الفصل السادس

التجربة
Experiment

مقدمة

دعونا نتذكر ما قمنا بتغطيته في الفصل السابق. أولاً وقبل كل شيء، ما تراه (أي ما لديك من تجارب الإدراك الحسي) لا يتحدد فقط من خلال الصورة التي تراها بشبكية عينيك، بل يعتمد أيضاً على ما لديك من تجربة، ومعرفة، وتوقعات، وقناعات، وافتراضات نظرية مسبقة، وهلم جراً، والتي تساعدك على اختيار ما هو مناسب وله صلة بالموضوع، وما هو حقيقي، أو مصطنع، وغير ذلك. ثانياً، إن للأدوات instruments دوراً مهماً للغاية في الملاحظة. لعل هذه مسألة بينة وواضحة، ولكن عادة ما يتم تجاهلها أو إغفالها في بعض النقاشات الفلسفية. وأخيراً، الملاحظات عادة ما يتم توجيهها من خلال النظرية (نتذكر مثال هيرتز وبحثه المحبط عن موجات الراديو). لقد بدأنا بالفعل نرى أن تلك الملاحظة في العلوم، وبالتالي العمليات التي يتم من خلالها تبرير النظريات، أنها أعقد قليلاً مما كنا نتوقع في البداية.

وما يتبين لنا من خلال هذه الأفكار بشكل خاص، هو أن الملاحظات والنتائج التجريبية بشكل عام قابلة للتصحيح *revisable* (نتذكر الركائز التي أشار إليها بوبر!). ولكن لو كان الأمر كذلك، ماذا عن قاعدة الملاحظة الآمنة في العلوم؟ ومرة أخرى نتذكر أن هذا ليس مجرد افتراض فلسفي مبني على حسابات التبرير، ولكنه يعزز الرؤية البديهية التي تقول بأن العلوم مبنية على الحقائق. حسناً، الجواب المختصر والشافي لهذا التساؤل هو أن العلوم لا تحتاج إلى قاعدة كهذه! ولكن، ماذا إذاً عن الموضوعية؟ كيف يمكن للعلوم أن تكون موضوعية إذا بنيت على رمال متحركة بدلاً من الأرضية الثابتة للملاحظات الآمنة؟ سيكون هذا المحور الأساس الذي سنتناوله في هذا الفصل، وسنبحث أيضاً كيف أن تبرير النظريات يكون أكثر تعقيداً من خلال إدخال النماذج.

موضوعية الملاحظة

فيما يلي نطرح سؤالنا التالي: لو كانت الملاحظات قابلة للتعديل، على الأقل من حيث المبدأ، كيف يمكننا أن نتأكد من أنها موثوقة؟ وبشكل خاص، كيف يمكننا التفريق بين الملاحظات الحقيقية وتلك المزيفة نتيجةً لخطأ في الأدوات، أو ربما بسبب آليات ملاحظة سيئة؟

لنعد قليلاً إلى جاليليو وتلسكوبه الشهير، ونسأل أنفسنا: كيف استطاع جاليليو أن يقنع الجميع بأن النجيمات starlets التي تدور حول كوكب المشترى حقيقية وليست مختلقة، في حين أنه لم تكن لديه نظرية عن طريقة عمل التلسكوب ولم يستطع أن يشرح لمنتقديه كيفية عمل ذلك التلسكوب؟ حسناً، الجواب مباشر: قام بتوجيه التلسكوب إلى وجهة أخرى فاختفت النجيمات ولم تظهر. وقد ظل يلاحظ وجود هذه النجيمات على مدى فترة معينة من الزمن، ولاحظ وجود نوع

متسق وثابت من الحركة. ومن خلال قياس حركة هذه النجيمات بشكل يومي، تم الحصول على بيانات متسقة ومتكررة قادت جاليليو إلى نتيجة مفادها أن تلك البقع الضوئية ليست مجرد سراب وهمي. علاوة على ذلك، ملاحظاته تلك قد تكررت في أماكن أخرى (وكذلك فيما بعد) باستخدام أنواع مختلفة من التلسكوبات، وتم تأكيد النتائج التي توصل إليها.

ولدينا هنا مثال آخر: افترض أننا نرغب في رؤية تركيب خلايا الدم الحمراء، وباستخدام أحدث الأجهزة المتوفرة في هذا المجال، مثل المجهر الإلكتروني. سنرى شكلاً من الأجسام الكثيفة (والمجاهر الإلكترونية طبعاً تعمل وفق مبادئ وقواعد تختلف كثيراً عن تلك التي يعمل وفقها المجهر الضوئي، وما نراه في الواقع هو صورة تم الحصول عليها من خلال عملية معقدة جداً). والآن، للقيام بمثل هذه الملاحظة، لا نقوم بأخذ بعض الدم على شريحة ثم وضعه تحت المجهر وحسب. فالعينات الأحيائية كهذه يتم إعدادها وتجهيزها بطرق معينة من أجل تثبيتها، لإبراز المميزات التي نرغب في التأكد من وجودها، وهكذا. وكذلك عينة من النسيج يمكن صبغها بمواد كيميائية معينة على سبيل المثال. والسؤال الذي يطرح نفسه بشكل تلقائي هو: هل ما نلاحظه هو نتيجة مختلقة، أم هو بسبب طريقة تجهيز العينة وإعدادها؟

ومن الأساليب التي يمكن اتباعها للإجابة عن هذا السؤال، هو أن نضع العينة على شريحة ذات مربعات ثم نقوم بملاحظتها باستخدام أنواع مختلفة من الأجهزة. إذاً، يمكننا أن نأخذ عينة الدم التي لدينا ونقوم بفحصها باستخدام مجهر الفلورسنت، والذي يعمل وفق مبادئ فيزيائية تختلف كثيراً عن تلك التي يعمل وفقها المجهر الإلكتروني. فلو رأينا نفس الشكل لتلك الأجسام الكثيفة، فحينئذ يحق لنا أن نخلص إلى أن هذه ليست نتيجة مزيفة ولكنها سمات حقيقية لخلايا

الدم الحمراء. ولو أخذنا عينة الأنسجة، يمكننا استخدام أساليب مختلفة لصبغها أو تثبيتها. ومرة أخرى، لو رأينا نفس السمات التي رأيناها في الاختبار السابق، بعد أن استخدمنا كل هذه الأساليب، فحينئذ يمكننا أن نشعر بأننا أصبحنا ميالين إلى قبول التركيبة على أنها تركيبة حقيقية، وليست مجرد تركيبة مختلقة أو غير حقيقية. والعلماء في واقع الأمر يستخدمون إستراتيجيات مختلفة لإثبات صحة ملاحظاتهم، ومن أوضح هذه الإستراتيجيات ما يتعلق بفحص الأجهزة من خلال ملاحظة ما إذا كانت هذه الأجهزة قادرة على عرض صورة حقيقية للظواهر المعروفة، قبل استخدامها في فحص الظواهر غير المعروفة. وبالطبع، قد تكون هناك مسائل غير ملحوظة مرتبطة حتى بهذه الممارسة الواضحة. ولنعد مرة أخرى إلى جاليليو ومحاولته لإقناع زملائه بصحة ملاحظاته من خلال توجيه التلسكوب إلى بعض الأجسام المألوفة على سطح الأرض ومن ثم إثبات أنه قام بتكبيرها- فلو كنت تعتقد بأن الأجسام الأرضية والأجرام السماوية تخضع لقوانين مختلفة، فمن الصعب إقناعك بهذا الأمر.

لكن هناك إستراتيجيات أخرى ممكنة في هذا الشأن. يمكنك استخدام أجهزتك لإعادة إنتاج بعض الحقائق التي بات من المعروف أنها موجودة. مثلاً، لو كنت بصدد ملاحظة عينة مغمورة في محلول، فمن خلال النظر إلى طيف الضوء الذي ينبعث عند تسليط الضوء على العينة، قل مثلاً أنك تتوقع أن ترى الطيف الذي من المعروف أنه يأتي من هذا المحلول. رؤية هذا الطيف توحي لك بأن الجهاز الذي تريد استخدامه يعمل بطريقة صحيحة. وهناك خطوة أخرى واضحة وهي على الأقل، إزالة أي مصدر للخطأ بقدر الإمكان. وأي شخص قام بأي عمل تجريبي في العلوم سيدرك أحد الجوانب المملة والضرورية في نفس الوقت لهذا العمل، وهي أن تتعرف على المصادر الكثيرة للخطأ التجريبي وإزالتها (باستخدام

التقنيات الإحصائية)، والتي يمكن أن تظهر حتى في التجارب البسيطة، وعادة ما يتم إضاعة المزيد من الوقت في القيام بهذه الأشياء بدلاً من إجراء التجربة.

وهناك تقنية أخرى تتعلق باستخدام انتظام النتائج لإظهار أن الملاحظات موثوقة، فلو كنت تلاحظ نفس الشيء في كل يوم وفي ظروف مختلفة، يعني هذا أنك لا ترى أشياء لا قيمة لها أو غير حقيقية، ولكنك تلاحظ وجود شيء حقيقي. بل الأهم من ذلك، لو رأيت الظاهرة موضوع النقاش وهي في وضعية مألوفة، فقد يكون هذا أحد أهم المؤشرات إلى أنك قد حصلت بالفعل على شيء ما، وأن ملاحظاتك موثوقة. ومرة أخرى لنعد إلى جاليليو وأقمار كوكب المشترى- من الصعب القول بأن تلك النقاط الصغيرة من الضوء التي كان يراها من خلال تلسكوبه، هي ببساطة بسبب وجود خلل في عدسات التلسكوب. وسيكون هذا بطبيعة الحال أمراً في غاية الصعوبة إذا كانت الظاهرة التي نعكف على دراستها هي ظاهرة عابرة ولا يمكن مشاهدتها مرة أخرى، وهو ما يجعل الادعاءات بشأن مثل هذه الظواهر مثيرة للجدل. وأخيراً، يمكننا استخدام النظرية نفسها، فلو كان جهازنا يعمل وفق نظرية مؤكدة بشكل جيد، فقد يمنحنا هذا المزيد من الأسباب لافتراض أنه يعمل بشكل جيد، وأننا نلاحظ ظواهر صحيحة وليس مجرد أوهام، وقد نستخدم هذه النظرية للتعرف على هذه الأوهام. وكما ذكرت ذلك سابقاً، في الوقت الذي قام فيه جاليليو بملاحظاته تلك، فإن النظرية التي بني عليها التلسكوب لم تكن معروفة، ولكن في النهاية تم تفسير طريقة عمل التلسكوب وفق نظرية الموجة الضوئية، ويمكن استخدام تلك النظرية للمزيد من التفسير وهي أيضاً المسئولة عن مختلف العيوب والتشوهات التي عانى منها الجهاز. وبالمثل التلسكوبات المشعة كانت ولسنوات عديدة تستخدم لسبر أغوار المجرة وما هو أبعد منها، ولكن النظرية التي تعمل وفقها هي الآن مشهورة ومعروفة جيداً، وبالرغم

من حدوث بعض الأشياء الشاذة، إلاّ أن النظرية في حد ذاتها، بالإضافة إلى تلك الإستراتيجيات التي أشرنا إليها هنا، يمكن أن تستخدم في تحديد وتمييز الملاحظات الحقيقية من تلك المختلقة أو الخاطئة[45].

إذاً، إلى ماذا نخلص من كل هذا؟ أولاً وقبل كل شيء، كان الفلاسفة يميلون إلى الاعتقاد بأن الملاحظات لا تعدو أن تكون مجرد شيء لإثارة الانتباه. ربما تحتاج للحصول على الحق الشرعي وتقوم بتعديل وضبط الظروف المحيطة بالموضوع، ولكن حسب هذه الرؤية، فأنت تقوم فقط بفتح عينيك وتلاحظ ما هو أمامك. ولكن لو تأملنا ما يجرى فعلاً في العلوم، وخصوصاً العلم الحديث، نلاحظ أن الملاحظة ليست مجرد عملية سلبية، ولكنها تتضمن تفاعلاً نشطاً مع العالم. وأغلب الملاحظات في العلوم، إن لم تكن كلها، تتم من خلال التجارب، والتجارب لا تتضمن مجرد تصوير لما يجري في العالم وحسب، ولكن بالتفاعل النشط معه، بل والتدخل فيه في بعض الحالات، مثلاً من خلال إعداد العينة لإبراز السمات التي ترغب في إبرازها،... إلخ. ويمكننا التأكد من مصداقية الملاحظة بإزالة الاختلاقات والأوهام، والحصول على بيانات قابلة للتكرار، وهكذا. وعلى هذه الأسس، يتم ضمان موضوعية العلوم. وعليه، فإن الدرس الذي يمكن أن نتعلمه هنا، هو أن الموضوعية ليست شيئاً يمكن أن تضمنه بمجرد أن تفتح عينيك وتلاحظ الأشياء الماثلة أمامك، بل هو شيء يتم اكتسابه عملياً[46].

لكن ماذا عن النقطة التي أشرنا إليها في الفصل السابق، وهي أن الملاحظات كثيراً ما توجهها النظريات، وأن الإفادات حول الملاحظات ربما تشتمل على عبارات نظرية، وبشكل عام من الصعب، وربما من المستحيل، أن تفصل النظرية من الملاحظة كما يتخيل بعض الناس. والسؤال الذي يطرح نفسه الآن: هل 'قيادة النظرية للملاحظات' (Theory -ladenness) تؤدي إلى تقويض عملية

اختبار النظريات والتأكد من صحتها؟ الجواب الذي يتبادر إلى الذهن من الوهلة الأولى، هو لا، إذا كانت النظرية التي تحمل الملاحظة هي غير تلك التي يتم إخضاعها للاختبار. فلو استخدمنا التلسكوب لاختبار نظرية ما حول ظاهرة فلكية معينة، فإن الملاحظة التي نقوم بها ستكون محمولة على نظريات البصريات، والتي يجب أن نفترض أنها صحيحة لكي نساعد في تجنب الاختلاق والتضليل ونؤيد الملاحظات بشكل عام. وبالفعل، كما ذكرت ذلك سابقاً، نظرية الجهاز يمكن أن تساعدنا في ضمان الملاحظات التي نقوم بها. فلو استخدمنا التلسكوب لإجراء ملاحظات تتعلق بالجزء الذي له صلة بالموضوع ضمن نظرية البصريات نفسها (وهو الجزء الذي يستخدم لشرح طريقة عمل التلسكوب)، فإن الأمر في هذه الحالة سيكون مختلفاً بطبيعة الحال. ثم من بعد ذلك سنجد أنفسنا ندور في دائرة من التجارب ولن نجد هناك ضمانة ذات قيمة. ولكن، ماذا لو تم وضع سلسلة من الملاحظات نستخدم فيها أداة معينة لاختبار نظرية ما والملاحظات ذات العلاقة جاءت بتوجيه من نظرية أخرى تم اختبارها هي الأخرى من خلال الملاحظة التي جاءت من النظرية الأولى التي كنا نحاول إثباتها؟ ستكون هذه عملية طويلة، ولكن ثمة قفزة أخرى سيئة ستؤدي إلى القضاء على موضوعية الاختبار، لكن العلماء لديهم خبرة جيدة في تجنب مثل هذه الدوائر المفرغة، وهناك قلة قليلة تحدث عند الممارسة. وكلما كانت القفزة كبيرة، بتبني نظريات تبدو بعيدة بشكل أو بآخر، كان من الصعب اكتشافها.

من أعلى إلى أسفل مقابل من أسفل إلى أعلى

لنعد إلى الصورة السابقة في الاكتشاف والتبرير في العلوم: سنبدأ بفرضية، تم اكتشافها من خلال بعض الحركات التي تساعد على الكشف، ونستنتج منها

بعض التنبؤات، ونقوم بوضع الأدوات، وتجهيز العينة، ثم نجري الملاحظات. فلو أكدت البيانات تنبؤاتنا، فقد حصلنا على جائزة نوبل، وإن لم تؤكد البيانات تنبؤاتنا، علينا حينئذ أن نرمي الفرضية ونتخلص منها، ثم نعود إلى لوح الرسم. ولو كنا من أنصار نظرية إثبات الخطأ المتشددين، نقوم بفحص أدواتنا والتقنيات التي استخدمناها في التجربة، وربما نقوم بتعديل الفرضية وهلم جراً. ومهما فعلنا بالفرضية، فإن البنية الأساسية لهذه الصورة هي كما يلي:

H
↓
O

وقد يبدو وكأن هذا النوع من العلاقة ينعكس في المجتمع العلمي نفسه: أي أن المنظرين يأتون بفرضياتهم، ويستنتجون نبوءاتهم ويرسلون الرسالة إلى أسفل باتجاه المعمل: يا أهل المعمل – اختبروا هذا وأخبرونا ما تلاحظون. هل الصورة عن اختبار النظرية تمثل ما يجرى على وجه الدقة؟ مرة أخرى، الإجابة المقتضبة هي: لا. هذه الصورة هي من أعلى إلى أسفل إلى حد كبير، وحسب هذه الصورة، فإن العلوم مستقاة من النظرية وأن الممارسة أكثر تعقيداً من ذلك في الواقع (ولعل العلماء التجريبيين الحقيقيين ربما يشيرون إلى أنهم ليسوا قروداً تم تدريبها على يد المنظرين!). وبالفعل، قيل إن التجربة لديها حياتها الخاصة، حياة مستقلة عن النظرية، وأن هذه الحياة قد ظلت سرية إلى حد ما بقدر اهتمام الفلاسفة بها.

الحياة السرية للتجربة

تأمل العبارة التالية لليبيج Liebig، وهو أحد علماء الكيمياء في القرن التاسع عشر (وهو مشهور باكتشافه للنيتروجين كمغذٍ للنبات):

التجربة ما هي إلاّ مساعد للفكر، مثل الحساب: فالفكر يجب دائماً وبالضرورة أن يسبقها حتى يكون لها معنى. إن الأسلوب التجريبي للبحث، غير موجود بالمعنى المتعارف عليه للكلمة، فالتجربة التي لا تسبقها النظرية، أي الفكرة، علاقتها مع البحث العلمي أشبه بالاهتزازات التي يقوم بها الطفل عند سماع الموسيقى[47].

والآن، هذا اتجاه قوي يؤخذ به (خصوصاً مقارنة التجربة باهتزازات الطفل!) وهو يطرح السؤال التالي: هل النظريات تأتي في البداية دائماً؟ والجواب هو: لا، ليس بالضرورة أن تأتي أولاً- فالتجربة قد تكون لديها حياتها الخاصة. وهذه الحياة السرية، قام باستكشافها وتغطيتها إيان هاكينغ Ian Hacking بطريقة جميلة في كتابه التمثيل والتدخل Representing and Intervening. حيث يلاحظ أولاً أن الملاحظات والتجارب يمكن أن تسبق النظرية. ويسوق كمثال على ذلك، اكتشاف بارثولين Bartholin للانكسار المزدوج double refraction في (Iceland Spar)[48]، وهو انكسار الضوء الذي لاحظه كل من غريمالدي Grimaldi وهوك Hooke بشكل مستقل، وكذلك ملاحظة هيرشل Herschel للاستشعاع. وكذلك ملاحظة المبجل براون Brown للحركة البراونية Brownian Motion (وهو الاهتزاز البسيط جداً لحبوب اللقاح التي يتم وضعها في محلول [فسّره أينشتاين] باستخدام التصادم الذري). وكذلك اكتشاف بيكويريل Becquerel للتأثير الكهروضوئي photoelectric (والذي يتسبب في إطلاق الإشعاع الكهرومغناطيسي للتردد اليميني بواسطة المعادن- وهو أساس الخلية الشمسية).

في كل هذه الحالات، فإن النظريات التي تصف هذه الملاحظات جاءت مؤخراً. تماماً كما تتعثر أقدام علماء الحيوان بين الفينة والأخرى في الأدغال بحثاً عن الأصناف التي لم تكن معروفة من قبل من الثدييات، كذلك العلماء بشكل عام

ربما يكتشفون حقيقة أو ظاهرة جديدة. ولن ننسى طبعاً الدروس التي تلقيناها في الفصل الثاني: هذه الاكتشافات عادة ما يقوم بها علماء مدربون بشكل جيد، ولديهم القدرة على معرفة أنهم مروا بشيء مهم.

لذلك، فإن بارثولين Partholin، على سبيل المثال كان ابناً لطبيب وعالم رياضيات، ولعله ليس من المستغرب أن يصبح أستاذاً في الهندسة وأستاذاً في الطب في آن واحد. ولم يقم بتفسير الظاهرة الغريبة التي ارتبطت (Iceland spar) باستخدام انكسار الضوء وحسب، بل أجرى العديد من الملاحظات الفلكية، كما دافع عن استخدام الكينين quinine في معالجة الملاريا. وبنفس القدر جاء بيكوريل Becquerel من عائلة شهيرة من العلماء (فقد قام والده ببعض الأعمال في مجال الإشعاع الشمسي والوميض الفوسفوري phosphorescence) وقد اشتهر أكثر باكتشافه النشاط الإشعاعي radioactivity: بعد نقاش مع بوينكار Poincare` حول الأشعة السينية التي اكتشفت حديثاً آنذاك، وقرر أن يرى ما إذا كانت لها علاقة بالوميض الفوسفوري، وباستخدام بعض أملاح اليورانيوم التي كانت معروفة بالتفسفر phosphoresce. وأدى الكشف عن لوح التصوير المغطى عند وضعه بالقرب من الأملاح إلى اكتشاف وجود شكل آخر من أشكال الإشعاع. وفي عام ١٨٣٩م، وعندما كان عمره تسعة عشر عاماً فقط، كان يدرس الآثار الكيميائية للضوء، حين لاحظ أنه عندما يتم توجيه ضوء بتردد معين إلى أقطاب كهربية مغمورة في محلول موصل، يتم توليد تيار كهربائي. هؤلاء لم يقعوا على هذه الملاحظات بمجرد الصدفة. افترض أن هذه الملاحظات قد تمت قبل وضع النظريات ذات الصلة التي تستخدم لتفسيرها. وبذلك المعنى فإن الملاحظات لديها حياتها التجريبية الخاصة، وهي مع ذلك، لم يتم تجريدها من أي سياق علمي أو نظري.

في بعض الأحيان، بطبيعة الحال، ربما يستمر التأثير لعدة سنوات بدون أي تفسير نظري، ولكن في بعض الأحيان، الأمر ليس كذلك. كل من الحركة البراونية والتأثير الكهروضوئي على سبيل المثال، لم يتم تفسيرهما حتى بداية القرن العشرين- وبواسطة نفس الشخص، حيث أينشتاين مرة أخرى (ذكرت في الفصل السابق أنه حصل على جائزة نوبل لوصفه اكتشاف بيكوريل Becquerel). لكن، هناك أيضاً حالات أخرى اكتشفت فيها الظاهرة ثم تمت نسبتها على الفور إلى نظرية معينة. ويقدم هاكينج مثالاً جيلاً على ذلك، حيث إن النظرية والملاحظات تلتقي وبشكل غير متوقع:

> بعض الأعمال التجريبية العميقة تنبع بشكل كلي من النظرية. كما أن بعض النظريات العظيمة تخرج من التجارب التي تسبق العمل النظري. بعض النظريات تضعف بسبب عدم اتساقها مع العالم الواقعي، في حين أن بعض الظواهر التجريبية تقف مكتوفة الأيدي بسبب غياب النظرية. وهناك أيضاً عائلات سعيدة تلتقي فيها النظرية والتجربة من جهتين مختلفتين[49].

في عقد الخمسينيات من القرن الماضي، كانت هناك نظريتان في علم الكونيات Cosmology تتنافسان حول أصل الكون، حيث افترضت إحداهما أن الكون نتج عن فرقعة كبيرة (big bang)، والتي لم تخرج منها المادة وحدها، بل خرج منها المكان–الزمان ثم توسع. وأخذ هذا التوسع يزداد كلما ابتعدت المجرات عن بعضها البعض (تخيل أنك تمسك بالوناً وترسم عليه نقاط بالحبر ثم تنفخ البالون بالهواء). بينما النظرية الأخرى البديلة تقول إنه بينما يتوسع الكون يتم إنتاج المزيد من المادة لتحتل مكانها؛ ولذلك يبقى الكون بشكل عام في حالة استقرار. ولم يكن في ذلك الوقت المزيد من الأدلة التي يمكن أن تفرق بين هاتين النظريتين. كان

العالمان بينزياس Penzias وويلسون Wilson، وبشكل مستقل تماماً عن بعضهما البعض يجريان تجارب بالميكروويف في معامل بيل Bell في الولايات المتحدة. فبينما كانا يحاولان القيام بملاحظاتهما، لاحظا وجود شيء يشبه الصفير في نطاق تردد المايكروويف ولكن لا يبدو أنهما قاما بتتبع المصدر. فقد استبعدا بعض الاحتمالات، بما في ذلك محطتي التلفزيون والإذاعة المحليتين، بل حتى أنهما تساءلا عما إذا كان للأمر علاقة بالحرارة التي تولدها مخلفات طيور الحمام فوق منزليهما، أو أجهزة إرسال واستقبال الميكروويف، ولذلك ابتعدا وجرفا معهما الأمر بعيداً. وفي ذات الوقت تقريبا قال أحد علماء الكونيات في برنستون Princeton وهو ديك Dicke أنه لو كانت هناك "فرقعة كبيرة" يجب أن تترك بقايا من إشعاعات الميكروويف ذات مستويات أقل في أرجاء الكون. لقد كان يبحث عن دليل على هذا الأمر عندما التقى بينزياس Penzias وويلسون Wilson مما أدى إلى ذكر ملاحظاته لزملائه حيث قال "لقد حققنا أمراً مثيراً"[50]. وقد بينت الملاحظات التالية أن الخلفية الإشعاعية ليست منتظمة بشكل كامل، ولكنها تشتمل على بعض الأمور الشاذة والتي تفسر تجمع المادة مع بعضها البعض، حيث تشكل مجرات ونجوم وكواكب وكذلك البشر. وفي لمسة ميلودرامية، قام جورج سموت George Smoot أحد عالمي الفيزياء اللذين قاما بهذه الملاحظات الحديثة وفازا بجائزة نوبل في عام ٢٠٠٦م، وقد بدا الأمر وكأنه يشبه "رؤية وجه الرب".

ولذلك يمكننا الآن أن ندرك أن العلاقة بين النظرية والتجربة لا تقودها النظرية دائماً أي أنها ليست دائماً "من أعلى إلى أسفل". ولكن يمكننا أن نقوم بالمزيد من الاستكشاف لهذه العلاقة. النظريات دائماً ما تحتوي على قدر كبير من التعقيد، بينما الملاحظات بسيطة إلى حد كبير. ولكي ننتقل من أحدهما إلى الآخر، يجب أن نمر بمرحلة متوسطة بين الاثنين، ويتعلق هذا بشكل عام ببناء نموذج معين.

وقد تعرضنا في وقت سابق لدور النماذج في عملية الاكتشاف، ولكن لابد لنا الآن من أن نسلم بأنها مهمة أيضاً للتبرير.

دور النماذج في العلوم

دعونا نبدأ بالسؤال التالي: كيف يمكننا التنسيق بين النظرية والتجربة؟ وهذا سؤال هام لأن النظرية (يا للمفاجأة.. يا للمفاجأة) ستشتمل على بعض العبارات النظرية التي تشير إلى بعض الكيانات القابلة للملاحظة مثل الإلكترونات والجينات وهلم جراً، بينما نتائج النظريات يتم التعبير عنها من خلال عبارات الملاحظة التي تشتمل على كلمات ملاحظة تشير إلى أجسام قابلة للملاحظة مثل قراءات وحدات القياس والكواشف الكيميائية وغيرها. كيف يمكن الربط بين هاتين العبارتين المختلفتين؟ من الأجوبة الممكنة لهذا السؤال هو أننا نحتاج إلى قاموس للربط بين المصطلحات النظرية لكل من النظرية/ الفرضية مع مصطلحات الملاحظة الواردة في عبارات الملاحظة، وحينئذ يمكننا أن نستنتج النتائج التجريبية ونتائج الملاحظة. وسيتضمن هذا القاموس عبارات "جسرية" تربط العبارات النظرية بعبارات الملاحظة، وذلك من خلال تلخيص الإجراءات التجريبية، حيث تقول، لو فعلت كذا وكذا، وقمت بالترتيبات التجريبية التالية، ستلاحظ النتيجة التالية". يعني هذا أن النظرية على وجه التحديد، يجب أن تتكون من أكثر من مجرد العبارات النظرية- ولكي يتم ربطها بالملاحظة، يجب كذلك أن تتضمن هذه العبارات "الجسرية". إذاً، هذه العبارات هي عبارات تأسيسية بالنسبة للنظرية، وهي جزء من بنيتها الأساسية.

غير أن هذا له نتائج غير ملائمة: لو كانت العبارات "الجسرية" تشكل جزءاً من التركيبة الأساسية للنظرية، وهذه العبارات تلخص الإجراءات التجريبية

المطلوبة للربط بين العبارات النظرية للنظرية بنتائج الملاحظة، فلو قمنا بإدخال إجراءات تجريبية جديدة، كما يحدث عادة في العلوم، فيجب أن يتمثل ذلك في عبارات "جسرية" أخرى، وهو ما يعني وبشكل محدد، أن لدينا نظرية جديدة، لأن الأجزاء التي تشكل التركيبة الأساسية قد تغيرت. وأوضح طريقة للخروج من هذه المشكلة هو أن تقول إن كيفية ربط العبارات النظرية بعبارات الملاحظة معبّر عنها بطريقة أو بأخرى "خارج إطار" النظرية. كما أن هذه الطريقة كلها تفترض أن عبارات الملاحظة تشتمل على مصطلحات ملاحظة فقط، ولكن كما رأينا، قد لا يكون الأمر كذلك. ولا يبدو أن هذه هي الطريقة التي يعمل بها العلماء أنفسهم- فهم لا يربطون بين العبارات النظرية وعبارات الملاحظة بهذه الطريقة. فكيف يربطون بينها إذاً؟ من خلال النماذج.

يعني هذا أن العلماء لا يستنتجون نتائج التجارب والملاحظات هكذا ببساطة؛ بل يقومون ببناء نماذج للربط بين النظريات والملاحظات. وهناك عدة أسباب تدفع العلماء للتصرف بهذه الطريقة، من بينها أن العمل بالنظريات عادة معقد وصعب. ولذلك، يمكن للعالم أن يقوم ببناء نموذج مبسط يشتمل على أهم الأساسيات التي تسمح للعالم بتجاهل عوامل بعينها على سبيل المثال، ثم يربط بين النظرية والملاحظات بسهولة.

إذاً ما النموذج؟ قد يكون بناءً مادياً، يتم بناؤه من الأسلاك والصفيح على سبيل المثال، كما هو الحال في حالة كريك Crick وواتسون Watson البنية الحلزونية للحمض النووي DNA والتي تناولناها في الفصل الثالث من هذا الكتاب. ويمكن للنماذج أن تكون تصورية ورياضية أيضاً. ألا تذكر نموذج "كرة البلياردو" للغاز، حيث تتمثل ذرات الغاز بكرات البلياردو أو السنوكر. وبعبارة أخرى، كرة البلياردو تعتبر مماثلة لذرة الغاز. ولكن لو كانت هذه الأشياء كلها

موجودة هناك، فستكون مملة إلى حد كبير. حيث إن كرة البلياردو تخضع لميكانيكا نيوتن – أي أن حركتها عبر طاولة البلياردو يتم تفسيرها من خلال قانون نيوتن- ويشجعنا النموذج لتطبيق هذه القوانين على ذرات الغاز أيضاً. وهذه الطريقة بها شيء ما غير مألوف نسبياً-وهي حركة ذرات الغاز- التي يمكن فهمها من خلال شيء يكون مألوفاً أكثر.

تذكّر أيضاً نموذج (قطرة السائل liquid drop) للنواة والذي قدم صورة أكثر من مفيدة للنواة، تماماً مثل نموذج كرة البلياردو، يشجع تحويل المعادلات التي تنطبق على قطرة السائل إلى النواة. وبطبيعة الحال هناك حدود لإمكانية تطبيق هذا النموذج- وفي النهاية فإن النواة كائن كمي ويجب تفسيرها بالفيزياء الكمية. غير أن هذه النماذج مفيدة من الناحية الإرشادية – حيث إنها يمكن أن تساعد العلماء في وضع نظريات أكثر تعقيداً وتطوراً – وهي تسمح للعلماء أيضاً بالحصول على نتائج التجارب بسهولة. ولذلك، من خلال بناء نموذج قطرة السائل للنواة، يمكن للعلماء أن يحصلوا على بعض التنبؤات أو التكهنات عن الكيفية التي تتصرف بها النواة في ظل ظروف معينة، حتى وإن كانت النظرية شديدة التعقيد.

هذا المثال، يمكن تعميمه، ويمكننا أن نجد النماذج في الكثير من مجالات العلوم: نماذج الكمبيوتر الخاصة بالدماغ، ونماذج "الدورات" للنظم البيئية، ونماذج "الشبكة العصبية" لنشوء أو تطور نطاق البروتين. وبالفعل، النظريات صعبة للغاية بالنسبة لنا لكي نقوم باستخلاص نتائج التجارب بشكل واضح، ولذلك نقوم ببناء نموذج مبسط يمكن فهمه بسهولة من خلال الرياضيات، من ناحية يتضمن الأساسيات الهامة لبعض الجوانب في النظرية، ومن ناحية أخرى يشتمل على الأقل على بعض الجوانب الخاصة بالظاهرة ذات العلاقة. وبهذه الطريقة يمكن أن يقال إن النماذج عبارة عن "وسيط" بين النظرية والظاهرة، وربما تكون مهمة للغاية،

بحيث إنها هي نفسها تتحول إلى مركز لاهتمام النشاطات العلمية، أكثر من النظريات نفسها. وفيما يلي ما يقوله أحد المعلقين حول هذه الموضوع:

جوهر حجتي في هذا الموضوع يتعلق بادعاءين اثنين: (١) إن ما يمثل ويفسر سلوك النظام الفيزيائي هو النماذج وليس النظرية المجردة، (٢) أن النماذج وهي تقوم بذلك الدور تصبح عوامل مستقلة في إنتاج المعرفة العلمية[51].

الجزء الأول من هذا الادعاء يبدو صريحاً، وطبعاً النماذج تستخدم في الشرح والتمثيل، على الأقل إلى حد معين. ومرة أخرى تأمل قطرة السائل للنواة. فهذا يشبّه النواة، بشكل واضح كأنها نقطة من السائل، وهو على الأقل يساعد في تفسير سلوك النوية، كالانشطار، من خلال تشبيهه بقطرة السائل التي تتناثر إلى أجزاء. وسنتعرض للتفسير في العلوم في الفصل الثامن، غير أننا في الوقت الحاضر سنشير إلى أن التفسير من خلال النماذج يقدم تعليلاً جيداً لهذا المفهوم. كما أن التمثيل هو أحد مواضيع العلوم التي أثارت الكثير من الاهتمام في الآونة الأخيرة. وتماماً كما يحاول فلاسفة الفن التوصل إلى تفسير لكيفية تمثيل اللوحات الفنية على سبيل المثال، فإن فلاسفة العلوم قد بدءوا يفكرون في كيفية تمثيل النظريات والنماذج. وقد يتبادر إلى ذهنك أن هذا سؤال سهل يمكن الإجابة عنه ببساطة: فاللوحة تمثل موضوعها بأن تكون مشابهة له. ولو تركنا الأشياء التي تتعلق بالفن المجرد، يمكننا أن نرى كيف يحدث هذا: لوحة زهرة الشمس الشهيرة لفانكوخ van Gogh تمثل من خلال ملامح اللوحة - اللون الأصفر للبتلات، وشكل الزهور، وهكذا - بحيث تكون مشابهة لملامح الزهور الحقيقية. وقد يبدو أنه باستطاعتنا تصدير هذا الوصف إلى العلوم: النظريات والنماذج تمثل من خلال التشابه؛ ولذلك فإن نموذج البندول البسيط يمثل البندول الحقيقي، حيث إن الثقل

في النموذج للثقل الحقيقي في البندول وهكذا. وبالمثل، فإن نموذج قطرة السائل يمثل النواة الحقيقية.

ولكن المشكلة في هذا النوع من الوصف: بعض ملامح الزهور مشابهة للملامح ذات العلاقة في اللوحة، ولكننا لن نقول إن الزهور تمثل اللوحة. وبالمثل، لن نقول إن البندول يمثل النموذج، أو أن النواة تمثل قطرة السائل. وقد قادت هذه الحجة بعض الفلاسفة – في مجالي العلوم والفنون- للتوصل إلى أوصاف بديلة للتمثيل، وإلى تعديل طرق معالجة نوع التشابه على أقل تقدير. وقد قال البعض ربما نحتاج إلى التفكير في استحضار بعض الدروس عن كيفية عمل الفنون للاستفادة منها في وصفنا لكيفية عمل العلوم.

والجزء الثاني من الادعاء أعلاه قد يبدو غريباً. فبأي معنى يمكن للنموذج أن يكون "عاملاً" مستقلاً أو غير مستقل؟ فالعوامل لديها مقاصد وأهداف معينة، بينما النماذج ليست كذلك. ولكن المقصود هنا واضح جداً: وهو أن النماذج ربما تصبح في غاية الأهمية في علوم أو مجالات علمية بعينها، حيث إنها تصبح نقطة التركيز والاهتمام وموضع النشاط، بمعنى أن النماذج ذات المستوى المتدني تقوم بالتفسير والإيضاح أكثر من النظريات عالية المستوى. وهي يمكن اعتبارها مستقلة "وظيفياً"، أي بمعنى أنها ضمن النشاط العلمي تعتبر مستقلة نسبياً عن النظرية فيما يتعلق بوظائف التمثيل والتفسير، ويمكن أن تطور منها نماذج أخرى، بحيث إن التقدم العلمي نفسه يسير على هذا النحو. وقال البعض هذا يعني أن النظرية يمكن أن تخرج من الموضوع ولكن لو ذهبنا بعيداً، فإن نوعية النماذج التي يهتم بها العلماء تعتمد في تطويرها على سلسلة من المصادر النظرية. ولكن بالرغم من متعة هذا النقاش، إلاّ أنه يذهب بنا بعيداً إلى حد ما من موضوعنا الذي نناقشه في هذا الفصل، ولذلك، لنعد إلى موضوعنا.

ما لدينا، هو الصورة التالية:

النظريات
↓
النماذج
↓
الملاحظة

كيف يؤثر هذا في نظرتنا لتبرير النظريات؟ حسناً، سنرى كيف يكون جوابنا عن هذا السؤال: إن 'وساطة' النماذج بين النظريات والملاحظات يعني أنها تقوم بدور المصدات عند التبرير. حيث تقوم النماذج بالتخفيف من حدة قدرة الملاحظة في إثبات خطأ النظرية، حيث إنه ربما يكون الخطأ في أحد العناصر أكثر من النظرية نفسها. وهذا يجعل التبرير أكثر تعقيداً، بينما يصبح أثر الملاحظات غير واضح. ولكن الآن دعونا ننظر في الاتجاه الآخر: يفترض أن النظريات تقوم بتفسير الظاهرة، ولكن ما الظاهرة؟ وكيف يمكن الربط بينها وبين الملاحظات والمعطيات؟

ماذا نقصد بالظاهرة؟

فيما يلي تعريف قاموس أكسفورد للظاهرة:

هي شيء يظهر أو تتم ملاحظته. خاصة عندما يكون السبب في ظهور هذا الشيء موضع تساؤل. (فلسفة)؛ هو شيء يلاحظه الحس أو العقل بشكل مباشر، شيء يكون موضع الإدراك المباشر؛ شخص أو شيء مميز، أو حدوث حدث بشكل بارز أو جدير بالملاحظة.

النظرة التقليدية للظواهر العلمية هي أنها قابلة للملاحظة ولافتة للنظر وتحتاج إلى تفسير ويتم اكتشافها في الطبيعة. ومن أمثلة الظواهر: قوس المطر،

البرق، انحناء ضوء النجوم حول الشمس، سلوك الازدحام... وهناك الكثير من الظواهر، ولكن فيما يلي رؤية مختلفة.

بناء الظاهرة

حسب قول هاكينغ Hacking فإن الظاهرة يتم إنتاجها وليس اكتشافها، غير أن هذه فكرة متطرفة للغاية، فطالما اهتم العلماء بالظواهر لكونها عامة ومنتظمة وتخضع لقوانين معينة، وهي في العادة تكون مرتبطة بأحداث غير عادية أو استثنائية. والظواهر الاستثنائية التقنية الحقيقية تسمى في بعض الأحيان آثار وذلك مثل الأثر الكهروضوئي، وكذلك الآثار التي تتعلق بالحداثة في الذاكرة، وهلم جرا.

ويزعم هاكينغ أن هذه المؤثرات لا توجد خارج نوعية معينة من الأجهزة. وبما أن الظاهرة موجودة في هذه الأجهزة، تتحول إلى تقنية لكي يتم إعادة إنتاجها بشكل روتيني. إذاً، لو توفرت الترتيبات المناسبة، يحدث الأثر، ولكننا لن نجد الترتيبات المناسبة في أي مكان آخر غير الجهاز. ومرة أخرى يقول هاكينغ: "هناك في الطبيعة لا يوجد غير التعقيد، وهو ما يمكننا تحليله، ونفعل ذلك من خلال التمييز بين العديد من القوانين في أذهاننا. ونفعل الشيء نفسه أيضاً من خلال تقديم ظواهر مجردة في المعمل"[52]. ولذلك، في هذه الرؤية، هناك القليل من الظواهر في الطبيعة، وهي تنتظر هناك حتى تتم ملاحظتها، وأغلب ظواهر العلم الحديث تمت صناعتها أو تركيبها. وبعبارة أخرى، فإن الظواهر يتم إنتاجها من خلال التجارب:

القيام بإجراء التجارب يعني إنشاء أو إنتاج شيء معين وتثبيت وترسيخ ظواهر معينة، فلو كانت الظواهر كثيرة في الطبيعة، كثمار العلّيق الصيفي

التي تنتظر من يقطفها، فسيكون الأمر رائعاً لو لم تنجح التجارب، ولكن من الصعب إنتاج الظواهر، بطريقة مستقرة. ولعل هذا هو ما دفعني إلى الحديث عن إنتاج الظواهر وليس اكتشافها. فتلك مهمة شاقة[53].

ومن هذا المنطلق، فإن التركيز على تكرار التجارب أمر مضلل. وبدلاً من ذلك، يتم تحسين التجارب وتطويرها حتى يتم استنباط الظواهر الجديدة. هذه تبدو رؤية مقيدة جداً للظاهرة، ولكن يبدو أن هاكينغ لديه فكرة ما. أنواع الظواهر التي يمكن ملاحظتها والتي ذكرت أعلاه هي في الواقع غير قابلة للتكرار أو قابلة للتحكم فيها. وربما كانت لها أهمية ما في بدايات العلوم – تماماً كأهمية ما فعله فرانكلين مع البرق في الأيام الأولى في دراسة الكهرباء- ولكن بمجرد أن نقوم بعزل الظاهرة، وتكرارها والتحكم فيها وبحثها، يبدأ عمل علمي خطير. وبالفعل، الظواهر التي تم بحثها في هذه المرحلة غير قابلة للملاحظة، أو ليس بشكل واضح على الأقل.

وفيما يلي رؤية أخرى أكثر تطوراً للظواهر تعكس الفكرة الأخيرة.

اكتشاف الظواهر

الفكرة الأساسية هنا هي أن الظواهر غير قابلة للملاحظة، وأن البيانات هي ما يدعم الظواهر أكثر من النظريات. "... فالنظريات العلمية التي يتم بناؤها بطريقة سليمة ... تتنبأ بالحقائق عن الظواهر وتقوم بتفسيرها. والظواهر يتم اكتشافها باستخدام البيانات، ولكنها في أغلب الحالات غير قابلة للملاحظة بالمعني المفيد لتلك الكلمة[54]. إذاً ، البيانات تلعب دور الدليل على وجود الظواهر، بينما الأخيرة، أي الظواهر، هي بمثابة دليل يدعم النظريات، والنظريات بالمقابل تقوم بتفسير الظواهر وليس البيانات. إذاً فالصورة الآن تبدو على النحو التالي:

النظريات
↓
الظواهر
↓
البيانات

ولكن لدينا هنا سؤال واضح: كيف يمكن التمييز بين 'البيانات' والظواهر؟

الأمثلة على البيانات تشمل صور الفقاعات، ونماذج للتفريغ في مجسات الجسيمات الإلكترونية وسجلاً يتضمن عدد مرات التفاعل ومعدلات الخطأ في جميع التجارب النفسية. وأمثلة الظواهر التي يمكن التدليل عليها بالبيانات المشار إليها أعلاه، تتضمن التيارات المحايدة الضعيفة، وتلاشي أو اضمحلال البروتون، وآثار الضعف في الذاكرة البشرية[55].

البيانات يمكن ملاحظتها بكل وضوح، وهي خاصة بسياقات تجريبية محددة، وهي نتائج لترتيبات خاصة بظروف شديدة التعقيد وهي ليست فقط سهلة نسبياً للتعريف والتصنيف، بل يمكن الاعتماد عليها وإعادة إنتاجها. بينما الظواهر في الناحية الأخرى، غير قابلة للملاحظة وغير محددة ولديها بعض السمات المستقرة والقابلة للتكرار، وهي بشكل عام ثابتة عبر سياقات تجريبية مختلفة.

كيف ننتقل من البيانات إلى الظواهر؟ الظواهر يتم استنتاج وجودها من خلال البيانات، إن قوة الظواهر وموضوعيتها تعتمد على موثوقية البيانات، وموثوقية البيانات يتم توطيدها بالمنهج التجريبي، وذلك من خلال استخدام المنهج التجريبي في إدارة الموارد أو التحكم فيها وحمايتها من الأخطاء وعوامل التشويش، أو بالحجج الإحصائية، وهلم جراً. ما علاقة الظواهر بالنماذج؟

عندما نتحدث عن 'استنتاج' الظواهر من البيانات، فإن ما نتحدث عنه بالفعل هو خصائص الأشياء أو العمليات ذات العلاقة، وتبرز هذه الخصائص في

نموذج مناسب عن هذه الأشياء أو العمليات، وسيكون هذا النموذج هو نموذج الظاهرة. ولدينا هنا نوع مختلف من النماذج، فهو ليس النموذج الذي نحصل عليه من النظرية من خلال تبسيط الأشياء أو التشبيه لأن النظرية معقدة للغاية: وهذا هو النموذج المبني من أسفل إلى أعلى. وبالمثل، فإن البيانات ممثلة من خلال نماذج البيانات، ونماذج الظواهر يتم دعمها بنماذج البيانات ذات العلاقة، وبالتالي يكون لدينا تسلسل أو تدرج هرمي من النماذج:

> إن الاختبار الواقعي الذي يسميه العلماء بالتجربة لا يمكن ربطه بالنظرية في أي معنى متكامل، وتلك التجربة يجب وضعها في محك الاختبار، ومتى ما تجاوزت التجربة الاختبار، تظهر بيانات التجربة في شكل قانون وتمثل نموذجاً للتجربة[56].

المعطيات أو البيانات الخام يتم وضعها في هذا المحك التصوري للحصول على نموذج للتجربة أو نموذج البيانات، من خلال هذه النماذج يمكن استنتاج الظواهر. وهذا يقدم رؤية أكثر تطوراً للعلاقة بين النظرية، والبيانات والظواهر، وهي العلاقة التي يمكن إخضاعها للمزيد من الدراسة، ولكننا في الوقت الحاضر سنتركها عند هذه المرحلة.

الخلاصة

ما الذي يمكن أن نقوله عن التبرير؟ حسناً، إنه أكثر تعقيداً مما كنا نظن، فالوصفات البسيطة مثل تأكد من صحة أو لا، أثبت خطأ لا يتغلب على تعقيد الممارسة العلمية، حيث إنه في بعض الأحيان، محاولة واحدة مذهلة لإثبات الصحة تعتبر كافية، ولكن ثمة محاولة مثيرة واحدة لإثبات الخطأ ليست كافية. فموثوقية وموضوعية البيانات أكثر صعوبة مما نتصور، فالملاحظة تأتي عادة بعد

النظرية. بيد أنه، بمجرد أن نعترف بالطبيعة النشطة للملاحظة، يمكن أن نكتسب مقياساً للموضوعية، والعلاقة بين النظرية والبيانات لا تتجه من أعلى إلى أسفل، فهناك حالات تكون فيها لدى البيانات حياتها الخاصة. كما أن العلاقة بين النظرية والبيانات يمكن تمثيلها من خلال النماذج، والظواهر التي يتم تفسيرها بالنظريات يمكن استنتاجها من البيانات وتمثيلها بالنماذج بأساليب معقدة ومتطورة. والتوفيق بين كل هذه الأشياء مهمة صعبة، ولكننا لو أردنا أن نصف التبرير في العلوم بشكل دقيق، ذلك ما يجب أن نقوم به كفلاسفة في العلوم.

تطبيق دراسة ٢: التفسير والسببية Explanation and Causality

تأمل الحالة التالية: افترض أنك تسير على الطريق العام في أمسية ضبابية، وفجأة سمعت نباح كلب من خلفك، وصوت احتكاك فرامل سيارة، ثم تلتها عملية سحق مقززة. وعندما التفتّ، رأيت أن سيارة انزلقت عن الطريق واصطدمت بإحدى الأشجار، فأسرعت لتقديم المساعدة- ولحسن الحظ السائق لم يصب بأذى. وبعد قليل وصلت خدمات الطوارئ، ورأيت الشرطة وهي تباشر عملها في موقع الحدث: وترى السائق وهو يلهث ينظر عن كثب إلى ما يشبه بقعة زيت على الطريق، ويتفحص مكابح السيارة وهكذا. وبينما تواصل السير في طريقك، تتساءل في نفسك: ما الذي تسبب في حادث الاصطدام؟

لمدة خمس دقائق قم بتحديد كل الاحتمالات التي يمكن أن تؤدي إلى ذلك الاصطدام حسب اعتقادك. هل تعتقد أن أي من هذه الاحتمالات أفضل من البقية؟ لو كان الأمر كذلك، اذكر الأسباب التي تجعلك تعتقد بأنه الاحتمال الأفضل. ومن قائمة هذه التفسيرات، ما الأسباب التي قد تؤدي إلى اصطدام السيارة يمكنك التعرف عليها؟ هل تعتقد أنه من الممكن تحديد سبب الاصطدام؟

هل تعتقد أن العلماء يواجهون حالة مماثلة عندما يحاولون تفسير بعض الظواهر؟ هل هناك أي اختلاف في التفسيرات العلمية إذا ما قورنت بغيرها من التفسيرات اليومية العادية التي يمكن أن تستخدم في تفسير اصطدام سيارة؟

والآن تأمل بعض الظواهر الكهربائية، كالبرق والكهرباء الساكنة، أو استخدام الكهرباء في تشغيل جهاز التلفاز أو الفيديو أو الكمبيوتر الخاص بك. ولنفترض أننا طلبنا من أربعة علماء مختلفين من أزمان مختلفة أن يقوموا بتفسير الظاهرة. فالعالم الذي عاش في القرن الثامن عشر سيفسر الظاهرة على أنها ناتجة عن تدفق نوع من السائل الكهربائي. وآخر عاش في بدايات القرن العشرين،

سيصر على أن الأمر يتعلق بسلوك جسيمات مشحونة صغيرة تسمى "إلكترونات". بينما الثالث وهو من نهايات عقد العشرينيات من القرن العشرين سيقول إنه تم إثبات أن الإلكترونات تتصرف مثل الجسيمات في ظروف معينة فقط، وأنها في ظروف أخرى تتصرف مثل الموجات. وأخيراً، العالم الرابع، ومن عصرنا الحاضر، سيشير إلى أن الإلكترونات في هذه الأيام ينظر إليها على أنها "كالمطبات" في شيء يسمى "بالحقل الكمومي Quantum Field".

هل حقيقة أن تفسيراتنا للظواهر الكهربائية التي تغيرت عبر التاريخ تعطينا مبرراً للشك في تفسيراتنا الحالية؟ لماذا/ ولم لا؟

هل حقيقة أن فهمنا لماهية الإلكترون التي تغيرت عبر التاريخ تعطينا مبرراً للشك في وجود الإلكترونات؟ لماذا/ ولم لا؟