الفصل الأول

عمليات العلم ومكانتها في التربية العلمية

مقدمة

تُعد تنمية التفكير من أهم أهداف التربية العلمية، وأوسعها انتشارًا وتأييدًا لدى الأوساط التربوية والتعليمية على المستويين العالمى والمحلى، وذلك على أساس أن هذا الهدف هو الركيزة الأساسية للعلوم الطبيعية والإنسانية كافة، والتى يدرسها المتعلم خلال تعلمه فى المراحل التعليمية المختلفة، وأكثر القدرات العقلية قابلية للتطبيق إزاء مشكلات حياته فى الحاضر والمستقبل.

وتهتم المناهج المعاصرة بالعمليات العقلية للمتعلمين من خلال المبادئ والمفاهيم الأساسية للمجالات المعرفية، وتحاول – فى الوقت نفسه – أن تنمى لديهم الاستراتيجيات المعرفية المختلفة، للتعامل مع المشكلات المشابهة. وعلى هذا يمكن النظر إلى الهدف الرئيس للتربية العلمية على أنه تنمية لنمطين من التفكير هما (النمر، ١٩٨٥):

(١) المفاهيم الأساسية التى يتركب منها المجال المعرفى.

(٢) المفاهيم الخاصة بالعمليات والإجراءات التى يتعلم من خلالها الطالب كيف يتعلم؟

وقد اهتمت البحوث والدراسات الحديثة بتلك العمليات والإجراءات إذ ركزت على ما عُرف بـ "عمليات العلم" Processes Science، وهى فئة معقدة من المهارات التى يستخدمها العالم فى مواصلة تقصيه العلمى. ولكن تطبيق مهارات الاستقصاء وتطويرها هى بالفعل مشكلة معقدة تواجه الباحثين عند تحليلها بهدف

التوصل لحل مناسب لها، ولا شك أن فهمنا للتفكير العلمى قد تقدم بواسطة البحث فى هذا المجال من قبل علماء علم النفس المعرفى وعلماء التربية العلمية.

وقد بحثت نماذج عديدة لعمليات العلم من قبل علماء النفس المعرفى مثل: التفكير العلمى كنموذج عقلى، والتفكير المنطقى، وحل المشكلة، وذلك من أجل الوقوف على جوهر مهارات التفكير العلمى وعمليات العلم.

فيرى فريق من العلماء أن مهارات الاستقصاء العلمى تتكون من: صياغة الفروض، واختبارها، وتقويم الدليل. فى حين يرى آخرون أن التفكير العلمى هو تناسق مهارى بين النظرية والدليل الذى يدعمها، ويتطلب تنفيذ ذلك القدرة على استخدام النظرية فى التفكير حول ظاهرة ما، وكذلك القدرة على التفكير فى النظرية نفسها. ويرى فريق ثالث أن التفكير العلمى هو حل مشكلة:- يتضمن فرض الفروض، وتصميم التجربة، وتقويم الفروض. وتلعب المعرفة السابقة والخبرات الشخصية دورًا مهمًا فى تحديد الاستراتيجيات التى سيتبعها الفرد فى أثناء حل المشكلة.

ويُعد استخدام الاستقصاء العلمى داخل حجرة الدراسة عملية معرفية تتطلب:

١- بذل جهد عقلى من جانب المتعلمين.

٢- خلفية معرفية وخبرة بالظاهرة كى يتمكن المتعلمون من صياغة أسئلة مناسبة، وتحديد المتغيرات وتعريفها، وصياغة الفروض، وتصميم التجربة.

٣- الخبرة بعمليات العلم الأساسية والتجريبية قد ييسر على المتعلمين تنفيذ الاستقصاء العلمى.

٤- نشاطًا "وراء معرفى Meta-cognitive" وعمليات معرفية.

٥- بصيرة وإبداعا.

٦- مهارات اتصال وفهمًا عند قراءة الاستجابات وكتابتها.

وربما يفسر هذا التعقد سبب اعتماد المعلمين على مدخل العمل المعملى الذى يناسب كل متطلبات الاستقصاء العلمى، ومن ثم يصبح التحدى الذى يواجه المهتمين بالتربية العلمية هو إيجاد طرق متنوعة لدعم جهود المتعلمين فى أثناء مرورهم بالخبرات الاستقصائية.

وللتقليل من تعقد تلك العملية لا بد من مساعدة المتعلمين على تطوير خبراتهم وخلفياتهم المعرفية التى يحتاجون إليها لممارسة الاستقصاء بنجاح، وكذلك تقسيم عملية الاستقصاء إلى مهارات تُمارس كل على حدة وينتقل المتعلمون بينها. ولكن قبل تقديم هذه المهارات لا بد أن يقدم للمتعلمين أنشطة استكشافية ودروس تساعدهم على بناء معرفة مناسبة مرتبطة بمحتوى الاستقصاء وإجراءاته، ومن ثم يتم إعداد المتعلمين لأداء المهمة المطلوبة منهم. (German)، Aram & Burke ، 1996)

عمليات العلم Science Processes:

كان معلمو العلوم فى العقود الماضية يركزون على عمليات العلم الأساسية والمتكاملة (التجريبية) والتى تتضمن صياغة الأسئلة، وفرض الفروض، وتحديد المتغيرات وتعريفها، وتصميم التجارب، وجمع البيانات، وتقديم التوصيات. وهذه العمليات يمكن استخدامها لدعم المتطلبات وراء المعرفية للاستقصاء العلمى.

ويحتاج المتعلمون فرصًا للتدريب على عمليات العلم وممارستها، ومع التغذية الراجعة المناسبة سيصبح المتعلمون أكثر احترافًا واستقلالية فى التعلم، وإذا قام المعلمون والمتعلمون بتكوين روابط بين سياق العمل المعملى وسياقات عامة أخرى، فإن عديدًا من المتعلمين سيكونون قادرين على تطبيق عمليات العلم فى مواقف جديدة خارج حجرات الدراسة.

وقد انتقل مفهوم عمليات العلم إلى برامج العلوم – تدريجيًّا- بهدف الاهتمام بممارسة التلاميذ للمهارات المتضمنة فى هذه العمليات، ومن ثم تطوير قدراتهم على توليد المعرفة من خلال استخدام المهارات المتضمنة فى تلك العمليات.

وثمة ثلاثة اتجاهات لتعريف "العمليات"، فعادة ما توظف كلمة "عملية" بالارتباط بمحتوى علمى حقائقى، حيث يتعرف الأطفال على عالمهم اليومى بفحص عدة أشياء واستكشافها، مثل: النباتات، الصخور، والظل، وغيرها... ولكن الاستكشاف ليس ملعقة تغذيهم بمعلومات محددة حول هذه الأشياء والظواهر فقط، بل تشجعهم على زيادة إدراكهم للعالم بتعلم أنه من الأفضل ملاحظة الأشياء والظواهر، وفحصها، وتصنيفها، وتبادل ما يتعلموه عنها مع بعضهم البعض.

أما المعنى الثانى "للعملية" فيتمركز حول فكرة أن تعلّم الأطفال يجب أن يتم بتمثل ما يفعله العلماء وما يمارسونه من عمليات فى مسعاهم العلمى، فالعلماء يلاحظون، يُصنفون، يستدلون، ينفذون التجارب، ويتبادلون ما يتوصلون إليه من نتائج، ويتم ذلك من خلال التدرب على هذه العمليات وممارستها على مدار سنين عديدة. ونظن أنه قد حان الوقت لكى يتعلم الأطفال ممارسة ما يمارسه العلماء من عمليات. وليس معنى ذلك أن يصبح كل طفل عالما، ولكن الفهم العميق للعلم يعتمد على قابلية الفرد للنظر إلى العالم والتعامل معه بالطرق نفسها التى يستخدمها العلماء.

فى حين يُبرز المعنى الثالث لـ" العملية " فكرة تطور القدرة التفسيرية للإنسان، وينظر هذا المعنى لعمليات العلم على أنها " طرق لتجهيز المعلومات "، وهذه العمليات تنمو بشكل أكثر تعقيدًا مع استمرار نمو الفرد، وهى بذلك تسمح للطفل بالحصول على المعلومات.

(Association for the Advancement of Science، 1998)

وقد بدأت المحاولات الأولى لتحديد مفهوم عمليات العلم منذ فترة قريبة نسبيًا، وذلك فى كتابات "درسيل"(1949) Dressel، التى تضمنت ما يسمى "التفكير العلمى" كمكون مهم للأهداف التى تقاس بامتحان شامل فى العلوم البيولوجية، وقد حدد "درسيل" عناصر التفكير العلمى فى قدرة المتعلم على أن:

١- يحدد المشكلات، ويحللها.

٢- يحدد الفروض، ويختار طرقًا لاختبارها.

٣- يقوّم الإجراءات التجريبية تقويمًا ناقدًا، يتضمن البيانات والاستنتاجات والتطبيقات.

وفى بداية الخمسينات طوّر "برمستر" Burmester (1953) اختبارًا بعنوان "بعض المظاهر الاستنباطية للتفكير العلمى"، وقد فصّل القدرات المتضمنة فى التفكير العلمى فى قدرة المتعلم على أن:

١- يحدد المشكلات، والفروض، و الظروف التجريبية، والاستنتاجات.

٢- يضع مخططًا للمشكلة.

٣- يفهم الطرق التجريبية.

٤- ينظم البيانات.

٥- يفهم علاقة الحقائق بالمشكلة فى مجال الدراسة.

٦- يفسر البيانات ويخطط التجارب لاختبار الفروض.

٧- يقيم الاستنتاجات فى مصطلحات تقابل البيانات وتحتويها.

٨- يصوغ تعميمات وافتراضات.

وبعد انقضاء فترة الخمسينات - التى أُطلق عليها فترة الإنماء- عادت الأهداف الخاصة بالتفكير العلمى إلى الظهور والانتشار، ولكن تحت مسمى آخر هو " عمليات العلم ". ويُعد العامل الأساسى فى شيوع هذه الأهداف هو تطوير برنامج العلوم الذى سُمى بـ " العلوم - كمدخل للعملية Science A Process Approach (SAPA)- اشتمل هذا البرنامج على ثمانى عمليات تُقدم فى الصفوف من* الحضانة إلى الصف الثالث الابتدائى، وهى:

---

* يُقصد بالحضانة هنا مدارس رياض الأطفال، ويُلحق بها الطفل عندما يكون عمره ما بين الرابعة والخامسة.

١- الملاحظة. ٢- القياس. ٣- استخدام علاقات الأرقام.

٤- استخدام العلاقات الزمانية و المكانية. ٥- التصنيف.

٦- الاستدلال. ٧- التوقع (التنبؤ). ٨- الاتصال.

كما اشتمل البرنامج المذكور (SAPA) على خمس عمليات أخرى تقدم للتلاميذ فيما بين الصفين الرابع والسادس، وقد عُرفت هذه العمليات بـ " عمليات العلم المتكاملة "، وهذه العمليات هى:

١- تحديد تعريفات إجرائية. ٢- فرض الفروض.

٣- ضبط المتغيرات. ٤- تفسير النتائج. ٥- التجريب.

وبذا أصبح إدماج أهداف عمليات العلم فى المواد التعليمية للعلوم المدرسية عملًا واسع الانتشار فى المستويات الابتدائية والإعدادية، مع تركيز الاهتمام على العمليات المتكاملة فى الصفوف العليا.

ويمثل ما أوصت به الرابطة القومية لمعلمى العلوم فى الولايات المتحدة الأمريكية National Science Teacher Association بشأن تضمين أهداف عمليات العلم فى مناهج العلوم أساسًا من أسس الاهتمام بتنمية تلك الأهداف، وتحقيقها، وذلك حين نشرت ذلك تحت عنوان " من النظرية إلى التطبيق " Theory into Action حيث وُضع مصطلح [1] " العملية " على قطب يماثل الهياكل أو المفاهيم الإدراكية الكبرى Conceptual Schemes، وذلك كإطار تقوم عليه مناهج العلوم (National Science Teacher Association،1964). ومن أهم مبررات الرابطة القومية لمعلمى العلوم National Science Teacher Association((NSTA فى الاهتمام بعمليات العلم ما يلى:

١- يُبنى العلم على الأساس القائل بأن الكون لم يُخلق عبثًا، وإنما تحكمه قوانين دقيقة.

---

(١) قد يتكرر استخدام مصطلح " العملية " فى هذا الكتاب، وهو يشير إلى عمليات العلم.

٢- تُبنى المعرفة العلمية على ملاحظة العينات المتاحة للبحث من قبل عامة الناس.

٣- يتقدم العلم ببحث الجزئيات نقطة بنقطة، وإن كان هدفه الكلى الوصول إلى فهم منظم وشامل للجوانب المتعددة للطبيعة.

٤- لم يكن العلم – ولن يكون – قضية منتهية، وسيظل هناك كثير و كثير مما يمكن اكتشافه عن سلوك الأشياء، وعلاقاتها المتداخلة.

٥- يُعد القياس صفة مهمة فى معظم فروع العلم الحديث؛ وذلك لأن صياغة القوانين وتأسيسها يُسهل كثيرًا عند استعمال التمييز الكمى.

وقد ترتب على ما سبق أن أصبح استخدام عبارة " العملية " أو عمليات العلم متضمنًا فى معظم أهداف برامج العلوم، حتى أصبحت بمثابة واحدة من الأهداف الأساسية التى حددتها لجنة تقييم التقدم التربوى؛ (National Assessment of Educational Progress NAEP،1969) وذلك على أساس أن تلك العمليات تعنى القدرات والمهارات المتطلبة للاندماج فى إجراءات العلم.

وفيما يلى عشر قدرات تعبر عن تمكن المتعلم من عمليات العلم، وهذه القدرات هى:

١- يعرف المشكلة العلمية.

٢- يقترح فروضًا علمية.

٣- يختار إجراءات صادقة (منطقيًا وإمبيريقيًا).

٤- يوضح البيانات المطلوبة.

٥- يفسر البيانات.

٦- يطابق الاتساق المنطقى للفروض مع ما يتناسب من القوانين والحقائق والملاحظات أو التجارب.

٧- يوضح النتائج كميًا ووصفيًا.

٨- يُفرق بين الحقيقة والفرض والرأى، ويحدد المناسب وغير المناسب منها مع بناء أنموذج من الملاحظات المشتقة من الدراسة.

٩- يقرأ المواد العلمية و ينقدها.

١٠- يوظف القوانين و المبادئ العلمية فى مواقف شائعة، وغير شائعة.

وقد ساعد على بناء الاختبارات الخاصة بمشروع دراسة منهج العلوم البيولوجية Biological Science Curriculum Study (BSCS) ما صنفه "كلنكمان" Klinckman (1963) لتلك العمليات، ونشره تحت عنوان " القدرة على استخدام المهارات المتضمنة فى فهم المشكلات العلمية " وعبر عنها بالتصنيفات الفرعية التالية:

١- يفسر البيانات الكيفية.

٢- يفسر البيانات الكمية (الأعمدة، المنحنيات والجداول).

٣- يفهم مدى ملاءمة البيانات للمشكلة.

٤- يحكم على التصميم والتجارب.

٥- يفرض الفروض.

٦- يحدد المشكلات والأسئلة غير المجاب عنها.

٧- يحدد الافتراضات ومبادئ الاستقصاء، مبرزًا تطبيقاتها.

٨- يحلل المشكلات العلمية.

وقد قدم "كلوبفر" Klopfer (1971) إطارًا يساعد على تقويم مخرجات الطالب فى دراسة برامج العلوم فى المدرسة الثانوية؛ وقد صاغ الهدف الرابع تحت عنوان "عمليات الاستقصاء العلمى"، وتمثلت الأهداف الخاصة بهذا الهدف فى:

١- الملاحظة و القياس.

٢- رؤية المشكلة والبحث عن طرق لحلها.

٣- تفسير البيانات، وصياغة التعميمات.

٤- بناء الأنموذج النظرى ومراجعته واختباره.

وقد قسمت رابطة التربية العلمية (Commission of Science Education)، (1970 عمليات العلم إلى مجموعتين أساسيتين كما يلى:

أولاً: عمليات العلم الأساسية Basic Processes Skills

وتتمثل فى الملاحظة، والاتصال، و التصنيف، والقياس، واستخدام الأعداد، واستخدام العلاقات الزمانية والمكانية، وعمل الاستدلالات، وأخيرًا التوقع (التنبؤ).

ثانيًا: عمليات العلم المتكاملة Integrated Processes Skills

وهذه العمليات أكثر تعقيدًا من العمليات الأساسية، وتمثل نتاجًا من تكاملها، وتتمثل فى صياغة الفروض، وتحديد التعريف إجرائيًا، والتحكم فى المتغيرات، والتصميم التجريبى، وتفسير البيانات والرسوم البيانية.

ويمثل التصنيف الذى قدمته "دونا ولفنجر" Wolfinger (1984) لعمليات العلم تصنيفًا متطورًا، يتناسب وما يجب أن يستخدمه الأطفال من عمليات؛ إذ لا تُعد كل عملية وسيلة كسب خبرة فى تقصى الظاهرة الطبيعية فحسب؛ ولكنها تُعد أيضًا وسائل لتنمية محتوى العلوم لدى الأطفال.

وقد قسمت " ولفنجر " عمليات العلم إلى ثلاث عمليات رئيسة، هى:

١- عمليات العلم الأساسية Basic Processes of Science

وتشتمل على عمليات الملاحظة، والتصنيف، والاتصال، وعلاقات المكان، والأسئلة الإجرائية، وعلاقات العدد.

٢- عمليات العلم السببية (العلية) Casual Processes of Science

وتشتمل على عمليات التفاعل والأنظمة، و السبب والنتيجة، والاستدلال، والتوقع (التنبؤ)، والاستنتاج.

٣- عمليات العلم التجريبية Experimental Processes of Science

وتشتمل على عمليات ضبط المتغيرات، وصياغة الفروض، وتفسير البيانات، والتعريف الإجرائى، والتجريب.

وسوف تعالج الفصول الثلاثة التالية تلك العمليات الرئيسة مع تقديم أنشطة تعليمية عقب كل عملية فرعية تساعد القارئ على تحسين خبراته فى استخدام تلك العمليات فى ممارسة العلم بدءًا من الملاحظة حتى التجريب الفعلى، ومن ثم تحسين قدرته على الإسهام فى تربية جيل من العلماء الصغار.

وسوف نقدم كل عملية من عمليات العلم المشار إليها فى الفصول التالية من خلال التعرض لطبيعتها أو تعريفها، ولأمثلة عليها، ثم استخدامها فى تطوير المهارات العلمية مع أمثلة مختلفة لنشاطات للتدريب عليها.

ملخص

تعرض هذا الفصل التمهيدى لأهمية عمليات العلم من وجهة النظر الحديثة فى العلوم؛ حيث استعرض التطور التاريخى لبروز هذا المفهوم إلى ساحة هذا المجال، كما عرض بعض الدراسات والجهود التى تمت لتحديد عمليات العلم منتهيًا بوصف كيفية معالجة هذا الكتاب لكل عملية من هذه العمليات.