الفصل الرابـع

عمليـات العلم التجريبيـة

Experimental Science Processes

تُعد العمليات التجريبية ذات أهمية كبرى للمسعى البحثى فى العلوم، فالتجربة تمثل أداة فعالة يستخدمها العالم للحصول على الدليل الذى يستطيع – بواسطته – البرهنة على صدق الفرض المطروح أو دحضه. كما تُعد التجربة وسيلة يستخدمها العالم للحصول على المعارف التى ستدعم النظرية العلمية، أو تدحضها.

ونظرًا لأن التجربة تمثل أساس الحصول على معلومات (حقائق) العلم؛ لذا... يجب وصف بنائها وظروفها بدقة متناهية، وذلك من خلال وضع ضوابط صارمة للطريقة التجريبية التى يستخدمها العالم بحيث تُعزى النتائج التى يحصل عليها إلى عامل محدد يسعى لدراسة تأثيره، وليس لعوامل أخرى لم توضع فى الحسبان.

وبعد أن يحصل العالم على نتائج التجربة، فإنه ينتقل للخطوة الثانية فى العملية العلمية. فهناك فئة من النتائج لا تكفى لإقناع المجتمع العلمى بأن الفرض صحيح. ومن ثم يجب إعادة فحص نتائج التجربة لتقديم تأكيدات أكثر لمراعاتها الظروف التجريبية التى أُجريت خلالها.

ثم تُنشر نتائج التجربة، بحيث يُسمح لآخرين من المجتمع العلمى بقراءة تلك النتائج، ومحاولة تقديم برهان على أهمية التكرار؛ ومن ثم يمكن تكرار النتائج، وتنمو أفكار جديدة من خلال التجربة؛ لتصبح هناك معلومات مقبولة علميًا؛ وذلك هو " العلم ".

وقد يحدث أن يكتشف عالم آخر بعض المتغيرات، أو بعض الظروف التى لم توضع فى الحسبان فى أثناء التجربة الأصلية، مما يبعث على الشك فيما تم التوصل

إليه من نتائج؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى إعادة النظر فى تلك النتائج، ونبذها، وإخراجها كليةً من نطاق المعلومات العلمية الصحيحة.

وفيما يلى، نتناول العمليات التجريبية التى تشتمل على خمس عمليات هى:

١- التحكم فى المتغيرات.
٢- صياغة الفروض.
٣- تفسير البيانات.
٤- التعريف الإجرائى.
٥- التجريب.

أولاً: التحكم فى المتغيرات Controlling Variables

التعريف:

تُعرّف المتغيرات بأنها: "كل العوامل التى تدخل فى نطاق التجربة، والتى قد يغيرها المجرب". وهناك ثلاثة أنماط من المتغيرات يمكن تحديدها داخل الإجراء التجريبى، وهذه الأنماط هى:

١- المتغير المستقل Independent Variable:

وهو المتغير الذى يغيره المجرب عمدًا؛ لكى يحدد تأثيره على بقية النظام التجريبى. ويتوقع المجرب أن المتغير المستقل سيغير – بمعالجته الفرضية – فى أى جزء من مكونات النظام.

٢- المتغير التابع Dependent Variable:

هو المتغير الناشئ، أو النتيجة التى تحدث من المعالجة بالمتغير المستقل، والذى يعتمد فى تغيره على المتغير المستقل. وعادة ما يعقب المتغير المستقل تغيرًا فى المتغير التابع.

٣- العوامل الثابتة Constant Factors:

وهى العوامل التى تظل كما هى دون تغيير – فى النظام – حال إحداث تغير فى المتغير التابع بسبب المتغير المستقل.

التجارب الضابطة Control Experiments:

يدرك الباحث فى كثير من الأحيان أن أكثر من عامل يؤثر فى الظاهرة التى يقوم بدراستها. ولنأخذ مثلًا على ذلك:

أراد تلميذ أن يعرف أثر إضافة اللبن إلى غذاء فأر أبيض؛ فوزنه وكتب ملاحظاته عن نعومة شعره، وبريق عينيه، وحالة أظافره، وغير ذلك من علامات الصحة فى الفئران البيضاء، ثم بدأ يغذيه بطعامه المعتاد، ولكن بعد خلطه باللبن، وبعد زيادة فى الوزن لأيام قلائل؛ لاحظ أن الفأر بدأ وزنه ينقص، وحالته الصحية تتدهور، ومات فى النهاية. فهل تدل هذه التجربة على أن اللبن ضار بالصحة؟

الواقع أنها لا تدل على شىء أكثر من أن الفأر بالذات قد مات، فالعوامل المؤثرة فى التجربة من الكثرة، بحيث لا يمكن أن يُعزى موت الفأر إلى عامل واحد منها هو تغذيته باللبن. فهناك احتمال إصابته بمرض، وهناك احتمال أن يكون كبير السن. وهناك احتمال أن يكون سبب موته عدم الاهتمام بنظافة القفص الذى يعيش فيه، أو احتمال استنشاقه غازات سامة ملأت جو المختبر فى وقت ما.

من هنا كانت الحاجة إلى ما يسمى بـ "التجارب الضابطة"، ففى التجربة الضابطة – فى أبسط صورها – يدخل المتغير التجريبى على الموقف، وتُقارن النتائج بتلك التى تم الحصول عليها فى الموقف بدون دخول المتغير التجريبى. وتسمى النتائج الأولى بـ "النتائج التجريبية Experimental"، وتسمى النتائج الثانية بـ "النتائج الضابطة Control" أو النتائج المقارنة. وقد تكون هناك أكثر من مجموعة تجريبية، كأن يقارن أثر غازات مختلفة على اشتعال شظية، وقد تكون هناك مجموعة

تجريبية تبين أثر نسبة العامل المتغير فى الظاهرة التى تُدرس، كأن يقارن أثر إضافة نسب مختلفة من الخميرة فى سرعة التخمر الكحولى لمحلول سكرى.

أى أن التجربة العلمية "الضابطة"، هى التى تُضبط فيها جميع المتغيرات مع ترك عامل واحد فقط متغير، هو العامل التجريبى، وإليه تُعزى نتائج التجربة.

الأطفال والتحكم فى المتغيرات:

أوضحت الأبحاث أن عملية التحكم فى المتغيرات تصبح ممكنة عندما يصل الفرد إلى مرحلة العمليات الشكلية Formal Operational Thought، وهى المرحلة الأخيرة من مراحل النمو العقلى التى افترضها " بياجيه " (من ١١ – ١٥ سنه تقريبًا).

وقد بيّن "شيابيتا" Chiapetta (1976) أن أكثر من ٨٥٪ من البالغين لم يصلوا إلى مرحلة العمليات الشكلية، كما توصل كثير من الباحثين إلى مثل هذه النتيجة.

وبالنسبة لأبحاث "لاوسون" Lawson (1974) فقد بيّن أنه يمكن الاستعانة بأداء مهام معينة Tasks لتحديد إن كان الفرد قد وصل إلى مستوى العمليات الشكلية من عدمه.

وبصورة عامة فإن القدرة على استخدام التفكير الإجرائى الشكلى لا تبدأ قبل أن يصل الطفل إلى سن الحادية عشرة، أو الثانية عشرة من عمره؛ ولذا... يُفضل ترك العمليات التجريبية حتى الصف السادس الابتدائى.

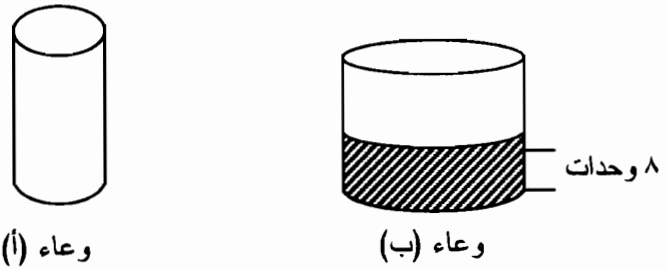
وتوضح الأنشطة التالية عددًا من المهام التى تبرز أنماط عمليات التفكير التى يستخدمها المفكر فى مرحلة العمليات الشكلية (التفكير الإجرائى الشكلى).

أنشطة تعليمية:

نشاط رقم (١٨):

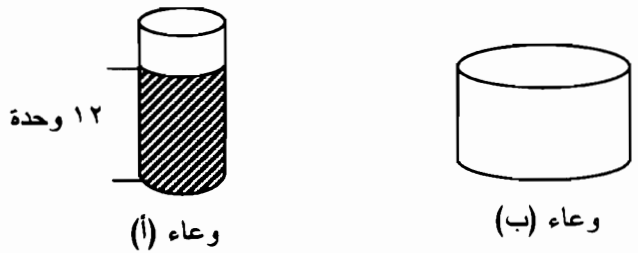
مشكلة ارتفاع السائل:

*الشكلان التاليان لوعائين، أحدهما فارغ والآخر به سائل.



-الوعاء (ب) أوسع من الوعاء (أ)، ويحتوى الوعاء (ب) أصلًا على ٨ وحدات من الماء، والوعاء (أ) لا يحتوى على ماء.

*قم بنقل كل الماء الموجود بالوعاء (ب) إلى الوعاء (أ)؛ فستجد أن مستوى الماء قد وصل إلى ١٢ وحدة فى الوعاء (أ) كما بالشكل.



*الآن.. وقد أصبح الوعاء (ب) فارغًا، فإذا مُلِئ بـ ٦ وحدات ماء، ووُضعت هذه الوحدات فى الوعاء (أ) الفارغ، فإلى أى مستوى سيرتفع الماء به ؟

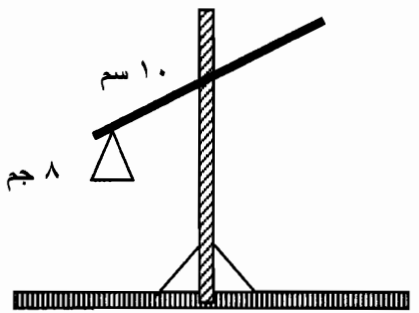
*افترض أن ١١ وحدة من الماء تم وضعها فى الوعاء (أ) الفارغ، ثم أُخذت كل هذه الوحدات (١١ وحدة) ووُضعت فى الوعاء (ب) الفارغ، فإلى أى مستوى سيرتفع الماء به ؟

(لاحظ أنه ينبغى عليك تقديم وصف لفظى لكيفية وصولك للإجابة، ولا يكفى مجرد ذكرك للمعادلة الرقمية).

نشاط رقم (١٩):

مشكلة الاتزان:

*فيما يلى رسم بسيط عُلق فى طرفه الأيسر كتلة زنة ٨ جم على مسافة ١٠ سم من المركز (محور الارتكاز).



*عند أى مسافة توضع كتلة زنة ٤ جم عند الطرف الأيسر، لحدوث اتزان ذراعى الميزان ؟

*الآن، افترض أن كتلة زنة ٣ جم وُضعت على مسافة ١٥ سم من المركز على الجانب الأيمن، فعلى أى مسافة فى الجانب الأيسر توضع كتلة زنة ١١ جم لكى يحدث اتزان ذراعى الميزان ؟

(ملحوظة: يجب عليك تقديم إجابة رقمية، مع توضيح لكيفية وصولك لهذه الإجابة. فالمعادلة الرقمية ليست كافية).

نشاط رقم (٢٠):

مشكلة البندول:

*إذا أُعطيت ثلاثة بندولات بالمواصفات التالية:

١ - البندول (أ) طوله ٥٠ سم، وبه كتلة زنة ١٠٠ جم.

٢ - البندول (ب) طوله ١٠٠ سم، وبه كتلة زنة ٥٠ جم.

٣- البندول (ج) طوله ٥٠ سم، وبه كتلة زنة ٥٠ جم.

فأى من هذه البندولات تختار لتحدد تأثير الكتلة على عدد مرات أرجحة البندول فى الدقيقة؟

نشاط رقم (٢١):

مشكلة الدكاكين:

توجد أربعة دكاكين مطلوب وضعها فى مركز التسويق: أحدهما للأحذية، والثانى للملابس، والثالث للحلويات، والرابع للسلال...

*ضع قائمة بكل الطرق الممكنة التى يمكن أن تنظم بها هذه الدكاكين جنبًا إلى جنب فى ممر ما، بحيث لا يمكن وضع دكان لبيع نوع معين بجانب آخر يبيع نفس الشىء، أو خلفه أو حول الأركان.

*بعد وضعك لقائمة الروابط الممكنة، اشرح كيف توصلت إلى حل هذه المشكلة ؟

نشاط رقم (٢٢):

وُضعت الأشكال التالية فى سلة، ثم هُزت السلة لضمان أن الأشكال قد اختلطت تمامًا، وهذه الأشكال هى:

ثمانية مربعات خضراء – ستة مربعات أرجوانية – خمسة مربعات صفراء – ستة مثلثات خضراء – ستة مثلثات أرجوانية – خمسة مثلثات صفراء.

١- ما الفرص المتاحة أمامك لإخراج مثلث أرجوانى من أول محاولة؟ اشرح كيف توصلت إلى إجابتك ؟

٢- الآن... وبعد إعادة المثلث الأرجوانى إلى السلة، ثم هُزت السلة مرة أخرى. ما الفرص المتاحة أمامك لإخراج مربع أصفر أو مربع أخضر من أول محاولة ؟ اشرح كيف توصلت إلى إجابتك ؟

المراحل المتضمنة فى عملية التحكم فى المتغيرات:

تنمو عملية ضبط المتغيرات فى أربع مراحل، وذلك عند "بياجيه" و "انهيلدر" Piaget and Inhelder (1958) كما يلى:

فى المرحلة الأولى:

لا يتمكن الفرد من التفرقة بين فعل المتغيرات وأفعاله الخاصة، فالطفل فى هذه المرحلة، عندما يعمل مع البندول لا يكون قادرًا على تحديد إن كان لدفعته القوية للبندول علاقة بعدد التأرجحات التى سيحدثها البندول فى الدقيقة.

وفى المرحلة الثانية:

يكون الفرد قادرًا على استبعاد نفسه من أن يكون مسببًا للتغير، ولكنه يجد صعوبة فى التفرقة بين المتغيرات عديمة الصلة ووثيقة الصلة بتجربته. فالطفل فى هذه المرحلة قد يكتشف أن طول البندول يؤثر فى عدد التأرجحات، ولكنه سيبقى غير مقتنع بأن هناك عوامل أخرى تتسبب فى التغير.

وفى المرحلة الثالثة:

يكون الفرد قادرًا على عزل متغير واحد، وجعل المتغيرين الآخرين ثابتين. فالطفل قد يقرر أنه سيختبر تأثير الوزن على حركة البندول، ويختبر فعلًا تأثير طول حامل البندول، وهو يفعل ذلك دون إدراك منه.

وأخيرًا، فى المرحلة الرابعة:

يصبح الفرد قادرًا على ضبط المتغيرات تمامًا، كما يتحكم فيها العالم.

علاقة مراحل ضبط المتغيرات بالتدريس:

فى المرحلة الأولى:

لا يكون للأطفال استعداد معرفى للعمل مع ضبط المتغيرات باستثناء المواقف التى يبنيها المعلم. حتى فى هذه الحالة، فإنهم لا يحبون التعلم بدون معنى. وعندما يجد المعلم أن الطفل يفضل إجراء تجربة عديمة الجدوى، يجب الرجوع إلى عمليات السبب والنتيجة؛ لكى ينمى قدرة الطفل – بصورة أفضل – على تحديد الأجزاء المتصلة بالنظام بصورة صحيحة فى مواقف غير تجريبية، وبمجرد أن يستطيع الطفل تحديد العوامل المناسبة ويستبعد ذاتيته من الموقف؛ ينتقل المعلم إلى المرحلة الثانية.

وفى المرحلة الثانية:

يكون الطفل قادرًا على استبعاد نفسه من أن يكون سببًا، ولكنه لا يكون قادرًا على استبعاد كل المتغيرات دون متغير واحد فقط. وفى هذه الحالة، يجب تشجيع الأطفال على تحديد كل العوامل التى يعدونها أسبابًا للأثر الناتج. ولكى تنمو التجارب، يُختبر كل عامل مطروح، ويبين ذلك فى تسجيلاتهم لكى يتضح أى العوامل تكون سببًا مباشرًا فى الظاهرة، وأيها ليس كذلك.

ونظرًا لأن الوقت لا يسمح لأن يقوم كل طفل باختبار العوامل المختلفة، أو حتى المجموعة المكونة من ثلاثة أو أربعة أطفال؛ لذا يمكن أن تختص كل مجموعة من الأطفال باختبار عامل واحد، ثم تُجمّع النتائج الخاصة باختبار العوامل المختلفة حتى تظهر الصورة الكلية؛ وبذلك يتم الوصول إلى استنتاج عام يتصل بفحص كل العوامل واختبارها، وليس عاملًا واحدًا فقط.

فى المرحلة الثالثة:

عندما يتمكن الأطفال من تحديد العوامل ذات الصلة، واستبعاد الأخرى، تكمن المشكلة عندئذ فى اختبار العامل الفعال، وهذه الخطوة عادة ما تكون سهلة

بالنسبة للمعلم، إذ لا يتعدى الأمر مراجعة الإجراء التجريبى للتأكد من مدى صحته.

أما فى المرحلة الأخيرة:

يستطيع الطفل العمل مستقلًا، فالطفل الذى نمت لديه القدرة على استخدام التجربة بصورة ملائمة، وأصبح قادرًا على تنفيذها؛ يمكنه أن يتعلم تحصيل المعارف المتضمنة فى المحتوى، وأن يُولّد أفكارًا قابلة للاختبار عبر مزيد من التجارب، أو من خلال استخدامه مصادر المعرفة الأخرى.

المهارات المتضمنة فى عملية ضبط المتغيرات:

تتضمن عملية ضبط المتغيرات الآتية:

١- تحديد المتغير المستقل فى التجربة.

٢- تحديد المتغير التابع فى التجربة.

٣- تصميم الضبط المناسب لبقية المتغيرات.

٤- تصميم تجربة للتعرّف على تأثير عامل، أو أكثر على العوامل التابعة الموجودة فى التجربة.

ثانيًا: صياغة الفروض Formulating Hypotheses

التعريف:

الفرض: هو حل، أو تفسير محتمل للمشكلة موضع البحث، ويعتمد توليده على قدرة الفرد على اكتشاف العلاقات، والربط بين الأحداث وإخضاعها للتنظيم العقلى والمنطقى.

وتعتمد قيمة الفرض وأهميته على مدى قابليته للاختبار، وعلى ما يحدده من توقعات حول نتائج معينة. ويستخدم فى صياغة الفروض العبارة المنطقية " إذا كان...، إذن...".

فمثلًا:

- **إذا كانت المشكلة:** ما السبب فى اصفرار أوراق نبات الفول ؟

- **وكانت الملاحظة التمهيدية:** الاصفرار ينتج من تحطم مادة الكلوروفيل، ومادة الكلوروفيل يدخل فى تركيبها عنصر الماغنسيوم.

- **الحل المحتمل:** أن نقص عنصر الماغنسيوم هو السبب.

- **فتكون صياغة الفرض:** إذا كان عنصر الماغنسيوم هو السبب فى اصفرار الأوراق؛ إذن يعود اللون الأخضر مرة أخرى بإضافة نسبة من عنصر الماغنسيوم إلى التربة.

ومن الواضح أن الشق الذى يعقب "إذا" يحمل إما فكرة جديدة أو فكرة مألوفة ولكن فى موقف جديد؛ وهذا الشق هو "جسم الفرض" بينما يحمل الشق الذى يعقب "إذن" توقع حدوث شىء يترتب على الفرض؛ وهذا الشق يمثل "البيانات المطلوبة".

الغرض من الفرض:

١- الفرض هو القاعدة التى تستند إليها التجربة؛ ولذا تُعد البيانات التى يجمعها المجرب ضرورية، وتحتاج إلى تنظيم بصورة تسمح بفحص الفرض.

٢- يقدم الفرض دليلًا للإجراء التجريبى الذى يُستخدم فى التجربة، بالإضافة إلى أنه يُعد بمثابة نقطة البداية لتطوير ذلك الإجراء.

٣- يوضح الفرض نوع العلاقة الموجودة فى البيانات المتجمعة نتيجة للإجراء الذى أُتبع فى التجربة.

تتضمن عملية فرض الفروض المهارات التالية:

١- صياغة فرض يتناول العناصر المهمة فى الموقف.

٢- إجراء اختبار للتحقق من صحة فرض من الفروض.

٣- تعديل الفرض بناءً على الملاحظات الجديدة، التى تظهر فى أثناء إجراء التجربة.

٤- تمييز الملاحظات التى تُدعّم فرضًا من الفروض من الملاحظات التى لا تُدعّم هذا الفرض.

٥- صياغة الفرض فى صورة عبارات يظهر فيها مدى ارتباطه بالمشكلة.

ثالثًا: تفسير البيانات Interpreting Data

لا ينبغى أن يقف المعلم عند مجرد الوصف، بل يجب أن يتعدى ذلك إلى وظيفة التفسير، فإذا كان الوصف يجيب عن السؤال:"ماذا هناك ؟"؛ فإن التفسير يجيب عن السؤال "كيف يحدث ؟"، أو "لماذا يحدث على النحو التالى ؟".

وفى ذلك الصدد يذكر " ماكس بلانك " (M.Blank) أن سؤال "لماذا" الذى يلح على الطفل دائمًا سيظل رفيق الحياة للعالم، واضعًا إياه فى مواجهة مشكلات جديدة؛ لأن العلم ليس وقفة استجمام تأملى وسط شعاب معرفة قد اكتُسبت من قبل، بل هو جهد لا يصيبه الكلل، وعمل لا يخلد إلى الراحة، وتطور متقدم على الدوام.

فالتفسير هو العثور على الأسباب التى من أجلها تقع الأحداث، أو هو البحث عن الشروط، أو الظروف المحددة التى تُعين وقوع تلك الأحداث. والتفسير يفيدنا فى الانطلاق بالمعرفة إلى الأمام، ويكشف الثغرات القائمة فى فهمنا، ويحاول تدبير الظروف التى تُشيّد فيها الجسور التى تصل بين تلك الثغرات.

تتضمن عملية تفسير البيانات المهارات التالية:

١- استخراج بعض المعلومات من خلال رسوم بيانية أو جداول البيانات.

٢- وصف المعلومات المعروضة فى جدول أو شكل بيانى فى جمل قصيرة.

٣- الوصول إلى استنتاجات بناءً على بيانات مجدولة أو مصورة أو مرسومة فى شكل بيانى.

٤- التعرّف على المتناقضات والاختلافات بين البيانات.

رابعًا: التعريف الإجرائى Defining Operationally

التعريف:

التعريف الإجرائى هو صيغة تصف جسم، أو شىء، أو حدث، أو نظام بأوصاف يمكن أن تلاحظ، أو تقاس، أو تُفعل.

فعندما يخطط المجرب لتجربة ما، وينفذها؛ فإنه يستخدم مصطلحات محددة لوصف ما يجربه، حتى إذا ما جاء مجرب آخر وأراد إجراء نفس التجربة؛ فإنه يستطيع الاهتداء بما أورده المجرب الأول من مصطلحات وتعريفات محددة. ومن المهم أن يُولّد الأطفال تعريفاتهم الإجرائية الخاصة بهم بدلًا من قبولهم التعريفات التى يحددها لهم المعلم.

-والموقف التالى يبين مدى اختلاف الأطفال فى النتائج التى يتوصلون إليها نتيجة عدم تحديدهم التعريفات الإجرائية لما يسلكونه من أفعال.

-فقد طلب معلم من أربعة أطفال أن يُقدّروا الزمن الذى تستغرقه شمعة مشتعلة موضوعة تحت ناقوس زجاجى حتى تنطفئ، وأعطى كل واحد منهم ساعة توقيت من نفس النوع. ولكن الأطفال أعطوا أزمنة مختلفة للوقت الذى تستغرقه الشمعة حتى تنطفئ، حيث كانت ٦٣، ٧٤، ٩٧، ١٢٨ ثانية. وبرغم توقع حدوث تباين فى الزمن، إلا أنه لا يُتصور أن يصل الاختلاف إلى ٥٥ ثانية. فلماذا حدث هذا الاختلاف ؟

لقد اختلف الأطفال فى تحديد معنى "الانطفاء"، وقد اتضح ذلك من عباراتهم التى جاءت على النحو التالى:

- ٦٣ ثانية: قدّرت أنها انطفأت عندما لم أستطع رؤية اللهب الأصفر.
- ٧٤ ثانية: قدّرت أنها انطفأت عندما لم أستطع رؤية أى لهب على الإطلاق.
- ٩٧ ثانية: قدّرت أنها انطفأت عند اختفاء النقطة الحمراء المتبقية من اللهب.
- ١٢٨ ثانية: قدّرت أنها انطفأت عند اختفاء الدخان المتصاعد منها تمامًا.

وكان يمكن لهذه المشكلة أن تُحل بوضع تعريف إجرائى، يحدد المقصود بالانطفاء حيث يحدد هذا التعريف معناه ومن ثم يسهل على الأطفال تطبيقه، ومن ثم التوصل إلى النتيجة الصحيحة.

تتضمن عملية التعريف الإجرائى المهارات التالية :

١- التمييز بين التعريفات الإجرائية وغير الإجرائية.

٢- التعرّف على العوامل والمصطلحات التى توجد فى فرض أو استنتاج أو سؤال أو رسم بيانى أو جدول بيانات، والتى تتطلب وضع تعريف إجرائى لها.

٣- صياغة التعريف الإجرائى الذى يصف – بدقة – جسمًا أو شيئًا أو حدثًا أو عملية أو مفهومًا.

خامسًا : التجريب Experimenting

التعريف:

التجربة العلمية هى تصميم لظروف اصطناعية محددة، تُسهّل دراسة استجابة نظام ما لقيود تُفرض بطريقة تحكميّة، وبشكلٍ ما كان ليحدث فى الطبيعة بدون تدخل القائم بالتجربة.

ويُعد التجريب جزءًا أساسيًّا من المسعى العلمى، إذ إن معيار صدق الفكرة التى يحملها الفرض هو إمكانية التحقق منها عن طريق التجربة؛ وهو ما يعنى أن الفرض لا يدخل ضمن نسيج العلم إلا إذا ساندته أدلة تجريبية.

وتسير طريقة التجريب فى البحث العلمى وفق تصميم دقيق، بحيث تقل الاختلافات فى تفسير النتائج إلى أدنى حد ممكن. وهذا التصميم هو ما يُعرف بـ "التجربة المضبوطة Controlled Experiment" التى اعتمد عليها العلماء فى التوصل إلى القوانين والنظريات التى تُشكّل هيكل العلم الحديث.

ومن المهم أن نُفرّق بين "الملاحظة" و"التجربة"، فالملاحظة: هى تسجيل أو وصف لمؤثر ما يؤثر على حاسة أو أكثر من حواس الإنسان، ويقوم الإنسان بملاحظة ظاهرة من الظواهر سواء تمت هذه الظاهرة تحت ظروف طبيعية بعيدة عن تدخل الإنسان، أم تحت ظروف صناعية يتدخل فيها الإنسان عن قصد، وهذا التدخل هو ما نسميه بـ "التجربة"، وعلى ذلك فالملاحظة أعم من التجربة، وليست التجربة إلا أحد الظروف العديدة التى تتيح لنا فرصة الملاحظة. وهذا ما جعل " كوفييه " Cuvier يقول: "من لاحظ إنما ينصت إلى الطبيعة، أما من يجرب فهو الذى يستجوبها، ويحملها على الكشف عن نفسها".

كما أن هناك بعض الفروض التى يصعب اختبارها عن طريق التجربة، أو الملاحظة المباشرة، ففى بعض الأحيان لا نستطيع أن نصمم تجارب عند دراستنا لبعض الظواهر الخاصة بالمناخ أو النجوم أو باطن الأرض، وعليه فإنه غالبًا ما يلجأ علماء الجيولوجيا والفلك والمناخ إلى اختيار فروضهم عن طريق عملية "التوقع أو التنبؤ".

المهارات المتضمنة فى عملية التجريب:

١- تصميم اختبارات للتحقق من صحة الفروض وإجرائها.

٢- تجميع البيانات التى تم الحصول عليها والتى تُدعّم صحة الفرض أو تتناقض معه، ومن ثم تؤدى إلى دحضه، وكذلك تفسيرها.

٣- صياغة تقرير عن التجربة التى أُجريت تُبين إن كانت البيانات التى جُمعت تدعم صحة الفرض أم تدحضه.

تدريس التجربة للأطفال:

١- المعلم يبنى التجارب:

نظرًا لأن قدرة الأطفال على التجريب تمثل ذروة القدرة على استخدام عمليات العلم، وحيث إن الأطفال يجدون صعوبة فى استخدام العمليات التجريبية؛ لذا

يجب على المعلم أن يقدم لهم الفرض وإجراءات التجربة وطرق جمع البيانات عند تعرضهم لمثل هذه الخبرة فى المرات الأولى. وتُصمم هذه الخطوة لكى تحث الأطفال على رؤية كيف أن التجربة تُبنى مع كل من الفرض، والإجراء، وطرق جمع البيانات، أى كيف تتكامل التجربة وتنسجم مع كل من الفرض والإجراءات لتحقيق هدف معين.

وبعد أن يصبح الطفل قادرًا على إجراء التجارب – المخططة سلفًا – يمكن أن يُعطى فرضًا ويُكلف بوضع مجموعة إجراءات لاختبار هذا الفرض، وفى هذه الأثناء يؤكد المعلم على المتغيرات، ومدى وضعها فى الحسبان، وأهمية تحديدها بدقة مع توجيه الأطفال عند استخدامهم لمثل هذه المتغيرات وضبطهم لها.

٢- المجموعة تبنى التجارب:

تمثل الخطوة الثانية فى نمو القدرة على التجريب أن تقوم مجموعة صغيرة من الأطفال بإجراءات تحديد صدق الفرض المحدد سلفًا. وفى هذه المرحلة يجب تشجيع الأطفال على إيجاد طرق متنوعة لاختبار الفروض سواء بتشجيعهم على ابتكار مداخل للاختبار أو بحثّهم على تنويع الظروف الخاصة بذلك الاختبار. ويمكن أن يبدأ المعلم بتقديم الفرض المبدئى للأطفال من خلال تقديمه فى شكل عرض شيق أو مثير لهم.

٣- التلميذ يبنى التجارب:

فى هذه المرحلة يُعطى الطفل خلفية من المعلومات ومشكلة تتطلب حلًّا بحيث يمكن أن تنمو لديه القدرة على التجريب من خلال التجربة التى سيقوم بإجرائها. وفى هذه المرحلة تنمو قدرة الأطفال على وضع الفروض والإجراءات بدلًا من تقديمها لهم جاهزة كما فى المراحل السابقة.

ويمكن فى هذه المرحلة أن تنمو قدرات الطفل على التجريب من خلال الأسئلة

الإجرائية؛ ونظرًا لأن التجريب يتطلب مستويات شكلية Formal من التفكير... فإن كثيرًا من الأطفال سيكونوا غير قادرين على إجراء تجربة حقيقية دون توجيه مكثف من المعلم؛ ولذا... وجب على المعلم توفير فرص للأطفال لتقصى الظواهر الطبيعية من خلال استخدام الأسئلة الإجرائية، والأنشطة غير المضبوطة (التى لا تتضمن تجربة بها مجموعة ضابطة) التى ينظمها.

وقد بيّنت أبحاث كل من "بادلا" و"أوكيي" و"ديلاشو" أن استخدام المهارات الخاصة بعمليات العلم يرتبط ارتباطًا قويًا بعمليات التفكير الإجرائى الشكلى. (Padilla,Okey & Dellashaw,1983)

وعلى ذلك فإن الأطفال غير القادرين على القيام بالعمليات التجريبية منفردين ينبغى تعرضهم لعمليات ضبط المتغيرات، وفرض الفروض، والتجريب، كما ينبغى عدم تقديم مفاهيم جديدة لهم فى فترة تحولهم إلى عملية التفكير الإجرائى الشكلى.

تدريس المحتوى والتجريب:

بعد استعراضنا للعمليات التجريبية المختلفة، فإننا نود أن نشير إلى أن عرضها فى شكل عمليات منفصلة لا يعنى الرغبة فى تعليم الطفل كلٍّ من تلك العمليات منفصلة عن بعضها البعض؛ إذ إن ذلك الفصل يتم بغرض الدراسة والفهم؛ لذا فإنه من الضرورى أن يتعلم الطفل أجزاء التجربة العلمية ومكوناتها، ومن ثم يتعامل معها ككل متكامل.

ومن المهم أن يؤدى ذلك إلى تحصيل هدف مهم من أهداف تعليم العلوم، وهو مساعدة الطفل على تحصيل المعلومات الواردة بمحتوى كتب العلوم – جنبًا إلى جنب – مع التجريب. فمفتاح استخدام الأطفال للتجارب يكون فى تقديم خلفية معلوماتية فقط تساعدهم على تنفيذ التجربة. وفى هذا المسعى يُولّد الطفل المعلومات بدلًا من أن تُلقى عليه، أو يُجبر على حفظها وترديدها ترديدًا آليًا.

ومن هنا نؤكد على ضرورة أن يتضمن المحتوى تجارب يمكن للأطفال إجراؤها

مع مراعاة أن يستخدم الأطفال موادًا محسوسة يكون بمقدورهم التعامل معها بسهولة ويسر.

أنشطة تعليمية:

نشاط (٢٣):

المواد المطلوبة: لعبة فى شكل عربة نقل بضائع، ٤ أمتار خشبية (مازورة)، بكرة، أثقال ذات كتل مختلفة (من ٥ جم إلى ٥٠٠ جم)، ساعة إيقاف، شريط لاصق.

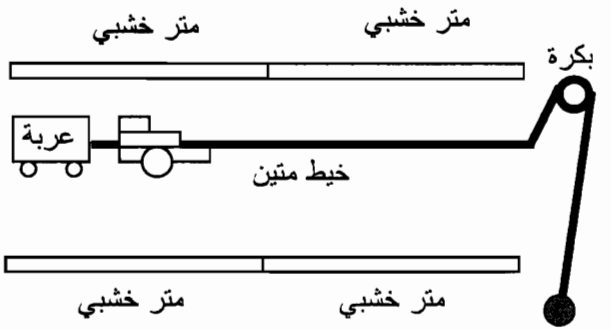
* ضع الأمتار الخشبية على منضدة فى وضع متوازى بطول مترين وعلى بعد أكثر قليلًا من عرض العربة.

* اربط العربة من مقدمتها بخيط يزيد طوله على طول المنضدة بحوالى ١٥ سم.

* ثبت البكرة فى نهاية المنضدة؛ لتكون فى وضع رأسى بالنسبة لها ويمكنها أن تتحرك بحرية.

* شد الخيط حتى تجعل العربة فى بداية المتر الخشبى.

* حاول ربط الأثقال المختلفة بنهاية الخيط من ناحية البكرة حتى تجد الثقل المناسب لتحريك العربة ببطء على امتداد المتر الخشبى.



أثقال بأوزان مختلفة

*احسب الوقت الذى تستغرقه العربة؛ لتسير مسافة المترين.

*كرر حساب الزمن مرتين، وأوجد المتوسط.

والمطلوب منك الآن:

١- ضع قائمة بخمسة عوامل يمكن أن تؤثر فى سرعة العربة.

٢- ضع فرضًا تختبر به واحدًا من المتغيرات سالفة الذكر.

٣- صمم تجربة تختبر بها ذلك الفرض.

نشاط رقم (٢٤):

المواد المطلوبة:

اثنان من الأمتار الخشبية، ورقة رسم بيانى، كرة تنس، كرة بنج بونج (تنس طاولة)، كرة مطاطية، وبعض أنواع الكرات الأخرى التى يمكنك الحصول عليها، شريط لاصق.

(ستحتاج إلى زميل يساعدك).

*ثبت الأمتار الخشبية إلى حائط رأسى، وعلى امتداد بعضها بحيث يُكوّنان ارتفاع ٢ متر.

*ابدأ بأى كرة وأسقطها من ارتفاع ١٠٠ سم، وقم بقياس ارتفاع صدمة الكرة.

*كرر ذلك بالنسبة لكل كرة، واحصل على القراءات ثلاث مرات، وأوجد متوسط ارتفاع صدمة كل منها، ثم مثّل تلك النتائج بيانيًّا.

والمطلوب منك الآن:

١-ضع قائمة بخمسة متغيرات يمكن أن تؤثر فى ارتفاع صدمة كل كرة.

٢-ضع فرضًا تختبر به واحدًا من تلك المتغيرات.

٣-ضع قائمة بالمتغيرات التابعة، والمستقلة، والعوامل التى ستثبتها.

٤-ضع تصميمًا لتجربة، ثم أجرها؛ لتختبر بها صحة الفرض.

٥-مثّل بياناتك تمثيلًا بيانيًّا.

ملخص

التجربة – تلك التى تتألف من العمليات التجريبية الفردية – تكون أعظم الوسائل قوة لكسب المعارف فى العلوم. وهى تمثل أكثر العمليات صعوبة عند الأطفال، حيث يستلزم القيام بها توافر القدرة على استخدام عمليات التفكير الشكلية.

ونظرًا لأن التلميذ يجب أن يستخدم عمليات التفكير الإجرائى الشكلى، وحيث أن الدراسات أوضحت أنه لا يصل إلى تلك المرحلة قبل بلوغ سن الحادية عشر؛ لذا... يجب تأخير العمليات التجريبية حتى الصف السادس الابتدائى وما بعده، وحتى يصل الطفل إلى تلك المرحلة يجب أن يُعد ليكون قادرًا على صياغة الأسئلة الإجرائية، وممارسة الأنشطة غير المضبوطة فى المواقف التى تُصمم لفهم ظاهرة ما.

وبصورة عامة يجب أن يتحول تدريس العمليات التجريبية من المواقف الأكثر تجهيزًا إلى المواقف التى يستطيع الطفل بناءها بنفسه.

وفى هذه الأثناء يكتسب الطفل استقلالية وقدرة أكثر على استخدام التجربة فى توسيع معلوماته عن المحتوى فى كتب العلوم.