البحث
١

التجربة ليست فى جوهرها إلا ملاحظة لذهن متأهب

د. عبد الفتاح مصطفى غنيمة
بقسم الفلسفة وعلم النفس
كلية الآداب - جامعة المنوفية

١٩٩١

التجربة ليست فى جوهرها إلا ملاحظة لذهن متأهب

الواقع أن المعرفة هى الهدف الذى يسعى إليه العلم . ولكن العلم لا يكتفى بملاحظة الظواهر الطبيعية المختلفة ، بل إنه يبحث أيضا عن تفسير أسبابها . فالعالم يبحث دائما عن الأسباب ، وعن الإجابات السليمة على كل الأسئلة التى تخطر بباله ، وهكذا . وعلى سبيل المثال ، فإن معرفة أن الماء يغلى عند تسخينه إلي درجة حرارة معينة ، هى واقعة ملاحظة ، ولكنها مبهمة وغير مفهومة . وهنا يمكننا أن نطلق عليها اسم « المعرفة التجريبية » ، أى أنها تستند على التجربة ، دون أساس علمى أو نظرى .

ولكن العلم - علم الفيزياء هنا - يهتم بمعرفة « لماذا يغلى الماء ، وعند أى درجة حرارة محددة يغلى » . وبعبارة أوضح ، إن العلم يبحث عن فهم الأسباب أى التفسير الذى يجعل السوائل تغلى ، وعن الأسباب التى تجعل كل سائل منها يغلى عند درجة حرارة معينة ، وعن الأسباب التى تجعل درجة الحرارة هذه تتغير ، إذا احتوى السائل على محلول مادة أخرى ، أو إذا تغير الضغط الجوى الذى يجرى فيه الغليان ، إلى غير ذلك . . . وعندما يتوصل العالم إلى معرفة كل هذه الأسباب ، فإنه يستطيع أن يبوب ، ضمن مجموعة الملاحظات التى يتوصل إليها ، العناصر المتشابهة ، ويدرك السبب الحقيقى فى ظاهرة الغليان . وفى هذه الأثناء ، يمكنه وضع النظرية التى تصوغ القانون الذى يحكم هذه الظاهرة . ومع ذلك فإنه لابد من إجراء تجارب أخرى عديدة ، للتدليل على صحة هذا القانون .

وعلى ذلك فالعلم ، إذا أخذ بمعنى فضفاض ، كان يدل على ما نعرفه ، وعلى مجموع المعرفة البشرية التجريبية بأسرها . غير أن تعريف العلم بأنه كل المعرفة التجريبية لن يكون تعريفاً صالحاً ، إذ أن من الواضح أن هناك أنواعاً مختلفة من المعرفة . هذه الأنواع تختلف تبعاً لطريقة اكتساب المعرفة ، وكذلك تبعاً لإطار التجربة التى تندرج فيه . فما نعرفه عن الفنون ، والأدب ، والقانون ، والدين ، والخبرة الفنية ، يمثل ذخيرة من المعلومات مستقلة متفاوتة ، غير أن هذه المعلومات لا تكاد تكون لها صلة بما نطلق عليه عادة اسم العلم التجريبى [1] .

---

(١) James B. Conant : Common Sense. Yale Univ. Press U.S.A. 1955. p. - 76 .

إن المعرفة تكتسب على أنحاء متباينة . فنحن نعرف بعض الأشياء من تجاربنا الخاصة بوصفنا أفراداً ، وهى تلك الأشياء التى تعلمناها « بعرق وجهد » ، إن جاز هذا التعبير . وهناك معارف أخرى تأتى من تجارب الآخرين ومن تفكيرهم ، عن طريق التأثر الاجتماعى ، والقراءة ، والتراث التعليمى والتلقين الدينى.وهناك أمور معينة نقول إننا نعرفها ، ويبدو أنها تنشأ من داخل أذهاننا ، أعنى بديهية أى حدسيه . ولسنا نعلم إلا القليل عن المعرفة الحدسية ، ولكن يبدو أنها تأتى من مجموع تجارب المرء وأفكاره . وهكذا فإن الأنواع المختلفة للمعرفة تمثل الأوجه المتباينة – للتجارب البشرية ولأفكارنا عن العالم المتعدد الجوانب الذى نعيش فيه .

العلم الطبيعى :

يطلق على العلم اسم « العلم الطبيعى Natural Science » ، تمييزاً له عن الفروع الأخرى للمعرفة . والعلوم الطبيعية تدرس جميع الظواهر التى لا دخل للإنسان فى حدوثها . بل إن الطبيعة هى التى تحدثها وتحددها ، وتشمل هذه المجموعة علوم الفيزياء والفلك وحركة الأجسام والكمياء ، وعلوم الأحياء . وبهذا المعنى وحده نستخدم كلمة العلم فى هذا البحث.وبالفعل نجد أن العلم يهتم بالطبيعة من جميع وجوهها ، أى بمعرفة خصائص جميع الأشياء والأحداث الطبيعية وعملياتها . وعلى الرغم من الاهتمام الكبير الذى أصبحت تلقاه مكونات الفيزياء الذرية فى الآونة الأخيرة بأعتبار أن الذرات أحدث ما ارتدت إليها الطبيعيات كلها اليوم ، فإن العلم يتجاوز بكثير معرفة تلك الجسيمات المتقلبة السريعة الحركة التى تنقسم إليها الذرات . ذلك لأن العلم ينتظم الطبيعة بأسرها ، وهو يعبر عن أفضل ما لدينا من أفكار عن الطريقة التى ترتبط بها الظواهر الطبيعية سوياً ، وتتداخل فيما نطلق عليه اسم الكون .

وللعلم خصائص متعددة ، ولابد لفهم طبيعة العلم من بحث مفصل لتلك الخصائص والمميزات.نبدأ البحث إذن بدراسة الوسائل التى تجمع بها المعلومات العلمية . وإذا كان تعريف بعض المفكرين للعلم بأنه لا يعدو فى حقيقته أن يكون منهجاً ، أعنى المنهج العلمى – إذا كان هذا التعريف مفرطاً فى التبسيط ، حيث لا يوجد شئ واحد يشار إليه فيقال هذا هو المنهج العلمى ولا شئ سواه،إذ لوجد هذا الشئ لكشفت عنه دراسة تاريخ الفيزياء والكيمياء والأحياء ، وهى العلوم التى إليها مرد ما عند الناس من ثقة فيما يجريه

العلماء وفيما يتبعون من أساليب ولكن هذه العلوم لم تكشف طريقة يقال أنها وحيدة في هذا المجال . رغم أنه من المؤكد أن الأساليب المختلفة للمنهج العلمي تقوم بدور كبير فى تحديد طبيعة المعرفة العلمية . (١)

إن الشخص غير العالم عندما يفكر فى البحث العلمى ، يتخيل عادة معملا يحتوى على كمية كبيرة من الأوعية الزجاجية المعقدة ، وعلى كثير من الأجهزة الغامضة الباهظة التكاليف ، فيها كثير من المؤشرات والأزرار واللوحات المضيئة . فهنا يقوم العالم بمعطفه الأبيض ، ومعه مساعدوه بأداء تجارب تميط اللثام عن أسرار الطبيعة ، فإذا محونا من هذه الصورة المعدات الفنية ، والمعطف الأبيض ، والمساعدون ، فلن يتبقى إلا الرجل والتجربة ، ففى الانسان والتجربة لجد مفتاح المنهج العلمى . أما الإنسان ، فسوف نقول عنه الكثير كباحث . وأما التجربة ، فهى التى نود أن نتأملها الآن . حيث يمكن تعريفها بأنها ملاحظة ظاهرة ما أو مجموعة من الظواهر ملاحظة مقصودة تتضمن تغيير بعض الظروف الطبيعية التى تحدث فيها تلك الظاهرة رغبة فى الوصول إلى صفاتها أو خصائصها التى لا يكون فى مستطاعنا الوصول إليها بمجرد الملاحظة دون تعديل فى ظروفها الطبيعية .(٢)

إعتبارات الملاحظة والتجربة :

إن المرء قد يظن ، لأول وهلة ، أن التجربة شئ بسيط - أى مجرد محاولة لتجرب فيها فكرة معينة لنرى إن كانت ستنجح أم لا . وهى بالفعل على هذا القدر من البساطة ، فيما عدا أمراً واحداً هو : كيف نختار الفكرة التى نجربها ، وكيف نعلم أن التجربة سوف تعطينا أية معلومات عن هذه الفكرة ؟ إن التجربة ، على أهميتها فى مناهج العلم ، تسبقها دائماً خطوتان هامتان ، وتليها خطوة هامة أخرى .

فبداية المنهج العلمى والخطوة الأولى فيه هي الملاحظة البسيطة . وتنصب هذه الملاحظة على ظاهرة معينة ، هى إحدى الوقائع الصلبة في الطبيعة : فالطائر المحلق ، والبذرة التى تنبت ، والنحلة التى تجمع حبوب اللقاح ، والإنسان الذى يمرض ، كل

---

(١) James B. Conant : Common Sense. p. 77.

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الإستقراء والمنهج العلمى . دار الجامعات ١٩٧٧ ، ص : ٤٥ .

هذه وقائع . ويمثل هذه الوقائع ينبغي أن يبدأ كل بحث علمي . وعلى أساس مثل هذه الوقائع يبنى العلم .

فمن المستحيل علينا أن نستكشف التفاصيل الدقيقة لشئ ما لا نستطيع أن نلاحظه بطريقة أو بأخرى ، بل إن الملاحظات تكون لب المعرفة في بعض فروع العلم الطبيعي . فالتشريح مثلا يعتمد إلى حد بعيد على الملاحظة والوصف ، وهو لا يصبح تجريبياً إلا إذا اقترن بالفسيولوجيا والكيمياء الحيوية . وعلم تصنيف الأحياء Taxonomy فرع من علم الأحياء يتعلق بوصف جميع الأنواع المختلفة للنباتات والحيوانات وتحديد أسمائها وتصنيفها . وهذا الفرع من فروع المعرفة يكاد يكون كله وصفياً . لم تظهر لهذا العلم أوجه تجريبية إلا في السنوات الأخيرة . وإذن فالعلم يبدأ بالملاحظات . عرّف بعضهم الملاحظة بأنها توجيه الحواس أو المشاهدة الدقيقة لظاهرة ما . مع الإستعانة بأساليب البحث والدراسة التي تتلاءم مع طبيعة هذه الظاهرة . وتطلق الملاحظة على الحقائق المشاهدة التي يقررها الباحث في فرع خاص من فروع المعرفة . فيقال مثلا ملاحظات فلكية وملاحظات طبية أو مرضية . . . إلخ . وهي جزء جوهري من المنهج التجريبي لأنها تنحصر في أن يوجه الباحث حواسه وعقله إلى طائفة خاصة من الظواهر لمعرفة خواصها وصفاتها على أن تتضمن الملاحظة تدخلاً إيجابيا من جانب العقل الذي يقوم بنصيب كبير في إدراك الصلات الخفية بين الظواهر . . . وهي الصلات التي تعجز العمليات الحسية المجردة عن إدراكها . وتدخل العقل هنا ضروري وإلا لأصبحت البحوث مجرد آلات لتسجيل ما يطرأ على الظواهر من تغيرات . وإذن فمن الضروري أن تهدف الملاحظة بمعناها الصحيح إلى غرض عقلي واضح . هو الكشف عن بعض الحقائق التي يمكن استخدامها لاستنباط معرفة جديدة . إن العقل الإنساني إذا لاحظ ظاهرة ما فإنه يتدخل في هذه الملاحظة تدخلاً كليا حتى يعمل ما استطاع على تنسيق عناصرها التي تبدو مبعثرة ومنفصلة بحسب الظاهرة [1]. إن اكتشاف دور العصارة البنكرياسية في هضم الدهون قد توصل

---

(١) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ومناهج البحث - الانجلو ط ٣ . ١٩٥٤ . ص : ٨٣ .
وأيضا : بيڤردج : في كتابة " فن البحث العلمي " ترجمة زكريا فهمي والدكتور أحمد مصطفى أحمد ص : ١٥٦ وما بعدها .

إليه « كلودبرنارد » [1] Claud Bernard (١٨١٣ - ١٨٧٨) من ملاحظاته على أرانبه المشهورة التي اشتراها من السوق وبالت فوق مكتبه . وكان لون البول صافيا وحمضيًا على عكس ما يجب أن يكون عليه بول الأرانب الذى يجب أن يكون عكراً وقلويا لأنها من أكلة العشب وليست من أكلة اللحوم . وبعد تجارب عديدة اكتشف أن حرمانها من الأكل لمدة طويلة يجعلها تتغذى من لحمها . فتكون أشبه بأكلة اللحوم . ويأخذ لون بولها اللون الذى رآه . وقد توصل من ذلك فى النهاية إلى اكتشاف نظريته الخاصة بدور العصارة البنكرياسية فى هضم الدهون . وهكذا نجد أن الملاحظات العلمية كانت دائماً نقطة البداية في كثير من النظريات العلمية . [2]

ومن الملاحظات يضع ويصوغ الباحث أفكارا تتعلق بطبيعة العالم الذى نجد أنفسنا فيه . وقد تكون هذه الأفكار مسرفة فى الخيال ، غير أن أية فكرة تفسيرية لن تكون أقل قيمة من أية فكرة أخرى ، ما لم تكن هناك وسيلة معينة لاختبارهما . وإذن فالخطوة الأولى فى البحث العلمى ، بعد الملاحظة ، هي تكوين فكرة مبدئية عن الطريقة التي يمكن بها تفسير الملاحظات . وتسمى الفكرة أو المشروع الأولى ، قبل تحقيقهما ، باسم « الفرض Hypothesis » .

على أن القوة المذهلة للمنهج العلمى إنما تكمن فى النظام المستخدم من أجل اختبار الفروض المستوحاة من الملاحظات . فذلك الاختبار يتم عن طريق التجربة التي يمكن تعريفها بأنها ملاحظة الظاهرة بعد تعديلها تعديلاً كبيراً أو قليلاً عن طريق بعض الظروف المصطنعة أو هى تسجيل ظواهر يخلقها المجرّب أو يحددها . وهى جزء جوهرى من المنهج الاستقرائى ووسيلة لتحقيق بعض النتائج السريعة التى لايمكن الوصول إليها عن طريق الملاحظة . يقول كلودبرنارد إن المجرّب يوجه أسئلة إلى

---

(١) أحد العلماء الذين شعروا فى أثناء بحوثهم العلمية بضرورة الوقوف هنيهة وإعادة النظر فى أسس العلم العقلية والتجريبية وفى صلة العلوم ببعضها . وفى قيمة القوانين العلمية من حيث اليقين ومن حيث هى عنصر من عناصر تفسير الكون بأسره .

راجع : كلودبرنارد : المدخل إلى دراسة الطب التجريبى . ترجمة د. يوسف مراد / وسلطان . المطابع الأميرية ١٩٤٤ ص ١ ح .

(٢) د. محمد مهران : د. حسن عبد العال : فى فلسفة العلوم ومناهج البحث ١٩٧٨ ص : ٢٥

الطبيعة ولكن بمجرد أن تتكلم الطبيعة فيجب عليه أن يلزم الصمت وأن يلاحظ ما تجيب به ، وأن يسمعها حتي النهاية وأن يخضع في النهاية لما تمليه عليه . [1] ولكن من الضرورى التفكير فى طريقة التجريب بإمعان وتصميمها بدقة، بحيث تقل الاختلاقات فى طرق تفسير النتائج إلى أدنى حد ممكن . مثل هذه التجربة تسمى بالتجربة المحكمة Control Experiment . ولابد لاكتشاف القدرة على تقدير العلم من فهم مدى اعتماد العلم على التجارب المحكمة ، إذ إن هذه التجارب وحدها هى التى تتيح لنا أن نتقدم ونصحح الأخطاء التى تتسلل إلى المعرفة العلمية المعترف بها . وأفضل طريقة لمعرفة طبيعة التجربة العلمية هي دراسة واحد من أمثلتها، فإن ما تمتاز به التجربة هو أن العالم فى أثنائها يسجل الظواهر التي يستثيرها صناعيا والتى هى بالطبيعة خافية عليه : اتخذ العلماء من طيران الخفافيش موضوعاً لتجربة علمية طريفة . فالخفاش هو الحيوان الثديى الوحيد الذى يطير بحق . صحيح أن فى استطاعة بعض الثدييات الأخرى - كالسنجاب الطائر - أن ينزلق فى الهواء ، غير أن الخفاش وحده هو الذى يطير . وقد رأينا الخفاش الأسود المألوف وهو يخبط بجناحيه بلا انتظام محلقاً فى الظلام . وأكثر أنواع الخفاش شيوعاً لا يزيد حجمه على الفأر إلا قليلا ، ويطلق عليه أحياناً اسم يمكن ترجمته « بالفأر الطائر » (Fliltermouse or Fledermaus) . وقد دلت الملاحظات العادية لكثيرين طوال مئات السنين على أن الخفافيش طيارة مهرة ، تمسك بالحشرات الطائرة وتأكلها فى أثناء طيرانها . بعد تعقب حركات ضحيتها . . فتناور في حركات أكروباتية سريعة تستغرق جزءاً من الثانية لقطع الطريق والانقضاض على الحشرات والبعوض والخنافس الطائرة . ومع ذلك فمن المعروف أيضاً أن قوة إبصارها ضعيفة جداً ، ومع ذلك فهى لا تطير إلا ليلا عندما يكون الظلام ، أحلك من أن يسمح بالرؤية . أما ساعات النهار فتقضيها في وضع مقلوب فى كهف أو جُحْر مظلم ، وقد انطوت داخل أجنحتها الرقيقة المغطاة بالشعر ، كأنها نائمة . [2]

---

(١) كلود برنارد : المدخل إلى دراسة الطب التجريبى ، ترجمة د. يوسف مراد ص ٥ وما بعدها .

(٢) Donald R. G; Echoes of Bates and men. Copyright by Educational Services . Anchor Books New York . 1959 , p. 83 .

درس العلماء عملية اصطياد الحشرات وكم عدد الحشرات التي يصطادها الخفاش في وقت معين ؟ وما حجم الحشرات التي يصطادها ؟ وعلى أي مدى يمكن اكتشافها ؟ عند الكشف على أمعاء الخفافيش في تجارب سبالانزاني[1] Lazzaro Spallanzani بعد عودتها من الصيد الليلي ، اندهش الجميع نظراً للكمية الكبيرة من بقايا الحشرات المضغوطة والموجودة في القناة الهضمية لكل خفاش . وقد أظهرت إحدى التجارب أن الخفاش الذي يزن ٧ جرام عادة ما يصطاد حشرات وزنها جرام في ساعة . وهناك خفاش آخر يزن ٣,٥ جرام اصطاد بعوضاً بسرعة مذهلة في خلال ١٥ دقيقة وازداد وزنه ١٠٪ أي أصبح ٣,٨٥ جرام ، وهذا البعوض تزن الواحدة منه عادة ٢ . . ر. جرام ولا توجد أي وسيلة محتملة لازدياد وزن الخفاش خلال الـ ١٥ دقيقة ، فهو لا يشرب الماء ولا يأكل أي شيء خلاف هذا . . بل المحتمل أن يفقد جزءاً من الوزن نتيجة بخر الماء بالتنفس ونتيجة للطاقة التي يبذلها في الحركة والطيران . . . فإذا قسمنا الوزن الزائد على وزن البعوضة الواحدة يتضح أن الخفاش اصطاد ١٧٥ بعوضة على الأقل في ١٥ دقيقة أي واحدة في كل ٦ ثوان . . وهو يساوي تقريبا عدد المناورات التي قام بها الخفاش لاصطياد البعوض . . . وهذا يؤكد الفكرة القائلة أن مثل هذا المعدل في صيد الحشرات ليس سوى سلسلة من حوادث عادية في النشاط الليلي لملايين من هذه الخفافيش . بالطبع ليس البعوض هو الغذاء الوحيد دائما . فإنها ترحب بأي حشرات أخرى في حجم البعوض والعتة .

ولكن ، إذا كان الخفاش يطير ليلا ولا يأكل إلا الحشرات الطائرة ، فكيف يستطيع الإمساك بها لو لم يكن يراها ؟ وإذا كان « أعمى » فما الذي يحول بينه

---

(١) لازارو سبالانزاني (١٧٢٩ - ١٧٩٩) عالم إيطالي في التاريخ الطبيعي اهتم بدراسة طيران الخفافيش والحيوانات المختلفة التي تشق طريقها في الظلام ، مثل البوم والخفاش . صعق عند اكتشافه أن الخفافيش تواصل طيرانها بمهارة تامة حتى عندما لا ترى شيئا . اشترك معه في إجراء التجارب عالم بيولوجي سويسري هو شارل جورين واكتشفا أن الخفافيش إذا سدت آذانها فإنها تتخبط وتفقد مقدرتها علي تحديد المكان وكان التساؤل كيف تحل الأذان محل العيون في الرؤية وتوجيه الطيران . . . ؟ راجع :

Harlaw Shapley : A Treasury of Science . Copyright . New York 1958 p. 303.

وبين الاصطدام بالأشياء التي تعترضه ، كالأشجار والصخور والأبنية ؟ لابد أن تكون هناك وسيلة لتصميم تجارب تمدنا ببعض المعلومات عن طريقة تحليق الخفافيش بتلك البراعة البادية عليها .

ولا شك أن من العسير جداً إجراء التجارب على الخفافيش التي تطير بالفعل في الخارج . وإذن فأول ما ينبغي عمله هو اصطياد بعض الخفافيش ، ثم إجراء التجارب عليها في ظروف أكثر تحديداً . ومن المهم بوجه خاص أن نجري تجاربنا في ظروف موحدة ، إذ إن الظروف تتيح لنا أن نحدث تغييراً تجريبياً واحداً في المرة الواحدة ، وأن نقيس ما لهذا التغيير ذاته من تأثير في سلوك الخفافيش . (١)

وبعد أن نحصل على بعض الخفافيش ، ينبغي أن نحدد الظروف التي ستجرى فيها التجارب . فمن الممكن أن تفي حجرة كبيرة ، خالية من الأثاث ومن النوافذ ، بأغراض التجارب على أفضل وجه . وبعد ذلك ينبغي أن نضع في هذه الحجرة بعض العقبات . ولاشك أننا لو مددنا أسلاكا غليظة من كل حائط إلى الحائط المقابل له ، ومن الأرض إلى السقف بزوايا مختلفة ، لزادت مخاطر الطيران داخل الحجرة . ويمتاز هذا النوع من العقبات بأنه متجانس في الحجم ، كما أن من الممكن زيادة عددها في الحجرة أو إنقاصه بسهولة . ومع ذلك ، فلابد أن تكون لدينا وسيلة نعرف بها متى يصطدم الخفاش بأحد الأسلاك أو حتى يلمسه ، وهذا ما نستطيع أن نحققه بسهولة إذا اخترقنا الحوائط بالأسلاك وأوصلناها بوسائل للإشارة والتنبيه . فمن الممكن أن نعلق هذه الوسائل بحيث إنه عندما يمس خفاش سلكاً في الحجرة يدق جرس أو يومض نور أو ترسم علامة على قطعة من الورق .

فلنفرض أننا جهزنا حجرة كهذه ، ووضعنا فيها حوالى مائة من الأسلاك التي تشكل عقبات ، كل سلك منها يتصل بأداة للتسجيل تبلغ من الحساسية حداً يتيح لها التمييز بين الاصطدام العنيف للخفاش بالسلك ، وبين مساسه برفق . وبعد ذلك نطلق الخفاش في الحجرة بعد إظلامها ، ونرقب أدوات التسجيل التي وضعناها ، فنجدها تنبئنا

---

(١) Donald. R.G., : Echoes of Bates and men. p. 60 .

بأن كل مايحدث هو أن أحد الخفافيش يمس أحد الأسلاك برفق من بعيد فى أوقات متباعدة ، ولا يحدث اصطدام بالأسلاك على قدر من العنف إلا فى حالات نادرة جداً . [١]

والآن يصبح فى إمكاننا إجراء تجربة أخرى مُحْكَمة . فنحن حتى هذه اللحظة لم نقم بتجربة ، وإنما أعددنا الشروط الضرورية لها فحسب . وكما لوحظ من قبل أن الخفافيش لاتصطدم بالعقبات فى بيئتها العادية ، فإننا قد لاحظنا الآن أن الخفافيش لا تصطدم بعقبات الأسلاك فى البيئة الصناعية التى أوجدناها . ومع ذلك فإن الشئ الذى يحول بينها وبين الاصطدام ما زال سراً غامضاً . كما كان من قبل . وكل ما تحقق حتى الآن هو إعداد شروط التجربة التى يمكن فى ظلها أن نختبر التغيرات التجريبية بسهولة ، وندرس منها واحداً فى كل مرة . [٢]

فإذا ما شئنا الآن أن نجرى تجارب عن الطريقة التى تستطيع بها الخفافيش أن تتجنب الاصطدام بالأسلاك فى حجرة مظلمة ، فلابد لنا من وضع فرض [٣] ، أى أننا نحتاج إلى فكرة مبدئية نتخذ منها نقطة بداية . ففى تجربتنا العادية ، تتجنب الحيوانات الاصطدام بأن تفتح أعينها جيداً وتنتبه للطريق الذى تسلكه . وهذا أمر بعيد الاحتمال فى حالة الخفافيش ، ولكن لابد من أن نختبر هذه الفكرة . فربما كان إبصار الخفافيش ضعيفاً فى النهار ، على حين أن إبصارها فى أوقات الظلام يصبح حساساً إلى حدٍّ كبير . وإذن فالفرض الذى نريد اختباره هو أن عيون الخفاش ، فى الظروف التى حددناها للتجربة ، هي الوسيلة التى تحول دون اصطدامه بعقبات من الأسلاك . والآن أصبحنا على استعداد لإجراء تجربة محكمة .

---

(١) المرجع السابق ، ص : ٩٢ .

(٢) المرجع السابق ، ص : ٩٣ .

(٣) الخطوة الأولى فى المنهج العلمى المعاصر للعلوم البيولوجية والفسيولوجية هى افتراض الفروض من أجل الاستدلال على مايترتب على هذه الفروض من نتائج ثم محاولة تحقيق تلك النتائج عن طريق الملاحظة والتجربة (رياضياً) فى حين أن المنهج الاستقرائى التقليدى يبدأ بالملاحظة والتجربة ثم ينتهى إليهما أثناء تحقيق الفروض العلمية . ولكن كل فرض يمكن أن يلغيه فرض جديد يأتى فى المستقبل ولن يوجد الوقت الذى نقول فيه إننا وصلنا إلى الفرض الذى كتب له اليقين .
راجع : د. محمود زيدان : الاستقرا والمنهج العلمى ص ١٣٦ ، وأيضا د. عزمى إسلام : مقدمة لفلسفة العلوم ، مكتبة سعيد رأفت جـ١ ١٩٧٧ ص ١٠١ .

فى هذ التجربة ندع خفاشاً يطير بين الأسلاك و تسجل الأدوات أنه لم يصطدم بأية أسلاك ، فنعرف من ذلك أن هذا الخفاش بعينه يستطيع فى الأحوال العادية أنه يتجنب الاصطدام بالأسلاك ، وعلى ذلك فإننا نتخذ من سجل الطيران العادى الذى حققه ، ضابطاً للجزء التالى من التجربة . وفى هذا الجزء نأخذ الخفاش نفسه ، ونعصب عينيه بأشرطة لاصقة سوداء صغيرة ، ثم نتركه مرة أخرى يحلق فى الحجرة المليئة بالأسلاك ، فنجد أنه قد شق طريقه فى الحجرة مرة أخرى دون اصطدام ، ولما كان تحليقه وهو معصوب العينين مماثلاً لتحليقه وهو فى حالته العادية ، فلابد لنا أن نستدل على أن النتائج التى توصلنا إليها لا تدل على أن للعينين أهمية فى قدرة الخفاش على الطيران ، وهكذا فإن التجربة المحكمة التى أجريناها لم تؤيد الفرض الذى اتفقنا على اختباره .

ومع ذلك ، فهناك عامل آخر لم نعمل له حساباً . هذا العامل هو الصدفة ، فربما كانت الصدفة هى التى أتاحت للخفاش أن يشق طريقه وسط كل الأسلاك ، على الرغم من أن عينيه كانتا معصوبتين : والواقع أننا لا نستطيع أبداً فى أية تجربة واحدة ، أن نكون على ثقة من أن نتائج التجربة لا ترجع إلى الصدفة . ولكن هذا الاحتمال يضعف كثيراً وإن لم يختف نهائياً – اذا ما اتبعنا إجراء كل تجربة عدداً من المرات ، فلن يكون في وسعنا أن نتأكد إلى حد معقول من أن العينين لم يكن لهما دور في الحيلولة دون اصطدام الخفاش بالأسلاك ، فى أثناء الاختبار ، إلا بعد أن نجرى تجربة الخفاش معصوب العينين مرات كثيرة .

وهكذا أتاحت لنا نتائج التجارب أن نحصل على بعض المعلومات ، وإن لم يكن الفرض الذى تم اختباره قد اتضحت صحته . ففى وسعنا الآن أن نضيف إلى الواقعة الأصلية الملاحظة ، وهى أن الخفاش يستطيع الطيران بسرعة ٤ أمتار فى الثانية عبر حجرة تشتمل على عوائق دون أن يصطدم بها ، حقيقة أخرى ملاحظة هى أنه يستطيع أن يفعل ذلك وعيناه مغمضتان ، غير أننا ما زلنا لا نعرف كيف يحقق هذا الطائر الضئيل ذلك العمل الرائع ، وإن كنا نعلم أن علينا أن نبحث عن وسيلة أخرى غير العينين ، فهذه التجارب تؤكد أن تحديد المكان بالصدى الذى تمارسه الخفافيش هى طريقة تتضمنها فسيولوجية أجسادها الصغيرة ، هي طريقة ممتازة لترجيهها وليست مجرد تحسس عشوائى .

والسؤال الآن هو : ما الذى نجربه بعد ذلك ؟

إن أذنى الخفاش كبيرتان إلى حد هائل . فقى وسعنا إذن ، بناء على مايكشف عنه التشريح من ارتقاء كبير فى مستوى فسيولوجية أذن الخفاش ، أن نتوقع أن يكون الخفاش حساساً بدرجة عالية للأصوات ، وعلى الرغم من أن هذا يبدو أمراً بعيد الإحتمال ، لنضع مع ذلك الفرض القائل إن الأذنين تتدخلان على نحو ما فى إكساب الطائر الضئيل مهارته فى الطيران .

وهنا نعود مرة أخرى إلى تجربة مُحكمة لكى نختبر الفكرة من خلالها ، ومرة أخرى نبدأ التجربة بخفاش سليم ، ويجرى الخفاش خلال متاهة العقبات دون أن يمس سلكاً ، وبعد ذلك نسد أذنى الخفاش برقة وإحكام بقطع من الشمع اللين[1] ، ثم نعود بالخفاش إلى حجرة التجربة ونطلقه ، عندئذ سيحدث شئ يدعو إلى الدهشة إذ إن أدوات التسجيل المتصلة بالأسلاك تبدأ فى تسجيل صدمة بعد صدمة ، فلم يعد فى إستطاعة الخفاش أن يحدد مواقع العقبات وتجنبها ، وإنما أصبح يضرب سلكاً بعد آخر فى تحليق متخبط تماماً .

وبطبيعة الحال ، نكرر التجربة عدة مرات باستخدام خفافيش مختلفة ووسائل متباينة لسد الأذنين ، فى كل مرة نجد أن النتيجة واحدة ، فبدون أذنين تؤديان عملهما يعجز الخفاش عن تجنب الصدمات ، وهكذا فإن نتائج هذه التجارب تؤيد الفرض الذى بدأنا منه تأييداً قاطعاً ، وأصبح لدينا الآن سبب قوى للاعتقاد بأن للأذنين دوراً مافى إكساب الخفاش مقدرته العجيبة على الطيران .

ولكن كيف يستطيع الخفاش أن يسمع سلكاً ؟ وأى إرتباط يمكن أن يوجد بين السمع وبين تجنب الاصطدام بشئ صامت ساكن كالسلك ؟ إن الخفاش فى العادة يقتنص الحشرات الطائرة ويمسك بها . كلنا يعلم أن النحل والذبابة والبعوض وأغلب الحشرات تبعث أصواتاً

---

(١) إستخدم سبالانزانى أنابيب نحاسية دقيقة لسد فتحات آذان الخفافيش ولم يكن هذا بالعمل الميسور عام ١٧٩٠ حيث يبلغ قطر قنوات أذن الخفافيش أقل من ملليمتر واحد وعندما سدت الأنابيب بإحكام ،فإن الخفافيش فقدت اتجاهها تماماً واصطدمت متخبطة بكل ما يقابلها من العقبات ، وبتجارب أخرى تبين للعلماء أنه ليس هناك تأثير يظهر باقى الحواس كالرؤية واللمس والشم والذوق

راجع : Donald. R. ; Echoes of Bates and men P. 17

خلال طيرانها ، وهكذا يبدو من المعقول تماماً أن نفترض أن الخفاش يستطيع أن يسمع صوت التحليق (وينقض) عليه لاقتناص الحشرة الطنانة ، ولكن من الضرورة علينا ، وفي التجارب التي أجريت ، أن نفسر دور الأذنين في المقدرة على الطيران ، لا في الاقتناص فحسب .

إن الخفاش عندما نمسك به ، يصدر عادة صوتاً رفيعاً أشبه بالصرير ، ذلك لأن هذا الصرير من طبقة صوتية رفيعاً جداً ، وقد لا يستطيع أن يسمعه شخص بلغ السن التي بدأ فيها نطاق قدرته السمعية يضيق . ولكن إذا كان الخفاش يصدر هذه الصرخة الرفيعة عندما نمسك به ، فهل يطير في صمت ؟ من السهل أن نقرر ذلك بإضافة أجهزة لتكثيف الصوت وتسجيله في التجارب ، وعن طريق هذه الأجهزة ، يمكننا أن (نسترق السمع) فإن لم يكن في الحجرة خفافيش ، كانت الأجهزة كلها صامته ، ولم يصدر عن الأسلاك أي صوت يمكن التقاطه ، أما إذا أطلق في الحجرة خفاش سليم ، فإن حبل السكون ينقطع ، إذ إنه خلال تحليقه عبر متاهة الأسلاك يصدر صريراً منتظماً ومتكرراً على الدوام .

فهل هناك صلة بين صرخة الخفاش الرفيعة وبين قدرته البارعة على الطيران ؟ لكن نجد الرد على هذا التساؤل ، ينبغي أن نعود مرة أخرى إلى إجراء تجربة محكمة والفرض الجديد الذي نود التحقق منه هذه المرة هو أن الصوت الصادر عن الخفاش يقوم بدور ما في الحيلولة دون اصطدامه في أثناء الطيران . وهكذا نختبر الخفافيش مرة أخرى لنتأكد من سلامة أدائها لوظائفها ، ثم نطلقها في غرفة التجربة بعد أن نغلق فكها بالأشرطة اللاصقة ، عندئذ نجد أن الخفافيش التي أخرست تصطدم بالأسلاك ، ويكون تحليقها متخبطاً كما كان عندما كانت أذانها مسدودة ، وإذن فالنتائج تؤيد الفرض المثمر ، ومنها نستنتج أن النشاط الصوتي للخفاش له أهمية حقيقية في سلوكه في أثناء الطيران .

فهل نستطيع ، على أساس المعلومات التي جمعناها ، أن نصوغ إجابة منطقية متسقة عن السؤال : " كيف يتجنب الخفاش الاصطدام في أثناء طيرانه " . هناك عدد من الوقائع الملاحظة ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار :

١ - الخفافيش السليمة تستطيع تجنب الاصطدام في أثناء طيرانها .

٢ - الخفافيش السليمة تصدر صرخات رفيعة متكررة في أثناء طيرانها .

٣- الخفافيش المعصوبة الأعين تستطيع تجنب الاصطدام فى أثناء طيرانها .

٤- الخفافيش المسدودة الآذان لا تستطيع تجنب الاصطدام .

٥- الخفافيش التى أخرست لا تستطيع تجنب الاصطدام .

وينبغى على كل تفسير نقدمه ، وكل إجابة نأتى بها عن السؤال الذى وضع فى البداية ، أن تكون متسقة مع كل من هذه الوقائع الملاحظة ، ومعها جميعاً ، فالواقعة الأولى . وأعنى بها أن الخفافيش تستطيع تجنب الاصطدام ، هى التى وضعت السؤال الأصلى ، والوقائع الأربع الملاحظة الأخرى تمثل ما استطعنا إضافته إلي الملاحظة الأصلية بفضل عدد قليل من التجارب المحكمة البسيطة .

ولا شك أن اعتماد الخفاش على الصوت والأذنين معاً في التحليق بمهارة ، يوحى بأن الخفاش ذاته هو الذى يحدث الأصوات التى ترشده ، وهذا يذكرنا على الفور بأمثلة متعددة لأجهزة صنعها الإنسان ، وتعمل على أساس هذا المبدأ ذاته . فقد استخدمت أجهزة الصدى الراجع[٢] فى السفن طوال سنوات عدة من أجل قياس عمق الماء تحت السفينة ، وفى هذه الأجهزة ترسل إشارة صوتية خلال الماء فى خط مستقيم واقع تحت السفينة ، ومن الواضح أن طول الوقت اللازم لاستعادة صدى هذا الصوت من قاع المحيط يتوقف على طول المسافة التى يتعين على الصوت أن يقطعها ، وإذن فطول الوقت اللازم لقيام الإشارة الصوتية برحلة الذهاب والإياب من السفينة إلى القاع وبالعكس ، يتناسب مع عمق الماء .

كذلك فإن أجهزة الكشف عن الغواصات التى يطلق عليها إسم "سونار" Sonar "[٣]،

---

(١) الفروض المثمرة هى فروض تصف نوعاً معيناً من الظواهر ، لا مجرد وصف وإنما وصف يمكننا من أن نفهم تلك الظواهر فهما دقيقاً وتتميز تلك الفروض بأنها فروض مؤقتة تقبل التطور . نلاحظ أن الفرض المثمر إنما هو تفسير بالمعنى وهو تفسير ظاهرة مجهولة بأخرى معلومة لنا مألوفة من قبل . . لمزيد من التفاصيل .

راجع : د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى . دار الجامعات ١٩٧٧ ص . ١٥ .

(٢) هى أجهزة معقدة ترسل موجات كهربية ومغناطيسية (راديو) أو موجات صوتية لتحديد مكان بعض الأجسام التى تنعكس منها أصداء لهذه الإشارات موضوع الإختبار .

(٣) يستخدم جهاز السونار الموجات الصوتية لتحديد المكان تحت الماء بالصدى . أما الرادار فإنه يستخدم الموجات الكهرومغناصيسية (الراديو) ولذا يسمى بالرادار ، استخدمت أجهزة السونار بكثرة خلال الحرب العالمية الثانية ، والجهاز مزود بهيدروفون أو مكبر صوت تحت الماء ويذيع صوتاً يبلغ =

تعمل على تحديد مواقع الأشياء الموجودة تحت الماء عن طريق التقاط موجات صوتية منها ، فإن طريق قياس الزمن الذى يستغرقه استرجاع الصدى ، وقياس الزاوية التى يأتى منها الصوت ، يمكن تحديد موقع الغواصة بدقة .

ولو شئنا تفسيراً منطقياً لما لدينا من معلومات عن الخفاش لقلنا إنه يطير بواسطة جهاز بيولوجى يناظر السونار فى تكنولوجيته إن لم نصفه بأنه أرقى وأكثر تطوراً بمراحل ، فالخفاش عندما يطلق صرخاته الرفيعة القصيرة يكيف طيرانه وسلوكه وفقاً للأصداء التى يتلقاها من أى شئ - فريسة كانت أم عقبة - يتصادف وجوده بالقرب منه ، هذا التفسير يتمشى مع جميع الوقائع الملاحظة ، وهو يتصف ، فضلاً عن ذلك ، بميزة أخرى ، هى أنه يتسق مع ما نعرفه عن فيزياء الموجات الصوتية .

على أن التفسير الذى قدمناه لطيران الخفافيش لا يعنى تسوية هذه المسألة بصورة نهائية حاسمة ، فقد تسفر تجارب أخرى عن نتائج تحتم إعادة تفسير الظواهر كلها من جديد ، ولكن أكثر التفسيرات اتساقاً وأقربها إلى المنطق ، فى هذه المرحلة التى نقف عندها فى معالجة مشكلة طيران الخفاش ، هى أن الخفافيش تسترشد بأصداء الأصوات المنبعثة عنها ، وهكذا اتضح للعلماء ، بعد تجارب قليلة فحسب ، أن الحيوان يسترشد على ما يبدو بالصوت وحده تقريباً .

الخفاش يرى ويسمع بأذنيه :

وعند هذه النقطة ، قد نشعر بأن هناك ما يغرى على تجاوز ما لدينا من فروض ، أى على تخيل ما يشعر به الخفاش بالفعل ، وكيف يعيش فى عالم من الأصداء ، وكيف يتعرف على الأشياء بالأصوات المرتدة منها ، وكيف أنه لا يشعر بعالم الألوان والأضواء ، وكيف « يرى » ويسمع هذا الكائن البسيط بأذنيه . غير أن من الواجب مقاومة هذا النوع من الإغراء ، إذ إننا لا نعرف شيئاً عن أحاسيس الخفافيش وانطباعاتها وتجاربها الذهنية . فكل ما تناولناه بالبحث فى التجارب هو الطريقة التى تسلك بها الخفافيش . أما إدخال

= مستوى قوته ٦٠ وات . اخترع الجهاز سيرهيرام مكسيم Sir H. Maxim على أساس فكرة محاكاة طرق الخفافيش فى طيرانها . وذلك بصميم جهاز أمان للبواخر عابرة المحيطات

راجع : Donald R. G, Echoes of Bates and men. P. 112 .

الخيال فى تلك الأمور الأخرى فيعنى أننا نعزو إلى الخفاش صفات بشرية ، ونحاول أن نضفى أذهاننا وشخصياتنا الخاصة على الخفاش ، وتسمى هذه النزعة باسم «التشبيه بالإنسان » ، وهى من أكبر الخطايا التى يمكن أن يقع فيها أى باحث . ومع ذلك فقد يكون من العسير أحياناً تجنب التشبيه بالإنسان . فليس من السهل أبداً تجنب هذا التشبيه فى تفسير التجارب ، وفى وصف السلوك وحده ، بل فى تعريف الألفاظ التى نستخدمها فى اللغة العلمية .

والواقع أن مئات التجارب الخاصة بالخفاش تكشف عن كثير من الخصائص المشتركة بين كل الأبحاث العلمية . والأمر الذى ينبغى أن نتعلمه منها ، فى صدد ما جاء فى هذا البحث ، ليس ما نظن أننا نعلمه عن الطريقة التى تطير بها الخفافيش ، بل إن ما يهمنا هو طبيعة المنهج العلمى ، ونوع المعرفة التى نكتسبها منه . فليست كل التجارب بسيطة ومباشرة كتجارب الخفاش ، ومع ذلك فإن الهيكل الأساسى يكاد يكون واحداً فى كل الأحوال .

فمن الواجب دائماً أن نبدأ ببعض الملاحظات للوقائع . وهذه الملاحظات قد تكون متعلقة بأى حادث طبيعى فى أى مكان - فى غابة ، أو في حديقة للحيوان ، أو فى البحر ، أو فى تجربة معملية . ولابد بعد ذلك أن توحى الملاحظات بفكرة تفسيرية أو فرض فى ذهن شخص ما . وينبغى أن يتميز الفرض بصفة أساسية ، هى أن يكون من الممكن اختباره بواسطة تجارب مُحْكمة . ومهما كان فى خصائصه الأخرى من الإسراف والمغالاة ، فإنه يكون مشروعاً إذا كان قابلا لأن يختبر . ومع ذلك فلست فى حاجة إلى ذكر أن كثيراً من الفروض التى تخطر ببال الباحث لا تختبر إلا عقلياً ، وتستبعد إذا تبين أنها غير متمشية مع الوقائع الملاحظة .

وقد يكون الفرض الذى يختاره الباحث ليجرى عليه الاختبار مجرد فرض واحد من بين فروض كثيرة ممكنة . أما التجارب التى يجريها فينبغى أن تكون محكمة أو مرسومة بأدق طريقة ممكنة . والحالة المثلى فى هذا الصدد هى تلك التى تشبه ما رأيناه فى تجارب الخفاش - أعنى أن تكون ظروف التجربة محددة بإحكام يتيح تغيير عامل واحد فقط فى المرة الواحدة . وتعد نتائج التجارب مجموعة أخرى من الوقائع

الملاحظة . وقد تدفعنا هذه الوقائع الجديدة ، بعد إضافتها إلى الملاحظات الأصلية ، إلى تكوين تفسير جديد ، وتؤدى بدورها إلى ظهور فرض جديد يتعين اختباره . ومن الممكن أن نصور المسألة بالشكل الآتى :

الوقائع الملاحظة ← التفسير ← الفرض ← التجربة المُحْكمة ← النتائج التجريبية

وهكذا فكلما ازداد عدد الوقائع الملاحظة التى نحصل عليها فى ظروف متباينة ، ولا سيما ظروف التجارب المحكمة ، كانت لدينا فرصة أفضل لفهم الظاهرة التى تبحث . ففى مشكلة الخفافيش الطائرة ، لم نصل إلى حل إلا بعد جمع نتائج مئات التجارب وكان الحل الذى توصلنا إليه منطقياً ومتسقاً مع جميع الوقائع المعروفة حتى ذلك الوقت .

وكلما تراكمت معلومات جديدة ، اتسع نطاق المعرفة ، وبالتالى تتغير النظريات والأفكار . والواقع أن العلم يهتم أحياناً بأنه غير مستقر ، فيقال : « إن العلماء لا يستطيعون أن يستقروا على رأى : فهم قد ينكرون غداً ما يصفونه اليوم بأنه حقيقة . » ولكن هذه الصفة ، التى يظن أنها إحدى عيوب العلم ، هي فى الواقع من أوضح مظاهر قوته . فأفكارنا عن الطبيعة ، وعن طريقة سيرها ، وطريقة تركيبها ، تزداد إحكاماً وقوة كلما ازداد عدد الوقائع الملاحظة التي يمكننا إدماجها فى تفسيراتنا التى نضعها بأنفسنا .

والواقع أن تاريخ العلم يكشف لنا عن أمثلة بحثية متعددة للطريقة التى ينبغى أن نغير بها الأفكار كلما اهتدينا إلى مزيد من الوقائع التي يجب أن تدمج سوياً . ومن أفضل الأمثلة البحثية التي يمكن الإتيان بها فى هذا الصدد ، ذلك البحث الذى ينتمى إلى أوائل عهد علم النبات التجريبى . ففى حوالى ١٦٤٠ أجرى عالم أحياء هولندى اسمه جان - بابتست فان هلمونت [١] Jean - Baptiste Van Helmont تجربة استنتج منها

---

(١) هلمونت : هو الكيماوى الفسيولوجى البلجيكى (١٥٧٧ - ١٦٤٤) جمع بين المتناقضات من قديم الفلسفة وحديثها . فبينما كان يعتقد فى حجر الفلاسفة ، إذ هو تعجبه كشوف هارفى فى الدم وبحوث جاليليو وآراء بيكون . وكان يحسن التجربة وهو أول من عرف أن الهواء الجوى أنواع من الغازات Gases . وهو أول من ابتدع لفظ غاز .

راجع : Encyclopedia Americana : International Edition Copyright 1979 Vol. 13 . p . 289.

أن أوراق الأشجار ولحاها وخشبها لا يتألف إلا من الماء النقى وحده ! ولقد كانت طريقة تصميمه للتجربة وإجرائه لها سليمة تماما : فقد أخذ قدراً فخارياً ضخما جداً ، وملأه بكمية من التربة المجففة تماما ، يبلغ وزنها مائتى رطل بالضبط . ثم زرع شجرة صفصاف صغيرة فى القدر ، ورواها جيداً بماء مقطر نقى . ووضع القدر الفخارى والشجرة فى الخارج أى فى الجو الخارجى حيث تنمو الأشجار عادة . ولكى يمنع الأتربة والقاذورات والقمامة من النفاذ إلى داخل التربة المحيطة بالشجرة ، غطى هذه التربة بصفائح معدنية ، تتخللها ثقوب صغيرة كثيرة .

وظل فان هلمونت يتعهد الشجرة بعناية لمدة خمس سنوات ، فكان يرويها بماء مقطر خلال فصول الصيف الجافة ، وينتزع الأوراق التى تسقط فى الخريف . ولم يكن يسمح لأى شئ بأن يقع على التربة المحيطة بالشجرة فى القدر الفخارى فيما عدا الماء المقطر الموضوع فى إناء الرى ، وماء المطر (الذى هو بدوره ماء مقطر) . ولكن شجرة الصفصاف الصغيرة نمت نمو عادياً ، وبعد خمس سنوات قرر فان هلمونت أن الوقت قد حان لإنهاء التجربة .

وأخذ فان هلمونت يقتلع الشجرة بحذر ، حريصاً على ألا يبدد التربة الموجودة فى القدر الفخارى الكبير . وبعد أن نظف الجذور بعناية من التربة ، وأعاد هذه التربة إلى القدر ، وزن الشجرة ، فوجد أن نبتة الصفصاف التى كانت تزن خمسة أرطال فحسب عندما زرعها ، قد أصبحت شجرة تزن ١٦٩ رطلا . أى أن شجرته قد زادت ، بدون حساب الأورق الكثيرة التى سقطت منها فى فصول الشتاء السابقة ، بمقدار ١٦٤ رطلا من الجذور والجذع والفروع واللحاء والأوراق .

فمن أين أتى هذاالنبات كله ؟ ربما كان قد أتى من التربة . لذلك حول جان فان هلمونت انتباهه مرة أخرى إلى قدر الفخار المليء بالتربة ، فأخرج كل التربة من القدر . وجففها مرة أخرى تجفيفاً تاماً ثم وزنت . فكان وزنها يكاد يبلغ مائتي رطل بالضبط . وهكذا تدل الدلائل كلها على أن هذه الكمية هى نفس المائتى رطل التي بدأ بها تجربته قبل خمس سنوات . ولما كان فان هلمونت واثقاً من أن شيئاً لم يضف إلى التربة ما عدا الماء ، فقد استنتج أن المادة النباتية البالغ وزنها ١٦٤ رطلا لم تتكون إلا من الماء وحده . وكان

في الأصل قد تصور أن هناك احتمالات ثلاثة فحسب ، فإما أن النبات نما من مادة التربة ، وإما أنه نما من الماء ، وإما من التربة والماء معاً . ولكن نتائج التجربة كانت قاطعة : إذ لم يفقد من التربة شئ . وعلي ذلك فإن شجرة الصفصاف لم تتكون إلا من الماء ، وكم يكون من اليسير علينا الآن أن نعود بأنظارنا عبر السنين إلى عام ١٩٤٠ وندرك الثغرات والأخطاء التي تتضمنها تجربة فان هلمونت واستنتاجاته . ذلك لأن معرفتنا بفسيولوجيا النبات وكيميائه قد ازدادت إلى حد هائل منذ عام ١٦٤٠ . فلم يكن من المعروف عندئذ أن النباتات تصنع مواد سكرية ومجموعة كاملة من المواد العضوية في عملية تعرف باسم التمثيل الضوئي Photosynthesis . ففي التمثيل الضوئي تقوم النباتات بصنع مواد سكرية بسيطة باستخدام الطاقة الكامنة في ضوء الشمس في الجمع بين ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء وبين الماء الموجود في التربة . ومن هذه المواد السكرية البسيطة يصنع النبات مركبات أخرى . كذلك لم يكن من المعروف في زمن فان هلمونت أن البكتريا الموجودة في التربة تمتص النيتروجين من الهواء ، وتجهزه لاستخدام النبات الذي يمتصه من خلال الجذور ، إذ إن النبات يحتاج إلى النتروجين من أجل صنع بروتيناته . كذلك لم يكن فان هلمونت يعلم أن النباتات تمتص من التربة كميات ضئيلة جداً Traces من المواد المعدنية .

بل إن هذا العرض الموجز للمعلومات عن نمو النبات في القرن العشرين يتضمن ألفاظاً وأفكاراً وميادين كاملة في البحث لم تكن تخطر لبان فان هلمونت على بال . فلم يكن أحد يشك في وجود التمثيل الضوئي حتى عام ١٧٢٧ . وهكذا لم يكن لفان هلمونت أدنى علم بوجود الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون . ولم يعرف أحد أن لثاني أكسيد الكربون أي دور في الأيض النباتي Plant meta bolism إلا في عام ١٧٩٦ كذلك لم يعرف أحد أن النباتات تستطيع أن تحصل على مركبات النيتروجين من الكائنات العضوية الدقيقة الموجودة في التربة إلا منذ عام ١٨٤٠ . أما البكتريا فلم تكن معروفة في عام ١٦٤٠ ولم تكتشف إلا في عام ١٦٨٣ .

والعلماء حتى في الأساليب الحالية في البحث العلمي ، لا يستطيعون في التجارب والاستنتاجات أن يعملوا حساباً لما لا يمكن أن يعرف إلا بعد مائة عام أو نحوها . ومن الواضح أن فان هلمونت بدوره لم يكن يستطيع ذلك . وكلما ازدادت المعلومات ، أصبح

العلم أقدر على تصحيح المفاهيم بحيث تكون أكثر تلاؤما مع الملاحظات . ومع ذلك فمن الواجب أن نشير إلى أن فان هلمونت كان على صواب فى استنتاجاته بنسبة تقرب من خمسة وتسعين فى المائة . ذلك لأن حوالى خمسة وتسعين فى المائة من النبات يستمد من الماء . ولكن من سوء الحظ أن الخمسة فى المائة الأخرى هي أهم جزء فى تركيب النبات .

إن التجارب التى أجريت على الخفافيش وأشجار الصفصاف تمثل التجارب العلمية تمثيلا صادقاً . وفى وسعنا أن نتعلم من هذين المثلين أموراً كثيرة عن ذلك النسق من المعرفة الذى نطلق عليه اسم العلم . فهو يتعلق بالأشياء التى تحدث فى العالم ، أعنى تلك التى تحدث بالطبيعة أو بجهودنا الخاصة . كذلك رأينا أن العلم معرفة مختبرة . وعن طريق هذا الانتقاء والانتخاب المستمر ، نسعى إلى أن نزداد على الدوام اقتراباً من الحقيقة .

العلم بين النظر والعمل :

وتكشف لنا الأمثلة التى ذكرناها عن خصائص أخرى للعلم . من هذه الخصائص اثنتان لا تزيدان فى الواقع على أن تكونا مسلمتين بسيطتين إلى أبعد حد ، وربما مسلمتين ساذجتين . وإذ كانت الفكرة الشائعة تقول « إن العلم يبنى على الوقائع وحدها ، لا على المسلمات » فإن حقيقة الأمر هى أن العلم ، شأن أى نسق آخر للمعرفة ، مبنى على بعض المسلمات ، وسوف نصادف بعضاً منها مرات متعددة خلال بحثنا هذا عن العلم . فهناك مسلمة تكتشف بوضوح فى التجارب الخاصة بالخفاش وأشجار الصفصاف ، وهي مسلمة تبلغ من البساطة حداً يشيع معه إغفالها - وأعنى بها القول إن « الطبيعة قابلة للفهم » . وما هذا إلا تأكيد للاعتقاد بأن الظواهر التي يتألف منها العالم لا تبلغ من التعقيد أو الغموض حداً يستحيل معه فهمها . والفهم تفسير ، حين نريد فهم ظاهرة أو مجموعة من الظواهر فإننا نريد تفسيرها ، فنقوم بتكوين فرضى لنفسر تلك الظواهر أو نفهمها . على أن التفسير لدى العلماء فى القرن الحالى يتضمن مجهول لنا وأنه يثير فينا الدهشة أو الرغبة في مزيد من المعرفة وهو ربط المجهول بالمعلوم . [1]

---

(١) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء ... ص . ص ١٤٣ ، ١٤٤ .

وهذا يؤدى بنا إلى المسلمة الهامة الثانية في العلم ، ألا وهى مدى الاعتقاد بمبدأ العلية ، « بالعلة والمعلول » . ولو شئنا أن نعبرعنها تعبيراً أدق ، هل يمكن ملاحظة العلية ويمكن قياسها كمياً حيث أنه لا قيمة لفهم العلية على أساس التصورات الكيفية وحدها . وما مدى اعتقاد العلماء بانتظام الطبيعة والاطراد العلى .

موقف المنهج العلمى المعاصر من العليه :

والواقع أننا نعتقد فى حدود ما بالعلة والمعلول . فلولا هذا الاعتقاد لبدا العالم فوضي تماماً . فأنت عندما تفتح المروحة الكهربائية فى أمسية يوم حار ، تتوقع أن تبدأ المروحة فى الدوران وما إن تدور حتى ينشأ عنها نمط معين من الدورة الهوائية . وعندما يمر تيار الهواء أمام الجبهة المتصببة عرقاً ، يزداد معدل التبخر . ولما كان التبخر يقتضى امتصاصاً للحرارة ، فإن دوران المروحة يؤدى إلى الشعور بتلطيف فى الحرارة . هذه كلها سلسلة من الحوادث ، عرضت من خلال فكرة العلة والمعلول .

ولكن لنفرض أن المروحة لم تدر عندما ضغطت على الزر . عندئذ لاتشك فى أن الطبيعة قد تغيرت ، بل تفترض أنه قد حدث انقطاع فى موضع ما من سلسلة الحوادث التي ينبغى أن تؤدى إلى ان دور المروحة . ومن هنا فإنك تبحث عن عطل كهربائي ، أو سلك مقطوع ، أو زر مكسور ، أو محرك محترق ، أو توصيلة مقطوعه وما إلى ذلك . أو لنفرض أن المروحة قد دارت ، وأن الهواء تحرك ، ولكنك لم تشعر بأن الجو ألطف . عندئذ لن تلقى اللوم على الطبيعة وتصفها بأنها متقلبة لا تستقر على حال ، بل إنك ستستنتج أن الحرارة النسبية فى الغرفة أعلى مما ينبغى ، وتفكر فى الاستعاضة عن المروحة بجهاز لتكييف الهواء . وهكذا نفعل جميعاً . فنحن دائماً نبحث عن تفسيرات طبيعية للأشياء التي تحدث كما نتوقع ، أو لا تحدث على النحو الذى توقعناه . وليس فى وسعنا أن نعتقد بأن الحوادث تحدث بطريقة عشوائية ، أو مفتقرة إلى الاتساق .

ذلك لأنه لو كان من المستحيل علينا أن نتنبأ من وقت إلى آخر إن كانت المروحة الكهربائية ستدور بعد تشغيلها أم لا ، أو إن كانت ستدور فى هذا الاتجاه أو ذاك ، أو ما إذا كان الهواء سيتحرك ، أو أن التبخير سيحدث ، ولو كان نفس النوع من عدم التأكيد يرتبط بجميع محاولاتنا للقيام شتى أنواع الأعمال ، لكانت الحياة مستحيلة بحق ، ولكان

العلم شيئاً لا يمكن تصوره . ولو كانت علاقات العلة والمعلول ، التى تتضح لنا فى لحظة معينة ، تنقلب فى اللحظة التالية رأساً على عقب ، لكان الإخفاق التام مصير أى مجهود نبذله لفهم العالم المحيط بنا واستغلاله . ولو لا الإيمان النسبى باتساق مسلك الطبيعة ، بحيث يكون من الممكن كشف الأسباب والنتائج فى هذا المسلك ، لكان التقدم العلمى مستحيلاً .

على أن هذا التسليم بأن علاقة العلة والمعلول تسرى على نحو مطلق ، قد يؤدى بنا إلى موقف يمكننا أن نسميه مأزقاً . ذلك لأنه إذا كان كل حادث نتيجة لأسباب محددة ، فلابد أن تكون هذه الأسباب بدورها مجرد نتائج لأسباب أخرى ، وبذلك نرتد إلى ما لا نهاية له من الأسباب السابقة ؟ إنه ليبدو أن الأمر كذلك ، وبالفعل ظل الناس طويلا يعتقدون أن هذا التسلسل اللانهائى للعلة والمعلول أمر لا مفر منه [1] ولكنا نستطيع أن نؤكد مع ذلك أن الاعتقاد بالعلة والمعلول هو اعتقاد مثمر له ما يبرره فى تجاربنا اليومية وفى معظم ميادين العلم . إذا كان أساسها التجارب مع رفض الاعتقاد بها قبلياً .

وقد أدى ذلك إلى ما أخبرنا به برتراندرسل : أن البرهان على أن العالم يخضع للعليه خضوعاً مطلقاً غير ممكن من الناحية النظرية . كما أعلن ماكس بلانك .M Plank, واينشتين Einstcin من فلاسفة العلم المعاصرين أنهما لا يفهمان ما يقال حين يقال أن هنالك علية بين ظواهر الكون .

ليس معنى ذلك أن هناك عداء من جانب العلماء المعاصرين للعلية : إذا جاءت نتائج بعض التجارب تتطوى فيها العلية أثبتوها وإذا جاءت معارضة اثبتوها كذلك وقد يخضع العالم للعلية وقد لا يخضع . ومع ذلك فقد اتضح فى الآونة الأخيرة [2] أن العلية

---

(١) لمزيد من المعرفة عن العليّة يمكن الرجوع إلى :
د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى ، دار الجامعات ص ، ص ٧٥ - ٩٩ حيث تصور العلية قديم قدم الخبر والانسانية . أرسطو أول من أهتم بالعليه وله نظرية فيها . أبان جاليلو خطأ نظرية أرسطو وتوصل إلى قانون القصور الذاتى . أما نيوتن فقد تردد بين الاعتقاد بالعليه والأنكار لها . . . هيوم أعلن أن العليه مبدأ تجريبى يستمد قوته من الخبره الانسانية . جون مل يرى أن قانون العليه هو قانون تتابع ظواهر الطبيعة بلا استثناء . وعرّف العلية بأنها مجموعة الشروط التي تؤدى إلى إحداث أثر معين وأن يكون حدوث ذلك الأثر حدوثا متتابعاً لا تغير فيه .

(٢) B. Russell, Analysis of mind ch. v.

مغطى بطبقة كثيفة من البكتيريا . ولابد بطبيعة الحال من اتخاذ احتياطات دقيقة حتى تكون الزرعات نقية . فمن الواجب الحيلولة دون دخول البكتيريا والعفن الذى يحمله الهواء بلا انقطاع ، إذ أن أية زرعة تلوثها هذه الكائنات الميكروسكوبية الدخيلة لا تكون لها فى العادة أية قيمة بالنسبة إلى الأغراض التجريبية . (١)

وعلى الرغم من أن السير ألكسندر فلمنج كان قد اتخذ الاحتياطات المعتادة ، فإن بعض العفن قد تسرب إلى زرعاته . وهكذا فإنه عندما فحص الأطباق التى توجد فيها الزرعات ، وجد فى أحدها مستعمرة مزدهرة من العفن الأخضر المألوف فى الخبز ، وهو المسمى باسم « بنسيليوم Penicillium » . وكانت طبقة بكتيريا نامية ، ذات لون مائل إلى الأبيض ، قد انتشرت فوق الأجار ، ولكن ارتفع فى الوسط تل أخضر صغير من « البنسيليوم » ، إذ أن أحد أبواغ العفن كان قد سقط فيه ، وتكاثر وبدأ ينمو مكوناً مستعمرة . مثل هذا الحادث ليس بالأمر غير المألوف فى المعامل البكتيريولوجية ، والذى يحدث عادة هو أن الزرعة الملوثة تستبعد فحسب . ولكن فلمنج لاحظ شيئاً غريباً في الزرعة الفاسدة . ذلك لأن البكتيريا النامية كانت تغطى سطح ، فيما عدا منطقة واسعة تحيط ببقعة العفن ، فلماذا لم تفلح البكتيريا فى غزو الأجار المنطقة المجاورة مباشرة لمستعمرة العفن ، والتكاثر فيها ؟ ربما كان العفن يفرز مادة كيميائية تقتل البكتيريا المحيطة به . فقام فلمنج باختبار هذا الفرض تجريبيا ، ووجد النتائج متمشية مع فكرته ، وبعد وقت أمكن عزل المادة الكيميائية القاتلة للبكتيريا ، وأطلق عليها اسم «البنسيلين» تمجيداً للعفن الأخضر الضئيل الشأن الذى أنتجه . وهكذا اكتشف البنسيلين ، وافتتح ميدان علمى جديد – هو المضادات الحيوية – حافل بإمكانيات الكشف والتطور .

وهكذا فإن كشف البنسلين كثيراً ما يدرج ضمن تلك الكشوف التى يقال إنها تمت بالصدفة فى العلم . ولكن عنصر الصدفة الوحيد فى هذه القصة هو التلوث العرضى لزرعة البكتيريا التى قام بها فلمنج . غير أن هذا أمر شائع إلى أبعد حد : فهو يحدث كل يوم فى المعامل فى جميع أرجاء العالم . أما تنبه فلمنج إلي المنطقة التى لم يحدث فيها نمو حول مستعمرة العفن ، فهو أمر بعيد عن أن يكون مصادفة ، شأنه شأن أية ملاحظة

(١) د. مصطفى كمال أبو الذهب : البكتريا ط ١ . دار المعارف . ١٩٦٥ ص . ٣٢ .

أخرى . ولقد قال لويس باستير ، العالم الفرنسي المشهور ، ذات مرة ، إن الصدفة لا تواتى إلا الذهن المتأهب . ومن هنا فإن ذهن السير الكسندر فلمنج المتأهب قد تنبه إلى الدلالة المحتملة للمنطقة الخالية من البكتيريا . ولو كان هناك ذهن آخر غير مدرب وغير متأهب ، لمرت أمامه هذه الظاهرة دون أن تلاحظ ، أو لاستبعدها بوصفها شيئاً لا أهمية له . فالقصة إذن ترتد إلى الخطوات الأربع المألوفة للمنهج العلمى - **وهى الملاحظة والفرض ، والتجربة ، والاستنتاج** ، وليس ثمة صدفة فيها .

كما أن تاريخ العلم حافل بالأحداث العلمية التي وقعت ووصفت عند الحديث عنها بأنها مصادفة أيضا نذكر منها على سبيل المثال : كشوف الإيطالى لويجى جلفانى Galvani (١٧٣٥ - ١٧٩٨) للكهرباء الاستاتيكية عند تشريحه لضفدع واكتشاف اللورد رالى . L. Rayleigh (١٨٤٢ - ١٩١٩) للغازات الخاملة (نيون - أرجون . كربتون - زينون - رادون) بتضافره مع الأمريكى هلبراند Hillebrand بعد بحوث دامت ثلاثين عاماً . وأكتشاف الألمانى رونتجن Roentgen (١٨٤٥ - ١٩٢٣) لأشعة إكس فى أنبوبة التفريغ عند دراسته لتيار الإلكترونات .

وهذه الأحداث هى بداية الاهتمام بالصدفة كمشكلة فلسفية . كان يظن أنها متضمنة في اكتشافات العلوم الطبيعية . يعتقد أنيشتين في عنصر الصدفة بالمعنى الرياضى الإحصائى والذى يمكننا من الوصول إلى حساب الاحتمال . واستخدام الاحتمال في هذه الأحداث والظواهر ليس عجزاً عن متابعة العناصر الفردية بقدر ما هو طواعية لما تتمايز به هذه الظواهر من تداخل وتشابك وتغاير لا ينتهى . وأنه لمن المعين ألا نفحص الفكرة الشائعة بين الناس أن كثيراً من الكشوف العلمية قد ظهرت بمحض الصدفة وما أصدق سبينوزا حين قال أن القول بالمصادفه اعتراف بنقص المعرفة . (١)

ومع ذلك فإنه من المشكوك فيه أن يكون أى كشف علمى قد تم بالصدفة كما أشيع صحيح أنه قد تحدث ملاحظة نتيجة لحادث عارض . غير أن الملاحظة ليست صدفة ، وإنما هى نتاج لذهن متأهب . وقيمة الملاحظة إنما تكون بالنسبة إلى الفرض والتجربة والاستنتاجات التى تعقبها . وإذن فليس للصدفة في العلم دور ذو شأن .

---

(١) د. توفيق الطويل : أسس الفلسفة ، ط ٥ دار النهضة العربية ١٩٦٧ ص : ٢٠٦ .

أهم المراجع العربية والأجنبية

١ - د. توفيق الطويل : أسس الفلسفة ط ٥ دار النهضة العربية ١٩٦٧ .

٢ - د. عزمى اسلام : مقدمة لفلسفة العلوم . مكتبة سعيد رأت ١٩٧٧ .

٣ - كلودبرنارد : المدخل إلى دراسة الطب التجريبى . ترجمة د. يوسف مراد سلطان المطابع الأمير ١٩٤٤ .

٤ - د. محمد مهران وحسنى عبد العال : فى فلسفة العلوم ومناهج البحث ١٩٧٨ .

٥ - د. محمود زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى . دار الجامعات ١٩٧٧ .

٦ - د. محمود زيدان : من نظريات العلم المعاصر . دار النهضة بيروت ١٩٨٢ .

٧ - B. Russel : Analysis of mind

Donald. R. G. Echoes of Bates and men.

Harlaw shapley : A Treasure of science .New York 1958.

٨ - James . B. Conant : Common sense. Yale Unive. U.S.A 1955.

٩ - Eddington, Sirarthur : The Nature of Physical world. Macmillan Co. 1933.

١٠ - Encyclopedia Americana : International Edition Copyright 1939.