الفصل السابع
نمو المفاهيم العلمية والرياضية

مقدمة:

ليس من ريب في أن فهم طبيعة عملية النمو المعرفي لدى الأطفال والمراهقين يعتبر أمراً ضرورياً إذا كان للفرد أن يتخذ قرارات منطقية ومعقولة بخصوص مساعدة الطلاب على تعلم العلوم. وإذا كانت قدرة الفرد على التعلم ترتبط ارتباطاً مباشراً بالنضج النمائي، فإن توفير فرص تعلم مناسبة يعتمد على فهم مستوى نمو الفرد. ويجب أن ترتكز طبيعة المنهج، وكذلك الطريقة التي يقدم بها المنهج للطالب (دور المعلم) على فهم الطلاب في أي فصل دراسي.

إن معظم المفاهيم في مجال العلوم هي بالفعل مجموعات من المفاهيم أو العمليات العقلية التي يمكن تعريفها أو تحديدها في أبحاث النمو المعرفي. فالزمن على سبيل المثال مفهوم علمي مهم جداً إذ ترتكز عليه جميع الدراسات التي تناولت الجوانب الحركية. والأبحاث التي تلقي الضوء على الطريقة التي يطور بها الأطفال فهماً عملياً للزمن يمكن أن تكون عوناً للمربين والمعلمين فيما يتعلق بتطوير وبناء المنهج.

وتعتبر القدرة على تحديد وضبط المتغيرات متطلباً أساسياً لأي نوع من التجريب النظامي في مجال النظم العلمية. وحتى أبسط المشكلات التي تتطلب مدخلاً بحثياً للبحث عن الحلول الممكنة، عادة ما تحتوى على الأقل على ثلاثة أو أربعة متغيرات. ومن الأشياء التي تعتبر سهلة نسبياً فيما يتعلق بوضعها في مناهج العلوم نمو النباتات من البذور، فلن يستدعي ذلك كثيراً من البحث لإدراك أن كثيراً من المتغيرات ربما تكون ذات تأثير على نمو النبات. وتمثل نوعية التربة، ونوعية البذور، ووضع أو مكان البذور، ودرجة الحرارة، ومقدار الرطوبة، عدداً من الاحتمالات التي ربما

تؤثر على إنبات البذرة أو نموها. والمدى الذي عنده يستطيع الطفل أن يتفهم كل الاحتمالات وينظم المدخل إلى كل حل محتمل يعتمد على مستوى النمو المعرفي لدى هذا الفرد.

تعليم المفاهيم العلمية للأطفال:

بادئ ذي بدءٍ، يجب أن يكون الهدف من تعليم وتدريس العلوم للأطفال هو إكسابهم الطريقة العلمية في التفكير، وفي حل المشكلات، وتدريبهم على البحث والاستكشاف، والملاحظة العلمية وتوقد الذهن. ومن ثم نتمكن من إعداد طلاب لديهم الأدوات والقدرات التي تمكنهم من الإضافة إلى العلوم في المستقبل بدلاً من مجرد استهلاك إنتاج الآخرين، وترديد وحفظ المحتويات العلمية.

دور المعلم في تعليم المفاهيم العلمية:

دور المعلم في تعليم المفاهيم العلمية دور بالغ الأهمية والحساسية؛ إذ أن عليه ألا يقدم المعلومات جاهزة، وألا يوفر الإجابات على استفسارات الأطفال؛ بل عليه أن يواجه استفسارات الأطفال بمزيد من الاستفسارات التي تسهل عملهم ونشاطهم، بحيث يصلوا إلى المعلومات والإجابات بأنفسهم. وعليه أن يتحدى أفكارهم مما يدفعهم لمزيد من البحث وإجراء التجارب.

ويمكن تلخيص دور المعلم في تعليم المفاهيم العلمية في النقاط التالية:

١ – تجهيز معمل العلوم بحيث يمكن للأطفال استخدامه بسهولة.

٢ – الاستمتاع جيداً لأسئلة الأطفال وتعليقاتهم وتوجيه أنشطتهم الاستكشافية.

٣ – استثارة فضول الأطفال حول العالم من حولهم.

٤ - مساعدة الأطفال على استخدام حواسهم على نحو فعال في الاستكشاف.

٥ – مساعدة الأطفال على استخدام الأساليب العلمية.

٦ – مساعدة الأطفال على تسجيل النتائج التي توصلوا إليها.

٧ – جعل العلوم مادة مشوقة للأطفال بإضفاء الجانب الشخصي عليها. (عزة عبدالفتاح، ١٩٩٧: ٦٦ - ٦٧)

الأمور التي تجب مراعاتها عند تعليم المفاهيم العلمية للأطفال:

١ – المحافظة على تدفق حل المشكلات الابتكاري:

على المعلم ألا يتوقف عندما يحصل على الاستجابة الصحيحة، وإنما عليه أن يستعرض الاستجابات الأخرى، ويجعل الأطفال يناقشونها، ثم يعود بعد ذلك للاستجابات الصحيحة. فهذا يعمق فهم الاستجابة الصحيحة عند الأطفال.

٢ – تشجيع الطلاب على الاستكشاف وحل المشكلات:

على المعلم أن يستمع لأطفاله جيداً وإذا شعر بأن الطفل قد بدأ يتعثر، وربما يتسرب إليه اليأس، فإن عليه أن يوجه إليه بعض الأسئلة التي تفتح عليه، وتوجهه إلى الطريق الصحيح.

٣ – إعادة توجيه أسئلة الطلاب إليهم لتحسين فرص التعلم:

ربما يوجه الأطفال سؤالاً للمعلم للحصول على مساعدته. وعلى المعلم ألا يقدم الحلول الجاهزة للمشكلة، وإنما يرد بسؤال آخر من شأنه أن يلفت انتباههم، ويوجه ملاحظاتهم مما ييسر عليهم في النهاية حل المشكلة.. "ما سبب حدوث المشكلة؟" "كيف يمكن تلافي هذا السبب في المرات القادمة؟"

٤ – تمركز المناقشات حول الطفل:

على المعلم أن يحرص على أن يدير الحوار بين الأطفال وبعضهم، ويكون دوره بمثابة تنظيم المناقشة، وتوجيهها. وهذا من شأنه أن يعود الأطفال على الاستقلالية وعلى الرأي الحر.

٥ – إعطاء الوقت الكافي للمناقشة:

إذا استثار المعلم المناقشة بين الأطفال من خلال سؤال ما، فإن عليه أن يتيح لهم الوقت الكافي للحوار والمناقشة.

٦ – تشجيع التعليم التعاوني:

على المعلم أن يشجع الأطفال على العمل في مجموعات صغيرة لأن ذلك يمكنهم من تبادل الأدوار، ويتيح لهم فرص ممتازة للتعبير عن أفكارهم ومعارفهم بحرية، والدفاع عنها أمام أفكار الآخرين الذين ربما يختلفون معهم، كما أن هذا الأسلوب يشجع الأطفال الخجولين على المشاركة.

٧ – تقديم النموذج الجيد والقدوة الحسنة في الاستماع للطلاب:

على المعلم أن يقدم لطلابه قدوة حسنة في استماعه لأسئلتهم على نحو جيد، وعليه ألا يتسرع في الإجابة بمجرد سماع جزء من السؤال ليغرس في طلابه الاستماع الجيد للآخرين من خلال القدوة.

٨ – مساعدة الأطفال على تلخيص تجاربهم:

قد يكون من المفيد أن يلخص الطلاب تجاربهم وخبراتهم العلمية. وعلى المعلم أن يساعدهم على تسجيلها في دفاتر أو كتيبات، وتزويدها بالصور، ووضعها في مكتبة الفصل كتعزيز لجهودهم، وحافز لجهود الآخرين.

٩ – عدم اتباع أي كتاب من كتب العلوم كما لو كان وحياً منزلاً:

إذا استعان المعلم ببعض الكتب التجارية فإن عليه أن يغير أسلوبه وطريقة عرضه، لكي يغرس في الطلاب عدم تقديس كل ما هو مطبوع.

١٠ – إعطاء الفرصة للطلاب ليتعلموا من خلال الاستكشاف الحر ثم العودة لمناقشتهم:

وهذا الأسلوب له أهمية كبيرة، إذ يمكن كل طفل من العمل بما يناسب مستواه المعرفي وقدراته النمائية، ويعطيه الفرصة لأن يطرح الأسئلة، ويحل المشكلات، دون التقيد بأهداف المعلم، أو بمستوى معين يفرضه المعلم. (عزة عبدالفتاح، ١٩٩٧: ٨٠ - ٨٣)

نمو المفاهيم في المستوى الحسي:

Concept Development at a Concrete Level

وفقاً للأبحاث التي أجراها بياجيه ومساعدوه، والنظرية التي طوروها، فإن العقل البشري لا يظهر دليلاً على تفكير منطقي حقيقي حتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة؛ وحتى عند ذلك السن فإنه يكون على أعتاب مرحلة العمليات المجردة. وبالطبع فإن التفكير المنطقي الحقيقي يجب أن يتم تعريفه وتحديده قبل أن يتمكن المرء من مناقشة بداية مرحلة العمليات المجردة مناقشة ذات معنى. ولسوف يساعد وصف مختصر هاهنا على التمييز بين التفكير قبل المنطقي والتفكير المنطقي.

وقد حدد كل من إنهلدر وبياجيه (Inhelder & Piaget, 1955) أوضح سمة للتفكير المنطقي أو المجرد على أنها القدرة على تشكيل احتمالات مجردة تجريداً كاملاً. وحال فعل ذلك فعلى المرء أن يستخدم العمليات المشهورة والمألوفة لدى المنطق البحثي من قبيل، الربط، والفصل، والتضمين، والتساوي مع بدائلها، وصيغ النفي على نحو مترابط ومتماسك تماماً. ويسمح النظام التجميعي الكامل للفرد بأن يذهب إلى ما وراء المحسوسات، والبيئة الطبيعية إلى التفكير في الاحتمالات المجردة، والتي لا ترتبط بالضرورة بأي شيء قابل للقياس في عالم الواقع.

وتقتصر مرحلة التفكير الحسي أو التفكير قبل المنطقي على الفترة الممتدة من سن الرابعة أو الخامسة، وحتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة. وهذا المدى يقابل تقريباً مستويات المدرسة الابتدائية. ومن بين المفاهيم والمبادئ المرتبطة بنمو المفاهيم الحسية والمفاهيم قبل المنطقية والمرتبطة بالتفكير العلمي: الفئات، والسلاسل، والأرقام، والعلاقات المرتبطة بالطول والمساحة والحجم، والتنظيم الفراغي، والوزن والكتلة، والكثافة، والزمن، والحركة، والتوازن، والهندسة، والفرصة أو الاحتمال، والمجموعات، والأفكار العامة المرتبطة بالسببية الفيزيائية (Good, 1977: 37).

التصنيف Classification:

التصنيف هو القدرة على تجميع الأشياء التي لها نفس الخصائص. وبعبارة أخرى فالتصنيف هو وضع الأشياء في مجموعات على أساس خصائصها المشتركة.

وتعد مهارة التصنيف من أول المهارات التي يكتسبها العقل البشري. وفيها يتم تجميع الأشياء بناءً على اشتراكها في خصائص معينة. ويتضمن التصنيف القدرة على التمييز البصري؛ فالطفل بحاجة لأن يميز بصرياً الأشكال، والأحجام، والألوان. وبعد ذلك يحتاج الطفل لمقارنة الأشياء ببعضها. ومن خلال ذلك يتعلم أن بعض الأشياء تتشابه، وبعضها يختلف.

وتتبع خبرات الطفل الأولى عن التصنيف من خلال تعرفه على العالم المحيط به، حيث يتعرف على الأشياء التي يراها، ثم تنضج هذه الخبرات وتتعقد حتى تصل لمستوى الأشياء البعيدة معتمداً على صفاتها مثل اللون والشكل والحجم.

والقدرة على تصنيف الأشياء والأحداث بالغة الأهمية فيما يتعلق بالاحتفاظ

بالتفكير المجرد أو المنطقي. وقد أجريت كثير من الدراسات على القدرة على التصنيف في أواخر الثلاثينات وبداية الأربعينات، وقد لخص بياجيه هذه الدراسات في "إدراك الطفل للأرقام".. ولتصنيف الأشياء بناءً على الشكل، فإن على المرء أن يتمكن من تحديد أوجه التشابه والاختلاف. وحتى سن الثالثة أو الرابعة تقريباً فإن إدراك الأطفال للفراغ يكون قاصراً على العلاقات البسيطة المتعلقة بالفراغ من قبيل الأشكال المفتوحة أو المغلقة التي تحيط بنا. ولا يستطيع الطفل نسخ عدد الأضلاع في الأشكال المغلقة (من قبيل المربع، والشكل الخماسي، وما شابهها) حتى سن الرابعة أو الخامسة. ولا يستطيع معظم الأطفال أن يصلوا إلى التمييز بين الأشكال المعقدة وتمثيلها من خلال الرسوم حتى سن السابعة أو الثامنة. ورغم أن القدرة على تكوين فئات أو مجموعات لا تنشأ أو تشتق من الإدراك وحده، فإنه يعتبر متطلباً أساسياً لتكوين الفئات أو المجموعات.

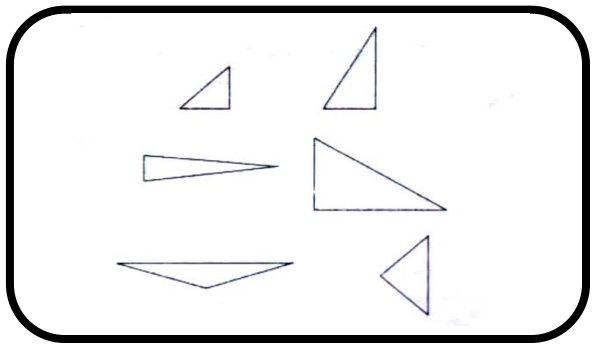
ولمساعدة الأطفال على تنمية مهارة التصنيف ينبغي تزويدهم بفرص لعب متنوعة لتدريبهم على استخدام أساليب التعرف، وإطلاق الأسماء على الأشكال، والألوان، والأحجام. وينبغي البدء بمفهوم واحد في كل مرة؛ مثل التعرف على الأشكال، ثم الانتقال إلى الألوان، ثم إلى الأحجام. وبعد أن يتمكن الطفل من التصنيف في هذا المستوى، يمكن مساعدته على الانتقال إلى التصنيف بناءً على الاشتراك في صفتين في آن واحد؛ كأن يطلب من الطفل أن يجمع الدوائر الحمراء في سلة واحدة، أو أن يجمع المثلثات الزرقاء في سلة واحدة. وحبذا لو تمت تلك الأنشطة في سياق اللعب المشوق (بطرس بطرس، ٢٠٠٧: ٢٠٠؛ رمضان بدوي، ٢٠٠٣: ٢١٦؛ عزة عبدالفتاح، ١٩٩٧: ٥٣؛ Garrett, et al., 1998; Good, 1977: 38; Kamii, 2003; Rhodes, et al., 1997).

مجموعات ما قبل الفئة Pre-class Collections

يتضمن التكوين الجوهري للفئة تناسقاً وتناغماً بين نوعين من العلاقات والخواص. والخواص المكثفة هي تلك التي تعتبر مألوفة بالنسبة لعناصر فئة معينة. وهي تلك الخواص التي تستخدم لتحديد طريقة تكوين وتشكيل الفئة. فعلى سبيل المثال يعرض شكل (١) أشكالاً تم تجميعها مع بعضها في فئة وفقاً لخاصيتين مكثفتين:

أ – كل شكل من هذه الأشكال يحتوي على ثلاثة أضلاع.

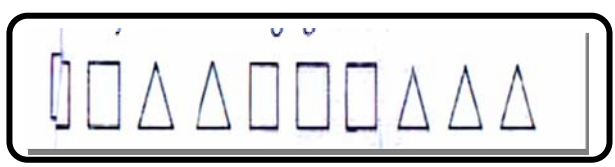
ب – كل شكل من هذه الأشكال يجب أن يكون مغلقاً.



شكل (١) مثال لفئة تم تشكيلها باستخدام خاصيتين مركزتين(Good, 1977: 39)

والعلاقة أو الخاصية الثانية الضرورية لتكوين هذه الفئة هي الشمول. فالخواص الشاملة أو الواسعة هي تلك التي تربط فئة ما بالفئات الأخرى. فعلى سبيل المثال تنتمي الكلاب إلى فئة أكبر وأوسع وأشمل هي فئة الحيوانات.

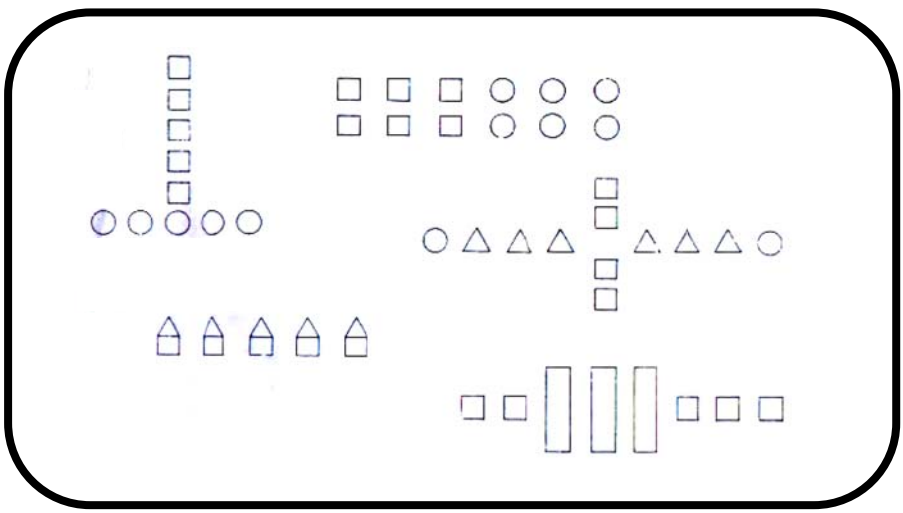
ولا يتم إدراك التصنيف الذكي إلا بعد أن تستقر الخواص المكثفة والشاملة وتتناغم. وقبل سن السابعة إلى الثامنة يقوم الأطفال بتجميع مجموعات من الأشياء التي ترتبط بالشكل الفراغي للأشياء، المرتبطة ببعضها. وتعتبر الأشياء في بيئة الطفل قوة محددة في وضع الأشياء مع بعضها، ليس لأنها متشابهة من حيث الخواص المكثفة، ولكن لأنها تشكل أشياء مألوفة، أو ربما لأنها تكوِّن شكلاً فراغياً مقبولاً. إذ ينبغي وضع المثلث فوق المربع لأن ذلك سيؤدي إلى تكوين بيت. فالأشياء توضع في ترتيب معين يؤدي إلى صورة مألوفة. وفي بعض الأحيان توضع الأشياء في مجموعات بناءً على أوجه شبه متتالية كما في شكل (٢)



شكل (٢): مجموعة من الاشياء تم تجميعها وفقاً لأوجه شبه متتالية ولكن باستخدام معايير متغيرة. (Good, 1977: 40)

ويتم تحديد أوجه الشبه من خلال عناصر فراغية أو زمنية، وغالباً ما يغير الأطفال في سن الثالثة أو الرابعة معايير تجميع الأشياء عدة مرات. وغالباً ما ينظر إلى الأطفال في سن الرابعة والخامسة على أنهم سوف يكملون مجموعة تذبذبت معايير تكوينها وتغيرت؛ ثم يعودون أدراجهم ليعيدوا ترتيب بعض العناصر. ويعتبر ذلك مؤشراً على أن الطفل قد بدأ يلاحظ الخواص المكثفة والمركزة، وبدأ يجمع الأشياء بناءً عليها ومع ذلك فإن الأمر سيستغرق عامين آخرين أو نحو ذلك قبل أن تنسجم الخواص المكثفة مع الخواص الشاملة ويتناغما معاً لتكوين فئات هرمية.

وقد تتطور التجميعات أحادية البعد إلى تجميعات ثنائية البعد بينما يواصل الطفل مسيرته في تلك المرحلة السابقة على التصنيف (مرحلة ما قبل التصنيف) Pre-classification Stage. ويظهر شكل (٣) أمثلة لمجموعات ثنائية الأبعاد.

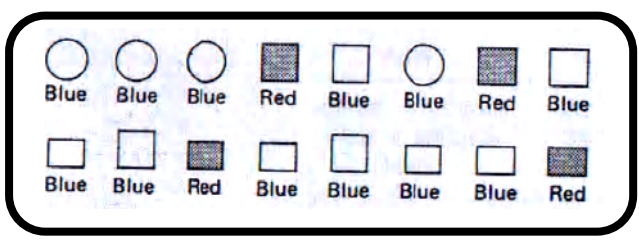


شكل (٣) مجموعات ثنائية الأبعاد يجمعها الأطفال في سن الرابعة والخامسة.

وينبغي أن نشير إلى أنه لمجرد أن الطفل في سن الثامنة مثلاً يكوِّن مجموعات ثنائية الأبعاد، فإن ذلك ليس إشارة إلى العجز عن تكوين فئات أو مجموعات حقيقية. فربما يشعر الطفل أن لديه الرغبة لتجميع تلك الأشكال ليس إلا. وهنا يختلف عن موقف طفل الرابعة أو الخامسة الذي يعجز عن تكوين مجموعات حقيقية.

وفي الفترة ما بين سن الرابعة أو الخامسة حتى سن السابعة أو الثامنة يصبح الأطفال أكثر تناسقاً وتناغماً في استخدامهم للخواص المكثفة أو المركزة intensive properties ولكنهم ليسوا قادرين بعد على ربطها بالخواص الشاملة extensive properties لتكوين فئات هرمية. والمشكلة الرئيسية التي تواجه الأطفال في تكوين المجموعات هي التناسق بين الخواص المكثفة، والخواص الشاملة. وتصبح الطريقة الفراغية في ترتيب الأشياء عنصراً أقل تأثيراً في تحديد سبب وضع الأشياء مع بعضها.

وكما تم تعريفها من قبل فإن الخواص تشمل التفكير في الفئة والنظر إليها على أنها اتحاد بين العناصر أو مجموعة من العناصر، بينما تشير الخواص المكثفة أو المركزة إلى كل عنصر يمثل مرجعية معينة. والمرجعية المعينة سوف تكوِّن وتشكِّل جزءاً من الخواص المكثفة للفئة إذا كانت جميع عناصرها لديها نفس المرجعية. ولمعرفة ما إذا كان أحد الأشياء يمكن أن يكون جزءاً من فئة فرعية تنضوي تحت فئة أوسع فإن ذلك يتطلب تحديد مفهوم الكل والجزء. ويوضح شكل (٤) مجموعات من الأشياء التي يمكن أن تستخدم لتحديد فهم الطفل للعلاقة بين الكل والجزء.



شكل (٤) أشياء تستخدم لاختبار حالات أو شروط الكل والجزء. (Good, 1977: 41)

ويمكن أن يطلب من الأطفال أن يقسموا مجموعة من الأشياء إلى مجموعتين أو أربعة أو أكثر، ويمكن أن تقدم لهم بعض الأسئلة التي يتم تقسيم المجموعات بناءً عليها. فعلى سبيل المثال فيما يتعلق بالدوائر والمربعات يمكن سؤالهم أسئلة من قبيل: هل جميع الدوائر زرقاء؟ هل جميع الأشياء الحمراء مربعات؟ هل جميع الأشياء الزرقاء دوائر؟ هل جميع المربعات حمراء؟ وهكذا يمكن أن تستخدم هذه الأشياء لتحديد مفهوم الطفل عن الكل والجزء. وبخصوص مجموعة الأشياء التي

جميعها مستطيلات في شكل (٥) يمكن تشكيل وتكوين مزيد من المجموعات الفرعية، ولكن يمكن تقديم أسئلة مشابهة لتحديد إمكانية اشتمال الفئة على تلك الأشياء. وعادةً لا يستطيع الأطفال أن يظهروا على نحو كافٍ أنهم يفهمون مفاهيم الكل والجزء حتى سن السابعة أو الثامنة، وحتى حينئذٍ فإن الكثيرين منهم قد لا يتوافر لديهم فهم المعادلة ب = أ + أ`، أو أ = ب – أ`، أو أ` = ب – أ. فهم لا يدركون بعد مقدار الفرق بين الكل والجزء، ولا يدركون أن الكل يشير إلى ب في حين أن الجزء يشير فقط إما إلى أ، أو إلى أ`.

وفي إحدى التجارب تلقى ١١٧ طفلاً تتراوح أعمارهم بين السابعة والثالثة عشرة أسئلة عن تصنيفات الحيوانات. وشكلت ثلاثة أو أربعة رسوم للبط وأعداد مساوية من الطيور الأخرى جزءاً من مجموعة واحدة. وكانت هناك رسوم لحصان، وسمكة، وكلب، وثعبان، وفأر في نفس المجموعة. وفي مجموعة أخرى من البطاقات استخدمت رسوم لثلاث بطات، وأربعة طيور أخرى: نحلة، فراشة، خفاش، يعسوب، وثلاثة أشياء غير حية لتحديد قدرات التصنيف الهرمي لدى الأطفال. وطلب من كل طفل أن يكوِّن مجموعتين، وأربع مجموعات... وهكذا، مستخدماً مجموعتين من الصور في حين يقوم الباحث بتقديم بعض الأسئلة مثل: هل البط حيوانات؟ هل الطيور حيوانات؟ إذا قتلت جميع الحيوانات هل سيبقى أي حيوان ذي ريش؟ هل يوجد هنا مزيد من الطيور أو مزيد من الحيوانات؟ إلى أين يجب أن تذهب السمكة؟ هل يوجد مزيد من البط أو مزيد من الحيوانات المنزلية في العالم؟.... وهكذا. والهدف من جميع الأسئلة هو سبر غور قدرات الطفل فيما يتعلق بمحتويات المجموعة والتصنيف الهرمي. ويظهر جدول (١) نسبة الإجابات الصحيحة على الأسئلة المختلفة.

جدول (١) نسب الإجابات الصحيحة على الأسئلة بخصوص محتويات المجموعة من الحيوانات.

الأعمار	٨	٩	١٠	١١	١٢- ١٣
البط ينتمي للحيوانات	٣٨	٦٦	٦٢	٨٢	٧٥
الطيور تنتمي للحيوانات	٣٨	٦٦	٦٢	٨٢	٧٥
كلاهما	٢٠	٢٧	٤٢	٤٦	٦٧

ولعله من الأمور الطريفة أن ثلث أفراد المجموعة التي تراوحت أعمار الأطفال فيها بين الثانية عشرة والثالثة عشرة لم يطوروا بعد القدرة على تكوين محتويات منطقية للفئات. وهذا يعني أن عدداً جوهرياً ولا يستهان به من الأطفال في المراحل العليا من المدرسة الابتدائية، وفي أوائل المدرسة الإعدادية (المتوسطة) يعتبرون ذوي قدرات محدودة في تكوين فئات وفئات فرعية، ومجموعات، ومجموعات فرعية.

وقد حظيت أهمية تطوير أو تنمية نظام تصنيفي كامل باهتمام كبير وتعتبر أمراً محورياً وأساسياً في نظرية جان بياجيه عن تطور أو نمو التفكير المنطقي. وقد وصف إنهلدر وبياجيه (Inhelder & Piaget, 1955) بكثير من التفصيل أهمية التصنيف في تنمية وتطوير التفكير المنطقي. وقد وصف منطق الفئات والعلاقات على أنه الوسيلة المحورية لحل المشكلات لدى الأطفال في مدى عمري يتراوح بين السادسة أو السابعة، الحادية عشرة أو الثانية عشرة. ففي تلك الفترة يطور الطفل التركيبات العقلية الضرورية للتفكير المنطقي أو المجرد. وقد قيل الكثير بخصوص التفكير المنطقي أو المجرد، ولكن ينبغي أن يكون واضحاً للجميع ها هنا أن التصنيف أمر محوري وأساسي بالنسبة لموضوع تحليل النمو المعرفي لدى الأطفال في سن المدرسة الابتدائية. (Good, 1977: 38 - 45)

التسلسل Seriation:

هو القدرة على ترتيب الأشياء بناءً على الحجم، أو الملمس، أو الطعم، أو اللون، أو الصوت في نظام تصاعدي أو تنازلي.

والترتيب من المهارات قبل العددية حيث يوجد لدى الأطفال في سن ٣ – ٤ سنوات بعض الأفكار عن عملية الترتيب؛ وذلك من خلال ألعابهم في بناء المكعبات والأبراج، ومن خلال وضع الأشياء ذات الأحجام المتدرجة، والتي تعتمد اعتماداً رئيسياً على الترتيب. ويتطلب الترتيب من الطفل أن يكون مدركاً للاختلافات الموجودة بين الأشياء، وأن يعيد تنظيم تلك الأشياء تبعاً لتلك الاختلافات. ولكي يكون الترتيب ذا معنى يجب أن تشترك عناصر المجموعة التي يتم ترتيبها في خاصية أو صفة ما يتم الترتيب بناءً عليها مثل الطول. ويستطيع الطفل أن يأتي بالترتيب على نحو صحيح إذا فهم معنى الصفة التي يتم الترتيب بناءً عليها.

إن عملية التسلسل أو عملية تكوين سلسلة باستخدام مجموعة من الأشياء –

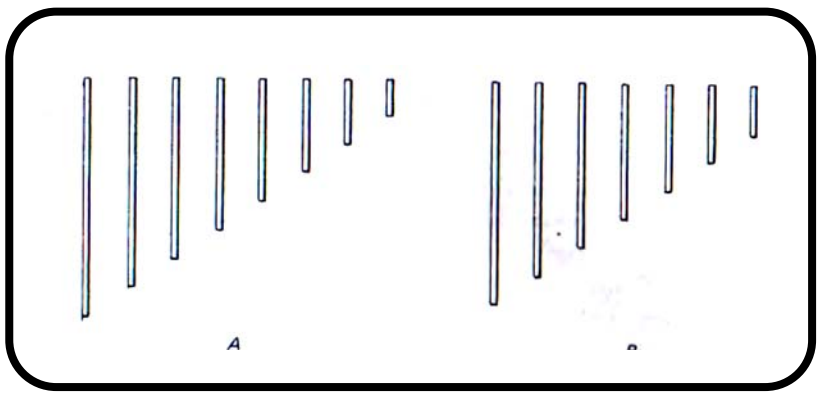
مثلها مثل التصنيف – ذات أهمية بالغة وتعتبر عملية محورية وأساسية في نمو وتطور التفكير المنطقي. وتختلف عملية التسلسل عن عملية التصنيف في أن العلاقات بين العناصر يمكن أن إدراكها في صورة "أطول، أقصر، أنحف، أثقل، ... وهكذا" وتعتبر مجموعة أو سلسلة من العصي المرتبة من الأقصر إلى الأطول خير مثال على ذلك. ومع ذلك فإن التسلسل العملي لا يرتكز على الإدراك وحده نظراً لأن الأطفال لا يستطيعون التعامل مع مجموعات بسيطة ومجموعات متعددة الأبعاد حتى يصلوا إلى سن السابعة أو الثامنة. وهذا يأتي بعد قدرتهم على التمييز بين الأطوال ومسافات العرض، وغيرها بفترة طويلة من الزمن.

فلكي يقوم الطفل بعملية الترتيب بناءً على خاصية معينة كالطول مثلاً، فإن عليه أن يدرك أن الأشياء الموجودة أمامه ذات أطوال مختلفة، وأن أحد هذه الأشياء هو أطولها، وأن الثاني أطول من بقية الأشياء بعد الأول، وأن الثالث أطول من بقية الأشياء بعد الأول والثاني، ... وهكذا حتى يصل إلى الأخير الذي هو أقصرها. وفي البداية يمكن أن يتعرف الأطفال على الأطول والأقصر، ولكنهم قد يخطئون بخصوص العناصر التي تقع بين الطرفين، وهذا شيء طبيعي، وستنمو هذه المفاهيم بتقدمهم في العمر الزمني، وتعرضهم للخبرات التعليمية، وبنموهم المعرفي.

وفي تجربة أجراها بياجيه، وضعت مجموعة من الملابس الملونة على حبل غسيل لتمثل نموذجاً للترتيب. وطلب من الأطفال في سن ٦ – ٧ سنوات تكوين نسخة مشابهة للنموذج باستخدام ورق القص اللصق الملون. ثم طلب منهم تكوين نموذج آخر بعكس الترتيب الأصلي للملابس، وذلك بالبدء بآخر قطعة ملابس ثم إكمال النموذج. ثم سألهم عما سيكون عليه شكل الملابس إذا أعادوا ترتيبها ثانية مع عكس ترتيبها، فأجابوا بأنها ستأخذ نفس الترتيب الأصلي. ثم سألهم عما سيكون عليه ترتيب الملابس إذا وضعت في شكل رأسي، ووجد أنهم يستطيعون التنبؤ بلون قطعة الملابس التي ستكون في المنتصف أو في الأسفل على نحو صحيح. (رمضان بدوي، ٢٠٠٣: ٥٧)

وفي دراسة أجراها بياجيه وزيمنسكا (Piaget & Szeminska, 1941) استخدمت ١٠ عصي صغيرة تتراوح أطوالها من ٩ سم إلى ١٦ سم بالإضافة إلى مجموعة من العصي التي يمكن إدراجها بين كل عصاتين (شكل ٥) ولذا فإن

المجموعة عندما يتم ترتيبها على نحو صحيح فإننا نحصل على مجموعة مكونة من ١٨ عصا. ولا يستطيع الأطفال إلا قبيل سن الثامنة تقريباً ترتيب العصي العشرة ترتيباً نظامياً من الأقصر إلى الأطول أو العكس، ثم بعد ذلك إدراج أو إدخال العصي الثمانية الأخرى في الأماكن الصحيحة. وفي بعض الأحيان تمكن الأطفال الأصغر سناً من النجاح في ترتيب المجموعة المكونة من ١٠ عصي ثم إدراج العصي الثمانية، ولكن فقط من خلال عملية المحاولة والخطأ. وهذا يشير إلى قصور في فهم وإدراك عملية الترتيب التسلسلي.



شكل (٥) مجموعة من العصي المرتبة. ومجموعة مرافقة من العصي بغرض الإدراج

وفي إحدى تجارب إنهلدر وبياجيه على عملية الترتيب التسلسلي قدمت للطفل ١٠ عصي تختلف في الطول بمقدار ٠,٨ سم والفرق بين أطولها وأقصرها ٨ سم، ويختلف لون كل عصى عن ألوان العصي الأخرى. وقدمت للطفل بترتيب عشوائي. وطلب منه أن يرسمهاعلى الوضع الذي ستظهر عليه بعد ترتيبها. وبعد الرسم سمح للطفل بأن يرتب العصي. ويلخص جدول رقم (٢) نتائج تلك التجربة التي أجريت على ٨٨ طفلاً تتراوح أعمارهم بين ٤- ٩ سنوات

جدول (٢) النسب المئوية للتوقع (الرسم) والأداء في عملية الترتيب التسلسلي

السن	٤	٥	٦	٧	٨ - ٩
عدد المفحوصين	١٩	٣٣	١٩	١٠	٧
١ – الفشل في التوقع	٨٩ ٪	٤٢ ٪	٥ ٪	صفر	صفر
التوقع الشامل	١١ ٪	٥٥ ٪	٧٣ ٪	٢٠ ٪	صفر

السن	٤	٥	٦	٧	٨ - ٩
التوقع التحليلي	صفر	٣ ٪	٢٢ ٪	٨٠ ٪	١٠٠ ٪
٢ – الفشل في الترتيب التسلسلي	٨٤ ٪	٥٤ ٪	٤٢ ٪	صفر	صفر
النجاح من خلال المحاولة والخطأ	١٦ ٪	٤٠ ٪	٣٦ ٪	٢٠ ٪	١٤ ٪
الترتيب التسلسلي العملي	صفر	٦ ٪	٢٢ ٪	٨٠ ٪	٨٦ ٪

ومما يبعث على الدهشة، أن البيانات تظهر أن قدرة الأطفال في سن الرابعة حتى السادسة على توقع الترتيب الصحيح للعصي من خلال رسمها أفضل من قدرتهم على توقعه حال ترتيب العصي على أرض الواقع. وبالتفكير في الأمر للوهلة الأولى، ربما يبدو ذلك متناقضاً مع التتابع النمائي المنطقي الذي يستطيع الأطفال من خلاله أن يحرزوا تقدماً في إنجاز المهام الأكثر صعوبةً. ومع ذلك فإن بياجيه يشرح ويفسر تلك المشكلة في ضوء قدرة الأطفال في سن الخامسة والسادسة على الترتيب العكسي، والتي تعتبر مطلوبة في الترتيب العملي، ولكنها ليست مطلوبة عند رسم المجموعة الصحيحة. ويتطلب الترتيب التسلسلي المنتظم أن يكون الفرد قادراً على مقارنة عنصر معين في المجموعة مع العناصر الأطول منه والأقصر منه. في حين أن رسم المجموعة يتطلب فقط أن يتم رسم خط بعد آخر في اتجاه واحد. ولذا فإن الرسم يتطلب فقط عملية تسير في اتجاه واحد وغير قابلة لعكس اتجاهها، في حين أن الترتيب التسلسلي الفعلي يتطلب عملية ذات اتجاهين، ويمكن عكس اتجاهاتها.

والسن الذي يصبح فيه الأطفال بشكل عام عمليين فيما يتعلق بالترتيب التسلسلي يعتمد على طبيعة المواد المتضمنة. فعلى سبيل المثال يأتي ترتيب الأوزان تسلسلياً بعد ترتيب الأطوال تسلسلياً بحوالي سنتين. وقد أشارت الدراسات المتعلقة بالحفظ إلى التنوع والاختلاف في نمو وتطور المفاهيم التي ينظر إليها بشكل عام على أنها مفاهيم علمية.

ويلعب كل من الإدراك واللغة دوراً مهماً ولكنه ليس الدور الأكثر خطورةً وحيويةً في تطور ونمو التصنيف أو الترتيب؛ فأفعال الطفل بالأشياء، وأفعاله التي يمارسها في البيئة المحيطة به هي التي ترقي كلاً من هاتين العمليتين المعرفيتين المهمتين. (بطرس بطرس، ٢٠٠٧: ٢٣١ – ٢٣٦؛

(Garrett, et al., 1998; Good, 1977: 46 – 48; Kamii, 2003; Rhodes, et al., 1997

مفهوم العدد Number:

يقصد بمفهوم العد القدرة على تسمية الأعداد في تتابع ثابت، وأن يطبق ذلك على شيء واحد في كل مرة حتى يصل إلى العدد الكلي. وتتطلب هذه المهارة أن يأتي الطفل بأسماء الأعداد بالترتيب السليم، وأن يطبق أسماء الأعداد بالترتيب على الأشياء ليتوصل إلى عددها. أي أن الطفل بحاجة لأن يعرف أسماء الأرقام وترتيبها. ومن المعروف أن الطفل يتعلم ذلك بسهولة عن طريق الحفظ والاستظهار ويردد الأرقام الأولى كما لو كانت كلمة واحدة.

ويرتكز مفهوم العد على مفهوم أن كل رقم يعتبر إضافة على الرقم السابق، وأن الرقم الأخير يمثل العدد الكلي للأشياء. وأثناء قيام الأطفال بالعد، فإنهم ربما ينسون بعض الأرقام، ومن المهم عندئذٍ تشجيعهم على إعادة المحاولة وعدم التركيز على الأخطاء.

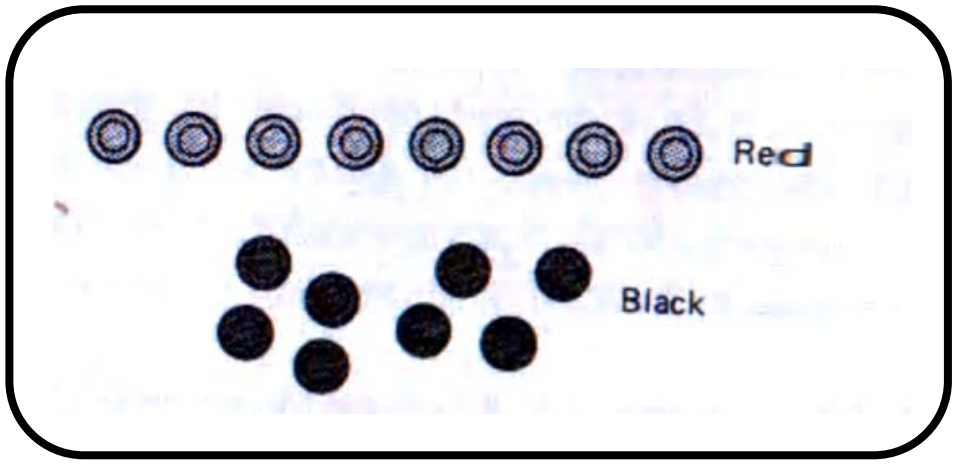
ويمكن القول بأن مفهوم العدد ينمو من خلال بيئة الطفل، فكل منزل يعتبر مصدراً للخبرات العددية إذا شجع الطفل أثناء لعبه ونموه على أن يعد أشياء مثل أصابعه، وألعابه، والأكواب، والملاعق، والشوك، ... بالإضافة إلى القصص التي يستمتع بالاستماع إليها... ويرى بياجيه أن مفهوم العدد ينمو في مراحل توازي مراحل زمنية لنمو الطفل، وأن التعليم يجب أن يناسب هذه العمليات المرحلية.

وتشمل التجارب العلمية في أغلب الأحوال محاولات للتعبير عن النتائج في صورة أعداد. ولذا فمن المهم أن نأخذ نمو المفاهيم العددية لدى الأطفال بعين الاعتبار قبل أن نتابع دراسة نمو المفاهيم العلمية الأخرى. ولا شك أن النظرة التي ألقيناها على التصنيف والترتيب تساعد في فهم الطريقة التي يدرك بها الطفل المفاهيم الأكثر تجريداً والمتعلقة بالأعداد. والحق أن التصنيف والترتيب كليهما مهمان ومحوريان بالنسبة لنمو مفهوم الفرد عن الأعداد. فالأعداد تشمل العلاقات بين المجموعات، وقد تبين لنا من قبل أن التصنيف عبارة عن عملية تجميع للعناصر في مجموعات، بينما يعتبر الترتيب عملية تربط كل عنصر من عناصر المجموعة بعنصر آخر من عناصرها، كما هو الحال في الترتيب من الأقصر إلى الأطول. وتعتبر المجموعتان "س"، "ص" متساويتان إذا كان كل عنصر من عناصر المجموعة "س" له مقابل أو مكافئ أو مناظر في المجموعة "ص"، والعكس بالعكس. ومجموعة جميع الأرقام من ١ – ١٠ تشمل كلاً من مفهومي الترتيب والتصنيف.

ولقد تتبع بياجيه وزيمنيسكا نمو مفهوم العدد لدى الأطفال من سن الرابعة حتى الثامنة، وفيما بعد استكمل إنهلدر وبياجيه العمل وقاما بتوسيع مدى الدراسة ليمتد حتى سن الثانية عشرة أو الثالثة عشرة. وينبغي ألا نخلط بين مفاهيم الأعداد المستخدمة ها هنا وبين أسماء الأعداد أو العد، أو حتى المهارات الحسابية مثل الجمع والطرح وغيرها. إذ أن كل ذلك يمكن إنجازه ببساطة من خلال الاستظهار والحفظ عن ظهر قلب، وبقليل من الفهم والاستيعاب للمفاهيم المتضمنة. إذ يتمكن الأطفال من العد حتى ١٠٠ قبل أن يصلوا إلى سن الخامسة، ولكن هذا العد لا يعتبر نوعاً حقيقياً من العمليات. والنشاط المعرفي مشابه لتعلم ترديد الحروف الهجائية من الألف إلى الياء. والعد يقتضي فهماً للترتيب، وقدرة على التقدم في أي الاتجاهين داخل المجموعة. وقد سبق أن رأينا أنه قبل سن السابعة إلى الثامنة يتمكن عدد قليل من الأطفال من إنجاز ترتيب حقيقي، ولذا فإن العد يعتبر بالضرورة عملية استظهار بالنسبة لطفل الخامسة.

وثمة فكرتان أساسيتان وضروريتان لفهم العمليات، ألا وهما: التطابق أو التناسق، والحفظ. ومن التجارب المعروفة المرتبطة بالحفظ تلك التجربة التي أجراها بياجيه ومساعدوه والتي تتضمن اختباراً لحفظ الأرقام. وكمدخل للمهمة، طلب من الطفل أن ينشئ علاقة تطابق وتوافق من واحد إلى واحد بين مجموعتين من الأشياء. وقد تبنى جود وآخرون (Good, et al., 1973) نفس المهمة الأصلية المرتبطة بالأرقام. وفيما يلي وصف لها ومناقشة للنتائج.

وضعت ثمانية أقراص سوداء صغيرة في صف وطلب من المفحوص أن يكوِّن صفاً من الأقراص الحمراء الصغيرة بحيث يكون هناك قرص أحمر لكل قرص أسود (شكل ٦) (Good, 1977:49)



(شكل ٦) المواد والترتيب اللازم للمقابلة الخاصة بحفظ الأرقام (Good, 1977:49)

وإذا لم يستطع المفحوص أن ينشئ علاقة تطابق، من واحد إلى واحد بين الأقراص الحمراء والسوداء من البداية، فإن الباحث ربما يطلب منه أن يكوّم الأقراص الحمراء، وأن يبدأ اللعبة من جديد. وإذا اتضح أن المفحوص غير قادر على إنشاء علاقة التطابق أو التوافق تلك، فإن الباحث ينهي المهمة لأن الجزء المتعلق بالحفظ من المهمة لا يزال يتطلب أن يفهم المفحوص التكافؤ والتناظر والتقابل بين مجموعتي الأقراص.

وعندما ينشئ المفحوص علاقة التطابق، فإن الباحث يكوِّم جميع الأقراص السوداء ويسأل: هل يوجد مزيد من الأقراص السوداء أو مزيد من الأقراص الحمراء، ولماذا؟ ثم يقوم الباحث بتكوين صف من الأقراص السوداء طوله ضعف طول صف من الأقراص الحمراء تقريباً، ثم يكرر نفس الأسئلة. وإذا أجاب الطفل عن جميع الأسئلة على نحو صحيح، وقدم أسباباً منطقية فإنه يعتبر حافظاً للأرقام في هذه المهمة، ويصنف ضمن الفئة رقم ١. وإذا قدم المفحوص جواباً صحيحاً واحداً على الأقل مع سبب منطقي، فإنه يعتبر انتقالياً ويصنف ضمن الفئة رقم ٢. أما إذا لم توجد أسباب منطقية مع الإجابات الصحيحة فإن الطفل يعتبر غير حافظ ويصنف ضمن الفئة رقم ٣. وتمت مقابلة ٢٤٩ طفلاً في الصف الأول حتى الخامس بشكل فردي في تلك المهمة، وجدول رقم (٣) يلخص النتائج.

جدول (٣) النتائج المستقاة من مهمة حفظ الأرقام

الصف	الفئة (١) حافظ	الفئة (٢) انتقالي	الفئة (٣) غير حافظ
١	٤٧ ٪	٢٤ ٪	٢٩ ٪
٢	٧٣ ٪	١٩ ٪	٩ ٪
٣	٧٨ ٪	١٨ ٪	٤ ٪
٤	٩٦ ٪	٢ ٪	٢ ٪
٥	٩٨ ٪	٢ ٪	صفر

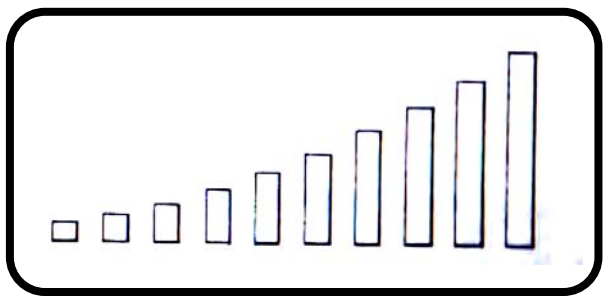
ولنلاحظ أنه قبل سن السابعة إلى الثامنة (الصف الأول) لا يستطيع غالبية الأطفال (٥٣٪) أن يتذكروا التساوي بين المجموعتين رغم أنهم أقاموا علاقة التطابق أو التناظر "واحد إلى واحد" بين عناصر المجموعتين في البداية. فمجرد تغيير ترتيب عناصر إحدى المجموعتين في تلك اللحظة يجعلها تحتوي على عدد أكبر من الأقراص. أي أن عدد الأقراص في إحدى المجموعتين – المجموعة التي كانت فيها فراغات بين عناصرها – أكبر من عدد الأقراص في المجموعة الأخرى – المجموعة التي تقاربت عناصرها مع بعضها. وخلال فترة تتراوح بين سن السابعة إلى التاسعة فإن ثلاثة أرباع المفحوصين تقريباً قد احتفظوا بذاكرة جيدة للمهمة، وأبعد من ذلك أن جميع الأطفال تقريباً في الفئة الأولى قد احتفظوا بذاكرة جيدة للمهمة.

وتتفق هذه النتائج مع نتائج دراسات بياجيه والآخرين من أولئك الذين تناولوا بالدراسة الجوانب المختلفة لنمو مفهوم العدد، ولكنهم لم يشرحوا بطريقة أو بأخرى أو يفسروا طريقة احتفاظ الطفل بفهم عملي للعدد أو طريقة وصوله إلى ذلك الفهم العملي.

إن عدداً مثل ٧ أو ١٨ أو ١٣٥ أو ما يشابهها يشير بشكل تلقائي إلى كمية أو أهمية، وكذلك يشير إلى مكان في مجموعة. إن القيمة الكمية أو الرقمية للعدد ٧ تشير إلى كمية من العناصر في مجموعة، في حين أن القيمة الترتيبية للعدد ٧ تشير إلى مكان عنصر في المجموعة. وتتضمن عملية العد عمليات الفئة، أو تجميع كميات من العناصر مع بعضها بناءً على معايير مختارة. فعلى سبيل المثال ربما يرغب شخص ما في تجميع الأعداد الأولية الصماء (التي لا تقبل القسمة إلا على

نفسها أو على الواحد) الأقل من مائة معاً: ١، ٣، ٥، ٧، ١١، ١٣، ١٧، وهكذا، لغرض معين. ومن ثم فإن المجموعة الناتجة تشكل فئة نتجت عن معيار معين. وعملية إنتاج الفئة أو إيجادها تنتج مجموعة أو سلسلة من الأرقام ١، ٣، ٥، ٧، ١١، ، ..... ٩٧. ولنلق نظرة على رقم مفرد لتقدير طبيعته الكمية والترتيبية. إن الرقم أحد عشر والذي يشير إليه الرمز "١١" يوحي بخصائص متعلقة بالفئة والعلاقات على حد سواء. إذ أنه يعتبر كمية ومكاناً في مجموعة في نفس الوقت. وبالنسبة للطفل فإنه لكي يكون لديه فهم عملي للعدد فإن عليه أن يتمكن من الترتيب العكسي والتصنيف الهرمي. والاحتفاظ بهذه العمليات وتناسقها وتناغمها يشير إلى مستوى نمو سيسمح للطفل عندئذٍ فقط بأن يفهم العمليات الحسابية والأنشطة الحسابية الأخرى التي ينتشر ويكثر تعليمها بمستوى من الصعوبة وراء المستوى المفاهيمي لكثير من الأطفال.

وأجرى بياجيه (Piaget, 1941) تجربة لاختبار الاعتماد المتبادل للتسلسل والترتيب، واستخدم فيها مجموعة مرتبة من عشر بطاقات تلصق على لوحة. وشكل "٧" يظهر الأبعاد النسبية لتلك البطاقات.



شكل (٧) مواد لتقدير الاعتماد المتبادل للترتيب الكمي والتسلسلي. (Good, 1977:51)

ويطلب من الطفل أن يبني سلماً باستخدام تلك البطاقات، وأن يحصيها بادئاً بالحرف "أ" ثم يقول ما عدد البطاقات المماثلة للبطاقة "أ" التي يمكن الحصول عليها من البطاقة "ب" أو "هـ" وهكذا. ثم يلتقط الباحث أحدى البطاقات المكونة للسلم بطريقة عشوائية ويسأل الطفل: ما عدد الوحدات (المماثلة للبطاقة "أ") التي تمثلها هذه البطاقة. فإذا استطاع الطفل عندئذٍ أن يحدد القيمة الكمية ("هـ" = ٤) وأن يطابق بينها وبين القيمة الترتيبية ("هـ" هي البطاقة الرابعة في المجموعة أو

السلم)، فإن ذلك يعتبر مؤشراً على أنه يفهم العلاقة بين القيمة الكمية والقيمة الترتيبية. أما إذا أراد الطفل القياس قبل كل مرة يذكر فيها "عدد الوحدات" فإن هذا يعتبر مؤشراً على أن الطفل لم يدرك أو يفهم العلاقة بعد. وعندما يعرف موقع عنصر ما في المجموعة فإنه سيعرف أيضاً حجمه أو قيمته الكمية. فالعنصر السادس في المجموعة دائماً ما يكون ست وحدات، والعنصر السابع دائماً سبع وحدات. ومثل تلك المجموعة من الأشياء تتطابق بوضوح مع مجموعة كل الأعداد ١ – ن. وتظهر نتائج هذه التجربة والتجارب المشابهة أن القيمة الكمية، والقيمة الترتيبية تنموان وتتطوران بشكل تلقائي، وأن نمو وتطور هذه العلاقة التلقائية لدى الأطفال لا يتم قبل سن السابعة أو الثامنة. وقبل أن يستبق القارئ الأمور، ويقفز إلى الخلاصة التي مفادها أن جميع الأطفال يبدؤون في سن السابعة أو الثامنة في فهم الجمع والطرح والضرب والقسمة باستخدام الكسور، كالكسور العشرية وغيرها، فإن هناك أشياء أخرى يجب أن توضع في الحسبان. فمفاهيم من قبيل الفئة المفردة (المجموعة المفردة)، الفئة الصفرية (المجموعة الخالية) وعلاقات الكل والجزء، والتصنيف المزدوج، والترتيب المتعدد، والاتحاد، والتقاطع، والقيمة المكانية، كلها مفاهيم ضرورية لتحقيق الفهم الوظيفي للرياضيات عند مستوى معين من الصعوبة. ونحن ها هنا نحاول أن نلقي نظرة سريعة على بعض تلك المفاهيم للتأكيد على الصعوبة النسبية لتطور ونمو مفهوم العدد.

وتشير نتائج دراسات بياجيه حول مفهوم العدد إلى ما يلي:

أ – عمليات التصنيف والتسلسل والترتيب عمليات متلازمة الظهور في سلوك الطفل، تنمو وتتطور مع بعضها البعض، وتتبادل التأثير فيما بينها.

ب – يبدو إدراك الطفل لمفهوم العدد واضحاً لديه عندما ترسى في عقله دعائم التصنيف، والتسلسل، والتناظر، والترتيب.

جـ – تداول الأطفال للأشياء لعمل مجموعات منها، أو لإقامة تسلسل معين، أو ترتيب بين عناصرها، يساعدهم على إدراك مفهوم العدد.

ومعظم المفاهيم المرتبطة بالأعداد لا تنمو، ولا تتطور بطريقة علمية على نحو كامل بالنسبة لغالبية الأطفال قبل سن العاشرة إلى الحادية عشرة. وقد قدمت أعمال إنهلدر وبياجيه (Inhelder & Piaget, 1959) بيانات عن نمو معظم تلك

المفاهيم وكذلك قدمت تلك الأعمال ملخصاً مختصراً للإجراءات والنتائج التي تلي ذلك. (بطرس بطرس، ٢٠٠٧: ٢٥٤ – ٢٥٥؛ رمضان بدوي، ٢٠٠٣: ٣٠٧؛ عزة عبدالفتاح، ١٩٩٧: ٥٧- ٥٨؛ نظلة خضر، ١٩٨٤: ١٢٦ - ١٢٧؛

Andrew, & Eggerth, Brown, et al., 2008; Carpenter, et al., 1999;) Good, 1977:48 - 52; Pasnak, et al., 2008; ١٩٩٥ Wilson, & Gifford ؛٢٠٠٦ Rips, et al.,Polling, 1982; ٢٠٠٦ ؛Sharma, ١٩٩٣)

الفئة الفردية Singular Class:

حتى سن الثامنة أو التاسعة يجد الأطفال صعوبة في التعرف على المجموعة التي تحتوى على عنصر واحد، وكذلك يجدون صعوبة في بنائها أو تكوينها. واستخدمت المقابلات ثلاثة إلى ستة مثلثات أحدها يحمل نجمة على أحد أضلاعه. وكان ذلك المثلث دائماً ذا لون مختلف عن ألوان المثلثات بحيث أنه حتى لو وقعت النجمة على الوجه غير الظاهر، فإن الإنسان الملاحظ يستطيع أن ينبئ عن المثلث الذي يحتوي على النجمة. ودائماً كان الطفل يُسأل عن سبب اختياره، ثم بعد ذلك يُطلب منه أن يكوِّن أو يبني لغزاً مشابهاً. وبالنسبة للأطفال في سن الخامسة وحتى السابعة وصلت نسبة النجاح إلى ٥٠ ٪ فقط في الاختبارات، وكان الفهم الواضح إما جزئياً أو غير موجود بالمرة. وفي سن السابعة حتى التاسعة ارتفع معدل النجاح حتى ٧٥ ٪ مع وجود فهم للنظام الذي يسير عليه اللغز. وعندما اكتشف الأطفال القاعدة أو القانون الذي مفاده أن النجمة دائماً توجد على المثلث ذي اللون المختلف، فإنهم تمكنوا من تقديم الأسباب، وهذا يدل على أنهم قد بدؤوا يستخدمون التفكير المتعلق بمحتويات الفئة. (Good, 1977:52)

الفئة الصفرية (المجموعة الخالية) Null Class:

الفئة الصفرية أو المجموعة الخالية هي المجموعة التي لا تحتوي على أي عنصر، أي أنها المجموعة التي يكون عدد عناصرها صفراً، مثل مجموعة الأعداد الطبيعية المحصورة بين ٣، ٤، ومجموعة الأفراد الذين يزيد طولهم عن ١٠ متر. وهي مشابهة للفئة الفردية من حيث صعوبتها بالنسبة للأطفال. فلا المجموعة التي تحتوي على عنصر واحد، ولا المجموعة التي لا تحتوي على عناصر بالمرة تنسجم مع فكرة الأطفال عن الفئة كتجمع لبعض العناصر. إذ يقاوم الأطفال فكرة المجموعة

الخالية حتى سن العاشرة أو الحادية عشرة أو قبيل مرحلة العمليات المجردة. وذلك لأن فترة العمليات الحسيةConcrete Operations والتي تمتد من السابعة حتى الحادية عشرة أو الثانية عشرة ترتكز على الأشياء الحقيقية في بيئة الطفل. ولكن الفئة الصفرية أو المجموعة الخالية خالية من العناصر. ومن ثم فإنه لفهم الفئة الصفرية فإن الفرد لابد أن يكون قادراً على تجريد فكرة مجموعة بلا عناصر.

واشتملت التجربة التي استخدمت لتقدير مفهوم الطفل عن الفئة الصفرية على بطاقات مربعة، ودائرية، ومثلثة الشكل، وكان بعضها يحتوي على صورة لأشجار وبيوت وما شابهها، في حين كانت بقية البطاقات خالية من أي رسوم أو كتابة. وطلب من الطفل أن يجمع البطاقات بأي شكل ثم بعد ذلك يضعها في مجموعتين فقط. ويقتضي التصنيف المنطقي أن توضع البطاقات التي تحتوي على رسوم في مجموعة، وأن توضع البطاقات التي لا تحتوي على رسوم في المجموعة الأخرى. ولم يتمكن الأطفال من تصنيف البطاقات إلى بطاقات خالية من الرسوم، وبطاقات عليها رسوم حتى سن العاشرة أو الحادية عشرة،. (بطرس بطرس، ٢٠٠٧: ٢٢٣؛ Good, 1977:52)

علاقات الكل والبعض All – Some Relations:

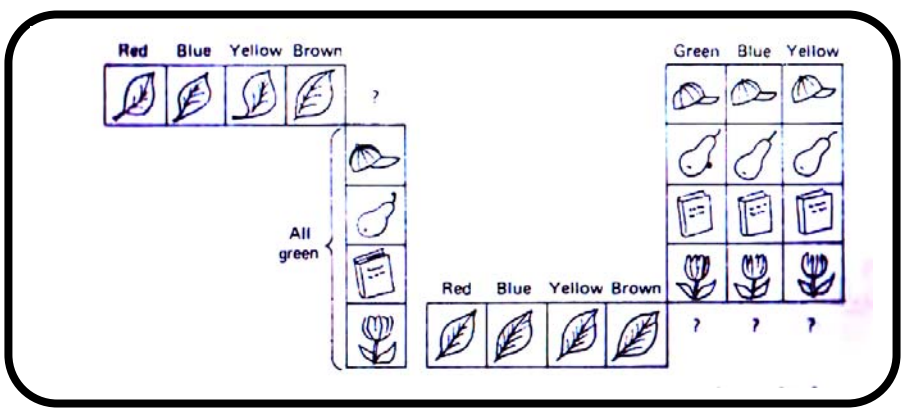
تستخدم المجموعة (الكل) والمجموعة الفرعية (البعض) على نحو متكرر في الرياضيات الحديثة كوسيلة لتقديم مزيد من الفهم في الرياضيات في المرحلة الابتدائية وتقليل الحفظ والاستظهار. ولسوء الحظ فإن المناهج تقدم لكثير من الأطفال نظرية المجموعة قبل أن تتطور وتنمو لديهم التركيبات العقلية التي تسمح لهم بفهم العمليات المتنوعة التي تقع في نفس المستوى من الصعوبة.

والفنية الأساسية المستخدمة في المقابلات المتعلقة بتجارب البعض والكل تتجسد في سؤال الطفل: هل كل المربعات حمراء؟ وتؤكد التجارب التي استخدمت الأشكال الهندسية، والأوزان، والزهور، وما شابهها الحقيقة التي مفادها أن معظم الأطفال لا يفهمون العلاقة بين الكل والجزء إلا بعد سن الثامنة أو التاسعة. (Good, 1977:52 - 53)

التصنيف المتعدد Multiple Classification:

في التصنيف المزدوج Double Classification (استخدام معيارين لتحديد الفئة)، يستطيع الأطفال أن يكملوا كثيراً من المهام على نحو صحيح قبل أن يصلوا إلى

سن السابعة أو الثامنة. أما إذا استخدمت ثلاثة معايير فإن الأطفال لا يمكنهم التصنيف بناءً على تلك المعايير إلا بعد التاسعة أو العاشرة، وهو نفس السن الذي يتمكن فيه الطفل من إنجاز التقاطع أو الضرب العرضي Cross Multiplication. وقد قام إنهلدر وبياجيه بتقدير الضرب العرضي للفئات باستخدام مواد مشابهة لتلك التي يعرضها شكل (٨). وسئل الطفل أي شيء يجب أن يوضع في المربع "س" الذي تتقاطع أو تتلاقى عنده المجموعتان. وللتأكد من أنه قد وضع في اعتباره كل صف من صفوف الأشياء سئل سؤالاً من قبيل: لماذا وضعت جميع هذه الأشياء معاً؟ كيف تتشابه هذه الأشياء أو تختلف؟ وحتى سن السابعة أو الثامنة فإن معظم الأطفال الذين تمت مقابلتهم ارتكز اختيارهم للمربع المفتوح على مجموعة واحدة فقط بدلاً من الارتكاز على المجموعتين. وفي أغلب الأحوال كان الشيء الذي يقع عليه الاختيار غير ممثل في كلتا المجموعتين، رغم أنه قد يحمل وجه شبه كبير معهما. فعلى سبيل المثال يمكن أن تستخدم شجرة بدلاً من الورقة. وربما يركز الأطفال على عنصر واحد فقط بدلاً من أن يضعوا جميع العناصر في الحسبان. أو ربما يضعون جميع الأشياء في الاعتبار في نقطة لاحقة من مراحل نموهم (كأن يضعوا الأوراق ذات الألوان المختلفة في مجموعة واحدة، وأن يضعوا جميع الأشياء الخضراء في مجموعة أخرى. ومع ذلك فإنهم لا زالوا يختارون الشيء الخطأ، بمعنى أنهم يختارون شيئاً أخضراً ولكنهم لا يختارون الورقة الخضراء. وقبل سن التاسعة أو العاشرة تقريباً استطاع نصف الأطفال أن يضعوا أقرب الأشياء للمنطق في مواضع تقاطع المجموعتين والتقائهما.



شكل (٨) المواد المستخدمة لتقدير التقاطع أو الضرب البسيط. (Good, 1977:53)

وينبغي أن يكون التشابه بين الضرب المنطقي للمجموعات وعملية الضرب العرضي للمجموعات (ممثلةً في الأعداد) واضحاً جداً. وأحد الفروق الرئيسية المحتملة هو أن إجراءً لحساب الإجابات باستخدام الأعداد يمكن تعلمه وحفظه عن ظهر قلب دون فهم المعنى أو تلميحات الإجراء بالضرورة. وهذا هو الحال في أغلب الحالات لأن أطفال الصف الثالث (في سن الثامنة إلى التاسعة) يتعلمون إجراءً يسمى الضرب، ويعجز نصف عدد الأطفال تقريباً عن فهم المعنى الذي يرتكز عليه الإجراء. بل، وحتى الأطفال الذين يتمكنون من إجراء الضرب المنطقي أو تقاطع مجموعات أو فئات الأشياء لا زالوا يعتمدون على الأشياء المحسوسة في تفكيرهم. وهذا لا يعني أن الأطفال الأصغر سناً لا يستطيعون التعامل مع المفاهيم المجردة للمجموعات المتعددة (بمعنى، ثلاث مجموعات، تحتوي كل منها على بليتين). ومستوى الصعوبة المتوقع فيما يتعلق بإجراء الضرب العرضي المجرد في الصف الثالث أبعد بكثير من ذلك الفهم البديهي. ورغم أن علامات من قبيل ٣، ١٤، ٥٣، ×، =، .... وغيرها يمكن تعلمها بطريقة مفعمة بالمعنى من خلال الخبرة المباشرة بالأشياء، فليس هناك جزم أو يقين بخصوص ذلك حتى فيما يتعلق بالأطفال في سن الثامنة وحتى سن التاسعة والذين يستطيعون القيام بعملية الضرب المنطقي للفئات.

ويشيع استخدام المصفوفات في الأنشطة التي تستخدم الورقة والقلم كوسيلة لتوضيح الضرب العرضي. ويوضح شكل (٩) استخدام المصفوفات في الضرب العرضي. (Good, 1977:54)

إن إجراء حفظ وتوظيف الأرقام يتم تعلمه من قبل الأطفال على أنه ضرب رغم أن تلك العملية قد لا يرتبط بها إلا القليل من المعنى الحقيقي عند الأطفال. ولربط المعنى بعملية ضرب الرموز هذه، فإن الطفل يجب أن يتمكن من بناء وإكمال مصفوفات الاستجابة.

	أسود	أبيض
دائرة	دائرة سوداء	دائرة بيضاء
مربع	مربع أسود	مربع أبيض

٢ × ٢ = ٤

	أ	ب
جـ	أ ج	ب جـ
د	أ د	ب د
هـ	أ هـ	ب هـ

٢ × ٣ = ٦

	أ	ب	جـ
د	أ د	ب د	جـ د
هـ	أ هـ	ب هـ	جـ هـ
و	أ و	ب و	جـ و

٣ × ٣ = ٩

(يمكن أن تحل محل الحروف: أ، ب، جـ، د، هـ أي قيمة أو خاصية أخرى)

شكل (٩) استخدام المصفوفات في الضرب العرضي.(Good, 1977:55)

وتشتق العمليات الحسابية من تحويل وتغيير العناصر أو الأشياء المنطقية مثل الأوراق، والبلي، والأحجار إلى وحدات قابلة للتكرار تسمح بمزيد من الدقة والضبط والإحكام. ونحصل على "٣" من خلال تكرار الوحدة رقم "١" ثلاث مرات، وهكذا. ويمكن للمرء أن ينظر إلى العمليات الحسابية على أنها عملية تحويل للأحداث والأشياء إلى رموز مع زيادة احتمال التركيز على الكم. كما أن عمليات القياس هي الأخرى تتعامل مع الوحدات القابلة للتكرار (١٢ بوصة / قدم، ١٠٠ سم / م).

ويمكن أن نقول المزيد بخصوص نمو وتطور مفهوم العدد عند الأطفال. وبشكل عام، فإن هذا النمو يرتكز على النمو والتطور المتناسق والمتناغم للترتيب والتصنيف، وليس أمراً بسيطاً لتعلم أسماء الأرقام، أو العد، أو الجمع والطرح، أو الإجراءات الأخرى التي ترتكز كلياً على الحفظ عن ظهر قلب. (بطرس بطرس، ٢٠٠٧: ٢٢٥ – ٢٣٠؛ Good, 1977:53 - 55)

مفاهيم الفراغ Space Concepts:

لقد أشار بياجيه وإنهلدر إلى دراسة مفاهيم الفراغ على أنها جزء لا يمكن الاستغناء عنه من علم نفس الطفل. وقد قاما بدراسة الأطفال من سن الثالثة إلى الثانية عشرة من حيث تعلم مفاهيم الفراغ التوبولوجي. وكذلك قاما بمواصلة دراسة مفاهيم الفراغ لاسيما علاقات الطول، والمساحة، والحجم، وكذلك نظم التساوي والتطابق. ونحن نسلم بأهمية دراسة الهندسة بعد إلقاء نظرة سريعة على نمو وتطور مفاهيم الفراغ بشكل عام. ورغم أن القياس يعمل في الطول، والمساحة، والحجم، ورغم أن نظاماً عملياً مساوياً ربما يبدو للوهلة الأولى أكثر ارتباطاً بدراسة المفاهيم المرتبطة بتعلم العلوم، إلا أنه ينبغي أن يكون واضحاً للجميع أن تحليلاً مختصراً لنمو مفاهيم الفراغ بشكل عام يعتبر في الواقع أمراً رئيسياً بالنسبة لدراسة قدرات قياس معينة.

ويمكن أن يتعلم الأطفال الصغار مفاهيم الفراغ من خلال أنشطة البناء، ومن خلال أنشطة ملء الأواني والصناديق وإفراغها، ومن خلال ارتداء أحذية الكبار.

وتشير نتائج دراسات بياجيه على الأطفال بخصوص مفهوم "الفراغ" إلى عدم قدرة أطفال الرابعة والخامسة على تصور فراغ يعرفونه؛ كتحديد المسافة التي يقطعونها كل يوم ذهاباً وإياباً بين المنزل والمدرسة على سبيل المثال. كما أن دراسة بياجيه لرسوم الأطفال قد أتاحت له الفرصة لتحديد السمات الأولية للفراغ التي يعرفها الأطفال في تنقلاتهم. إذ يستطيع الطفل فيما بين ثلاث وأربع سنوات نسخ مربعات، ودوائر، ومستطيلات، ومثلثات في هيئة أشكال مغلقة، دون أن يأخذ زواياها ومستقيماتها في الحسبان. ويرسم الطفل أنصاف دوائر على هيئة أشكال مفتوحة مع رسم دائرة داخل شكل بيضاوي، أو خارجه، أو على حدوده. وشيئاً فشيئاً يميز الطفل بين الأشكال المفتوحة والأشكال المغلقة. وفيما بين الرابعة والخامسة من

عمره يميز الطفل بين شكلي المربع والمستطيل، وشكلي الدائرة والشكل البيضاوي.

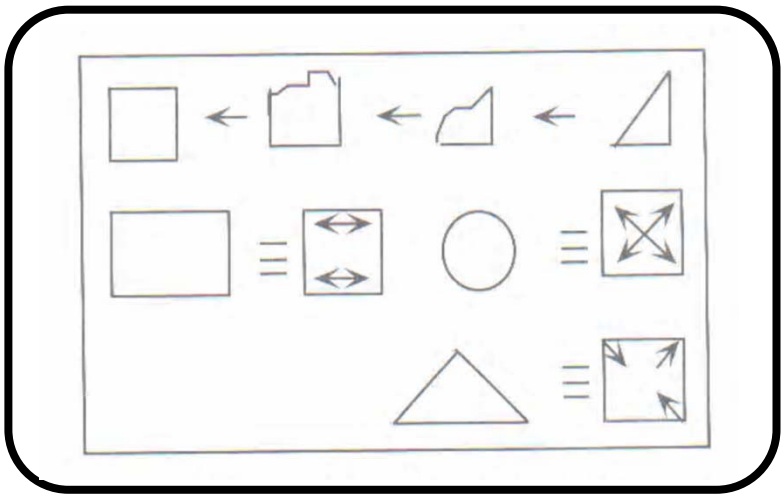
الفراغ التوبولوجي Topological Space

التوبولوجي فرع من فروع الرياضيات يتعامل مع الخطوط، والنقاط، والأشكال، كما يتعامل مع خواص الموقع التي لا تتأثر بالتغيرات في الحجم أو الشكل. ويطلق البعض على التوبولوجي اسم هندسة المطاط لأنه يهتم بدراسة الخواص الأساسية للأشكال، والتي لا تتأثر بشد الجسم أو الشكل، أو مطه، أو ضغط، أو ثنيه، أو ليِّه.

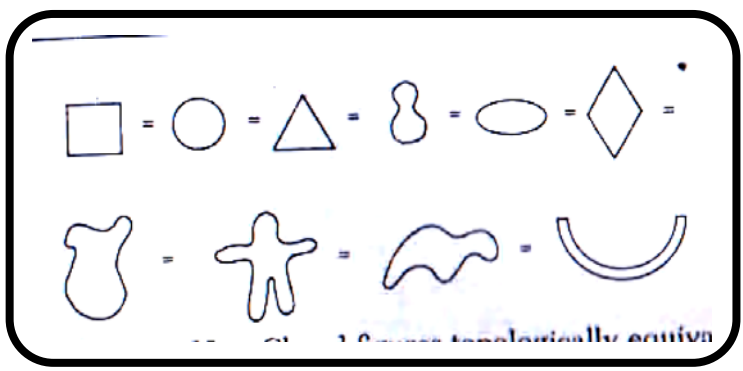
وفي التوبولوجي يعد المنحنى المغلق البسيط أي مسار يبدأ وينتهي من نفس النقطة بحيث لا تمس أي نقطة مرتين (أي لا يقطع نفسه)، والأشكال المغلقة البسيطة مثل المربعات، والدوائر، والمثلثات تعتبر متكافئة من الناحية التوبولوجية لأنه يمكن تحويل كل شكل منها للشكل الآخر عن طريق الشد، أو الضغط دون تمزيق حدود الشكل أو محيطه. فيمكن تحويل المثلث إلى مربع، أو مستطيل أو دائرة من خلال شد المحيط، وإعادة تشكيله دون تمزيقه، كما في شكل (١٠). وكذلك يمكن تحويل أي شكل مثل المكعب ليصبح كرة أو هرم أو أي شكل آخر ثلاثي الأبعاد شريطة ألا يحدث ثقب أو تمزق أثناء إعادة التشكيل. ففي التوبولوجي لا نفرق بين المربعات والدوائر وأي أشكال هندسية مستوية، ولا بين المكعبات والأشكال الكروية. ولكننا نفرق بين الكرة والحلقة؛ فلا يمكن تحويل الكرة إلى حلقة، ومن ثم فإنهما غير متكافئتين من الناحية التوبولوجية. وفي التوبولوجي فإن فكرة ثبات الطول أو الاتجاه ليس لها معنى، فالخط الذي طوله ٥ سم يمكن جعله ١٠ سم بالشد.

وجد بياجيه وإنهلدر أن الأطفال الصغار يطورون مفاهيم مرتبطة بالفراغ التولوجي قبل أن يطوروا المفاهيم الكمية المرتبطة بالهندسة. إن مفاهيم القرب أو الجوار، والانفصال، والترتيب، والإحاطة، تنمو وتتطور قبل مفاهيم الزوايا، والمسافة، وصلابة الشكل. ويطلق البعض على دراسة التوبولوجي اسم هندسة اللوحة المطاطية، وتعني أن الأشكال المتساوية من الناحية التوبولوجية متساوية أو متكافئة طالما أن اللوحة لم تمزق أو تنفصل. ولذا فإن المربع يساوي أو يكافئ

الدائرة، والمكعب يكافئ الكرة، والكأس يكافئ حمام السباحة.. وهكذا. وشكل (١١) يوضح أمثلة للأشكال المغلقة التي تتكافأ وتتساوى من الناحية التوبولوجية.

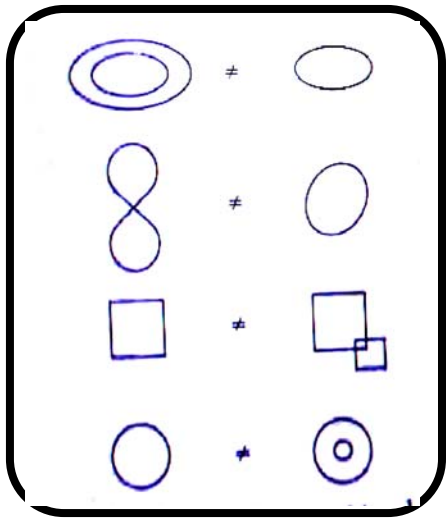


شكل (١٠) تحويل مثلث إلى مربع ثم مستطيل ثم دائرة ثم مربع ثم مثلث مرة أخرى، وكلها متكافئة من الناحية التوبولوجية.(رمضان بدوي، ٢٠٠٣: ٣٧)



شكل (١١) أشكال مغلقة تتساوى وتتكافأ من الناحية التوبولوجية (Good, 1977:57)

إن اللوحة المطاطية يمكن مطها أو فردها في تلك الأمثلة كلها دون أن تمزق أو تنفصل. ولا تستخدم الزوايا، والمسافات، والأضلاع، وما شابهها في تحديد ما إذا كان شكلان متساويين أو متكافئين من الناحية التوبولوجية. ويظهر شكل (١٢) أمثلة للأشكال التي لا تتكافأ من الناحية التوبولوجية.



شكل (١٢) أشكال ليست متكافئة من الناحية التوبولوجية. (Good, 1977:57)

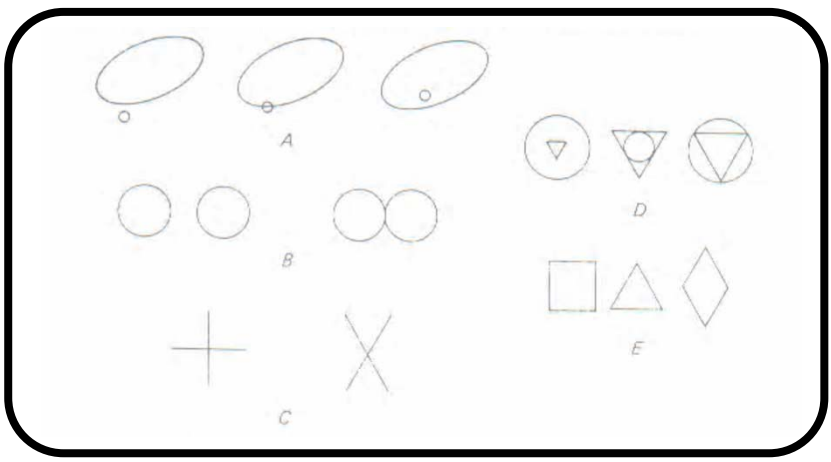
وقد قام بياجيه بدراسة نمو المفاهيم التوبولوجية الأساسية المتعلقة بالقرب أو المجاورة، والانفصال، والترتيب، والإحاطة، والاستمرار بأن طلب من الأطفال أن يرسموا رسوماً معينة (القرب، والانفصال)، أو يلضموا الخرز في خيط (ترتيب)، أو أن يعقدوا عُقداً (إحاطة)، أو أن يقسموا الخطوط والأشكال إلى مجموعات فرعية (الاستمرار، واللانهاية). ومن خلال هذه الدراسات وغيرها من الدراسات ذات الصلة، جمعت بيانات تقترح الطريقة التي تمكن الأطفال من تمثيل الفضاء التوبولوجي في عدة نقاط في استمرار النمو.

وتم تحليل رسوم الأطفال الحرة والتلقائية من سن ثلاث إلى تسع سنوات. وتشير النتائج إلى أن الأطفال لا يلتفتون إلى العلاقات التوبولوجية بخصوص القرب والانفصال بوضوح حتى سن الرابعة. فعند رسم الوجه تقترب العينان، والأنف، والفم من بعضها. ومع ذلك فليس من الغريب أن ترى الأنف أسفل الفم. حيث إن ترتيب هذه الأجزاء لم يتطور بعد في ضوء التمثيل حتى على الرغم من أن القرب والانفصال يشهد لهما الدليل بوضوح. كما أن الاحتواء هو الآخر مفتقد في المرحلة الأولى. ويمكن رؤية الدليل على ذلك الاستنتاج في نفس رسوم الأطفال الذين يضعون العينين خارج الوجه، ويضعون المدخنة تحت السقف.

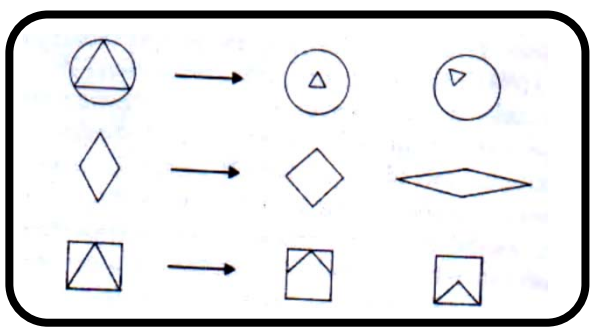
ومن سن الرابعة أو الخامسة حتى سن السابعة أو الثامنة يوجد تطور وتقدم تدريجي في فلسفة قدرة الأطفال على تمثيل العلاقات التوبولوجية بخصوص القرب، والانفصال، والترتيب، والاحتواء، والاستمرار.

ويظهر شكل (١٣) أمثلة لأشكال استخدمت لتحديد قدرة الطفل على رسم وبناء بعض الأشكال باستخدام أعواد الثقاب.

وقد وجد أن الأطفال لا يستطيعون أن يكوِّنوا شكل المعين إلا قبيل السادسة أو السابعة، وكذلك لم يتمكنوا من تكوين أشكال محاطة بدائرة بأي درجة من الدقة.. ويظهر شكل (١٤) أمثلة لرسوم صحيحة من الناحية التوبولوجية.



شكل (١٣) الأشكال المستخدمة لتحديد قدرات الرسم والبناء. (Good, 1977:58)



شكل (١٤) رسوم صحيحة من الناحية التوبولوجية (Good, 1977:58)

وتم بحث الترتيب الخطي والدائري بأن طلب من الأطفال أن يقوموا بعدة مهام تتضمن لضم أو تجميع خرزات ملونة في خيط. وكان من بين تلك المهام ما يلي:

١- تكوين عقد من الخرز مطابق للنموذج.

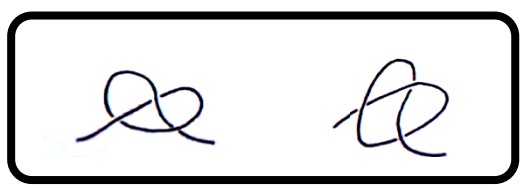
٢ – تحويل الترتيب الدائري إلى ترتيب خطي.

٣ – عمل ترتيب عكسي.

٤ – إعادة تصميم عقد من الخرز بحيث يأخذ شكل الرقم ثمانية باللغة الإنجليزية "٨".

ولوحظ أن الأطفال من سن الرابعة حتى السادسة يمكن أن يقوموا بالترتيب في البداية عندما يكون النموذج في مجال رؤيتهم، ثم بعد ذلك، وإلى درجة معينة، عندما لا يصبح النموذج في نفس مجال الرؤية. يمكن تحويل الترتيب الدائري إلى ترتيب خطي قبيل سن السادسة، ولكن الترتيب العكسي لا يزال بعيد المنال في تلك الفترة؛ فيما عدا بعض الأشكال البسيطة. وقبل سن السابعة يتمكن معظم الأطفال من التعامل مع الترتيب الخطي أو الدائري على حدٍ سواء بطريقة عملية؛ رغم أن الترتيب العكسي مع الأشكال الأكثر تعقيداً مثل شكل "٨" لا يزال يواجه بعض الصعوبات لدى كثير من الأطفال.

وتمت دراسة علاقة الإحاطة بأن طلب من الأطفال أن يعقدوا عقداً مرخية أو غير مشدودة (غير مربوطة بإحكام)، وفي بعض الأحيان كانت أشكال العقد تعرض عليهم، إذا دعت الضرورة لذلك. وكانت كل العقد بسيطة جداً كتلك التي يوضحها شكل (١٥) (Good, 1977:59)



شكل (١٥)عقد بسيطة مرسومة باليد اليمنى واليد اليسرى (Good, 1977:59)

وحتى سن الرابعة، وجد أن قليلاً من الأطفال هم الذين يستطيعون أن يربطوا أو يعقدوا العقد، ومع ذلك لم يتمكنوا من تحديد العقد الخاطئة. ومن سن الرابعة

حتى سن السابعة أو الثامنة يطور الأطفال قدرات أكبر على ربط العقد وتحديد العقد الخاطئة، والتعرف عليها على نحو صحيح، رغم أنهم لم يتمكنوا من الربط بين العقد المشدودة والعقد السائبة (المرخية) أو غير المشدودة، ولم يتمكنوا من تحديد العقد الخاطئة بشكل منتظم إلا في سن السادسة أو السابعة. وبعد سن السابعة أو الثامنة يبدو أن معظم الأطفال يستطيعون تقليد أو نسخ العقد البسيطة عن طريق تتبع الخطوط، ويستطيعون متابعة الخيط الخاطئ، وهو ذلك الخيط الذي لا يكوِّن عقدة عندما يتم شد طرفي الخيط. وأثناء الفترة من السابعة أو الثامنة إلى الحادية عشرة أو الثانية عشرة، يطور الأطفال القدرة على أن يستبدلوا بالخيوط السميكة (الدوبارة) خيوط تخيلية (خيالية) في تطور مستمر لتنظيم علاقة الجوار، والانفصال، والترتيب، والإحاطة في كل منظم وعامل، وقابل للتنفيذ.

إن الاستمرارية مفهوم بالغ الأهمية وواسع الانتشار في العلوم والرياضيات على حدٍ سواء. فصياغة العمليات البدنية والبيولوجية على أنها مستمرة في طبيعتها أمر مهم لتحقيق فهم حقيقي. فمفاهيم وعمليات من قبيل الحرارة وقياسها، والحركة وقياسها، والنضج وقياسه، والتغير الكيميائي وقياسه كلها مفاهيم مستمرة ويمكن تقسيمها فيما وراء قدرتنا على إدراك التغيير في الوحدات الفردية، كما هو الحال في وحدات الكوانتم quantum (أصغر وحدة طاقة) لتغيير أو تحويل الطاقة على سبيل المثال. ولا يمكن التأكيد على أهمية مفهوم الاستمرارية في تعلم مفاهيم ومبادئ العلوم التي تتطلب نوعاً من الاختصار المتأصل في الجانب العملي من الاستمرارية والحدود. إن عملية تقسيم خط ما لا ينظر إليها بالتحديد من ناحية المفاهيم على أنها ممكنة حتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة، وحتى عندئذٍ فإن كثيراً من الأطفال ليسوا واثقين أو متأكدين من ذلك. وكان من بين الأساليب والفنيات التي استخدمها بياجيه وإنهلدر في تقدير الطبيعة النمائية للاستمرارية ما يلي:

١ – طلب من الأطفال أن يرسموا أصغر وأكبر مستطيل ممكن.

٢ – تقسيم شكل مغلق كالدائرة أو المستطيل إلى أكبر عدد ممكن من المرات.

٣ – سؤال الطفل عما إذا كان الخط أو السطح يمكن أن يكوِّن مجموعة من

النقط. ثم بعد ذلك يطلب من الطفل أن يوضح ما يقول مستخدماً ورقةً وقلماً.

وحتى سن السابعة أو الثامنة، أظهرت نتائج المقابلات أن الأطفال لا يستطيعون أن يستوعبوا الاستمرارية أو التقسيم اللامتناهي (إلى ما لا نهاية) في سياقه المفاهيمي. ومن هذه النقطة وحتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة فإن هناك نمو وتطور تدريجي في القدرة على فهم التقسيم اللامتناهي أو التغيير اللامتناهي من أي نوع فهماً متعلقاً بالمفاهيم. ومن الأمور التي تتلقى تأكيداً وتوكيداً أن المفاهيم الاستمرارية لا تزال مرتبطة ببيئة الطفل المحسوسة، وأن الاستمرارية لا يمكن النظر إليها على أنها جزء مما هو حقيقي أو تجريبي إلا بعد سن الثانية عشرة أو الثالثة عشرة.

ومن الأمور الأخرى الشيقة، والمثيرة للاهتمام في تعليم الرياضيات، ذلك التعريف الذي يشيع استخدامه في المدارس الابتدائية للخط أو السطح على أنه مجموعة من النقط. إذ يبدو أن ذلك التعريف ليس في متناول غالبية الأطفال حتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة، وبالطبع فإنه ليس هناك ما يضمن أن الفهم سيبزغ فجأةً حتى بعد ذلك السن.

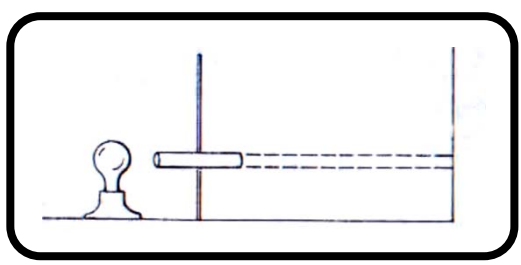
لقد زادت دراسة العلاقات التوبولوجية في القرن العشرين زيادة كبيرة، وترتبط جوانب معينة من هذا النوع من دراسة الفراغ مثل الترتيب والاستمرارية ارتباطاً وثيقاً وواضحاً بالمفاهيم العلمية. ومهما كانت دقة العلاقات، ونظراً لأنها مستقلة عن أي بسط أو انقباض أو تقليص للأرقام، فإنها تعتبر ذات قيمة محدودة في أنشطة القياس مثل تلك الأنشطة التي تضمنتها دراسات الوقت (الزمن) والفراغ. وبهذا الخصوص فإن علاقات الفراغ التوبولوجي أكثر بدائيةً وبساطة من الفراغ التخطيطي؛ الذي فيه توضع النقط وفقاً لنظم منظورية واضحة الأبعاد، أو نظم تخطيطية، ونظم تناغمية وتناسقية.

وثمة دراسة مشهورة قام بها دودويل (Dodwell,1963) وتقترح نتائجها بقوة أنه ربما لا يوجد تقدم أو تتابع أو توالي في الخطوات كما افترض بياجيه وإنهلدر في تطور مفاهيم الفضاء لدى الأطفال. ودراسة دودويل ليست في صراع ونزاع مع جوهر النتائج في الجزء الخاص بالفراغ التوبولوجي، أو الجزء التالي الخاص بالهندسة

التخطيطية (الفراغية)، ولكنها تخدم وتساعد في توضيح وإبراز التعقيد النسبي لنمو التركيبات المعرفية المرتبطة بمفاهيم الفراغ. إن الأعمار التي تذكر في أي دراسة والتي فيها يستطيع الأطفال أن يطوروا قدرات معينة يجب التعامل معها على أنها أعمار تقريبية. فكثير من الأطفال في مجموعة معينة قد لا يتجاوبون مع المدى العمري لنمو المفاهيم المتعلقة بالفراغ، ومفاهيم الأعداد، وما شابهها، ولكن هذا لا يدحض، أو يكذب، أو ينفي نظرية النمو أو التطور المعرفي في نظرية بياجيه ولا الدليل الذي ترتكز عليه هذه النظرية. (بطرس بطرس، ٢٠٠٧: ٢٨٢ – ٢٨٣ ؛ رمضان بدوي، ٢٠٠٣: ٣٦ –٣٨؛ عزة عبدالفتاح، ١٩٩٧: ٥٨؛ نظلة خضر، ١٩٨٤: ١٢٨ – ١٣٠؛ Clements, ١٩٩٨؛ Martin, Good, 1977:56 – 60; ١٩٧٣؛ Stoltman, ١٩٧٦؛ Schadler& Siegel، ١٩٧٦)

الهندسة الفراغية (الفراغ الإسقاطي) Projective Space :

إن دراسة الهندسة الفراغية يشار إليها أحياناً على أنها هندسة الظلال Shadow Geometry فرسم أو تخيل خطوط مستقيمة، والقدرة على النظر إلى الأشياء من منظورات مختلفة ومتنوعة أمور مطلوبة لدراسة الفراغ التخطيطي، في حين أنها غير مطلوبة لدراسة الفراغ التوبولوجي. فالعلاقة المتضمنة في الهندسة التخطيطية (الهندسة الفراغية) يمكن توضيحها باستخدام مصدر ضوئي، وبعض الأشياء وشاشة كما في شكل (١٦).



شكل (١٦) ظلال المواد المعروضة. (Good, 1977:62)

ويرى ظل الشيء على الشاشة، ويتنوع هذا الظل وفقاً للشيء المعروض واتجاهه. وحجم الشيء المعروض ليس مهماً في الهندسة الفراغية، كما هو الحال في التوبولوجي. فالاسطوانة الصلبة الموضوعة بين المصدر الضوئي والشاشة ستظهر كما لو كانت دائرة صلبة أو قرص صلب. أما إذا أديرت تلك الاسطوانة بحيث

يكون محورها عمودياً (موازياً للشاشة) فإن الظل الذي سيظهر على الشاشة سيأخذ شكل المستطيل. والقدرة الأساسية والجوهرية في تحديد شكل الظل هي القدرة على رسم وتحليل خطوط مستقيمة من مصدر الضوء إلى نقاط مختلفة على الشيء، ثم في النهاية إلى الشاشة. وإذا كنت خلف الشيء مباشرة، بمعنى أن تقف مكان المصدر الضوئي، فسيكون من السهل عليك أن تتنبأ بشكل الظل المعروض على الشاشة، ولكن إذا وقفت في مواضع مختلفة فسيزداد الأمر صعوبةً. وقد قام بياجيه وإنهلدر بدراسة نمو مفهوم الخط المستقيم، وكذلك نمو مفهوم الرسم المنظوري أحادي الإحداثياتcoordinated perspective باستخدام فنيات وأساليب بسيطة.

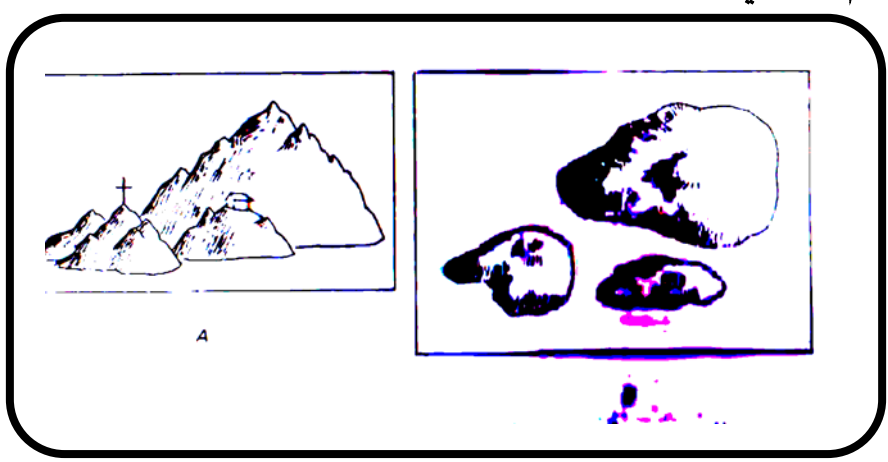
وبخصوص الخط المستقيم يتطلب الأمر منضدة مربعة أو مستطيلة، وعدداً من أعواد الثقاب، (يتراوح عددها من ١٥ – ٢٠ عوداً) ويغرس كل عود في قاعدة مصنوعة من مادة مرنة. وتتمثل المهمة الأولى في أن ينشئ الطفل خطاً مستقيماً باستخدام أعواد الثقاب بين قائمين أو عودين من أعواد الثقاب قام الباحث بوضعهما عند الطرفين. وفي البداية كان القائمان يوضعان موازيين لحافة المنضدة، وقريبين منها. وبعد ذلك تم وضعهما بزاوية ٣٠ أو ٤٠ درجة من حافة المنضدة. وباستخدام المنضدة المستديرة وضع القائمان بحيث يمثل الخط المستقيم إما القطر أو وتراً من الأوتار. وكمهمة أخيرة عرض على الطفل مجموعة من الأعواد الموضوعة على شكل خط متعرج وطلب منه أن يضعها في صورة خط مستقيم. وتظهر النتائج أنه حتى سن السابعة فإن الأطفال إما أن يعجزوا عن بناء الخط المستقيم، اللهم إلا إذا كان ذلك الخط موازياً وقريباً من حافة المنضدة المستطيلة، أو أن يستخدموا أسلوب المحاولة والخطأ لفترات يتعلم الطفل أن يمر ببصره بين القائمين ليكوِّن خطاً مستقيماً، ولم يعد بحاجة إلى استخدام أسلوب المحاولة والخطأ مرات متتابعة.

والمتطلب الرئيسي لتكوين منظورات مختلفة هو تخيل خطوط مستقيمة تسير في أي اتجاه. وقد قام بياجيه وإنهلدر بتقدير نمو وتطور الرسم المنظوري المتناسق باستخدام عدة طرق. وكان من بين تلك الطرق أن يعرض على الطفل أشياء متنوعة مثل عصا نحيفة أو اسطوانة أو أشياء أخرى ذات أشكال هندسية بسيطة ولكنها يمكن أن تظهر بأشكال مختلفة إذا نظر إليها من مواضيع مختلفة. وطلب من الطفل أن يجلس إلى منضدة، واستخدمت دمية لتقديم الأسئلة بخصوص ما ستبدو

عليه أشكال الأشياء إذا نظر إليها من مواضع مختلفة حول المنضدة. وطلب من كل طفل أن يرسم رسماً يمثل شكل الشيء كما يتوقع أن يبدو من كل نقطة، ثم عرض عليه بعد ذلك بعض الرسوم، وطلب منه أن يختار الرسم الصحيح من بينها. وفي سن السادسة أو السابعة تقريباً بدأ الأطفال يظهرون إشارات على تطوير رسم منظوري متناسق، وإن كانت الشقة لا تزال بعيدة بين الرسم المنظوري العملي والكامل. وقبيل سن الثامنة أو التاسعة يظهر معظم الأطفال القدرة على مشاهدة بعض الأشياء البسيطة من مواضع مختلفة، ولكن بخصوص الأشياء الأكثر تعقيداً فإن الأمر يتطلب سنتين أو ثلاث سنوات أخرى حتى يتمكن الأطفال من تطوير تناسق أكبر للرسم المنظوري.

وفي تجارب عرض الظلال التي استخدمت أشياء ذات مقطع عرضي ثابت (قلم رصاص، مستطيل، قرص) وأشياء ذات مقطع عرضي متغير (أشكال مخروطية مفردة أو مزدوجة) وجد إنهلدر وبياجيه أن تناسق الرسم المنظوري للمخروطات كان أكثر صعوبة. إذ أن الأطفال قبيل سن الثامنة أو التاسعة تمكنوا من التنبؤ على نحو صحيح بظلال الأشياء ذات المقطع العرضي الثابت من اتجاهات ومواضع مختلفة، بينما تطلب الأمر عامين أو ثلاثة أعوام ليتنبئوا بظلال المخروطات على نحو صحيح.

ويظهر شكل (١٧) "مهمة الجبال" التي استخدمها بياجيه وإنهلدر لتقدير تناسق الرسم المنظوري عند الأطفال في سن الرابعة حتى سن الثانية عشرة.

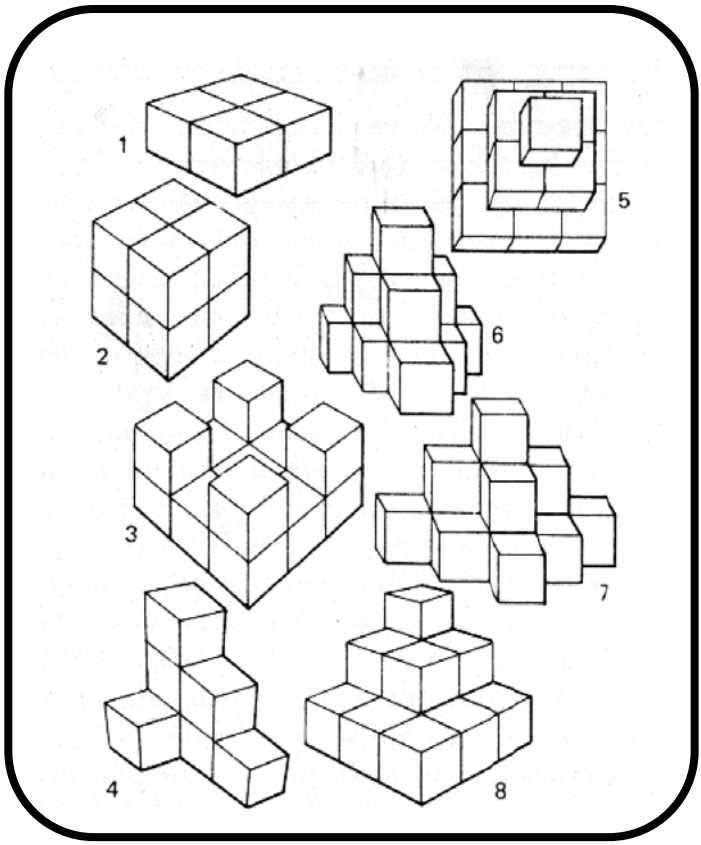


شكل (١٧) مهمة الجبال المستخدمة لتناسق الرسم المنظوري (Good, 1977:63)

وهذه التجربة تشبه التجربة السابقة في أنها استخدمت منضدة ومقاعد ودمية وصور لثلاثة جبال لتجديد قدرة الطفل على تغيير الرسم المنظوري بطريقة عقلية وفقاً لوضع الدمية. وتم عكس ذلك أيضاً إذ عرضت على الطفل صورة من بين عشرة، وسئل أين ينبغي أن توضع الدمية لنحصل على نفس المنظر. وقبل سن السابعة أو الثامنة بدأ الأطفال في إظهار علامات فصل النقاط المختلفة في المناظر ولكن بقدر قليل من النجاح. ومن تلك النقطة وحتى الحادية عشرة أو الثانية عشرة أظهر الأطفال تناسقاً تقدمياً للرسم المنظوري بقدر جيد من النجاح في التاسعة أو العاشرة. وقد يكون من المفيد أن نتحدث عن مراحل النمو، ولكن من المهم أيضاً أن نتذكر أنه لا يوجد طفل متوسط. توجد فقط متوسطات إحصائية، وينبغي أن تفسر تلك المتوسطات مع الأخذ في الحسبان جميع حدودها ونقاط ضعفها، والتي قد تكون كثيرة. (Good et al., 1973; Minichillo & Goodnow, 1969; Bittner, 1968)

وفي دراسة مرتبطة بتناسق الرسم المنظوري، قابل جود (Good, 1972) 60 طفلاً في الصفوف من الروضة إلى الرابع الابتدائي لتحديد قدرتهم على بناء تركيبات ثلاثية الأبعاد باستخدام مكعبات ورسم لمبنى. ونظراً لأن الرسم يقدم واجهة واحدة فقط، وفي معظم الحالات يخفي بعض المكعبات المكونة للمبنى (انظر شكل ١٧)، فإن على الطفل أن يتخيل المبنى من عدة جوانب. وقد عرض على الطفل رسم على لوحة ورقية بنفس أبعاد المكعبات (٢سم للجانب) والتي استخدمها الطفل فيما بعد في محاولة لتركيب وتكوين المبنى.

وفي البداية سأل الباحث الطفل: كم عدد المكعبات اللازمة لتركيب البناء، وبعد تلقي ردود الأطفال واستجاباتهم، أعطي لكل طفل عدد المكعبات المطلوبة، وطلب منه أن يكوِّن البناء الذي يمثله الرسم. وبقي الرسم أمام الطفل أثناء عملية البناء، وعندما يقتنع الطفل بمجهوده، ويرضى عنه، فإن الباحث يتبع نفس الإجراء باستخدام رسم آخر. وتم تسجيل الوقت المطلوب الذي استغرقه كل بناء، دون أن يدرك الطفل ذلك، وكان الطفل يحصل على أي عدد من المكعبات طالما كان ذلك ضرورياً. ويظهر جدول (٤) نسب الطلبات الصحيحة.



شكل (١٨) تركيبات أو أبنية باستخدام المكعبات (Good, 1977:64)

جدول (٤) نسب الطلبات الصحيحة لعدد المكعبات المطلوبة

الصف	الشكل							
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الروضة	٣٨ ٪	٣ ٪	١٧ ٪	صفر	صفر	٨ ٪	صفر	٨ ٪
١	٩٢ ٪	٦٧ ٪	صفر	٨ ٪	صفر	صفر	صفر	٨ ٪
٢	٨٣ ٪	٦٧ ٪	صفر	٨ ٪	صفر	صفر	صفر	٨ ٪
٣	١٠٠٪	٩٢ ٪	٨٣ ٪	٥٨ ٪	٤٢ ٪	١٧ ٪	صفر	٨ ٪
٤	٩٢ ٪	٧٥ ٪	٨٥ ٪	٦٧ ٪	٥٠ ٪	صفر	٢٥ ٪	٥٠ ٪

جدول (٥) نسب النجاح في إكمال البناء باستخدام المكعبات

الصف	الشكل							
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الروضة	٧٥	٥٠	١٧	٣٣	١٧	٨	صفر	١٧
١	٨٣	٦٦	٣٣	٥٨	١٧	صفر	٢٥	١٧
٢	٨٣	٨٣	٨٣	٩٢	٤٢	صفر	٥٠	٦٧
٣	١٠٠	١٠٠	٦٧	١٠٠	٧٥	٥٠	٤٢	٥٨
٤	١٠٠	١٠٠	٨٣	١٠٠	٨٣	٣٣	٤٢	٦٧

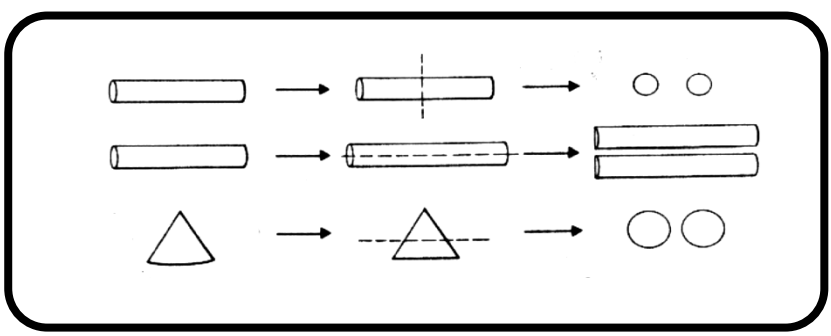
ويظهر جدول (٥) نسب النجاح في إكمال البناء باستخدام المكعبات. وبمقارنة النتائج المعروضة في جدول (٤)، وجدول (٥)، يمكن ملاحظة أن الأطفال كانوا أقل نجاحاً بشكل عام في التنبؤ بالعدد الصحيح من المكعبات المطلوبة مقارنة بها في حالة البناء الفعلي. وليس ذلك غريباً نظراً لأن الأطفال في حالة بنائهم لشكل من الأشكال غالباً ما يلاحظون أنهم قد احتاجوا إلى مكعب أو مكعبين زيادة لإكمال البناء. أي أن تقديرهم الأصلي من خلال المنظور البصري قد ازداد دقة من خلال الممارسة العملية. فالبيانات في جدول (٥) بالفعل أكثر ارتباطاً بتناسق الرسم المنظوري كما تعاملنا معها لأن بناء التركيبات من المكعبات قد أجبر الأطفال في بعض الأحيان على إدراك أن تقديراتهم الأصلية كانت خاطئة. وحقق البناء رقم "٦" أعلى درجة من الصعوبة للأطفال، ويليه البناء رقم "٧"، "٨"، "٥". وتم تركيب البناء رقم "٦" بطريقة مشابهة لطريقة تركيب البناء رقم "٧" وكان الأطفال يواجهون صعوبة كبيرة فقط مع أجزاء من كل مكعب يمكن رؤيته في الرسم. ويتناغم مع ذلك جدول (٤) الذي يوضح أنه لم يتمكن أي طفل في الصف الرابع من طلب العدد الصحيح من المكعبات المطلوبة لتركيب البناء رقم "٦"، وتمكن ثلث عدد الطلاب فقط من إتمام التركيب. كما أن هذا البناء على وجه الخصوص قد تطلب مزيداً من الوقت في المتوسط (٦٣ ثانية) زيادة عن التركيبات الأخرى؛ ٤٥ ثانية للبناء رقم "٧"، ٤٨ ثانية للبناء رقم "٨"، ٤٠ ثانية للبناء رقم "٥".

وسيسمح الرسم المنظوري المتناسق للطفل بأن يتخيل أي رسم من مواضع مختلفة (ومن وجهات نظر مختلفة، ومن ثم يسمح للمرء بأن يرى ما قد يكون مختفياً في

الرسم. وثمة مدى واسع للنجاح في التركيبات المتنوعة لجميع المستويات العمرية، من سن الخامسة أو السادسة وحتى سن التاسعة أو العاشرة، بقدر كبير من الصعوبة في الرسم رقم "٦". وتدعم هذه النتائج ما أشرنا إليه من قبل بخصوص تنوع البيانات والمعلومات والذي يرجع إلى طبيعة مادة المقابلة من بين العوامل الأخرى. ولا يعتبر الرسم المنظوري المتناسق كاملاً في وقت معين بالنسبة لأي فرد، ولكن ذلك يعتمد على التجارب حتى بعد سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة، والذي يفترض بياجيه أن جميع المفحوصين قد طوروا رسماً منظورياً متناسقاً فيه. ولا يقترح الإكمال أي تطور أو نمو أبعد من ذلك، كما أن النظرة الإحصائية للنمو المعرفي ليست متناسقة أو متناغمة في ضوء التحليل المنطقي للنظرية العامة للنمو المعرفي.

وثمة نظرة معقولة بخصوص النمو الفراغي، وكذلك النمو المنطقي بشكل عام، وتتمثل في أن معدل النمو أبطأ بكثير بعد مرحلة معينة، ولكنه مستمر. وبينما يتم التغلب على المزيد من المواقف الصعبة ومواجهتها، فإن التركيبات العقلية تستمر في التطور وتصل إلى توازن ثابت ولكنه حيوي.

وفي كتاب "إدراك الطفل للفراغ" عرض إنهلدر وبياجيه نتائج الدراسات التي أجريت في الهندسة والتدوير، وتطور الأسطح. وفي التجارب المتعلقة بالجزء الهندسي صنعت أشكال من قبيل الاسطوانات والمخروطات من مادة بلاستيكية مرنة، وعرضت على الطفل، وطلب منه أن يتوقع شكل السطح الذي سيحصل عليه إذا فرض أن المواد الصلبة ستقطع عبر مستويات مختلفة. وقبل القطع طلب من الطفل أن يرسم السطح ثم يختار من بين عدة رسوم. ويظهر شكل (١٩) الأشياء وأسطحها المستوية بع القطع.

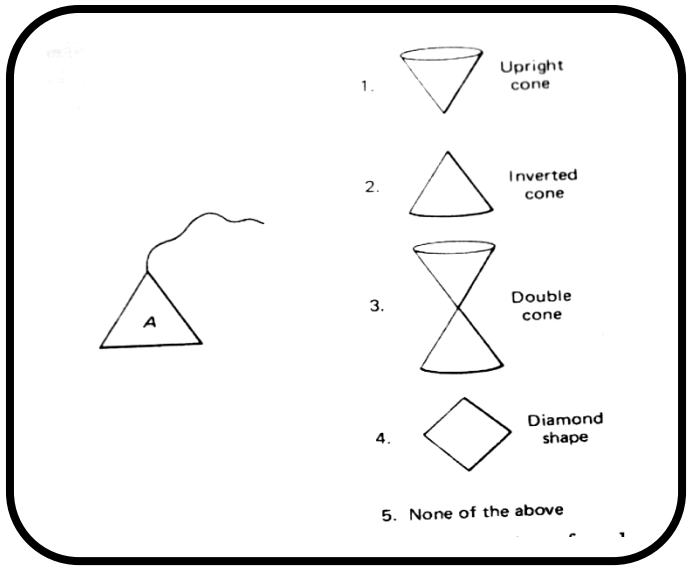


شكل (١٩) أشياء مقطوعة بمستويات مختلفة. (Good, 1977:66)

وبالنسبة للأشكال البسيطة نوعاً، يبدأ الأطفال يظهرون سهولة مع القطع الموازي للمحور تماماً قبل سن السادسة أو السابعة. أما القطع الذي يتم بزاوية مع المحور فإنه أكثر تعقيداً، ومن أمثلته الأشياء التي تأخذ شكل سدادة الزجاجة. ولذا لم يبدأ الأطفال في حل المشكلات على نحوٍ مرضٍ إلا بعد سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة.

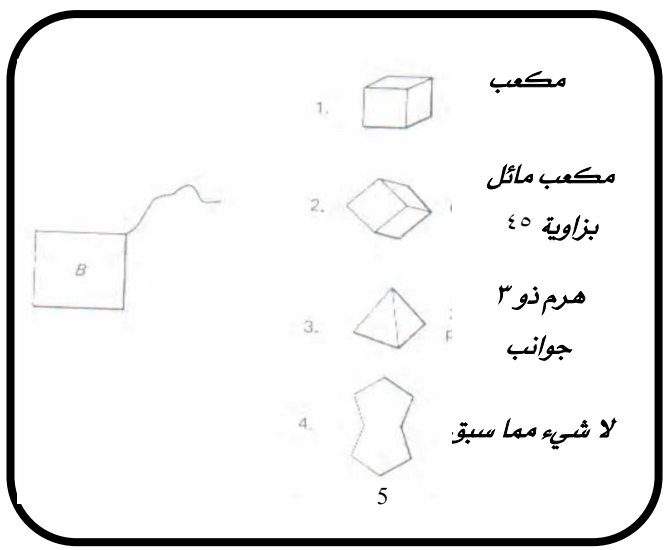
أما في الجزء الخاص بالتدوير ونمو الأسطح وتطورها، قام إنهلدر وبياجيه بتقدير نمو الطفل لتدوير وتطوير الاسطوانة والمكعب، والهرم، والمخروط بطريقة عقلية. وقدمت المواد للطفل، وسئل كيف ستبدو هذه الأشياء إذا فردت. ومن خلال رسوم الطفل لكل شكل مفرود، استطاع الباحثون أن يروا تطوراً أو نمواً تدريجياً لقدرة الطفل على إعادة بناء الأشكال الصلبة بطريقة عقلية. وبدءاً من السنة السابعة أو الثامنة تقريباً يرسم الطفل أشكالاً فظةً جداً للأشكال المفرودة، ويتقدم في ذلك حتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة تقريباً إذ يستطيع معظم الأطفال أن يفردوا الأشكال بطريقة عقلية، أو على الأقل الاسطوانة والمخروط. أما المكعب والهرم فإنهما أكثر صعوبةً، ولا تتحقق القدرة على فردهما إلا بعد سنة أو سنتين تقريباً. ومع ذلك فقد افترضت دراسة ذات صلة أجراها جود (Good, 1973) أنه حتى الكثيرين من الراشدين لا يستطيعون الربط بطريقة عقلية بين تدوير الأشكال ذات البعدين وبين أشكالها الجامدة (الصلبة) ثلاثية الأبعاد. وقد ربطت ثلاث مفردات من مقياس مكون من ١٦ بنداً بين قدرة المفحوص على الرسم المنظوري المتناسق بطريقة عقلية من خلال الانتقال من البعدين (رسم لشكل بسيط) إلى ثلاثة أبعاد (الجسم الصلب المقابل للرسم). ويظهر شكل (٢٠) المفردة الأولى حيث يمثل الحرف "A" قطعة من لوحة الكروت يرتبط بها خيط سميك "S" كما يظهر الشكل أيضاً خمس استجابات كانت متاحة للاختيار من بينها.

وكان السؤال المحدد الذي سئل للأطفال هو: "إذا أمسكنا الكارت "A" بالخيط "S" و تم برم الخيط "S" فكيف سيكون شكل الفتحة أو الثقب الناتج؟" ومن بين ٩٧ استجابة اختار ٦ أفراد "مخروط معتدل"، واختارت ٧٢ استجابة "مخروط مقلوب"، ولم يختر أي واحد استجابة "مخروط مزدوج"، واختار ٥ أفراد استجابة "شكل الماسة"، واختار ١٤ فرداً استجابة "لا شيء مما سبق." ولم يستطع أكثر من ربع الطلاب (٢٦ ٪ منهم) أن يدوروا المثلث في أذهانهم لتكوين المخروط.



شكل (٢٠) السؤال الأول على تدوير سطح مستوٍ مع الاستجابات المحتملة. (Good, 1977:67)

وكان السؤال الثاني مشابهاً للسؤال الأول فيما عدا أن الشكل المستخدم كان عبارة عن مربع بدلاً من المثلث. ويظهر شكل (٢١) المربع والاستجابات الخمسة المحتملة.

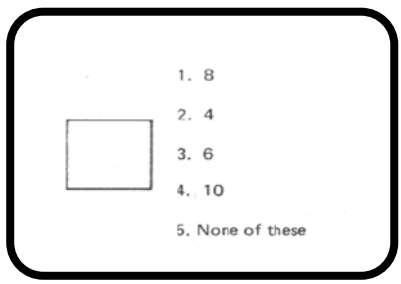


شكل (٢١) السؤال الثاني بخصوص تدوير سطح مستوٍ، والاستجابات المحتملة. (Good, 1977:68)

ومن بين ١٩٨ استجابة مسجلة على هذا السؤال الثاني اختار ٦ أفراد الإجابة الأولى واختار ٢٨ فرداً الإجابة الثانية، واختار ١٥ فرداً الإجابة الثالثة، واختار ٦ أفراد الإجابة الرابعة، واختار ٤٣ الإجابة الخامسة. ورغم أن ٤٣ فرداً اختاروا الإجابة الخامسة "لا شيء مما سبق"، وهي الإجابة الصحيحة، فإن نسبة ٥٥ ٪ أو ٥٦ ٪ المتبقية من الطلاب لم يتمكنوا من اختيار الإجابة الصحيحة.

وهذان البندان تحديداً يثيران شكوكاً حول وجود أي "مرحلة اكتمال" كما تقترح البيانات المسجلة في كتاب "إدراك الطفل للفراغ"، بخصوص قدرة الفرد على تخيل تدوير السطح.

وتم تمثيل البند الثالث في شكل (٢٢)، ويقترح بقوة أن الخبرة وحدها ليست كافية لتطوير القدرة على رسم منطوري متناسق تناسقاً كاملاً.



شكل (٢٢) سؤال على حواف مكعب. (Good, 1977:68)

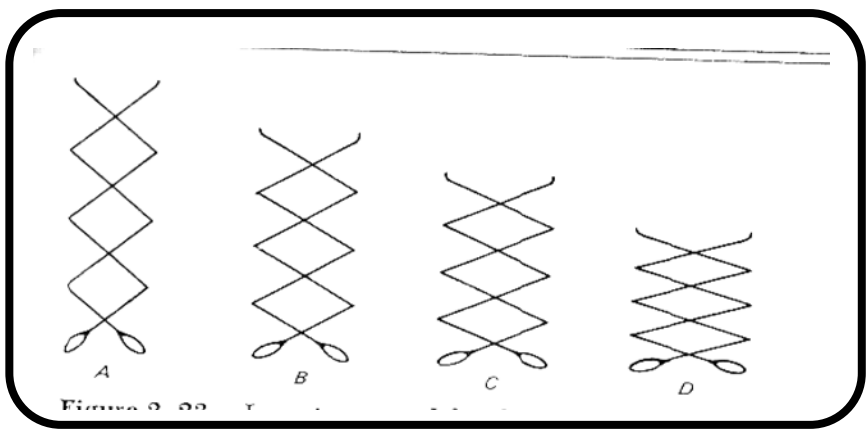
وفي هذا السؤال، سئل الطلاب عن عدد حواف المكعب التي لم تمكن رؤيتها من المشاهدة الأمامية. ورغم أن ٦٠ طالباً قد اختاروا الاختيار الأول على نحو صحيح، فإن ٣٨ طالباً (٣٩ ٪ من مجموع الطلاب) لم يتمكنوا من الاختيار الصحيح. واختار ١٢ طالباً "٤ حواف"، واختار ٥ طلاب "٦ حواف"، واختار ٧ طلاب "١٠ حواف"، واختار ١٤ طالباً "لا شيء مما سبق". وتعد تلك النتائج مدهشة لأن جمع الطلاب البالغ عددهم ٩٨ طالباً قد رأوا وتعاملوا مع عشرات الصناديق المكعبة في خبراتهم الماضية. فالخبرة وحدها لم تكن كافية للتأكيد على الرسم المنظوري المتناسق المطلوب لتخيل الصندوق المكعب من زوايا مختلفة ومتنوعة أو لفرد الصندوق بطريقة عملية وإحصاء طياته.

وما تؤكد عليه هذه النتائج أكثر من أي شيءٍ آخر هو الافتراض الذي ينص

على أنه لا يمكن الوصول إلى المرحلة النهائية في نمو وتطور التناسق المنظوري. فزيادة الخبرة المباشرة، أو نقصها سوف يؤثر على المزيد من نمو وتطور القدرات الكثيرة والمتنوعة المرتبطة بالعلاقات الفراغية. (Birns, ١٩٨٦؛ Van & Carlson Deman، ٢٠٠٤؛ Miller, & Miller, Good, 1977:61 – 69; ١٩٧٠)

أ – الاحتفاظ بالتوازي Conservation of Parallelism:

لتحديد مراحل النمو في الاحتفاظ بالتوازي استخدم بياجيه وإنهلدر الملقط المعروض في شكل (٢٣). وطلب من كل طفل أن يرسم ما اعتقد أنه سيحدث للملقط في وضع الانغلاق "D" إذا فتح عن طريق ضغط اليدين معاً. ولم يستطع الأطفال أن يرسموا تحويلات المعين بأي درجة من الدقة إلا بعد السابعة أو الثامنة. وبعد هذه النقطة كانت هناك محاولة واضحة للاحتفاظ بجانبي كل معين متوازيين. وقبل التاسعة أو العاشرة استطاع معظم الأطفال أن يحتفظوا بالتوازي في التغيرات المحتملة في المساحة أثناء فرد الملقط. (Good, 1977:69)



شكل (٢٣) ملقط مرن يستخدم في تحويل المعين. (Good, 1977:70)

ب – الاحتفاظ بالزوايا Conservation of Angles:

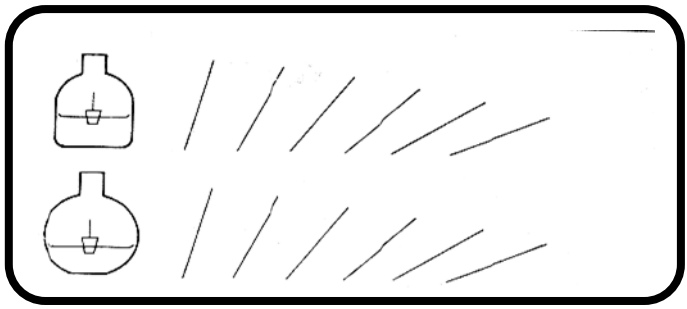
لقد رأينا أن التوازي تم تفعيله بشكل عملي بعد سن العاشرة، وهذا جانب مهم من جوانب النسب لاسيما مع المربعات، والمستطيلات والمعينات. ولاستكشاف كيف اكتشف الأطفال التشابه بين المثلثات، تم تطوير مجموعة من الإجراءات... ووجد أن الأطفال لم يتمكنوا من الاحتفاظ بالنسبة الصحيحة لكل من أضلاع

وزوايا المثلثات المختلفة حتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة. وتم الحصول على نفس النتائج عندما كانت الأشكال المستخدمة عبارة عن مستطيلات. وتطورت النسبة مع الأشكال المفتوحة بنفس الطريقة، بفرض أن مفهوم النسبية ثابت ويشمل مدىً واسعاً من الأشكال الهندسية. وتناولت دراسات أخرى قدرة الأطفال على التعامل بنجاح مع النسب، لاسيما تلك الدراسات التي أجراها لوفيل باتارورث (Lovell & Butterworth, 1966)، ولونزر (Lunzer, 1965)وهي تؤيد ما توصل إليه بياجيه، وإنهلدر، ولكنها تفترض أن الفهم الحقيقي لا يتحقق إلا بعد سن الخامسة عشرة أو السادسة عشرة، وربما بعد ذلك، فيما عدا الأطفال المتفوقين. (Potari, & Kordaki, Good, 1977:70; ١٩٩٨)

جـ – التناسق الرأسي والأفقي Vertical and Horizontal Coordinates:

إن تحديد مواقع الأشياء بطريقة محددة في فراغ ذي بعدين يتطلب التناسق والتناغم بين المحورين الأفقي والرأسي. وغالباً ما تستخدم أزواج من الأرقام مع الأطفال في الصف الثالث كوسيلة من وسائل التمثيل البياني. وكما تظهر البيانات والمعلومات هاهنا، فإن تلك المهمة يمكن أن تقتصر على حفظ واستظهار مجموعة من الخطوات بالنسبة لمعظم الأطفال.

وقد أشار بياجيه إلى أن الخاصية الأساسية للنظام المرجعي تكمن في احتمال أو إمكانية تناسق المواقع والفواصل دونما حدود. وهذا يتطلب أكثر من مجرد نظام مرجعي إحصائي. ولعل أول خطوة نحو نمو مثل هذا النظام المرجعي المرن هي التناسق بين البعد الأفقي والبعد الرأسي في بيئتنا. ومن الطرق التي تتسم بالإبداع والتي استخدمت لدراسة نمو النظام المرجعي الرأسي – الأفقي تلك الطريقة الموجودة في كتاب "مفهوم الطفل عن الفراغ" ولدراسة مفهوم الطفل عن التناسق الأفقي في بيئته الطبيعية، استخدمت زجاجتان ضيقتي العنق: إحداهما ذات جوانب مستقيمة متوازية، والأخرى ذات جوانب دائرية (كروية)، انظر شكل (٢٤)



شكل (٢٤) زجاجتان لدراسة النظام المرجعي (Good, 1977:71)

والفكرة الرئيسية تتمثل في أن طلب من الطفل أن يرسم مستوى الماء عند إمالة الزجاجتين بزوايا مختلفة. ولتمثيل المحور الرأسي وضعت على سطح الماء سدادة من الفلين مغموس بها إبرة متعامدة على سطح الماء. وأشارت رسوم الأطفال إلى أنهم تمكنوا من التنسيق على نحو صحيح بين الأفقي والرأسي (الإبرة الرأسية، ومستوى سطح الماء الأفقي) فقط بعد سن التاسعة أو العاشرة. وقبل ذلك السن كان الأطفال يرسمون سطح الماء استناداً على الزجاجة وليس على الأشياء الأخرى المحيطة به.. إن تطور ونمو النظام المرجعي المتناسق يحدث تقريباً في نفس الوقت الذي يحدث فيه النظام المنظوري المتناسق.

علاقات الطول والمسافة Length and Distance Relations:

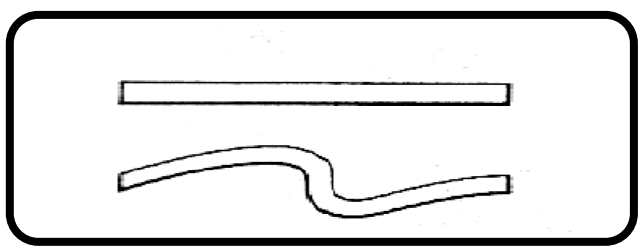
ذكر بياجيه وآخرون (Piaget et al., 1948 b) نتائج دراسات أجريت على الأطفال في مجال علاقات الطول، والمساحة، والحجم، وتطور ونمو نظام متناسق يمكن من خلاله تقدير حجم الفراغ من خلال مقاييس دقيقة.. وفيها يتم الاحتفاظ بالزوايا، والأطوال، والأضلاع والمسافات، ....الخ. ومن ثم فإن المربع لم يعد مساوياً للدائرة كما كان الحال في التوبولوجيا. وكذلك لم تعد الكعكة مساوية لإطار السيارة كما كان الحال في الفراغ الإسقاطي (الهندسة الفراغية). بل إن المربع لم يعد مساوياً لمربع آخر طالما أن الأضلاع ليست متساوية. وتلك الدقة المطلوبة تتضمن مدخلاً كمياً بدرجة أكبر.

ورغم أننا نتعامل مع الطول والمسافة في نفس المقام، فإن بياجيه قد ميز بين المفهومين وقدم فروقاً مهمة بينهما. فالمسافة تستخدم للإشارة إلى انفصال الأشياء؛ وذلك يعني إخلاء قدر من الفراغ أو إيجاد قدر من الفراغ بين الأشياء. أما الطول فيشير إلى الحجم الخطي لشيء ما، أي أن أحد أبعاد شيء ما قد ملأ الفراغ.. ورغم

أنه قد يبدو أن علاقات المسافة ربما تكون أصعب من علاقات الطول بسبب الفراغ الذي تشتمل عليه، فإننا نرى أن كلاً من المفهومين يرتكز على فهم الترتيب والمسافات الفاصلة بين نقطتين أو موقعين، ولا يوجد قدر كبير من الاختلاف أو الفروق في نموهما.

وتمثلت الطريقة المستخدمة لبحث علاقات المسافة في تحديد وضع شجرتين متماثلتين في الطول، وتفصل بينهما مسافة مقدارها ٥٠ سم على منضدة. وتم وضع شاشة بين الطفل وبين الأشياء إلا أنها أعلى قليلاً من مستوى الشجرتين، ثم سئل الطفل عما إذا كانت الشجرتان ما زالتا قريبتين من بعضهما أو تبعدان عن بعضهما بنفس المسافة. ثم تفتح نافذة قابلة للحركة في الشاشة ويعاد تقديم نفس السؤال. وبعد تتبع أسباب استجابات الأطفال حل مكعب ضخم محل الشاشة، وتم تكرار العملية عدة مرات. وعن طريق استخدام هذه التغييرات وغيرها مثل تغيير طول أحد الشيئين (الشجرتين)، فإن الباحث يستطيع أن يقدر فهم الطفل لاستمرار وتواصل المسافة بين الأشياء سواءً كانت المسافة بينهما فارغة أم مملوءة. وحتى سن السابعة أو الثامنة فإن استجابات الأطفال تظهر أنهم لا يحتفظون بالمسافة بين شيئين. وهذا هو نفس التوقيت الذي يصبح فيه الخط المستقيم مفهوماً عملياً، وهو أيضاً التوقيت الذي تصبح فيه عملية الترتيب وفقاً للأطوال مفهومة.

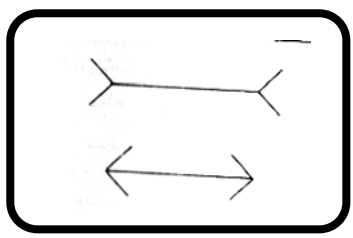
ونظراً لأن الأطفال لا يحتفظون بالمسافة حتى سن السابعة أو الثامنة، فقد كانت الخطوة المنطقية التالية هي تحديد ما إذا كان الفراغ المملوء يتبع نفس النموذج أم لا. إذ عرضت على الأطفال عصا قصيرة مستقيمة وثعبان منحني مصنوع من البلاستيك أطول من العصا. ووضعت العصا المستقيمة والثعبان المنحني بحيث يتوازى طرفا كل منهما. (انظر شكل ٢٥) وسئل كل طفل هذا السؤال: هل العصاتان متساويتان في الطول؟



شكل (٢٥) الاحتفاظ بأطوال الأشياء. (Good, 1977:73)

وإذا أجاب الطفل بأن العصاتين متساويتان في الطول، يؤلف المعلم قصة عن نملتين تسيران على هاتين العصاتين، ويسأل: هل سيتحتم على إحداهما أن تقطع مسافة أطول؟ وفي النهاية يقوم الباحث بفرد الثعبان المنحني حتى يصبح في وضع الاستقامة، ثم بعد ذلك يلويه ويرده إلى وضعه الأصلي ويعاد تقديم السؤال للطفل. وحتى سن الخامسة أو السادسة فإنهم يركزون على أطراف العصاتين، ومن ثم يعطون إجابات غير صحيحة.

ويذكر ديلاسي (Delacy, 1967) أن نتائج الاحتفاظ بالطول يمكن أن تضطرب إذا تدخل الخداع البصري (انظر شكل ٢٦). ويظهر جدول (٦) نتائج مقابلات أجريت مع ١٤٠ طفلاً، ويمكن أن نرى بسهولة أنه حتى الأطفال في سن الحادية عشرة فإن ٣٤ ٪ فقط هم الذين اعتبروا محتفظين بالطول، وهذا أقل بكثير من النتائج النموذجية التي أظهرتها تجارب الاحتفاظ بالطول. وقام ألن (Allen, 1972) بتجربة مشابهة مع أطفال الصف الرابع والخامس وأدت إلى نتائج مشابهة تقريباً.



شكل (٢٦) خداع بصري باستخدام رؤوس الأسهم (Good, 1977:75)

جدول (٦) علاقات المسافة

السن	غير المحتفظين مرحلة ١	الانتقاليون مرحلة ٢	المحتفظون مرحلة ٣
٥	٩٠٪	١٠ ٪	صفر
٦	٣٣ ٪	٦٧ ٪	صفر
٧	٥٣ ٪	٢٦ ٪	٢١ ٪
٨	٢٦ ٪	٤٧ ٪	٢٦ ٪
٩	٧ ٪	٦٧ ٪	٢٦ ٪

جدول (٧) علاقات الطول

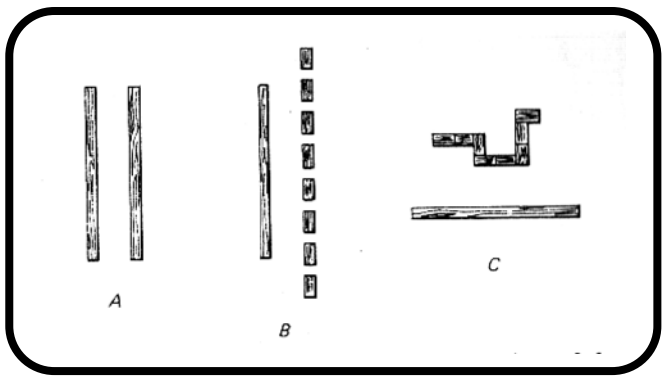
السن	غير المحتفظين مرحلة ١	الانتقاليون مرحلة ٢	المحتفظون مرحلة ٣
٥	٣٠ ٪	٣٠ ٪	٤٠ ٪
٦	١٤ ٪	٣٣ ٪	٥٣ ٪
٧	٧ ٪	٢٦ ٪	٦٧ ٪
٨	صفر	٢٦ ٪	٧٤ ٪
٩	٧ ٪	٢٦ ٪	٦٧ ٪

جدول (٨) تأثير الخداع البصري على الاحتفاظ بالطول

السن	نسبة المحتفظين بالطول
٦	١١
٧	١٧
٨	٣٩
٩	٣٧
١٠	١٠
١١	٣٤
١٢	٦٣

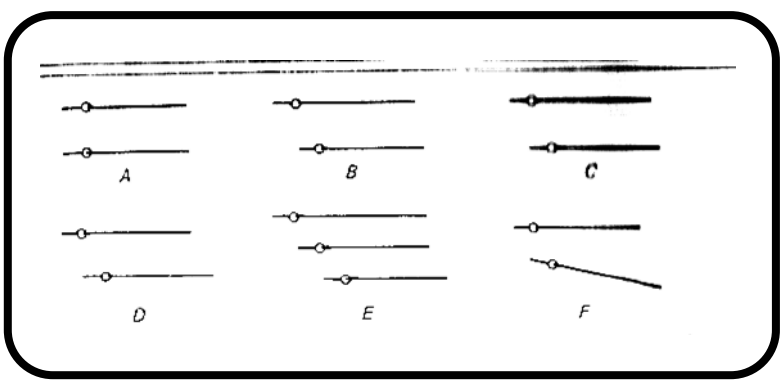
وأكدت تجربة أخرى أجراها بياجيه وآخرون على النتائج السابقة التي توصلوا إليها بخصوص الاحتفاظ بالطول. وتمثل الإجراء الرئيسي في أخذ شيئين متساويين في الطول، ثم تقطيع أحدهما عدة مرات، ثم ترتيب تلك الأجزاء في خط غير مستقيم. (شكل ٢٨) وبعد أن وافق الطفل في البداية على أن الشيئين لهما نفس الطول، يتم ترتيب القطع في خط غير مستقيم ثم يسأل الطفل عن طول الشيئين مرة ثانية. وكانت النتائج مشابهة لتلك التجارب الأخرى المتعلقة بالاحتفاظ بالطول. وكتوسيع لتجربة الطول هذه طلب من الأطفال أن يقيسوا بالفعل طول كل من الشيئين بعد تقسيم أحدهما ولصقه على لوحة. وتمثلت أدوات القياس في شرائح

صغيرة مساوية في الطول لأقصر قطعة من القطع الملصوقة على اللوحة أو أقصر منها. وحتى سن السادسة تقريباً لم يكن الأطفال بالطبع محتفظين بالطول، ولم تكن محاولاتهم لقياس الشيء الجامد والشيء المكسور الملصوق على اللوحة منتظمة أو دقيقة. وفي سن السادسة أو السابعة يبدأ الأطفال في إظهار فهمهم لأدوات القياس كوحدة يمكن استخدامها مرات ومرات في قياس طول الأشياء. وبدمج هذا مع إدراك أن الشيء يمكن أن يقاس بدءاً من أي من طرفيه (فطول الشيء ثابت) فإنه يسمح للطفل بأن يحقق قياساً دقيقاً قبيل سن الثامنة أو التاسعة تقريباً، رغم أن بعض الأطفال ربما يستغرقون وقتاً أطول.



شكل (٢٧) الاحتفاظ بالطول بعد التجزئة. (Good, 1977:76)

ولمعرفة مدى دقة الأطفال في تقسيمهم لخط مستقيم عرضت على الأطفال عدة أزواج من الخيوط بكل منها خرزة. وشكل (٢٨) يظهر الترتيبات المختلفة لأزواج الخيوط المختلفة.



شكل (٢٨) الترتيبات المختلفة للخيوط. (Good, 1977:76)

كما استخدمت أشياء متنوعة وغير معلمة وكانت في متناول الطفل ليستخدمها كما يشاء كاستجابة لأسئلة من يجري المقابلة (عصا، ورقة، شرائح، وما شابه...). وقدمت للأطفال أسئلة مماثلة للأسئلة التالية:

١ – سوف أقطع هذه المسافة بقطاري، أين يجب أن يصل قطارك إذا كان لك أن تقطع نفس المسافة؟

٢ – إذا بدأت من هذا الطرف (الطرف المقابل للخرزة القريبة من الطفل) وسافرت إلى هنا. إلى أين يجب أن تسافر خرزتك إذا كان لها أن تسافر نفس المسافة؟

٣ – كيف تستوثق من أنهما قد قطعا نفس المسافة؟

٤ – إذا سرنا كلانا معاً ثم توقفنا في نفس الوقت فهل سنكون قد قطعنا نفس المسافة؟

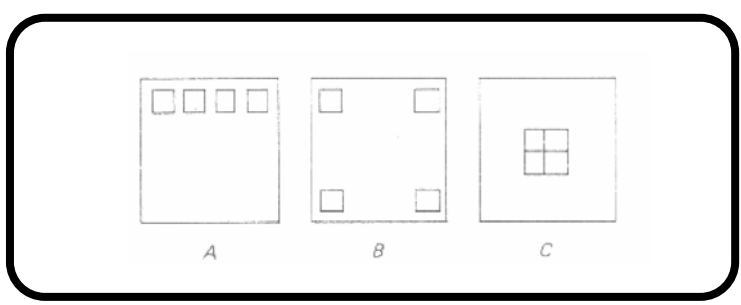
ومن سن الرابعة إلى سن السادسة لم يتمكن الأطفال من التعامل إلا مع الزوج "أ" الذي كانت فيه الأطوال متساوية ومتناسقة ومتساوية ومتوازية. فلم يتمكن الأطفال في هذه المجموعة العمرية من المقارنة بين المسافات المقطوعة عندما اضطربت نقاط البداية. وقبل سن السابعة أو الثامنة فإنهم يستطيعون القياس باستخدام وحدة قياس غير مرقمة على الخيوط التي كانت مضطربة لكنها كانت متساوية. وأثناء هذه المرحلة الثانية من تقسيم الخط المستقيم، فإن الأطفال ما زالوا عاجزين عن التعامل مع الخطوط غير المتساوية وغير المتوازية، وهذا يشير إلى أنهم لم يصلوا إلى مرحلة الكمال العملي بعد؛ وبعبارة أخرى فإنهم ليسوا بعد عمليين على نحو كامل في تقسيم الخط.

وقبل سن الثامنة أو التاسعة تظهر المرحلة الثالثة والتي فيها يمكن تقسيم جميع أزواج الخطوط تقسيمات فرعية على نحو صحيح عن طريق نقل مقاييس الوحدة من خط إلى آخر رغم أن الخطوط ربما تكون غير متساوية، أو غير متلاصقة، أو غير متوازية. (Clements & Barrett، ١٩٩٩؛ McCrory Good, 1977:72 – 77; Cooper, & ٢٠٠٧؛ Fitzpatrick, Rankin-Brown & ٢٠٠٧)

مفهوم المساحة Area :

إن مفهوم المساحة من المفاهيم المهمة في العلوم والرياضيات من الناحية الكمية ومن الناحية الكيفية على حدٍ سواء. فمقارنة مساحة سطح الأشياء من الناحية الكيفية تتضمن تقديرات للحجم والشكل في حين أن القياس المحدود لكل مساحة يتطلب نمواً مرتبطاً بالمفاهيم في نظام التناسق والتآزر. وكما أن الخط يمكن أن يعرف على أنه مجموعة متواصلة من النقط في بعد واحد ، فإن المساحة يمكن أن تعرف على أنها مجموعة متواصلة أو متلاصقة من النقط في بعدين. وقبل أن يصبح القياس الفعلي لبعض المساحات ذا معنى بالنسبة للطفل، فإن المساحة يجب الاحتفاظ بها في عقل الطفل حتى وإن حدث تغير في الشكل فالقطعة المستطيلة من الورق تحتفظ بنفس المساحة بغض النظر عن الطريقة التي تقطع بها و تجزأ ثم تلصق ثانية. فإذا قسمت إلى نصفين، ثم تم لصق النصفين بجوار بعضهما ، فإن النقص في العرض تعوضه الزيادة في الطول. ورغم أن مبدأ أو مفهوم التعويض ربما يكون واضحاً تماماً لدى المراهقين، فإن الدراسات تظهر أن الحالة ليست كذلك بالنسبة للأطفال الصغار. وقد تم تطوير العديد من مهام المقابلة ولكن تبقى الفكرة الأساسية كما هي في جميع النسخ. إذ يعرض على الطفل قطعتان من الورق، أو الورق المقوى، أو ما شابه ذلك، وكلها متساوية ومتطابقة، ثم يتم تغيير شكل إحدى القطع، ثم تتم المقارنة بين المساحات.

ومن بين الدراسات دراسة أجراها جود وآخرون (Good et al., 1973) واستخدمت أسلوباً معروفاً، وهو أسلوب "المرعى والحظيرة"، ويظهر شكل (٢٩) هذا الأسلوب.



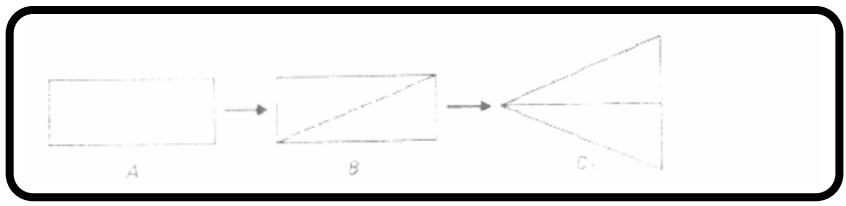
شكل (٢٩) الاحتفاظ بالمساحة باستخدام أسلوب "المرعى والحظيرة" Good, 1977:78

وفي هذا الأسلوب يعرض على الطفل مربع أخضر على اللوحة مساحته حوالي ١٠ سنتيمترات. وفي هذا المربع تعرض أربع حظائر كل منها مربع مساحته ١ سنتيمتر تقريباً. ويتم ترتيب الحظائر وفقاً لنمط معين كما في "أ" مثلاً. ثم يتم إخبار الطفل أن الأبقار الموجودة في الحظيرة تأكل من الحشائش الموجودة في المرعى. ثم يعاد ترتيب الحظائر كما في "ب" أو "ج" ثم يقدم للطفل هذا السؤال: هل صار لدى الأبقار كميات أكبر من الحشائش أم أقل أم نفس الكمية التي كانت لديها من قبل؟ وتمت هذه المقابلة مع ٢٤٩ طفلاً من الصف الأول إلى الخامس في بداية العام الدراسي. وجدول (٩) يلخص النتائج ويظهر أن هناك مدى واسع من القدرات في هذه المهمة المحددة في كل مستوى صفي.

جدول (٩) نتائج الاحتفاظ بالمساحة

الصف	الفئة الأولى محتفظ	الفئة الثانية انتقالي	الفئة الثالثة غير محتفظ
١	٪١٠	٪١٠	٪٨٠
٢	٪١٧	٪١٣	٪٧٠
٣	٪٢٤	٪٦	٪٥٤
٤	٪٥٢	٪٨	٪٤٠
٥	٪٥٨	٪١٢	٪٣٠

ورغم أن بياجيه استخدم أسلوب "الأبقار والحظائر" ليبحث قدرة الطفل على التعامل مع المساحات المتطابقة، فإنه استخدم نفس الأسئلة ونفس المواد لتحديد قدرة الطفل على الاحتفاظ بالمساحة. وتم تطوير إجراء آخر من إجراءات المقابلة لاختبار الاحتفاظ بالمساحة خصيصاً باستخدام ١٢ مربع متطابق (لها نفس المساحة) من المربعات التي تلصق على اللوحة. وتم ترتيب المربعات بطريقة مختلفة، وسئل الطفل إذا كانت الأشكال لها نفس المساحة، وبعبارة أخرى: هل يوجد بين الأشكال ما هو أكبر من الأشكال الأخرى؟ ويعرض شكل (٣٠) طريقة بديلة ولكنها مشابهة. إذ يتم قص المستطيل "A" إلى مثلثين، ثم "B"، ثم يوضع المثلثان جنباً إلى جنب بحيث يكوِّنان المثلث "C".

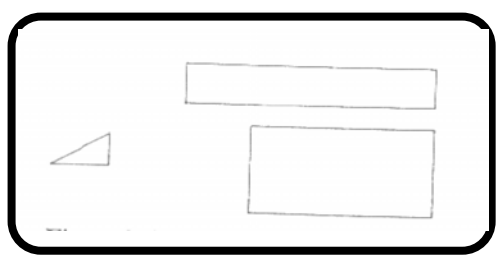


شكل (٣٠) الاحتفاظ بالمساحة باستخدام أشكال مختلفة. (Good, 1977:78)

ثم يطلب من الطفل بعد ذلك أن يقارن بين "A"، "C". وكانت النتائج مشابهة لنتائج الدراسة التي استخدمت أسلوب "البقر والحظائر"؛ إذ تمكن الطفل من الاحتفاظ بالمساحة في الدراستين بعد سن السابعة أو الثامنة. ولنتذكر دائماً أن هذا الاحتفاظ بالمساحة يتطلب نوعاً من التعويض المتبادل بين المواقع (المسكونة) والمواقع الشاغرة (الفارغة). وفي الواقع فإن جميع مهام الاحتفاظ سميت بذلك الاسم بسبب ما تتطلبه وهو أن يتمكن المرء من الاحتفاظ بالمقدار الأصلي أو الحالة الأصلية.

ولكي يكون الفرد محتفظاً بشيء ما فإنه يحتاج إلى كل من القابلية للعكس أو القدرة على العكس reversibility، والضرورة المنطقية، ولكن ليس هناك سن معين يكون فيه الطفل محتفظاً بكل الأشياء. فقد يظهر الطفل القدرة على العكس في مهمة الاحتفاظ بالعدد ولكن ليس في الاحتفاظ بالمساحة. وبالمثل فإن الضرورة المنطقية (لم تتم إضافة أي شيء، لم يتم حذف أي شيء) يمكن أن يستخدمها الطفل في سن التاسعة أثناء مهمة الاحتفاظ بالمساحة ولكن ليس في مهمة الاحتفاظ بالوزن. فالشك والتنوع والاختلاف بين استجابات الأطفال لمقاييس المقابلة المتنوعة تعتبر إلى حدٍ ما معلومات محيرة، ومربكة، وربما محبطة، ولكنها ذات قيمةٍ كبيرة لكل من المعلم والقائمين على تطوير المنهج.

وفي إحدى الدراسات تم اختبار قدرة الأطفال على قياس المساحة باستخدام مثلثات صغيرة كمقياس للمساحة (انظر شكل ٣١)



شكل (٣١) أشكال مقاييس المساحة. (Good, 1977:80)

وفي هذه الدراسة تم تقديم ثمان مثلثات من المثلثات الصغيرة مع مربع أكبر ومستطيل أكبر، وطلب من الأطفال أن يقارنوا بين مساحة المربع والمستطيل، وقد قدمت أسئلة متنوعة لقياس قدرة كل طفل على قياس المساحات، ومن بين تلك الأسئلة: "إذا كان كل من الشكلين عبارة عن حقل، فأيهما يحتوى على كميات أكبر من الحشائش؟ ما عدد المثلثات الصغيرة المطلوبة لتغطية المربع أو المستطيل؟ كيف يمكن أن تخبر بالتحديد أن نصف المربع أو المستطيل قد تمت تغطيته بالمثلثات الثمانية؟

وكذلك تم بحث مسألة تجزئة الوحدة من قبل بياجيه حيث بحث قدرة الطفل على قياس مساحة ولتكن ٩ أ باستخدام وحدة قياس ولتكن أ أو ½ أ. وتعرف عملية استخدام وحدة واحدة للقياس مرات ومرات لتحديد المساحة الكلية بشكل أكبر باسم الإعادة أو التكرار Iteration وهي عملية أساسية بشكل واضح بالنسبة لأي شكل من أشكال القياس الكمي في الطول، والمساحة، والحجم، والوزن، والكتلة، وما شابهها (Clements, ١٩٩٨؛ Good, 1977:78 – 84; Potari, & Kordaki, ١٩٩٨؛ Ohe, ١٩٧٩؛ Fitzpatrick, Rankin-Brown & ٢٠٠٧).

الحجم Volume:

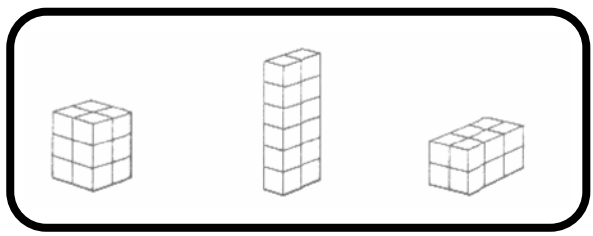
يهتم الأطفال منذ البداية بمفهوم الحجم، ويصدروه تعليقات عليه... فهم دائماً يلاحظون أحجام الأشياء، ويقارنون بينها، ويعلقون عليها: "أكبر من، أصغر من، أطول من، أقصر من...." (عزة عبدالفتاح، ١٩٩٧: ٦٠)

الحجم الداخلي Internal Volume:

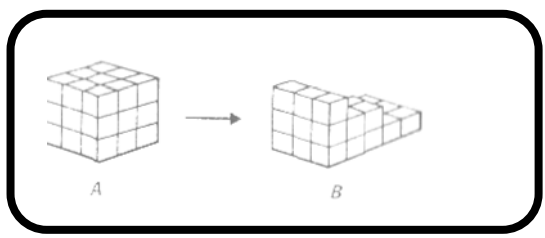
تم تجميع ١٢ مكعباً بجوار بعضها بحيث تأخذ الأبعاد ٢ × ٢ × ٣ (يشير الرقم الأخير إلى الارتفاع)، وتم ترتيب ١٢ مكعباً أخرى بحيث تأخذ الأبعاد ٢ × ٣ × ٢. وأخبر الطفل أن كل بناء من هذين البنائين يمثل صندوقاً لحفظ الطوب (المكعبات)، ثم سئل الطفل هل المساحة المتاحة لحفظ الطوب في أحد البنائين مساوية للمساحة المتاحة في الآخر (انظر شكل ٣٢)

وبعد تسجيل استجابة الطفل والسبب تم تغيير ترتيب المكعبات في "أ" لتصبح ١ × ٢ × ٦ "ج" ثم قورنت بالترتيب "ب". ووجد كثير من الأطفال أن السؤال الأول

المتمثل في مقارنة الترتيب "أ" مع الترتيب "ب" أسهل من السؤال الثاني والذي يطالبهم بمقارنة الترتيب "ب" مع الترتيب "ج". وتمكن ٦٨ ٪ من أطفال المجموعة التي تتراوح أعمارها بين الثامنة والتاسعة من الاستجابة على نحو صحيح لمقارنة "أ" في مقابل "ب". في حين أن ٦٦ ٪ فقط من تلك المجموعة هم الذين استجابوا على نحو صحيح لمقارنة "ب" في مقابل "ج". وهذا يقترح أن الاستجابات المتعلقة بالاحتفاظ تتأثر بطبيعة ترتيبات البناء، على الأقل حتى سن العاشرة أو الحادية عشرة حيث لم تختلف النتائج اختلافاً كبيراً.



شكل (٣٢): ترتيبات المكعبات لمهمة الحجم الداخلي. (Good, 1977:84)



شكل (٣٣): الحجم الداخلي بـ ٢٧ مكعب (Good, 1977:85)

وقدمت دراسة أجراها جود وآخرون (Good et al., 1973) دعماً قوياً لحقيقة أن طبيعة ترتيبات البناء تؤثر على احتمال استجابة الاحتفاظ. واستخدم الباحثان في هذه الدراسة ٢٧ مكعباً بترتيب ٣ × ٣ × ٣، ثم تم تغييرها لتأخذ الشكل المعروض في "ب" شكل (٣٣). وصاحبت المهمة قصة عن طائر صغير داخل قفص مجوف لطائر وبه غرفة للطيران في كل بناء من البناءين "أ"، "ب". وفي سن العاشرة أو الحادية عشرة – وهو ذلك السن الذي ذكر لوفل وأوجيلفي أن ١٠٠ ٪ من المفحوصين كانوا محتفظين بالحجم الداخلي – ذكر جود أن ٥٠ ٪ تقريباً فقط من المفحوصين الذين بلغ عددهم ١٧٢ طفلاً هم الذين يمكن تصنيفهم على أنهم

محتفظون. وتلك الفروق الجوهرية الملموسة يمكن بالطبع عزوها إلى اختلافات أخرى في الإجراءات، ولكن الاختلاف الأوضح تمثل في عدد وترتيبات المكعبات المستخدمة في كل بناء.

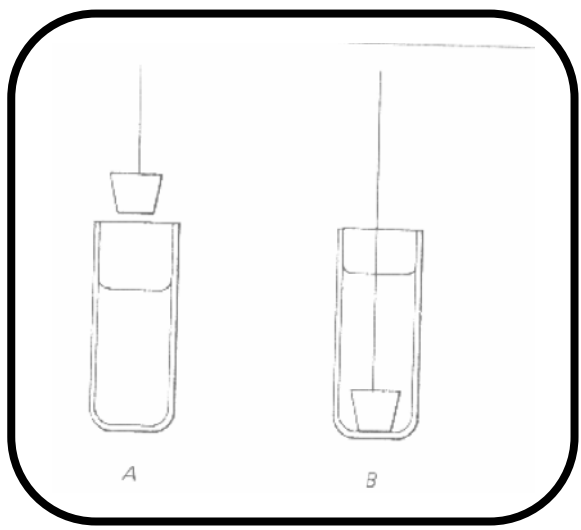
وفي كتاب "إدراك الطفل للهندسة" ذكر بياجيه وآخرون (Piaget et al., 1948 b) أنهم استخدموا ٣٦ مكعباً طول ضلع كل منها ١ سم وبنوا بيوتاً مختلفة الأشكال، وسألوا الأطفال إذا كان أحد الأبنية يحتوي على مساحة أكبر من البيوت الأخرى. ووجدوا أنه قبل الثامنة أو التاسعة فإن معظم الأطفال يحتفظون بالحجم الداخلي ولكنهم لم يتمكنوا من إنجاز قياسات معينة في اتجاهات ثلاثة حتى وقت متأخر. (Good, 1977:84 – 85; Kloos,2007)

حجم الإزاحة Displacement Volume:

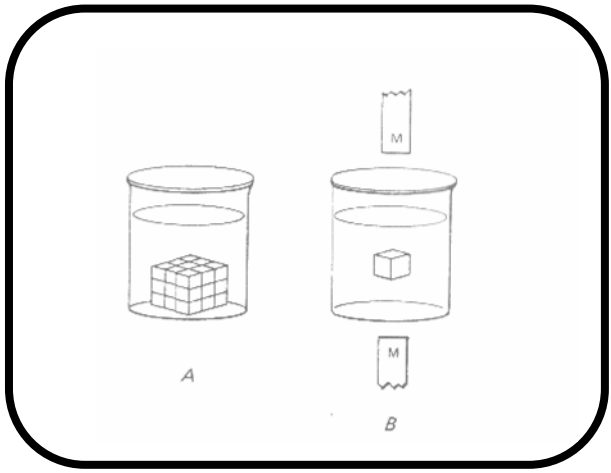
استخدم بياجيه مهمة مشابهة لتحديد قدرة الطفل على إدراك وفهم حجم الإزاحة أو مقدار ما يشغله الجسم من الفراغ. إذ وضع ٣٦ مكعباً معدنياً في قاع إناء به ماء، ثم سئل الطفل إذا كان مستوى الماء سيتغير إذا استخدمت تركيبات أخرى بنفس المكعبات. بمعنى أن تشكل التركيبات أو الأبنية بحيث تكون أبعادها ٢× ١× ١٨، أو ٢× ٢ × ٩، ووجد بياجيه أن الأطفال قبل سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة قد تمكنوا مما أطلق عليه الاحتفاظ الحقيقي حيث يرتبط الفراغ المحيط بالحجم المشغول أو الحجم المزاح. إذ اكتشفوا أن الحجم الداخلي لم يتغير؛ ليس ذلك فحسب، بل تم الاحتفاظ بالفضاء المحيط أيضاً.

ويظهر شكل (٣٦) المواد التي استخدمها جود وآخرون (Good et al. 1973) لتقدير تطور ونمو حجم الإزاحة لدى الأطفال. حيث سئل كل طفل من الأطفال الذين بلغ عددهم ١٧٨ طفلاً والذين تمت مقابلتهم: ما الذي سيحدث لمستوى الماء في "أ" إذا أنزل الجسم إلى القاع؟ ثم قام الباحث بإنزال الجسم إلى القاع كما في "ب"، ثم طلب من الطفل أن يتوقع ما سيحدث إذا رفع الجسم إلى منتصف الإناء تقريباً. ويظهر جدول (١٥) نتائج المقابلات مع الأطفال في الصفوف من الأول حتى الخامس. ولم يتمكن عدد يعتد به من الأطفال من الاستجابة الصحيحة وتقديم سبب منطقي إلا في الصف الخامس (أي في العاشرة أو الحادية عشرة تقريباً). بل إنه حتى في ذلك السن فإن ربع الأطفال فقط هم الذين كانوا محتفظين. وقد تم تقديم الرسمين

المعروضين في شكل (٣٤) للطلاب برفقة أسئلة لتقدير قدرتهم على الاحتفاظ بحجم الإزاحة. في "أ" أخبر الطفل بطريقة مكتوبة أن بناء المكعبات سوف يهدم، وفي "ب" تم تعليق المكعب الحديدي باستخدام مغناطيس بحيث يمكن تحريك المكعب إلى أي موضع داخل الكأس. ورافق كل سؤال خمسة اختيارات بخصوص مستوى الماء. واستجابت نسبة ٨٣٪ من الأطفال على نحو صحيح للجزء الخاص بـ "أ" في حين احتفظت نسبة ٧١ ٪ من الأطفال بمستوى الماء في "ب". أما نسبة ١٧٪، ٢٩ ٪ من الطلاب الذين لم يتمكنوا من الاحتفاظ بحجم الإزاحة فإنهم ثانيةً يثيرون التساؤل عن الوقت الذي يصبح فيه الناس محتفظين بكمية معينة أو بحالة معينة. وحقيقة أن الفرد في الحادية عشرة، أو الثانية عشرة، أو حتى في السابعة عشرة، أو الثامنة عشرة من عمره لا تضمن فهمه للمفاهيم والقوانين المرتبطة بتعلم العلوم والرياضيات. وقد ثبتت صحة ذلك من خلال دراسة أخرى مع طلاب جامعتين أجراها تولر، وويتلي (Towler & Wheatley, 1971). وقد ذكرا أن ٧٠ ٪ فقط من المفحوصين هم الذين استجابوا بطريقة صحيحة تدل على احتفاظهم بالحجم (Fitzpatrick, Rankin-Brown &Good, 1977:86 – 87; Powell, et al., 1965; ٢٠٠٧).



شكل (٣٤) المواد المستخدمة لقياس حجم الإزاحة (Good, 1977:86)



شكل (٣٥) الرسمان المستخدمان لمهمة حجم الإزاحة مع المعيدين بالجامعة. (Good, 1977:87)

جدول (١٠) بيانات حجم الإزاحة

الصف	الفئة الأولى محتفظ	الفئة الثانية انتقالي	الفئة الثالثة غير محتفظ
١	صفر	١٤ ٪	٨٦ ٪
٢	٥ ٪	١٥ ٪	٨٠ ٪
٣	٥ ٪	٢٩ ٪	٦٦ ٪
٤	٦ ٪	٥٠ ٪	٣٥ ٪
٥	٢٥ ٪	٤٠ ٪	٣٥ ٪

النظم المتناسقة Coordinate Systems:

لقد ركزت دراستنا لعلاقات الطول – المساحة – الحجم حتى الآن على جوانب الاحتفاظ أكثر من تركيزها على تطور النظام المتناسق المستخدم في مقاييس محددة. إن المفهوم عادة ما يحاول أن يجيب على أسئلة مثل: "كيف"، "ما مقدار"، ومن الطبيعي أن يتطلب وسائل للوصول إلى الإجابة. وتهتم الفيزياء على وجه الخصوص بتحديد مواقع الأجسام في الفراغ في أي وقت محدد. وميكانيكا كل

من نيوتن وأينشتاين تتطلب أن يكون من يجري التجربة قادراً على خلق أي عدد من النظم المتناسقة التي يمكن ربط بعضها ببعض لتكوين مقاييس حركة ذات معنى.

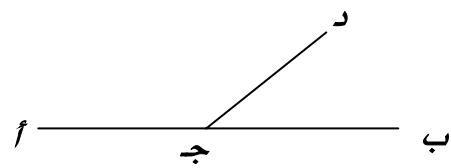
وتتعامل هندسة المسطحات مع القياس في بعدين، في حين تتعامل هندسة المجسمات والمواد الصلبة مع القياس في ثلاثة أبعاد. ومن ثم فإن ذلك يفترض توافر القدرة على رؤيتها وتمثيل تلك العلاقات. كما أن الطفل الذي يعتبر غير محتفظ بالوزن أو الحجم يعتبر محدوداً جداً في فهم وإدراك الكثافة. وكذلك الحال بالنسبة للفرد الذي لم يطور بعدُ نظاماً عملياً متناسقاً لأغراض القياس.

إن النظم المتناسقة تقدم شبكة من الروابط بين جميع النقاط في إطار حدود معينة ومحدودة ببعد واحد أو بعدين أو ثلاثة. ويعتبر تكوين الخطوط المستقيمة، والخطوط المتوازية، والزوايا وما شابهها معلماً بارزاً، ودليلاً واضحاً على بداية نظام إشارة أو نظام مرجعي قابل للإجراء ويمكن تنفيذه **operable reference system**. وهذا النظام يتطور في البداية في بعد واحد فقط، ثم في بعدين، ثم في ثلاثة أبعاد في النهاية. ويصبح هذا النظام وظيفياً بدرجة أكبر بينما يطور الطفل القدرة على تنسيق المواضع بدون حدود، عن طريق توسيع النظام الرئيسي.

وثمة قدرة أولية مهمة تتضمن تطوير وتنسيق نظام متناسق وثابت وذي بعدين. والتناسق الرأسي يعتبر نظاماً طبيعياً (قدرة طبيعية)، تماماً كما أنه من المألوف أن يواجه الإطار المرجعي الأفقي الطفل أو يتحداه. فالأشجار وأعمدة التليفون، وأعمدة الكهرباء، والأشياء المتساقطة، والمصابيح، وأرجل المنضدة، وقوائم السياج، وما شابهها، كلها تقترح موقعاً طبيعياً كنظام مرجعي رأسي. في حين أن السقف، وسطح المكتب، والأرضيات، وسطح الماء، والأرض المستوية، وما شابهها كلها تقترح نظاماً مرجعياً أفقياً. وقد مر بنا من قبل أن بياجيه قد استخدم زجاجة من الماء بها إبرة رأسية مثبتة في سدادة زجاجة لتحديد قدرة الطفل على التنسيق بين الرأسي والأفقي، ولم يتم تحقيق (إنجاز) التناسق العملي إلا في سن التاسعة عشرة.

وقد وصف بياجيه في كتابه "فهم الطفل للهندسة" إجراءً استخدمه لدراسة كيف يقيس الأطفال الزوايا. إذ عرض على كل طفل رسم كما في شكل (٣٦) ثم طلب منه أن يرسم رسماً آخراً. ووضع الرسم خلف الطفل بحيث لا يستطيع أن ينظر إليه أثناء قيامه بالرسم، ولكنه يمكن أن يرجع إليه في أي وقت. وكانت

المساطر، والشرائح الورقية، والخيوط، والمثلثات، المناقل، متاحة لكل طفل، ومع ذلك فلم تبذل أي محاولة لقياس الزوايا حتى سن السادسة تقريباً. وفي سن السابعة أو الثامنة قام بعض الأطفال بقياس طولي كل من الخطين أ ب، ج د، ولكن حتى ذلك العمر لم تبذل أي محاولة لقياس زوايا مثل زاوية أ ج د، أو زاوية ب ج د. وقبل سن التاسعة أو العاشرة وجد بياجيه أن الأطفال قد استطاعوا وضع المثلثات فوق الشكل لمقارنة الزوايا ولكنهم عجزوا عن استخدام مقياس خطي (على سبيل المثال، شريحة الورق، المسطرة) لتحديد المسافة الفاصلة بين الخطين، ولم يتم إنجاز قياس دقيق للزاوية حتى سن العاشرة أو الحادية عشرة، وهو نفس السن الذي تمكن فيه الأطفال من إعادة إنتاج مثلث.



شكل (٣٦) الرسم المستخدم لقياس الزاوية

إن إنجاز قياس الزاوية بالإضافة إلى القدرة التي تم تطويرها من قبل لقياس المسافة باستخدام تكرار الوحدة unit iteration (في سن الثامنة أو التاسعة) يبرز المستوى العملي لنظام مرجعي ذي بعدين. ويعتبر رسم الخرائط نشاطاً يستخدم نظاماً مرجعياً عملياً ويمكن أن نرى في أفعال الأطفال أنهم لا يستطيعون أن يقوموا بالقياسات اللازمة حتى سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة. وقد لخص بياجيه (Piaget, 1948) ثمان عمليات منطقية بديلة sublogical operations تكون نظاماً عملياً متناسقاً:

١ – عناصر الجمع والطرح:

وتحدد عمليات هذا النوع العلاقات بين نقاط شكل معين.

٢ – مواضع الأشياء وإزاحتها:

وتتضمن هذه العملية مواضع الأشياء أو ترتيبها بالنسبة لبعضها البعض. وتستدعي إزاحة الأشياء أو تحريكها عكساً لواحد أو أكثر من عناصر المجموعة.

٣ – تبادلية المراجع (الإشارات):

تسمح هذه العملية للأفراد بأن يبدءوا من نفس النقطة المرجعية كبداية لشكلين أو أكثر من الأشكال التبادلية المنفصلة.

٤ – تضمين المسافات الفاصلة:

التأكيد على الاحتفاظ بالمسافة بين نقطتين بغض النظر عن اتجاههما.

٥ – ضرب العناصر واحداً في واحد:

إن ضرب مجموعة من النقاط في مجموعة أخرى ينتج سطحاً. وضرب هذا السطح في مجموعة أخرى من النقاط ينتج حجماً.

٦ – ضرب الموضع والإزاحة واحدة في واحدة:

تحدد هذه العملية تطور نظام متناسق فيه تناسق المجموعات بمحاذاة المحور الآخر مما يؤدي إلى مصفوفة أو مستوى من النقاط.

٧ – ضرب عنصر في عدة عناصر:

وتؤدي إلى قياس الأشكال التي أضلاعها ليست موازية لنظام المصفوفة، بمعنى استخدام المثلثات للبعدين، واستخدام الأشكال رباعية السطوح tetrahedrons لثلاثة أبعاد.

٨ – ضرب علاقة في عدة علاقات:

وتشبه هذه العملية الأخيرة العملية السابقة فيما عدا استخدامها للعلاقات بدلاً من استخدامها للعناصر. ولعلنا نذكر أن العناصر تحدد الفئات في حين أن المقارنات بين العناصر تحدد العلاقات. وربما يكون من المفيد أن نفكر في العلاقات على أنها حركية بطبيعتها في حين أن العناصر ساكنة. وتحدد العلاقة بين الكل والجزء مجموعة من العناصر في ضوء مجموعة أخرى أكبر.

إن تطور ونمو هذه العمليات الثمانية يظهر الخطوات الأساسية المطلوبة قبل تحقيق وإنجاز نظام مرجعي عملي وعام، ولا يحدث ذلك إلا في السنة الحادية عشرة أو الثانية عشرة أو بعدها. وكما هو الحال في جميع مراحل النمو المعرفي يمكن توقع مدى سنتين إلى ثلاث سنوات أو أكثر في مستوى أي صنف في ضوء القدرات

المتنوعة للأطفال المختلفين لتكوين واستخدام نظام عام متناسق في بعدين أو ثلاثة.. ومن الواضح أن هناك تنوعاً كبيراً في قدرات الأطفال على استخدام نوع بسيط جداً من النظم المتناسقة ثنائية الأبعاد.

الزمن والحركة Time and Motion:

لقد كان أينشتاين مهتماً بشكل واضح بالإدراك البديهي للزمن والحركة، وإلى أي مدى تتصف طبيعتهما بالنمو والتطور. إذ يبدو أن لدينا جميعاً فكرة فطرية بديهية عن المفاهيم المرتبطة بالزمن من قبيل أكبر، وأصغر، وأسرع، وأبطأ، وقبل، وبعد، .... وما شابه، إذ أنها تعرض في الأحداث التي تحيط بنا يومياً. إذ نواجه مواقف مرتبطة بالزمن والحركة باستمرار رغم أنها ربما لا تتطلب فهماً دقيقاً للميكانيكا.

ورغم أننا ندرس نمو مفاهيم الزمن أولاً، فإن دراسة الحركة تصبح جزءاً مكملاً للعملية. فقد أشار بياجيه إلى الفراغ على أنه "توقف الزمن" بينما يشير إلى الزمن على أنه "فراغ في الحركة". ويمكن تجاهل الزمن في الدراسات الهندسية، ولكن لا يمكن فعل ذلك عندما تتضمن الدراسة الحركة. وقد استخدم بياجيه عدداً من التجارب لاختبار مفاهيم الطفل بخصوص التتابع، الفترة، والتلقائية، والسن (Ashbrook, ٢٠٠٨؛ Christmann, 2004; Good, 1977:91; Marshall & Carrejo, 2008)

التتابع والفترة الزمنية Sequence and Duration:

استخدم إناءان شفافان أحدهما فوق الآخر لترسيب سلسلة من الأحداث، ثم تحليلها في ضوء العلاقات الداخلية المتنوعة. وتم ملء الإناء الأعلى الذي يشبه القمع بالماء ثم أغلق بسدادة، ثم قلب بعد إعداد المخارج وأدوات التثبيت الضرورية والتي تضمن صرف الماء إلى الإناء الأسفل، والذي يأخذ شكل اسطوانة نحيفة لها نفس الحجم الداخلي للإناء الأعلى ولكنها أطول من الإناء الأعلى. وقدمت للطفل رسومات توضح الترتيبات، وبينما يسمح الباحث بتدفق كمية معينة من الماء إلى الإناء الأسفل، طلب من الطفل أن يرسم مستويات الماء الخاصة بكل حالة من ٦ إلى ٨ مرات. وتم قطع كل رسم بحيث يتم فصل كل إناء من الإناءين بمستويات الماء الخاصة به والتي رسمها الطفل. وسئل الطفل أسئلة تم تصميمها لتظهر مفاهيم

التتابع والمدة. وتشير النتائج إلى أن الأطفال لم يتمكنوا من ربط الأحداث المتنوعة والمحتملة على نحو صحيح في ضوء التتابع أو الترتيب والفترة الزمنية إلا بعد سن الثامنة أو التاسعة.

التتابع والتلقائية Succession and simultaneity:

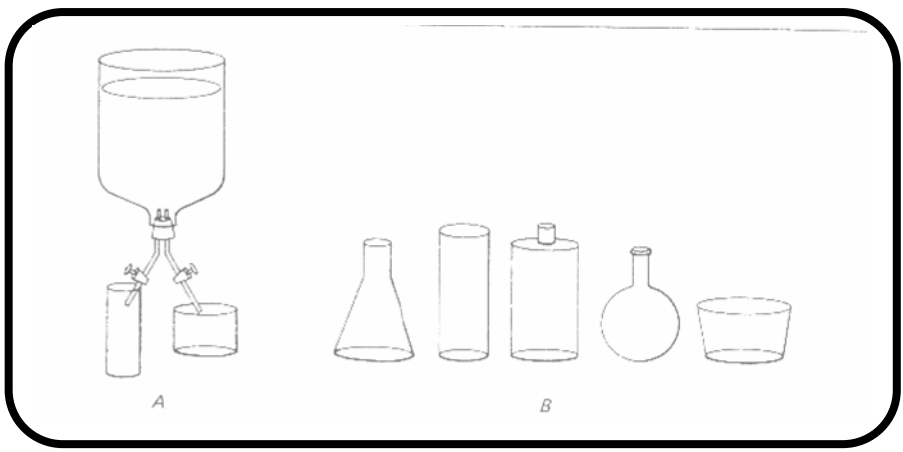
يهتم الوقت الفيزيائي في حياتنا بالأشياء المتحركة أكثر من اهتمامه بالتدفق المتقطع للسوائل. وتكوِّن المواضع المتتابعة المتتالية للأشياء تتابعاً كما يكوِّن تدفق السائل تتابعاً. فإذا بدأ شيئان بطريقة تلقائية، وتوقفا بطريقة تلقائية، فإننا نعرف أن الفترات متساوية، ولكننا لا نعرف شيئاً محدداً عن المواضع النسبية. وقد استخدم بياجيه دميتين ميكانيكيتين لكل منهما لون مختلف لتحديد كيف يكوِّن الأطفال فكرة عن التتابع والتلقائية. وكانت الدمية "أ" تتحرك أسرع من الدمية "ب" بحيث إذا قطعت الدمية "ب" المسافة "س" في زمن معين، فإن الدمية "أ" تقطع مسافة "٢ س" أو "٣ س" في نفس الزمن. ويستطيع الباحث أن يحدد كيف يرى الأطفال الفترة الزمنية والتتابع عن طريق تنويع وتغيير السرعات والفترات الزمنية، ونقاط البداية، وما شابهها، ومن خلال تقديم أسئلة من قبيل: "هل توقفت الدميتان في نفس الوقت؟" "أي الدميتين قطعت مسافة أطول؟" "أي الدميتين توقفت أولاً؟" وبنفس الطريقة يمكن أن يحدد كيف يرى الأطفال التتابع الزمني والفضائي، وطول الفترة الزمنية ومعدل السرعة، والتتابع والتلقائية، .. وهكذا. وعندما يستطيع الطفل أن يستنتج علاقة من علاقة أخرى ويدرك أن الزمن يتناسب عكسياً مع السرعة (بمعنى أن الشيء الأسرع يتطلب وقتاً أقل ليقطع مسافة محددة، فإن الوقت والفضاء يصبحان متناسقين ومتناغمين في كلٍ متناسق ومتناغم.

وفي دراسة ترتبط بالدراسة السابقة عرض موري وتادانج (Mori & Tadang, 1973) رسوماً متحركة بسرعة بطيئة، وعادية، وعالية على ٤٢ طفلاً في الحادية عشرة والثانية عشرة من العمر. ونصبت الكاميرا في سياج نصف قطره ٤٠ م وتابعت عدَّاءً يجري بمحاذاة السياج. ثم عرض الفيلم بعد ذلك على كل طفل على شاشتين مختلفتين إحداهما فوق الأخرى. وكل شاشة تعرض بالتحديد نفس الأحداث، ولكن بسرعات مختلفة (أي بسرعات بطيئة – عادية، بطيئة – سريعة، عادية – سريعة). وتمكن أقل من نصف الأطفال من ذكر البيانات المرتبطة بالإجابة

الصحيحة على أسئلة من قبيل: "أي العدائين قطع مسافة أبعد؟" "هل استغرق العرضان نفس الزمن؟"

وتشير النتائج إلى أن مفهوم الطفل العملي عن الزمن (الفترة الزمنية أو التتابع) لا يتحقق في سن الثامنة أو التاسعة، كما يقترح بياجيه، ولكنه ربما يتحقق بعد الحادية عشرة أو الثانية عشرة. والحق أن بياجيه (Piaget, 1946 b) قد ذكر أن الحركة الدائرية أكثر تعقيداً من الحركة الخطية، ولا يحقق الأطفال حلاً صحيحاً إلا بعد الحادية عشرة تقريباً.

وثمة إجراء تجريبي آخر معروف استخدمه بياجيه واشتمل على إناء يفرغ ما به من سائل في إناءين أسفل منه عن طريق أنبوبتين شكل (٣٧). واستخدمت قوارير ذات أشكال وأحجام مختلفة، وسئل الأطفال أسئلة بخصوص الفترة الزمنية والحجم، في محاولة لتحديد إدراك الطفل للفترات المتزامنة، وانتقال علاقات الوقت أو الزمن. ووجد أنه قبل سن الثامنة أو التاسعة استطاع الأطفال أن يدركوا انتقال الفترات المتساوية أو غير المتساوية. بمعنى أنه إذا كان أ = ب، ب = ج، فإن أ = ج، أو إذا كان أ > ب، ب > ج، فإن، أ > ج.



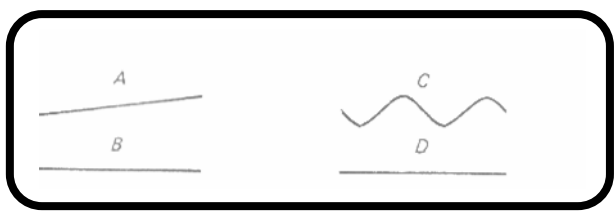
شكل (٣٧) جهاز للفترات الزمنية. (Good, 1977:94)

إن نتيجة تطور المفهوم العملي للزمن هي الاستعداد للتعبير الكمي عن العلاقات في ضوء القياسات أو المقاييس. فعندما يدرك الطفل العلاقات الكيفية ويفهمها، فإن قياس العلاقات أو التعبير الكمي عنها يصبح ذا معنى بالنسبة للطفل. والنتائج

المحسوسة الملموسة المتضمنة في تجارب العلوم عادة ما تتطلب قياسات من نوع ما. وللأسف فإن الأطفال غالباً ما يطالبون بالتعبير الكمي عن العلاقات قبل أن يدركوا الجوانب الكيفية إدراكاً عملياً. ولذا فإن ذلك يعتبر بمثابة فرض عملية تعلم واتصال على الطفل من خلال الحفظ عن ظهر قلب، وربما يعني هذا للطفل أن العلوم عملية غامضة لقياس الأشياء التي تعد غير واضحة أو حتى غير معروفة. (Good, 1977:93 - 94)

السرعة الكيفية Qualitative Speed:

قام بياجيه بتقدير تطور ونمو السرعة الكيفية باستخدام نفقين غير متساويين في الطول ودميتين مثبت بظهر كل منهما سلك معدني. وتدخل كلتا الدميتين النفق وتخرج منه في نفس الوقت، ثم يُسأل الطفل: "هل إحدى الدميتين أسرع من الأخرى؟" وقبل سن السابعة تقريباً أشار الأطفال إلى أن لديهم فكرة بديهية عن السرعة عن طريق التنسيق بين الفترة الزمنية وطول النفق. وتضمن اختبار مشابه جسمين متحركين في طريقين متشابهين في نقطة النهاية ولكنهما مختلفان في المسافة، كما في شكل (٣٨)



شكل (٣٨) ممرات مختلفة المسافة وذات نقاط نهاية متشابهة.(Good, 1977:95)

وكانت نتائج تلك التجربة مشابهة لنتائج تجربة النفقين، إذ قال الأطفال الذين هم في سن السابعة أو أكثر أن الأشياء التي تمشي عبر الممر "A"، أو "C" ستكون أسرع من الأشياء التي تمشي في الممر "B"، أو "D". ولا تتعارض هذه النتائج مع النتائج التي تم وصفها من قبل بخصوص مفاهيم الزمن؛ حيث إن التسلسل المصاحب للفترات، وانتقال الفترات، وما شابهها ليس مطلوباً لتحديد السرعات النسبية عندما يكون الوقت ثابتاً والمسافات المقطوعة مختلفة.

وثمة تجربة على السرعة الكيفية تتعامل مع السرعات النسبية أو التناسق بين

سرعتين في سرعة واحدة. وفيها ربط ثمانية متسابقين يقودون دراجات بحزام ليس له نهاية، واحد أمام الآخر، ووضعت دمية على حزام منفصل موازٍ للمتسابقين كأنها تمثل المراقب (ظلال للنسبية الخاصة) وفي البداية كانت الدمية ثابتة بالنسبة للمتسابقين بما يسمح لجميع المتسابقين بأن يمروا بها. ثم تحركت الدمية بسرعة ثابتة عادةً ما كانت أقل من سرعة المتسابقين، ولكل متسابق رقم لتجنب الارتباك بخصوص عدد المتسابقين الذين سيمرون بالمراقب في فترة معينة. وكان الهدف من الأسئلة المتنوعة هو اكتشاف الطريقة التي ينسق بها الأطفال بين سرعتين عندما تتغير السرعتان النسبيتان حتى نقطة تغيير الاتجاه. ومن سن الثامنة حتى سن العاشرة، وجد بياجيه أن الأطفال قد تعلموا بالتدريج كيف يواجهون التنسيق بين السرعتين ولكن فقط بعد بعض المحاولة والخطأ. ولم يستطع الأطفال أن يتنبئوا مقدماً بالحركتين وبما سيحدث عندما تتغير إحدى السرعتين بالنسبة للأخرى إلا بعد سن الحادية عشرة. ويجب أن نلاحظ أن ٥٠ طفلاً فقط هم الذين تم اختيارهم (أي أن حوالي ٥ إلى ٦ أطفال لكل مستوى) ولذا فإن العينة في الأعمار التي تمثلها كانت صغيرة جداً، ولم تبذل أي محاولة لمعرفة عدد الأطفال بعد سن الحادية عشرة الذين عجزوا عن توقع السرعات النسبية مقدماً قبل إجراء التجربة الفعلية.

ويبدو أن تكوين مفهوم السرعات النسبية، عندما يشمل الأمر نظامين أو أكثر، يتطلب أن يتعامل المرء مع كل نظام بشكل منفصل في ضوء المسافات والزمن، وطبيعة الحركة، والمنظور، وما شابه ذلك، بينما يتم التنسيق بين النظم المتنوعة في كلٍ متكامل في نفس الوقت (Good, 1977:94 - 96).

السرعة الكمية Quantitative Speed:

إن العمليات العقلية التي تنمو تدريجياً والتي تسمح للطفل بأن يفهم السرعة (المكان، والإزاحة، والإزاحة المصاحبة، والإزاحة النسبية) يتبعها نمو عمليات كمية تستخدم فيها النسب لتعطي معنى القياس. وحيثما يشمل الأمر نظم الحركة (السرعة الثابتة) فإن المسافات يمكن أن تتنوع بعدة طرق كما يلي:

١ – مسافات متساوية، وأزمنة متساوية.

٢ – مسافات متساوية، وأزمنة غير متساوية.

٣ – مسافات غير متساوية، وأزمنة متساوية.

٤ – مسافات غير متساوية، وأزمنة غير متساوية.

والحالة الأولى، مسافات متساوية، وأزمنة متساوية، ليست حالة مثيرة للاهتمام على نحو خاص، ولكن الحالات الثلاثة الباقية تقدم فرصاً لدراسة مفهوم الطفل للسرعة. وفيما يتعلق بالحالة الثانية والثالثة، ذكر بياجيه أن الأطفال لم يتمكنوا من فهم سرعات الحركات في تتابع إلا بعد سن التاسعة أو العاشرة. ولكن الحركات التلقائية ذات المسافات المتساوية، والأرقام غير المتساوية، والعكس كانت ناجحة قبل ذلك بسنة أو سنتين. وذكر رافن (Raven, 1972) هذه الملاحظة مع ٦٩ طفلاً، في الصفوف من الثالث إلى السادس مستخدماً مقابلات تجريبية مشابهة لتلك التي استخدمها بياجيه. وفي كلتا الدراستين تم تحريك جسم بزاوية قائمة مع الخط القاعدي، ورسم مساره على ورقة، وتم تسجيل الزمن. وبعد ذلك مباشرة تحرك جسم آخر في خطٍ موازٍ للخط الأول ليقطع نفس المسافة، ولكنه استغرق ضعف الزمن الذي استغرقه الجسم الأول. ثم سئل كل طفل عما إذا كان الجسمان يتحركان بنفس السرعة أم بسرعتين مختلفتين.

وتضيف الحالة الرابعة، والتي تختلف فيها المسافات والأوقات، صعوبات إضافية للأطفال نظراً لأن النسب المتضمنة تعتبر أكثر تعقيداً. فجميع أجزاء النسب في المسافة والزمن تتنوع فيها، وينبغي أن يكون الطفل قادراً على التنسيق بين النسب المباشرة والنسب المعكوسة بشكل تلقائي وبالتتابع، مما يزيد من تعقيد المهمة. ولا يستطيع الأطفال أن يطوروا التركيبات العقلية الضرورية التي تسمح بحل تلك المشكلات المعقدة إلا بعد سن العاشرة أو الحادية عشرة.

وثمة مثال أخير على التعامل الكمي مع السرعة، وهو الاحتفاظ بالسرعة الثابتة أو الموحدة. إذ يقدم للطفل خطان متوازيان على ورقة، ويتحرك جسم ما على كل خط من الخطين. وأخبر الطفل أن جسماً من الجسمين (أ) يقطع مسافة معينة في اليوم، وأن الجسم الآخر (ب) يقطع نصف هذه المسافة فقط في اليوم. ثم يقدم للطفل سؤالان: "ما المسافة التي يقطعها الجسم (أ) في اليوم السابع؟" "وما عدد الأيام التي يحتاجها الجسم (ب) ليلحق به؟" وذكر رافن (Raven, 1972) أن حوالي نصف الأطفال البالغ عددهم ٢٤ طفلاً الذين قابلهم والذين يبلغ عمرهم ١٠ سنوات هم

الذين أجابوا على نحو صحيح على الأسئلة مقدمين أسباباً منطقية. وتتفق نتائجه مع نتائج بياجيه. ولم يدرك الأطفال الزيادة المنتظمة في المسافة ولم يتمكنوا من تحديد النسبة الثابتة بين السرعتين إلا بعد سن العاشرة أو الحادية عشرة.

والعلاقات التي تربط المسافة، والوقت، والسرعة (ع = ف / ن، ف = ع × ن، ن = ع / ف) تتضمن بوضوح عمليات نسبية، ومجرد الانخراط في القيم العددية لا يؤكد بأي طريقة تحقق الفهم. والحق أن من أخطر الأخطاء في تدريس العلوم أن توصل المعرفة مرادفة للحلول الصحيحة. (Good, 1977:96 - 97)

زيادة السرعة Acceleration:

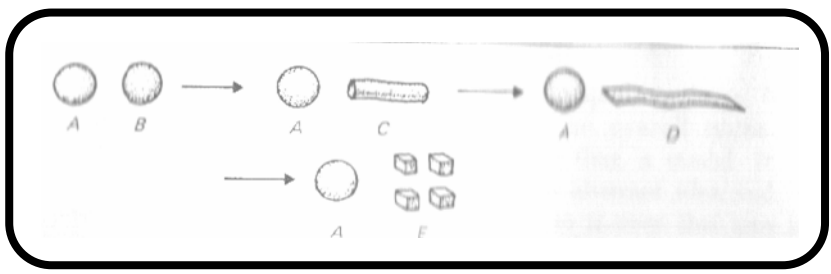
نظراً لأن الاحتفاظ بالسرعة يتطلب تحليلاً للنسب بين السرعات المختلفة. فقد قرر بياجيه أن يوسع دراسات الحركة لتشمل زيادة السرعة. وزيادة السرعة بشكل ثابت تعني الزيادة المنتظمة في السرعة أثناء مدى زمني معين. وقد قام بياجيه (Piaget, 1972)، ورافن (Raven, 1972) في دراسة موسعة بتحليل قدرة الطفل على فهم الزيادة المنتظمة في السرعة لدى طائرة تنحدر ولها أعلام موضوعة على فواصل منتظمة على حافة المدرج الذي تنحدر عليه الطائرة. وعندما كانت المسافات بين الأعلام متساوية، وطلب من الأطفال أن يرتبوا السرعات المختلفة من الأبطأ إلى الأسرع، فإن معظم الأطفال من سن التاسعة حتى العاشرة تمكنوا من القيام بذلك. ومع ذلك فعندما طلب منهم أن يرتبوا الأوقات التي استغرقتها سيارة لتقطع المسافة من علم إلى آخر، فإن عدداً قليلاً جداً من الأطفال في سن التاسعة، وحوالي نصف عدد الأطفال في سن العاشرة في دراسة رافن هم الذين نجحوا في ذلك. بل إن عدداً أقل من الأطفال هم الذين تمكنوا من ترتيب المسافات عندما كانت الفواصل الزمنية متساوية (٤٠ ٪ لسن العاشرة).

وبينما يتحقق إدراك الزيادة الثابتة في السرعة قبل سن التاسعة إلى العاشرة، فإن الأطفال لا يستطيعون التنسيق بين الأزمنة والمسافات والسرعات بطريقة متناسقة إلا بعد ذلك بعامين أو ثلاثة. بل إن كثيراً من مدرسي الفيزياء يتفقون على أن زيادة السرعة لا يفهمها كثير من التلاميذ، حتى أولئك الذين بلغوا السادسة عشرة وحتى سن العشرين. (Good, 1977:98)

الكتلة والوزن والكثافة Mass, Weight and Density:

إن مفاهيم الكتلة والوزن والكثافة، مثلها في ذلك الزمن والحركة، تتغلغل في كتب ومقررات العلوم. والحق أن نماذج توازن طاقة الوضع تعتبر محور تركيز كثير من مناهج العلوم، في مستوى الابتدائي والإعدادي. وحتى في مستويات الابتدائي الأولى يوجد افتراض ضمني أن الأطفال يمكن أن يفهموا "الطاقة" بنفس الطريقة التي يفهمون بها مفاهيم مثل "ناعم، وصلب، وخشن، ومبتل". وسوف نلقي نظرة على عدد من تجارب بياجيه وغيره بخصوص نمو المفاهيم المتعلقة بالوضع أو الحالة وكيف يمكن أن ترتبط بغيرها من التركيبات العقلية التي سبق أن تناولناها.

أجرى بياجيه وإنهلدر (Piaget & Inhelder, 1941) كثيراً من التجارب باستخدام الصلصال كمادة خام لتحديد قدرات الاحتفاظ لدى الأطفال الذين يبلغون من العمر اثني عشر عاماً. إذ عرضت على كل طفل بطاقتان متطابقتان من الصلصال، ثم تم تغيير شكل واحدة من البطاقتين إلى أشكال أخرى كما هو موضح في شكل (٣٩).



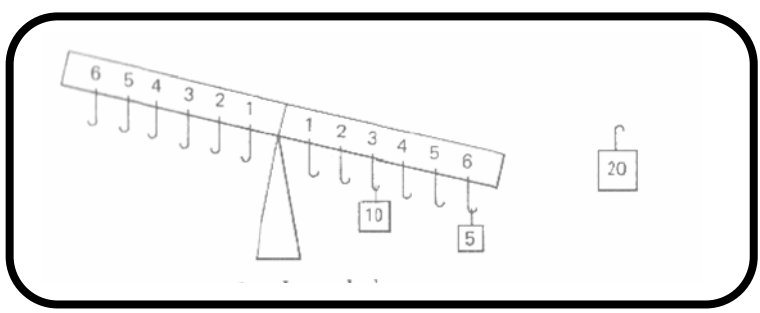
شكل (٣٩) كرات الصلصال المستخدمة في تجارب الاحتفاظ بالكتلة والوزن والحجم.
(Good, 1977:99)

وقدمت عدة أسئلة لكل طفل من قبيل: "أي البطاقتين تحتوي على كمية أكبر من الصلصال؟ " "هل تشغل البطاقتان نفس الحيز من الفراغ؟" ووجد بياجيه وإنهلدر أن الاحتفاظ بالحالة أو الوضع بشكل عام قد تحقق تقريباً في سن التاسعة، في حين تحقق الاحتفاظ بالوزن في سن العاشرة، وتحقق الاحتفاظ بالحجم في سن الثانية عشرة تقريباً. وأجرى إيلكند (Elkind, 1961) دراسة أعادت التجارب السابقة ووسعتها، وجاءت نتائج دراسته مؤكدةً لنتائج دراسة بياجيه وإنهلدر فيما يتعلق

بالاحتفاظ بالكتلة والوزن مستخدمةً مواد مشابهة وكذلك أساليب مشابهة. وفي دراسة أجراها جود وآخرون (Good, et al., 1973) على ٢٥٠ طفلاً أظهرت النتائج أن الاحتفاظ بالوزن قد تحقق لدى ٣٠٪ من الأطفال فقط في الصف الخامس (في سن العاشرة إلى الحادية عشرة) وقد استخدمت هذه الدراسة ورق الألومونيوم بدلاً من الصلصال، ومن الواضح أن ذلك كان هو الاختلاف الأساسي بين التجربتين، وهذا يؤكد أهمية المواد المستخدمة أثناء مواقف التجربة. ورغم أن ذلك ربما لا يبدو واضحاً للراشد، فإن التغييرات الدقيقة الرقيقة في مواقف التجربة غالباً ما تكون كافية لاستخلاص أو استثارة تغييرات جوهرية في استجابة الأطفال.

وأجرى بياجيه وإنهلدر (Piaget & Inhelder, 1941) تجارب صممت لقياس مفهوم الطفل عن الكثافة باستخدام الفشار popcorn. وتشير أهم النتائج إلى أنه حتى بعد سن الثانية عشرة، اعتقد الأطفال أنه عندما تطحن الحبوب فإنها تصبح أثقل من قبل. ونظراً لأن الكثافة، ومن خلال التعريف، تفترض وجود علاقة مستقلة بين الوزن والحجم، فلن يبدو ممكناً أن الطفل سيفهم الكثافة قبل فهم مفاهيم الوزن والحجم. وعلى ما يبدو فإن هذا الافتراض وليد البيانات، والحق أنه يقترح أن الكثافة ليست مفهومة فهماً جيداً لدى الراشدين. إن نمو المفهوم العملي للكثافة يفترض بوضوح فهماً عبقرياً لطبيعة المادة بحيث يمكن مقارنة الأشياء الصغيرة والثقيلة، أو الأشياء الكبيرة والخفيفة، وكذلك يمكن دمجها في نظام كامل لحالات المادة.

وفي دراسة أخرى سئل تسعون طالباً جامعياً كيف يمكن إحداث التوازن لميزان متساوي الذراعين كما في شكل (٤٠) باستخدام الأوزان المتاحة. (Good, 1977:101)



شكل (٤٠): ميزان متساوي الذراعين. (Good, 1977:101)

وسئل المفحوصون أين يمكن أن يضعوا الوزن الذي يحمل ٢٠ وحدة بحيث تحقق التوازن مع الوزنين اللذين يحملان ٥، ١٠ وحدات. ولم يجب على نحو صحيح إلا ٢٠ ٪ من المفحوصين، وذلك بتعليقها في الخطاف رقم "٣".

ويمكن أن نرى أنه على الرغم من أن الوزن متضمن في تلك الدراسة فإن الحقيقة التي مفادها أن عدداً قليلاً جداً من أولئك الراشدين هم الذين استجابوا على نحو صحيح لا يمكن أن تعزى إلى الفهم الخاطئ للوزن بمفرده. فالتوازن في الميزان يتضمن التناسق التلقائي لمتغيرين، وهو اختبار للتفكير العملي المجرد أكثر من كونه اختبار للتفكير العملي الملموس. (Benedis-Grab, ٢٠٠٦؛ Good, ٢٠٠٧Kloos, 1977:98 – 102; ؛١٩٧٠Wyne, & Stuck)

السببية Causality:

قبل الاستمرار في تحليل التفكير العملي المنطقي المجرد، يبدو مناسباً أن نشير إلى عدد قليل من الخصائص المتعلقة بما يمكن أن يسمى التفكير السببي عند الأطفال. فالعلم يسعى إلى تفسير العديد من الظواهر في ضوء ما يعطي معنىً للملاحظ في وقت معين. وعادة ما يسمى الملاحظون بالعلماء، وفي أغلب الأحوال، فإن ما يعطي معنىً لهؤلاء العلماء ربما لا يعطي معنىً لغيرهم من أولئك الذين لا ينخرطون في عمل مشابه. ومن ثم فإن التفسيرات أو النظريات المتعلقة بالسببية، والتي تعطي معنىً للأطفال لن تحمل إلا قليلاً من التشابه مع التفسيرات المجردة المنطقية للسببية عند العلماء. وفي أحد أعماله وصف بياجيه أفكار الأطفال من سن الرابعة حتى الثانية عشرة بخصوص ما لديهم من مفاهيم عن السببية الطبيعية، وكانت هناك عدة انتقادات لمجموعة من هذه الدراسات والأفكار. وحاولت دراسة لوريندو وبينارد (Laurendeau & Pinard, 1962) تخطي بعض هذه الانتقادات عن طريق تحديد حجم العينة، وخصائصها، وغير ذلك من الأمور المحددة. وكانت الدراسة الأخيرة بحقٍ شاملة، وتم تصميمها بطريق تمكنها من تجنب الانتقادات التي ارتبطت بأعمال بياجيه الأولى. إذ تكونت عينة الدراسة من ٢٥٠ بنت، ٢٥٠ ولد ما بين سن الرابعة والثانية عشرة. واستخدم المشروع الكامل ٢٧ منطقة متمايزة للتساؤلات، ونشير هاهنا إلى خمسة منها فقط. وكان إجمالي الزمن المكرس لاختبار كل طفل حوالي ١٠ ساعات موزعة على ٤ إلى ٨ جلسات، أي أن إجمالي

الـزمن المخـصص للاختبـارات يـصل إلى ٥٠٠٠ سـاعة! وكانـت المنـاطق الخمـسة للتفكير السببي التي تناولتها الاختبارات هي:

١ – مفهوم الحُلْم.

٢ – مفهوم الحياة.

٣ – أصل الليل.

٤ – حركة السحب.

٥ – الأجسام التي تطفو والأجسام التي تغوص. (Good, 1977:102)

وسـنقدم هاهنـا وصـفاً مختـصراً لكـل منطقـة مـن المنـاطق الـسببية الخمـسة، وسنشفع ذلك بمناقشة التضمينات المحتملة وراء مستوى المدرسة الابتدائية. (Good, 1977:102; Piaget, ١٩٦٦؛ Ward, ١٩٧٠)

مفهوم الحُلْم Concept of Dream:

قدمت للأطفال أسئلة من قبيل: "هل تعرف ما المقصود بالحلم؟ ومن الذي يتسبب في مجيء الأحلام إليك؟" وتم تسجيل استجابات الطلاب على هذه الأسئلة حرفياً.

وجد الباحثان أربع مراحل أو فئات واضحة من الأفكار عن طبيعة الحُلْم:

١- عدم الفهم أو الرفض Incomprehension or Refusal:

تألفت هذه المجموعة من ٥٠ ٪ من الأطفال الذين هم في سن الرابعة، ٢٥ ٪ من الذين هم في سن الخامسة. وقد رفض الأطفال الإجابة أو لم يعطوا أي مؤشر يدل على فهمهم للسؤال.

٢ – الواقعية المتكاملة Integral Realism:

تتميـز هـذه المرحلـة بعبـارات أو بحـالات يكـون الحُلْـم فيهـا خارجيـاً بالنـسبة للشخص الذي يحلم (على حائط، أو شباك أو وسادة، أو ما شابه ذلك). السبب من عند الله، أو الشيطان، أو عفريت الرمال، أو الأشباح. ووقع في تلك الفئة حوالي ٢٥ ٪ من الأطفال الذين هم في سن الخامسة، ١٠ ٪ من الأطفال الذين هم في سن السادسة.

٣ - الواقعية المخففة Mitigated Realism:

أثناء هذه المرحلة أصبح تقدم الأطفال نحو رؤية الحُلْم داخلياً بشكل كامل، ويشاهده الشخص الذي يحلم فقط. ومع ذلك فإنهم يبدءون برؤية الحلم على أنه ينبع من الداخل (الرأس، أو القلب، أو العين)، ولكنه يحدث في الخارج. ويرى بعض الأطفال العملية بترتيب عكسي إذ يرون أن الحلم يبدأ من الخارج ثم ينتقل إلى الداخل لأغراض الرؤية. وثمة خاصية أخرى لهذه المرحلة، وهي أن الأطفال يعتقدون أن الشخص الذي يحلم ليس وحده من يرى المشهد. وهذا يقترح تفسيراً للأحلام كأحداث حقيقية من الناحية المادية أكثر من كونها أفكار مادية يقوم بإنتاجها الشخص الذي يحلم. ووجد الباحثان أنه حتى سن السابعة إلى التاسعة، فإن نسبة ٢٠ ٪ من الأطفال كانوا في هذه المرحلة. وفي سن الخامسة والسادسة كان حوالي ٤٠ ٪ من الأطفال في هذه المرحلة.

٤ – الذاتية المتكاملة Integral Subjectivism:

أثناء هذه المرحلة تختفي حدود الواقعية الباقية؛ إذ يصبح أصل الحُلْم قاصراً على الفرد، ولا يستطيع أي شخص آخر سواه أن يرى الأحداث. وبعد سن العاشرة، فإن ٥ ٪ فقط من الأطفال الذين تمت مقابلتهم والذين بلغ عددهم ٥٠٠ هم الذين قدموا استجابات تدل على أنهم لم يحققوا هذا المستوى الأخير أو تلك المرحلة الأخيرة. (Good, 1977:103)

مفهوم الحياة Concept of Life:

من خلال بعض الأسئلة عن طبيعة الحياة والخصائص الحية لبعض الأشياء المتنوعة (مثل الشمس، والمنضدة، والقطة، والسحابة، والمصباح، والحشرة) استطاع لورينزو وبينارد تصنيف أنواع مختلفة من الكائنات الحية، وفي النهاية تمكنوا من تحديد أولئك الأطفال الذين كانوا وراء التفسيرات الحيوانية. وكانت النتائج مثيرة للدهشة إلى حدٍ ما لأنها تظهر أنه حتى قبل سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة، فإن كثيراً من الأطفال لا يزالون يستخدمون التفكير الحيواني كجزء من تفسيراتهم المتعلقة بمفهوم الحياة. وحتى سن السادسة، فإن غالبية الأطفال لا يفهمون معنى الأسئلة ويستجيبون بتقديم أسباب متناقضة باستمرار (بمعنى استخدام نفس التفسيرات مع الأحياء، وغير الأحياء)، أو استخدام "نعم" أو

"لا" على نحو لا يتسم بالتمييز. ومن سن السادسة حتى التاسعة يستخدم الأطفال نوعاً من التفكير الحيواني، أو بالأحرى مزيجاً من الأنواع مثل الحركة (السحب)، أو كون الشيء مفيداً (الشمس) لتصنيف الأشياء إلى أحياء وغير أحياء. ويوضح جدول (١١) النسب الإجمالية للأخطاء بخصوص الأشياء غير الحية التي تمت مناقشتها مع الأطفال. ومن الأمور الغريبة أن الأجسام (الأشياء) السماوية الأربعة تتربع على قمة قائمة الأشياء غير الحية التي صنفها الأطفال على أنها حية. وكذلك فعلى الرغم من أن توزيع السن ليس ماثلاً في جدول (١١)، فإن الباحثين لم يدرجا هذه البيانات في العمل الأصلي، وبعد سن الخامسة أو السادسة لم يكن هناك تنوع كبير في نسبة الأخطاء الحيوانية. بين مستويات العمر أو السن بالنسبة للأجسام أو الأشياء السماوية. والحق أنه بخصوص الأشياء العشرة الباقية كان هناك قدر قليل من التنوع في نسبة الأخطاء لدى الأطفال في المجموعة العمرية من ٩ – ١٢ سنة. وقد أخطأ الأطفال في سن الثانية عشرة بنفس الدرجة الكبيرة من الأخطاء التي وقع فيها الأطفال في سن التاسعة، بل وأكثر منهم في بعض الحالات (وعلى سبيل المثال، النار ٢٥ ٪ إلى ١٥ ٪)

جدول (١١): نسب الأخطاء بخصوص الأشياء غير الحية من وجهة نظر ٥٠٠ طفل

الشيء	ترتيب العرض	إجمالي نسبة الخطأ
الشمس	٢	٤٣٪
الريح	٩	٣٥٪
السحاب	٥	٢٩٪
المطر	١٢	٢٥٪
السيارة	٤	٢٥٪
النار	١١	٢٣٪
الطائرة	١٠	٢٣٪
الدراجة	١٣	٢٠٪
الساعة	٧	١٩٪
الجرس	٨	١٩٪

الشيء	ترتيب العرض	إجمالي نسبة الخطأ
الجبل	١	١٤٪
المصباح	٦	١٣٪
القلم الرصاص	١٤	١٢٪
المنضدة	٣	٥٪

ورغم أن الأطفال غالباً ما يطورون قدرات عملية قبل سن معين في المدرسة الابتدائية، فيبدو أن بعض المفاهيم (كمفهوم الحياة على سبيل المثال) يتم التعامل معها بطريقة لا تتسم بالتناسق حتى من قبل نسبة كبيرة من الأطفال الذين هم في سن الحادية عشرة أو الثانية عشرة. (Good, 1977:105)

أصل الليل Origin of Night:

لقد كان مفهوم وجود "صانع" في أصل جميع الأشياء من أكثر التفسيرات شيوعاً وانتشاراً بين الأطفال كاستجابة للأسئلة عن أصل وطبيعة الليل. فأسئلة من قبيل "ما هو الليل؟ ولماذا يحل الظلام في الليل؟ ومن أين يأتي الظلام؟" قد استخدمت مع الأطفال، وحتى سن السادسة قدم حوالي ٧٥٪ من الأطفال إجابات اعتبرت مؤشراً على عدم الفهم. فالظلام يحل "لكي ننام" أو "لنعرف توقيت النوم"، و"الله هو الذي يحدث الظلام والليل."

وثمة مرحلة متوسطة تمزج التفكير المتكلف بالتفسيرات الطبيعية للظلام حيث اشتملت الإجابات على الشمس، والسحب، والدخان، ولكن "الله" ما زال في إجابات كثير من الحالات. وقبل سن العاشرة فسر أكثر من ثلثي الأطفال الظلام بالليل في ضوء الأحداث الطبيعية. (Good, 1977:105)

حركة السحب Movement of Clouds:

حتى سن الثامنة أو التاسعة يعزو معظم الأطفال حركة السحب إلى "الله" أو القمر، وفي بعض الحالات يقول الأطفال: "إن السحب تتحرك من تلقاء نفسها." وقبل سن التاسعة أو العاشرة قررت غالبية الأطفال أن الريح تحرك السحب ولكن في أغلب الأحوال يبدأ قدر من ما قبل التفكير السببي في التسرب إلى تفسيراتهم. (Piaget, et al.,1999; Gopnik, Good, 1977:105; ١٩٦٦؛ Ward, ١٩٧٠)

الطفو والغوص Floating and Sinking:

تختلف هذه المقابلة عن الأمثلة الأربعة السابقة في أن مواد المعالجة اليدوية كانت تستخدم كجزء مكمل للإجراءات. فقد استخدمت اسطوانات ومواد بلاستيكية، وبلي، وغيرها من الأشياء المشابهة، وسئل الأطفال هل يعتقدون أن كل جسم سيطفو أو يغوص، ولماذا. والحق أنه لم يتمكن أحد من الأطفال قبل سن الثانية عشرة من تكوين تفسير صحيح للغوص والطفو رغم أن غالبيتهم قبل سن الحادية عشرة، والثانية عشرة قد استخدموا تفسيرات طبيعية بدلاً من التفسيرات قبل السببية.

(Bell, & Banchi ؛٢٠٠٨ et al., 2008; Dawkins, Benedis-Grab, 2006; Havu-Nuutinen, Good, 1977:106; ؛٢٠٠٨Ruiz-Primo, & Furtak ؛٢٠٠٥ Inhelder, & Piaget, ؛١٩٦٧ et al., 2008) Yin,