فهم فلسفة العلم

جيمس ليديمان

ترجمة: عمر فتحي

يهدف الكتاب إلى تقديم مدخلٍ مُبسط لفلسفة العلم. سواء كنت من طلاب العلوم الذين يدرسون مقررًا دراسيًا في فلسفة العلم فقط دون مقررات فلسفية أخرى ، أو من الطلاب الذين يدرسون فلسفة العلم كجزء من دراستهم للفلسفة. ومن ثَم، فأنا لم أفترض وجود أي معرفة مسبقة بالفلسفة، ولم أعتمد أيضًا على المعرفة التفصيلية للعلم. لقد تجنّبت أيضًا استخدام أي رياضيات.

وأيضًا، حاولت تقديم تحليل للعديد من المسائل الهامة، مثل الاستقراء والقصور عن التحديد والواقعية العلمية، وهي المسائل التي قد يستفيد منها حتى طلاب الدراسات العليا والفلاسفة الأكاديميون.

كان هدفي طوال الوقت هو جعل القارئ على دراية بالمسائل التي ربما لم يفكر بها من قبل، ثم الخوض فيها من خلال بحثها ودراستها فلسفيًا من أجل فهم قوة الحجج المختلفة من جميع الجوانب، بدلًا من تقديم آرائي الخاصة. لذا، فهناك القليل من الإجابات التي يمكن العثور عليها فيما سيأتي، **وإذا أصبح القُراء -بعد القراءة- في حيرة من أمرهم بعدما كانوا مُطمئنين في السابق، سيكفيني ذلك.**

آمل أن يثير هذا الكتاب اهتمام العلماء وكذلك عموم القراء الذين لديهم فضول حول فلسفة العلم. لقد حاولتُ الحفاظ على الطرح واضحًا ومفهومًا طوال الوقت، وأيضًا حاولت إيضاح الحجج المهمة بأمثلة يومية وعلمية.
وللتسهيل على القراء، فقد وضعتُ مسردًا بالعديد من المصطلحات وشرحها في نهاية الكتاب.

عالم الأدب
للترجمة والنشر والتوزيع

فهرس الكتاب

تمهيد ١١

شكرٌ وعرفان ١٣

مقدمة ١٤

فلسفة العلم بوصفها إبستمولوجيا وميتافيزيقا ٢١

الجزء الأول

المنهج العلمي ٢٨

١ الاستقراء والمذهب الاستقرائي ٢٩

١,١ تحدّي المتشكك ٢٩

١,٢ الثورة العلمية ٣٥

١,٣ الاستقراء: «الأداة الجديدة» ١٤

١,٤ المذهب الاستقرائي (الساذج) ٨٥

اقتراحات إضافية للقراءة ٦٣

٢ مشكلة الاستقراء ومشكلات أخرى في المذهب الاستقرائي .. ٦٤

٢,١ مشكلة الاستقراء ٦٦

٢,٢ حلول لمشكلة الاستقراء وتفكيكات لها ٨٠

٢,٣ المذهب الاستقرائي وتاريخ العلم ٩٨

٢,٤ النظرية والملاحظة ١٠٥

عينة للقراءة

٢,٥ الخلاصة ١٠٩
اقتراحات إضافية للقراءة ١١٣
هيوم ١١٣
الاستقراء ١١٣
٣ المذهب التكذيبي ١١٤
٣,١ بوبر ونقد الماركسية والتحليل النفسي ١١٩
٣,٢ حلّ بوبر لمشكلة الاستقراء ١٢٥
٣,٣ سياق الاكتشاف وسياق التبرير ١٣٤
٣,٤ معضلة «دوهيم» ٩٣١
٣,٥ إشكالات مذهب التكذيب ١٤٦
٣,٦ الخلاصة ١٦١
اقتراحات إضافية للقراءة ١٦٤
التكذيب ١٦٤
مشكلة دوهيم ١٦٤
٤ الثورات والعقلانية ١٦٦
٤,١ الرأي السائد عن العلم ١٦٩
٤,٢ تاريخ العلم الثوري عند «كون» ٢٧١
٤,٣ النماذج الإرشادية والعلم العادي ١٧٥
٤,٤ الثورة الكُوبرنيكية ١٨٨
٤,٥ النظرية والملاحظة ١٩٤

عينة للقراءة

٤,٦ اللامقايسة **٢٠٥**

٤,٧ النسبوية ودور العقل في العلم **٢١٠**

اقتراحات إضافية للقراءة ٢١٩

فلسفة توماس كون العلمية ٢١٩

عن الثورة الكوبرنيكية ٢١٩

عن مسألة الملاحظات المثقلة بالنظريات ٢٢٠

اللامقايسة ٢٢٠

عقلانية العلم ٢٢١

سوسيولوجيا العلم ٢٢١

الجزء الثاني

الواقعية واللاواقعية بشأن العلم **٢٢٤**

٥ الواقعية العلمية **٢٢٥**

٥,١ الظاهر والحقيقة **٢٢٨**

٥,٢ ميتافيزيقا العالم الخارجي **٢٣٩**

٥,٣ الدلالة **٢٥٤**

٥,٤ الواقعية العلمية المعيارية **٢٧٣**

٥,٥ مناهضة الواقعية **٢٧٥**

اقتراحات إضافية للقراءة ٢٧٨

الواقعية ومذهب الأفكار والمثالية ٢٧٨

الوضعية المنطقية ٢٧٨

عينة للقراءة

٦ القصور عن التحديد ٢٨٠

٦,١ القصور عن التحديد ٢٨١

٦,٢ التجريبية البنائية ٣١٨

اقتراحات إضافية للقراءة ٣٣٤

القصور عن التحديد ٣٣٤

التجريبية البنائية ٣٣٥

٧ التفسير والاستدلال ٣٣٦

٧,١ التفسير ٣٤٠

٧,٢ الاستدلال بأفضل تفسير ٣٦٠

٧,٣ الحس المشترك، والواقعية، والتجريبية البنائية ٣٩٦

اقتراحات إضافية للقراءة ٤٠٢

٨ الواقعية: في أي شيءٍ تكون؟ ٤٠٤

٨,١ تَغَيُّرُ النظريات ٤٠٦

٨,٢ في تعدد النماذج ٤٥٣

٨,٣ إضفاء المثالية ٤٦٥

٨,٤ الواقعية البنيوية ٤٧٢

اقتراحات إضافية للقراءة ٤٧٦

مسرد المصطلحات ٤٧٨

عينة للقراءة

تمهيد

يهدف هذا الكتاب إلى تقديم مدخلٍ مُبسط لفلسفة العلم. وهو يستهدف على وجه الخصوص طلاب العلوم الذين يدرسون مقررًا دراسيًّا في فلسفة العلم فقط دون مقررات فلسفية أخرى وكذلك الطلاب الذين يدرسون فلسفة العلم باعتبارها جزءًا من دراستهم للفلسفة؛ ومن ثَمّ لم أفترض وجود أي معرفة مسبقة بالفلسفة، ولم أعتمد أيضًا على المعرفة التفصيلية للعلم. لقد تجنّبت أيضًا استخدام أي رياضيات. وهذا يعني أن بعض القضايا لم تُناقَش على الرغم من أهميتها. على سبيل المثال، لا نتناول تداعيات ميكانيكا الكم على فلسفة العلم، والنظرية الرياضية للاحتمالات واستخدامها في نمذجة التفكير العلمي. ومع ذلك، ليس من المحتم أن يكون النص التمهيدي سطحيًّا، وقد حاولت تقديم تحليل للعديد من المسائل الهامة، مثل الاستقراء والقصور عن التحديد والواقعية العلمية، وهي المسائل التي قد يستفيد منها الطلاب حتى طلاب الدراسات العليا والفلاسفة الأكاديميون. كان هدفي طوال الوقت هو جعل القارئ على دراية بالمسائل التي ربما لم يفكر بها من قبل، ثم الخوض فيها من خلال بحثها ودراستها فلسفيًّا من أجل فهم قوة الحجج المختلفة من جميع الجوانب، بدلًا من تقديم آرائي الخاصة؛ لذا فهناك القليل من الإجابات التي يمكن العثور عليها فيما سيأتي، وإذا أصبح القُراء -بعد القراءة- في حيرةٍ من أمرهم بعدما كانوا مُطمئنين في السابق، فسيكفيني ذلك.

عينة للقراءة

آمل أن يثير هذا الكتاب اهتمام العلماء وكذلك عموم القراء الذين لديهم فضول حول فلسفة العلم. لقد حاولتُ الحفاظ على الطرح واضحًا ومفهومًا طوال الوقت، وأيضًا حاولت إيضاح الحجج المهمة بأمثلة يومية وعلمية. ومع ذلك، سيجد القارئ أن المناقشة في الفصل الخامس تدور حول الخلفية التاريخية والفلسفية للنقاش المعاصر حول الواقعية العلمية. وأنا أحث أولئك الذين لا يرون أهمية مباشرة لذلك على الصبر والقراءة، لأن القضايا التي نناقشها هناك لها أهمية جوهرية. أخيرًا، يجب أن أعترف مسبقًا للمؤرخين بأنني قد أخضعت علم التأريخ لأهدافي التربوية وذلك من خلال تقديم سردٍ تاريخيّ مُبسّط في بعض الأحيان، بالكاد يلامس تعقيدات التطور التاريخي للفلسفة والعلم.

وللتسهيل على القراء، فقد وضعتُ مسردًا بالعديد من المصطلحات وشرحها في نهاية الكتاب.

عين للقراءة

شكرٌ وعرفان

أنا ممتنٌّ للغاية لجميع أولئك الذين علموني فلسفة العلم، ولكن أخصّ بالشكر ريتشارد فرانك، وستيفن فرينش، وديفيد بابينو، وأنتوني سودبيري، وباس فان فراسن. كما أود أن أشكر جميع طلابي، وخاصة كارلتون جيبسون ونيك تالبوت اللذين قدّما لي ملاحظات حول أجزاء من هذا الكتاب في مراحله الأولى. كما سمحتْ لي كاثرين هاولي بالاطلاع على ملاحظات محاضراتها حول توماس كون، والتي كانت مفيدة للغاية. كما قرأ دون كولينز وأندرو بايل وبول تابينديين المخطوطة بأكملها وقدّموا لي تعليقاتٍ مستفيضة أشعر بالامتنان الشديد لها. والشكر موصول أيضًا للي هيندرسون التي أعطتني نصائح ثمينة حول الفصول الأخيرة. أود أيضًا أن أشكر جميع زملائي في قسم الفلسفة في جامعة بريستول لمنحي إجازة دراسية لكتابة هذا الكتاب، وكذلك أشكر مجلس أبحاث الآداب والعلوم الإنسانية على منحة إجازة البحث. كما أنني ممتنٌّ جدًّا لتوني بروس، محرر الفلسفة في مؤسسة روتليدج، الذي شجعني على الشروع في هذا المشروع، ولسيوبان باتينسون الذي قدّم المساعدة والدعم خلال عملية النشر. وأخيرًا، أشكر أودري وأنجيلا ليدمان على حبهما ودعمهما.

جيمس ليدمان

عينة للقراءة

مقدمة

لا يختلف عصرنا، من عدة نواحٍ، عن أي عصر آخر؛ فمعظم الناس يعملون بجِد لمجرد البقاء على قيد الحياة. وبينما يعيش عددٌ قليلٌ منهم في كنف الرفاهية، يهلك الكثيرون في حروب والصراعات لا ناقة لهم فيها ولا جمل؛ ودورة الحياة والموت هي نفسها بالنسبة لنا كما كانت بالنسبة لأسلافنا البعيدين. ومع ذلك، فإن بعض خصائص العالم المعاصر جديدة تمامًا، على سبيل المثال، يمكنني التقاط الهاتف والتحدث مع أحد أقاربي على الجانب الآخر من الكرة الأرضية، وأستطيع أن أرى أن ما نعيش عليها هي بالفعل كرة أرضية من خلال النظر إلى صورة مأخوذة من الفضاء. وقد تحسنت الحياة اليومية للعديد من الأشخاص من خلال أجهزة الكمبيوتر والتلفزيون والتكنولوجيا الأخرى التي لا يمكن تصور الحياة بدونها اليوم. ويمكن للطب أن يعالج أشكالًا من المرض والإصابات كان من شأنها أن تؤدي إلى موتٍ محقق للأجيال السابقة. أما على الجانب السلبي، وغير المسبوق أيضًا، فإن الأسلحة النووية التي تمتلكها العديد من الدول الآن تكفي للقضاء على كل أشكال الحياة تقريبًا على الكوكب، وتتلوث سماؤنا ومحيطاتنا بمواد موجودة فقط لأننا نصنعها في مصانعنا الكيميائية.

إن أيًّا من هذه التقنيات، سواء أكانت جيدةً آثارها أم سيئة، لم تكن لتوجد لولا العلم. من الممكن اختراع المحاريث والعجلات

والضمادات والسكاكين دون الكثير من المعرفة من الناحية النظرية، لكن من دون النظريات العلمية والمناهج التي استُحدِثت بشكل أساسي في مئات السنين القليلة الماضية لن تكون هناك أجهزة إلكترونية أو مركبات فضائية أو جراحات دقيقة أو أسلحة دمار شامل. فمنتجات العلوم والتكنولوجيا لها تأثير كبير على الطريقة التي نعيش بها حياتنا وكيف نُشكّل بيئتنا اليوم. وإذا كنت تشك في ذلك، حاول أن تتخيل يومًا عاديًّا دون استخدام أي شيء يعمل بالطاقة الكهربائية أو يحتوي على البلاستيك.

بيد أن أهمية العلم لا تُستَمد فقط من استخدامه في التكنولوجيا. إذ يتمتع العلم بمكانة لا مثيل لها في المجتمع مقارنة بالنظم والأنساق الأخرى، ومن المرجح أن يتفق الجميع على الحاجة إلى تمويل العلوم الحديثة وفهمها في حين أن الكثيرين قد يسخرون من الفن أو الأدب الحديث. علاوة على ذلك، من المرجح أن يثق معظم الناس بكلام العلماء أكثر بكثير من ثقتهم بكلام الصحفيين أو المحامين أو السياسيين. وغالبًا ما يُعتقد -سواءً أكان ذلك صحيحًا أم خاطئًا- أن العلم هو الشكل النهائي للبحث الموضوعي والعقلاني، ويُنظَر إلى العلماء على نطاق واسع على أنهم قادرون على جمع الأدلة وتفسيرها واستخدامها للتوصل إلى استنتاجات «مثبتة علميًّا»، وبالتالي ليست فقط نتاجًا لأيديولوجية ما أو تحيز مسبق. كما إن المحاكم لا تدين أي شخص أو تُبرئه من جريمة بسبب قول كاهن أو روائي، لكنها تعتمد إلى حد كبير على أدلة شاهد خبير والذي يكون عالمًا من نوع ما؛

عينة للقراءة

فإذا قال خبير المقذوفات إن رصاصة جاءت من اتجاه معين، أو قال أحد الأطباء إن جسد الشخص كان به عقار معين عندما توفي، فعادة ما تؤخذ شهادتهما في وقائع القضية. ويستشير معظمنا الطبيب عندما نشعر بمشكلة صحية ما، وإذا وصف الطبيب بعض الأدوية أو غيرها من العلاجات فإننا نأخذها على افتراض أنها ستساعد في علاج أعراضنا وليس هي نفسها التي ستسبب لنا الأذى. وعادة ما يُزعَم بوضوح أن الطب الحديث «قائمٌ على الأدلة» وبالتالي فهو علمي. وبالمثل، إذا قال العلماء الموثوقون إن هناك غذاء ما أو مادة كيميائية معينة غير آمنة، فسيُحظر استخدامها وبيعها.

يمكن بسهولة توسيع نطاق الأمثلة المذكورة أعلاه المتعلقة بالعدالة والصحة والسلامة لتشمل أنشطة مختلفة من الهندسة والبناء والصيد والزراعة. وبالتالي ففي جميع مجالات الحياة الحديثة تقريبًا من المرجح أن يبحث الناس عن الأدلة العلمية وآراء العلماء أو يعتمدون عليها بشكل غير مباشر قبل اتخاذ قرارات مهمة. وسواء أكنّا نحن الأفراد نتشارك في هذا الإيمان بالعلم والعلماء أم لا، فإن حياتنا تتأثر به بشدة، وهذا هو أحد أسباب أهمية فهم العلم والتفكير به. بطبيعة الحال، معظمنا لا يعرف سوى القليل جدًّا من العلوم، وقد أصبحت درجة التخصص في علوم معينة كبيرة جدًّا بحيث أنه لا يمكن لأي فرد أن يعرف كل ما يمكن معرفته في مجال علمي واحد ناهيك عن كل العلوم في مجملها. لهذا السبب، ليس لدينا خيار سوى الاعتماد على التعاون والتنسيق بين العديد من الأفراد من أجل تطوير مزيد

غيمة القراءة

من الفكر العلمي وتطبيقه. ومع ذلك، هناك بعض الخصائص العلمية العامة إلى حد ما والتي يمكننا تناولها فلسفيًّا دون الحاجة إلى معرفة الكثير عن أحدث الأبحاث العلمية.

وقبل التفكير في ما تدور حوله فلسفة العلم، سيكون من المفيد أن نقول ما لا تدور حوله. من الواضح أن هناك أسئلة أخلاقية مهمة أثارَها البحث العلمي، مثل ما إذا كان من المقبول أخلاقيًّا إجراء تجارب على الحيوانات تسبب لها المعاناة، أو إعطاء علاجات للمرضى العقليين عندما يكونون غير قادرين على إعطاء موافقتهم الواعية. وبالمثل، هناك أسئلة اجتماعية وسياسية واقتصادية مهمة حول الأبحاث التي ينبغي تمويلها وتلك التي لا ينبغي تمويلها؛ على سبيل المثال ما إذا كان ينبغي بناء محطات الطاقة النووية أم لا، وما إذا كانت الهندسة الوراثية للنباتات والحيوانات أخلاقية أو مستحسنة عمليًّا أم لا. وعلى الرغم من أن سياسات العلم أو أخلاقيات البحث العلمي يجب أن تسترشد بفلسفة العلم، وهي في الواقع جزء من فلسفة العلم كما تُتَصوَّر على نطاق واسع، إلا أننا لم نتناولها هنا. علاوة على ذلك، فنحن الفلاسفة، لسنا مهتمين في المقام الأول بإحراز تقدم في أي فرعٍ بعينه من العلوم (على الرغم من أن التفكير الفلسفي قد أثّر في كثير من الأحيان على كيفية الممارسات العلمية في علوم معينة، كما يتداخل البحث الفلسفي أحيانًا مع العلوم النظرية).

وفي حين أن هناك تخصصات أخرى تدرس العلوم، فإن أنواع الأسئلة التي تتناولها ومناهجها في محاولة الإجابة عنها تختلف عن

تلك الموجودة في فلسفة العلم. إن الأسئلة التي تتعلق مثلًا بتطور تخصصات ونظريات علمية معينة تحتاج إلى معالجة وتناول من قبل مؤرخي العلوم، وليس من الفلاسفة. من ناحية أخرى، فأسئلة مثل «أي نوع من الشخصيات يمتلك مقوّمات العالِم الجيد؟» أو «ما الدور الذي تلعبه المجلّات والدوريات العلمية في التواصل وتقييم النظريات في الفيزياء؟» هي أسئلة تتعلق بعلم نفس العلوم أو علم اجتماع العلوم، على التوالي. إن الأسئلة الفلسفية حول العلوم، مثل الأسئلة الفلسفية بشكل عام، لا يمكن الإجابة عنها من خلال الخروج إلى العالم وجمع المعلومات، ومعرفة ما يحدث، أو معرفة كيف يُنظَّم مجتمعٌ علمي معين في الواقع الفعلي؛ بل يقوم البحث الفلسفي على التحليل والحجة والنقاش.

إن هذا التوصيف للتاريخ وعلم الاجتماع وعلم النفس على أنها علوم قائمة على أساس تجريبي ومتمايزة في كلٍّ من الموضوع والمنهج عن الفلسفة هو نفسه مثير للجدل من الناحية الفلسفية؛ إذ يعتقد العديد من الفلاسفة أن المفهوم التقليدي للفلسفة كموضوع قائم على التأمل الخالص هو مفهوم سخيف وأن الفلسفة متصلة حقًّا بالبحث التجريبي والعلم نفسه (تُعرف هذه النظرة باسم الطبيعانية naturalism). وفقًا لوجهة النظر هذه، فإن الأسئلة المتعلقة بالمنهج العلمي والمعرفة في فلسفة العلم هي أسئلة متصلة فعليًّا بأسئلة أخرى في العلوم المعرفية حول كيفية تفكير البشر وتشكيل المعتقدات. ومع ذلك، لا يحتاج

عينة للقراءة

المرء إلى تخيل وجود تمييز مطلق بين الفلسفة وأشكال البحث التجريبية لإدراك الاختلافات الواسعة بين تلك الأخيرة ودراسة الأسئلة الفلسفية التي تنشأ عندما نفكر في العلم.

وبالطبع، لا يكون هذا التوصيف ذا فائدة تُذكر ما لم نعرف ما هو العلم، لذلك ربما تكون المهمة الأساسية لفلسفة العلم هي الإجابة عن سؤال: «ما هو العلم؟». وبالنظر إلى مكانة العلم، فإن هذا السؤال من الأهمية بمكان وقد سعى العديد من الفلاسفة إلى تقديم إجابة عنه بحيث يمكن استخدامها لتقييم ما إذا كانت المعتقدات التي يُزعم أنها علمية هي حقًّا كذلك. إن إشكالية تحديد ما هو علمي وما هو غير علمي تسمى بإشكالية التمييز. لقد زَعم بعض الناس أن ثمة بعض المعتقدات والممارسات التي تحظى بمكانة العلم، مثل تلك الخاصة بالتنجيم، ونظرية الخلق (العقيدة القائلة بأن الله خلق الأرض قبل بضعة آلاف من السنين كما هو مذكور في الكتاب المقدس)، والماركسية والتحليل النفسي، وأراد بعض الفلاسفة أن يكونوا قادرين على إثبات أنها ليست علمية، وأنها في الحقيقة مجرد علوم زائفة. ويُعتقد عادةً أنه إذا كان هناك أي شيء مميز يتكون منه العلم، فهو وجود منهج أو مجموعة من المناهج، لذا فإن دراسة المنهج العلمي هي في صميم فلسفة العلم.

قد لا نعرف حتى الآن كيفية تعريف العلم أو كيفية معرفة ما إذا كانت بعض الممارسات أو المعتقدات الخلافية تعتبر علمية أم لا، لكننا لدينا بالتأكيد الكثير من الأمثلة على العلوم. فعادةً ما تُقسَّم

عبد الفتاح

العلـوم إلـى نوعيـن همـا العلـوم الطبيعيـة والعلـوم الاجتماعيـة. الأولـى موضـوع دراسـتها هـو العالـم الطبيعـي وتشـمل الفيزيـاء والكيميـاء وعلـم الفلـك والجيولوجيـا وعلـم الأحيـاء؛ بينمـا الثانيـة تـدرس العالـم البشـري أو الاجتماعـي علـى وجـه التحديـد وتشـمل علـم النفـس وعلـم الاجتمـاع والأنثروبولوجيـا والاقتصـاد. وبمـا أن العلـوم الاجتماعيـة تـدرس سـلوك البشـر ومؤسسـاتهم وأنظمتهـم، فيتعيـن عليها التعامـل مع المعـاني والأفعال المتعمـدة وإرادتنـا الحـرة الظاهـرة؛ ومـن ثـم، فـإن الأسـئلة الفلسـفية التـي تطرحهـا غالبًـا مـا تكـون مختلفـة تمامًـا عـن تلـك التـي تثيرهـا العلـوم الطبيعيـة. علاوة علـى ذلـك، فـإن إحـدى المسـائل المهمـة في فلسـفة العلوم الاجتماعيـة هـي مـا إذا كان موضـوع مثـل علـم الاجتمـاع هـو موضـوع علمـي فعلًا أم يمكنـه أن يكـون كذلـك أم ينبغـي لـه. ولا تُطـرَح مثـل هـذه الأسـئلة بشـأن العلـوم الطبيعيـة؛ فلا أحـد يشـك في كـون الفيزيـاء علمًـا. وبالنسـبة لنـا في هـذا الكتـاب (وهنـا أتّبـع الممارسـات القياسـية المعتـادة) فـإن فلسـفة العلـم هـي فلسـفة العلـوم الطبيعيـة، علـى الرغـم مـن أن العديـد مـن الموضوعـات التـي سنناقشـها هـي موضـع اهتمـام في فلسـفة العلـوم الاجتماعيـة أيضًـا.

عينة للقراءة

فلسفة العلم بوصفها إبستمولوجيا وميتافيزيقا

وبصرف النظر عن أي اهتمام فلسفي قد يكون لدينا بالعلم بسبب مكانته وتأثيره على حياتنا، فإن العلم مهم للفلسفة لأنه يبدو أنه يقدم إجابات عن الأسئلة الفلسفية الأساسية. أحد هذه الأسئلة هو «كيف يمكن أن نكتسب المعرفة وليس مجرد الاعتقاد أو الرأي؟»، والإجابة العامة جدًّا هي من خلال «اتباع المنهج العلمي». لذا، على سبيل المثال، مهما كان اعتقاد أي منا، سواء كان صحيحًا أم خاطئًا، حول ما إذا كان التدخين يسبب السرطان أو عوادم المرور تسبب الربو، فإن الحكومة لن تتحرك ما لم يكن هناك دليل علمي يدعم مثل هذه المعتقدات (وبطبيعة الحال، قد لا تتحرك حتى لو كان هناك دليل). وكذلك في جميع الأمثلة المذكورة أعلاه، تُحتَرم آراء العلماء، لأنه يُفتَرض أنهم قد توصلوا إلى استنتاجاتهم على أساس المناهج الصحيحة لجمع الأدلة وتقييمها، وبالتالي يُفتَرض أن تكون مُبرَّرة.

إن الفرع الفلسفي الذي يتناول المعرفة والتبرير يُسمى الإبستمولوجيا أو نظرية المعرفة. وتتضمن الأسئلة المركزية لنظرية المعرفة ما يلي: ما هي المعرفة وما الفارق بينها وبين مجرد الاعتقاد؟ هل يمكننا التأكد من أن لدينا أي معرفة؟ ما هي الأشياء التي نعرفها في الواقع؟ ربما يكون السؤال الأول هو السؤال المعرفي الأكثر جوهرية. إن كل واحد منا لديه معتقدات كثيرة، بعضها صحيح وبعضها خاطئ. وإذا كنت أعتقد شيئًا خاطئًا (لنفترض، على سبيل المثال، أنني أعتقد

عين للقراءة

أن عاصمة أستراليا هي سيدني) فلا يمكن أن يُقال إنني أعرف ذلك. وبالمصطلحات المنطقية، يمكننا أن نقول أن أحد الشروط الضرورية لأن يعرف شخصٌ أي قضية[1] هو أن تكون صحيحة. وبعبارة أخرى، إذا كان الشخص «يعرف» قضية ما، فإن هذه القضية صحيحة. (من الواضح أن العكس غير صحيح؛ فهناك الكثير من القضايا الصحيحة ولكن لا أحد يعرفها، على سبيل المثال، هناك قضية صحيحة بشأن عدد الأوراق الموجودة على الشجرة خارج نافذتي، لكنني أفترض أن أحدًا لم يكلف نفسه عناء اكتشافها). وهكذا فعندما يعتقد الشخص شيئًا يتبين أنه خاطئ (بغض النظر عن مدى معقوليته) فعندئذ نقول إنه كان يعتقد أنه يعرفه ولكنه في الواقع لم يعرفه.

لنفترض أيضًا أن هناك شرطًا ضروريًّا آخر لكي يعرف الشخص بعض القضايا، وهو أن يُصدّق (يعتقد) هذه القضية. لدينا الآن شرطان ضروريان للمعرفة؛ فالمعرفة هي على الأقل اعتقاد صحيح، ولكن أيكفي هذا؟ تأمّل المثال التالي: لنفترض أنني ميّال جدًّا للتفكير بالتمني، و كل أسبوع أعتقد أنني سأربح في اليانصيب، ولنفترض أنه في أسبوع

معين ربحت بالفعل؛ إذن فقد كان لدي اعتقاد بأنني سأربح، وكان ذلك اعتقادًا صحيحًا، لكنه لم يكن معرفة لأنني لم يكن لدي سبب

(١) القضية Proposition هي اصطلاح منطقي يعني أي قول يحتمل الصدق أو الكذب، ويمكن القول إنها تكافئ الجملة الخبرية (المترجم).

كافٍ للاعتقاد بأنني سأربح في ذلك الأسبوع بالذات وليس في جميع الأسابيع الأخرى التي اعتقدت أنني سأربح فيها ولم أربح. إذن فمن الممكن أن أكون معتقدًا لشيء ما، وهو صحيح، لكنني لا أعرفه.

إذن يبدو أنه من أجل أن يُنظَر للشيء الذي يعتقده المرء على أنه معرفة، لا بد من وجود شيء آخر بالإضافة إلى كون هذا الاعتقاد صحيحًا. إن اعتقادي بشأن اليانصيب في المثال أعلاه لا يُعدّ معرفة لأنني كنت أفتقر إلى سبب كافٍ للاعتقاد بأنني سأفوز في ذلك الأسبوع؛ أي يمكننا أن نقول إن اعتقادي لم يكن له ما يبرره. كانت وجهة النظر التقليدية في نظرية المعرفة هي أنه لا يمكن الزعم بالمعرفة إلا عندما يكون لدينا مبرر مناسب لمعتقداتنا، أي بعبارة أخرى، المعرفة هي اعتقاد صحيح مبرر. وعلى الرغم من أن هذا التعريف «الثلاثي» للمعرفة كان في الآونة الأخيرة موضوعًا لكثير من النقد والنقاش، إلا أن التبرير لا يزال يُعدّ في كثير من الأحيان ضروريًّا للمعرفة. ويقودنا هذا إلى مسألة ماهية التبرير، وكما هو مقترح أعلاه، غالبًا ما يُعتقد أن التبرير يتوفر من خلال اتباع المناهج العلمية لاختبار معتقداتنا أو الوصول إليها (كلمة علم science تأتي من الكلمة اللاتينية scientia، والتي تعني المعرفة).

لذا فإن إحدى مجالات الفلسفة التي تتداخل بشكل كبير مع فلسفة العلم هي نظرية المعرفة. تتضمن الأسئلة المعرفية التي سنتناولها في الفصول اللاحقة (مع بعض الإجابات المتنافسة عنها) ما يلي: ما

عينة للقراءة

هـو المنهـج العلمـي؟ كيـف تدعـم الأدلـة النظريـات؟ هـل عمليـة تَغيّـر النظريـات في العلـم عمليـة عقلانيـة؟ هـل يمكننـا حقًّـا أن نقـول إننـا نعـرف أن النظريـات العلميـة صحيحـة؟

إذا قبلنـا فكـرة أن العلـم يمنحنـا حقًّـا نوعًـا مـا مـن المعرفـة، فيجـب علينـا أن نفحـص مـا تخبرنـا بـه النظريـات العلميـة حـول العالـم، ونقـرر مـا هـو نطـاق المعرفـة العلميـة. إذ يبـدو أن الصـورة العلميـة الحديثـة للعالـم تخبرنـا بالكثيـر، ليـس فقـط عـن كيف هـي الأمـور الآن، بل كيـف كانت قبل ملاييـن أو حتـى مليـارات السـنين. إذ تخبرنـا الفيزيـاء الفلكيـة عـن تكويـن الأرض والنظـام الشمسـي وحتـى الكـون، وتخبرنـا الجيوفيزيـاء عـن تطـور الجبـال والقـارات والمحيطـات، وتخبرنـا الكيميـاء الحيويـة وعلـم الأحيـاء التطـوري عـن تطـور الحيـاة نفسـها. وتخبرنـا مثـل هـذه النظريـات العلميـة بالمزيـد عـن أشـياء مألوفـة، لذلـك، علـى سـبيل المثـال، قـد نعـرف أيـن كان يتدفـق نهـر معيـن أو كيـف يقـوم النحـل بتلقيـح الزهـور. ومـع ذلـك، فـإن النظريـات العلميـة، وخاصـة تلـك المتعلقـة بالفيزيـاء والكيميـاء، تصـف أيضًـا كيانـات وأشـياء ليسـت جـزءًا مـن تجربتنـا اليوميـة، مثـل الجزيئـات والـذرات والموجـات الكهرومغناطيسـية والثقـوب السـوداء ومـا إلـى ذلـك. وتثيـر مثـل هـذه النظريـات مشـكلات وأسـئلة خاصـة في فلسـفة العلـوم؛ علـى سـبيل المثـال، هـل ينبغـي أن نؤمـن بوجـود مثـل هـذه الكيانـات غيـر الملحوظـة، وإذا كان الأمـر كذلـك، فمـا الـذي يمكـن اعتبـاره دليـلًا علـى وجودهـا وكيـف يمكننـا الإشـارة إليهـا؟

عين للقراءة

وبطبيعة الحال، فإن العلم لا يصف العالم فقط؛ بل يقدم لنا تفسيرات لكيفية وسبب وجود الأشياء على ما هي عليه. وغالبًا ما يتضمن هذا الأمر وصف الأسباب غير القابلة للملاحظة للأشياء التي نلاحظها. ومن ثم، فإن نيوتن ليس مشهورًا باكتشافه أن الأجسام غير المدعومة (الحرة) تسقط على الأرض، ولكنه مشهور بتفسير سبب سقوطها (قوة الجاذبية هي التي تسبب سقوط التفاح من الأشجار)، وبإعطائنا قانونًا يسمح لنا بحساب المعدل الذي تسقط به. إن ميكانيكا نيوتن، مثل العديد من النظريات العلمية، صيغت من عدد قليل من المبادئ أو القوانين الأساسية. إن أحد الأمور الأساسية لفهمنا للعلم هو فكرة «قوانين الطبيعة»؛ على سبيل المثال، يُفتَرض أن أحد قوانين الطبيعة هو أن جميع المعادن تتمدد عند تسخينها. لذا يبدو أن العلم يخبرنا عن الطبيعة النهائية للأشياء، ومِمَّا يتكون العالم وكيف يعمل. بل إنه يُعتَقد أن العلم قد حلّ محل الميتافيزيقا ليس فقط بإخبارنا عما هو موجود، وشرح ما يحدث من حيث قوانين الطبيعة والسببية، ولكن أيضًا من خلال الإجابة عن أسئلة فلسفية أساسية أخرى حول طبيعة المكان والزمان على سبيل المثال. ولكن ما هي بالضبط قوانين الطبيعة، وماذا يعني قولنا إن شيئًا ما قد تسبب في شيء آخر؟ وما الذي يعنيه مفهوم التفسير؟

يُسلّم العديد من الفلاسفة والعلماء بأن هدف العلم ليس مجرد وصف ما نراه، ولكن أيضًا الوصول إلى الحقيقة بشأن الكيانات والقوانين والأسباب غير القابلة للملاحظة والتي تكمن وراء الظواهر

عينة القراءة

التي نلاحظها. ومن ناحية أخرى، هناك أيضًا تقليد طويل من تجاهل الأسئلة المتعلقة بالطبيعة الحقيقية للأشياء، وقوانين الطبيعة وما إلى ذلك، والتأكيد بدلًا من ذلك على البحث عن نظريات تتنبأ بدقة بما يمكن ملاحظته، دون الاهتمام بشأن ما إذا كانت صحيحة أو خاطئة في المطلق. والسؤال الذي سيركز عليه هذا الكتاب هو: «هل يجب علينا أن نؤمن بالكيانات غير القابلة للرصد التي تفترضها أفضل نظرياتنا العلمية؟»، أو بشكل أكثر وضوحًا: «هل الإلكترونات موجودة حقًّا؟». قد تعتقد أن هذا السؤال عبثي لأن الإلكترونات يمكن ملاحظتها في الواقع. ففي نهاية المطاف، ألا تعمل أجهزة التلفزيون عن طريق إطلاق الإلكترونات على شاشة الفوسفور، وبالتالي، ألا نراقب، بشكل غير مباشر على الأقل، الإلكترونات طوال الوقت؟ سنناقش المقصود بالضبط بقابلية الملاحظة في الجزء الأخير من الفصل السادس؛ غير أنه لا مراء في أن الإلكترونات والذرات وما شاكلها لا يمكن ملاحظتها بنفس الطريقة التي يمكن ملاحظة الأنهار والأشجار بها. إن الواقعية العلمية هي وجهة النظر القائلة بأننا يجب أن نؤمن بوجود أشياء مثل الإلكترونات، في حين أن اللاواقعية العلمية هي وجهة النظر القائلة بأننا يجب أن نتوقف عن الإيمان بواقعية النظريات العلمية ونكتفي بتصديق ما تقوله حول ما يمكننا ملاحظته. وفي محاولة البت في مسألة الواقعية العلمية، سيتعين علينا معالجة جميع الأسئلة المعرفية والميتافيزيقية المذكورة أعلاه.

عينة للقراءة

الجزء الأول

المنهج العلمي

عينة للقراءة

١

الاستقراء والمذهب الاستقرائي

١,١ تحدّي المتشكك

نقطة البداية لدينا هي التحكيم في النزاع التالي الذي نشأ عندما كانت أليس، التي كانت تقرأ كتاب «تاريخ موجز للزمن» لستيفن هوكينج، تحاول أن تشرح الأشياء المثيرة التي تعلمتها عن الانفجار العظيم وتاريخ الكون لصديقها توماس.

***

أليس: ... وهكذا فبعد ثانية واحدة من الانفجار العظيم كانت درجة حرارة الكون حوالي عشرة مليارات درجة، وهي تقريبًا نفس درجة الحرارة في منتصف انفجار القنبلة النووية.

توماس: هل تصدقين حقًّا كل هذه الأشياء؟ ألا تعتقدين أنها صعبة التصديق بعض الشيء؟

أليس: بالطبع أصدقها، ولا أعتقد أنها أكثر استحالة من حقيقة أن هذه الطاولة التي نجلس عليها هي في معظمها مساحة فارغة وأنها تتكون من ذرات صغيرة جدًّا لدرجة أن الملايين منها يمكن أن تماثل حجم رأس دبوس.

عينة للقراءة

المراجع

Achinstein, P. (1991) *Particles and Waves*, Oxford: Oxford University Press.

Armstrong, D. (1983) *What is a Law of Nature?*, Cambridge: Cambridge University Press.

Ayer, A. (1940) *The Foundations of Empirical Knowledge*, London: Macmillan.

Ayer, A.J. (1952) *Language Truth and Logic*, Cambridge: Cambridge University Press.

Ayer, A.J. (1956) *The Problem of Knowledge*, Harmondsworth, Middlesex: Penguin.

Barnes, B., Bloor, D. and Henry, J. (1996) *Scientific Knowledge: A Sociological Analysis*, London: Athlone.

Berkeley, G. (1975a) *The Principles of Human Knowledge*, in M.R. Ayers (ed.) *Berkeley Philosophical Works*, London: Everyman.

Berkeley, G. (1975b) *Berkeley Philosophical Works*, London: Everyman.

Boyd, R. (1984) 'The current status of scientific realism', in J. Leplin (ed.) *Scientific Realism*, Berkeley: University of California Press, pp. 41–82.

Boyd, R. (1985) '*Lex Orandi est Lex Credendi*', in P.M. Churchland and C.A. Hooker (eds) *Images of Science*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 3–34.

Braithwaite, R. (1953) *Scientific Explanation*, Cambridge: Cambridge University Press.

Carnap, R. (1952) *The Continuum of Inductive Methods*, Chicago: University of Chicago Press.

Carnap, R. (1959) 'The elimination of metaphysics through logical analysis of language', in A.J. Ayer (ed.) *Logical Positivism*, New York: Free Press.

Carroll, L. (1895) 'What the tortoise said to Achilles', *Mind*, **4**, pp. 278–80.

Cartwright, N. (1983) *How the Laws of Physics Lie*, Oxford: Oxford University Press.

Cartwright, N., Shomar, T. and Suárez, M. (1995) 'The tool box of science: tools for building of models with a superconductivity example', in

W.E. Herfel, W. Krajewski, W. I. Niiniluoto and R. Wójcicki (eds) *Theories and Models in Science*, Amsterdam: Rodolfi
Churchland, P. (1979) *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, Cambridge: Cambridge University Press.
Churchland, P. (1985) 'The ontological status of observables: in praise of the superempirical virtues', in P. Churchland, and C. Hooker (eds), *Images of Science*, Chicago: University of Chicago Press.
Couvalis, G. (1997) *The Philosophy of Science: Science and Objectivity*, Chapter 1, London: Sage.
Descartes, R. (1941, tr. 1954) *Meditations on First Philosophy*, in E. Anscombe and P. Geach (eds), *Descartes Philosophical Writings*, London: Nelson.
Devitt, M. (1991) *Realism and Truth*, Oxford: Blackwell.
Duhem, P. (1906, tr. 1962) *The Aim and Structure of Physical Theory*, New York: Athenum.
Dupré, J. (1993) *The Disorder of Things: Metaphysical Foundations of the Disunity of Science*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
Eddington, A. (1928) *The Nature of the Physical World*, Cambridge: Cambridge University Press.
Feyerabend, P. (1977) *Against Method*, London: New Left Books.
Field, H. (1995) 'Theory change and the indeteminacy of reference', in P. Lipton (ed.) *Theory, Evidence and Explanation*, Aldershot: Dartmouth.
Fine, A. (1984) 'The natural ontological attitude', in J. Leplin (ed.) *Scientific Realism*, Berkeley: University of California Press, pp. 83–107.
Fodor, J. (1984) 'Observation reconsidered', *Philosophy of Science*, **51**, pp. 23–43.
Friedman, M. (1974) 'Explanation and scientific understanding', *Journal of Philosophy*, **LXXI**, pp. 5–19.
Friedman, M. (1999) *Logical Posistivism Reconsidered*, Cambridge: Cambridge University Press.
Glymour, C. (1980) *Theory and Evidence*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
Goodman, N. (1973) *Fact, Fiction and Forecast*, Indianapolis: Bobbs-Merrill.
Gower, B. (2000) 'Cassirer, Schlick and "structural" realism: the philosophy of the exact sciences in the background to early logical empiricism', *British Journal for the History of Science*, **8**, pp. 71–106.
Hacking, I. (ed.) (1981) *Scientific Revolution*, Oxford: Oxford University Press.
Hacking, I. (1983) *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press.
Hanfling, O. (ed.) (1981) *Essential Readings in Logical Positivism*, Oxford: Blackwell.
Hanson, N.R. (1958) *Patterns of Discovery*, Cambridge: Cambridge University Press.

Hardin, C.L. and Rosenberg, A. (1982) 'In defence of convergent realism', *Philosophy of Science*, **49**, pp. 604–15.
Harding, S. (ed.) (1976) *Can Theories be Refuted? Essays on the Duhem–Quine Thesis*, Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel.
Harman, G. (1965) 'Inference to the best explanation', *Philosophical Review*, **74**, pp. 88–95.
Hempel, C. (1965) *Aspects of Scientific Explanation*, New York: Free Press.
Hoefer, C. and Rosenberg, A. (1994) 'Empirical equivalence, underdetermination, and systems of the world', *Philosophy of Science*, 61, pp. 592–607.
Horwich, P. (1982) *Probability and Evidence*, Cambridge: Cambridge University Press.
Horwich, P. (1991) 'On the nature and norms of theoretical commitment', *Philosophy of Science*, **58**, pp. 1–14.
Howson, C. and Urbach, P. (1993) *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, La Salle, IL: Open Court.
Hoyningen-Huene, P. (1993) *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas Kuhn's Philosophy of Science*, Chicago: University of Chicago Press.
Hume, D. (1963) *An Enquiry Concerning Human Understanding*, La Salle, IL: Open Court.
Hume, D. (1978) *A Treatise of Human Nature*, Oxford: Oxford University Press.
Jones, R. (1991) 'Realism about what?', *Philosophy of Science*, **58**, pp. 185–202.
Kitcher, P. (1993) *The Advancement of Science: Science without Legend, Objectivity without Illusions*, Oxford: Oxford University Press.
Kuhn, T.S. (1957) *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
Kuhn, T.S. (1962, 2nd edn 1970) *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press.
Kuhn, T.S. (1977) *The Essential Tension*, Chicago: University of Chicago Press.
Kukla, A. (1993) 'Laudan, Leplin, empirical equivalence and underdetermination', *Analysis*, **53**, pp. 1–7.
Kukla, A. (1996) 'Does every theory have empirically equivalent rivals?', *Erkenntnis*, **44**, pp. 137–66.
Kukla, A. (1998) *Studies in Scientific Realism*, Oxford: Oxford University Press.
Kukla, A. (2000) *Social Constructivism and the Philosophy of Science*, London: Routledge,
Ladyman, J. (1998) 'What is structural realism?', *Studies in History and Philosophy of Science*.
Ladyman, J. (2000) 'What's really wrong with constructive empiricism?:

van Fraassen and the metaphysics of modality', *British Journal for the Philisophy of Science*, **51**, pp. 837–56.
Ladyman, J., Douven, I., Horsten, L. and van Fraassen, B.C. (1997) 'In defence of van Fraassen's critique of abductive reasoning: a reply to Psillos', *Philosophical Quarterly*, **47**, pp. 305–21.
Lakatos, I. (1968) 'Criticism and the methodology of scientific research programmes', *Proceedings of the Aristotelian Society*, 69, pp. 149–86.
Lakatos, I. and Musgrave, A. (eds) (1970) *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press.
Laudan, L. (1977) *Progress and its Problems*, Berkeley: University of California Press.
Laudan, L. (1981) 'A confrontation of convergent realism', *Philosophy of Science*, **48**, pp. 19–48.
Laudan, L. (1984) *Science and Values*, Berkeley: University of California Press.
Laudan, L. and Leplin, J. (1991) 'Empirical equivalence and underdetermination', *Journal of Philosophy*, **88**, pp. 269–85.
Laudan, L. and Leplin, J. (1993) 'Determination underdeterred', *Analysis*, **53**, pp. 8–15.
Leplin, J. (1997) *A Novel Defense of Scientific Realism*, Oxford: Oxford University Press.
Lipton, P. (1991) *Inference to the Best Explanation*, London: Routledge.
Locke, J. (1964) *An Essay Concerning Human Understanding*, Glasgow: Collins.
McCulloch, G. (1989) *The Game of the Name: Introducing Logic, Language and the Mind*, Chapters 2 and 3, Oxford: Oxford University Press.
Maxwell, G. (1962) 'The ontological status of theoretical entities', in H. Feigl and G. Maxwell (eds) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Volume 3, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 3–14.
Merton, R.K. (1973) *The Sociology of Science*, Chicago: University of Chicago Press.
Musgrave, A. (1992), 'Discussion: realism about what?', *Philosophy of Science*, **59**, pp. 691–7.
Musgrave, A. (1993), *Common Sense, Science and Scepticism: A Historical Introduction to the Theory of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press.
Nagel, E. (1961) *The Structure of Science: Problems in the Logic Scientific Explanation*, New York: Harcourt, Brace and World.
Newton-Smith, W. (1981) *The Rationality of Science*, London: Routledge.
Papineau, D. (1979) *Theory and Meaning*, Oxford: Oxford University Press.
Papineau, D. (1993) *Philosophical Naturalism*, Oxford: Blackwell.
Papineau, D. (ed.) (1996) *Philosophy of Science*, Oxford: Oxford University Press.

Putnam, H. (1975a) *Mathematics, Matter and Method: Philosophical Papers*, Volume 1, Cambridge: Cambridge University Press.
Putnam, H. (1975b) *Mind, Language and Reality: Philosophical Papers*, Volume 2, Cambridge: Cambridge University Press.
Planck, M. (1996) 'The universe in the light of modern physics', in W. Schirmacher (ed.) *German Essays on Science in the 20th Century*, New York: Continuum, pp. 38–57.
Poincaré, H. ([1905] 1952) *Science and Hypothesis*, New York: Dover.
Popper, K. ([1934] 1959) *The Logic of Scientific Discovery*, London: Hutchinson.
Popper, K. (1969) *Conjectures and Refutations*, London: Routledge and Kegan Paul.
Psillos, S. (1994) 'A philosophical study of the transition from the caloric theory of heat to thermodynamics: resisting the pessimistic meta-induction', *Studies in the History and Philosophy of Science*, **25**, pp. 159–90.
Psillos, S. (1996) 'On van Fraassen's critique of abductive reasoning', *Philosophical Quarterly*, **46**, pp. 31–47.
Psillos, S. (1999) *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*, London: Routledge.
Quine, W.v.O. (1953) 'Two dogmas of empiricism', in *From a Logical Point of View*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
Redhead, M. (1996) 'Quantum field theory and the philosopher', offprint.
Rosen, G. (1994) 'What is constructive empiricism?', *Philosophical Studies*, **74**, pp. 143–78.
Ruben, D. (1990) *Explaining Explanation*, London: Routledge.
Ruben, D. (ed.) (1993) *Explanation*, Oxford: Oxford University Press.
Russell, B. (1912) *The Problems of Philosophy*, Chapter 6, Oxford: Oxford University Press.
Salmon, W. (1984) *Scientific Explanation and the Casual Structure of the World*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
Shapere, D. (1981) 'Meaning and scientific change', in I. Hacking (ed.) *Scientific Revolutions*, Oxford: Oxford University Press.
Shapiro, S. (2000) *Thinking about Mathematics*, Chapter 5, Oxford: Oxford University Press.
Sklar, L. (1974) *Space, Time and Spacetime*, Berkeley: University of California Press.
Smart, J. (1963) *Philosophy and Scientific Realism*, London: Routledge.
Stein, H. (1989) 'Yes, but . . . some skeptical remarks on realism and antirealism', *Dialectica*, **43**, pp. 47–65.
Swinburne, R. (ed.) (1974) *Justification of Induction*, Oxford: Oxford University Press.
Van Fraassen, B.C. (1980) *The Scientific Image*, Oxford: Oxford University Press.
Van Fraassen, B.C. (1985) 'Empiricism in the philosophy of science', in

P. Churchland and C. Hooker (eds) *Images of Science*, Chicago: University of Chicago Press.

Van Fraassen, B.C. (1989) *Laws and Symmetry*, Oxford: Oxford University Press.

Van Fraassen, B.C. (1994) 'Against transcendental empricism', in T.J. Stapleton (ed.) *The Question of Hermeneutics*, Amsterdam: Kluwer, pp. 309–35.

Woolhouse, R.S. (1988) *The Empiricists*, Chapter 8, Oxford: Oxford University Press.

Worrall, J. (1984) 'An unreal image', review article of van Fraassen (1980), *British Journal for the Philosophy of Science*, **35**, pp. 65–79.

Worrall, J. (1989) 'Structural realism: the best of both worlds?', *Dialectica*, **43**, pp. 99–124.

Worrall, J. (1994) 'How to remain (reasonably) optimistic: scientific realism and the "luminiferous ether"', in D. Hull, M. Forbes and R.M. Burian (eds) *P.S.A. 1994*, Vol. 1., Philosophy of Science Association, pp. 334–42.

للقراءة