% من طلبة الصف العاشر ما زالوا دون المستوى الأول (الإدراكي أو البصري) من مستويات "فان هيل"؛ أي أنّهم لم يتمكنوا من خلال دراستهم لوحدة الهندسة الفضائية من إدراك مفاهيمها بشكلها العام وبمعزل عن خواصها. وربّما يكون ذلك متوقعاً في ظل الصعوبة التي يواجهها طلبة الصف العاشر في تعلّم وحدة الهندسة الفضائية؛ فهي تُدرّس للمرة الأولى في هذا الصف كبناءٍ رياضي قائم على المفردات غير المعرّفة، والمفردات المعرّفة، والمسلّمات،

والنظريات المتعددة، إضافةً إلى حاجة هذه الوحدة إلى الوسائل التعليمية البصرية التي ربّما لم تتوفر لهذه الفئة من الطلبة، كما أنّها تتطلب المقدرة على التخيل المكاني وبثلاثة أبعاد. وأنّ هذه الفئة من الطلبة لم تُحقّق علامات المحك على أيّ من مستويات التفكير الأربعة المعنية في هذه الدراسة وصُنّفت ضمن نمط الأداء (0000)، علماً بأنّ علامة المحك بلغت 70% ,70% ,60% ,55% على المستويات الإدراكي، والتحليلي، والاستدلال غير الشكلي، والاستدلال الشكلي على التوالي. وبذلك روعي محدّد علامة المحك في هذه النتيجة. وقد اتفقت هذه النتيجة مع نتائج الدراسات التي أجريت في مجال استطلاع مستويات التفكير في الهندسة، (Mayberry, 1983; Wilson, 1990; Fuys, Gedds&Fischer, 1988) ولعينات من طلبة المرحلة الابتدائية والمتوسطة والثانوية والطلبة المعلّمين، وذلك في إفرازها مجموعة من الأفراد ممن لم يصلوا إلى المستوى الأول من تلك المستويات.

أمّا ثاني هذه القضايا، فهي أنّ نسب الطلبة الذين صُنّفوا ضمن المستويات الأربعة قد تدرجت تصاعدياً حسب التسلسل الهرمي للمستويات الثلاثة الأولى (9.03% للإدراكي، 10.65% للتحليلي، 34.84% للاستدلال غير الشكلي أو العلاقي)، بينما بلغت للمستوى الرابع (الاستدلال الشكلي) 17.42%. إنّ هذه النتيجة تبدو منطقية ومتوازنة مع مستوى الصف العاشر، بالرغم من افتراض نظرية "فان هيل" بأنّ مستويات التفكير في الهندسة ليست تطورية؛ أي أنّها ليست مرتبطة بالعمر، لكنها هرمية مرتبطة بنوعية التعليم الذي يتلقاه الطلبة والخبرات الهندسية التي يتعرضون لها، بغض النظر عن المرحلة الدراسية التي يقعون فيها. ويبدو أنّ هذه النتيجة تتناسب وطبيعة وحدة الهندسة الفضائية التي تشكل بناءً رياضياً متكاملاً تتركز مهاراتها بمستوى معرفي عالٍ وتعتمد على الربط واكتشاف العلاقات، حيث إنّ أعلى نسبة من طلبة هذا الصف صُنّفوا في المستوى الثالث (الاستدلال غير الشكلي)؛ بمعنى أنّهم وقعوا ضمن نمط الأداء (0111)، بينما انخفضت نسبة الطلبة الذين صُنّفوا في المستوى الرابع (الاستدلال الشكلي)؛ أي مستوى القدرة على البرهان والاستدلال المنطقي إلى 17.42%، وقد وقعوا ضمن نمط الأداء (1111)؛ أي أنّهم اجتازوا علامة المحك للمستويات الأربعة. ويشير هذا إلى أنّ القدرة على البرهان، وحتى البراهين البسيطة يحتاج إلى مزيدٍ من الخبرات في هذا المجال، وإلى فترة زمنية أطول لتحقيق هذه المهارة، وخاصةً أنّ العديد من البراهين في الهندسة الفضائية يعتمد على البرهان بالتناقض. وهذا يتفق مع ما أشارت إليه العديد من الدراسات السابقة في مجال البرهان والاستدلال المنطقي في الرياضيات بشكلٍ عام والهندسة بشكلٍ خاص إلى ضعف في قدرة الطلبة علىٰ الاستنتاج والبرهان على كافة المستويات المدرسية والجامعية (Frerking, 1995; Lee, 2000).

ومن الملاحظ أنّ الاختبار الذي طُوِّر لأغراض هذه الدراسة قد تمتع بخصائص سيكومترية مكنّت من تصنيف ما يقارب (91%) من الطلبة إلى إحدى المستويات بما في ذلك ما دون المستوى الأول -آخذين بعين الاعتبار علامات المحك-، وبذلك تكون نسبة من صُنّفوا في أحد المستويات الأربعة ذات العلاقة (72%)، إذْ بلغت نسبة الذين صُنّفوا في المستويات الأولى (إدراكي وتحليلي) 19.68%؛ أي ما يقارب 20%، بينما بلغت نسبة من صُنّفوا في المستويات العليا (استدلال غير شكلي، استدلال شكلي) 52.26%، وتعد هذه النسبة عالية إذا ما قورنت بدراسات سابقة، علماً أنّ الاختبارات في الدراسات السابقة تناولت الهندسة ببعدين وليس بثلاثة أبعاد. وربما يكون ذلك دليلاً على أنّ وحدة الهندسة الفراغية التي تعرَض لها الطلبة قد ساعدت بطريقة أو بأخرى في تنمية مستويات التفكير بتسلسلٍ هرمي مناسب، وذلك لأنّ بنيتها متكاملة من معرفة مفاهيمية وإجرائية وحل مسألة بعكس الدراسات السابقة التي تناولت مفاهيم متفرقة في الهندسة ببعدين. وبالرغم من أنّ التطور في هذه المستويات قد يحتاج إلى فترة زمنية مرتبطة بمراحل تكوين المفهوم التي تبدأ بمرحلة الإدراك التي تتطلّب خبرات حسية، ومرحلة التمييز الذي ينتج عن إدراك عناصر تلك الخبرة، والتجريد الذي يعتمد على رؤية العناصر المشتركة والعلاقات، ومرحلة التكامل التي تؤدي إلى التعميم، ثم الاستنتاج الذي يتطلب التحقق من صحة التعميم بأساليب البرهان المختلفة، فإنّ النتيجة السابقة لهذه الدراسة تؤيد ارتباط مستويات التفكير في الهندسة بنوعية التعليم والخبرات التي يتعرّض لها الطالب وليس العمر الزمني. وهذا ربما توفر في وحدة الهندسة الفضائية كبنية معرفية، وبنية ابستمولوجية تحدّت المعلّمين والمعلّمات أثناء تدريس تلك الوحدة.

هذا وقد أكدت العديد من الدراسات أنّ تصنيف المتعلمين إلى مستويات التفكير المختلفة في الهندسة يختلف من مفهوم إلى آخر؛ أي يتأثر بطبيعة البنية الهندسية، فتحديد عدد المفاهيم ونوعيتها في أداة البحث قد يخفف من طرح التساؤل حول عدم التداخل بين المستويات المختلفة والطبيعة الهرمية لتلك المستويات. وبالرغم من أنّ "فان هيل" قد افترض أنّ بنية مستويات التفكير في الهندسة منفصلة عن بعضها، إلا أنّ بعض الدراسات (Burger&shaughnessy, 1986) لم تدعم ذلك، كما يشار في هذا الصدد إلى أنّ الفروق الفردية بين الطلبة تؤكد أنّهم لا يمرون بمستويات تفكير بالمعدل نفسه ولو كانوا بالمستوى الصفي نفسه. كما أنّ المعلم والطالب والكتاب يتفاعلون بمستويات تفكير مختلفة (خصاونه، 1994).

إنّ التنظيم المنطقي الذي يأخذ بعين الاعتبار تسلسل المحتوى واستمراريته وتكامله بالنسبة لوحدة الهندسة الفضائية، إضافةً إلى تسلسل وتتابع وهرمية مستويات التفكير الهندسي من حيث اعتماد كل مستوى على المستويات السابقة له؛ كل ذلك يجعل المستويات الأدنى في هذا التسلسل الهرمي في أولوية مستويات التفكير الهندسي. فمثلاً المستوى الرابع (الاستدلال

الشكلي) يحتاج إلى معرفة تراكمية تساعد في عملية الاستنتاج والقدرة على البرهان، وهي من أصعب المهمات التي قد توكل إلى الطلبة.

وفي ضوء ذلك يمكن الاستنتاج بأنّ الهرمية في مستويات التفكير في الهندسة الفضائية كانت واضحة. وبالرغم من أنّ الطموحات والتوقعات تستدعي أن تزيد نسبة الذين أمكن تصنيفهم ضمن تلك المستويات الأربعة عن (72%)، وتخفيض نسبة الذين صُنِّفوا دون المستوى الأول (الإدراكي)، إلا أنّ بنية موضوع الهندسة الفراغية تستدعي مزيداً من الجهد والعناية للتركيز على الاستدلال المنطقي والبرهان المباشر والبرهان بالتناقض تمشياً مع توجهات معايير العمليات في مناهج الرياضيات وفي مقدمتها التبرير والبرهان (NCTM, 2000). ولكنّ هرمية مستويات التفكير في الهندسة تستدعي أيضاً التمكن بدرجة عالية من المستويات الثلاثة الأولى التي تسبق المقدرة على البرهان. ومن وجهة نظر الباحث فإنّ وحدة الهندسة الفضائية قد ركزت على المستويات العليا من مستويات فان هيل، وقد تمّ إقحام الطلبة في البراهين دون إكسابهم خبرة كافية وعمليات ذهنية للقدرة على البرهان، مما يؤدي إلى حفظ البراهين إلى درجة لا يستطيع معها الطالب أن يستنتج بوعي معلومة من معلومات معطاة؛ أي أنّ مستوى العمليات ما وراء المعرفية أو المصاحبة للعمليات المعرفية ليست بالمستوى المطلوب، ولا أظن أنّ خبرات المعلّمين في هذا المجال قد تكون كافية.

ولا يخفى أنّ موضوع الهندسة الفراغية (ثلاثية الأبعاد) يؤكد وبتوازن على استخدام المهارة البصرية؛ وذلك من خلال تمثيل كافة المسلّمات والنظريات بوسائل عملية مرئية مرافقة لها، والمهارة الوصفية؛ أي باستخدام اللغة، فهناك العديد من المفردات غير المعرّفة والتعريفات الدقيقة والمسلّمات والنظريات، والمهارة المنطقية؛ وذلك بصياغة البراهين. فهذا بحد ذاته يشكل خبرات متنوعة أدت إلى وجود هرمية في مستويات التفكير لدى طلبة الصف العاشر، مع وجود فروق فردية واضحة أدت إلى تنوع المستويات. كما أنّ المقدرة المنطقية المرتبطة عادة بالمستويات العليا جاءت أعلى من المقدرة المكانية المرتبطة على الأغلب في المهارات البصرية والتحليلية الوصفية.

وبالنظر إلى اختلاف تصنيفات الطلبة باختلاف جنسهم، فقد أشارت النتائج إلى وجود اختلاف جوهري في التصنيفات ولصالح الإناث؛ أي وجود علاقة ارتباطية بين الجنس ومستوى التفكير في الهندسة الفضائية. وقد كان المساهم الأكبر في وجود فروقات جوهرية بين تصنيفات الذكور والإناث هو تصنيفاتهم على المستوى الثالث (الاستدلال غير الشكلي). فقد بلغت نسبة الإناث اللواتي صُنِّفن في هذا المستوى 52.1%، بينما بلغت 20.6% للذكور. وهذا دليل على أنّ نوعية التعليم الذي تلقته الإناث في هذه الوحدة كان بمستوى أفضل منه عند الذكور. ومن خلال مقابلاتي للمعلّمين والمعلّمات، يبدو الاهتمام واضحاً من قبل المعلمات في التركيز على الفهم العلائقي من خلال ربط الأفكار والنظريات بوسائل تعليمية مرافقة لهذه الوحدة التي تحتاج إلى تخيل الأشكال بثلاثة أبعاد. كما تجدر الإشارة إلى أنّ نسبة الطلبة الذين صُنِّفوا في المستوى الرابع (الاستدلال الشكلي) كانت متقاربة جداً، فقد بلغت 17.1% للذكور و17.9% للإناث. وهذا يشير إلى عدم وجود اختلاف في المقدرة على البرهان والاستنتاج بين الذكور والإناث، أي أنّ المقدرة على البرهان تتطلب وجود استعداد أكبر في القدرة على التجريد لدى الجنسين. ومما يؤكد اهتمام المعلّمات وطالباتهن في التصدي لهذه الوحدة، هو أنّ نسبة الطلبة الذكور الذين أمكن تصنيفهم إلى أيٍّ من مستويات التفكير الأربعة قد بلغت 63.0%، بينما بلغت للإناث 82.8%. وهذا يؤكد أنّ نوعية التعليم لدى الإناث قد ساهمت في تصنيف عدد أكبر منهن ضمن المستويات المختلفة مقارنة بالذكور. إضافةً إلى ذلك، ومن خلال ملاحظاتي أثناء جمع البيانات، فقد أبدت الطالبات اهتماماً وجديةً كبيرين أثناء الإجابة عن أسئلة الاختبار على العكس من الذكور.

أمّا بالنسبة إلى أداء الطلبة على اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية، فقد تدرجت علاماتهم المئوية من الأعلى إلى الأدنى على مستويات التفكير: الإدراكي، والتحليلي، والاستدلال غير الشكلي، والاستدلال الشكلي، وبلغت على التوالي 34.35, 56.05, 66.19, 79.1. وقد أسفرت النتائج عن فروقات جوهرية في أداء طلبة الصف العاشر على اختبار التفكير في الهندسة الفضائية باختلاف مستوى التفكير. وأظهرت التحليلات الثنائية البعدية أنّ تلك الفروقات في أداء الطلبة كانت لصالح المستويات الأدنى حسب تسلسلها الهرمي. وترى فينيما وآخرون (Fennema, carpenter & Peterson, 1989) أنّ للممارسات التعليمية أثراً على نوعية تعلّم الطلبة وأدائهم، فلكي نُحسِّن من أداء الطلبة في الهندسة علينا تحسين الممارسات التعليمية؛ فالمعلّم الأكثر معرفة في مجال الرياضيات بشكلٍ عام والهندسة بشكلٍ خاص، والأكثر معرفة بكيفية تعلّم الطلبة تكون فعاليته أكبر في فهم الطلبة للرياضيات والارتقاء بمستويات تفكيرهم.

وخلاصة القول، فإنّ نتائج هذه الدراسة تدعو إلى إجراء المزيد من الأبحاث في مجال الهندسة الفراغية، وذلك باستخدام عينات أوسع، ومن مناطق مختلفة ممن يتعرضون وسيتعرضون لدراسة هذا الموضوع مستقبلاً، مع الاهتمام في تطوير أدوات قياس تتمتع بدرجة عالية من الصدق والثبات في هذا المجال. وبما أنّ الدراسات الاستطلاعية تعتبر قاعدة انطلاق للدراسات التجريبية، فإنّ الباحث يوصي بإجراء دراسة تتعلق بإعادة تصميم وحدة الهندسة الفضائية في ضوء نموذج التعليم والتعلّم الذي اقترحه "فان هيل" بمستوياته الثلاثة البصري والوصفي والاستنتاجي، ودراسة أثر ذلك في تنمية مستويات التفكير في الهندسة الفضائية لدى الطلبة.

المصادر والمراجع:

الجرّاح، أيمن عليّان (2001). **تطور مستويات التفكير في الهندسة لدى طلبة الصفوف من الخامس إلى الثامن.** رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة اليرموك، اربد، الأردن.

خصاونه، أمل (1994). مستويات التفكير في الهندسة لدى الطلبة المعلمين. **مجلة أبحاث اليرموك، سلسلة العلوم الإنسانية والاجتماعية**، 10 (1), 439- 481 .

خصاونه، أمل والغامدي، منى (1998). أثر استخدام بيئة لوغو لتدريس بعض المفاهيم الهندسية لطالبات الصف الثامن الأساسي في مستويات التفكير الهندسي والتحصيل في الهندسة. **مجلة دراسات**، العلوم التربوية، 401 – 416. (2)25

راشد، محمد والزعبي، عبدالله (1984). **مبادئ الهندسة الحديثة الإقليدية واللاإقليدية.** عمّان: دار عمّار لنشر والتوزيع.

الصادق، إسماعيل محمد (2001). **طرق تدريس الرياضيات: نظريات وتطبيقات.** القاهرة: دار الفكر العربي.

عبيد، وليم (2004). **تعليم وتعلّم الرياضيات لجميع الأطفال: في ضوء متطلبات المعايير وثقافة التفكير.** عمّان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.

عودة، أحمد سليمان (1998). **القياس والتقويم في العملية التدريسية.** الطبعة الثانية. إربد: دار الأمل.

عودة، أحمد سليمان والخليلي، خليل (2000). **الإحصاء للباحث في التربية والعلوم الإنسانية.** الطبعة الثانية، عمّان: دار الفكر للنشر والتوزيع.

المركز الوطني لتنمية الموارد البشرية (2003). **مستويات أداء طلبة الأردن في الدراسة الدولية الثالثة (إعادة) للرياضيات والعلوم في ضوء الموارد التعليمية والمدرسية المتوافرة:** دراسة مقارنة "Timss-R". 107، عمّان: المركز.

المركز الوطني للبحث والتطوير التربوي (1991). **مستوى أداء الأردن في الدراسة الدولية للعلوم والرياضيات لعام 1999.** عمّان: المركز.

وزارة التربية والتعليم (1990). **منهاج الرياضيات وخطوطه العريضة في مرحلة التعليم الأساسي.** عمّان: الوزارة.

وزارة التربية والتعليم (2002). **الرياضيات للصف العاشر.** الطبعة الثالثة، عمّان: الوزارة.

Burger,W.F. and shaughnessy, J.M. (1986). Characterizing of the Van Hiele levels of development in geometry. *Journal for research in Mathematics Education*, 17 (1), 31-48.

Carrol, W.M (1998). Geometric Knowledge of Middle School Students in a reform based mathematics Curriculum. *School Science and Mathematics*, 98 (4).

Chang, K.Y. (1992). Spatial and geometric reasoning abilities of college students. *DAI-A*, 53/03, 746.

Choi-Koh, S.S. (1997). Students' learning of geometry using computer software as a tool: three case studies. *DAI*, 58 (2).

Choi-Koh, S.S. (1999). A Student's Learning of geometry using the computer. *Journal of Educational Research*, 92 (5), 301-312.

Crowley, M.L. (1991). Criterion-referenced reliability indices associated with the Van Hiele geometry test. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 238-241.

Fennema, E., Carpenter, T.P.& Peterson, P.L. (1989). Learning Mathematics with understanding: cognitively guided instruction. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on Teaching* (pp.195-221). Greenwich, CT: JAI Press.

Fitzsimmons, R. (1995). The relationship between cooperative student pairs' Van Hiele levels and success in solving geometric calculus problems following graphing calculators: assisted spatial training. *DAI-A*, 56/06, 2156.

Frerking, B.G. (1995). Conjecturing and proof writing in dynamic geometry. *DAI*, 55 (12).

Fuys, D., Gedds, D.& Tischer, R. (1988). The Van Hiele model of thinking in geometry among adolescents. *Journal for Research in Mathematics Education monograph*. Richmond: National Council of Teachers of Mathematics.

Hattie, J. (1985). Methodology review assessing unidimensionality of tests and items. *Applied Psychological Measurements*, 9 (2), 139-164.

Hinkle, D.E., Wiersma, W. and Jurs, S.G. (1988). Applied statistics for Behavioral sciences. (2nd ed.), Boston: Houghton Mifflin Company.

Hoffer, A. (1981). Geometry is more than proof. *Mathematics Teacher*, 74, 11-18.

July, R.A. (2001). Thinking in three dimensions: exploring students' geometric thinking and spatial ability with the GSP. *DAI-A*, 62/06, 2060.

khasawneh, A. (2000). Geometric thought within school mathematics textbooks in Jordan. *Proceeding of the International conference of Mathematics for Living*, Nov. 18-23, Amman, Jordan, 155-162.

Lappan, G. (1999). Geometry: The forgotten strand. *NCTM News Bulletin*, 36 (5), 3-4.

Lee, W.I. (2000). The relationship between students' proof-writing ability And Van Hiele levels of geometric thought in a college geometry course. *DAI-A*, 60/70, 2417.

Swafford, J.O., Jones, G.A.& Thornton, C.A. (1997). Increased Knowledge in geometry and instructional practice. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28 (4), 467-483.

Symser, E.M. (1994). The effects of the geometric supposers: spatial Ability, Van Hiele levels, and achievement. *DAI*, 55 (6).

Teppo, A. (1991). Van Hiele levels of geometric thought revisited. *Mathematics Teacher*, 84 (3), 210-221.

Van De Walle, J.A. (1994). Elemetary School Mathematics: Teaching Developmentally. (2nd ed), Longman.

Van Hiele, P.M. (1986). Structure and Insight: a theory of mathematics education. Orlando: Academic press.

Van Hiele, P.M. (1999). Developing geometric thinking through activities that begin with play. *Teaching Children Mathematics*, 5 (6), 310-316.

Wilson, M. (1990). Measuring a Van Hiele geometry sequence: a reanalysis. *Journal for Research in Mathematics Education,* 21 (3), 230-237.

Wu, D.P. (1994). A study of the use of the Van Hiele model in the teaching of non-Eucledean geometry prospective elementary school teachers in Taiwan, The Republic of China. *DAI-A*, 55/05, 1215.

Mally, C.E. & Friel, S.N. (1999). Perimeter and area through the Van Hiele model. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 5 (2), 87-90.

Mason, M.M. & Moore, S.D. (1997). Assessing readiness for geometry in mathematically talented middle school students. *Journal for Secondary Gifted Education*, 8 (3).

Massey, J.E. (1994). The study of learning situation modeled on the Van Hiele theory with emphasis on the vocabulary of the student. *DAI*, 55 (2).

Mayberry, J. (1983). The Van Hiele levels of geometric thought in undergraduate preservice teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14 (1), 58-69.

Mistretta, R.M. (2000). Enhancing geometric reasoning. *ADOLESCENCE*, 35 (138), 365-379.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Principles and Standards for school mathematics*. Reston: The Council.

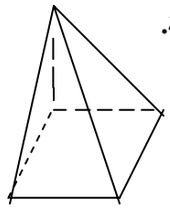
Olive, J. (1991). Logo programming and geometric understanding: an indepth study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22 (2), 90-101.

Subkoviak, M. J. (1988). A Practitioner's Guide to Computation and Interpretation of Reliability Indices for Mastery tests. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(1), 47-55.

ملحق الدراسة

اختبار مستويات التفكير في الهندسة الفضائية

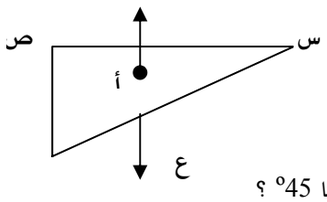
*** الأسئلة (1-25) من نوع الاختيار من متعدد، اقرأ بعناية، ثم ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة.**



1. ما عدد المستويات في الشكل المجاور؟

أ. اثنان فقط ج. أربعة فقط

ب. ثلاثة فقط د. خمسة فقط



2. ماذا تمثل النقطة أ في الشكل المجاور؟

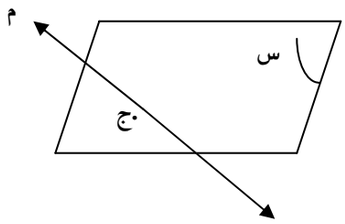
أ. تقاطع مستقيم مع مستوى في نقطة.

ب. تقاطع مستوى مع مستوى آخر.

ج. تقاطع مستقيم مع مستوى في مستقيم.

د. تقاطع مستقيم مع مستوى في أكثر من نقطة.

3. ماذا يمثل المستقيم م الذي يصنع مع المستوى س –في الشكل المجاور- زاوية قياسها 45^{o} ؟



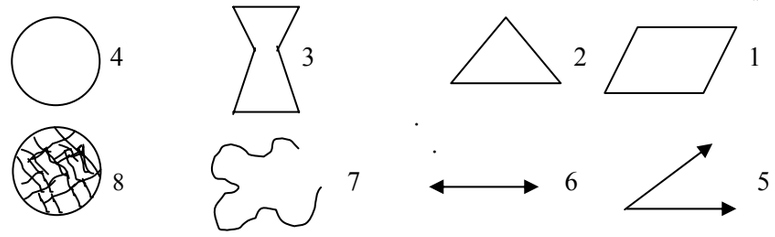
أ. مستقيماً يعامد المستوى س

ب. مستقيماً يوازي المستوى س

ج. مستقيماً يقطع المستوى س في النقطة ج

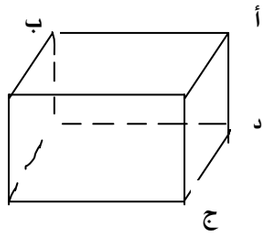
د. مستقيماً مسقطه العمودي هو النقطة ج

4. أي من الأشكال الهندسية الآتية يمثل مستوى؟



أ. الأشكال (2،1) فقط ج. الأشكال 4،3،2،1 فقط

ب. الشكل (1) فقط د. جميع الأشكال السابقة تمثل مستوى



5. المستقيمان أب، د ج في الشكل المجاور هما:

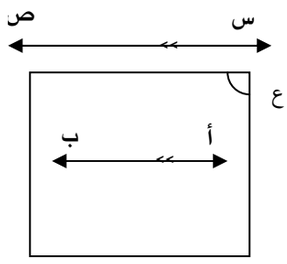
أ. متوازيان ج. متخالفان

ب. متقاطعان د. مستويان

6. من المسميات الأولية غير المعرفة في الهندسة الفضائية؟

أ. النقطة ب. النظرية ج. المسلَمة د. التعريف

7. أي من العبارات الآتية صحيحة بالنسبة للشكل المجاور؟



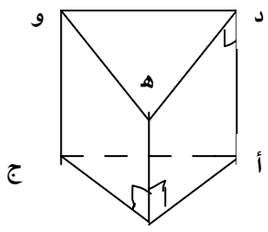
أ. المستقيم أب يوازي المستوى ع

ب. المستقيم س ص يوازي المستوى ع

ج. المستقيم س ص يوازي المستقيم أب

د. كل ما ذكر صحيح

8. يمثل الشكل المجاور منشوراً قائماً قاعدته مثلث متساوي الأضلاع، ما قياس الزاوية بين المستقيمين المتخالفين دو، أب



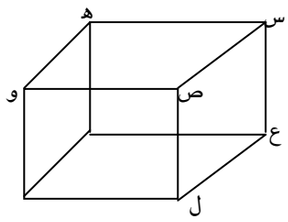
أ. 90º ج. صفر من الدرجات

ب. 60º د. لا يمكن قياسها

9. المسقط العمودي لمستقيم على مستوى بحيث يصنع زاوية قائمة مع المستوى هو:

أ. مستقيم ب. نقطة ج. مستقيم يوازي المستوى د. مستقيم يعامد المستوى

10. المستقيمان ع ل، هـ و في الشكل المجاور:



أ. متوازيان ج.متخالفان

ب. متقاطعان د. متعامدان

11. أي الحالات الآتية تحدّد مستوى؟

أ. مستقيمان متقاطعان ج. كل ثلاث نقط ليست على استقامة واحدة

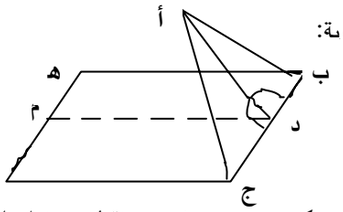
ب. مستقيم ونقطة خارجة عنه د. الإجابات أ،ب،ج صحيحة

12. يتقاطع مستويان في:

أ. نقطة واحدة فقط ج. ثلاث نقط ليست على استقامة واحدة

ب. نقطتين فقط د. مجموعة غير منتهية من النقاط على استقامة واحدة

13. في الشكل المجاور، تمثل قياس الزاوية الزوجية أ- ب ج – م بقياس الزاوية:



أ. أ د ب ج. أ د ج

ب. أ د م د. أ ب هـ

14. أ، ب، ج، د أربع نقط، ثلاث منها فقط مستقيمة، ما عدد المستقيمات التي يمكن رسمها بحيث تمر بنقطتين منها على الأقل؟

أ. ثلاثة فقط ج. خمسة فقط

ب. أربعة فقط د. ستة فقط

15. إذا كان أ، ب، ج، د أربع نقط، ثلاث منها مستوية، ما عدد المستويات التي يمكن رسمها بحيث تمر بثلاثة منها فقط؟

أ. اثنان فقط ج. أربعة فقط

ب. ثلاثة فقط د. خمسة فقط

16. ما أقل عدد من النقط غير المستوية التي يمكن أن تكوّن شكلاً هندسياً ثلاثي الأبعاد؟

أ. نقطتان فقط ج. أربع نقط فقط

ب. ثلاث نقط فقط د. خمس نقط فقط

17. إذا كان المستوى س عمودي على المستوى ع، والمستوى ص عمودي على المستوى ع، وكان س∩ع= المستقيم أ ب، س∩ص= ϕ فإنّ:

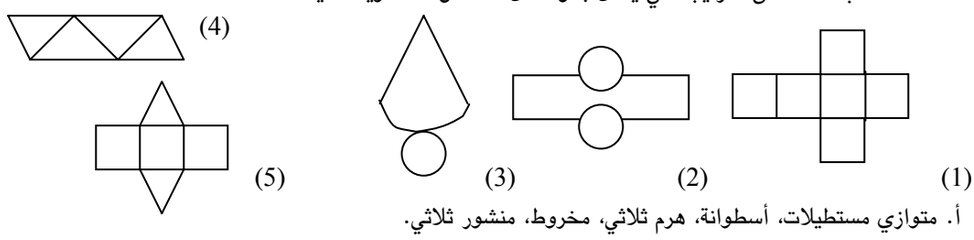
أ. المستقيم أب// المستوى ع

ب. المستقيم أب عمودي على المستوى ع

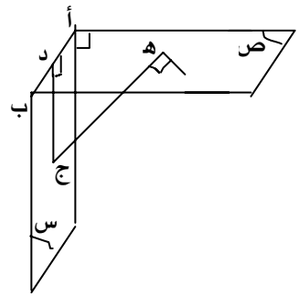
ج. المستقيم أب يقطع المستوى ع

د. يمكن رسم أكثر من مستوى عمودي على مستوى آخر من مستقيم معلوم

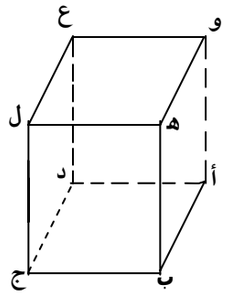
18. ما عدد المستقيمات التي يمكن رسمها بحيث تمر بثلاث نقط مستقيمة مثل أ،ب،ج؟
أ. واحد فقط ج. ثلاثة فقط
ب. اثنان فقط د. عدد غير محدود
19. إنّ أفضل تعريف للمسقط العمودي لنقطة على مستوى هو:
أ. نقطة تلاقي العمود النازل من نقطة خارج مستوى على هذا المستوى
ب. المسقط العمودي لنقطة خارج المستوى على مستقيم في المستوى
ج. العمود النازل من النقطة التي تقع خارج المستوى على هذا المستوى
د. الزاوية التي يصنعها العمود النازل من النقطة على هذا المستوى
20. يعرّف المستقيمان المتوازيان بأنّهما:
أ. مستقيمان لا يتقاطعان إذا امتدا
ب. مستقيمان يقعان في مستوى واحد ولا يتقاطعان
ج. مستقيمان يقعان في مستويين مختلفين ولا يتقاطعان
د. مستقيمان يمكن أن يمد بينهما مستقيم عمودي على كل منهما
21. إذا دار مستوى – مثل - س- حول مستقيم يقع فيه دورة كاملة فإنّه يولد:
أ. مستوى ب. أسطوانة ج. فضاء د. كرة
22. إذا وقعت ثلاث نقط ليست على استقامة واحدة في مستوى، كم عدد المستقيمات المختلفة التي يمكن رسمها من هذه النقط بحيث تحتوي نقطتين فقط؟
أ. ستة مستقيمات ج. مستقيم واحد
ب. ثلاثة مستقيمات د. لا يمكن رسم أي مستقيم
23. إذا كان بالإمكان عمل اسطوانة دائرية قائمة من ورقة على شكل مربع، ما شكل الورقة لعمل مخروط ناقص.
أ. مستطيل ب. شبه منحرف ج. متوازي أضلاع د. معين
24. ما أسماء المجسمات على الترتيب التي يمكن بناؤها من الأشكال المستوية الآتية:



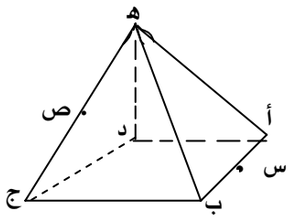
أ. متوازي مستطيلات، أسطوانة، هرم ثلاثي، مخروط، منشور ثلاثي.
ب. مكعب، أسطوانة، مخروط، هرم ثلاثي، منشور ثلاثي.
ج. مكعب، أسطوانة، مخروط، منشور ثلاثي، هرم ثلاثي
د. متوازي مستطيلات، مخروط، أسطوانة، هرم ثلاثي، منشور ثلاثي.
25. في الشكل المجاور، إذا كان المستوى س يعامد المستوى ص، والمستقيم ج د يعامد المستقيم أب، المستقيم ج هـ يعامد المستوى ص، فماذا يمكن القول عن المستقيم ج هـ:
أ. المستقيم ج هـ عمودي على المستقيم ج د
ب. المستقيم ج هـ عمودي على المستوى س
ج. المستقيم ج هـ هو نفسه المستقيم ج د
د. المستقيم ج هـ يقع في المستوى س



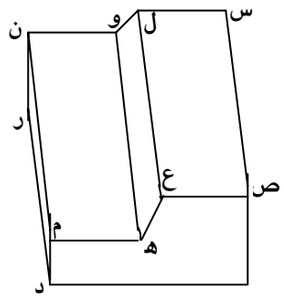
***أجب عن الأسئلة (26-50) حسب المطلوب وفي الفراغ المعد لذلك.**



26. في الشكل المجاور، سمِّ:
أ. مستويين متوازيين: .....
ب. مستوى ومستقيماً يوازيه: .....
ج. مستقيمين متخالفين: .....
د. مستقيمين متوازيين: .....
هـ. مستويين متقاطعين: .....
و. زوجاً من الزوايا الزوجية: .....



27. في الشكل المجاور، سمِّ:
أ. خمس نقط مستوية: .....
ب. أربع نقط ليست مستوية: .....
ج. ثلاث نقط مستقيمة: .....
د. ثلاث نقط ليست مستقيمة: .....
هـ. نقطتين لا تقعان في المستوى أب ج د: .....
و. زاوية زوجية بين المستويين هـ ص ب، د ب أ:.....

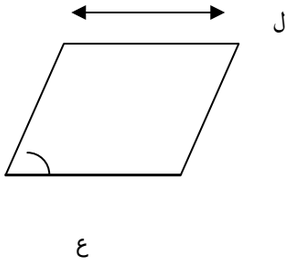


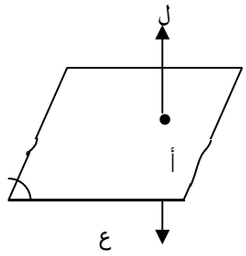
28. في الشكل المجاور، صف العلاقة بين كل زوج من المستويات الآتية:
أ. س ص ع، و هـ م: .....
ب. س ص ع، ع هـ و: .....
ج. س ص ع، ن م د: .....
د. س ص ع، س ل ع: .....

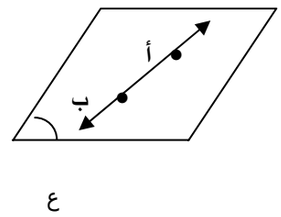
29. أرسم شكلاً يمثّل الحالات الآتية:
أ. المستويين س،ص يتقاطعان في المستقيم م و.
ب. المستقيم م يقطع المستوى س في النقطة أ.
ج. الزاوية الزوجية أ-ج د- ب.
د. ثلاثة مستويات تتلاقى في نقطة واحدة.

30. ما نص المسلّمة أو المسلّمات التي تفسر العبارات الآتية؟
أ. إذا كانت أ، ب، ج ثلاث نقاط غير مستقيمة في المستوى س، وكانت النقاط نفسها (أ،ب،ج) تقع في المستوى ص. فإنّ المستويين س، ص هما المستوى نفسه.
ب. إذا كان المستقيم ج د // المستقيم أ ب، وكانت هـ نقطة على المستقيم ج د، فإنّ النقطة هـ لا تقع على المستقيم أ ب.
ج. إذا كانت أ، ب نقطتين في المستوى س، وتقعان على المستقيم ل، فإنّ ل يقع بأكمله في المستوى س.
د. إذا كانت أ، ب نقطتين في المستوى س، وكذلك في المستوى ص، فإنّ المستقيم الذي يحوي هاتين النقطتين يقع بأكمله في المستويين س، ص.

31. اكتب وصفاً أو أكثر لكل من الرسومات الآتية:



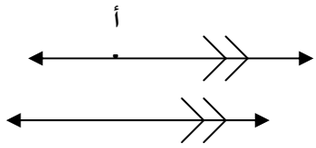




32. ماذا يمكن أن تخبر زميلك من أجل أن يتعرف على:
أ. مستقيمين متوازيين: .....
ب. مستقيمين متقاطعين: .....
ج. مستقيمين متخالفين: .....
د. مستويين متوازيين: .....
هـ. مستويين متقاطعين: .....
و. الزاوية الزوجية: .....

33. ما الخواص المميزة للزاوية الزوجية؟
.....

34. اكتب نص المسلَمة التي يعبر عنها الشكل الآتي:



.....
.....

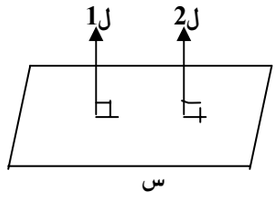
35. أجب بصح أو خطأ:
( ) أ. يحتوي المستوى ثلاثة مستقيمات على الأقل
( ) ب. إذا تقاطع مستقيمان، فإنّه يوجد أكثر من مستوى يحويهما
( ) ج. المستقيم الموازي لمستوى هو المستقيم الذي يقع بأكمله في المستوى فقط
( ) د. قياس الزاوية بين مستقيمين متخالفين يساوي صفراً
( ) هـ. إذا تقاطع مستقيمان في نقطة فإنّ مستوىً واحداً فقط يحويهما

36. صف بالكلمات –مستعيناً بالرسم- كيفية إيجاد قياس زاوية زوجية.
.....

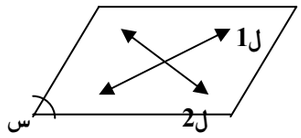
37. اكتب عبارة أو أكثر تبين أوجه الشبه والاختلاف بين:
أ. قيمين متوازيين وآخرين متقاطعين:
ب. قيمين متوازيين وآخرين متخالفين:
ج. مستقيمين متقاطعين وآخرين متخالفين:

38. اختر من المصطلحات: نقطة، مستقيم، مستوى، فضاء، ما يناسب أن تملأ به الفراغ في كل من العبارات الآتية:
أ. _____ يحتوي أربع نقط مختلفة على الأقل وليست في مستوى واحد.
ب. كل ثلاث نقط ليست على استقامة واحدة يحتويها _____ وحيد.
ج. كل نقطتين مختلفتين يحتويهما _____ وحيد.
د. إذا تقاطع مستقيمان مختلفان فإنّهما يتقاطعان في _____ فقط.
هـ. إذا تقاطع مستقيمان مختلفان فإنّه يحتويهما _____ وحيد.

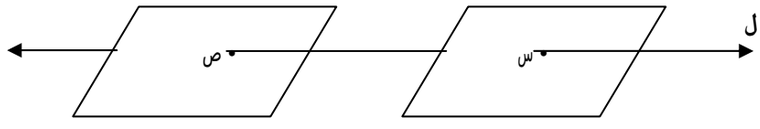
39. اكتب وصفاً أو أكثر لكل من الأشكال الآتية:



.....

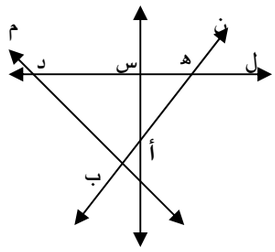


.....



.....

40. اعتماداً على الشكل المجاور، صف علاقة أو أكثر بين:



أ. المستقيمين ن، د س: .....

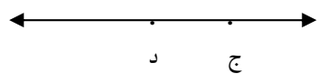
ب. النقاط هـ، س، د: .....

ج. النقاط أ، هـ، س: .....

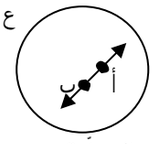
د. المستقيمين ن، هـ أ: .....

هـ. المستقيمين ل، ن: .....

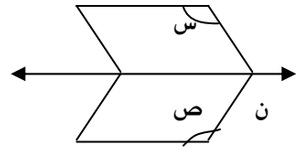
41. ما نص المسلّمة في الهندسة الفراغية التي يمثلها كل شكل من الأشكال الآتية:



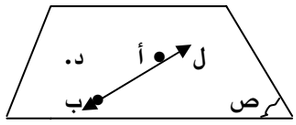
نص المسلّمة: .....



نص المسلّمة: .....



نص المسلّمة: .....



نص المسلّمة: .....

42. أ. اذكر شرطاً كافياً لتكوين مستوى

.....

ب.اذكر شرطاً كافياً آخر مختلف عن الذي ذكرته في أ لتكوين مستوى

.....

ج. اذكر شرطاً كافياً آخر يختلف عن الذي ذكرته في أ، ب لتكوين مستوى

.....

43. أ. اذكر شرطاً كافياً لتكوين شكل هندسي بثلاثة أبعاد.

.....

ب.اذكر شرطاً كافياً –يختلف عن ما ذكرته في أ– لتكوين شكل هندسي بثلاثة أبعاد.

.....

ج. اذكر شرطاً كافياً آخر يختلف عن ما ذكرته في أ، ب لتكوين شكل هندسي بثلاثة أبعاد

.....

44. معتمداً على الشروط الكافية لتكوين مستوى:

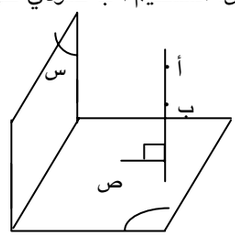
أ. ارسم شكلاً يحدد مستوى.

ب.ارسم شكلاً آخر يختلف عن الشكل أ، يحدد مستوى.

ج. ارسم شكلاً آخر يختلف عن الشكلين أ، ب يحدد مستوى.

45. في الشكل المجاور المستوى س عمودي على المستوى ص، المستقيم أ ب عمودي على المستوى ص، اثبت أنّ المستقيم أب// المستوى س.

البرهان:



46. أ ب ج مثلث قائم الزاوية في ب، فيه أ ج=8 سم، قياس < أ ج ب =30º، المستقيم أد عمودي على المثلث أ ب ج، أد=4 سم. أوجد قياس الزاوية الزوجية بين المستويين د ب ج، أ ب ج.

.....

47.اثبت أنّ كل مستوى مار بمستقيم عمودي على مستوى آخر يكون عمودياً عليه.

48. صنف كلاً من العبارات الآتية إلى تعريف، مسلّمة، نظرية:

( ) 1. مسقط نقطة على مستوى هو أثر العمود المرسوم من تلك النقطة على المستوى.

( ) 2. يوجد منصف وحيد لكل زاوية زوجية.

( ) 3. إذا تعامد مستويان، فإنّ المستقيم المرسوم من نقطة في أحدهما -بحيث يكون عمودياً على المستوى الآخر- يكون محتوى فيه.

( ) 4. إذا كان المستقيم أ ب عمودي على المستوى س، والمستقيم أ ب محتوى في المستوى ص، فإنّ المستوى ص يعامد المستوى س.

( ) 5. الزاوية الزوجية هي اتحاد نصفي مستويين لهما الحرف نفسه.

( ) 6. المستقيم العمودي على مستوى هو مستقيم عمودي على كل مستقيم فيه.

( ) 7. إذا قطع مستوى أحد مستقيمين متوازيين في نقطة فإنّه يقطع الآخر.

( ) 8. المسقط العمودي لقطعة مستقيمة على مستوى هو المسقط العمودي لجميع نقط تلك القطعة المستقيمة على المستوى.

( ) 9. كل مستوى يحتوي ثلاثة مستقيمات في الأقل.

( ) 10. لأي نقطتين مختلفتين يوجد مستقيم واحد فقط يحتويهما.

( ) 11. إذا تقاطع مستويان فإنّ تقاطعهما هو مستقيم.

( ) 12. يتعامد مستويان إذا كانت الزاوية الزوجية بينهما قائمة.

49. أجب بصح أو خطأ أمام كل عبارة من العبارات الآتية:

( ) 1. المستقيم مسمّى أولي ليس له تعريف، يتعين بنقطتين مختلفتين أو بمستويين متقاطعين.

( ) 2. المستوى مسمّى أولي يتعين بمستقيمين متوازيين.

( ) 3. النقاط المستقيمة هي التي تقع جميعها في مستوى واحد.

( ) 4. يمكن أن يتعين المستوى بمستقيم ونقطة خارجه.

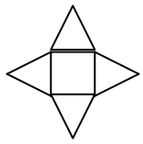
( ) 5. يمكن أن يتعين المستوى بخطين متقاطعين.

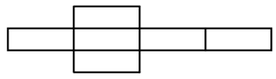
( ) 6. يتولد الفراغ من دوران مستوى حول مستقيم فيه.

( ) 7. النقاط المستوية هي التي تقع جميعها على مستقيم واحد.

( ) 8. تحتاج إلى ثلاثة أبعاد لرسم دائرة نصف قطرها 5 سم.

( ) 9. عند طي الأوجه الجانبية للشكل المجاور ينتج شكل هندسي بثلاثة أبعاد.





( ) 10. الشكل المجاور يمثل مستوى

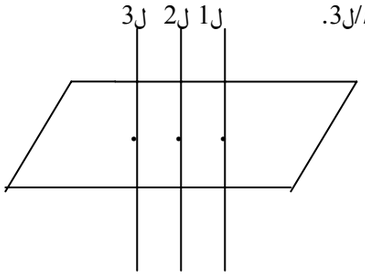
( ) 11. يمكن أن يكون طول مسقط قطعة مستقيمة على مستوى أطول من طول القطعة المستقيمة نفسها.

( ) 12. يمكن أن يكون مسقط قطعة مستقيمة على مستوى نقطة.

( ) 13. مسقط قطعة مستقيمة على مستوى هو مسقط القطعة نفسها على أي مستقيم.

( ) 14. المسقط العمودي لدائرة مرسومة في المستوى س على المستوى ص الذي يوازي المستوى س هو دائرة أيضاً.

50. إذا كان ل1،ل2،ل3 ثلاثة مستقيمات في فضاء، وكان ل1//ل2، ل2//ل3، اثبت أن ل1//ل3.



المعطيات:

المطلوب:

البرهان: ارسم مستوى مثل س عمودي على المستقيم ل2 ثم استفد من النظرية:
*إذا توازى مستقيمان وكان أحدهما عمودياً
على مستوى، كان الآخر عمودياً عليه.