مدخل الى فلسفة العلوم

الأسس الفلسفية للفيزياء

رودلف كارناب

ترجمة وتقديم وتعليق د. السيد نفادي

اهداءات ٢٠٠٣

أسرة المرحوم الأستاذ/محمد سعيد البسيوني

الإسكندرية

مدخل إلى فلسفة العلوم

الأسس الفلسفية للفيزياء

الناشر :
دار الثقافــــة الجديــــدة
٣٢ شــارع صبرى أبو علـم
القاهرة ـ ت : ٣٩٢٢٨٨٠

لاف : محمد عزام

مدخل إلى فلسفة العلوم

الأسس الفلسفية للفيزياء

تأليف: رودلف كارناب

المترجم: د. السيد نفادى

العنوان الأصلى للكتاب

An Introduction to Philosophioal
the philosophy Foundations
of Science of Physios
by
Rudolf Carnap
Basic Books , Inc. Publishers
New York , London 1966 .

مقدمة المترجم

فى ظل أحداث مثيرة ، وتغيرات عميقة شملت كافة أوجه الحياة ، تمخض القرن العشرون عن ولادة الوضعية المنطقية . ذلك الطفل المدلل والمشاغب لفلسفة القرن العشرين . وكان ذلك حوالى سنة ١٩٢٢ ، نتيجة لقاءات واجتماعات لمجموعة من الفلاسفة والعلماء والرياضيين ، عرفت فيما بعد " بجماعة فيينا " أو " دائرة فيينا " . واستمرت هذه المجموعة أو الحلقة فى نشاط دائب تصاعد إلى الذروة فى الفترة من ١٩٢٦ إلى ١٩٣٦ . ثم لم يلبث أنصارها أن انفرط عقدهم إما إلى الموت أو التفرق خارج البلاد . وأثناء هذه الفترة الوجيزة نجحت هذه الحركة فى أن تجر العالم الفلسفى إلى مجادلات حادة ، ومناقشات حامية ، لا تزال أصداؤها ـ على الرغم من أن الحركة الآن قد انحسرت ـ باقية إلى يومنا هذا .

بدأت الوضعية المنطقية تشق طريقها بفضل مؤسسها موريتز شليك Moritz Schlick (١٨٨٢ ـ ١٩٣٦) الذى عين استاذاً لفلسفة العلوم فى جامعة فينا سنة ١٩٢٢ . وكان تعيينه هذا مستهلاً لتجمع العديد من العلماء حوله ، وكان على رأسهم هانزهان Hans Mahn أما شليك نفسه فقد كان متخصصاً فى الفيزياء ، وكتب أطروحته للدكتوراه " فى الضوء " تحت إشراف أستاذه الشهير صاحب نظرية الكم ، ماكس بلانك Max Palnck . ولقد عقد شليك روابط صداقة شخصية متينة باستاذه بلانك ، وبصاحب نظرية النسبية الأشهر إينشتين ، والعالم الرياضى المعروف هيلبرت . ونشر فى عام ١٩١٧ كتابه " المكان والزمان فى الفيزياء المعاصرة " . كما نشر فى عام ١٩١٨ كتابه الهام " النظرية العامة للمعرفة " ولم يلبث أن ذاع صيته كفيلسوف علم ، مما أدى إلى تعيينه فى جامعة فيينا خلفاً لعمالقة العلم أمثال أرنست ماخ ، وبولتزمان ، فكان ذلك بداية لمولد الفلسفة الوضعية المنطقية . فقد احتشد حول هذا العالم ، الذى أصبح الآن فيلسوفاً محترفاً ، مجموعة من الفلاسفة والرياضيين . فكان على رأس الفلاسفة هيربرت فيجل Herbert Fiegl ، وفيكتور كرافت V. Kraft ، وفريدريك ويسمان F. Waismann . أما من كانوا على رأس الرياضيين فهم كورت جولد

K. Godel ، وهانز هان H. Hahn ، وكارل مينجر K. Menger . وبالإضافة إلى هؤلاء كان أتونيوراث Otto Neurath الذى اعتبر نفسه فيلسوفاً اجتماعياً ، من أبرز أعضاء المجموعة .

ثم انضم كارناب إلى الجماعة فى سنة ١٩٢٦ ، فكان لانضمامه هذا أكبر الأثر فى تطور نشاط الجماعة . وفى نفس الوقت تقريباً ، كانت قد تكونت جماعة مؤثرة أخرى ، التفت حول هانز ريشنباخ Hans Richenbach فى برلين . والتقت أهداف الجماعتين فى ازدرائهم للفلاسفة الذين يجهلون العلم ، ولا يتورعون فى إصدار الأحكام التى تتعلق بالمعرفة بصفة عامة ، والعلم بصفة خاصة . فبدأت الاتصالات بينهما ، وكان من نتيجة هذه الاتصالات العمل المشترك بين الجماعتين فى مؤتمر فلسفى خصص للبحث فى نظرية المعرفة المتصلة بالعلوم الدقيقة ، وكان ذلك فى سنة ١٩٣٠ .

وظلت جماعة فيينا تعقد اجتماعات متكررة فى السنوات من ١٩٢٢ إلى ١٩٢٩ ، خصصت معظمها للمناقشات الفلسفية . وكان لودفيج فتجنشتين L. Vittgenstein قد انتهى من كتابة مؤلفه الشهير رسالة منطقية ـ فلسفية Tractatus Logicophilosophicus فى سنة ١٩١٨ ، وهو عبارة عن عرض لفلسفة الذرية المنطقية Logicalk atomism التى تؤكد وجود بسائط تنحل إليها اللغة وتتكون منها العبارات المختلفة ، وأن ثمة علاقة بين هذه البسائط وبين وقائع العالم الخارجى ، وعلى الرغم من أن فتجنشتين كان يمكث بالقرب من فيينا بعد الحرب العالمية الأولى ، إلا أنه لم يلعب أى دور فى اجتماعيات جماعة فيينا ، بيد أن معظم أعضائها انتهزوا فرصة الاتصال به ، ودرسوا رسالته بعناية فائقة ، فقد كان لها تأثير قوى فى تشكيل الملامح الرئيسية لآراء ومعتقدات الوضعية المنطقية ، بل ان معظم أعمال كارناب فى الفترة من ١٩٢٦ إلى ١٩٣٤ ، كانت فى الحقيقة محاولة لجعل الذرية المنطقية فى توافق وانسجام مع الوضعية المنطقية .

وفى سنة ١٩٢٩ أطلقت جماعة فيينا على نفسها اسم " حلقة فيينا " وأصدرت منشوراً " مانيفستو " بعنوان " وجهة نظر علمية إلى العالم " " Scientific World View " ، تحدد فيه موقعها من المشكلات الفلسفية والمنطقية والرياضية والفيزيائية والاجتماعية ، وتبين فيه صلتها بالفلسفات المختلفة التى سبقتها أو التى تعاصرها . كما أوردت قائمة بأسماء الفلاسفة والمناطقة والعلماء الذين تعتبرهم الجماعة رواداً فى الوضعية أمثال هيوم وكونت ومل

وماخ ، وبيرسون وافيناريوس من الفلاسفة ، وهيلمهولتز وريمان وبوانكاريه وبولتزمان وا
من العلماء أو فلاسفة العلم ، وليبنتز وبيانو وفريجه ورسل ووايتهد وفتجنشتين من المناطقه
كما أوردت أسماء علماء رياضيات أمثال جوس ، وبيانو وهيلبرت ، وأسماء علماء اجتماع
أمثال ابيقورس وبنتام وكونت وماركس وغيرهم ، ولم يلبث أن نظم أعضاء الجماعة المؤتمرات ،
وأجروا الاتصالات مع الفلاسفة القريبين منهم فى الرأى فى بولندا وبريطانيا والولايات المتحدة ،
وبـدأ كارناب وريشنباخ معاً فى إصدار مجلة باسم " المعرفة " " Erkenntis " فى سنة
١٩٣٠ ، كانت وسيلتهم الرئيسية فى نشر أفكارهم . كما ظهرت ابحاث جماعة فيينا الفلسفية
سنة ١٩٣٤ فى سلسلة المنشورات فى وحدة العلم .

وفى سنة ١٩٣٦ ، فقدت الحركة دفعها الذاتى . فمن الناحية الفلسفية فقدت الحركة
سيطرتها على مسرح الأحداث ، ومن الناحية العلمية فقدت عضواً بارزاً فيها هو هانز هان الذى
توفى فى سنة ١٩٣٤ ، قبل سنتين من الفاجعة التى ألمت بالجماعة وهزتها هزاً عنيفاً بقتل
مؤسسها وباعث حركتها موريتز شليك الذى قتله طالب معتوه كان قد تقدم بأطروحة فى علم
الأخلاق ورفضها شليك ، بالإضافة إلى أن النظم الفاشية لدولفس Dolfuss وششنيج
Schushnigg لم تكن تطيق نشاط الجماعة واتصالاتها ، فكانت تلاحق أعضاءها وتراقب
نشاطهم فلم يلبث أن انفرط عقدهم ، فتوجه ويسمان إلى أكسفورد حيث توفى عام ١٩٥٩ ،
وذهب نيورات أولاً إلى هولندا ، ثم استقر أخيراً فى الولايات المتحدة مع كل مـن جـودل
ومينجز ، وفيجل ، وزعيم الحركة الأكبر رودلف كارناب .

والحقيقة أننا لا نكون مغالين إذا قلنا أن رودلف كارناب (١٨٩١ ـ ١٩٧٠) يعد من أهم
شخصيات الوضعية المنطقية أو التجريبية المنطقية كما أرادوا أن يسموا فيما بعد . فهو يعتبر
رائدها والمترجم الحقيقى لأهدافها ، كما أنه يعتبر زعيمها الذى حافظ على مبادئها ، وحاول
وحده أن يحقق بتفصيل ، وبشكل متماسك ومتكامل مذهبها . وعلى الرغم من أن كارناب لا
يعتبر المؤسس الحقيقى للوضعية المنطقية ، إلا أنه أصبح الصورة المعترف بها بصفة عامـة
للحركة ، والأمين على أهدافها الرئيسية ، وأكثر شخصياتها أصالة وإبداعاً .

ولد كارناب فى سنة ١٨٩١ فى رونز دورف Rons - Dorf بالقرب من بارمن Barmen
بألمانيا ، حيث تلقى تعليماً بورجوازياً فى صباه . وقد درس فى جامعتى فرايبورج وينا فى
الفترة من ١٩١٠ إلى ١٩١٤ متخصصاً فى الفيزياء والرياضيات والفلسفة ، وقد تتلمذ فى ينا

على يد جوتلوب فريجه G. Frege الذى كان له أكبر الأثر هو وبرتراند رسل - فى تفكير كارناب . وفى إحدى رسائل كارناب تجد العلامات التاريخية التالية :

" عملت فى ألمانيا ، وبشكل كامل فى مزرعة صغيرة كانت ملكى حتى العام ١٩٢٦ . وكنت قد بدأت طريقى الفلسفى ، وتأثرت كثيراً بكل من رسل ، وأستاذى فريجه وانحصر هدفى فى ذلك الوقت فى تحليل المفاهيم العلمية مستعيناً فى ذلك بتطبيق المنطق الحديث ، من أجل تنقية المشكلات الفلسفية . ولم يكن يدور فى خلدى فى ذلك الوقت على الإطلاق العمل من أجل حركة فلسفية . فقد كانت منشوراتى المبكرة تتعلق بموضوعات فى أسس الفيزياء ، حيث كانت أطروحتى للدكتوراه بعنوان (المكان : محاولة للاسهام فى نظرية العلم) ، وبعض الكتابات الأخرى المتعلقة بالمنطق الرمزى (مشدداً بصفة خاصة على تطبيقاته) أما الشطر الأكبر من وقتى فى هذه الفترة المبكرة ، فقد خصصت لإنجاز كتابة مؤلفى (البناء المنطقى للعالم) Der Logische Aufbeu der Welt ، وفور انتهائى منه توجهت إلى فيينا عام ١٩٢٦ . ووجدت تأثيراً قوياً لفتجنشتين على حلقة فيينا ، فقد كان الجميع يبالغون فى تقديره . والحقيقة أنه قد أثر بعمق فى شليك وويسمان ، أما فيما يتعلق بى ، ونيورات ، فقد كان تأثيره أقل . وقد سبق لى القول بأننى مدين أكثر بكثير لرسل منه إلى فتجنشتين " .

والواقع أن انضمام كارناب إلى حلقة فيينا ، كان له أكبر الأثر فى نشر الدعوة الوضعية الجديدة . إذ بجانب النشاطات التى اضطلع بها مع زملائه الآخرين - والتى سبق أن أشرنا إليها من قبل - كان له إنتاج ضخم يكاد يستوعب كل فروع " المعرفة العلمية " واستمر هذا الإنتاج العلمى مستمراً حتى بعد انحسار نشاط الجماعة وانفراط عقدهم ، ونزوح كارناب إلى الولايات المتحدة فى ديسمبر من العام ١٩٣٥ . فقد قبل كارناب عرضاً تقدمت به جامعة شيكاغو لشغل منصب استاذ الفلسفة فى عام ١٩٣٦ ، وظل يقوم بالتدريس فيها حتى عام ١٩٥٢ . وقد أصدر أثناء وجوده فى شيكاغو بالاشتراك مع أوتونيورات - الذى استقر أخيراً فى أمريكا - وتشارلز موريس المنطقى الأمريكى الشهير (الموسوعة الدولية للعلم الواحد) ، ثم انصرف كارناب إلى دراسة علوم اللغة ، فكان له عدة مؤلفات هامة فى هذا الموضوع من أهمها " مقدمة فى علم المعانى " الذى ظهر لأول مرة عام ١٩٤٢ ، و " الصياغة الصورية للمنطق " عام ١٩٤٣ ، و" المعنى والضرورة " عام ١٩٤٣ . ثم تغير اهتمامه بعد ذلك تدريجياً تجاه مشكلات الاحتمال والاستقراء ، فأصدر مؤلفه الهام " الأسس المنطقية للاحتمال " يعارض فيه النظرية التكرارية للاحتمال عند كل من ميزس وريشنباخ . ثم قبل كارناب كرسى الفلسفة بجامعة

كاليفورنيا عام ١٩٥٤ ، الذى أصبح شاغراً بعد وفاة صديقه ريشنباخ ، وظل يقوم بالتدريس فيها حتى اعتزاله عام ١٩٦١ ، ثم توفى عام ١٩٧٠ .

وبعد عرضنا بشكل موجز لتاريخ الحركة عامة ، وحياة كارناب خاصة ، نعرض الآن أيضاً وبشكل موجز ، لأهم أهداف الحركة وعقائدها الرئيسية عامة ، وإسهام كارناب الأعظم فى إرساء هذه العقائد خاصة .

تعد الوضعية المنطقية نموذجاً متطوراً للمذهب التجريبى ، وقد اختار الوضعيون المناطقة المصطلح " منطقى " لكى يوضحون أنهم معنيون أساساً بالتحليل المنطقى أكثر من إعلانهم عن أطروحات تدور حول الحقيقة النهائية أو المطلقة ، أو اعطاء اعتبارات سيكولوجية لأصول أفكارنا وقوانين ترابطها ، وطبقاً لكارناب فإن وظيفة التحليل المنطقى هى تحليل كل المعرفة ، وكل تأكيدات العلم والحياة اليومية ، لكى توضح معنى كل تأكيد من هذه التأكيدات والروابط التى تنشأ بينها ، أما مصطلح " الوضعية " فانه ينسب هذه الحركة إلى المذهب التجريبى التقليدى . والمسألة الرئيسية عند التجريبية التقليدية هى التأكيد على أن كل القضايا الهامة إنما تعتمد نظرياً على الإدراك الحسى Sense percaption ، الذى يعتبر معياراً للوضوح النظرى . بيد أن هناك فئة من القضايا الصادقة ، ألا وهى قضايا المنطق والرياضيات ينظر إليه التجريبى بوصفها جديرة بالاعتبار ، ولكنهم أخفقوا فى إخضاعها وبطريقة معقولة إلى معيارهم الخاص بالوضوح النظرى . إذ أن نظرية مل التى تذهب إلى أن صدق المنطق والرياضيات إنما يرتكز تماماً وبشكل غير عادى على تعميمات استقرائية تأتى من التجربة الحسية ، لم تقنع معظم التجريبيين . لأن التعميمات الاستقرائية لا تتصف بالضرورة التى تبدو عليها القضايا المنطقية والرياضية . وكان المخرج من هذا المأزق الذى تعلق به الوضعيون المناطقة ، هو تبنى الأطروحة اللوجستيقية (رد الرياضة إلى أصول منطقية) وهى تلك الأطروحة التى حولها كتاب " مبادىء الرياضيات " Principia Methematica لكل من رسل وهوايتهد ، والتى تقرر أن الرياضيات يمكن اشتقاقها من المنطق ، وعزز من ذلك الموقف الإضافة التى أتى بها لودفيج فتجنشتين فى كتاب الرسالة ، والتى تذهب إلى أن الحقائق المنطقية ، إنما هى مجرد تحصيلات حاصل ، وكان ذلك لتجنب المضمون الواقعى للقضايا . والأن أصبح فى مقدور الوضعيين المناطقة أن يعلنوا أن كل القضايا النظرية الهامة تعتمد على الإدراك الحسى ، فيما عدا قضايا تحصيلات الحاصل التى تعد فارغة من المضمون الواقعى ، وهى تلك القضايا التى تستنفد بل والتى استنفدت بالفعل حقائق الرياضيات والمنطق جميعاً .

أما العقيدة الخاصة التى تدين بها الوضعية المنطقية فهى معيار تحقق المعنى الواقعى Veri-fiability criterion of factual meaning وطبقاً لمعيار التحقق هذا ، لا يتحدد المعنى الواقعى لعبارة ما إلا من خلال طريقة تحقق هذا المعنى . وبكلمات أخرى ، لكى نعرف ماذا تعنى جملة واقعية ، علينا أن نعرف ما هى الواقعة التى تدعمها ، وما هى الواقعة التى تخفق فى تدعيمها ، بشرط ألا يسمح بادعاء واقعه لا يمكن ملاحظتها عن طريق الحواس ، ويمكن للتحقق أن يتم بشكل مباشر ، وذلك فى حالة قولنا هذا المربع أزرق اللون ، أو بشكل غير مباشر وذلك فى حالة قولنا " تتكون الغازات من تجمع الجزيئات " بيد أن الفكرة المحورية فى معيار التحقق لا تعتبر اختراعاً خالصاً للوضعية المنطقية ، وإنما هى مفهوماً براجماتياً لمعنى الشىء المدرك قال به الفيلسوف الأمريكى تشارلز بيرس ، كما أنها تعد مذهباً اجرائياً Oper-stionalism قال به الفيزيائى الأشهر أينشتين قبل أن تأخذ به الوضعية المنطقية . أما المصطلح ذاته فهو من صياغة فيلسوف العلم بريدجمان Bridgman وعلى الرغم من أن مفهوم بيرس يسبق ما قال به أينشتين بحوالى خمسة وعشرون عاما ، إلا أن المذهبي الإجرائى لم يؤخذ به فى الفيزياء إلا بعد أن أدخله أينشتين فى نسيج نظريته فى النسبية . ولقد فعل أينشتين هذا عن طريق تعريفه لمفهوم التزامن ، ومن ثم نجد أن معيار الوضعى لمعنى " واقعى " قد ارتبط ارتباطاً وثيقاً بالمذهب البرجمانى ، والمذهب الإجرائى ، بيد أن الوضعيين ـ على خلاف أينشتين وبيرس ـ استخدموا هذا المعيار كسلاح رئيسى ضد كافة المذاهب والأفكار الميتافيزقية .

فقد جعل الوضعيون المناطقة معيار التحقق جزءاً لا يتجزأ من نظرية المعنى عندهم . ونظرية المعنى عندهم تفرق تفريقاً حاسماً بين ما يحمل معنى نظرى أو " معرفى " وبين الفارغ من المعنى النظرى أو الذى " يفتقر إلى المعنى المعرفى . وينقسم الخالى من المعنى النظرى إلى ثلاث فئات فرعية :

١ ـ الخلو من المعنى (أى الكلام غير المفهوم كلية) مثل الكلام الذى يتفوه به الطفل متظاهراً بالحديث .

٢ ـ أساليب الكلام التى تخل بقواعد السنتاكس Sentex (أى قواعد بناء الجملة الصحيحة) مثل عبارة وردت فى كتاب الفيلسوف الوجودى هيدجر " ما هى الميتافيزيقا " والتى تقرر أن " العدم يعدم نفسه " فهذه العبارة تخطىء مرتين . الأول هى أنها تستخدم فعل " يعدم " وهو فارغ من المعنى ، والثانى أنها تتعامل مع الكلمة " عدم " بوصفها اسما ، وهى

فى الحقيقة مشتقة من فعل .

٣ ـ التعبيرات " الانفعالية " ، ويدخل تحت المعنى " الانفعالى " كل الجمل الميتافيزيقية بالإضافة إلى الشعر والأخلاق المعيارية ، والدراسات الدينية .

أما الذى يتصف بالمعنى النظرى عندهم فهو ينقسم إلى قضايا تخضع إلى معيار التحقق من جهة ، وتحصيلات الحاصل (أو نفيها) من جهة أخرى . ولا يسمح بالصدق الضرورى فى النسق الوضعى إلا لتحصيلات الحاصل . فقد جعل الوضعيون ـ وهم تابعون فى ذلك لفتجنشتين ـ الضرورة فى تحصيلات الحاصل تنتمى إلى البنية الضرورية التى تتجنب المضمون الواقعى ، مثل " اما ق أو لا ق " فهى ذات صدق ضرورى ، لأن هذه الواقعة يمكن البرهنة عليها عن طريق الإحصاء الرياضى .

والحقيقة أن من أكثر أعمال كارناب أهمية وإثارة أثناء السنوات الأولى من تكوين الوضعية المنطقية هو المحاولة التى اضطلع بها لتكوين تصور للفلسفة يتسق مع اعتقادات الوضعية المنطقية . فقد انتهى فتجنشتين فى كتاب " الرسالة " إلى أن مهمة الفلسفة هى توضيح الأفكار ومبادىء العلوم من دون أن يكون لها الحق فى بناء الأفكار والمبادىء العلمية . ومن ثم فقد حصر فتجنشتين مهمة الفلسفة فى دائرة ضيقة جداً ، واكتفى بتحديدها فى التوضيح والتحليل من دون أن يكون لها واجب إضافة أية معرفة جديدة . فشرع كارناب فى بيان المهمة التى لا تزال الفلسفة تضطلع بها ، مؤكداً على أن هذه المهمة ليست بالتأكيد الميتافيزيقا ، ولا العلوم الطبيعية ، ولا المنطق الرياضى . وإنما مهمة الفلسفة هى تحليل مختصر على نمط الذرية المنطقية ، ولكنه يختلف عنها فى ناحيتين : الأولى هى أن الذريين يرون فى التحليل أن التزود بلغة " واضحة " تكافىء قضايا اللغة العادية بشرط أن يكون معناها وصدقها خاضعين للفهم من قبل الحس المشترك . وكان يعتقد أن المرادفات فى هذه اللغة " الموضحة " أرفع منزلة ، لأنها تصور الوقائع بشكل أكثر ملاءمة . فإذا اختزلت إلى المستوى الذرى النهائى ، لكانت صوراً مثالية للوقائع . فى حين رأى كارناب ، ومعه بقية حلقة فيينا أن هذه الطريقة للوصف وتبرير التحليل لا تنسق ووجهة نظر الوضعية المنطقية . إذ أن القضايا تتحدث عن علاقة اللغة بالواقعة التى كان يعتقد أنها لا تخضع للإثبات أو التحقق . والثانية ، هى أن الذريين يرون أن القضايا التى لا تنتمى إلى المنطق الصورى ، لا يكون لها معنى " معرفيا " ، فى حين يرى الوضعيون أن للفلسفة معنى " معرفى " . ولا يعنى هذا أن يكون لها معنى " امبيريقى " .

فالقضايا الفلسفية تتحدث عن العلاقات المنطقية (السيمانطيقية) وخواص التعبيرات اللغوية . ومن ثم تتماثل الفلسفة مع المنطق (السيمانطيقا) ، بحيث يتسع هذا المنطق ، وبشكل مناسب لتغطية سيمانطيقا لغة العلوم الواقعية ، بالإضافة إلى سيمانطيقا الرياضيات . وبهذه الطريقة يمكن للفلسفة أن تكون أكثر من مجرد منطق للرياضيات ، وهى فى نفس الوقت تظل الفلسفة مغايرة تماماً للعلوم الواقعية ، لأن العلوم الواقعية إنما هى بحث فى الطبيعة ، بينما الفلسفة بحث منطقى فى لغة العلوم الواقعية .

ولغة العلم ، كما يفسرها كارناب ، هى تلك الملاءمة نظرياً ، أعنى اللغة التى يمكن أن يقال فيها كل شىء قابل للقــول ، ويستبعدون من قضاياها اللغو ، أى كل ما ليس له معنى . ويرى الوضعى أن الهيكل المنطقى للغة المثالية نظرياً ، هو ذلك الهيكل الذى أتى به كتاب رسل وهويتهد " مبادىء الرياضيات " .

ولقد صرح كارناب بأنه يمكن تحديد صورة هذه اللغة عن طريق نوعين من القواعد : يشتمل النوع الأول على قواعد التكوين formation rules ، أى قواعد لتكوين قضايا اللغة ، ويشتمل النوع الثانى على قواعد التحويل trensformation rules أى قواعد لاشتقاق قضايا من قضايا . ويستنفد هذا النوعان من القواعد ، السيمانطيقا .

وعن طريق السيمانطيقا يمكن اخضاع قضايا الرياضيات البحتة أو العلوم الواقعية إلى التحليل المنطقى ، ومن ثم يقال أن للفلسفة مهمة نظرية دون أن نماثل بينها وبين العلوم الواقعية أو المنطق الرياضى . فهى لا تتماثل مع العلوم الواقعية كالفيزيقا مثلاً ، لأن الفيزياء فى الأساس نظام يتحدث عن الطبيعة ، بينما تتحدث الفلسفة عن لغة الفيزياء . ولا تتماثل الفلسفة أيضاً مع المنطق الرياضى ، لأن الفيزياء أغنى من الرياضيات البحتة .

ولكن لأن تطور العلم قد أدى إلى زيادة كبيرة فى قضايا وقوانين العلوم الواقعية ، فقد أصبح من مهمة التحليل المنطقى للمعرفة فهم الأسس والمبادىء التى تقوم عليها مفاهيم العلوم الواقعية . لذلك نجد كارناب ، وبعض أعضاء جماعة فيينا أمثال تيورات وشليك يقترحون مفهوماً جديداً لتفسير المعرفة العلمية ألا وهو مفهوم القضايا أو الجمــــل البروتوكوليــة Pretoccol - Sentance .

وحيث أن اللغة والواقع مرتبطان ارتباطاً وثيقاً ، وأن العلاقة بينهما يشار إليها فى قضايا

فلسفية . فقد استخدم كارناب التمييز بين المادي ـ الصوري في اللغة البروتوكولية . ففي المظهر المـادى تشير القضايا الأبسط في اللغة البروتوكولية إلى الخبرة أو الظواهر المعطاة بوصـف مباشر ، فهى الحالات الأبسط للمعرفة التى يمكننا أن نتلقاها . ويمكن لنفس الشيء أن يقال في مظهر صورى ، فتصبح القضايا الأبسط في اللغة البروتوكولية ، قضايا ليست فى حاجة إلى تبرير ، وإنما هي تستخدم بوصفها أساسا لجميع قضايا العلوم الأخرى .

والمعتقد الآخر الذى التفت حوله الوضعية المنطقية هو وحـدة العلم Unity of Science ، ولهذا المعتقد جانبان : الأول هو أن جميع العلوم التجريبية مثل الفيزياء والكيمياء والأحياء وعلم النفس إنما تشترك في مفردات واحدة ، حيث أن لغة الفيزياء مثلاً تكافيء مفردات لغة البروتوكول الفيزيائية ، ولكنها لا تتماثل مع لغة الفيزياء الجارية . لأن الفيزياء يمكن أن تتعدل (فنظرية الكم التى تعد الآن " احتمالية " يمكن أن تصبح " حتمية ") بينما تظل لغة البروتوكول الفيزيائية تحتفظ بالمضمون الواحد للمفردات العلمية الأساسية . ويعلن الجانب الثانى من برنامج وحدة العلم أن كل القوانين التى نجدها فى جميع العلوم التجريبية إنما يمكن اشتقاقها فرضاً من القوانين الفيزيائية . ولكن يظل هذا أملا افتراضيا ، يتحدد صدقه أو كذبه ـ كما يقول كارناب ـ بأن ننتظر حتى نرى كيف تتطور العلوم في الواقع .

ومن أجل توضيح أطروحة المذهب الفيزيائى Physicalism هذا ، والبرهان على أن هذا الموقف يمكن تعقله مبدئياً ، يحاول كارناب تطبيقه على علم النفس . فنراه يقترح طريقة لتحويل قضية، سيكولوجية مثل " يعانى جون ألما " إلى قضية تدور حول حالات يمكن ملاحظتها لجسم جون ، ويتضمن هذا الأصوات التى تصدر عن جون . والحقيقة أن فكرة التحويل هذه تعد فكرة خصوصية ، لأن تحويل القضية لا يشترط التكافؤ المنطقى مع القضية المحولة ، ومن ثم فإن المذهب الفيزيائى عند كارناب لا يتطلب التكافؤ المنطقى للقضية " يعانى جون ألما " مع القضية " جسم جون في الحالة س " يكفى أن يكون ثمة قانون فيزيائى يؤثر على شخص ما فيجعله يتألم ، إذا وفقط وإنما كان جسمه فى الحالة س " ومن وجوده فى الحالة س مع القانون ، يمكننا أن نستنبط كونه في حالة ألم ، وبهذا المعنى تتحول القضيتان " يعانى جون ألما " و " جون فى الحالة س " كل منهما إلى الأخرى على الرغم من أنهما لا تتكافئان منطقياً ، ويستشهد كارناب بمعيار تحقق المعنى المعرفى لإقناعنا بإمكانية هذا التحويل من حيث المبدأ لأنه إذا استحال التحقق بشكل مباشر أو غير مباشر من قضية سيكولوجية مثل " يعانى جون ألما " فلا يمكن أن يكون لهذه القضية مضمون معرفى ، وبالتالى لا يمكن أن تنتمى هذه القضية إلى علم النفس .

هذه هى مجمل العقائد التى تدين بهما الوضعية المنطقية . ولا أريد أن أمضى أبعد من ذلك ، حتى أتجنب اللغة الفنية شديدة التعقيد التى طالما استخدمها الوضعيون المناطقة عامة وكارناب خاصة للتعبير عن تلك العقائد ، فأحقق بذلك رغبة كارناب الصادقة فى أن يجعل هذا الكتاب . دون بقية كتبه جميعاً ، فى متناول دائرة أوسع من القراء .

د. السيد نفادى

مقدمة المؤلف

يعد هذا الكتاب حصيلة محاضرات ألقيتها لفترة من الزمن فى " ندوة علمية " وقد أدخلت عليها تعديلات شملت الشكل والمضمون . وكان عنوانها " الأســس الفلسفيـة للفيزيــاء ": أو" المفاهيم والنظريات ومناهج البحث فى العلوم الفيزيائية " . ورغم ادخال بعض التغييرات على مضمون المحاضرات ، فإن وجهة النظر الفلسفية ظلت ثابته بوجه عام . إذ أكدت الدراسات أهمية التحليل للمفاهيم والقضايا ونظريات العلم ، أكثر من مجرد الوقوف على عند التأمل الفيزيقى .

ومارتن جاردنر M. Gardner هو صاحب فكرة تجميع مادة أحاديث " الندوة العلمية " فى كتاب . وقد كان مواظباً على حضور دراساتى سنة ١٩٤٦ فى جامعة شيكاغو . وفى سنة ١٩٥٨ سألنى عما إذا كان الأصل الخطى " للندوة العلمية " فى حوزتى ، أو عن إمكانية كتابتها ، وقد عرض فى حالة وجودها ، أن يقوم بإعدادها للنشر . ولم تكن لدى على الإطلاق رغبة فى انتهاز الفرصة لكتابة واحدة منها . وقد حدث أن هذه الدراسات قد تم نشرها كمقرر لنصف العام الدراسى التالى وكان خريف سنة ١٩٥٨ فى جامعة كاليفورنيا بلوس أنجيلوس . واقترح أن تكون أحاديثى ومنقاشاتى مسجلة . ولأننى أعى تماماً التفاوت الكبير بين الكلمة المنطوقة والصياغة المناسبة للنشر فقد كنت فى البداية متشككاً إلى حد ما من نجاح هذه الخطة بيد أن أصدقائى حثونى على المضى قدماً فى هذا ، لأن العديد من وجهات نظرى حول المشكلات فى فلسفة العلم قد لا تتاح لها فرصة النشر على الإطلاق . وأخيراً ، جاءنى التشجيع الحاسم من زوجتى التى تطوعت بالفعل لتسجيل هذه الأحاديث والمناقشات ، والقيام بنسخها حرفياً ، وفى المراحل الأخيرة من هذا العمل ، قدمت لى يد المساعدة التى لا يمكن تقديرها . إذ أن هذا الكتاب يدين لها بالكثير ولكن لم يمتد بها العمر لتراه منشوراً .

ولقد أرسلت نسخة منقولة ومصححة لمارتن جاردنر ، وحينئذ بدأ مهمته السميه التى أنجزها بمهارة وحساسية منقطعة النظير . إذ أنه لم يجعل الأسلوب أبسط فحسب ، وإنما ابتدع طرقاً جديدة لجعل القراءة أسهل بكثير ، وذلك عن طريق إعادة تبويب بعض الموضوعات ، وتحسين

الأمثلة أو الإسهام فى ذكر أمثلة جديدة . ولقد كتبت الفصول هذه عدة مرات ، وبين تارة وأخرى أقوم بإجراء تعديلات شاملة أو إضافات أواقتراحات سبق لجاردنر الإدلاء بها . وعلى الرغم من أن " الندوة العلمية " كانت معدة لطلاب جامعة تخرجوا فى الفلسفة ولديهم الفة بالمنطق الرمزى ، وكذلك ببعض المعرفة الجامعية بالرياضيات والفيزياء إلا أننى قررت أن أجعل الكتاب فى متناول فهم دائرة أوسع من القراء . ومن أجل هذا تم اختزال عدد كبير من الصياغات المنطقية والرياضية والفيزيائية .

ولم تبذل محاولة فى هذا الكتاب لتقديم معالجة نسقية لكل المشكلات الهامه فى الأسس الفلسفية للفيزياء . ففى " الندوة العلمية " ـ وأيضا فى الكتاب فضلت أن أحصر نفسى فى عدد محدود من المشكلات الرئيسية (كما هو موضح من عناوين الأبواب الستة) وأن أطرحها للمناقشة بدقة أكثر ، بدلاً من الانزلاق فى مناقشة سطحية لموضوع أوسع . وتتعلق معظم الموضوعات التى عالجتها فى هذا الكتاب (عدا الباب الثالث فى الهندسة ، والفصل الثلاثين فى فيزياء الكم) بكل فروع العلم بما فى ذلك العلوم البيولوجية والسيكولوجية والعلوم الاجتماعية ، لذلك فاننى اعتقد أن هذا الكتاب يصلح أيضاً كمدخل عام فى فلسفة العلم .

ويطيب لى أن أتوجه بخالص شكرى إلى زميلى وشريكى فى هذا العمل مارتن جاردنر على إخلاصه واقتداره ، كما أقدم له امتنانى لعمله الممتاز وأيضاً لدأبه الذى لم ينفد عندما توانيت طويلاً فى إعادة بعض الفصول أو طلبت إجراء تعديلات كثيرة .

كما أننى أتوجه بالشكر إلى صديقى هربرت فايجل Herbert Feigel وكارل . ج ، همبل K. G. Hembel للأفكار الموحية التى قدماها فى محادثات استمرت لعدة سنوات ، وبصفة خاصة للتعليقات الممتازة على اجزاء من المخطوطة . كما أشكر ابترشيمونى K. Shimony للملاحظات المتخصصة التى أبداها فى المسائل المتعلقة بميكانيكا الكم ، وفضلاً عن ذلك فإننى ممتن للعديد من الأصدقاء والزملاء لمساعدتهم القيمة فى إخراج هذا العمل . وإلى طلابى الذين واظبوا على نقل واحدة أو أكثر من خطابات هذه " الندوة العلمية " ، وإلى الذين ألهمت أسئلتهم وتعليقاتهم بعضاً من المناقشات التى دارت فى هذا الكتاب .

واتقدم بالشكر الخالص لدار نشر جامعة ييل على تكرمها بالموافقة على الاقتباسات الشاملة من كتاب كورت ريزلر Kurt Reziler " الفيزياء والواقع " الذى صدر فى سنة ١٩٤٠ .

فبراير ١٩٦٦ .

رودلف كارناب

جامعة كاليفورنيا بلوس أنجيلوس

□ القسم الأول □

القوانين والتفسير والاحتمال

☐ الفصل الأول ☐

قيمة القوانين : التفسير والتنبؤ

تكشف لنا المشاهدات التى نصادفها فى الحياة اليومية وأيضاً فى المشاهدات الأكثر انتظاماً فى العلم ، عن تكرارات أو انتظامات فى العالم . فالنهار يتبع الليل دائماً ، وتتعاقب الفصول بنفس النظام ، والنار تحرق دائماً وتتساقط الأشياء عندما نتركها ، وهكذا . والقوانين العلمية ما هى إلا تقريرات تعبر عن هذه الانتظامات بأكبر دقة ممكنة .

فإذا لاحظنا انتظاماً معيناً فى كل زمان ومكان بلا استثناء ، إذن لأصبح مثل هذا الانتظام معبراً عنه فى شكل قانون كلى . إليك مثالاً من الحياة اليومية ، " كل الثلج بارد " ، تؤكد هذه القضية أن أى قطعة ثلج فى أى مكان من العالم وأى زمان ، فى الماضى أو الحاضر أو المستقبل (كانت أو ستكون) باردة . وليست قوانين العلم كلها كلية . فبدلاً من التأكيد على أن ثمة انتظاماً يحدث فى كل الحالات ، تؤكد بعض القوانين على أنه يحدث فقط فى نسبة مئوية من الحالات . ولو قمت بتحديد النسبة المئوية ، أو بالأحرى ، لو أضفيت تقريراً كمياً على العلاقة بين حدث وآخر ، إذن لأطلق على هذا التقرير اسم " قانون إحصائى " مثال ذلك التفاح الناضج عادة أحمر أو نصف الأطفال المولودين كل عام ذكور تقريباً " . والعلم فى حاجة إلى كل من هذين النسقين للقانون . القوانين الكلية أبسط منطقياً ، ولهذا السبب سنضعها فى اعتبارنا أولاً . وفى هذه الحالة المتقدمة من المناقشة ، تجدر الإشارة إلى أن ما نعنيه عادة " بالقوانين " إنما هو القوانين الكلية .

يتم التعبير عن القوانين الكلية بالصورة المنطقية التى تسمى فى المنطق الصورى " بالقضية الشرطية الكلية " . (ومن حين لآخر فإننى سوف استخدم فى هذا الكتاب المنطق الرمزى ولكن فقط بصورة أولية جداً) . دعنا نفترض على سبيل المثال قانوناً من أبسط النماذج الممكنة ، ألا وهو القانون الذى يؤكد على أنه إذا كانت هناك و ، وكانت و هى ق إذن لكانت و هـــى ك أيضاً ، ويكتب هذا القانون رمزياً على النحو التالى :

(و) (ق و ⊃ ك و)

يطلق على الرمز (و) الذى على اليمين اسم " السور الكلى " فهو يخبرنا أن القضية تشير إلى كل الحالات أكثر من كونها نسبة مئوية معينة من الحالات ، تبين " ك و " أن و هى ك . أما الرمز " ⊃ " (١) إنما هو أداة ربط . فهو يربط الحد الذى على يمينه بالحد الذى على يساره . وهو يطابق فى الإنجليزية التقرير " إذا ... إذن ... " .

فإذا رمز لأى جسم مادي بالرمز (و) ، إذن لذكر القانون أنه ، بالنسبة لأى جسم مادى و ، إذا كانت لـ و الخاصية ق ، إذن لكان له أيضاً الخاصية ك . ونقول فى الفيزياء على سبيل المثال : " بالنسبة لأى جسم ، إذا تم تسخين ذلك الجسم ، إذن لتمدد الجسم " وهذا القانون هو قانون التمدد الحرارى فى صورته الأبسط ، والذى تمت صياغته بصورة غير كمية . وبالطبع فى نطاق الفيزياء ، يحاول العالم أن يصوغ القانون بطريقة كمية لكى يضفى عليه من الصفات التى تؤهله إلى استبعاد الاستثناءات . ولكن إذا تغاضينا عن مثل هذه التدقيقات ، لكانت هذه القضية قضية شرطية كلية ، وهى الصورة المنطقية الأساسية لكل القوانين الكلية . نقول فى بعض الأحيان ، أن ك و لا تنعقد وحدها عندما تنعقد ق و ، ولكن العكس صحيح أيضاً ، عندما تنعقد ك و وأيضاً ق و . يطلق المناطقة على هذه القضية اسم القضية الشرطية المزدوجة ـ وهى تلك القضية التى تكون شرطية فى كل من اتجاهيها . ولكن هذا لا يتعارض بالطبع مع حقيقة أننا نتعامل فى القوانين الكلية لها ، مع شرطيات كلية ، لأن القضية الشرطية المزدوجة ما هى إلا قضيتان شرطيتان موصولتان .

ليست كل القضايا التى يصوغها العلماء لها مثل هذه الصورة المنطقية ، قد يقول عالم : " اكتشف الأستاذ سميث فى البرازيل أمس أنواعاً جديدة من الفراشات . " فهذه القضية ليست قانوناً ، وإنما تتحدث عن زمان ومكان معينين ، وتقرر أن شيئاً ما حدث فى ذلك الزمان والمكان . فمثل هذه القضايا إنما تتحدث عن وقائع مفردة ، ويطلقون عليها اسم " القضايا المفردة " وبالطبع فإن جميع معارفنا فى الأصل قضايا مفردة ، ملاحظات فردية ، لأشخاص فرادى . والحقيقة أن إحدى المسائل الكبرى المحيرة فى فلسفة العلم هى كيف يمكننا المضى فى مثل هذه القضايا المفردة إلى إثبات القوانين العلمية . وعلينا أن نتوخى الحذر جداً ، عندما يصوغ العلماء القضايا بلغة الكلمات العادية بدلاً من لغة المنطق الرمزى الأكثر دقة ، وذلك حتى لا نخلط بين القضايا المفردة والقضايا الكلية . إذا كتب عالم نبات فى كتاب مدرسى أن

" الفيل سباح ممتاز " فهو لا يعنى أن هناك فيلاً معيناً ، شاهده منذ عام فى حديقة الحيوان ، وأنه سباح ممتاز ، وإنما عندما يذكر " الفيل " فهو يستخدم أداة التعريف " ال " بالمعنى الأرسطى . فهو يشيرَ إلى الفئة الكلية للفيلة .

ولقد ورثت جميع اللغات الأوربية هذه الصيغة فى الحديث ، من اليونانيين (وربما من لغات أخرى أيضاً) وهى الصيغة المفردة فئة (فصل) أو جنس . عندما قال اليونانيون " الإنسان حيوان عاقل " كانوا يعنون بالطبع الإنسان كله وليس إنساناً معيناً ، وبنفس الطريقة نقول " الفيل " عندما نعنى بذلك الفيلة كلها ، أو نقول " يتميز التدرن بالأعراض التالية ... " عندما لا نشير بذلك إلى حالة مفردة للتدرن ، وإنما إلى كل الحالات ، ولسوء الحظ نجد أن المسئول عن هذا الغموض ، إنما هو لغتنا ، لأنها مصدر للكثير من سوء الفهم . وغالباً ما يشيرالعلماء إلى قضايا كلية ـ أو على الأقل إلى ما هو معبر عنه بمثل هذه القضايا ـ باعتبارها " حقائق " ، متناسين أن كلمة " حقيقة " إنما كانت منطبقة فى الأصل (وسوف نقتصر فى تطبيقها على هذا المعنى) على المفرد ، على الوقائع الجزئية ، إذا سألنا عالم عن قانون التمدد الحرارى ، وربما أجاب " أوه ، التمدد الحرارى . إنه واحد من الحقائق الأساسية المألوفة فى الفيزياء " . ربما يتحدث بطريقة مماثلة عن حقيقة أن الحرارة تتولد من تيار كهربى ، وحقيقة أن المغناطيسية تنتج من الكهربية وهلم جرا . وفى بعض الأحيان يعتبر أن هذه " الوقائع " مألوفة للفيزياء . وحتى نتجنب سوء الفهم ، نفضل ألا نطلق على مثل هذه القضايا (وقائع) فالوقائع إنما هى أحداث جزئية . " قمت هذا الصباح بتوصيل تيار كهربى فى المعمل ، وذلك من خلال سلك موصل للتيار إلى جسم من الحديد ، ووجدت أن جسم الحديد أصبح ممغنطاً" تلك واقعة ، إذا لم أكن قد خدعت نفسى بطريقة ما . ومع ذلك إذا كنت واعياً وإذا لم تكن الحجرة شديدة الظلام ، وإذا لم يقم أحد الأشخاص بلحام الجهاز بالقصدير بطريقة خفية بغرض السخرية منى ، إذن لأمكننى أن أقرر طبقاً للملاحظة الفعلية أنه فى هذا الصباح تمت الأحداث السالفة بالتتابع .

عندما نستخدم كلمة واقعة " سنعنى بها المعنى الجزئى ، حتى نميزها بوضوح عن القضايا الكلية . سنطلق على مثل هذه القضايا الكلية اسم " قوانين " حتى عندما تكون هذه القضايا أولية مثل قانون التمدد الحرارى أو أكثر أولية مثل القضية " كل الغربان سوداء " لا أعرف إذا كانت هذه القضية صادقة أو لا ، لكننى سأفترض صدقها ـ وسأعتبرها قانوناً فى علم الحيوان . وربما تحدث عالم حيوان عن أمثال هذه القضايا مثل " الغراب أسود " أو " للأخطبوط ثمانى أذرع " باعتبارها " حقائق " ولكن فى إصطلاحنا الأكثر دقة سنعتبر هذه القضايا قوانين .

سنقوم أخيراً بالتمييز بين نوعين من القوانين ـ أمبيريقية (تجريبية) ، ونظرية . تعد القوانين التى ذكرتها فى الحال ، من النوع البسيط الذى يسمى عادة " تعميمات امبيريقية " أو " قوانين امبيريقية " ، وهى بسيطة لأنها تتكلم عن خواص مثل اللون الأسود أو الخواص المغناطيسية لقطعة حديد ، وهى تلك الخواص التى يمكن أن نلاحظها بشكل مباشر . وقانون التمدد الحرارى ، على سبيل المثال تعميم مبنى على عدة ملاحظات مباشرة لأجسام تتمدد بالتسخين . وعلى العكس من ذلك القوانين النظرية مفاهيم غير قابلة للملاحظة كالجسيمات الأولية والمجالات الكهرومغناطيسية التى ينبغى التعامل معها بالقوانين النظرية . سنناقش كل هذا فيما بعد . ولكننى أذكرها هنا خشية أن تعتقد أن الأمثلة التى سقتها لم تغط نوعى القوانين التى ربما تكون قد تعلمتها فى الفيزياء النظرية .

وخلاصة القول ، يبدأ العلم بملاحظات مباشرة لوقائع مفردة ، ولا شىء آخر يمكن ملاحظته ، بالتأكيد لا يمكن ملاحظة الانتظام بشكل مباشر ، وإنما يتم اكتشاف الانتظامات عندما نقوم بمقارنة العديد من الملاحظات الواحدة بالأخرى . يتم التعبير عن مثل هذه الانتظامات بقضايا تسمى " قوانين " .

ما الفائدة التى تعود علينا من هذه القوانين ؟ وما هى الأغراض التى يستفاد منها سواء فى العلم أو الحياة اليومية ؟ الإجابة هنا مزدوجة . إنها تستخدم لتفسير الوقائع التى تمت معرفتها ، كما تستخدم للتنبؤ بالوقائع التى لم تعرف بعد .

دعنا نرى أولاً كيف تستخدم قوانين العلم للتفسير . لا يمكن أن يكون ثمة تفسير دون الإشارة إلى قانون واحد على الأقل (تستخدم فى الحالات البسيطة قانون واحد فقط ، لكن الحالات الأكثر تعقيداً فإنها تشتمل على مجموعة من القوانين) . ومن المهم التأكيد على هذه النقطة . لأن الفلاسفة قد أصروا على أن فى إمكانهم تفسير وقائع معينة فى التاريخ أو الطبيعة أو الحياة الإنسانية بطريقة مختلفة إلى حد ما . وهم يفعلون ذلك عادة عن طريق تخصيص نمط ما لعامل أو قوة يكون مسئولاً بشكل أو بآخر عن الحادث الخاضع للتفسير .

وهناك بالطبع ، فى الحياة اليومية شكل مألوف للتفسير ، يسأل شخص ما : " أين ساعتى التى تركتها على المنضدة قبل أن أغادر الغرفة ، ولم تعد موجودة هنا ؟ " وتجيب ؟ " أننى رأيت جون يدخل الغرفة ويأخذها " . هذا هو تفسيرك لاختفاء الساعة . وربما لا يُعد هذا تفسيرا

كافيا . لماذا أخذ جون الساعة ؟ هل فى نيته سرقتها أم مجرد استعارتها ؟ ربما أخذها وهو يعتقد اعتقاداً خاطئاً أنها ملكه . أجيب عن السؤال الأول " ماذا حدث للساعة ؟ " بقضية تعبر عن واقعة : جون أخذها . ويمكن الإجابة عن السؤال الثانى " لماذا أخذها جون ؟ : بواقعة أخرى : استعارها للحظة : ولذلك يبدو أننا لسنا فى حاجة إلى قوانين على الإطلاق ـ إننا نسأل لتفسير واقعة ، وحصلنا على واقعة ثانية . إننا نسأل لتفسير واقعة ثانية وحصلنا على ثالثة . المطالبة بتفسيرات أبعد تمكننا من اكتشاف وقائع أخرى . لماذا اذن يصبح من الضرورى أن نستشهد بقانون لكى نحصل على تفسير مناسب لواقعة ما ؟ .

الإجابة هى أن تفسيرات الواقعة إنما هى فى الحقيقة تفسيرات قوانين بشكل آخر . وعندما نفحصها بعناية أكثر ، نجد أنها قضايا مختصرة غير مكتملة تفترض ضمناً قوانين معينة ، ولكنها قوانين مألوفة لذلك فهى ضرورية للتعبير عنها . فى المثال التوضيحى المتعلق بالساعة ، لم تكن الإجابة الأولى " أخذها جون " بتفسير مرض ، لو لم نفترض قانوناً كلياً : عندما يأخذ شخص ما ساعة من على منضدة ، فإن الساعة لن تكون حينئذ على المنضدة . الإجابة الثانية " استعارها جون " تفسيرية ، لأننا سلمنا جدلاً بالقانون العالم : إذا استعار شخص ما ساعة ليستخدمها فى مكان ما ، إنما هو قد أخذ الساعة وحملها بعيداً .

تأمل مثلاً آخر . نسأل تومى الصغير لماذا هو يبكى ، ويجيب بواقعة أخرى " ضربنى جيمى على أنفى " . لماذا نعتبر هذا تفسيراً كافياً ؟ لأننا نعرف أن الضرب على الأنف يسبب ألماً ، وأن الأطفال يبكون عندما يشعرون بألم . هذه قوانين سيكلوجية عامة ، وهى معروفة جيداً ، حتى أن تومى افترضها عندما أخبرنا عن سبب بكائه . لو كنا نتعامل مع طفل مريخى (ساكن المريخ) وكنا نعرف القليل جداً عن القوانين السيكولوجية المريخية ، إذن لما أمكن لقضية بسيطة عن واقعة أن تعتبر تفسيراً مناسباً لسلوك الطفل . فإذا لم ترتبط الوقائع بوقائع أخرى عن طريق قانون واحد على الأقل ، ويذكر بوضوح أو يفهم بالاستنتاج ، إذن لما أمدتنا هذه الوقائع بتفسيرات .

يتضمن النسق العام فى كل تفسير ، ما يمكن التعبير عنه بالصيغة الرمزية التالية :

١ ـ (و) (ق و ⊃ ك و)

٢ ـ ق أ .

٣ ـ ك أ .

القضية الأولى قانون كلى ، ينطبق على أى موضوع و . تؤكد القضية الثانية أن موضوعاً معيناً أ له الخاصية ق . لو قمنا بضم هاتين القضيتين معاً ، لأمكننا أن نستنتج منطقياً القضية الثالثة : للموضوع أ الخاصية ك .

فى العلم كما فى الحياة اليومية لا يتم ذكر القانون الكلى بوضوح دائماً . لو أنك سألت عالم فيزياء : " لماذا أصبح هذا القضيب الحديدى ـ الذى كان منذ لحظة مناسباً تماما للدخول فى هذا الجهاز ـ أصبح الآن أطول قليلاً بحيث لم يعد مناسباً للدخول ؟ " ربما أجابك بقوله " عندما كنت خارج الغرفة قمت بتسخين القضيب "إنه يفترض بالطبع أنك تعرف قانون التمدد الحرارى ، وإلا لكان أضاف إلى هذا قوله : " وعندما يسخن جسم ، فإنه يتمدد " . لكى يجعلك تفهم من الضرورى تفسير القانون العام . فإذا كنت تعرف القانون ، ويعرف هو أنك تعرفه ، لما شعر بالحاجة إلى ذكر القانون . ولهذا السبب ، غالباً ما تبدو التفسيرات ـ وخصوصاً فى الحياة اليومية حيث نسلم جدلاً بقوانين الحس المشترك ـ تبدو مختلفة تماماً عن المنهج الـذى قمت بوضعه . وفى حالة إعطاء تفسير ، أحياناً ما تكون القوانين المعروفة فقط هى التى تنطبق بطريقة احصائية أكثر من كونها تنطبق بطريقة كلية . ينبغى فى مثل هذه الحالات أن نقنع بتفسير احصائى . لعلنا نعرف على سبيل المثال أن هناك نوعاً معيناً من عش الغراب (٢) سام قليلاً ، ويسبب أعراضاً معينة من المرض فى تسعين فى المائة ممن يأكلونه . لو اكتشف طبيب هذه الأعراض عند فحصه لمريض ، وأبلغه أنه تناول فى اليوم السابق هذا النوع المعين من عش الغراب ، إذن لاعتبر المريض أن هذا إنما هو تفسير للأعراض ، حتى إذا اشتمل القانون على حالة احصائية واحدة فقط ، فهذا تفسير حقاً .

وحتى إذا أتى قانون إحصائى بتفسير ضعيف جداً ، فإنه يظل مع ذلك تفسيراً . يمكن أن يقرر مثلاً قانون طبى إحصائى أن خمسة بالمائة من الناس الذين يتناولون نوعا معيناً من الطعام يصابون بمرض معين . ولو ذكر الطبيب ذلك للمريض على اعتبار أنه تفسير لحالته . لما اقتنع المريض ولقام بسؤاله " ولماذا أكون أنا الوحيد ضمن الخمسة بالمائة ؟ " ربما يكون الطبيب قادراً فى بعض الحالات على طرح تفسيرات إضافية ، وربما يقوم باختبار حساسية المريض لبعض الأطعمة ، ويجد عنده فرط حساسية من هذا النوع من الطعام . ويخبر المريض : " لو أننى عرفت هذا لكنت حذرتك من هذا الطعام ـ فإننا نعلم أن الناس الذين عندهم مثل هـذه الحساسية ، ويتناولون هذا الطعام ، يظهر عند ٩٧ بالمائة منهم مثل هذه الأعراض التى عندك . يرضى هذا القول المريض على اعتبار أنه تفسير قوى . وسواء أكانت التفسيرات قوية أو

ضعيفة ، فهى تفسيرات حقيقية ، وفى حالة عدم معرفة القوانين الكلية تصبح التفسيرات الاحصائية غالباً هى التفسيرات الوحيدة النافعة .

وفى المثال الذى قمنا بسوقه ، تعد القوانين الاحصائية أفضل ما يمكن ذكره ، لأنه ليس لدينا معرفة طبية كافية لضمان ذكر قانون كلى . وهناك جهل مشابه ينشأ عن القوانين الاحصائية كما هو فى الاقتصاد وبعض المجالات الأخرى للعلوم الاجتماعية . فالمعرفة المحدودة بالقوانين السيكولوجية مثلاً ، أساس تلك القوانين وكيف أنها تعتمد فى النهاية على القوانين الفيزيائية يحعل من الضرورى أن تقوم بصياغة قوانين العلوم الاجتماعية فى حدود احصائية . وإذا كنا نقابل فى نظرية الكم قوانين احصائية ، فلا ينبغى أن يكون ذلك نتيجة لجهلنا . فهى تعبر عن البنية الأساسية للعالم . ويعد مبدأ اللا تعيين المشهور لهيزنبرج (٣) Heisenberg من أفضل الأمثلة المعروفة فى هذا الصدد . يعتقد العديد من الفيزيائيين أن كل قوانين الفيزياء تعتمد إلى حد كبير على قوانين أساسية ، وهى مع ذلك قوانين احصائية . إذا كان الحال هكذا ، فعلينا أن نقنع بالتفسيرات التى تقوم على قوانين احصائية .

وماذا عن قوانين المنطق الأولية التى تشتمل على كل التفسيرات ؟ هل تصلح على الدوام ، باعتبارها قوانين كلية ، أن يعتمد عليها فى التفسير العلمى ؟ كلا ، لا تصلح . والسبب فى ذلك أنها قوانين من نوع مختلف تماماً . صحيح أن قوانين المنطق والرياضيات البحتة (ولا تدخل الهندسة الفيزيائية فى ذلك ، لأنها شىء ما غير ذلك) كلية إذ أنها لا تخبرنا بشىء عن العالم . إنها تذكر فقط علاقات تنشأ بين تصورات معينة . ليس لأن العالم له البناء كذا وكذا ، ولكن فقط لأن التصورات هذه يتم تعريفها بوسائل معينة .

وإليك مثالين لقوانين منطقية بسيطة :

١ ـ إذا كانت ق ، ك ، إذن تكون ق .

٢ ـ إذا كانت ق ، إذن تكون ق أو ك .

لا يمكن أن تتعارض هاتان القضيتان لأن صدقهما قائم على معانى الحدود المشتملة عليهما . يقرر القانون الأول ، أنه إذا افترضنا فقط صدق القضيتين ق و ك ، لكان علينا أن نفترض صدق القضية ق . يأتى القانون من الطريقة التى استخدمنا بها " و " " ز " " إذن " . يؤكد القانون الثانى على أننا إذا افترضنا صدق القضية ق لكان علينا أن نفترض أما أن تكون ق أو ك صادقة ، وإذا ذكرنا ذلك فى كلمات لجعلنا القانون غامضاً ، لأن الكلمة " أو " فى

اللغة الإنجليزية لا تميز بين معنى شامل (أما أو كل من) (either or both) ومعنى غير شامل (إما ولكن ليس كل من) (either but not both) . وإذا أردنا أن نجعل القانون مصاغاً بشكل محكم ، لقمنا بالتعبير عنه رمزياً على النحو التالى :

ق ⊃ (ق V ك) .

حيث أننا نفهم (V) بالمعنى الشامل لكلمة " أو " ويمكن لهذا المعنى أن يصبح أكثر صورية . وذلك بأن تقوم بعمل جدول لحالات صدقه . ونتمكن من عمل ذلك عن طريق بيان كل التركيبات الممكنة لقيم الصدق (الصدق أو الكذب) للحدين المرتبطين بالرمز ، وعندئذ نحدد أى التركيبات التى يسمح بها الرمز وأيها الذى لا يسمح .

والتركيبات الأربعة الممكنة للقيم هى :

ق	ك
١ ـ صادقة	صادقة
٢ ـ صادقة	كاذبة
٣ ـ كاذبة	صادقة
٤ ـ كاذبة	كاذبة

الرمز " V " محدود بالقاعدة التى تقول أن " ق V ك " صادقة فى الحالات الثلاث الأولى وكاذبة فى الحالة الرابعة . والرمز " ⊃ " الذى يترجم فى اللغة الإنجليزية بشكل تقريبى بـ " إذا .. إذن " يمكن تعريفه بدقة إذا قلنا أنه يصدق فى الحالة الأولى ، والثالثة ، والرابعة ، ويكذب فى الحالة الثانية ، فهمنا من قبل ، التعريف بكل حد فى القانون المنطقى ، ورأينا بوضوح أنه ينبغى على القانون أن يكون صادقاً بنوع ما ، لأنه مستقل عن طبيعة العالم ، فهو ضرورى الصدق ، ويسرى صدقه ـ كما يقول الفلاسفة فى بعض الأحيان ـ على كل العوالم الممكنة .

هذا هو صدق المنطق ، أما صدق القوانين الرياضية ، فإننا نحصل عليه عندما نحدد بدقة معانى " ١ " و " ٣ " و " ٤ " و " + " و " = " فإن صدق القانون ١ + ٣ = ٤ يستتبع مباشرة من هذه المعانى . ونصادف هذه الحالة فى الرياضيات البحتة ، حتى فى أكثر المسائل تجريداً . تسمى البنية " مجموعة " إذا حققت على سبيل المثال بديهيات معينة تعرف المجموعة . يمكن أن

يعرف المكان الأقليدى ذى الثلاثة أبعاد جبرياً ، باعتباره مجموعة من المضاعفات الثلاثية المنتظمة لأعداد حقيقية . يتحقق ذلك فى شروط أساسية معينة . ولكن كل هذا لا يعنى شيئاً بالنسبة إلى طبيعة العالم الخارجى . فليس ثمة عالم ممكن لا تنعقد فيه قوانين المجموعة النظرية ، ولا الهندسة المجردة ذات الأبعاد الأقليدية الثلاثة . لأن هذه القوانين تعتمد فقط على معانى الحدود المتضمنة فيها ، وليس على بناء العالم الواقعى الذى قد يتصادف وأن نراها متحققة فيه .

العالم الواقعى هو ذلك العالم الذى يتغير باستمرار . فنحن على يقين أن أكثر القوانين أساسية فى الفيزياء تختلف قليلاً من قرن إلى آخر . ولكن مثل هذه التغيرات لا يمكنها أن تحطم أبداً صدق قانون منطقى أو حسابى واحد ، مهما كانت درجة تأثيرها .

هناك أصوات تبدو درامية إلى حد بعيد ، وربما يشوبها نوع من المواساة ، تعلن : ها نحن قد وجدنا اليقين الأخير . صحيح أننا قد توصلنا إلى اليقين ، ولكن من أجل هذا دفعنا ثمناً غالياً جداً ، الثمن هو أن قضايا المنطق والرياضيات لا تخبرنا بأى شىء عن العالم ، يمكننا أن نتيقن بالطبع أن ثلاثة زائد واحد يساوى أربعة ، لأن هذا يتحقق فى أى عالم ممكن ، فهو لا يخبرنا بأى شىء عن العالم الذى نحيا فيه .

ما الذى نعنيه " بعالم ممكن " ؟ إنه ببساطة العالم الذى يمكن وصفه دون وقوع فى تناقض . قد يكون عالم الحوريات ، أو حتى أكثر العوالم خيالية ، بشرط أن يتم وصفها فى حدود منطقية متماسكة . يمكنك مثلاً أن تقول : " احتفظ فى عقلى بعالم يدور فيه ألف حادث تماماً ، لا أكثر ولا أقل . يظهر فى الأول مثلث أحمر وفى الثانى مربع أخضر ، ومع ذلك ، لأن الحادث الأول كان أزرق وليس أحمر ... " وعند هذه النقطة أقاطعك : " ولكنك ذكرت لى فى اللحظة الماضية أن الحادث الأول أحمر ، وتقول الآن أنه أزرق . إننى لا أستطيع فهمك " . ربما أكون قد سجلت ملاحظاتك على شريط ، وأننى أسترجع الشريط لكى أقنعك أن ما ذكرته متناقض . فإذا أصررت على وصفك هذا الذى يحمل هذين التقريرين المتناقضين ، فإننى سأصر عندئذ على أنك لم تصف لى شيئا يمكن أن يتصف بصفة العالم الممكن .

ويمكنك من ناحية أخرى أن تصف عالماً ممكناً على هذا النحو : " هناك رجل ينكمش حجمه يصبح أصغر فأصغر . وفجأة يتحول إلى طائر ، وعندئذ يصبح الطائر ألف طائر . تطير هذه

الطيور فى السماء ، وتتجاذب السحب أطراف الحديث عما حدث " . هذا كله عالم ممكن . خيالى نعم ، ولكنه غير متناقض .

معنى هذا أن العوالم الممكنة عوالم معقولة . لكننى أحاول أن أتجنب الحد " معقول " ، لأنه يستخدم عادة بمعانى محدودة جداً ، أى " ربما يمكن تخيله فقط عن طريق كائن إنسانى " . يمكن وصف العديد من العوالم الممكنة ، ولكن لا يمكن تخيلها . يمكن أن نناقش ، مثلاً ، استمرارية فى كل المواضع المحددة باحداثيات معقولة حمراء ،وجميع مواضع محددة باحداثيات غير معقولة زرقاء . فإذا كنا فى وضع يسمح لنا بإمكانية وصف ألوان المواضع ، إذن لكان هذا عالماً غير متناقض ، إنه عالم مدرك بأوسع معنى للكلمة ، ذلك لأننا يمكننا افتراضـه بلا تنافس ، وهو غير مدرك بالمعنى السيكولوجى . إذ لا يمكن لشخص ما أن يتخيل استمرارية مواضع غير ملونة ، يمكننا أن نتخيل نموذجا فجًا للاستمرارية ، يكون محتوياً على مواضع متراصة باحكام شديد . العوالم الممكنة هى العوالم المدركة بأوسع معنى للكلمة ، فهى العوالم التى يمكن وصفها دون وقوع فى تناقض منطقى .

لا يمكن استخدام قوانين المنطق والرياضيات البحتة ، بحكم طبيعة هذه القوانين ، كقاعدة للتفسير العلمى ، لأنها لا تخبرنا عن شىء يميز العالم الواقعى عن أى عالم آخر ممكن . فعندما نسأل عن تفسير لحقيقة ما ، أو ملاحظة نوعية فى العالم الفعلى ، علينا أن نستخدم قوانين امبيريقية . لن يكون لها طابع اليقين الذى نجده فى القوانين المنطقية والرياضية ، لكنها يمكن أن تنبئنا بشىء ما عن بناء العالم .

فى القرن التاسع عشر ، أعلن علماء فيزياء ألمان ، أمثال جوستاف كيرشهوف Gustav Kirchhoff وأرنست ماخ Ernst Mach أنه لا يحق للعلم أن يبحث فى " لماذا ؟ " ولكن عليه أن يبحث عن " كيف ؟ " . وكانوا يعنون بذلك ، أنه لا ينبغى للعلم أن يبحث عن عوامل ميتافيزيقية مجهولة ، تكون مسئولة عن حوادث معينة ، وإنما ينبغى فقط أن تصف مثل هذه الحوادث فى حدود القوانين ، ينبغى أن نتفهـم هـذا الخطر الذى كان مفروضـاً على السؤال" لماذا؟ " فى سياقه التاريخى . إذا كانت الخلفية هى المناخ الفلسفى الألمانى فى العصر الذى كان يسوده المثالية التقليدية لفخته وشلنج ، وهيجل . شعر هؤلاء الرجال أن وصف العالم بالسؤال كيف ، لم يكن كافياً . أرادوا فهما أكمل . واعتقدوا أنهم يمكنهم الوصول إلى هذا الفهم عن طريق أسباب ميتافيزيقية تكمن خلف الظواهر وليست فى متناول المنهج العلمى . قاوم

علماء الفيزياء وجهة النظر هذه ، بقولهم " دعونا وشأننا ، وخذوا معكم أسئلتكم لماذا ، فليس ثمة إجابة عنها فى حدود القوانين الامبيريقية . اعترضوا على أسئلة ـ لماذا لأنها كانت دائماً أسئلة ميتافيزيقية .

ولقد تغير اليوم هذا المناخ الفلسفى . ومع ذلك هناك فى ألمانيا فلاسفة قلائل ، لا يزالون منخرطين فى التقليد المثالى ، أما فى إنجلترا والولايات المتحدة فقد اختفى هذا عملياً . ونتيجة لذلك ، لم تعد تقلقنا أسئلة لماذا . ولم نعد نقول " لا تسأل لماذا " لأنه عندما يسأل الشخص ما الآن لماذا ، فإننا نفترض أنه يعنى به معنى علمياً ، لا ميتافيزيقيا ، أنه يسزنا ببساطة أن نفسر شيئا ما ، بوضعه فى إطار القوانين الامبيريقية .

عندما كنت شاباً صغيراً ، وعضواً فى دائرة فيينا ، كانت بعض مؤلفاتى المبكرة مكتوبة كرد فعل للمناخ الفلسفى للمثالية الألمانية . ونتيجة لذلك ، كانت هذه النشرات ، وتلك التى كتبها آخرون من دائرة فيينا ، مليئة بتلك العبارات التى تحظر الأشياء التى ناقشناها من قبل . وعلينا أن نتفهم هذه المحظورات من السياق التاريخى الذى نجد أنفسنا متواجدين فيه . أما اليوم ، وبصفة خاصة فى الولايات المتحدة ، لم نعد نضع مثل هذه المحظورات . نوع المركبات التى نستخدمها هنا ذات طبيعة مختلفة ، وغالباً ما تحدد طبيعة المركبات الواحدة . الطريقة التى يمكن أن تعبر بها وجهات النظر الواحدة .

عندما تكون بصدد تفسير حقيقة ما ، وقلنا إنه لابد من استخدام قانون علمى ، فإن ما نرغب فى استبعاده على وجه الخصوص ، هو وجهة النظر التى تنادى باستيفاء العوامل الميتافيزيقية ، حتى قبل أن نتمكن من تفسير الحقيقة بشكل مناسب .

فى العصور قبل العلمية ، كان هذا هو نوع التفسير الذى يقدمونه . كان يعتقد أن العالم مسكون بأرواح أو شياطين لا يمكن ملاحظتهم بشكل مباشر ، ولكنهم كانوا المسئولين عن سقوط المطر ، وفيضان النهر ، وضوء البرق . فأى حادث يراه المرء ، فلا بد أن يكون هناك شيء ما أو بالأحرى ، شخص ما مسئول عن هذا الحادث . يمكن إدراك هذا سيكلوجياً . إذا اقترن إنسان شيء ما لا أحبه ، من الطبيعى بالنسبة لى أن اعتبره مسئولاً عنه ، وأن أصب جام غضبى عليه ، وأضربه . وإذا أمطرت سحابة فوقى مطراً ، فلا يمكننى أن أضرب السحابة ، ولكنى استطيع أن أجد متنفساً لغضبى إذا جعلت السحابة ، أو شيطانا ما غير مرئى قابع خلف

السحابة هو المسئول عن المطر . أستطيع أن أصب اللعنات على هذا الشيطان ، وأهز له قبضتى ، فيزول عنى الغضب ، وأشعر بارتياح . من الميسور أن نفهم كيف وجد أفراد المجتمعات قبل العالمية قناعة سيكولوجية فى تخيل محركات خلف ظواهر الطبيعة .

فى هذا العصر ، كما نعلم ، تخلت المجتمعات عن أساطيرها ، ولكن فى بعض الأحيان ، يضع العلماء المحركات محل الأرواح ، حيث أنها لا تختلف فى الحقيقة عنها كثيراً . كتب الفيلسوف الألمانى هانز دريتش Hans Driesdh المتوفى عام ١٩٤١ ، كتباً عديدة فى فلسفة العلوم ، وكان فى الأصل عالماً بيولوجياً بارزاً ، اشتهر بعمله فى الاستجابات العضوية المعينة ، بما فيها التولد فى قنافد البحر ، بتر أطراف أجسادها وأراد أن يلاحظ فى أى مراحل نموها وتحت أى الظروف يمكن أن تنمو لها أطراف جديدة . كان عمله العلمى هذا هاماً وممتازاً ، ولكن كان دريتش مهتماً أيضاً بالمسائل الفلسفية ، وبصفة خاصة تلك التى تتعامل مع أسس البيولوجيا ، لذلك أصبح أخيراً أستاذاً للفلسفة . أنجز فى الفلسفة أيضاً بعض الأعمال الممتازة ، ولكن لأن فلسفته كانت تتصف بمظهر معين ، فقد جعلنى هذا وأصدقائى فى حلقة فيينا لا ننظر إليه بالتقدير الكافى . كانت له طريقته فى تفسير العمليات البيولوجية باعتبار أنها تولد وتكاثر .

فى الوقت الذى أنجز فيه دريتش عمله البيولوجى ، كان الاعتقاد السائد هو أن العديد من خواص الكائنات الحية ، لا يمكن أن توجد فى غيرها (ونرى اليوم بوضوح أكثر أن هناك صلة مستمرة للعوالم العضوية وغير العضوية) . أراد أن يفسر هذه الخواص العضوية الفريدة ، لذلك نراه يفترض ما أطلق عليه اسم " انتلخيا " entelchy . أدخل أرسطو هذا المصطلح ، ولكن كان له معنى خاص عنده ، ولسنا فى حاجة إلى مناقشة هذا المعنى هنا . قال دريتش : " الانتلخيا هى قوة خاصة معينة تجعل الكائنات الحية تتصرف بالطريقة التى تتصرف بها . ولكنك لا ينبغى أن تعتقد أن الانتلخيا هذه قوة فيزيائية مثل الجاذبية أو المغناطيسية ، أوه ، كلا ، إنها لا شىء من هذا " .

أكد دريتش على أن انتلخيات الكائنات العضوية لها أنواع متعددة ، تعتمد على المرحلة العضوية للتطور . ففى الكائنات العضوية الأولية ، وحدة الخلية ، تكون الانتلخيا أكثر بساطة . وعندما تصعد سلم التطور ، من خلال النباتات والحيوانات الأدنى ، والحيوانات الأعلى وأخيراً إلى الإنسان ، تتعقد الانتلخيا أكثر فأكثر . يبدو هذا بأعلى درجة فى الظواهر التى

اكتملت فيها أعلى أشكال الحياة . فما نسميه " بالعقل " فى الجسم الإنسانى ليس بالفعل سوى جانب من انتلخيا الشخص . فالانتلخيا شىء أكثر بكثير من العقل ، أو علـى الأقل ، أكثر من العقل الواعى ، لأنها مسئولة عن كل شىء تفعله كل خلية فى الجسم . لو جرح أصبعى تتكون خلايا جديدة للأصبع ، وتجلب عناصر للجرح تقتل البكتريا الداخلة ، لا توجد هذه الحوادث بالفعل عن وعى . فهى تحدث فى أصبع طفل عمره شهر لم يسمع قط عن قوانين الفسيولوجيا . كل هذا راجع ، كما يؤكد دريتش ، إلى تركيب الانتلخيا العضوى ، الذى يكون العقل واحداً من تجلياتها . إذن التفسير العلمى كان عند دريتش نظرية محكمة فى الانتلخيا ، تلك التى قدمها كتفسير فلسفى لظواهر لا يمكن تفسيرها علمياً مثل تولد أعضاء قنافذ البحر .

هل يعد هذا تفسيراً ؟ لقد أجريت وأصدقائى مناقشات عديدة مع دريتش حول هذا الموضوع. واتذكر أننى وهانز رايشنباخ انتقدنا نظرية دريتش فى المؤتمر العالمى للفلسفة المنعقد فى براغ عام ١٩٣٢ ، وتصدى هو وآخرون للدفاع عنها ولم نفرد مساحات كبيرة فى نشراتنا لهذا النقد ، لأن العمل الذى أنجزه دريتش فى كل من البيولوجيا والفلسفة قد حاز على إعجابنا . كان يختلف تماماً عن معظم الفلاسفة فى ألمانيا فى أنه أراد بالفعل أن يطور فلسفة علمية . ومع ذلك فقد بدا لنا أن نظريته فى الانتلخيا تفتقر إلى شىء ما .

ما هذا الذى تفتقره : أنه الفراسة ، فأنت لا يمكنك أن تعطى تفسيراً لشىء دون أن تدعمه بقانون أيضاً .

قلنا له : " أننا لا نعرف ما نعنيه بالانتلخيا التى تقول بها ، إنك تقول انها ليست قوة فيزيائية ، ما عساها أن تكون إذن ؟

ويمكننى أن أجيب نيابة عنه لتفسير كلماته : " حسناً . لا ينبغى عليك أن تكون ضيق الفهم هكذا . عندما تسأل عالما فيزيائيا عن سبب تحرك هذا المسمار فجأة تجاه قضيب من الحديد . سيخبرك بأن قضيب الحديد ممغنط ، وأن المسمار انجذب إليه بفعل المغناطيسية . لم يتسن لأحد أن يرى على الاطلاق المغناطيسية ، وإنما كل ما تراه إنما هو حركة مسمار صغير تجاه قضيب من الحديد " .

ويمكننا أن نوافق على ذلك بقولنا : " أجل ، إنك على حق . لم يتسن لأحد أن يرى

المغناطيس " .

ويستطرد قائلاً : " وهكذا ترى أن الفيزيائى يدخل قوى لا يمكن أن يلاحظها أحد ـ مثل القوى المغناطيسية والكهربية .

ـ حتى يمكنه أن يقدم تفسيراً لظواهر معينة . أريد أن أفعل نفس الشيء . لا يمكن أن تكون القوى الفزيائية مناسبة لتفسير ظواهر عضوية معينة . لذلك نفترض قوى أخرى شبيهة لها ، ولكنها ليست فيزيائية ، لأنها لا تسلك نفس الطريق الذى تسلكه القوى الفيزيائية ، لا يمكن مثلاً تعيين مكانها أو موضعها ، على الرغم من أنها تتصرف طبقاً لنظام فيزيائى ، ولكن هذا النظام لا بد أن يكون كاملاً ، فلا ينطبق على جزء بعينه دون آخر . لذلك لا يمكنك أن تحدد موضعها ، إذ ليس لها موضع ، فهى ليست قوة فيزيائية . لذلك من المشروع تماماً بالنسبة لى أن أدخل مثل هذه القوة مثلما يدخل الفيزيائى القوة المغناطيسية غير المرئية " .

ويمكن أن يكون ردنا على ذلك أن الفيزيائى لا يقدم تفسيراً لحركة المسمار تجاه القضيب عن طريق إدخال كلمة " المغناطيس " ببساطة . ولكن إذا سألته لماذا يتحرك المسمار ، لأجابك بسبب المغناطيس ، وإذا ضغطت عليه أكثر من أجل أن يقدم لك تفسيراً أكمل لقدم لك قوانين . وربما لا تكون مصاغة بطريقة كمية مثل معادلات ماكسويل التى تصف المجالات المغناطيسية . وربما تكون قوانين كمية ولكنها بسيطة ليس فيها أعداد حادثة ، يمكن الفيزيائي أن يعلن : " تنجذب جميع المسامير المصنوعة من الحديد إلى حواف القضبان الممغنطة " ، ومن الممكن أن يقدم تفسيراً لحالة المغنطة بإعطاء قوانين غير كمية أخرى ، فيخبرك أن معدن الحديد الخام من مدينة مغنيسيا (أذكرك بأن الكلمة " مغناطيس " مشتقة من اسم المدينة اليونانية مغنيسيا ، التى وجدوا فيها هذا النوع من الحديد الخام لأول مرة) وأن له هذه الخاصية . كما يمكنه أن يقدم لك تفسيراً آخر مثل أن قضبان الحديد تصبح ممغنطة إذا طرقت بمواد خام ممغنطة طبيعياً ، وبطريقة معينة ، أو يطلعك على قوانين أخرى حول الشروط الواجب توافرها لكى تصبح عناصر معينة ممغنطة ، أو قوانين أخرى حول ظواهر مرتبطة بالمغناطيس . يمكنه أيضاً أن يخبرك أنك إذا قمت بمغنطة إبرة وعلقتها من منتصفها ، بحيث تجعل طرفيها حرتى الحركة ، فإن طرفاً منهما سيتجه إلى الشمال ، فلا بد أن تلاحظ أنهما لا ينجذبان أبداً ، وسينفر كل منهما من الآخر . ويمكنه أن يشرح لك أنك إذا سخنت قضيباً من الحديد الممغنط أو طرقته ، فسوف يفقد القوة المغناطيسية . كل هذه القوانين إنما هى قوانين كمية ، يمكن التعبير عنها بالصورة المنطقية " إذا ... إذن ... " . والنقطة التى أريد التركيز عليها هنا هى : لا يكفى ، بالنسبة لأغراض

التفسير ، أن نقوم بإدخال عامل جديد ، ونكتفى بأن نطلق عليه اسماً جديداً . وإنما لا بد أن نضع قوانين .

لم يذكر دريتش أى قوانين ، ولم يحدد كيف تختلف انتلخيا شجرة بلوط مثلاً عن انتلخيا ماعز أو زرافه . لم يقم بعمل تصنيف لانتلخياته . قام بتصنيف الكائنات العضوية فقط ، وقال لكل كائن عضوى الانتلخيا الخاصة به . لم يضع لنا قوانين تبين لنا تحت أى الشروط يمكن للانتلخيا أن تقوى أو تضعف . قام بالطبع بوصف جميع أنواع الظواهر العضوية ، وأعطى لها أحكاماً عامة . قرر أنك إذا بترت طرفا من قنفذ البحر بطريقة معينة ، لما ظل الكائن حياً ، وإنك إذا بترته بطريقة أخرى لظل الكائن حيا ، وإن الطرف المبتور سيعود إلى النمو مرة أخرى . فعليك أن تتوقف عن بتره بالطريقة الأولى ، وستجد عند مرحلة معينة من نمو قنفذ البحر ، تولد طرف جديد وكامل . هذه القضايا كلها قوانين خاصة بعلم الحيوان وتستحق منا كل التقدير .

ولكن السؤال الآن الموجه إلى دريتش هو : " ما الذى أضفته إلى هذه القوانين الامبيريقية ؟ . إنك بعد أن ذكرت هذه القوانين ، تقدمت لتزف إلينا خبر أن كل الظواهر التى تغطيها هذه القوانين ، إنما هى بسبب انتلخيا قنفذ البحر . " الحقيقة أننا اعتقدنا أنه لم يضف أى شىء ، لأن فكرة الانتلخيا لم تقدم لنا قوانين جديدة وإنما كل ما فعلته أنها قامت بتفسير قوانين عامة موجودة بالفعل ، فهى لم تساعدنا على الأقل فى عمل تنبؤات جديدة . لهذه الأسباب لا يمكننا أن نقول إن معرفتنا العلمية قد ازدادت . يبدو من الوهلة الأولى أن مفهوم الانتلخيا يزودنا بشىء ما من أجل تفسيراتنا ، ولكن عندما نفحصه ، نكتشف فراغه . إنه تفسير كاذب .

يمكن أن يقال أن مفهوم الانتلخيا ليس عديم النفع تماماً ، إذا أعطى علماء الأحياء توجيهاً جديداً ، منهجاً جديداً لتنظيم القوانين البيولوجية . وردنا على ذلك هو أنه من الممكن أن يكون مفيداً حقاً ، إذا أمكننا أن نسوغ عن طريقه قوانين عامة ، أكثر مما هو مصاغ من قبل ، فى الفيزياء مثلاً ، لعب مفهوم الطاقة دوراً شبيهاً صاغ فيزيائيو القرن التاسع عشر نظرية ، مفادها ، أنه ربما تكون هناك ظواهر معينة مثل الطاقة الحركية أو طاقة الجهد فى الميكانيكا ، تقوم بتسخين طاقة المجالات المغناطيسية (كان هذا قبل اكتشاف أن الحرارة تتولد من الطاقة الحركية للجزيئات) وهكذا أمكن لمظاهر متعددة من الحرارة أن تكون نتيجة لنوع واحد أساسى من الطاقة . أدى هذا إلى إجراء تجارب أظهرت أن الشكل الميكانيكى يمكن أن يتحول إلى حرارة ، والحرارة تتحول إلى شغل ميكانيكى ، ولكن تظل كمية الطاقة ثابتة . وهكذا كان

مفهوم الطاقة مثمراً لأنه أدى إلى قوانين أكثر عمومية ، مثل قانون حفظ الطاقة . ولكن انتلخيا دريتش لم تكن مفهوماً مثمراً بهذا المعنى ، لأنها لم تؤد إلى اكتشاف قوانين بيولوجية أكثر عمومية .

إن العلم يمدنا ـ بالإضافة إلى القيام بتفسيرات للحقائق التى يمكن ملاحظتها أيضاً ـ بوسائل تمكننا من التنبؤ بحقائق جديدة لم تلحظ بعد . وتتبع هنا نفس النسق المنطقى الذى اتبعناه فى التفسير تماماً ، وهو ما يمكن التعبير عنه رمزياً ، كما سبق القول :

١ ـ (و) (ق و ⊂ ك و) .

٢ ـ ق أ .

٣ ـ ك أ .

أولاً ، لدينا هنا قانون كلى : بالنسبة لأى موضوع وإذا كانت له الخاصية ق ، إذن لكانت له أيضاً الخاصية ك . ثانياً ، لدينا عبارة تفيد أن الموضوع أ له الخاصية ق . ثالثاً : نستنبط بمساعدة المبادىء المنطقية الأولية أن للموضوع أ الخاصية ك .

يعتمد التفسير والتنبؤ على هذا النص . تختلف معرفة الحالة فقط ، ففى التفسير تكون الواقعة هـ أ معروفه بالفعل . نفسر ك أ ببيان كيف تستنبط من القضيتين ١ ، ٢ . أما فى التنبؤ بالواقعة هـ أ لم تعرف بعد ، ولأن لدينا قانونا ، ولدينا الواقعة ق أ ، نستنتج من ذلك أنه لابد أن تكون ك أ واقعة أيضاً ، حتى إذا لم تكن قد خضعت للملاحظة بعد . بتطبيق قواعد المنطق بالطريقة المبينة فى النسق ، استدل على أننى إذا قمت بقياس القضيب الآن ، سوف أجد أنه أطول من ذى قبل .

فى معظم الحالات ، تكون الواقعة المجهولة خاصة بحادث مستقبلى بالفعل (فقد يتنبأ عالم مثلاً بموعد الكسوف الثانى للشمس) ، إننى استخدم المصطلح " تنبؤ " هنا ، للإشارة إلى المعنى الثانى من القوانين . وهى ليست فى حاجة إلى التنبؤ بها بالمعنى الحرفى . فى العديد من الحالات تتزامن الحقيقة المجهولة مع الحقيقة المعلومة ، كما هو الحال فى مثال القضيب الساخن . يحدث امتداد الحديد فى آن واحد مع عملية التسخين . ولكن ملاحظتنا للامتداد هى التى تحدث بعد ملاحظتنا للتسخين .

وفى حالات أخرى ، يمكن للحقيقة المجهولة أن تكون فى الماضى . فالمؤرخ يستدل على

حقائق مجهولة معينة للتاريخ ، على أساس القوانين السيكولوجية ، مع حقائق معينة مشتقة من وثائقه التاريخية . ومن الممكن للفلكى أن يستدل على أن خسوفاً للقمر كان قد حدث فى تاريخ معين فى الماضى . ويستدل الجيولوجى من وجود خطوط على صخرة كبيرة ومستديرة بفعل الجليد ، أنه فى زمن ما فى الماضى كان هذا الاقليم مغطى بالجليد ، إننى استخدم المصطلح " تنبؤ " لكل هذه الأمثلة ، لأنه فى كل حالة من هذه الحالات تحصل على نفس النسق المنطقى ونفس الموقف المعرفى ـ حقيقة معلومة ، وقانون معلوم نشتق منهما حقيقة مجهولة .

فى حالات عديدة ، وربما يكون القانون المستخدم احصائياً أكثر من كونه كلياً . ومن ثم يصبح التنبؤ محتملاً فقط ، يتعامل عالم الأرصاد الجوية مثلاً ، مع خليط من القوانين الفيزيائية المضبوطة ، والقوانين الاحصائية المختلفة . لا يمكنه أن يعلن أنها ستمطر غداً ، وإنما يمكنه فقط أن يقول إن المطر محتمل جداً .

يعد هذا اللا تعيين أيضاً سمة للتنبؤ بالسلوك الإنسانى . فعلى أساس معرفة قوانين سيكولوجية معينة ، ذات طبيعة احصائية ، ووقائع معينة عن شخص ، نستطيع أن نتنبأ بدرجات متفاوته من الاحتمال كيف سيتصرف . وربما نسأل عالما نفسيا أن يطلعنا على أثر حادث معين على طفلنا . ويجيب : " طبقاً لما أراه ، من المحتمل أن يكون رد فعل طفلكم على هذا النحو . قوانين علم النفس لست دقيقة جداً بالطبع ، فهى علم حديث . والى الآن مازلنا على الإطلاق . ولكن علينا أن نتحقق من أنه يستدل على نوع من الاستدلالات ، تختلف بشكل أساسى عن الاستنباط .

ففى المنطق الاستنباطى ، ينتقل الاستدلال من مجموعة من المقدمات إلى نتيجة لا تختلف أبداً عن المقدمات . فإذا كان لديك سبب لصدق المقدمات ، فلا بد أن يكون لديك بالتساوى سبب قوى لصدق النتيجة التى تستنبع منطقياً من المقدمات . فإذا كانت المقدمات صادقة ، فلا

التى تقوم بها أثناء اليوم تقوم على تنبؤات . تدير أكرة الباب ، تفعل ذلك لأن ملاحظات الحقائق الماضية ، بالإضافة إلى القوانين الكلية ، تؤدى بك إلى أن تعتقد أن إدارة الأكرة ستفتح لك الباب ، وربما لا تعى الأساس المنطقى المنطوى عليه هذا الفعل ـ إنك بلا شك تفكر فى أشياء أخرى ـ ولكن هذه الأفعال القصدية تفترض سلفاً هذا الأساس . هناك معرفة بحقائق خصوصية ، معرفة بانتظامات معينة يمكن التعبير عنها باعتبارها قوانين كلية أو احصائية وتعطى قاعدة للتنبؤ بحقائق مجهولة . يدخل التنبؤ فى كل فعل من السلوك الإنسانى الذى يتضمن اختياراً قصدياً . بدونه يصبح كل من العلم والحياة ضرباً من المستحيل .

***

هوامش

١ ـ يطلق على هذا الثابت اسم ثابت التضمن Implication ، وهو أحد الثوابت المنطقية الهامة التى يعتمد عليها النسق الاستنباطى عند رسل وهوايتهد فى كتابهما المشترك " مبادىء الرياضيات " الذى صدرت طبعته الأولى فى ثلاثة أجزاء فى الأعوام ١٩١٠ ـ ١٩١٣ . وثابت التضمن يتم التعبير عنه لغوياً بلفظى الشرط وجوابه الذى يتخذ صورة القضية إذا... إذن " وتسمى أيضاً القضية الشرطية . (المترجم) .

٢ ـ نوع من النباتات الفطرية سريعة النمو والزوال . (المترجم) .

٣ ـ وهو ذلك المبدأ الذى يقرر أن هناك قدراً محدداً من اللا تحدد فيما يتعلق بالتنبؤ بمسار الجزىء . مما يجعل من المستحيل التنبؤ بهذا المسار بدقة . (المترجم) .

الفصل الثانى

الاستقراء والاحتمال الإحصائى

افترضنا فى الفصل الأول ، أن قوانين العلم مفيدة ، ورأينا كيف تستخدم هذه القوانين فى كل من العلم والحياة اليومية باعتبارها تفسيراً لوقائع معلومة وباعتبارها وسائل للتنبؤ بوقائع [illegible]

يصدق الشىء الآخر . ومن الواضح أنه يتناول حالات ممكنة لا نهائية . يقرر قانون فسيولوجى أنك إذا غمدت خنجراً فى قلب أى كائن بشرى ، فإنه يموت ، . ولإننا لم نلحظ أبداً أى استثناء فى هذا القانون ، فإننا نقبله باعتباره قانوناً كلياً . وصحيح بالطبع ، أن عدد الحالات التى لاحظنا فيها وجود خناجر منغرزة فى قلوب إنسانية محدودة ، ومن الممكن فى يوم ما أن تتوقف الإنسانية عن الوجود تماماً ، وفى هذه الحالة ، يصبح عدد الكائنات الإنسانية سواء فى الماضى أو المستقبل محدودة ، إلا أن هناك حالات لا نهائية ممكنة ، قمنا بتغطيتها جميعاً بواسطة القانون ، وإذا كان الأمر كذلك ، فليس ثمة عدد للملاحظات النهائية ، مهما كانت كبيرة ، يمكن أن تصوغ قانوناً " كلياً " بعينه .

وربما نستمر ونجرى ملاحظات أكثر فأكثر ، وبشكل معتنى به ، وبطريقة علمية على قدر استطاعتنا ، لكى نقول فى نهاية الأمر ، " لقد تم اختبار هذا القانون عدة مرات ، ولذلك فإننا نثق فى صدقه ثقة كاملة ، لأنه قانون وطيد البناء ، راسخ الأساس " . ومع ذلك ، إذا فكرنا فى الموضوع بروية ، لوجدنا أن أعظم القوانين الفيزيائية رسوخاً ، إنما تعتمد فقط على عدد نهائى من الملاحظات . ومن الممكن دائماً أن يأتى الغد بمثال واحد فقط معاكس تماماً لما [illegible]

اعتقادنا بأن قانوناً ما ينعقد ؟ نعرف بالطبع أن كل القوانين تعتمد على ملاحظة انتظامات

يمكن أن تكون النتيجة كاذبة . يختلف الموقف تماماً فى الاستقراء . فلا يتعين أبداً صدق نتيجة استقرائية . ولا أعنى فقط أن النتيجة لا يمكن أن تتعين لأنها تستند إلى مقدمات لا تعرف على وجه التأكيد . فحتى إذا افترضنا أن المقدمات صادقة ، وأن الاستدلال إنما هو استدلال صحيح ، فإن النتيجة مع ذلك يمكن أن تكون كاذبة . وأقصى ما يمكننا قوله هو أنه طبقاً للمقدمات المفترضة ، تكون درجة معينة من الاحتمال . ويعرفنا المنطق الاستقرائى كيف نحسب قيمة الاحتمال .

نعرف أن قضايا الواقعة الجزئية التى نتوصل إليها بالملاحظة لا يمكن أن تتعين أبداً بشكل مطلق ، لأننا قد نقع فى أخطاء فى ملاحظاتنا ، ولكن ، بالنسبة للقوانين يظل اللا تعيين أكبر . ففى قانون أحوال العالم ، بالنسبة لأى حالة جزئية ، فى أى مكان وأى زمان ، إذا صدق شيء ، يصدق الشيء الآخر . ومن الواضح أنه يتناول حالات ممكنة لا نهائية . يقرر قانون فسيولوجى أنك إذا غمدت خنجراً فى قلب أى كائن بشرى ، فإنه يموت . . ولإننا لم نلحظ أبداً أى استثناء فى هذا القانون ، فإننا نقبله باعتباره قانوناً كلياً . وصحيح بالطبع ، أن عدد الحالات التى لاحظنا فيها وجود خناجر منغرزة فى قلوب إنسانية محدودة ، ومن الممكن فى يوم ما أن تتوقف الإنسانية عن الوجود تماماً ، وفى هذه الحالة ، يصبح عدد الكائنات الإنسانية سواء فى الماضى أو المستقبل محدودة ، إلا أن هناك حالات لا نهائية ممكنة ، قمنا بتغطيتها جميعاً بواسطة القانون ، وإذا كان الأمر كذلك ، فليس ثمة عدد للملاحظات النهائية ، مهما كانت كبيرة ، يمكن أن تصوغ قانوناً " كلياً " بعينه .

وربما نستمر ونجرى ملاحظات أكثر فأكثر ، وبشكل معتنى به ، وبطريقة علمية على قدر استطاعتنا ، لكى نقول فى نهاية الأمر ، " لقد تم اختبار هذا القانون عدة مرات ، ولذلك فإننا نثق فى صدقه ثقة كاملة ، لأنه قانون وطيد البناء ، راسخ الأساس " . ومع ذلك ، إذا فكرنا فى الموضوع بروية ، لوجدنا أن أعظم القوانين الفيزيائية رسوخاً ، إنما تعتمد فقط على عدد نهائى من الملاحظات . ومن الممكن دائماً أن يأتى الغد بمثال واحد فقط معاكس تماماً لما لاحظناه ، وأنه من المستحيل أن نصل إلى العصر الذى يتحقق فيه القانون تحققاً كاملاً . وفى الحقيقة أننا لسنا بصدد الحديث عن " التحقق " " verification " على الإطلاق ـ هذا إذا كنا نعنى به تأسيسا قاطعا للصدق ـ ولكننا نقصد به التأييد confirmation فقط ، ومما يدعو إلى العجب ، أنه على ارغم من عدم وجود طريقة نتمكن بها من التحقق من قانون (بالمعنى الدقيق للتحقق) ، إلا أنه من السهل أن نجد طريقة لتكذيبه ، فلسنا فى حاجة إلا إلى مثال معاكس

واحد فقـط لنقرر كذبه ، وربما تكون معرفة مثال " معاكس " فى حد ذاته ، عملية غير مؤكدة ، أو ربما نرتكب خطأ ما فى الملاحظة ، أو نكون مخدوعين بطريقة ما . ولكن إذا افترضنا ، مع ذلك ، أن المثال المعاكس حقيقى ، إذن لا يستتبع ذلك نفى القانون فى الحال . فإذا كان القانون يقرر أن كل موضوع له الخاصية ق ، لابد أن تكون له أيضاً الخاصية ك ، ووجدنا أن الموضوع الذى له الخاصية ق ، ليست له الخاصية ك ، إذن لكان ذلك دحضاً للقانون . إذ أن مليون حالة موجبة لا تكفى للتحقق من قانون ، ولكن حالة واحدة مخالفة كافية لتكذيبه . ويبدو أن هذا الموقف غير متماثل بشكل قوى ، لأن من السهل أن ندحض قانوناً ، ومن الصعب بمكان أن نجد تأييداً قوياً له .

إذن كيف نعثر على تأييد قـوى لقانون ؟ إننا إذا لاحظنا عددا ضخماً من الحالات الموجبة ، وبدون أية حالة سالبة ، قلنا إن التأييد قوى . ولكن مدى قوته ومدى التعبير عن هذه القوة عددياً ، لازالت مسألة جدال فى فلسفة العلم . وسوف نعود إلى هذه النقطة بعد قليل . ولكننا نهتم هنا بتوضيح أن مهمتنا الأولى أنما تنحصر فى البحث عن تأييد لقانون ، خضعت الحالات فيه للاختبار لتحديد ما إذا كانت هذه الحالات موجبة أو سالبة . ويتم هذا عن طريق استخدام نسق منطقى لإجراء تنبؤات . يذكر القانون أن (و) (ق و ⊂ ك و) ، ومن ثم ، بالنسبة لأى موضوع معطى فإن ق أ ⊂ ك أ . ونحاول العثور على موضوعات متعددة على قـدر استطاعتنا (وهى تلك الحالات التى رمزنا لها بالرمز أ) ، بحيث تكون لها الخاصية ق ، وحينئذ نلاحظ ما إذا كانت تحقق أيضاً شرط ك . فإذا وجدنا حالة سالبة . فإن المسألة تكون مقررة ، وإلا كانت كل حالة موجبة بينة إضافية ، تضاف إلى قوة تأييدنا .

وهناك بالطبع ، قواعد منهجية متعددة لكفاية الاختبار . إذ ينبغى مثلاً أن تكون الحالات متنوعة بقدر المستطاع . فإذا كنت تختبر قانوناً فى التمدد الحرارى ينبغى أن تحصر اختباراتك على العناصر الجامدة . وإذا كنت تختبر قانوناً يقرر أن جميع المعادن موصلة جيدة للحرارة ، فلا

وبدون أية حالة سالبة ، قلنا إن التأييد قوى . ولكن مدى قوته ومدى التعبير عن هذه القوة

الساخنة فى الطبيعة ، وإنما نستحضر هذه الموضوعات ونقوم بتسخينها . على أنه لابد أن نضع فى اعتبارنا أن استحضارنا لظروف التجريب ، أو فى حالة وجودها جاهزة فى الطبيعة ، فلابد أن نطبق عليها نفس المنهج .

ولقد أثرت منذ لحظة مسألة ما إذا كانت درجة تأييد القانون (أو التقرير الفردى الذى نتنبأ به عن طريق القانون) يمكن التعبير عنه فى صورة عددية ، وبدلاً من القول أن هـــذا القانـــون " مؤسس جيداً " ، وأن ذلك القانون الآخر " يستند إلى شواهد واهية " ، علينا أن نقول أن القانون الأول حاصل على ٨ درجات تأييد ، بينما القانون الثانى حاصل على درجتين فقط . هذه المسألة خضعت لجدال مطول ، ولكن وجهة نظرى الشخصية هى أن الإجراء مشروع ، وأن ما نطلق عليه " اسم التأييد " ، إنما هو نفسه الاحتمال المنطقى .

وهذا لايعنى الشىء الكثير ، حتى نتعرف تماماً على ما نعنيه بعبارة " الاحتمال المنطقى " . ولماذا أضفت الصفة " منطقى " ، على الرغم من أنها عادة غير مألوفة ، إذ أن معظم المؤلفات التى تتناول موضوع الاحتمال لا تضع تمييزاً بين مختلف أنواع الاحتمال ، ولكننى أخص نوعاً منها وأطلق عليه اسم " منطقى " . هذا اعتقادى ، ومع ذلك ، هناك نوعان مختلفان بشكل أساسى للاحتمال ، وأننى أميز بينهما بأن أطلق على أحدهما اسم " الاحتمال الاحصائى " والآخر " الاحتمال المنطقى " . ولسوء الحظ فإن نفس الكلمة " احتمال " ، قد استخدمت بمعنيين مختلفين أشد الاختلاف . غير أن عدم وجود مثل هذا التمييز يعد مصدراً لاضطراب شديد فى المؤلفات التى تتناول فلسفة العلم ، كما هو الحال تماماً فى مناقشات العلماء أنفسهم .

وبدلاً من " الاحتمال المنطقى " ، فإننى استخدم أحياناً مصطلح " الاحتمال الاستقرائى " ، لأن هذا النوع من الاحتمال ، فى تصورى ، هو ما نعنيه عندما تجرى استدلالاً استقرائياً لأننى أعنى " بالاستدلال الاستقرائى " ليس فقط الاستدلال الذى ينتقل من الوقائع إلى القوانين ، وإنما

هذه المسألة خضعت لجدال مطول ، ولكن وجهة نظرى الشخصية هى أن الإجراء مشروع ، وأن ما نطلق عليه " اسم التأييد " ، إنما هو نفسه الاحتمال المنطقى .

وهذا لايعنى الشىء الكثير ، حتى نتعرف تماماً على ما نعنيه بعبارة " الاحتمال المنطقى " . ولماذا أضفت الصفة " منطقى " ، على الرغم من أنها عادة غير مألوفة ، إذ أن معظم المؤلفات التى تتناول موضوع الاحتمال لا تضع تمييزاً بين مختلف أنواع الاحتمال ، ولكننى أخص نوعاً منها وأطلق عليه اسم " منطقى " . هذا اعتقادى ، ومع ذلك ، هناك نوعان مختلفان بشكل أساسى للاحتمال ، وأننى أميز بينهما بأن أطلق على أحدهما اسم " الاحتمال الاحصائى " والآخر " الاحتمال المنطقى " . ولسوء الحظ فإن نفس الكلمة " احتمال " ، قد استخدمت بمعنيين مختلفين أشد الاختلاف . غير أن عدم وجود مثل هذا التمييز يعد مصدراً لاضطراب شديد فى

الثامن عشر وكان جاكوب بيرنوى Jacob Bernoulli (١٦٥٤ ـ ١٧٠٥) أول من كتب مقالة منهجية فيها ، وعاونه فى هذا معاونة جادة الأسقف توماس بيز Thomasa Beyes ، وفى نهاية ذلك القرن كتب الرياضى والفيزيائى العظيم بيير سيمون دى لابلاس Pierre Simon de Laplace أول مقالة ضخمة فى الموضوع ، كانت عملاً رياضياً شاملاً لنظرية الاحتمال ، ويلاحظ أنها كانت ذروة المرحلة الكلاسيكية .

وكانت معظم تطبيقات الاحتمال خلال هذه الفترة الكلاسيكية تتم على ألعاب الحظ ، مثل لعبة الزهر ، والكروت ، والروليت . وفى الواقع ، استمدت النظرية أصولها من حقيقة أن بعض المقامرين ، فى هذا الوقت قد سألوا بيير فيرما Pierre Fermat ، ورياضيين آخرين أن يحسبوا لهم الاحتمالات الدقيقة التى تتضمنها ألعاب معينة من ألعاب الحظ . وهكذا بدأت النظرية من مشكلات عينية ، ولم تبدأ من نظرية رياضية عامة . ولقد وجد الرياضيون أن من الغريب حقاً الإجابة عن مثل هذه التساؤلات . إذ أن هذا النوع من الرياضيات لم يكن منتشراً حتى يتسنى تغطية مثل هذه الإجابات ، وكنتيجة لذلك قاموا بتطوير نظرية التضمينات التى تمكنوا حينئذ من تطبيقها على مشكلات الصدفة .

فماذا فعل هؤلاء الرجال الذين قاموا بتطوير النظرية الكلاسيكية للاحتمال ؟ انهم فى الحقيقة قد اقترحوا تعريفاً لا يزال موجوداً فى مؤلفات الاحتمال الأولية ، وهو : أن الاحتمال نسبة من عدد الحالات الملائمة ، إلى كل الحالات الممكنة ، فما معنى هذا ؟ نوضح معناه بمثال بسيط . إذا قال شخص ما : " أننى سوف ألقى بهذا الزهر ، فماهى فرصة ظهور العدد واحد أو العدد اثنين ؟ " . فإنه طبقاً للنظرية الكلاسيكية ، تكون الإجابة على النحو التالى : أن هناك حالتين " ملائمتين " من مجموع شروط الحالات المتعينة فى المسألة . فإذا كانت جملة الحالات الممكنة لسقوط الزهر تساوى سته ، فإن معدل الحالات الملائمة إلى الحالات الممكنة

الوقت نستخدم مفهوم " المحتمل بالتساوي " " equally probable " وتجدر الإشارة إلى أن رواد النظرية الكلاسيكية لم يستخدموا هذه المصطلحات بمثل هذه الدقة . فقد قالوا إن الحالات يجب أن تكون " متساوية الإمكان " " equipossible " ويرجع هذا التعريف إلى المبدأ المشهور الذى أطلقوا عليه اسم " مبدأ السبب غير الكافى " ، فى حين نطلق عليه اليوم اسم " مبدأ عدم التمايز " The Principle of Indifference وهو ذلك المبدأ الذى يقرر أنك إذا كنت لا تعرف أى سبب لحدوث حالة ما ، أكثر من حدوث حالة أخرى ، إذن لكانت الحالات متساوية الإمكان .

بهذه الوسيلة ـ التى عرضنا لها بإيجاز ـ تم تعريف الاحتمال فى المرحلة الكلاسيكية . وبناء عليه تم بناء نظرية رياضية شاملة فى العصر الكلاسيكى . ولكن المسألة الوحيدة التى تهمنا هنا هى ما إذا كان أساس هذه النظرية ـ التعريف الكلاسيكى للاحتمال ـ مناسباً للعلم .

الحقيقة أنه فى غضون القرن التاسع عشر ، علت أصوات قليلة تنتقد التعريف الكلاسيكى . ولكن فى القرن العشرين ، وحوالى عام ١٩٢٠ ، وجه كل من ريتشارد فون ميزس Richard Von Mises ، وهانز ريشنباخ Hans Reichenbach ، انتقادات عنيفة للأطروحة الكلاسيكية . فقد قال ميزس أن " تساوى الإمكان " لا يمكن فهمه إلا بمعنى " تساوى الاحتمال " ، فإذا كان هذا هو معناه ، نكون قد وقعنا حقاً فى دائرة فاسدة . ويؤكد ميزس على أن الكلاسيكية التقليدية إنما توقعنا فى الدور ، ولذلك فهى لا يمكن أن تفيد .

ولا يزال لميزس اعتراض آخر ، فهو يذهب إلى أننا إذا قبلنا ذلك فى حالات بسيطة معينة ، فهل يمكننا فى هذه الحالة أن نركن إلى الحس المشترك commonsense ليخبرنا أن الحوادث المعنية هذه ، متساوية الإمكان ؟ الحقيقة أننا عندما نرمى بعمله ، فإن نتيجة ظهور أحد الوجهين تكون متساوية ، لأننا نعرف أنه ليس ثمة ميل لظهور وجه دون ظهور آخر . وبالمثل فى لعبة الروليت ، فليس هناك سبب لسقوط الكرة فى جزء منها ، أكثر من سقوطه فى آخر . وأيضاً فى لعب الورق ، فإذا كانت ...

عليه تم بناء نظرية رياضية شاملة فى العصر الكلاسيكى . ولكن المسألة الوحيدة التى تهمنا هنا هى ما إذا كان أساس هذه النظرية ـ التعريف الكلاسيكى للاحتمال ـ مناسباً للعلم .

الحقيقة أنه فى غضون القرن التاسع عشر ، علت أصوات قليلة تنتقد التعريف الكلاسيكى . ولكن فى القرن العشرين ، وحوالى عام ١٩٢٠ ، وجه كل من ريتشارد فون ميزس Richard Von Mises ، وهانز ريشنباخ Hans Reichenbach ، انتقادات عنيفة للأطروحة الكلاسيكية . فقد قال ميزس أن " تساوى الإمكان " لا يمكن فهمه إلا بمعنى " تساوى الاحتمال " ، فإذا كان هذا هو معناه ، نكون قد وقعنا حقاً فى دائرة فاسدة . ويؤكد ميزس على أن الكلاسيكية التقليدية إنما توقعنا فى الدور ، ولذلك فهى لا يمكن أن تفيد .

التأمين تعرف نسبة احتمال أن يعيش رجل فى الأربعين من عمره ، فى الولايات المتحدة ، وليس مصاباً بأمراض خطيرة ، أنه سوف يعيش فى نفس التاريخ من العام التالى . ينبغى عليهم أن يكونوا قادرين على حساب احتمالات هذا النوع ، لأنهم بهذا يكونون قادرين على وضع القاعدة التى تقرر الشركة على أساسها فئاتها .

سأل ميزس : ما هى الحالات المتساوية الإمكان بالنسبة إلى هذا الرجل ؟ ويضرب المثال التالى : يطلب السيد سميث Smith تأميناً للحياة ، ترسله الشركة إلى طبيب ، يقرر الطبيب أن سميثاً خال من الأمراض الخطيرة . وتبين شهادة ميلاده أن عمره أربعون عاماً . ترجع الشركة إلى إحصائيات وفياتها . وعلى أساس احتمال حياة الرجل المتوقعة ، تقدم له شهادة تأمين على

وعلى الجانب الآخر ، أكد كل من ميزس وريشنباخ أن ما نعنيه حقاً بالاحتمال ليس هو عدد الحالات ، وإنما هو قياس لعلاقة تكرارية نسبية . أما العلاقة " التكرارية المطلقة " ، فإننا نعنى بها العدد الكلى للموضوعات أو الحدوث ، مثل عدد الناس الذين توفوا فى لوس أنجيلوس العام الماضى من مرض التدرن . ولكننا نعنى " بالتكرار النسبى " ، نسبة هذا العدد إلى فئة

أوسع قمنا بفحصها وهى العدد الكلى لسكان لوس أنجيلوس . قال ميزس مثلاً ، إنه يمكننا الكلام عن ظهور وجه معين من رمية زهر ، ليس فقط فى حالة زهر جيد ، حيث تكون النسبة ٦/١ ، وإنما أيضاً فى حالات كل نماذج الزهر . افترض أن شخصاً ما يؤكد أن نسبة احتمال ظهور الواحد فى الزهر الذى يحمله ليس ٦/١ لكنه أقل من ٦/١ . ويقول شخص آخر أعتقد أن احتمال ظهور الواحد أكثر من ٦/١ . أشار ميزس إلى أنه لكى نعلم أن الرجلين معتدلان فى تأكيداتهما المتباينة ، يجب أن ننظر إلى الطريقة التى بها أسسا حكميهما . ولا يتسنى ذلك إلا بإجراء اختبار امبيريقى . سوف يلقيان بزهرة النرد عددا من المرات ، ويسجلان عدد الرميات وعدد الآسات التى تظهر . كم من المرات سيلقيان بالزهر ؟ افترض أنهما ألقيا به ١٠٠ رمية ، ووجد أن الآس ظهر ١٥ مرة . وهذا يقل قليلاً عن ٦/١ الـ ١٠٠ ، ألن يثبت هذا أن الرجل الأول على حق ؟ " كلا " . يمكن أن يعترض الرجل الآخر بقوله " أننى ما زلت على اعتقادى أن الاحتمال أكبر من ٦/١ . فمائة رمية غير كافية لاعتماد الاختبار " وربما يستمر الرجل فى قذف الزهر حتى يصل عدد الرميات إلى ٦ آلاف رمية ، فإذا ظهر الآس أقل من ألف مرة ، سيقر الرجل الآخر بقوله ، " إنك على حق ، إنها أقل من ٦/١ " .. ولكن لماذا توقف الرجل عند الرقم ٦ آلاف ؟ إذا كانت الرميات بعد الـ ٦ آلاف ، فإن عدد الاسات يقترب من الألف ، وعلى هذا الأساس ، فإنهما ينظران إلى المسألة باعتبار أنها لم تحل ، فإن أى احراف بسيط يمكن أن يؤدى إلى المصادفة ، أكثر مما يحدث فى الانحراف فى الاتجاه المضاد ولإجراء اختبار أكثر إحكاماً ، فإن الرجلين سيقرران المضى فى الرمى إلى ٦٠ ألف رمية . وبوضوح ، ليس هناك حد نهائى لعدد الرميات . لأن عدد الرميات مهما كان كبيراً ، ففى اللحظة التى يتوقف عندها الرجلان ، سوف يؤكدان بشكل حاسم على أن احتمال ظهور العدد آس هو ٦/١ أو أقل من ٦/١ أو أكثر من ٦/١ .

وحيث أنه لا يوجد عدد نهائى للاختبارات ، يكون كافياً ليضفى نوعاً من الحتم أو التأكيد على الاحتمال ، فكيف يمكن إذن أن نعرف الاحتمال طبقاً لحدود تكرارية ؟ يؤكد ميزس ، وريشنباخ على أنه يمكن تعريفه ، ليس كعلاقة تكرارية فى سلسلة نهائية ، ولكن كحد من علاقة تكرارية فى سلسلة لا نهائية (وكان هذا التعريف ، هو الذى ميز وجهة نظر كل من ميزس وريشنباخ ، من وجهة نظر ر. أ. فيشر R.A. Fisher فى إنجلترا ، ورجال إحصاء آخرين ، انتقدوا أيضاً النظرية الكلاسيكية ، وأدخلوا المفهوم التكرارى للاحتمال ليس عن طريق التعريف ، وإنما باعتباره حداً أوليا فى نظام بديهى) . وبالطبع كان ميزس وريشنباخ يعلمان جيداً أنه لا يمكن أبداً أن يكون فى متناول ملاحظ سلسلة لا نهائية كاملة من الملاحظـــات

المتاحة . ولكننى اعتقد أن انتقاداتهما خاطئة ، وذلك عندما قالا أن التعريف الجديد للاحتمال ليست له تطبيقات . ولقد أشار كل من ريشنباخ وميزس إلى أنه يمكن تطوير عدد من المبرهنات على أساس تعريفهما ، وبمساعدة هذه المبرهنات ، نستطيع أن نقول شيئا ما ذا مغزى . ولا نستطيع أن نقول ما هو الاحتمال المرجح . ففى مثال الزهر نستطيع أن نقول أن احتمال ظهور الآس أكبر بقليل جداً من ٦/١ . وربما يمكن حساب " قيمة هذا الاحتمال . فالوقائع التى تحدد المفهوم تستخدم فى التعريف ، كما أن الاستنتاج يقوم على سلسلة لا نهائية بالتأكيد ، ويسبب تعقيدات وصعوبات لكل من المنطقى والذى يقوم بالاختبار العملى . فهما ، مع ذلك لا يضعان تعريفاً بلا معنى ، كما تؤكد بعض الانتقادات .

ولقد وافق ريشنباخ على وجهة النظر التى تقول أن مفهوم الاحتمال يقوم على تكرار نسبى فى سلسلة لا نهائية ، وأنه المفهوم الوحيد للاحتمال المقبول فى العلم . أما التعرف الكلاسيكى فهو مشتق من مبدأ عدم الاكتراث ، وهو غير مناسب للعلم . وليس ثمة تعريف حديث آخر سوى ذلك التعريف الذي قام بصياغته كل من ميزس وريشنباخ ، ووجد أنه أرقى مـن التعريـف القديم . ولكن برزت مرة أخرى المسألة المزعجة ، وأعنى بها ، الحالات الفردية ، لا شك أن التعريف الحديث مناسب جداً للظواهر الاحصائية ، ولكن كيف يمكن أن ينطبق على حالة فردية ؟ يعلن عالم الأرصاد الجوية أن احتمال سقوط المطر غدا نسبته ٣/٢ . و " غداً " هذا يشير إلى يوم بعينه وليس إلى غيره ، مثل وفاة شخص مؤمن عليه بتأمين على الحياة ، فهو حالة فردية ، حدث لا يتكرر ، ومع ذلك نريد أن ندخله فى الاحتمال . كيف يتسنى لنا فعل ذلك وفقاً للتعريف التكرارى ؟

قنع ميزس بأن ذلك لا يمكن فعله ، واكتفى بأن استبعد الحالات الفردية من القضايا الاحتمالية . أما ريشنباخ فقد كان على بينة من أنه ـ فى العلم ، وفى الحياة اليومية ـ لا مناص من صياغة قضايا احتمالية ـ لحالات فردية . ومن ثم ، لا بد ـ فى رأيه ـ أن نعثر على تفسير مقبول لمثل هذه القضايا . ومن السهل أن نعثر على ضالتنا المنشودة فى مجال التنبؤ بالطقس . فإذا أتيح لعالم أرصاد جوية الاطلاع على عدد كبير من التقارير التى تتحدث عن حالة الطقس فى الماضى . فإن ذلك يزوده بمعلومات عن حالة الطقس اليوم . وتبين له أن طقس اليوم ينتمى إلى فئة معينة ، وأنه فى الماضى ، عندما حدث طقس هذه الفئة ، فإن التكرار النسبى لسقوط المطر فى اليوم التالى كان ٣/٢ . ومن ثم نجد أن عالم الأرصاد الجوية ـ طبقاً لريشنباخ ـ يقوم بعمل " ترجيح " " posit " ، وذلك لأنه يفترض أن التكرار لـ ٣/٢ ، يقوم على سلسلة

نهائية من الملاحظات ، ولكنها سلسلة طويلة نسبياً ، وهى أيضاً حد من سلسلة لا نهائية . وبكلمات أخرى ، نراه يقدر الحد بالمقدار التقريبى ٢/٣ . وبالتالى نجده يتسوغ القضية : " احتمال سقوط المطر غداً ٢/٣ " .

ويؤكد ريشنباخ على أن عبارة عالم الأرصاد الجوية موجزة . أما إذا أراد توسيعها لتعطى معنى كاملاً فإنه يقرر : " بناء على ملاحظاتنا الماضية ، فإن حالة الطقس اليوم تهيىء سقوط المطر فى اليوم التالى بنسبة تكرارية تساوى ٢/٣ " . وتبدو القضية المختزلة كما لو أنها تطبق الاحتمال على حالة فردية ، ولكن ذلك يرجع فقط إلى طريقة الحديث . وحقيقة أن العبارة تشير

بالطبع ، على أن ذلك يمكن أن يتحقق فى حالات خاصة ، مثل رمى زهر ، الذى ينطبق عليه مبدأ عدم الاكتراث . فالزهر متناسق الأجزاء ، وجوهه متشابهة ، وليس هناك ما يدعونا إلى الشك فى أنه مشحون بشىء ما ، وهكذا . ونفس الشىء ينطبق على ألعاب الصدفة الأخرى ، التى تنظم بعناية لاحداث تماثل فيزيائى ، أو على الأقل ، تماثل من جهة معارفنا ، وجهلنا . فعجلات الروليت مصنوعة بحيث تكون قطاعاتها الدائرية متساوية . فالعجلة موزونة بعناية لتمنع أى إنحراف يمكن أن يسبب توقف الكرة على عدد دون آخر . وإذا ضرب شخص ما عملة معدنية بأظفره فلن يكون هناك ما يدعونا إلى توقع ظهور وجه دون آخر .

وقال كينز ، أنه فى الحالات المحددة التى من هذا النوع ، يحق لنا أن نطبق التعريف

الفصل الثالث

الاستقراء والاحتمال المنطقي

فلا مبرر لتطبيق هذا المبدأ . ويقرر كينز أنه لا ينبغي علينا ، في مثل هذه الحالات أن نستخدم قيماً عددية . كان موقفه حذرا متشككاً ، ولم يرد أن يذهب أبعد من ذلك ، ومن ثم نراه لم يتوسع في الجزء العددي من نظريته . وحتى في المواقف المتعددة التي لا نتردد في اعتبارها شكلا من أشكال الرهان الذي يمكن أن ينتظم قيماً عددية ، نجد كينز يحذرنا من هذه التجربة .

والشكل الثاني الهام في نشأة الاحتمال المنطقي الحديث كان على يد هارولد جيفرز Harold Jeffreys الجغرافي الطبيعي الإنجليزي . نشرت جامعة اكسفورد عام ١٩٣٩ نظريته في الاحتمال لأول مرة ، وفيها يدافع عن تصور قريب جداً من تصور كينز . عندما نشر كينز كتابه (الذي ظهر عام ١٩٢١ ومن المحتمل أن يكون كتبه عام ١٩٢٠) ظهرت أيضاً الطبعات الأولى لنظريات ميزس وريشنباخ في الاحتمال . ومن الواضح أن كينز لم يطلع عليها . وعلى الرغم من أنه انتقد النظريات التكرارية إلا أنه لم يناقشها بالتفصيل . وفي هذا الوقت كتب جيفرز كتابه ، وهو الوقت الذي بلغ فيه التفسير التكراري أوجه ، لذا نجد الكتاب يتناول بالشرح هذه القضية .

قرر جيفرز بوضوح أن النظرية التكرارية خاطئة بشكل كامل ، وأكد وجهة نظر كينز التي يقرر فيها الابتعاد عن النظرية التكرارية والأخذ بالعلاقة المنطقية . وكان بذلك أكثر جرأة من كينز الحذر . اعتقد أن القيم العددية يمكن تحديدها احتمالياً في عدد ضخم من المواقف ، وبصفة خاصة في كل المواقف التي يطبقها الإحصاء الرياضي . وأراد أن يتعامل مع نفس المشكلات التي اهتم بها ر. أ. فيشر وغيره من الاحصائيين . ولكنه أراد التعامل معها من منطلق تصور مختلف للاحتمال لأنه استخدم مبدأ عدم الاكتراث . وإنني اعتقد أن بعضاً من نتائجه فتحت عليه نفس الاعتراضات التي سبق أن واجهت النظرية الكلاسيكية . وعلى أية حال ، من

الكلاسيكى للاحتمال . واتفق مع نقاد مبدأ عدم الاكتراث ، ذلك المبدأ الذى استخدم بمعنى واسع جداً فى الفترة الكلاسيكية ، والذى كان من الخطأ تطبيقه على مواقف متعددة ، كالتنبؤ بأن الشمس سوف تشرق غداً . ويذهب إلى أن مبدأ عدم الاكتراث مناسب فقط لألعاب الصدفة وبعض المواقف الأخرى البسيطة التى يمكن أن نعطى لها قيمة احتماليه عددية . أما فى معظم الحالات ، فليس لدينا الوسيلة التى بها نصل إلى تعريف الحالات المتساوية الإمكان ، ولذلك فلا مبرر لتطبيق هذا المبدأ . ويقرر كينز أنه لا ينبغى علينا ، فى مثل هذه الحالات أن نستخدم قيماً عددية . كان موقفه حذرا متشككاً ، ولم يرد أن يذهب أبعد من ذلك ، ومن ثم نراه لم يتوسع فى الجزء العددى من نظريته . وحتى فى المواقف المتعددة التى لا نتردد فى اعتبارها شكلا من أشكال الرهان الذى يمكن أن ينتظم قيماً عددية ، نجد كينز يحذرنا من هذه التجربة .

والشكل الثانى الهام فى نشأة الاحتمال المنطقى الحديث كان على يد هارولد جيفرز Harold Jeffreys الجغرافى الطبيعى الإنجليزى . نشرت جامعة اكسفورد عام ١٩٣٩ نظريته فى الاحتمال لأول مرة ، وفيها يدافع عن تصور قريب جداً من تصور كينز . عندما نشر كينز كتابه (الذى ظهر عام ١٩٢١ ومن المحتمل أن يكون كتبه عام ١٩٢٠) ظهرت أيضاً الطبعات الأولى لنظريات ميزس وريشنباخ فى الاحتمال . ومن الواضح أن كينز لم يطلع عليها . وعلى الرغم من أنه انتقد النظريات التكرارية إلا أنه لم يناقشها بالتفصيل . وفى هذا الوقت كتب جيفرز كتابه ، وهو الوقت الذى بلغ فيه التفسير التكرارى أوجه ، لذا نجد الكتاب يتناول بالشرح هذه القضية .

قرر جيفرز بوضوح أن النظرية التكرارية خاطئة بشكل كامل ، وأكد وجهة نظر كينز التى يقرر فيها الابتعاد عن النظرية التكرارية والأخذ بالعلاقة المنطقية . وكان بذلك أكثر جرأة من كينز الحذر . اعتقد أن القيم العددية يمكن تحديدها احتمالياً فى عدد ضخم من المواقف ، وبصفة خاصة فى كل المواقف التى يطبقها الإحصاء الرياضى . وأراد أن يتعامل مع نفس المشكلات التى اهتم بها ر. أ. فيشر وغيره من الاحصائيين . ولكنه أراد التعامل معها من منطلق تصور مختلف للاحتمال لأنه استخدم مبدأ عدم الاكتراث . وإننى اعتقد أن بعضاً من نتائجه فتحت عليه نفس الاعتراضات التى سبق أن واجهت النظرية الكلاسيكية . وعلى أية حال ، من الصعوبة أن نجد قضايا معينة فى كتابه يمكن أن تتعرض للنقد . فبديهياته موضوعية الواحدة بعد الأخرى ، وهى مقبولة . ولكن عندما يحاول أن يشتق مبرهنات من مسلمة معينة فهو ، فى رأيى ، يضل .

المسلمة التى يذكرها جيفرز على النحو التالى : " نحدد العدد الأكبر فى المعطيات المتاحة للقضية التى يكون احتمالها أكبر (ولذلك فالأعداد المساوية للقضايا المحتملة بالمثل " . يقرر الجزء داخل الأقواس بوضوح أنه إذا كانت ن ، هـ متساويتين فى درجة الاحتمال طبقاً لقاعدة البينه on the basis of evidence " و " " ، إذن فالأعداد المتساوية تحدد القيمة الاحتمالية لـ ن ، هـ على أساس برهان " و " . لا تخبرنا القضية بشىء عن الحالات الىي نلاحظ بها ن ، هـ متساوية فى الاحتمال مع و . ولم يذكر جيفرز فى أى مكان من كتابه قضية تشير إلى تلك الحالات . وأخيراً ، لكى يقيم مبرهنات للقوانين العلمية ، نراه يشرح هذه المسلمة بطريقة غاية فى العجب . إذ كتب يقول : " إذا لم يكن هناك ما يدعونا إلى الاعتقاد فى ظاهرة أكثر من أخرى ، إذن فلا بد أن تكون الاحتمالات متساوية " . وبكلمات أخرى . إذا لم نحز على شواهد مرضية لاعتبار نظرية ما صادقة أو كاذبة ، إذن علينا أن نحسب احتمال صدق هذه النظرية بنسبة ١/٢ .

أيكون هذا استخداماً شرعياً لمبدأ عدم التمايز ؟ فى رأيى ، هذا الاستخدام تم القضاء عليه نهائياً من قبل منتقدى النظرية الكلاسيكية . فإذا كان ولا بد من استخدام مبدأ عدم التمايز ، فيجب توافر شىء من التماثل فى الموقف ، مثل تساوى أوجه الزهر ، أو تساوى القطاعات الدائرية لعجلة الروليت ، ذلك الأمر الذى يمكننا من القول أن هناك حالات معينة متساوية الاحتمال . وفى غياب مثل هذه التماثلات فى الموضوعات الفيزيائية أو المنطقية لموقف ما ، فلا يسوغ لنا على الإطلاق أن نفترض احتمالات متساوية ، لأننا لا نعرف أى شىء عن العلاقة التقديرية للظواهر المتناظرة .

ونوضح هذا بتوضيح بسيط . طبقاً لتوضيح جيفرز لبديهيته ، يمكننا أن نفترض احتمال وجود كائنات حية على كوكب المريخ بنسبة ١/٢ ، لأننا لا نملك الدليل الكافى على نفى اعتقادنا هذا . وبنفس الطريقة يمكننا أن نفترض وجود الحيوانات بنسبة ١/٢ ، ووجود كائنات إنسانية بنسبة ١/٢ على كوكب المريخ . كل تأكيد ، يصدق فى حد ذاته ، وهو تأكيد على أننا لا نملك الدليل القاطع باتباع أحدهما دون الأخر . لكن هذه التأكيدات يرتبط كل منها بالآخر من جهة عدم إمكان الحصول على نفس القيم الاحتمالية . فالتأكيد الثانى يكون أقل احتمالاً من الأول . وتنعقد نفس العلاقة بين الثالث والثانى .

ولقد تعرض كتاب جيفرز للانتقاد بعنف من قبل الاحصائيين الرياضيين ، وإننى أتفق مع

انتقاداتهم فى مواضع قليلة نجد فيها جيفرز يطور مبرهنات لا يمكن اشتقاقها من بديهياته . ومن جهة أخرى ، يمكننى القول أن كلا من كينز وجيفرز قد مهد الطريق الذى أدى فى النهاية إلى الاتجاه الصحيح .

ونظريتى فى الاحتمال تسير فى نفس هذا الاتجاه ، فإننى أشاطرهم الرأى فى أن الاحتمال المنطقى علاقة منطقية . فإذا كنت تصوغ قضية تقرر أنه بالنسبة لغرض ما ، يكون الاحتمال المنطقى فيه ٧ ، طبقاً لبنية ما ، إذن فالقضية الكلية ، قضية تحليلية . ومعنى هذا أن القضية تنتج من تعريف الاحتمال المنطقى (أو من بديهيات نسق منطقى) دون الرجوع لأى شىء من خارج النسق المنطقى ، وبمعنى آخر ، دون الإشارة إلى بناء العالم الخارجى .

وفى تصورى ، أن الاحتمال المنطقى هو علاقة منطقية تشبه إلى حد ما علاقة تضمـن منطقى . فإذا كانت البينة تشير بقوة إلى أن الغرض نتج منطقياً منها ، فهو متضمن منطقياً منها ـ إننا فى حاجة إلى حالة واحدة قصوى يكون الاحتمال فيها بنسبة واحد (والاحتمال واحد يحدث أيضاً فى حالات أخرى ، ولكن هذه حالة خصوصية عارضة) . وبالمثل إذا كان هناك نفى لغرض متضمن منطقياً عن طريق البينة ، يكون الاحتمال المنطقى للغرض فيه صفر . ويوجد بينهما استمرارية للحالات بحيث لا يخبرنا المنطق الاستقرائى بأى شىء خلف التأكيد المنفى بحيث لا يستنبط الغرض ولا نفيه من البينة . ينبغى أن يضطلع المنطق الاستقرائى مثله فى ذلك مثل المنطق الاستنباطى يتعلق فقط بالقضايا المتضمنة ، ولا يتعلق بحقائق الطبيعة . فعن طريق التحليل المنطقى لغرض معين " ف " وبينة معينة " ب " ، فإننا نستنتج أن " ف " ليس متضمناً منطقياً ، ولكنه ، هكذا نقول ، متضمناً جزئياً ، وإلى درجة كبيرة فى " ب " .

عند هذه النقطة ، بررنا ، من وجهة نظرنا ، تحديد القيمة العددية للاحتمال وإذا أمكن ، فإننا نرغب فى بناء نسق للمنطق الاستقرائى يتكون من زوجين من القضايا . تؤكد الأولـى البينة ب و وتشير الأخرى للغرض ف ، فنتمكن من تحديد عدد للاحتمال المنطقـى ف من جهة ب . (إننا لا نفترض الحالة الجزئية التى تكون فيها القضية ف متناقضة . ففى مثل هذه الحالات لا نستطيع تحديد قيمة احتمالية (ف) . لقد نجحت فى تطوير تعريفات ممكنة لمثل هذه الاحتمالات بالنسبة للغات بسيطة جداً تشتمل على رتبة واحدة فقط من التنبؤات . والعمل يتقدم الآن لتوسيع النظرية بحيث تشمل أكثر اللغات شمولاً . وبالطبع إذا كان المنطق الاستقرائى كله ، الذى أحاول تشييده على أساس هذه القاعدة له قيمة حقيقية للعلم ، فهو فى النهاية

سيكون قادراً على تكوين لغة ذات طابع كمي ، كتلك التى نجدها فى الفيزياء ، والتى فيها لا تكون هناك رتبة واحدة فقط للتنبؤات ، وإنما يكون لها مقادير عددية مثل الكتلة ، ودرجة الحرارة ، وهكذا . اعتقد أن هذا ممكن وأن المبادىء الأساسية المشتملة عليها هى نفس المبادىء التى أرشدتنا إلى العمل فى تشييد المنطق الاستقرائى بالنسبة للغة بسيطة ذات رتبة واحدة للتنبؤات .

وعندما أقول ، أننى اعتقد أنه من الممكن أن نطبق المنطق الاستقرائى على لغة العلم ، فإننى لا أعنى بذلك أنه بإمكاننا أن نصوغ مجموعة من القواعد نقررها مرة واحدة وإلى الأبد . ، وأن ذلك سوف يؤدى ، بشكل آلى ، وفى أى مجال ، إلى المضى من الحقائق إلى النظريات . إذ من المشكوك فيه ، مثلاً ، أن نقوم بصياغة قواعد تمكن العالم الفيزيائى من معاينة مائة ألف قضية تقرر أشياء مختلفة يمكن ملاحظتها ، وعندئذ ، يتمكن من وضع نظرية عامة (نسق من القوانين) يفسر بها هذه الظواهر الملاحظة ، عن طريق التطبيق الآلى لتلك القواعد . هذا مستحيل بالطبع ، لأن النظريات وبصفة خاصة الأكثر تجريداً منها والتى تتعامل مع أشياء غير مرصودة مثل الجسيمات أو المجالات الكهرومغناطيسية ، تستخدم إطاراً تصورياً يمضى بعيداً وراء الإطار المستخدم لوصف المادة الملاحظة ، ولا يستطيع المرء ببساطة أن يتبع إجراء آلياً معتمداً على قواعد مقررة ليستخرج منها نسقاً جديداً من المفاهيم النظرية ، وبمساعدة هذه المفاهيم يتوصل إلى نظرية . إن ذلك يتطلب براعة خلاقة . ويتم التعبير عن هذه النقطة فى بعض الأحيان بالقول إنه لا يمكن أن يكون هناك استقراء آلى ـ آلة حاسبة نضع فيها كل القضايا الملاحظة المناسبة ، ونحصل ، كناتج لذلك ، على نسق مرتب من القوانين التى تفسر الظواهر الملاحظة .

إذن فإننى أوافق على وجهة النظر التى تقول إنه لا يمكن وجود استقراء آلى وخاصة إذا كان هدف الآلية هو اختراع نظريات جديدة . ولكننى أعتقد ، مع ذلك ، إمكانية وجود مثل هذا الاستقراء الآلى ، ولكن بالنسبة لهدف أكثر تواضعاً من ذلك . هناك ملاحظات معينة متاحة ولتكن م ، وفرض علمى وليكن ف (وليكن فى صورة تنبؤ أو حتى مجموعة من القوانين) . إذن ، فإننى اعتقد أنه فى حالات كثيرة ، يمكن أن نحدد ، بإجراءات آلية (ميكانيكية) الاحتمال المنطقى ، أو درجة التأييد لـ ف على أساس م . أننى استخدم أيضاً المصطلح : الاحتمال الاستقرائى " لهذا المفهوم من الاحتمال ، لأننى مقتنع أن هذا هو المفهوم الأساسى الذى يشتمل على كل تحليل استقرائى ، وأن المهمة الرئيسية للتحليل الاستقرائي إنما هى تقييم

هذا الاحتمال .-

وإذا ألقينا بنظرة متفحصة على الموقف الحالى فى نظرية الاحتمال ، لوجدنا أن هناك خلافاً بين المدافعين عن النظرية التكرارية ، والقائلين بأن الاحتمال منطقى مثلى وكينز ، وجيفرز . كما أننا نجد أيضاً خلافاً بين موقفى وموقف كل من كينز وجيفرز . فهما يعترضان على المفهوم التكرارى للاحتمال ، ونحن لا نعترض . فأنا اعتبر المفهوم التكرارى ، ويسمى أيضاً الاحتمال الاحصائى ، مفهوماً علمياً جيداً ، لأنه يقوم على تعريف بسيط ، كما فى نسق ميزس

ومع تطور العلم ، تزداد أهمية هذا النوع من القضايا الاحتمالية ، ليس فقط بالنسبة للعلوم الاجتماعية ، وإنما أيضاً بالنسبة للفيزياء الحديثة . فلم يعد الاحتمال الاحصائى ضرورياً فى المجالات التى نجهلها فحسب ، (كما هو الحال فى العلوم الاجتماعية أو عندما يحسب عالم فيزيائى مسار جزىء فى سائل) ، وإنما يدخل أيضاً باعتباره عاملاً ضرورياً فى المبادىء الأساسية لنظرية الكم . وعليه فقد بات من الضروى بالنسبة للعلم أن يستعين بنظريـــسات

الاحتمال . ولقد قام بتطوير هذه النظريات جماعة من الاحصائيين ، كما عنى بتطويرها أيضاً ـ ولكن بطريقة مختلفة ـ كل من ميزس وريشنباخ .

ومن ناحية أخرى ، نشعر أننا فى حاجة أيضاً إلى مفهوم الاحتمال المنطقى ، لأنه مفيد ، وبصفة خاصة فى القضايا ما وراء العلمية metascientific ، وهى تلك القضايا التى تدور حول العالم . زبادر عالم بقولى : " أنك تخبرنى أنه يمكننى أن أعتمد على هذا القانون لإجراء تنبؤ معين ، فكيف تأسس هذا القانون بشكل ملائم ؟ وكيف أثق فى التنبؤ ؟ قد يكون فى مقدور عالم اليوم ، أو قد لا يكون فى مقدوره أن يجب على هذا السؤال ماوراء العلمى فى حدود كمية . ولكننى اعتقد أن المنطق الاستقرائى قد تقدم بشكل مرضى . ففى مقدوره الإجابه بأن " هذا الفرض مثبت بدرجة ٨ ، بناء على قاعدة البينة النافعة avaiable evidence " . إن العالم الذى يدلى بإجابة بهذه الطريقة إنما هو يقرر قضية بشأن علاقة منطقية بين البينة والغرض العلمى بهذا الخصوص . ونوع الاحتمال الذى استخدمه هنا ، احتمال منطقى ، وهو ما أدعوه أيضاً " بدرجة الاثبات " ، قضيته هذه التى يقرر فيها أن قيمة هذا الاحتمال ٨ ، وفى هذا السياق ، ليست قضية تركيبية (أمبيريقية) ، وإنما هى قضية تحليلية . وهى تحليلية لأننا لسنا فى حاجة إلى بحث امبيريقى . فهى تعبر عن علاقة منطقية بين جملة تذكر البينة ، وجملة تذكر الفرض العلمى .

لاحظ أنه ، فى حالة صياغة قضية تحليلية ، من الضرورى أن نعين البينة بوضوح ، إذ لا ينبغى أن يقول العالم : " أن لهذا الفرض ، احتمالاً بنسبة ٨ " . ولكن عليه أن يضيف " من جهة البينة كيت وكيت " وإذا لم يضف هذا . فإن قضيته هذه تؤخذ باعتبارها قضية احتمال احصائى . فإذا كانت نيته متجهة إلى اعتبارها قضية احتمال منطقى ، إذن فهى قضية تقديرية ، افتقرت إلى مركب هام ، ففى نظرية اكم ، مثلاً ، يصعب علينا أن نعرف إذا ما كان العالم يقصد الاحتمال الاحصائى أم الاحتمال المنطقى . فالعلماء عادة لا يضعون خطاً فاصلاً بينهما . إذ نراهم يتكلمون عن تصور واحد فقط للاحتمال يأخذون به فى عملهم . وربما يقولون " نوع الاحتمال الذى نعنيه ، هو الذى يحقق لنظرية الاحتمال ، يتم تحقيقها بكلا المفهومين . ومن ثم نجد أن هذه الملاحظة ، لم توضح مسألة نموذج الاحتمال الذى يعنونه بدقة . وهذا اللبس نجده أيضاً فى قضايا لابلاس ، وآخرين ممن قاموا بتطوير المفهوم الكلاسيكى للاحتمال . إذ لم يتسنى لهم معرفة ـ كما نعرف اليوم ـ الاختلاف بين الاحتمال المنطقى والاحتمال التكرارى . ولهذا السبب لم يكن فى مقدورنا أن نقرر أى المفهومين كانوا يعنون . ومع هذا فإننى مقتنع

أنهم كانوا يعنون ـ فى الغالب ، وليس دائماً ـ المفهوم المنطقى ، وفى رأيى ، لم يتم ميزس والتكراريون الآخرون بتصحيح الانتقادات المحددة التى كالوها للمدرسة الكلاسيكية ، إذ نجد ميزس يعتقد أنه ليس ثمة مفهوم علمى آخر للاحتمال سوى المفهوم التكرارى . وعليه فقد افترض أن الكتاب الكلاسيكيين لم يقصدوا بالاحتمال أى شىء آخر سوى الاحتمال الاحصائى . وبالطبع لم يكن فى مقدورهم أن يعلنوا بوضوح وجلاء أنهم يقصدون العلاقة التكرارية فى سلسلة طويلة ، ولكن هذا هو بالضبط ـ طبقاً لما يذهب إليه ميزس ـ ما كانوا يرمون بصياغة قضايا معينة عن احتمال قبلى a priori إنما كانوا يتحدثو،ن فى الحقيقة عن الاحتمال المنطقى ، لأنه تحليلى ، والتحليلى عندهم كان معروفاً بأنه قبلى . ولا أنظر إلى هذه القضايا ـ كما فعل ميزس وريشنباخ ـ بوصفها انتهاكات للمذهب الامبيريقى " empiricism " .

ويجدر بى أن أذكر كلمة تحذير ، وهى أننى بعد أن عبرت عن وجهة نظرى فى كتابى الذى يتناول الاحتمال ، أشار عدد من الزملاء ـ وبعضهم أصدقاء لى ـ إلى اقتباسات معينة لمؤلفين كلاسيكيين ، وقالوا أن الاحتمال المنطقى لا يمكن أن يكون هو نفسه الذى كان فى ذهن هؤلاء المؤلفين . وأننى لأتفق مع هذا الرأى لأن الكتاب الكلاسيكيين لم يقصدوا بها الاحتمال التكرارى ، ومع ذلك ، فإننى مقتنع أن مفهومهم الأساسى كان الاحتمال المنطقى . واعتقد أن هذا متضمن حتى فى عنوان أول كتاب منهجى فى هذا المجال ، وأعنى به كتاب جاكوب بيرنوى Ars conjectandi الذى هو فن التخمين . ولم تكن نظرية ميزس فى الاحتمال فن التخمين ، بل كانت بديهية مصاغة بشكل رياضى لظواهر الكتلة ولم يكن هناك شىء يتطلب تخمينا . ولكن ما قصده بيرنوى كان شيئاً مختلفاً تماماً لأنه قال عند مشاهدتنا لحوادث معينة كتلك التى نشاهدها عند سقوط زهر ، فاننا نخمن الطريقة ...

لأنه تحليلى ، والتحليلى عندهم كان معروفاً بأنه قبلى . ولا أنظر إلى هذه القضايا ـ كما فعل ميزس وريشنباخ ـ بوصفها انتهاكات للمذهب الامبيريقى " empiricism " .

القانون الاحصائى (أ) بوصفه مقدمة أولى ، تقرر أن التكرار النسبى (ت س) للقضية ك من جهة القضية ق تساوى ٨ر٠ ، وتقرر المقدمة الثانية (٢) أن الحادث الفردى المعين أ له الخاصية ق . وتؤكد القضية (٣) على أن لـ أ الخاصية ك . وتعد القضية الثالثة ق أ بمثابة فرضية نرغب فى افتراضها على أساس المقدمتين .

وصورتها الرمزية على هذا النحو :

(أ) ت س (ك ، ق) = ٨ر٠

(٢) ق أ

(٣) ك أ

ماذا نقول عن العلاقة المنطقية (٣) بالنسبة إلى (أ) و (٢) ؟ فى الحالة السابقة ـ حالة القانون الكلى ـ استطعنا أن نصوغ القضية المنطقية التالية :

(٤) القضية (٣) متضمنة منطقياً فى (١) و (٢)

ولا يمكننا أن نصوغ مثل هذه القضية بالنسبة إلى المنهج المفترض عاليه ، لأن المقدمة الجديدة (أ) أضعف من المقدمة السابقة (١) ، فهى تذكر تكراراً نسبياً وليس قانوناً كلياً . ومع ذلك يمكننا أن نصوغ القضية التالية ، التى تؤكد أيضاً على علاقة منطقية ، ولكن فى حدود الاحتمال المنطقى أو درجة التأييد وليس فى حدود التضمن :

(٤َ) القضية (٣) على أساس (أ) و (٢) ، الاحتمال فيها بنسبة ٨ر٠

لاحظ أن هذه القضية ، مثلها فى ذلك مثل القضية (٤) ليست استدلالاً منطقياً من (١) و (٢) . وإنما تنتمى (٤) (٤َ) إلى ما يمكن أن نطلق عليه اسم " ماوراء اللغة " a metalan-guage" " ، وهى قضايا منطقية عن ثلاثة تقديرات : (١) (أو (أ) ، على الترتيب) و (٢) و (٣) .

وضرورى أن نفهم بدقة ما نعنيه بقضية مثل أن " الاحتمال الاحصائى لـ هـ من جهة ن تساوى ٨ر٠ " إذ أن العلماء عندما يصوغون مثل هذه القضايا ، فإنهم يتحدثون عن الاحتمال بالمعنى التكرارى ، ولا يتضح دائما ما يعنونه بدقة من كلمة تكرارى . هل هو تكرارى لـ هـ فى المثال السابق ؟ أم هو اكرارى لـ هـ فى مجموعة من السكان نبحثها ؟ أم هو تقدير estimayte للتكرارى فى مجموعة السكان ؟ لو أن عدد الحالات الملاحظة فى المثال كبيرة جداً ، إذن لما

اختلف بدرجة كبيرة تكرارى هـ فى المثال السابق ، عن تكرار هـ فى مجموعة السكان ، عن تقدير هذا التكرارى . ومع ذلك لابد أن نحتفظ فى ذهننا بالتمييز النظرى المتضمن هنا .

افترض أننا نرغب فى أن نعرف النسبة المئوية لمائة ألف رجل يسكنون مدينة معينة ، يحلقون بآلة حلاقة كهربية . وتقرر للمسألة ألف رجل منهم ، ولتجنب الانحراف فى مثالنا ، يجب أن نختار الألف رجل ممن يعملون فى حقل تكنيكى حديث . افترض أننا حصلنا على نموذج لا ينحرف ، وكان مقداره ٨٠٠ رجل يستخدمون الموسى الكهربى . ومن ثم فإن التكرار النسبى هنا يساوى ٨ر. ولأن ألف رجل ، عدد كبير ومناسب فى مثالنا ، فينبغى أن نحسب الاحتمال الاحصائى لهذه الخاصية فى المجموعة الكلية للسكان ، وهى تساوى هنا ٨ر. والكلام الدقيق أن هذا الحساب ليس مضموناً . فقط قيمة التكرار فى المثال معروفة ، أما قيمة التكرار فى المجموعة فهى غير معروفة . وأفضل ما يمكننا فعله هو تقدير التكرار فى المجموعة . هذا التقدير لا ينبغى أن يكون ملتبساً مع قيمة التكرار فى المثال . وعلى العموم مثل هذا التقديرات يجب أن تنحرف فى اتجاه معين من التكرار النسبى فى المثال .

افترض أن (١َ) معروفة وهى : الاحتمال الاحصائى لـ ك من جهة ق ، وتساوى ٨ر. (كيف يتسنى لنا معرفة أن هذه المسألة ليست فى حاجة إلى البحث . ينبغى أن نجرى اختباراً على المجموع الكلى للسكان الذى هو مائة ألف رجل ، وذلك عن طريق مقابلة كل رجل فى المدينة) . وقضية هذا الاحتمال بالطبع ، قضية امبيريقية . افترض أيضاً أن المقدمة الثانية معروفة : (٢) ق أ . نستطيع الآن أن تصوغ القضية (٤َ) التى تقرر أن الاحتمال المنطقى لـ (٣) ك أ ، من جهة المقدمتين (١َ) ، (٢) يساوى ٨ر. . ومع ذلك إذا كانت المقدمة الأولى ليست احتمالاً احصائياً ، ولكنها قضية تكرار نسبى ، إذن لكان ينبغى علينا أن نضع فى الحسبان حجم المثال . ويمكننا أن نحسب الاحتمال المنطقى ، أو درجة التأييد المعبر عنه فى القضية (٤) ، ولن يكون فى هذه الحالة ٨ر. تماماً ، ولكنه سوف ينحرف عن ذلك (بطريقة سبق لى أن عرضتها فى رسالة صغيرة لى بعنوان " استمرارية المناهج الاستقرائية " " The Continnum of Inductive Methods " (١٩٥٢) ، وقمت فى هذه الرسالة بتطوير عدد من التقنيات لتقدير التكرار النسبى على أساس الأمثلة الملاحظة) .

وعندما يجرى استدلال استقرائى بهذه الوسيلة ، أى من مثال إلى مجموعة من السكان ، أو من مثال واحد إلى مثال مستقبلى غير معلوم ، أو من مثال واحد إلى حالة مستقبلية غير

معلومة ، فإننى أتحدث عنه بوصفه " استدلالا احتماليا غير مباشر " أو " استدلالا استقرائيا غير مباشر " ، وذلك لتمييزه عن الاستدلال الاستقرائى الذى يمضى من مجموعة من السكان إلى مثال أو حالة واحدة . وكما سبق لى القول ، لو أن معرفة الاحتمال الاحصائى الفعلى فى مجموعة السكان ، كان متاحاً فى (١) ، إذن لكان فى مقدورنا أن نقرر فى (٤) نفس القيمة العددية التى قررناها لدرجة التأييد . ومثل هذا الاستدلال لا يكون استنباطاً ، ولكنه يحتل موقعاً متوسطاً من بين الأنواع الأخرى من الاستدلالات الاستقرائية والاستنباطية . أطلق عليه بعض الكتاب اسم " استدلال الاحتمال الاستنباطى " ولكننى أفضل أن أتحدث عنه بوصفه استقرائيا أكثر منه استنباطى . لأنه عندما يكون لدينا احتمال احصائى عن مجموعة من السكان ، ونرغب فى تحديد احتمال عينة منها ، فإن القيم التى نحصل عليها بالمنطق الاستقرائى ، هى نفسها القيم التى يتوصل إليها الاحصائى . ومع ذلك ، إذا أجرينا استدلالاً غير مباشر من عينة واحدة إلى مجموعة من السكان ، أو من عينة إلى حالة واحدة مستقبلية أو

التسدد ، فإنها سوف تعود بسرعة إلى درجة حرارتها الأصلية) . أو ربما نرغب فى أن نحتفظ بتيار كهربائى معين عند معدل ثابت من السريان . ربما يتم ذلك عن طريق الحصول على أميبرمتر (١) فإذا لاحظنا زيادة أو نقصاناً فى التيار ، لأمكننا أن نغير المقاومة ونحتفظ بثبات التيار . بمثل هذه الوسائل وغيرها نستطيع أن نحتفظ بمقادير ثابتة معينة ، ونلاحظ فى الوقت نفسه ما يحدث عندما نغير مقادير أخرى .

الفصل الرابع

المنهج التجريبى

من أهم الملامح التى تميز العلم الحديث ، بالمقارنة بعلم العصور المبكرة ، هو تأكيده ، على ما يمكن أن نطلق عليه اسم " المنهج التجريبى " . وكما رأينا ، تعتمد كل المعرفة الامبيريقية ، بشكل نهائى ، على الملاحظات . غير أن هذه الملاحظات يمكن تحقيقها بوسيلتين مختلفتين كل

تجربة فلكية حقيقية ، وإنما هو أقرب إلى التجربة الفيزيائية التى تتفق إلى حد ما والمعرفة الفلكية .

ولأسباب مختلفة تماماً ، يمتنع علماء الاجتماع عن إجراء تجارب على مجموعات كبيرة من الناس . إذ أنهم عادة ما يجرون تجاربهم على مجموعات صغيرة . فإذا أردنا أن نعلم ما هو رد فعل الناس عندما يصبحون عاجزين عن الحصول على الماء يمكن أن نتخير من بينهم إثنين أو ثلاثة نعطيهم طعاماً لا يحتوى على سائل ، ونلاحظ ردود أفعالهم . ولن يتاح لنا معرفة رد فعل جماعة كبيرة لم تتزود بالماء . إذ ستكون التجربة مثيرة إذا ما أوقفنا مثلاً تزويد مدينة نيويورك بالماء . هل سيصاب الناس بالهوس أم بالبلادة ؟ هل سيحاولون أن ينظموا ثورة ضد حكومة المدينة ؟ بالطبع لا يجرؤ عالم الاجتماع أن يقترح مثل هذه التجربة لأنه يعرف سلفاً أن ... كما أن الناس لن يسمحوا لعلماء الاجتماع بأن يعبثوا باحتياجاتهم

وبقياس الحجم ودرجة الحرارة ، نجد أن الحجم متناسب مع درجة الحرارة . (ويسمى هذا فى بعض الأحيان بقانون شارل ، نسبة إلى العالم الفرنسى جاك شارل Jacques Chares) . وعلينا أن نتوخى الحذر ، فلا نستخدم الفهرنهايت أو المقياس المئوى ، وإنما نستخدم المقياس الذى يكون فيه الصفر " صفراً مطلقاً (٢) أو - ٢٧٣ بالمقياس المئوى . وهذا هو " المقياس المطلق " . أو " مقياس كلفن " الذى أدخله العالم الإنجليزى لورد كلفن فى القرن التاسع عشر . ولم يعد أمامنا الآن إلا خطوة سهلة لمراجعة القانون العام الذى يغطى العوامل الثلاثة معاً مراجعة تجريبية .

والحقيقة أن هذا القانون تم اقتراحه من القانونين اللذين توصلنا إليهما بالفعل ، ولكن للقانون العام مضموناً امبيريقياً أكبر من القانونين المأخوذين معاً . فهذا القانون ينص على أنه إذا ظلت كمية الغاز المحبوس ثابتة لتساوى الضغط والحجم مع درجة الحرارة ث (ض ، ح = د . ث) . و ث فى هذه المعادلة هى الثابت الذى يتغير مع كمية الغاز محل البحث . هذا القانون العام يوضح العلاقة بين المقادير الثلاثة جميعاً ، ولذلك فهو ذو كفاية أكثر أهمية فى القيام بتنبؤات من القانونين الآخرين المشتركين معه . فإذا علمنا قيمة أي مقدارين من المقادير الثلاثة

التجارب الجريئة ، لأنها إذا لم تثبت فى النهاية أن هذه التجارب صائبة فقد تواجه الحكومة بموجة من الاستياء العام تؤثر عليها فى الانتخاب الثانى .

إذن المنهج التجريبى ، يكون مثمراً ، بوجه خاص ، فى المجالات التى يمكن فيها قياس المفاهيم الكمية بدقة . وعلينا أن نتساءل الآن ، كيف يتسنى للعالم أن يقوم بتصميم تجربة ؟ الحقيقة أنه من الصعوبة بمكان أن نصف الطبيعة العامة للتجارب ، لأن هناك العديد من الأنواع المختلفة منها ، ولكن على أية حال يمكننا الإشارة إلى ملامح عامة قليلة منها .

أولاً وقبل كل شيء ، علينا أن نحدد العوامل الموافقة التى تشتمل عليها الظاهرة التى ترغب فى بحثها ، وأن نترك جانباً بعض العوامل الأخرى ـ وليس الكثير منها ـ على اعتبار أنها غير موافقة . ففى تجربة الميكانيكا مثلاً ، تشتمل على عجلات وروافع ، وما إلى ذلك ، ربما نقرر أن نصرف النظر عن عامل الاحتكاك . وعلى الرغم من أننا ندرك أن الاحتكاك داخل ضمن عواملنا ، إلا أننا نرى أن تأثيره ضئيل جداً بحيث إذا أثبتناه لأدى إلى تعقيد التجربة . وبالمثل إذا كانت التجربة على أجسام بطيئة الحركة ، ربما اخترنا أن نهمل مقاومة الهواء . أما إذا تعاملنا مع سرعات عالية جداً ، كقذيفة تتحرك بسرعة أسرع من الصوت ، لما استطعنا أن نهمل مقاومة الهواء . وعلى الجملة ، فإن العالم يهمل تلك العوامل التى يرى أن تأثيرها على تجربته غير ذات أهمية ، كما أنه ، فى بعض الأحيان ، وحرصاً منه على ألا تكون تجربته معقدة للغاية ، ربما يهمل أيضاً عوامل يرى أن تأثيرها قوى .

وبعد البت فى أمر العوامل الموافقة ، نقوم باختراع تجربة نستبقى فيها على بعض هذه العوامل ثابتة ، بينما نسمح للبعض الآخر منها أن يكون متغيراً . افترض أننا نتعامل مع غاز فى إناء ، وأردنا أن نحتفظ بدرجة حرارة الغاز ثابتة على قدر استطاعتنا . فإننا نغمر الإناء فى حوض ماء ، حجمه أكبر بكثير من حجم الإناء (الحرارة النوعية للغاز صغيرة بالمقاومة بالحرارة النوعية للماء ، وحتى إذا اختلفت درجة حرارة الغاز مؤقتاً عن طريق الضغط أو

ساخن ، أو مكعب ، فإننى أكون تقريرات ضعيفة نسبياً عن الموضوع . وحتى نضع الموضوع فى فئة أكثر تحديداً ، فلابد أن تزداد المعلومات الخاصة بهذا الموضوع ، حتى ولو ظلت بسيطة نسبياً . إذ أن التقرير بأن لهذا الموضوع تركيباً عضوياً حياً ، يجعلنا نتنبأ أكثر بكثير مما لو قررنا بأنه ساخن . كما أن التقرير الذى يفيد بأنه " حيوان :" يزيد قليلاً من المعلومات ، وتزداد أكثر إذا أفاد بأنه " فقرى " . وعندما تستمر الفئات فى التضييق ـ ثديى كلب ، كلب صغير كثيف الشعر وهكذا ـ فإننا نضاعف هذه الفئات بكمية من المعلومات ، ومع ذلك تظل قليلة نسبياً . والحقيقة أن المفاهيم التصنيفية تعد من أكثر المفاهيم ألفة لنا ، إذ أن الكلمات الأولى

على أن يكون هدفنا النهائى هو اكتشاف القوانين التى تربط كل هذه المقادير المناسبة ، بشرط ألا تكون مشتملة على عوامل كثيرة ، وإلا أصبح الاختبار معقداً ، كما سبق القول لذلك ينبغى أن نحدد هدفنا منذ البداية فى أقل مستوى من القوانين التى ترتبط ببعض العوامل . فإذا اشتملت التجربة على مقادير ك ، فإن الخطوة الأولى الأبسط ، هى أن نقوم بعمل ترتيب للتجربة ، وعليه فإن المقادير ك ٢ تكون ثابتة .

وينتج عن هذا مقداران م ١ ، م ٢ . وبما أننا أحرار فى أن نغير ، إذن فعلينا أن نغير واحدة منهما ، ونلحظ كيف تسلك الأخرى . ربما تنخفض م ٢ ، بينما تزداد م ١ ، أو ربما تزداد م ١ بينما ترتفع م ٢ أولاً ثم تنخفض بعد ذلك . وعليه فإن قيمة م ٢ تكون دالة لقيمة م ١ . وربما [illegible]

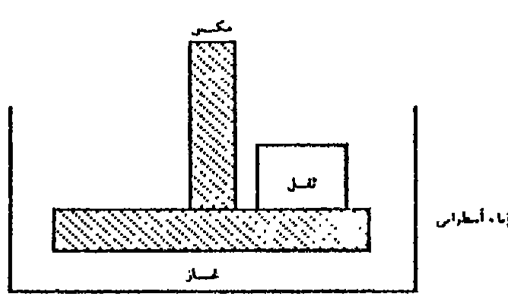
" نفس الثقل " . إن توازن الميزان يعد علاقة متماثلة . فإذا توازن موضوعان ، فإنهما سوف يستمران فى التوازن حتى بعد أن نبدل موضعهما على كفتى الميزان . لذلك لابد أن تكون ت علاقة متماثلة ، وبالمثل نجد أنه إذا توازنت أ مع ب على الميزان ، وتوازنت ب مع جـ إذن لتوازنت أ مع جـ ، ومن ثم تصبح العلاقة ت متعدية أيضاً . وإذا كانت العلاقة ت متعدية ومتماثلة ، فلابد أن تكون " منعكسة " Reflexive . ذلك لأن أى موضوع لا بد أن يكون متساوياً فى الثقل مع نفسه . وفى منطق العلاقات تسمى العلاقة المتماثلة والمتعدية بعلاقة " تكافؤ " equivalence وبتضح من ذلك أن اختيارنا للعلاقة ت لم يكن تحكمياً ، إذ أن اختيارنا وقع على ت باعتبارها متساوية فى الوزن ، ولأن هذه العلاقة ـ كما لاحظنا ـ تعد

الحجم ، والضغط - بعضها ببعض . علينا أن نجرى بعض التجارب الأولية حتى نتأكد من أنه ليس ثمة عوامل موافقة أخرى . وبعض العوامل التى ربما يداخلنا الشك فى كونها موافقة ، لم تعد كذلك . فعلى سبيل المثال ، هل شكل الإناء الحاوى للغاز مناسب ؟ نعرف فى بعض التجارب (كتوزيع شحنة كهربية وسطح قوتها الكهربية) أن شكل الموضوع المستخدم هام . ولا تواجهنا ها هنا صعوبة فى أن نقرر أن شكل الإناء غير موافق ، وأن الحجم فقط هـو الموافق . يمكننا أن نعتمد على معرفتنا بالطبيعة لنستبعد العديد من العوامل الأخرى . وربما يدخل أحد المنجمين المعمل ، ويتساءل : " هل راقبت مواضع الكواكب اليوم ؟ . ربما كان لمواضعها بعض التأثير على تجربتك " . اننا نفترض أن هذا العامل غير موافق لأننا نعتقد أن

الحالات تطلق عليها عادة اسم الفئة الفارغة (٣) null class .

ونفس إجراء العد يعطينا عدداً أساسياً لفئة متناهية من الحوادث المتتالية ، فإننا نحصى عدد المرات التى نسمع فيها الرعد أثناء عاصفة ، أو عدد دقات ساعة الحائط ، وعلى الأرجح فإن هذا النموذج من العد ، كان أسبق تاريخياً من عد فئات الأشياء المتزامنة ، مثل المقاعد فى الغرفة . وفى الحقيقة هذه هى الوسيلة التى بها يتعلم الطفل العد ، فهو يمشى فى الغرفة ويلمس كل مقعد على حدة بينما يردد العدد فى كلمات ، إن ما يحصيه بالفعل إنما هو سلسلة من حوادث اللمس ، فإذا سألته أن يحصى مجموعة من الأشجار على مسافة ما ، فإنه يجد صعوبة فى أن يفعل ذلك ، لأنه من الصعب أن يشير إلى الأشجار واحدة تلو الأخرى ويجرى تصوراً عن هذا الإجراء اللمسى . ولكنه إذا اعتنى بإحصاء حوادث التحويل وكنا متأكدين أنه يحدد كل شجرة مرة واحدة ، حينئذ نقول إن هناك تساويا فى الشكل بين عدد الأشجار وعدد تحويل الحوادث . فإذا كان عدد هذه الحوادث ثمانية ، فإننا ننسب نفس العدد إلى فئة الأشجار التى على هذه المسافة . ويمكن لطفل أكبر أو لبالغ أن يعد الأشجار دون تحويل ، ولكن إذا لم يكن عدداً صغيراً مثل ثلاثة أو أربعة بحيث يمكن التعرف عليه من نظرة واحدة ، فإنه يركز

الكواكب بعيدة جداً إلى الدرجة التى لا يصبح لها تأثير .



شكل ٤ - ١

السبب فإن الخطوة الأولى المؤكدة فى تجربتنا ، ألا وهى تحديد العوامل الموافقة ، تصبح فى بعض الأحيان شيئاً صعباً بالإضافة إلى أن هذه الخطوة لا تذكر غالباً ضمن تقارير الأبحاث . فالعالم يصف فقط الجهاز الذى استخدمه والتجربة التى أجراها ، والعلاقات بين المقادير المعينة التى اكتشفها . ولا يردف ذلك بقوله : " واكتشفت بالإضافة إلى ذلك أن كذا وكذا من العوامل ليس لها تأثير على النتائج " . إذ أن العالم ، فى معظم الحالات ، عندما يعرف المجال الذى يجرى فيه البحث بشكل كاف فإنه يسلم جدلاً بأن العوامل الأخرى غير متصلة بهذا العامل . وربما يكون على صواب تماماً غير أنه فى المجالات الحديثة ، لا بد للمرء أن يتوخى الحذر إلى أقصى حد . لا يمكن لأحد بالطبع أن يعتقد فى أن التجربة المعملية يمكن لها أن تتأثر بما إذا كنا ننظر إلى الجهاز من مسافة عشر بوصات أو عشرة أقدام ، أو ما إذا كنا ننظر إليه ونحن فى حالة شفقة أو غضب . يحتمل أن تكون هذه العوامل متصلة بموضوعنا ، ولكن لا يمكننا أن نجزم بذلك على الإطلاق . أما إذا داخل أى شخص شك فى أن هذه العوامل موافقة ، فعليه أن يجرى تجربة للتيقن من استبعادها .

هناك بالطبع اعتبارات عملية تمنعنا من اختبار كل عامل قد يكون موافقاً ، إذ أن هناك آلافا من الإمكانيات الطفيفة التى يمكن اختبارها ، ولكنا لن نجد ببساطة الوقت الكافى لفحصها جميعاً . ومن ثم علينا أن نباشر عملنا طبقاً للحس المشترك ، ونصحح افتراضاتنا فقط إذا ماحدث شىء ما غير متوقع يجبرنا على أن نضع فى اعتبارنا عاملاً موافقاً كنا قد أهملناه من قبل . هل يحدث لون أوراق الشجر خارج المعمل ، تأثيرا على طول موجة الضوء المستخدم فى المعمل ؟ هل يعمل جزء من الآلة بشكل مختلف اعتماداً على ما إذا كان المالك القانونى لها متواجداً فى نيويورك أو شيكاغو ، أو اعتماداً على ما يعتمل فى نفسه نحو التجربة ؟ من الواضح أنه ليس لدينا وقت كاف لاختبار مثل تلك العوامل . ولكننا نفترض أن الاتجاه العقلى لمالك تلك الآلة ليس له تأثير فيزيائى على التجربة ، ولكن ربما يختلف أعضاء قبائل معينة فى هذا الأمر . وربما يعتقدون أن الآلهة سوف تعضد التجربة فقط إذا كان مالك الجهاز الحقيقى يريد للتجربة أن تجرى ، أما إذا كان هناك مالك زائف يرغب فى إجراء التجربة ، فإنها سوف تتعثر .

وهكذا نرى أن الاعتقادات الثقافية تؤثر فى بعض الأحيان فيما هو موافق بشكل اعتبارى . أما فى معظم الحالات [illegible]

التجارب الأولية ليتسنى له استبعاد العوامل التى يشك فى أمرها .

افترض أننا قررنا أن العوامل الموافقة لتجربتنا على الهيدروجين هى درجة الحرارة والضغط والحجم . وحيث أنه فى إنائنا ، تبقى طبيعة الغاز وكميته الكلية ثابتة ، لأننا نحتفظ به فى إناء مغلق بإحكام ، لذا نجد أنفسنا أحراراً فى أن نختبر العلاقات بين العوامل الثلاثة . فإذا ما حافظنا على درجة الحرارة ثابتة لوجدنا أن الضغط يزيد ، ونكتشف أن الحجم يختلف عكسياً مع الضغط . ذلك لأننا إذا ضاعفنا الضغط ، لتناقص الحجم إلى نصف كميته السالفة وإذا ضاعفنا الضغط ثلاث مرات لتناقص الحجم إلى الثلث . هذه التجربة مشهورة ، وقد أجراها الفيزيائى الايرلندى روبرت بويل فى القرن السابع عشر ، ويعرف باسم قانون بويل ، وينص على أنه إذا ظلت درجة حرارة الغاز المحبوس بإحكام ثابتة لظل ناتج الحجم والضغط ثابتين .

فإذا احتفظنا فيما بعد بثبات الضغط (وذلك بأن نترك نفس الثقل على المكبس) وقمنا بتغيير درجة الحرارة ، لاكتشفنا أن الحجم يزداد عند تسخين الغاز ويتناقص عند تبريده ،

عندما نعين قيمة عددية مختارة للمقدار الذى نسعى إلى قياسه ، وعادة ما تكون صفراً ، فإن ذلك يتم عن طريق تعيين شيء يمكن تقديره ببساطة recognizable ، وفى بعض الأحيان شيء يمكن تقديره أو إعادة إنتاجه reproducible بسهولة ، أو حالة ويخبرنا أن نعين القيمة العددية المختارة لموضوع ما إذا كان فى تلك الحالة . ففى مقياس الترمومتر المئوى مثلاً ، تبين القاعدة ٣ قيمة الصفر للماء عندما تكون فى حالة التجمد . وأخيراً سوف نضيف بعض الصلاحيات للشروط التى تقع تحت هذه القاعدة على أن تكون موافقة ، وسوف نتقبلها الآن باعتبارها ركيزة أو قاعدة stands .

قاعدة ٤ ، وتسمى عادة بقاعدة الوحدة unit ، وهى تعين القيمة المختارة الثانية لمقدار موضوع ما عن طريق تخصيص شيء آخر يمكن تقديره ببساطة ، وحالة ذلك الموضوع الذى يمكن إعادة إنتاجه بسهولة . وعادة ما تكون هذه القيمة واحد (١) صحيح ، وربما تكون أى عدد مختلف عن العدد المحدد بالقاعدة ٣ ، وتكون مائة (١٠٠) فى المقياس السنتيمترى . وتشير إلى المياة فى حالة الغليان . ومرة أخرى ، القيمة الثانية المشار إليها تعد قاعـــدة أو أساسـا a basis لتحديد وحدات درجة الحرارة المتاحة . نضع الترمومتر فى ماء منجمد ، ونحدد ارتفاع

ثابتة ، حتى نقوم بدراسة الاعتمادات التى تنعقد بين عوامل أخرى . كما يبين ـ وهذا هو المهم ـ كيف يمكن للمفاهيم الكمية أن تؤتى بثمارها . إذ تفترض القوانين المحددة بهذه التجربة ، القدرة على قياس المقادير المختلفة المتضمنة فيها .

وإذا لم يكن الأمر كذلك ، لتمت صياغة القوانين بطريقة كيفية ، ومثل هذه القوانين ستكون أضعف بكثير وأقل فائدة فى عمل تنبؤات . إذ بدون المقاييس العددية للضغط ، والحجم ، ودرجة الحرارة ، لأمكننا ، فى الغالب ، أن نقول عن أحد المقادير أنها سوف تظل كما هى ، أو أنها ستزداد أو تتناقص . ومن ثم لقمنا بصياغة قانون بديل بقولنا : إذا ظلت درجة حرارة غاز محبوس كما هى ، وازداد الضغط ، إذن لتناقص الحجم ، وعندما يتناقص الضغط يزداد الحجم . بالتأكيد هذا قانون ، وشبيه إلى حد ما بقانون بويل ، ولكنه أكثر ضعفاً من قانون بويل ، لأنه لا يمكننا من التنبؤ بالكميات الدقيقة للمقادير ، إنه يمكننا فقط من التنبؤ بأن المقدار سوف يزداد أو يتناقص أو يظل ثابتاً .

وتصبح عيوب الصياغة الكيفية لقوانين الغازات أكثر وضوحاً إذا افترضنا قانونا عاما تم التعبير عنه بالمعادلة : ض . ح = د . ث . ولنكتب المعادلة على النحو التالى :

$$ح = \frac{د}{ض} : ث .$$

لن نتمكن من هذه المعادلة العامة ، المصاغة كيفياً ، إلا أن نشتق صياغات ضعيفة لقانون بويل وقانون شارل .، افترض أننا سمحنا للمقادير الثلاثة ـ الضغط ، الحجم ، درجة الحرارة ـ أن تختلف فى الوقت نفسه ، عدا كمية الغاز (ث) التى تظل ثابتة . سوف نجد بالتجربة زيادة كل من درجة الحرارة والضغط . وماذا عن الحجم ؟ لن نستطيع فى هذه الحالة ، أن نقرر ما إذا كان الحجم قد ازداد أو تناقص أو ظل ثابتاً . لأننا إذا أردنا أن نعين هذا ، لكان علينا أن نعرف المعدلات التى بها تزداد درجة الحرارة والضغط . وإذا زادت درجة الحرارة بمعدل أعلى من الضغط إذن لاستنتج من الصيغة السالفة أن الحجم سوف يزداد ولكن إذا لم نستطع إعطاء قيم عددية للضغط ودرجة الحرارة ، لن نستطيع فى هذه الحالة أن نتنبأ بأى شىء على الإطلاق فيما يتعلق بالحجم .

وهكذا ، يتضح لنا إلى أى درجة يمكن للتنبؤ أن يكون كاملاً بهذه الطريقة ، وإلى أى درجة

يمكن للتفسيرات أن تكون فجة إذا تمت صياغة قوانين العلم بالقوانين الكيفية . أما القوانين الكمية فهى أسمى بكثير ، لذلك علينا أن نعطى مفاهيم كمية لمثل هذه القوانين . وهذا هو

معين من اشعاع يصدر عن ذرة الكربتون ٨٦ Krypton (٢) . أما وحدة الكتلة أو الوزن ، وهى الكيلو جرام فإنها تحسب على أساس النموذج الأصلى للكيلوجرام المحفوظ فى باريس . أما فيما يختص بدرجة الحرارة على اعتبار أنها تقاس بمقياس مئوى ، وهو الصفر والمائة المشار إليهما ، فهى ملائمة لتجمد وغليان الماء لعـدة أسباب . ففى مقياس الفهرنهايت أو المقياس المسمى بمقياس كلفن Kelvin للحرارة المطلقة ، يتم اختيار أنواع أخرى من المواد لنقطتى الصفر والمائة ، وعلى أية حال ، فإن المقاييس الثلاثة كلها تعتمد بشكل أساسى على نفس إجراءات القواعد الخمس ، وهى لذلك ربما تعد أساسية لنفس أشكال القياس . إذ أن الترمومتر المخصص لقياس درجة حرارة الفهرنهايت ، يصمم بنفس الطريقة التى يصمم بها الترمومتر المخصص لقياس الدرجة المئوية تماماً ، انهما يختلفان فقط فى الطريقة التى تم التدرج على أساسها . ولهذا السبب ، يسهل ترجمة القيم من مقياس لآخر .

فإذا تبنى عالمان إجراءات مختلفة تماماً لقواعدهما الخمس ، فأقام عالم منهما علاقة متبادلة

□ القسم الثانى □

القياس واللغة الكمية

☐ الفصل الخامس ☐

مجموعات ثلاث للمفاهيم فى العلم

ربما كان من الملائم تقييم مفاهيم العلم ، كما هو الحال فى الحياة اليومية الى ثلاث مجموعات أساسية : تصنيفية classificatory ، ومقارنة comparative وكمية quantit- ative .

أعنى " بالمفهوم التصنيفى " ببساطة ، أنه ذلك المفهوم الذى يضع موضوعاً ما فى فئة معينة . فكل المفاهيم الخاصة بتصنيف الأحياء فى علم النبات وعلم الحيوان ـ أنواعها وسلالتها ، وأجناسها المختلفة ، وهكذا ـ تعد مفاهيم تصنيفية ، وهى تختلف إلى حد كبير فى كمية المعلومات التى تزودنا بها عن الموضوع . فإذا قلت مثلاً عن شىء ما إنه أزرق ، أو ساخن ، أو مكعب ، فإننى أكون تقريرات ضعيفة نسبياً عن الموضوع . وحتى نضع الموضوع فى فئة أكثر تحديداً ، فلابد أن تزداد المعلومات الخاصة بهذا الموضوع ، حتى ولو ظلت بسيطة نسبياً . إذ أن التقرير بأن لهذا الموضوع تركيباً عضوياً حياً ، يجعلنا نتنبأ أكثر بكثير مما لو قررنا بأنه ساخن . كما أن التقرير الذى يفيد بأنه " حيوان :" يزيد قليلاً من المعلومات ، وتزداد أكثر إذا أفاد بأنه " فقرى " . وعندما تستمر الفئات فى التضييق ـ ثديى كلب ، كلب صغير كثيف الشعر وهكذا ـ فإننا نضاعف هذه الفئات بكمية من المعلومات ، ومع ذلك تظل قليلة نسبياً . والحقيقة أن المفاهيم التصنيفية تعد من أكثر المفاهيم ألفة لنا ، إذ أن الكلمات الأولى التى يتعلمها الطفل ـ " كلب " ، " قط " ، " منزل " ، " شجرة " ـ تنتمى إلى هذا النوع .

أما المفاهيم الأكثر فعالية فى توصيل المعلومة ، إنما هى " المفاهيم المقارنة " لأنها تمثل مكانة متوسطة بين المفاهيم التصنيفية والكمية . واعتقد أنه من المناسب أن نوليها بعض الاهتمام ، لأن قيمتها وقوتها كثيراً ما أهملتا ، حتى بين العلماء أنفسهم . وأحياناً نصادف عالماً يقول : " أنها مطلوبة بالتأكيد حتى نقدم بها المفاهيم الكمية ، وهى تلك المفاهيم التى يمكن

المجال لا يزال فى خطواته الأولى ، إذ أننا لم نطور بعد الأساليب التكتيكية للقياس ، ومن ثم فإننا نحصر أنفسنا فى اللا كمى ، أى فى اللغة الكيفية . وربما فى المستقبل ، عندما يتقدم المجال أكثر ، يكون فى مستطاعنا أن نطور اللغة الكمية " . وربما يكون هذا العالم علـى حق تماماً فى قوله هذا ، ولكنه يخطىء إذا تصور أنه بحديثه عن الحدود الكيفية ، ينبغى له أن يعرف لغته بمفاهيم تصنيفية ، وهى المفاهيم الأكثر فجاجة من المفاهيم المقارنة التى يمكن ـ فى الغالب ـ أن تسبق المفاهيم الكمية وتكون مقدمة لها ، حيث أن لديها الكثير جداً من الأدوات الفعالة التى تصلح للوصف والتنبؤ والتفسير .

إن المفهوم التصنيفى يضع الموضوع مثل " ساخن " أو " بارد " فى فئة فقط ، أما المفهوم المقارن ، فإنه يخبرنا كيف يتعلق الموضوع مثل " أكثر سخونه " أو " أكثر برودة " بموضع آخر سواء أكان أكثر أو أقل . وقبل أن يقوم العلم بتطوير مفهوم درجة الحرارة الذى مكنه من القياس ، كان من الممكن للعالم أن يقول " هذا الموضوع أكثر سخونة من ذلك " ، وعليه فإن هذا النوع من المفاهيم المقارنة مفيد للغاية . افترض مثلاً أن خمسة وثلاثين رجلاً تقدموا لشغل

المسافة " (فى المكان) أو " حدوث حادثين متباعـدين فى وقت واحد " ، وهكذا ، بدون تعيين الأجهزة والقواعد التى يمكن عن طريقها قياس مثل هذه المفاهيم .

ولقد رأينا فى الفصل الخامس ، أن ثمة مظاهر مواضعية ومظاهر غير مواضعية فى تبنى إجراءات للقواعد ١ ، ٢ . وهناك موقف شبيه بهذا بخصوص القواعد ٣ ، ٤ ، ٥ . هناك مدى معين لاختيار فى الإقرار بإجراءات لهذه القواعد ،وإلى هذا الحد ، تعد هذه الأحكام مسائل مواضعية . ولكنها ليست مواضعية تماماً ، إذ أن المعرفة الفعلية ضرورية لكى نقرر أى أنواع المواضعات نختارها دون الوقوع فى تعارض مع وقائع الطبيعة ، وينبغى أن تكون البناءات المنطقية المختلفة مقبولة ، لكى نتجنب عدم الاتساق المنطقى .

فقد تقرر مثلاً أن نأخذ الصفر نقطة لتجمد الماء فى مقياس درجة حرارتنا ، لأننا نعرف أن حجم الزئبق فى الترمومتر الخاص بنا سوف يكون هو نفسه دائماً عندما نضع بصيلة الترمومتر

تتعامل ـ فى الغالب ـ مع المفاهيم التصنيفية ، وما زالت فى حاجة ماسة إلى معايير امبيريقية تمكنها من تطوير مفاهيم مقارنة جديدة . ولأن مجالات كهذه لم تتمكن بعد من استخدام المقاييس الكمية ، فإن الحاجة تصبح ماسة إلى تطوير المفاهيم المقارنة ، لما لها من فعالية أكبر بكثير من المفاهيم التصنيفية .

وحرى بنا هنا أن نلفت النظر إلى رسالة كتبها كل من كارل . ج . همبل . Karl . G Hempel وبول أوبنهيم Pual Oppenheim عنوانها بالألمانية " Der Typusbergriff im Lichte der neuen Logik " ظهرت عام ١٩٣٦ . وترجمة العنوان " مفهوم النمط من وجهة نظر المنطق الحديث " وجه المؤلفان اهتمامهما بصفة خاصة إلى علم النفس والمجالات المتعلقة به . وكما يؤكد المؤلفان ، فإن مفاهيم النمط لا تزال هزيلة إلى حد بعيد . إذ عندما يضيع السيكولوجيون وقتهم الثمين فى تصنيف الأفراد إلى انبساطيين وانطوائيين والوسط بين الانبساطى والانطوائى ، أو أية أنماط أخرى ، فهم فى الحقيقة لا يقدمون أفضل ما لديهم . وقد نجد هنا وهناك محاولات تبذل لتقديم معيار تجريبى يمكن أن يؤدى إلى قيم عددية ، كما هو الحال فى المادة التيبولوجية typology (علم شرح الرموز الكتابية) ، التى قدمها وليام شيلدون William Shildin ولكن فى الوقت الذى كتب فيه همبل وأوبنهيم مقالتهما لم يكن هناك إلا القليل جداً من هذا النوع من المعايير . فقد كان لكل سيكولوجى يهتم بالشخصية ، والفطرة ، والمزاج نسقه النمطى الخاص به . ولقد أشار همبل وأبنهيم إلى أن هذه المواد التيبولوجية المختلفة تقل كثيراً عن المفاهيم التصنيفية ، وشددا على حقيقة أن هذه المواد على الرغم من أنها مبتسرة فى تقديم مقاييس ومفاهيم كمية ، إلا أنها يمكن أن تكون خطوة عظيمة إلى الأمام إذا نجح السيكولوجيون فى اختراع مفاهيم مقارنة يمكن تطبيقها .

إذ غالباً ما نجد أن المفهوم المقارن قد تحول فى النهاية إلى قاعدة للمفهوم الكمى . والمثال التقليدى على هذا هو المفهوم " الأسخن " الذى تطور أخيراً إلى مفهوم " درجة الحرارة " . وقبل أن نخوض فى التفصيلات التى توضح الطريقة التى نؤسس بها معايير امبيريقية للمفاهيم العددية ، أولى بنا أن نرى كيف تؤسس المعايير للمفاهيم المقارنة .

[illegible] نفترض أن مفهوم الثقل قادر على اعطائنا قيماً عددية ،

حدود هذه المفاهيم الثلاثة ؟ إننا فى حاجة فقط إلى ميزان دقيق ، وإلى هاتين القاعدتين :

(١) إذا توازن الجسمان على الميزان ، لكانا متساويين فى الثقل .
(٢) وإذا لم يتوازنا ، لكان الجسم الذى على الكفة الهابطة أثقل من الجسم الذى على الكفة المرتفعة .

وبتحديد أكثر ، لا نستطيع الحكم بأن لجسم ما " ثقلا أكبر " من آخر ، لأننا لم ندخل بعد المفهوم الكمى للثقل ، ولكن ربما تستخدم مثل هذه اللغة فى الممارسة العملية ، حتى ولو لم تكن الوسيلة متاحة بعد لتحديد قيم عددية للمفهوم ، فقد تحدثنا مثلاً ـ منذ هنيهة ـ عن رجل يتمتع " بخيال أوسع " من آخر برغم عدم قدرتنا على تحديد قيم عددية للخيال .

ولكى نتمكن من توضيح الميزان الدقيق ، كما هو الحال فى جميع الإجراءات الامبيريقية ، ولكى نقيم مفاهيم مقارنة ، علينا أن نميز بين مظهرين من الإجراء ، الأول أن يكون الإجراء اصطلاحياً خالصاً ، والثانى ألا يكون كذلك ، لأنه يعتمد إما على وقائع طبيعية أو قوانين منطقية . ولكى ندرك هذا التمييز علينا أن نقرر القاعدتين اللتين نعرف بهما المفاهيم المقارنة للثقل ألا وهى التساوى ، والأثقل من ، والأخف من ، بشكل أكثر صورية . بالنسبة للتساوى ، نجد أننا فى حاجة إلى قاعدة لتعريف علاقة تطابق تخضع للملاحظة an observable relation corresponding ، وسوف أرمز إليها بالرمز " ت " . أما بالنسبة للمفهومين الآخرين فإننا فى حاجة إلى قاعدة لتعريف علاقة سوف أطلق عليها اسم " أقل من " وأرمز إليها بالرمز " ق " .

وعليه فإن العلاقتين " ت " و " ق " تم تعريفهما بإجراءات امبيريقية . فإذا وضعنا جسمين على كفتى ميزان دقيقة ولاحظنا أن الميزان ظل ثابتاً على توازنه ، قلنا أن العلاقة ت بين الجسمين ، من جهة خاصية الثقل ، مضبوطة .

ويتضح من ذلك أننا استخدمنا إجراء اصطلاحياً كاملاً لتعريف ت ، ق ، ولكن هـ ليس هو بالأمر الذى يعنينا . فإذا لم تتزود حالات معينة بعلاقتين نقوم باختيارهما ، إذن لما استطاعت هذه الحالات أن تفيد " ت " و " ق " بشكل ملائم ، ولهذا السبب فإن هاتين العلاقتين لا يتم اختيارهما بشكل تحكمى ، لأنهما تنطبقان على جميع الأجسام التى لها ثقل . وتمثل هذه

المجموعة من الموضوعات نطاق مفاهيمنا المقارنة . فإذا انعقدت العلاقات ...

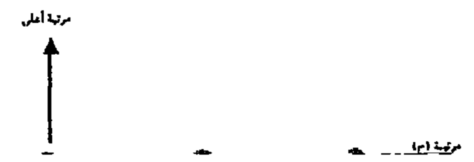
نفترض أن طريقة الضم هذه مفهومة . ولذلك ينبغى أن يذكر الإجراء بصراحة ، ويُعرَّف بوضوح ولقد فعلنا هذا من قبل ، فالمقدار يمكن قياسه باستخدام خطة القاعدة الثالثة .

أما القاعدة الأولى ، فهى تقدم ما يسمى بمبدأ الإضافة أو " الإضافية " addivity " وينص هذا المبدأ على أنه عندما يؤلف شيء مضموم مركبين ، فإن قيمة مقدار هذا الشيء تساوى المجموع الحسابى لقيم مقدار المركبين . وأى مقدار يخضع لهذه القاعدة ، يطلق عليه اسم " المقدار المضاف " . والثقل مثال شبيه بهذا ، فالعملية المصاحبة فى تلك الحالة إنما هى ببساطة وضع الشيئين معاً ووزنهما باعتبارهما شيئاً واحداً . فإذا وضعنا الشيء أ على كفة ميزان ولاحظنا وزنه ، ثم وضعناه مع الشيء ب ولاحظنا وزنه ، ثم وضعنا الشيئين على كفة الميزان ، فإن هذا الشيء الجديد ليس سوى أ ، ب موضوعين معاً ، وسوف يكون له وزن بالطبع يساوى المجموع الحسابى لأوزان أ و ب .

وإذا كانت هذه هى المرة الأولى التى يطلع فيها القارىء على هذه القاعدة ، فإنه ربما يعتقد أنها غريبة ، وأن من التفاهة أن نذكر مثل هذه القاعدة . ولكن لمتطلبات التحليل المنطقى للمنهج العلمى ، لابد أن نجعل كل شيء واضحاً ، وأن نتناول كل الموضوعات التى ...

أما العلاقة ق فلا تعد متماثلة ، إنها لا متماثلة asymmetric لأنه إذا كانت أ أخف من ب ، فلا يمكن أن تكون ب أخف من أ . ولكنها متعدية ، لأنه إذا كانت أ أخف مـن ب ، و ب أخف من جـ إذن تكون أ أخف من جـ . هذا التعدى للعلاقة ق يشبه خواص العلاقة ت ، وهو مألوف لنا لدرجة أننا نغفل عن إجراء اختبار امبيريقى لنتأكد من تطابقه مع مفهوم الثقل .

الميزان سوف يسجل وزنا إجماليا لهما مقداره سبعين رطلاً أو ثلاثة أرطال . إذ أننا نسلم جدلاً أن الوزن الناتج مقداره أثنى عشر رطلاً . ومن المفهوم مع ذلك ، أنه فى عالم ما آخر غير عالمنا



طريق إضافة الطول أ إلى الطول ب . وهذه طريقة ركيكة للغاية بالنسبة لصياغة قاعدة ، إذ أن نفس الجملة تستخدم كلمة " يضيف " add بطريقتين مختلفتين تماماً ، فهى تستخدم فى الأولى بمعنى ضم joining موضوعين فيزيائيين بوضعهما معاً بطريقة معينة ، وفى الثانية تستخدمها بمعنى العملية الحسابية للإضافة . ومن الواضح أن هؤلاء المؤلفين لم يعرفوا أن المفهومين مختلفان ، لأنهم عندما تسرعوا فى ترميز القاعدة ، كتبوها بهذه الطريقة :

ل (أ + ب) = ل (أ) + ل (ب) .

وخلافاً لهؤلاء ، هناك بعض المؤلفين الذين أكن لهم إعجاباً شديداً ، كانوا يشعرون بالأسف الشديد من هذه الصياغة السمجة ، وهى تلك الصياغة التى تستخدم الكلمة " يضيف " بمعنى الإضافة والضم وترمز لها بنفس الرمز مرتين . والحقيقة أن الرمز " + " الثانى (الذى على يسار المعادلة) يشير إلى عملية حسابية ، أما الرمز " + " الأول (الذى على يمين المعادلة) فهو ليس بعملية حسابية على الإطلاق . إذ أنك لا تستطيع أن تضيف خطين حسابياً ، ولكن ما تضيفه ليس الخطوط ، وإنما هو أعداد تمثل أطوال الخطوط ، ولقد شددت دائماً على أنه ينبغى

الأخرى) .

أ ـ أن تنعقد ت بين الموضوعين .

ب ـ أن تنعقد ق بين أ و ب .

جـ أن تنعقد ق بين ب و أ .

وبكلمات أخرى ، إذا كان للموضوعين أ و ب ثقل . فهما إما أن يتساويا فى الثقل أو يكون أ أخف من ب ، أو ب أخف من أ .

فإذا ما تحققت هذه المتطلبات الأربعة فى أى علاقتين ، لأمكننا القول أنهما يؤلفان نظاماً شبه متسلسل ، ويمكن رسم ذلك تخطيطياً بطريقة المراتب كما هو مبين فى الشكل ٥ ـ ١ . وبواسطة علاقة التكافؤ ت ، نضيف جميع الموضوعات إلى فئات متكافئة ، وعندئذ وبمساعدة العلاقة ق نضع هذه الفئات فى ترتيب تسلسلى ، وبهذه الوسيلة يتطور الرسم التخطيطى الكلى للمراتب المنتظمة . والنقطة التى أرغب فى التأكيد عليها هنا هى أن المفاهيم المقارنة ـ بصرف النظر عن مسألة ما إذا كانت تنطبق أولا تنطبق تماماً على وقائع الطبيعة ـ محددة بواسطة البناء المنطقى للعلاقات .

والأمر ليس كذلك مع المفاهيم التصنيفية ، ففى حالة تعريفنا لمفهوم الفئة نستطيع أن نحدد أى شروط نفضلها ، حتى ولو اشتملت على شروط متناقضة منطقياً ، مثل الحديث عن موضوعات تزن ثلاثة أرطال ، وتزن فى نفس الوقت أقل من رطل ، عند ئذ نكون قد عرفنا فئة ليست عضواً فى أى عالم ممكن . وإلى جانب هذا ، نحن أحرار فى أن نعرف فئة بأى طريقة مناسبة نرغب فيها ، بقطع النظر عما إذا كانت لهذه الفئة أعضاء فى عالمنا من عدمه . والمثال التقليدى لهذا هو مفهوم أحادى القرن (١) إننا نقوم بتعريفه على اعتبار أنه حيوان على شكل فرس ولكن له قرن مستقيم على جبهته . هذا التعريف جيد تماماً بمعنى أنه يعنفى معنـــى للحـد " أحادى القرن " ، فهو يعرف فئة ، ولا تفي هذه الفئة عالم الحيوان لأنها تعد فئة فارغة بالمعنى الامبيريقى ، لأنه ليس لها أعضاء ، ولكن هذه المسألة لا تدخل فى اعتبار المنطقى .

أما فيما يختص بالمفاهيم المقارنة ، فإن الموقف يختلف تماماً ، إذ أنها ـ وذلك على خلاف مفاهيم الفئة ـ تتضمن بناء معقداً من العلاقات المنطقية . فإذا قمنا بتقديمها فلا نستطيع أن نعارض أو نعدل من هذا البناء ، بل لا بد من تحقق المتطلبات الأربعة التى قررها همبل ، وهكذا

نرى أن هناك وسيلتين بهما لا تكون المفاهيم المقارنة للعلم اصطلاحية بشكل كامل : أن تنطبق على وقائع الطبيعة ، وأن تتوافق مع بناء منطقى للعلاقات .

ونصل الآن إلى " المفاهيم الكمية " ، لكل مفهوم كمى ، زوج متطابق من المفاهيم [illegible]

[illegible]

التمييز يساعدنا كثيراً إذا ما تابعنا همبل (الذى كتب كثيراً عن المقادير الممتدة) فى إدخال رمز خاص ، وهو عبارة عن دائرة صغيرة " ○ " لعملية الضم الفيزيائى . ويساعدنا هذا الرمز ، وبشكل مُرْضٍ للغاية فى ترميز قاعدة الإضافة بالنسبة إلى الطول :

ل (أ ○ ب) = ل (أ) + ل (ب) .

ويمكن صياغة ضم الأطوال رياضياً على هذا النحو :

أ ب

ل (أ) ل (ب)

ل (أ ○ ب)   { وليس " ل (أ + ب) } .

وعلى الرغم من أنه فى حالة الوزن ، لا يهم تماماً كيفية وضع جسمين معاً على الميزان ، إلا

كميــة ؟ " لأن هذا ليس بالسؤال الصحيح . أما إذا وصف شخص ما هذه الظواهر فى حدود معينة ، وقام بتصريف هذه الحدود ، وقدم قواعد استخدامها ، لأمكنـه حينئذ أن يسأل : " هل هذه الحدود للغة كمية أم أنها للغة قبل كمية a prequantitative ، أى للغة كيفية ؟ " .

هذا المبدأ هو القاعدة الثانية من قواعدنا الثلاث ، بَدَلَ أن نجعله القاعدة الأولى . إذ أن القاعدة الأولى تعد أبسط من هذه ، وهى الخاصة بقاعدة المساواة . وهى نفس القاعدة الأولى من القواعد الخمس (قواعد الخطط الخمس) لقياس درجة الحرارة . فهى تحدد الإجراء الذى نعرف عن طريقه مساواة المقدار . ففى حالة الثقل نقول أن للجسمين نفس الثقل ، إذا وضعنا أحدهما على كفة ميزان ، والآخر على الكفة الأخرى ، وظلت الكفتان متوازنتين .

وتنطابق القاعدة الثالثة مع القاعدة الرابعة من القواعد الخمس ، وهى الخاصة بدرجـــة الحرارة . فهى تحدد قيمة المقدار . وعادة يتم هذا عن طريق اختيار موضوع أو عملية طبيعية يمكن تكرارها بسهولة ، وعندئذ يتم تعريف وحدة المقدار فى حدود ذلك الموضوع أو العملية . وكنت قد ذكرت فيما سبق مثالين لهذا : المتر ، الذي يعتمد على أطوال موجة نموذج معين من الضوء ، والكيلو جرام الذى يعتمد على النموذج العالمى الأصلى فى باريس . ريعد المتر والكيلوجرام وحدات القياس للطول والوزن فى النظام المترى للمقياس .

حالة يعد الصفر عدد صحيح ، ويمكن أن ينطبق على فئة باعتباره عددها الرئيس ، وفى مثل هذه الحالات نطلق عليها عادة اسم الفئة الفارغة (٣) null class .

ونفس إجراء العد يعطينا عدداً أساسياً لفئة متناهية من الحوادث المتتالية ، فإننا نحصى عدد المرات التى نسمع فيها الرعد أثناء عاصفة ، أو عدد دقات ساعة الحائط ، وعلى الأرجح فإن هذا النموذج من العد ، كان أسبق تاريخياً من عد فئات الأشياء المتزامنة ، مثل المقاعد فى الغرفة . وفى الحقيقة هذه هى الوسيلة التى بها يتعلم الطفل العد ، فهو يمشى فى الغرفة ويلمس كل مقعد على حدة بينما يردد العدد فى كلمات ، إن ما يحصيه بالفعل إنما هو سلسلة من حوادث اللمس ، فإذا سألته أن يحصى مجموعة من الأشجار على مسافة ما ، فإنه يجد صعوبة فى أن يفعل ذلك ، لأنه من الصعب أن يشير إلى الأشجار واحدة تلو الأخرى ويجرى تصوراً عن هذا الإجراء اللمسى . ولكنه إذا اعتنى بإحصاء حوادث التحويل وكنا متأكدين أنه يحدد كل شجرة مرة واحدة ، حينئذ نقول إن هناك تساويا فى الشكل بين عدد الأشجار وعدد تحويل الحوادث . فإذا كان عدد هذه الحوادث ثمانية ، فإننا ننسب نفس العدد إلى فئة الأشجار التى على هذه المسافة . ويمكن لطفل أكبر أو لبالغ أن يعد الأشجار دون تحويل ، ولكن إذا لم يكن عدداً صغيراً مثل ثلاثة أو أربعة بحيث يمكن التعرف عليه من نظرة واحدة ، فانه يركز [illegible]

أن تمدنا بأساس أو قاعدة لمبدأ الإضافة . ولقد رأينا بالفعل أن درجة الحرارة ليست مقداراً مضافاً ، كما أن حدة (شدة) الصوت ، وصلابة الأجسام يعدان مثلين آخرين . فبالنسبة لهذه

هوامش

١ ـ حيوان خرافى له جسم فرس وذيل أسد وقرن وحيد فى وسط جبهته . (المترجم) .

٢ ـ المواضعة اصطلاح استخدمه بوانكاريه للدلالة على أن مبادىء العلوم لا تعبر تعبيراً كاملاً عن الواقع . فهناك دائماً فاصل بين التصور العلمى للواقع والواقع نفسه ، كما أن هناك دائماً قدراً من المواضعة أو البناء الاصطناعى فى العلم . (المترجم) .

٣ ـ يرجع مفهوم الفئة الفارغة إلى الرياضى جورج بول (١٨١٥ ـ ١٨٦٤) الذى أسماها المجموعة الفارغة Null set وهى تلك المجموعة التى ليست لها عناصر أو أفراد ، وهى تقابل الصفر ، وتلعب نفس الدور الذى يؤديه فى الحساب العادى ، وتكافىء هذه المجموعة التناقض فى المنطق . غير أن هذا المفهوم قد احتل مركزاً متميزاً عند الوضعية المنطقية نتيجة لتحليلات كل من فريجة وفتجنشتين له ، وربطه بنظرية المعنى والدلالة . وهى تلك النظرية التى تذهب إلى أنه لكى تستطيع الحكم بأن عبارة أو قضية ما علمية ، علينا أن نتحقق من أن لها دلالة حقيقية ، أما إذا كانت غير علمية فإن دلالتها تكون فارغة أى غير حقيقية . فقد يكون لاسم ما معنى مثل أحادى القرن الذى ذكره كارناب ، ولكن ليس له دلالة لأنه كائن خرافى لا وجود له فى عالم الواقع ، ومن ثم يصبح اسماً فارغاً ، وينطبق هذا الأمر على الجملة أو القضية . فقد يكون لجملة أو قضية ما معنى ولكن ليس لها دلالة كأن نقول مثلاً " وزير الكرة الأرضية " فهذه العبارة لها معنى عندنا ولكن ليس لها دلالة ، لأنه لا يوجد وزير للكرة الأرضية وهكذا . فقد احتل هذا المفهوم مركزاً متميزاً عند الوضعية المنطقية كما ذكرنا ، فقد تطور عند كارناب ليصبح محوراً لفلسفته ، بل أن مهمة الفلسفة عنده أصبحت التحليل المنطقى للغة ذات المعنى والدلالة . (المترجم) .

الفصل السادس

القياس والمفاهيم الكمية

إذا تم توصيف وقائع الطبيعة بمفاهيم كمية ... أي مفاهيم معبر عنها بقيم عددية ، إمكان ... [illegible]

$$\text{س}_3 = \frac{\text{س}_1 + \text{س}_2}{1 + \frac{\text{س}_1\,\text{س}_2}{\text{ج}^2}}$$

تخيل مثلاً أن سفينة فضاء ف١ تتحرك فى مسار مستقيم ، وتمر على الكوكب ك بسرعة نسبية س١ . وتسافر سفينة الفضاء ف٢ ، فى نفس الاتجاه وتمر على سفينة الفضاء ف١ بسرعة س٢ (بالنسبة إلى ف١) . فما هى السرعة النسبية س٣ لسفينه الفضاء ف٢ ، بالنسبة إلى الكوكب ك ؟ إذا كانت السرعات س١ و س٢ لسفينتى الفضاء صغيرة ، نضيف قيمة الكسر إلى الـ ١ أسفل الخط على يسار المعادلة ، وفى هذه الحالة تكون ضئيلة جداً بحيث يمكن تجاهلها . وعندئذ نحصل على س٣ ببساطة بإضافة س١ و س٢ . أما إذا كانت سفينتا الفضاء تسافران بسرعات كبيرة جداً ، فلا بد أن نضع فى الاعتبار عامل سرعة الضوء جـ . وحينئذ تبتعد س٣ ، وبشكل خطير ، عن المجموع البسيط لـ س١ و س٢ . وإذا درست المعادلة جيداً سوف ترى كيف تقترب السرعات النسبية تقريباً من سرعة الضوء ، وأن مجموع السرعتين لا يمكن أن يتجاوز أبداً سرعة الضوء . ومن ثم نستنتج أن السرعة النسبية فى نظرية النسبية الخاصة ممتدة (لأن عملية الضم يمكن أن تكون متعينة) ولكنها ليست مضافة .

إذا كانت ق م (أ ، ب) ، إذن م (أ) = م (ب) .

وتعين القاعدة ٢ ، علاقة امبيريقية ل م . وهذه القاعدة تذكر أنه إذا انعقدت العلاقة ل م بين أ ، ب فإن قيم المقدار تكون أصغر بالنسبة لـ أ منها بالنسبة لـ ب ، وفى الشكل الرمزى :
إذا كانت ل م (أ ، ب) ، إذن م (أ) < م (ب) .

وقبل المضى إلى القواعد الثلاث الأخرى من خطتنا ، دعنا نرى أولاً كيف كانت هاتان القاعدتان تطبقان على المفهوم المقارن قبل العلمى لدرجة الحرارة ، وتطورت حينئذ إلى إجراءات كمية . تخيل أنك تعيش فى عصر قبل اختراع الترمومترات . كيف تقرر أن موضوعين متساويين فى الحرارة أو أحدهما أقل حرارة من الآخر . إننا نلمس كل موضوع بيدنا ، فإذا لم نحس بأن لأحدهما حرارة أكثر من الآخر (العلاقة ق) لقلنا أن أ أقل حرارة من ب . ولكن هذه مناهج ذاتية ، غير دقيقة على الإطلاق ، إذ عن طريقها ، من الصعب أن نتوصل إلى اتفاق بين الملاحظتين الأخرين . فقد يشعر شخص ما أن أن أ أكثر حرارة من ب ، وقد يلمس آخر نفس الموضوعين ويعتقد أن العكس صحيح ، وهكذا نجد أن ذكريات احساسات الحرارة تكون ملتبسة وغامضة ، ذلك أنه ربما يكون من المستحيل بالنسبة للشخص أن يقرر ما إذا كان يشعر بموضوع أدفأ فى وقت منه فى آخر يسبقه بثلاث ساعات . ولمثل هذه الأسباب فإن المناهج الذاتية التى تستخدم لتأسيس علاقات " متساوى الدفء (ق) " وأقل دفئاً " (ل) تستخدم قليلاً فى البحث الامبيريقى للقوانين العامة . ما نحتاج إليه حقاً ، هو المنهج الموضوعى لتحديد درجة الحرارة ، فهو منهج أكثر دقة من إحساسات الحرارة ، وعادة ما يتفق الفرد فيه مع الأفراد الآخرين .

والترمومتر يمدنا تماماً بمثل هذا المنهج . افترض أننا نرغب فى تحديد التغيرات التى تحدث فى درجة حرارة ماء فى إناء ـ فإننا نغمر زئبق الترمومتر فى الماء ، وعندما يسخن الماء ، يتمدد الزئبق ويرتفع فى الأنبوبة ، وعندما يبرد الماء ينكمش الزئبق وينخفض . فإذا وضعت علامة على الأنبوبة لتشير إلى ارتفاع الزئبق ، فمن السهل أن ترى إذا ما كان الزئبق يرتفع فوق أو تحت العلامة بحيث لا يحتمل أن يختلف حوله ملاحظين . فإذا لاحظت اليوم أن السائل فوق

أن نطلق عليه اسم جيب المقدار المستد (لأننا نكون قد أجرينا عملية ضم) وليست إضافة .
ومن ناحية أخرى ، ينبغى أن نقرر أننا لا نرغب فى أن نطلق عليه اسم الجيب المستد ، لأن عملية الضم لا تضم الجيوب بالفعل ، إنما تضم الزوايا ، ولكن هذا ليس هو نفس الأمر تماماً ،

ببساطة الترمومتر ملامساً لجسم أ ، وننتظر حتى يتوقف أى تغير فى ارتفاع السائل الخاضع للاختبار ، ونضع حينئذ علامة تحدد مستوى السائل . ونضع الترمومتر بنفس الطريقة على الموضوع ب . نجد أن العلاقة ق تتحدد بارتفاع السائل لنفس العلامة ، وتثبت العلاقة بين أ ، ب إذا ارتفع السائل لأخفض نقطة وذلك عندما يطبق الترمومتر على أ منه عندما يطبق على ب .

ويمكن التعبير عن القاعدتين الأوليين لتحديد درجة الحرارة ح رمزياً ، على النحو التالى :

قاعدة ١ : إذا كانت ق ر (أ ، ب) ، إذن تكون ح (أ) = ح (ب) .

قاعدة ٢ : إذا كانت ل ر (أ ، ب) ، إذن تكون ح (أ) < ح (ب) .

لاحظ أنه ليس من الضرورى ، لكى نثبت العلاقتين ق ، ل أن يكون لدينا مقياس للقيم المبينة على الأنبوبة . ومع ذلك إذا كان فى نيتنا أن نستخدم الترمومتر لتعيين القيـــم العددية لـ ح ، فمن الواضح أننا نحتاج إلى أكثر من أنبوبتين .

وتزودنا القواعد الثلاث الباقية من خطتنا بشروط إضافية مطلوبة إذ تخبرنا القاعدة ٣ أنه عندما نعين قيمة عددية مختارة للمقدار الذى نسعى إلى قياسه ، وعادة ما تكون صفراً ، فإن ذلك يتم عن طريق تعيين شىء يمكن تقديره ببساطة recognizable ، وفى بعض الأحيان شىء يمكن تقديره أو إعادة إنتاجه reproducible بسهولة ، أو حالة ويخبرنا أن نعين القيمة العددية المختارة لموضوع ما إذا كان فى تلك الحالة . ففى مقياس الترمومتر المئوى مثلاً ، تبين القاعدة ٣ قيمة الصفر للماء عندما تكون فى حالة التجمد . وأخيراً سوف نضيف بعض الصلاحيات للشروط التى تقع تحت هذه القاعدة على أن تكون موافقة ، وسوف نتقبلها الآن باعتبارها ركيزة أو قاعدة stands .

قاعدة ٤ ، وتسمى عادة بقاعدة الوحدة unit ، وهى تعين القيمة المختارة الثانية لمقدار موضوع ما عن طريق تخصيص شىء آخر يمكن تقديره ببساطة ، وحالة ذلك الموضوع الذى يمكن إعادة إنتاجه بسهولة . وعادة ما تكون هذه القيمة واحد (١) صحيح ، وربما تكون أى عدد مختلف عن العدد المحدد بالقاعدة ٣ ، وتكون مائة (١٠٠) فى المقياس السنتيميترى . وتشير إلى المياة فى حالة الغليان . ومرة أخرى ، القيمة الثانية المشار إليها تعـد قاعـــدة أو أساســا a basis لتحديد وحدات درجة الحرارة المتاحة . نضع الترمومتر فى ماء متجمد ، ونحدد ارتفاع

ونضع له علامة ١٠٠ . إننا لم نحصل بعد على المقياس ، وإنما نحصل فقط على أساس لقراءة الوحدات ، فإذا ارتفع الزئبق من علامة الصفر إلى علامة مائة (١٠٠) درجة . وإذا كنا قد وضعنا علامة الرقم ١٠ لأعلى عامة بدلاً من الرقم ١٠٠ لقلنا أن رجة الحرارة قد ارتفعت عشر درجات .

والخطوة الأخيرة هى تحديد الشكل المحكم للقياس ، ويتم هذا عن طريق القاعدة ٥ ، وهى أكثر القواعد الخمس أهمية ، فهى تحدد الشروط الامبيريقية ق ت م ، التى تمكننا من القول أن الاختلافين (ت) لقيم المقدار (م) متساويان . لاحظ أننا لا نتحدث عن قيمتين ، وإنما اختلافين بين قيمتين . ونريد أن نحدد الشروط الامبيريقية التى تحتها نقول أن الاختلاف بين أى قيمتين للمقدارين بالنسبة لـ أ وبالنسبة لـ ب هما نفس الاختلاف بين المقدارين الآخرين ، أى بالنسبة لـ جـ وبالنسبة لـ د . وتأخذ القاعدة الخامسة الشكل الرمزى التالى :

إذا كانت ق ت م (أ ، ب ، جـ ، د) ، إذن تكون م (أ) ـ م (ب) = م (جـ) ـ م (د) .

وتخبرنا القاعدة أنه إذا كانت هناك شروط امبيريقية معينة مثلت بـ ق ت م فى صيغة رمزية ، وجعلناها لقيم المقدار الأربع ، فإننا نقول أن الاختلاف بين القيمتين الأعليين هو نفسه [illegible]

استدلال مشابه لمقاييس الطول فى المكان ، والدوام فى الزمان . وبهذا المعنى ، ربما يلاحظ الطول والدوام باعتبارهما مقادير أولية . وسوف نناقش فى الفصل الثامن والتاسع الإجراءات التى عن طريقها يتم قياس الزمان والمكان .

***

التعبير عن القاعدة ٥ رمزياً على النحو التالى :

إذا كانت د (أ ، ب) = د (ج ، د)، إذن تكون ح (أ) ـ ح (ب) = ح[1] (جـ) ـ ح (د) .

ونطبق الآن القاعدتين ٣ ، ٤ ، بأن نضع الترمومتر فى ماء متجمد ، ونستخدم " الصفر " كعلامة لمستوى الزئبق فى الأنبوبة ، ثم نضع الترمومتر فى ماء يغلى ، ونعلم مستوى الزئبق بـ (١٠٠) . وعلى أساس القاعدة ٥ يمكننا الآن تقسيم الأنبوبة إلى مائة مسافة متساوية بين الصفر والمائة . ويمكن لهذه المسافات أن تستمر أسفل الصفر إلى النقطة التى يصل فيها الزئبق إلى التجمد، وكذلك يمكن أن تستمر أعلى الـ ١٠٠ إلى النقطة التى يصل فيها الزئبق إلى درجة الغليان أو التبخر . فإذا صمم عالمان فيزيائيان الترمومترات الخاصة بهما بهذه الطريقة ، واتفقا على جميع الإجراءات المحددة بالقواعد الخمس ، فإنهما سوف يتوصلان إلى نتائج متماثلة عندما يقيسان درجة حرارة نفس الموضوع ، ونعبر عن هذه الموافقة بقولنا أن العالمين يستخدمان نفس مقياس درجة الحرارة ، وأن القواعد الخمس تحدد مقياساً واحداً المقدار الذى يقومان بتطبيقه .

لكن كيف أجمع العلماء على نموذج دقيق للقياس لكى يستخدم فى قياس مقدار ما ؟ ربما كان إجماعهم مواضعياً إلى حد ما ، وبصفة خاصة أن ذلك الإجماع يتضمن اختيار النقاط التى فى القاعدتين ٣ ، ٤ ، غير أن وحدة الطول ، وهى المتر ، قد تحددت الآن باعتبارها الطول فى الفضاء (الخالى من الهواء والمادة vacuum وهو ١٫٦٥٦٫٧٦٣١٨٣ من أطوال موجة نمط معين من اشعاع يصدر عن ذرة الكريبتون ٨٦ Krypton (٢) . أما وحدة الكتلة أو الوزن ، وهى الكيلو جرام فإنها تحسب على أساس النموذج الأصلى للكيلوجرام المحفوظ فى باريس . أما فيما يختص بدرجة الحرارة على اعتبار أنها تقاس بمقياس مئوى ، وهو الصفر والمائة المشار إليهما ، فهى ملائمة لتجمد وغليان الماء لعـدة أسباب . ففى مقياس النهرنهايت أو المقياس المسمى بمقياس كلفن Kelvin للحرارة المطلقة ، يتم اختيار أنواع أخرى من المواد لنقطتى الصفر والمائة ، وعلى أية حال ، فإن المقاييس الثلاثة كلها تعتمد بشكل أساسى على نفس إجراءات القواعد الخمس ، وهى لذلك ربما تعد أساسية لنفس أشكال القياس . إذ أن الترمومتر المخصص لقياس درجة حرارة الفهرنهايت ، يصمم بنفس الطريقة التى يصمم بها الترمومتر المخصص لقياس الدرجة المئوية تماماً ، انهما يختلفان فقط فى الطريقة التى تم التدرج على أساسها . ولهذا السبب ، يسهل ترجمة القيم من مقياس لآخر .

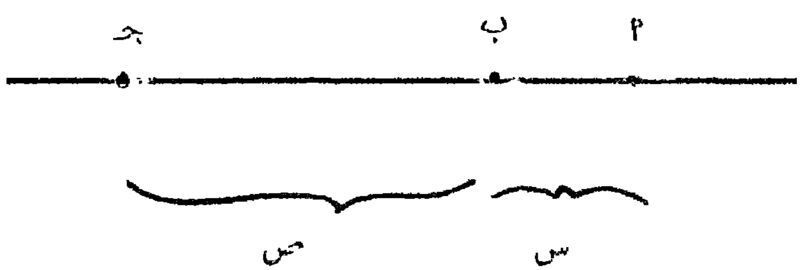
فإذا تبنى عالمان إجراءات مختلفة تماماً لقواعدهما الخمس ، فأقام عالم منهما علاقة متبادلة

بين درجة الحرارة وتمدد حجم الزئبق ، والآخر بين تمدد قضيب من حديد أو تأثير الحرارة على

[illegible]

الموضوعات الفيزيائية .

وأفضل شيء يمكن فعله هو أن نتمثل فاصلين زمنيين فى مقياس تصورى . افترض أن لدى حادثاً س تحرك النقطة الزمنية أ إلى النقطة الزمنية ب ، وحادثاً آخر ص تحرك من النقطة الزمنية ب إلى النقطة الزمنية جـ (أنظر الشكل ٨ ـ ١) أن النقطة الابتدائية للحادث ص هى نفس النقطة النهائية للحادث س ، ولذلك فالحادثان متقاربان فى الزمان . ولا يمكننا دفعهما إلى هذا الموضع ـ ذلك لأنهما حدثا بهذه الكيفية .



شكل ٨ ـ ١

مقياس للغاز . وفى بعض الأحيان يدور الكلام عنه بوصفه " غازاً مثالياً " ، ولكن هذه طريقة

في الحديث فقط .

فى ماء متجمد . فإذا وجدنا أن الزئبق قد ارتفع إلى درجة واحد عندما استخدمنا الماء المتجمد الذى حصلنا عليه من فرنسا ، وإلى ارتفاع مختلف عندما استخدمنا الماء الذى حصلنا عليه من [illegible]

واضح بين نموذجى الدورية .

فأى نموذج للدورية ينبغى علينا أن نأخذ به كقاعدة لقياس الزمن ؟ لا شك أننا نميل إلى الإجابة بأننا ينبغى أن نختار عملية يكون فيها الدورى بالمعنى القوى . إذ لا يمكننا أن نؤسس مقياساً للزمن على مغادرة السيد سميث لمنزله ، لأن هذا غير منتظم على الإطلاق . كما أننا لا يمكننا أن نؤسسه على النبض ، لأنه على الرغم من أن النبض أكثر ارتباطاً بالدورية من رحيل السيد سميث ، إلا أنه يظل غير منتظم بشكل كاف . فلو كان شخص ما يجرى أو أصابته حمى عالية لكان نبضه أسرع من الطبيعى . إذن ما نحتاجه هو عملية دورية بأقوى معنى ممكن .

ولكن هناك شيئاً ما خطأ فى هذه المسألة . وهو أننا لانستطيع أن نعرف أن العملية دورية بالمعنى القوى ، دون أن يكون لدينا بالفعل طريقة أو منهج لتحديد فواصل متساوية للزمان !

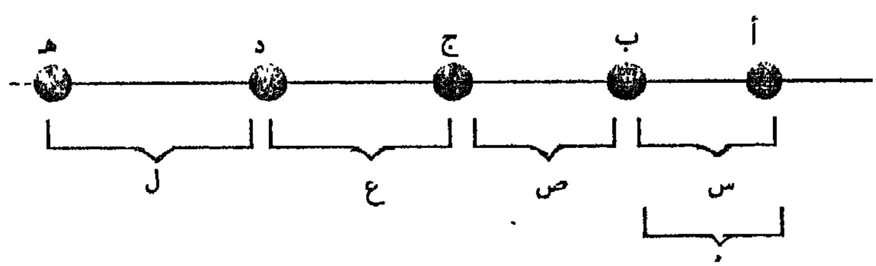
□ الفصل السابع □

المقادير الممتدة

يتطلب قياس درجة الحرارة ، كما تعلمنا فى الفصل السادس ، خطة مكونة من خمس قواعد . فهل هناك مفاهيم فى الفيزياء يمكن قياسها باستخدام خطط أبسط ؟ نعم هناك عدد كبير من المقادير ، تسمى " المقادير الممتدة " يمكن قياسها بمساعدة خطط القواعد الثلاث " Three - rule Schemas .

وتنطبق خطط القواعد الثلاث على المواقف التى إذا اتحد فيها شيئان أو انضما معاً بطريقة ما ، لأنتجا شيئاً جديداً بحيث تكون قيمة المقدار م لهذا الشىء الجديد تساوى مجموع قيم م بالنسبة للشيئين المنضمين . فالثقل مثلاً ، مقدار ممتد . فإذا وضعنا جسماً يزن خمسة أرطال ،

ودوام أى واحدة من فترات العملية المختارة ، يمكن استخدامه باعتباره وحدتنا للزمن . وهذه



يحدث فيه الحادث الذى نرغب فى قياسه . وسوف يكون هذا العدد هو طول الحادث ، أما قاعدة المساواة فهى واضحة . إنها تذكر أن الفاصلين الزمنيين (اللذين ربما يكونان منفصلين بفترات زمنية واسعة) يتساويان إذا كان كل منهما يحتوى على نفس عدد الفترات الابتدائية للعمليـــة الدورية . وهذا يكمل القاعدة الثالثة فى الخطة ، لأننا نكون بذلك قد حصلنا على قاعدة للمساواة ، وقاعدة للإضافة ، وقاعدة للوحدة . وعلى أساس هذه الخطة نتوصل إلى منهج لقياس الزمن .

وربما تكون هذه اعتراضات . هل يمكن حقاً لمثل هذه الخطة أن تكون أساساً لأية عملية دورية ضعيفة ؟ أى هل يمكن مثلاً أن تكون أساساً لرحيل السيد سميث من منزله ؟ .

الرد المدهش على ذلك هو ، نعم . أقول هذا على الرغم من أن هناك قوانين فى الفيزياء ـ وسوف أتناول هذا بالشرح بعد لحظة ـ أبسط كثيراً ، بحيث تمكننا من أن نختار عمليات أخرى معينة . غير أن النقطة الهامة التى ينبغى علينا أن نفهمها هنـــا ، هى أننا إذا حصلنا ، ولو لمرة واحدة ، على خطة تعد أساساً لقياس الزمن ـ حتى على الرغم من أنها قد تقوم على عملية غير منتظمة ، كما هو الحال فى رحيل السيد سميث من منزله ـ فإننا بذلك نكون قد اكتسبنا وسائل لتحديد ما إذا كانت هذه العملية الدورية مناسبة لعملية أخرى أم لا .

افترض أننا تبنينا العملية الدورية م . من أجل قاعدة مقياس الزمن ونريد الآن مقارنة م

أطـوال أ و ب .

ولم تكن الصياغات المبكرة لقاعدة الإضافة الخاصة بالطول ـ فى الغالب ـ مرضية . فعلى سبيل المثال ، قال بعض المؤلفين أننا لو أضفنا طولين أ و ب ، فإننا نحصل على طول جديد عن طريق إضافة الطول أ إلى الطول ب . وهذه طريقة ركيكة للغاية بالنسبة لصياغة قاعدة ، إذ أن نفس الجملة تستخدم كلمة " يضيف " add بطريقتين مختلفتين تماماً ، فهى تستخدم فى الأولى بمعنى ضم joining موضوعين فيزيائيين بوضعهما معاً بطريقة معينة ، وفى الثانية تستخدمها بمعنى العملية الحسابية للإضافة . ومن الواضح أن هؤلاء المؤلفين لم يعرفوا أن المفهومين مختلفان ، لأنهم عندما تسرعوا فى ترميز القاعدة ، كتبوها بهذه الطريقة :

ل (أ + ب) = ل (أ) + ل (ب) .

وخلافاً لهؤلاء ، هناك بعض المؤلفين الذين أكن لهم إعجاباً شديداً ، كانوا يشعرون بالأسف الشديد من هذه الصياغة السمجة ، وهى تلك الصياغة التى تستخدم الكلمة " يضيف " بمعنى الإضافة والضم وترمز لها بنفس الرمز مرتين . والحقيقة أن الرمز " + " الثانى (الذى على يسار المعادلة) يشير إلى عملية حسابية ، أما الرمز " + " الأول (الذى على يمين المعادلة) فهو ليس بعملية حسابية على الإطلاق . إذ أنك لا تستطيع أن تضيف خطين حسابياً ، ولكن ما تضيفه ليس الخطوط ، وإنما هو أعداد تمثل أطوال الخطوط ، ولقد شددت دائماً على أنه ينبغـى التمييز بين الإضافة الحسابية ونوع الإضافة التى تنظم عملية ضم أو اتحاد فيزيائى . وهذا التمييز يساعدنا كثيراً إذا ما تابعنا همبل (الذى كتب كثيراً عن المقادير الممتدة) فى إدخال رمز خاص ، وهو عبارة عن دائرة صغيرة " ○ " لعملية الضم الفيزيائى . ويساعدنا هذا الرمز ، وبشكل مُرْضٍ للغاية فى ترميز قاعدة الإضافة بالنسبة إلى الطول :

ل (أ ○ ب) = ل (أ) + ل (ب) .

ويمكن صياغة ضم الأطوال رياضياً على هذا النحو :

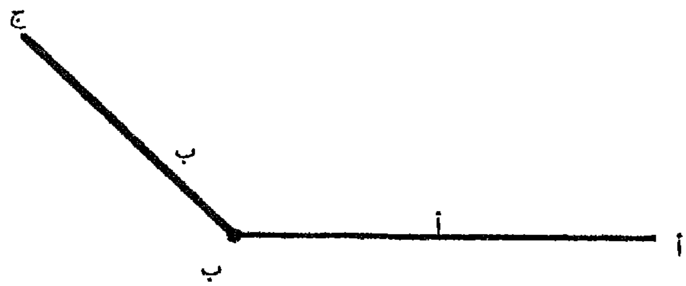
أ ب

ل (أ) ل (ب)

ل (أ ○ ب) { وليس " ل (أ + ب) } .

وعلى الرغم من أنه فى حالة الوزن ، لا يهم تماماً كيفية وضع جسمين معاً على الميزان ، إلا

أن هذا يعد مهماً للغاية فى حالة الطول . افترض مثلاً أن جزءين من خط واحد كانا على هذا النحو :



إنهما مرتبطان بطرفيهما ، ولكنهما ليسا فى خط مستقيم . ومن ثم لا تكون المسافة بين النقطتين أ و جـ هى مجموع أطوال أ و ب . لذلك ينبغى أن نكون على حذر دائماً ، وأن نحدد تماماً ما نعنيه بعملية الضم .

والآن يمكننا أن نرمز إلى المبدأ العام بالإضافة ، بالنسبة لأى مقدار ممتد م بالطريقة التالية :
م (أ O ب) = م (أ) + م (ب) .

فالرمز " O " ، فى هذا التقرير ، يدل على إجراء معين لضم أ و ب . ومن الأفضل أن نجعل هذا المبدأ هو القاعدة الثانية من قواعدنا الثلاث ، بَدَل أن نجعله القاعدة الأولى . إذ أن القاعدة الأولى تعد أبسط من هذه ، وهى الخاصة بقاعدة المساواة . وهى نفس القاعدة الأولى من القواعد الخمس (قواعد الخطط الخمس) لقياس درجة الحرارة . فهى تحدد الإجراء الذى نعرف عن طريقه مساواة المقدار . ففى حالة الثقل نقول أن للجسمين نفس الثقل ، إذا وضعنا أحدهما على كفة ميزان ، والآخر على الكفة الأخرى ، وظلت الكفتان متوازنتين .

وتنطابق القاعدة الثالثة مع القاعدة الرابعة من القواعد الخمس ، وهى الخاصة بدرجة الحرارة . فهى تحدد قيمة المقدار . وعادة يتم هذا عن طريق اختيار موضوع أو عملية طبيعية يمكن تكرارها بسهولة ، وعندئذ يتم تعريف وحدة المقدار فى حدود ذلك الموضوع أو العملية . وكنت قد ذكرت فيما سبق مثالين لهذا : المتر ، الذي يعتمد على أطوال موجة نموذج معين من الضوء ، والكيلو جرام الذى يعتمد على النموذج العالمى الأصلى فى باريس . ربعد المتر والكيلوجرام وحدات القياس للطول والوزن فى النظام المترى للمقياس .

ولكى نلخص نهجنا الخاص بقياس أى مقدار ممتد ، نذكر القواعد الثلاث الآتية :

١ ـ قاعدة المساواة

٢ ـ قاعدة الإضافة .

٣ ـ قاعدة الوحدة .

تتمناها . وإذا وجدنا أن عددا معينا من فترات العملية م متكافئا دائما مع عدد معين من فترات العملية ن ، نقول أن الفترتين الدوريتين متكافئتان .

وهذه حقيقة من حقائق الطبيعة ، أن تكون هناك فئة واسعة جدا من العمليات الدورية التى تتكافأ كل منها مع الأخرى بهذا المعنى . ولايمكن معرفتها قبليا . فهى تكتشف عن طريق ملاحظة العالم ، ولايمكننا القول أن هذه العمليات المتكافئة دورية بشكل قوى ، ولكن يمكننا أن نقارن أى اثنتين منها ، ونتبين أنهما متكافئتان . وتنتمى كل البندولات المتأرجحة إلى هذه الفئة ، وكذلك حركات موازين الساعة فى المنبهات وساعات اليد ، والحركة الظاهرية للشمس عبر السماء ، وهكذا

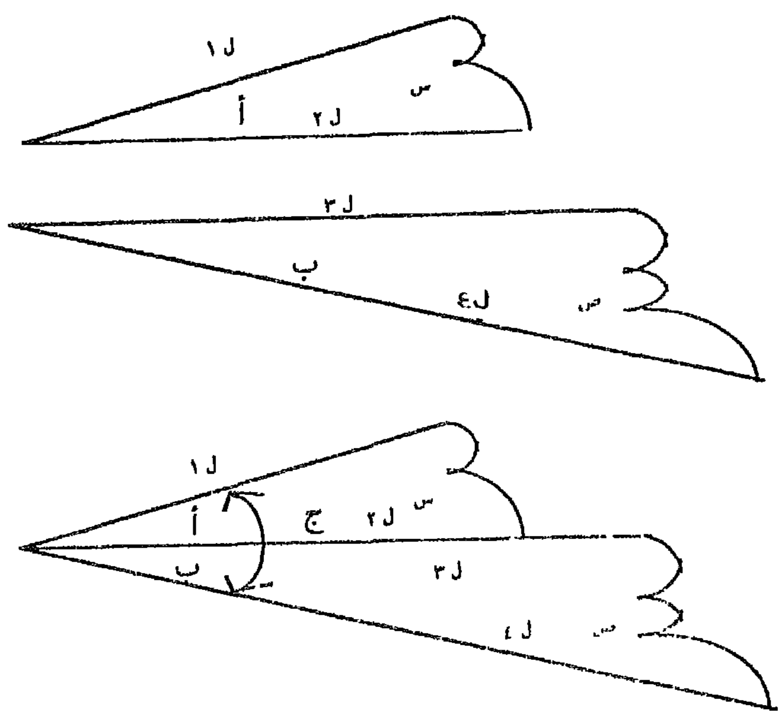
نظرية النسبية، كان من الممكن الإجابة ببساطة على هذا السؤال عن طريق إضافة سرعة الطائرة إلى سرعة سيرك إلى الأمام داخل الطائرة . أما اليوم فإننا نعرف أن السرعات النسبية ليست مضافة ، وإننا ينبغي أن نستخدم المعادلة الخاصة التى تكون فيها سرعة الضوء واحدة من المتغيرات . إذ عندما تكون السرعات صغيرة بالنسبة للضوء يمكن معالجتها باعتبارها مضافة . أما إذا كانت السرعات كبيرة إلى حد بعيد فإننا نستخدم جـ فى المعادلة ، باعتبارها سرعة الضوء :

$$س_3 = \frac{س_1 + س_2}{1 + \frac{س_1 \, س_2}{جـ^2}}$$

تخيل مثلاً أن سفينة فضاء ف١ تتحرك فى مسار مستقيم ، وتمر على الكوكب ك بسرعة نسبية س١ . وتسافر سفينة الفضاء ف٢ ، فى نفس الاتجاه وتمر على سفينة الفضاء ف١ بسرعة س٢ (بالنسبة إلى ف١) . فما هى السرعة النسبية س٣ لسفينه الفضاء ف٢ ، بالنسبة إلى الكوكب ك ؟ إذا كانت السرعات س١ و س٢ لسفينتى الفضاء صغيرة ، نضيف قيمة الكسر إلى الـ ١ أسفل الخط على يسار المعادلة ، وفى هذه الحالة تكون ضئيلة جداً بحيث يمكن تجاهلها . وعندئذ نحصل على س٣ ببساطة بإضافة س١ و س٢ . أما إذا كانت سفينتنا الفضاء تسافران بسرعات كبيرة جداً ، فلا بد أن نضع فى الاعتبار عامل سرعة الضوء جـ . وحينئذ تبتعد س٣ ، وبشكل خطير ، عن المجموع البسيط لـ س١ و س٢ . وإذا درست المعادلة جيداً سوف ترى كيف تقترب السرعات النسبية تقريباً من سرعة الضوء ، وأن مجموع السرعتين لا يمكن أن يتجاوز أبداً سرعة الضوء . ومن ثم نستنتج أن السرعة النسبية فى نظرية النسبية الخاصة ممتدة (لأن عملية الضم يمكن أن تكون متعينة) ولكنها ليست مضافة .

وهناك أمثلة أخرى للمقادير الممتدة ـ غير المضافة وهى الدوال المساحية للزوايا trigo-nome functions of angels . افترض أن لديك زاوية أ المحصورة بين الخطين المستقيمين ل١ و ل٢ من قطعة لوح معدن س (أنظر الشكل ٧ ـ ١) .

وقطعة أخرى من لوح معدن ص ، زاويتها ب محصورة بين المستقيمين ل٣ و ل٤ . وضممنا



شكل ٧ ـ ١

الزاويتين بوضعهما معاً على سطح منضدة بحيث يتطابق رأساهما ، ويتطابق المستقيم ل٢ الخاص بـ س مع المستقيم ل٣ الخاص بـ ص . فمن الواضح أن الزاوية جـ المحصورة بين ل١ و ل٤ هي نتيجة لضم الزاويتين أ و ب . على ذلك يمكننا أن نقول أنه عندما تضم زوايا بهذه الطريقة ، ويتم قياسها بالوسيلة المعتادة ، فإن قيمتها لا تعد مضافة إذا أخذنا مقدارنا باعتباره واحداً من الدوال الخاصة بحساب المثلثات ، مثل جيب كل زاوية على حدة . وإذا رغبنا فى ذلك ، يمكننا أن نطلق عليه اسم جيب المقدار الممتد (لأننا نكون قد أجرينا عملية ضم) وليست إضافة . ومن ناحية أخرى ، ينبغي أن نقرر أننا لا نرغب فى أن نطلق عليه اسم الجيب الممتد ، لأن عملية الضم لا تضم الجيوب بالفعل ، إنما تضم الزوايا ، ولكن هذا ليس هو نفس الأمر تماماً ، بالنسبة لوضع الجيوب معاً . ومن وجهة النظر الثانية هذه ، لا يعد الجيب ممتداً .

ومن ثم يصبح المعيار الذى افترضناه لتقرير ما إذا كان المقدار ممتداً من عدمه ـ وكم رأينا ـ ليس دقيقاً . وعليه فإذا استطعنا ـ وكما سبق القول ـ أن نفكر فى عملية تبدو لنا عملية طبيعية للضم بالنسبة للمقدار المتاح ، فإننا نطلق عليها حينئذ العملية الممتدة . وربما يقول شخص ما أنه بالنسبة له فإن عملية وضع زاويتين جنباً إلى جنب إنما هى طريقة طبيعية تماماً لضم جيوب . وطبقاً لهذا الشخص فإن الجيب مقدار ممتد وليس مضافاً . وربما يقول شخص آخر أن هذه

العملية تصلح تماماً لضم زاويتين ولا تصلح لضم جيوب . وبالنسبة لذلك الشخص فإن الجيب ليس ممتداً . وبكلمات أخرى هناك حالات محددة نعرف فيها ما إذا كان المقدار ممتداً أم لا ، أو بعبارة أخرى فإن هذا الأمر ليس موضوعاً ذاتياً . لأن الحالات التى تكون فيها المقادير ممتدة وغير مضافة نادراً ما تكون نسبية أو حتى موضع شك (وهى كذلك، لأننا لسنا مرغمين على أن نقبل العملية المقترحة باعتبارها واحدة من الضم الصحيح) ومن المفهوم تماماً أنه يمكن للمؤلفين أن يستخدموا " ممتد " و " مضاف " باعتبارهما مصطلحين مترادفين . ولسنا بحاجة لانتقاد مثل هذا الاستخدام . فبالنسبة لهؤلاء المؤلفين ينطبق " الممتد " على المقدار فقط ، وإذا كانت هناك عملية ضم بالنسبة له ينعقد مبدأ الإضافة ، كما ينعقد للطول والوزن ، ولعديد من المقادير العامة للفيزياء .

والآن هناك بعض الملاحظات حول مقياس الفواصل الزمنية والأطوال الفراغية على الترتيب ، لأن هذين المقدارين ـ بمعنى معين ـ يعتبران أساسيين فى الفيزياء .. إذ نستطيع أن نقيسهما مرة ، وأن نعرفهما مرات أخرى . وعلى الرغم من أننا لا نستطيع أن نعرفهما بشكل قطعى ، إلا أننا يمكننا أن نقدمهما أخيراً عن طريق قواعد إجرائية تستخدم مفاهيم البعد فى المكان أو الزمان .

وربما نستطيع أن نتذكر على سبيل المثال أننا فى القواعد الخاصة بمقياس درجة الحرارة ، استخدمنا مفهوم حجم الزئبق ، وطول عمود الزئبق فى الأنبوبة . وفى ذلك المثال افترضنا أننا

[illegible]

الشئ . ولكننا نريد أن نشدد على أن اختيار نبضات القلب لمقياس الزمن لن يؤدى إلى أى تناقض منطقى . إذ ليس هناك معنى أن نزعم أن مقياس الزمن على مثل هذا الأساس ، إنما هو " باطل " .

تخيل مثلا أننا نعيش فى عصر مبكر جدا من تطور مفاهيم القياس ، بالطبع لن تكون لدينا

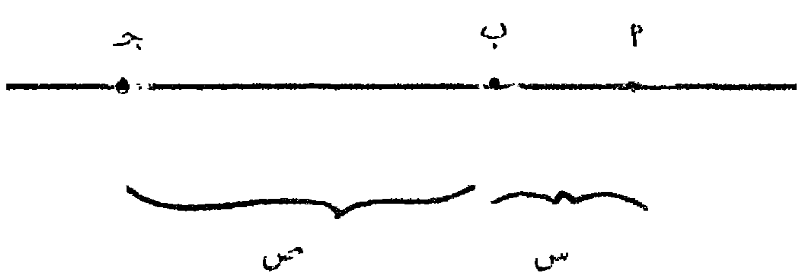
الفصل الثامن

الزمـــان

ما نوع العملية المتصلة التى يمكن أن تستخدم لضم فواصل الزمان ؟ سنواجه فى الحال بصعوبة شديدة . لأننا لا يمكننا أن نعالج الفواصل الزمانية بنفس الطريقة التى نعالج بها المسافات المكانية ، أو بعبارة أكثر تحديداً ، تدل نهايات الأجسام الصلبة على فواصل مكانية ، فى حين لا توجد حدود قاطعة للزمان يمكن وضعها جنباً إلى جنب لتؤلف خطاً مستقيماً .

ولنفترض هذين الفاصلين : طول حرب معينة أو طلقة نار وحتى آخر طلقة فيها ، ودوام عاصفة رعدية معينة منذ أول قصفة رعد فيها وحتى آخرها . كيف يمكننا ضم هذين الدوامين ؟ لا شك أن لدينا هنا حادثين متفرقين لكل منهما طول معين من الزمن ، ولكن ليس ثمة وسيلة لاستحضارهما معاً . وبالطبع لو كان هذان الحادثان قد وقعا معاً فى زمن سابق، لأمكننا أن نتعرف على تلك الحقيقة ، ولكننا لا نستطيع أن نبدل الحوادث من حولنا كما نبدل نهايات الموضوعات الفيزيائية .

وأفضل شىء يمكن فعله هو أن نتمثل فاصلين زمنيين فى مقياس تصورى . افترض أن لدى حادثاً س تحرك النقطة الزمنية أ إلى النقطة الزمنية ب ، وحادثاً آخر ص تحرك من النقطة الزمنية ب إلى النقطة الزمنية جـ (أنظر الشكل ٨ ـ ١) أن النقطة الابتدائية للحادث ص هى نفس النقطة النهائية للحادث س ، ولذلك فالحادثان متقاربان فى الزمان . ولا يمكننا دفعهما إلى هذا الموضع ـ ذلك لأنهما حدثا بهذه الكيفية .



شكل ٨ ـ ١

ويمكن الآن ملاحظة طول الزمن من النقطة أ إلى النقطة جـ على اعتبار أنه ضم لـ س و ص ، وبالطبع لا يمكن ضم الأطوال هذه بالوسيلة الفيزيائية ، ولكننا نفعل هذا بوسيلة تصورية ، ذلك لأنه عن طريق هذه الوسيلة يمكننا أن ننظر إلى هذا الموقف . ويرمز إلى العملية التصورية بالرمز " O " ، حيث أنه يسمح لنا أن نصوغ قاعدة الإضافة التالية لمقياس الطول الزمني ز :

ز (س O ص) = ز (س) + ز (ص)

وبكلمات أخرى ، لوحصلنا على حادثين ، بحيث يبدأ الواحد منهما من حيث ينتهي الأخر ، إذن لكان طول الحادث الكلى ، هو الاختصار الحسابي لأطوال الحادثين . وبالطبع ليس هذا فى قوة قاعدة الإضافة الخاصة بالأطوال الفراغية ، لأننا لا نستطيع أن نطبقها إلا على حوادث تحدث متقاربة فى الزمان ، وليس على أية حوادث كيفما اتفق ، وأخيراً ، بعد أن طورنا القاعدة الثالثة لنسق قياس الزمن ، سيكون فى مقدورنا أن نقيس الأطوال المتجاورة لحوادث غير متقاربة . وعلينا الآن أن نبحث فقط عن عملية ضم تزودنا بأساس لقاعدة الإضافة . وهذه العملية نجدها فى حدوث حوادث متقاربة فى الزمان .

ولكى نكمل خطتنا ، فإننا نحتاج إلى قاعدتين إضافيتين : قاعدة المساواة ، وقاعدة أخرى تعرف لنا الوحدة . وكل من هاتين القاعدتين يقومان على نموذج ما من عملية دورية : تأرجح البندول ، دوران الأرض ، وهكذا . إذ أن أية ساعة ما هى إلا آلة تعمل طبقاً لعملية دورية ، وهناك بعض الساعات التى تعمل ببندول ، وأخرى تعمل بميزان الساعة (الرقاص) . كما أن مزولة الشمس (الساعة الشمسية) تقيس الزمن بواسطة الحركة الدورية للشمس عبر السماء . ولقد وضع العلماء منذ آلاف السنين ، وحداتهم للزمن على أساس طول اليوم ، وتقوم هذه الوحدات على الدوران الدروى للأرض . ولأن معدل دوران الأرض يتغير بشكل طفيف ، توصل العلماء فى عام ١٩٥٦ إلى اتفاق عالمى لحساب وحدات الزمن على أساس حركة الأرض حول الشمس فى عام واحد معين . وعرفت الثانية طبقاً لذلك بأنها ١/٣١ و ٥٥٦ و ٩٢٥ ٩٧٤٧٠ من العام ١٩٠٠ . وفى عام ١٩٦٤ تخلوا عن هذا النظام ، ووجدوا أن النظام الأكثر إحكاماً ، والذى يمكن الحصول عليه ، هو حساب الثانية على أساس معدل الاهتزاز الدورى للجزىء الذرى (١) . إن هذا المفهوم للدورية pertiodicity ضرورى جداً لتعريف وحدات الزمن ، ولا بد أن يكون مفهوماً بشكل كامل ، قبل أن نضع فى اعتبارنا كيف يمكن لنا أن نؤسس قاعدة التساوى وقاعدة الوحدة عليها .

وينبغى أن نميز أولاً ، وبوضوح بين معنيين " للدورية " ، أحدهما يدل الحد الأدنى والآخر

الحد الأقصى . بالمعنى الضعيف ، العملية تكون دورية ببساطة ، لو أنها تحدث المرة تلو الأخرى . مثل نبضات القلب ، وتأرجح البندول . ولكن بالمعنى الضعيف أيضاً خروج السيد سميث من منزله ، فهو يحدث مراراً وتكراراً ، بل مئات المرات طوال حياة السيد سميث . ويتضح أن الدورى بمعناه الضعيف إنما هو لكونه متكرراً . وفى بعض الأحيان يعنى الدورى أن هناك دائرة كلية لأشكال مختلفة تتكرر بنفس الانتظام الدائرى . إذ أن البندول يتأرجح على سبيل المثال ، من أخفض نقطة له إلى أعلاها على اليمين ، ثم يعود مرة أخرى إلى أخفض النقطة ذاتها مرتفعاً إلى أعلاها على اليسار ، ثم يعود مرة أخرى إلى أخفض النقطة ذاتها ، وهكذا . إذن تكرار حركة البندول تتم فى دائرة كاملة ، وليس نتيجة لحادثة واحدة ، وإنما نتيجة عدة حوادث . ومع ذلك ، لا يكون هذا ضرورياً لكى نسمى عملية ما أنها دورية . إذ يكفى أن مظهراً واحداً من العملية يستمر فى التكرار ، وحينئذ تكون هذه العملية ، دورية بالمعنى الضعيف .

وفى أحيان كثيرة ، عندما يقول شخص ما أن العملية دورية ، فهو يعنى بها أنها أكثر قوة ، وذلك لأنها بالإضافة إلى كونها دورية بشكل ضعيف ، فمن الصحيح أيضاً أن الفواصل بين الحوادث المتعاقبة ، لشكل معين تكون متساوية . وفيما يختص برحيل السيد سميث من منزلـه ، لم يتحقق هذا الشرط بوضوح . إذ ربما ظل فى منزله عدة ساعات ، فى بعض الأيام ، وفى أيام أخرى ، ربما يغادر المنزل عدة مرات خلال ساعة واحدة . وعلى العكس من ذلك ، تعتبر حركات تأرجح البندول فى ساعة دقيقة الصنع ، دورية بالمعنى القوى . إذن هناك اختلاف كبير وواضح بين نموذجى الدورية .

فأى نموذج للدورية ينبغى علينا أن نأخذ به كقاعدة لقياس الزمن ؟ لا شك أننا نميل إلى الاجابة بأننا ينبغى أن نختار عملية يكون فيها الدورى بالمعنى القوى . إذ لا يمكننا أن نؤسس مقياساً للزمن على مغادرة السيد سميث لمنزله ، لأن هذا غير منتظم على الإطلاق . كما أننا لا يمكننا أن نؤسسه على النبض ، لأنه على الرغم من أن النبض أكثر ارتباطاً بالدورية من رحيل السيد سميث ، إلا أنه يظل غير منتظم بشكل كاف . فلو كان شخص ما يجرى أو أصابته حمى عالية لكان نبضه أسرع من الطبيعى . إذن ما نحتاجه هو عملية دورية بأقوى معنى ممكن .

ولكن هناك شيئاً ما خطأ فى هذه المسألة . وهو أننا لانستطيع أن نعرف أن العملية دورية بالمعنى القوى ، دون أن يكون لدينا بالفعل طريقة أو منهج لتحديد فواصل متساوية للزمان !

وهذه الطريقة شبيهة تماماً بما نحاول أن نؤسسه بقواعدنا . إذن كيف يمكننا التخلص من هذا الدور ؟ لا يمكننا أن نتخلص منه إلا بالاستغناء تماماً عن متطلب الدورية بالمعنى القوى . ونحن مضطرون إلى هذا الاستبعاد ، لأننا لم نتوصل بعد إلى قاعدة للتعرف على الدورية بالمعنى القوى . وهذا الموقف يشبه تماماً موقف الفيزيائى الساذج الذى يقترب من مشكلة قياس الزمن دون أن تكون لديه حتى ميزة التصورات قبل العملية لفواصل الزمن المتساوية . وبدون أية قاعدة مهما كانت ، نراه يبحث عن عملية دورية تكون خاضعة للملاحظة فى الطبيعة . هذه الطبيعة التى يعول عليها فى إيجاد مثل هذه القاعدة . ولأنه يفتقر إلى وسيلة يقيس بها فواصل الزمن ، نجد أنه ليس لديه وسيلة لاكتشاف ما إذا كانت هذه العملية المعينة دورية بالمعنى القوى أم لا .

والحقيقة أن ما ينبغى علينا عمله فى المحل الأول ، هو أن نتوصل إلى عملية دورية بالمعنى الضعيف (وربما تكون هذه العملية بالمعنى القوى ، ويمكن ذلك شيئاً لا يمكننا التعرف عليه بعد) . وعندئذ نستخدم هذه العملية باعتبارها إجرا ـلـضم فاصلين متتاليين من الزمن ، بمعنى أن الواحد منهما يبدأ ، عندما ينتهى الآخر تماماً ، ثم نثبت بعد ذلك ، طبقاً لقاعدة الإضافة ، أن طول الفاصل الكلى إنما هو اختصار رياضى لأطوال فاصلين مركبين . ومن ثم نستطيع أن نطبق هذه القاعدة على أية عملية دورية مختارة .

ولكى نستكمل رسمنا التخطيطى علينا أن نتوصل إلى [illegible]

[illegible]

وأن نبضات قلبى اختيار " كاذب " ، كأساس لوحدة الزمن . لأن الصدق أو الكذب لايدخلان هنا ، نظرا لعدم وجود تناقض منطقى فى أى حالة من هاتين الحالتين ، ولكنه فقط اختيار بين وصف بسيط للعالم ، ووصف معقد (١) .

فإذا أقمنا الزمن على نبض[illegible] ، نقول أن كل أنواع العمليات الدورية فى الطبيعة لها فواصل

الفترات مرسومة فى الشكل ٨ ـ ٢ ، وهى تمثل الأطوال س ، ص ، ع ، ل ... بين نقاط الزمن أ ، ب ، جـ ، د ، هـ ... بحيث يكون لكل جزء من هذه الأجزاء ، طول لوحدة واحدة .

ويمكن لشخص ما أن يعترض : " ولكن الفترة ص أطول كثيراً من الفترة س " ونرد عليه بقولنا : " أننا لا نعرف ما تعنيه بكلمة " أطول " . إذ أننا نحاول الآن وضع قواعد لمقياس الزمن ، وبعد ذلك سوف نتمكن من إعطاء معنى لكلمة " أطول " .

والآن ، نجحنا فى تعيين وحدتنا (وهى ببساطة طول كل فترة من العملية المختارة) غير أن قاعدة الإضافة تمدنا بأساس لقياس أطوال الزمن . وتخبرنا هذه القاعدة بأن الفاصل الزمنى من النقطة أ إلى النقطة جـ هو ٢ ، ومن النقطة أ إلى النقطة د هو ٣ ، وهكذا . ونستطيع الآن قياس أى فاصل للزمن ، حتى على الرغم من أننا أسسنا إجراءنا على عملية دورية ضعيفة . وذلك بأن نحسب ببساطة عدد المرات التى تحدث فيها وحدة الفترة ، فى ذات الوقت الذى يحدث فيه الحادث الذى نرغب فى قياسه . وسوف يكون هذا العدد هو طول الحادث ، أما قاعدة المساواة فهى واضحة . إنها تذكر أن الفاصلين الزمنيين (اللذين ربما يكونان منفصلين بفترات زمنية واسعة) يتساويان إذا كان كل منهما يحتوى على نفس عدد الفترات الابتدائية للعمليـــة الدورية . وهذا يكمل القاعدة الثالثة فى الخطة ، لأننا نكون بذلك قد حصلنا على قاعدة للمساواة ، وقاعدة للإضافة ، وقاعدة للوحدة . وعلى أساس هذه الخطة نتوصل إلى منهج لقياس الزمن .

وربما تكون هذه اعتراضات . هل يمكن حقاً لمثل هذه الخطة أن تكون أساساً لأية عملية دورية ضعيفة ؟ أى هل يمكن مثلاً أن تكون أساساً لرحيل السيد سميث من منزله ؟ .

الرد المدهش على ذلك هو ، نعم . أقول هذا على الرغم من أن هناك قوانين فى الفيزياء ـ وسوف أتناول هذا بالشرح بعد لحظة ـ أبسط كثيراً ، بحيث تمكننا من أن نختار عمليات أخرى معينة . غير أن النقطة الهامة التى ينبغى علينا أن نفهمها هنـــا ، هى أننا إذا حصلنا ، ولو لمرة واحدة ، على خطة تعد أساساً لقياس الزمن ـ حتى على الرغم من أنها قد تقوم على عملية غير منتظمة ، كما هو الحال فى رحيل السيد سميث من منزله ـ فإننا بذلك نكون قد اكتسبنا وسائل لتحديد ما إذا كانت هذه العملية الدورية مناسبة لعملية أخرى أم لا .

افترض أننا تبنينا العملية الدورية م . من أجل قاعدة مقياس الزمن ونريد الآن مقارنة م

بعملية دورية أخرى ، ولتكن ن ، حتى نرى ما إذا كانت م مكافئة أم لا . افترض مثلاً أن م هى تأرجح لبندول قصير ما ، وأننا نرغب فى مقارنتها بـ ن التى هى تأرجح لبندول أطول . من وجهة النظر العملية لا يمكن أن تكون فترات البندولين متساوية . إذن كيف نقارن بين الإثنين ؟ إننا فى الحقيقة نقارن بينهما عن طريق حساب تأرجحات البندولين أثناء فاصل زمنى أطول . وقد نكتشف أن عشر تأرجحات من البندول القصير يوافق ست تأرجحات من الطويل . ويحدث هذا فى كل مرة نعيد فيها الاختبار . وحيث أننا لم نتعامل بعد مع أجزاء من الفترات ، لذلك ينبغى أن تكون مقارنتنا فى حدود الأعداد الصحيحة من التأرجحات . ومع ذلك قد نلاحظ أن التزامن فيها ليس دقيقاً . إذ أن بعد عشر تأرجحات للبندول القصير ، يكون الطويل قد بدأ فى تأرجحه السابع . وفى هذه الحالة علينا أن نكرر المقارنة بأن تأخذ فاصلا زمنيا أطول ، مثل مائة [illegible]

وآخر خاطئ ، ولكنه اختيار قائم على البساطة . فإذا اخترنا البندول كأساس للزمن ، فإن النظام المؤدى إلى قوانين فيزيائية سوف يكون أبسط كثيرا ، مما لو اخترنا نبضات قلبى . ولكن على الرغم من أن اختيارنا لنبضات القلب معقد إلى حد ما ، إلا أنه أرحم من اختيارنا لرحيل السيد سميث من منزله . هذا إذا لم يكن السيد سميث شبيها بعمانويل كانط ، الذى قيل عنه أنه كان

أداة لقياس الزمن ، مثل ساعة اليد ، وبالتالى لن تكون لدينا وسيلة لتحديد كيفية اختلاف نبضات القلب تحت ظروف فسيولوجية مختلفة . اننا نبحث ، منذ الوهلة الأولى عن أحكام عملية لتطور مقياس الزمن ، ونقرر استخدام نبضات قلبى كأساس للقياس .

وحالما نقارن نبضات قلبى بعمليات دورية أخرى فى الطبيعة ، نجد أن كل أنواع العمليات التى اعتقدنا أنها مضطردة ، أصبحت خلاف ذلك . ونكتشف على سبيل المثال أننى عندما أكون فى حالة جيدة ، فإن الشمس تعبر السماء خلال عدد معين من نبضات القلب فى زمن معين ، وأننى عندما أصاب بحمى فى أيام أخرى ، فإن عبور الشمس يستغرق عـددا أكبر بكثير . وعلى الرغم من أن هذا يبدو غريبا ، إلا أنه ليس ثمة تناقض منطقى فى وصفنا للعالم الكامل entire world على هذا الاساس . إذ لايمكننا أن نقول أن البندول اختيار " صادق " ، وأن نبضات قلبى اختيار " كاذب " ، كأساس لوحدة الزمن . لأن الصدق أو الكذب لايدخلان هنا ، نظرا لعدم وجود تناقض منطقى فى أى حالة من هاتين الحالتين ، ولكنه فقط اختيار بين وصف بسيط للعالم ، ووصف معقد (١) .

فإذا أقمنا الزمن على نبضى ، نقول أن كل أنواع العمليات الدورية فى الطبيعة لها فواصل زمنية تعتمد على ما أفعله أو ما أشعر به . فإذا عدوت فترة من الوقت ثم توقفت عن العدو ، وقمت بعمل قياس لهاتين العمليتين الطبيعيتين بوسائل نبضى ، لوجدت أنه فى لحظة عدوى ، وبعدها بوقت قصير ، فإن الحوادث فى العالم تبطئ . وبعدها بثوان قليلة تعود إلى طبيعتها الأولى مرة أخرى . وأرجو أن تتذكر أننا نفترض أنفسنا نحيا فى عصر لم نتعرف فيه بعد على أية معرفة بقوانين الطبيعة . فليس لدينا ثمة مراجع فى الفيزياء تخبرنا أن هذه العملية أو تلك مضطردة . وأنه فى نظامنا الابتدائى للفيزياء ، فإن دوران الأرض حول محورها ، وتأرجح البندولات وهكذا ، تعد أشياء غير منتظمة بدقة ، إذ أن لها سرعة معينة عندما أكون فى حالة جيدة ، وأخرى عندما أكون مصابا بحمى .

وهكذا فإن اختيارنا الأصلى الذى نعمل طبقا له هنا ، ليس اختيارا بين اجراء قياس صحيح وآخر خاطئ ، ولكنه اختيار قائم على البساطة . فإذا اخترنا البندول كأساس للزمن ، فإن النظام المؤدى إلى قوانين فيزيائية سوف يكون أبسط كثيرا ، مما لو اخترنا نبضات قلبى . ولكن على الرغم من أن اختيارنا لنبضات القلب معقد إلى حد ما ، إلا أنه أرحم من اختيارنا لرحيل السيد سميث من منزله . هذا إذا لم يكن السيد سميث شبيها بعمانويل كانط ، الذى قيل عنه أنه كان

يخرج من منزله فى نفس الوقت تماما من كل صباح حتى أن الناس فى المدينة كانوا يضبطون ساعاتهم عند ظهوره فى الشارع (٢) . ولكن من غير الطبيعى أن نأخذ تحركات شخص ما ، حياته معرضة للفناء ، قاعدة مناسبة لقياس الزمن .

وأعنى بكلمة " مناسبة " طبعا ، أنها ملائمة بالمعنى الذى يؤدى إلى قوانين بسيطة . فعندما نقيم مقياسنا للزمن على تأرجح البندول ، نجد أن العالم الكلى يسلك بطريقة منتظمة إلى حد بعيد ، ويمكن وصمه بقوانين غاية فى البساطة . وربما لايجد القارئ هذه القوانين البسيطة عند دراسته للفيزياء ، ولكنها بسيطة بالمعنى النسبى للكلمة ، لأنها يمكن أن تكون أكثر تعقيدا إذا تبنينا نبضات القلب كوحدة للزمن . ومن ثم نجد أن الفيزيائيين يعربون دائما عن دهشتهم من بساطة القوانين الحديثة . فعندما اكتشف اينشتين مبدأه العام فى النسبية ، اعتورته الدهشة من حقيقة أن مثل هذا المبدأ البسيط المتعلق بالنسبية ، يتحكم فى جميع الظواهـر التى ينطبق عليها . فإذا أقمنا نظامنا لقياس الزمن على عملية لاتنتمى إلى فئة واسعة جدا من العمليات المتكافئة بالتبادل ، فإن هذه البساطة سوف تختفى .

وعلى العكس من ذلك ، ينتمى نبض قلبى إلى فئة ضيقة جدا من العمليات المتكافئة إذ ربما يتدخل أعضاء جدد فى الحوادث المحتملة التى قد تؤثر على جسمى ، ذلك الجسم الذى يرتبط فسيولوجيا بنبضات القلب . فعلى الرغم من أن النبض فى رسغى الأيسر مكافئ للنبض فى رسغى الأيمن ، إلا أنه بالإضافة إلى الحوادث التى قد تفعل فعلها فى قلبى ، فتغير من سرعة نبضه ، فانه من الصعب أن نجد عملية أخرى ، فى مكان ما فى الطبيعة ، تكون متكافئة مع نبضى . وهكذا ، نجد هنا فئة ضيقة جدا من العمليات المتكافئة ، بالمقارنة بواحدة من الفئات الشاملة جدا ، والتى تتضمن حركات الكواكب ، وتأرجح البندولات ، وهكذا . ولذلك يستحسن أن نختار عملية من هذه الفئة الواسعة ، ونتخذها أساسا لقياس الزمن .

ولايهم كثيرا أى واحدة من عمليات هذه الفئة نتخذ ، لأننا لسنا مشغولين بعد بقياس شديد الاحكام . فما علينا الا أن نختار عملية واحدة ، وأن نذكر أن العملية المختارة دورية بالمعن

وصف عمليات الطبيعة بطريقة بسيطة نسبيا . وهذه النقطة شديدة الاهمية ، لدرجة أننى أؤكد عليها مرارا وتكرارا . إذ أن اختيارنا لعملية كأساس لقياس الزمن ليست موضوعا للصواب والخطأ . فأى اختيار ممكن منطقيا وأى اختيار سوف يؤدى إلى مجموعة متسقة من القوانين الطبيعية ، ولكن إذا أقمنا مقياسنا للزمن على عمليات بالمعنى القوى ، كتأرجح بندول ، نجد أنها تؤدى إلى فيزياء أكثر بساطة ، مما لو استخدمنا عمليات أخرى معينة . لاشك أن حسنا الفسيولوجى للزمن ، وشعورنا الحدسى للانتظام ، قد دخل تاريخيا فى اختياراتنا المبكرة للعمليات التى نتخذها أساسا لقياس الزمن ، فالشمس لأنها تشرق وتغرب بانتظام ، أصبحت المزاول الشمسية وسيلة مناسبة لقياس الزمن . فهى مناسبة أكثر من حركات السحب مثلا .

فى مرحلة متأخرة أكثر فى ذلك القياس . ويمكن للقياس المباشر أن يعطى قيما ، معبرا عنها فقط باعتبارها أعدادا جذرية . ولكن عندما نصوغ قوانين ، ونجرى حسابات بمساعدة هذه القوانين ، فاننا ندخل عندئذ الأعداد غير الجذرية فى الصورة ، فهى تدخل فى سياق نظرى ، وليس فى سياق القياس المباشر .

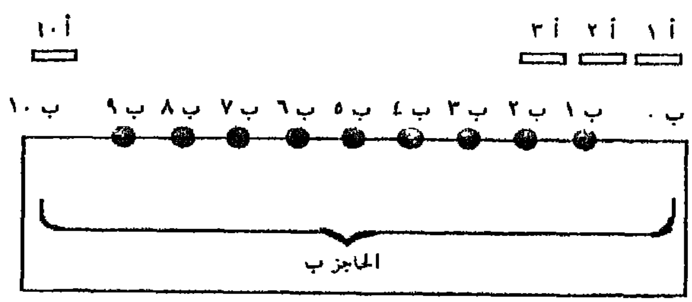
ولكى نوضح هذا أكثر ، افترض مبرهنة فيثاغورث التى تذكر أن المربع المنشأ على وتر المثلث القائم الزاوية ، يساوى مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين . إنها مبرهنة فى الهندسة الرياضية ، ولكن عندما نطبقها على موضوعات فيزيائية جزئية ، تصبح قانونا للفيزياء أيضا . افترض أننا نشرنا من لوح خشبى ، مربعا ، الضلع فيه يمثل وحدة الطول . تخبرنا مبرهنة فيثاغورث أن طول قطر المربع (أنظر الشكل ٩ ـ ٣) يساوى الجذر التربيعى للعدد ، والجذر التربيعى للعدد ، إنما هو عدد غير جذرى . ولايمكن قياسه بدقة عن طريق مسطرة ، اعتمادا على وحدتنا للقياس ، بصرف النظر عن كيفية وضع علامة للتقسيمات الكسرية الفرعية الصغيرة . ومع ذلك ، عندما نحسب طول القطر مستخدمين المبرهنة الفيثاغورية ، نحصل بطريقة غير مباشرة ، على عدد غير جذرى . وبالمثل إذا كنا نقيس قطر قرص خشبى دائرى ،

□ الفصل التاسع □

الطـــول

دعنا نتحول الآن ، من مفهوم الزمان إلى مفهوم أساسى آخر فى الفيزياء ، ألا وهو الطول ، وأن نتفحصه باقتراب أكثر مما فعلنا من قبل . ولعلك تتذكر أننا قلنا فى الفصل السابع إن الطول ، مقدار ممتد ، ويمكن قياسه عن طريق خطط القواعد الثلاث . القاعدة الأولى تعرّف المساواة على هذا النحو : نضع علامة على جزء من حافة مستقيمة ، بحيث تكون مساوية لطول جزء آخر نضعه على حافة أخرى مستقيمة . فإذا تقابل طرفا الجزءين ، إذن لكان كل منهما متطابقا مع الآخر فى نفس اللحظة . وتعرّف القاعدة الثانية الاضافة على هذا النحو : إذا قمنا بضم الحافتين على خط مستقيم واحد ، إذن لكان طولهما الكلى مساويا لمجموع أطوالهما المتفرقة . وتعرّف القاعدة الثالثة الوحدة على هذا النحو : نختار قضيبا له حافة مستقيمة ونضع علامتين على هذه الحافة ، ثم نختار الجزء الواقع بين تلك العلامتين ونتخذه وحدتنا للطول .

ونستطيع الآن ، على أساس هذه القواعد الثلاث ، أن نطبق الاجراء المعتاد للقياس . افترض أننا نرغب فى أن نقيس طول حافة طويلة ب ، ولتكن الحافة لأحد الحواجز . ولدينا قضيب قياس عند نهاية طرفيه س و ص ، ورسمنا العلامة أ التى تمثل وحدتنا للطول . نضع القضيب بطول ب فى الموضع ب ١ (انظر الشكل ٩ ـ ١) بحيث تتطابق س مع ب . فى بداية طرف الحاجز ب ، ثم نضع العلامة ب١ بحيث تتطابق مع ص . وعندئذ نحرك القضيب رأ إلى



شكل ٩ ـ ١

الموضع أ٢ ، ونضع على الحاجز ب العلامة ب٢ . وهكذا حتى نصل إلى نهاية طرف الحاجز ب .

افترض أن الموضع العاشر للقضيب الذى هو أ ١٠ ، يتطابق طرفه ص تقريبا مع نهاية طرف ب ١٠ الذى هو على نهاية الحاجز ب . ومن ب١ ، ب٢ ، ... ب ١٠ التى هى أجزاء ب . نحصل عن طريق القاعدة الثالثة على :

ل (أ) = ل (أ ١) = ل (أ ٢) = ... = ل (أ ١٠) = ١ .

وعن طريق القاعدة الأولى ، قاعدة المساواة ، نحصل على :

ل (ب ١) = ١ ، ل (ب ٢) = ١ ، ... ل (ب ١٠) = ١

وعن طريق القاعدة الثانية ، قاعدة الاضافة ، نحصل على :

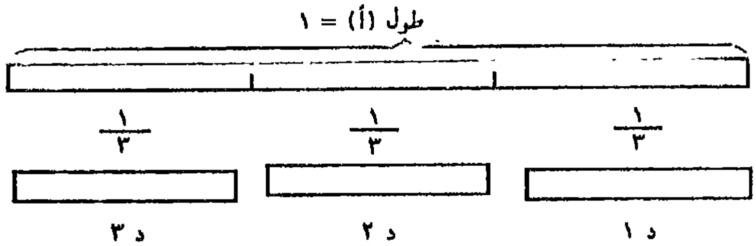
ل (ب ١ ٥ ب ٢) = ٢ ، ل (ب١ ٥ ب٢ ٥ ب٣) = ٣ ...

ولذلك فإن :

ل (ب) = ل (ب ١ ٥ ب ٢ ٥ ... ٥ ب ١٠) = ١٠

ويعد هذا الاجراء ، اجراء أساسيا لقياس الطول ، وينطبق فقط على الأعداد الصحيحة باعتبارها قيما للطول الخاضع للقياس . وتجرى التصفية النهائية عن طريق تقسيم وحدة الطول إلى الأجزاء المتساوية ن . (تقسم البوصة تقليديا بطريقة مضاعفة : أولا إلى جزءين ، ثم إلى أربعة ، فثمانية ، وهكذا . ويقسم المتر عشريا : أولا إلى عشرة أجزاء ، ثم إلى مائة ، وهكذا .) وبهذه الطريقة نستطيع أن نرسم ، عن طريق المحاولة والخطأ قضيب قياس اضافى ،

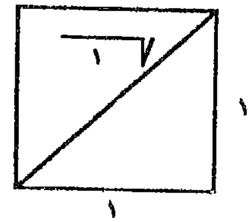
ولأن الاعداد غير الجذرية تكون دائما نتيجة للحسابات ، ولاتكون أبدا نتيجة للقياس



شكل ٩ ـ ٢

ومن الأهمية بمكان أن نفهم أنه عن طريق عمل هذه التصفيات فى القياس ، نستطيع أن ندخل كسورا أقل فأقل ، لكننا لانستطيع أن نصل أبدا إلى أعداد غير جذرية . ومن الناحية الأخرى ، يلاحظ عادة أن فئة القيم الممكنة للمقدار فى الفيزياء تحتوى على كل الأعداد الحقيقية real numbers (أو كل الأعداد الحقيقية لفترة معينة) وهى تلك التى لاتشتمل على أعداد غير جذرية ، مثلها تماما مثل الاعداد الجذرية . ومع ذلك ، فإن هذه الأعداد غير الجذرية تدخل فى مرحلة متأخرة أكثر فى ذلك القياس . ويمكن للقياس المباشر أن يعطى قيما ، معبرا عنها فقط باعتبارها أعدادا جذرية . ولكن عندما نصوغ قوانين ، ونجرى حسابات بمساعدة هذه القوانين ، فاننا ندخل عندئذ الأعداد غير الجذرية فى الصورة ، فهى تدخل فى سياق نظرى ، وليس فى سياق القياس المباشر .

ولكى نوضح هذا أكثر ، افترض مبرهنة فيثاغورث التى تذكر أن المربع المنشأ على وتر المثلث القائم الزاوية ، يساوى مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين . إنها مبرهنة فى الهندسة الرياضية ، ولكن عندما نطبقها على موضوعات فيزيائية جزئية ، تصبح قانونا للفيزياء أيضا . افترض أننا نشرنا من لوح خشبى ، مربعا ، الضلع فيه يمثل وحدة الطول . تخبرنا مبرهنة فيثاغورث أن طول قطر المربع (أنظر الشكل ٩ ـ ٣) يساوى الجذر التربيعى للعدد ، والجذر التربيعى للعدد ، إنما هو عدد غير جذرى . ولايمكن قياسه بدقة عن طريق مسطرة ، اعتمادا على وحدتنا للقياس ، بصرف النظر عن كيفية وضع علامة للتقسيمات الكسرية الفرعية الصغيرة . ومع ذلك ، عندما نحسب طول القطر مستخدمين المبرهنة الفيثاغورية ، نحصل بطريقة غير مباشرة ، على عدد غير جذرى . وبالمثل إذا كنا نقيس قطر قرص خشبى دائرى ، [illegible] ١ ، فاننا [illegible] طول [illegible] أنه عدد غير جذرى

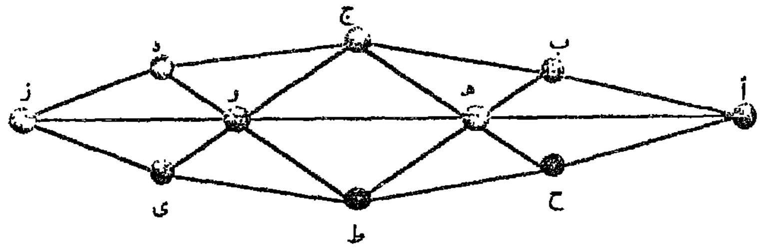


شكل ٩ ـ ٣

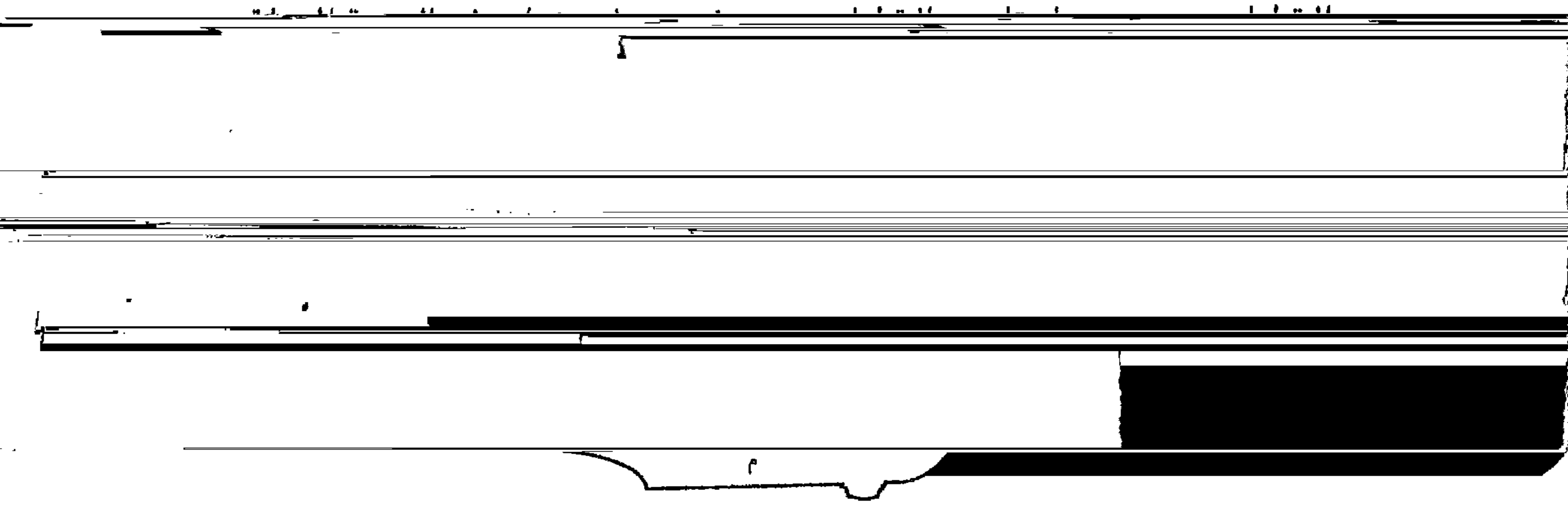
المباشر ، ألا يمكن فى هذه الحالة أن نتخلى عن كل الأعداد غير الجذرية فى الفيزياء ، ونعمل فقط الاعداد الجذرية ؟ إن هذا ممكن بالتأكيد ، ولكنه سوف يؤدى إلى تغير ثورى ، وليس ببعيد مثلا ، أن نكون قادرين على استخدام المعادلات التفاضلية ، لأن مثل هذه المعادلات تتطلب تواصلا للأعداد الحقيقية . ولم يتوافر لدى الفيزيائيين الدواعى الكافية لاجراء مثـل هـذا التغيير . ومع ذلك ، هناك اتجاه قوى فى فيزياء الكم نحو البدء فى استخدام مايسمى بالانفصال discreteness إذ أن الشحنة الكهربية مثلا ، تقاس فى كميات فقط ، وتكون نتيجة لحواصل ضرب الشحنة الكهربية الصغرى minimum . فإذا أخذنا هذه الشحنة الصغرى بوصفها وحدة unit ، فإن جميع قيم الشحنات الكهربية تصبح أعدادا صحيحة . غير أن ميكانيكا الكم لاتعد منفصلة بشكل كامل بعد ، على الرغم من أن الكثير منها منفصل حتى أن بعض الفيزيائيين بدأوا يفكرون فى امكان جعل جميع المقادير الفيزيائية ، بما فى ذلك

فى مصيدة الدور ، الذى وقعنا فيه من قبل عندما كنا بصدد البحث عن طريقة لتمثيل عملية دورية بشكل قوى ، قبل أن يكون لدينا نظام متطور لقياس الزمن . ومرة أخرى ، ما السبيل إلى الهرب من هذه الدائرة الشريرة ؟

إن طريق الخلاص لهو شبيه بالطريق الذى اتبعناه للهرب من الدور فى مقياس الزمن ، الا وهو : استخدام المفهوم النسبى بدلا من المطلق . ففى امكاننا ـ دون الوقوع فى الدور ـ تعريف



شكل ٩ ـ ٤



شكل ٩ ـ ٥

فإذا أجرينا الاختبار عدة مرات ، ووجدنا تطابق النقطتين على الجزء س مع النقطتين على الجزء س¯ ، نستنتج من ذلك ، أننا إذا أعدنا التجربة فى أى زمن مستقبلى ، فمن المحتمل أن تكون النتيجة واحدة . وبالإضافة إلى ذلك ، إذا وجدنا تطابق العلامات فى م مع نظيرها فى م¯ فى كل زمن أجرينا فيه الاختبار ، قلنا أن م ، م¯ شديدتا الصلابة .

ومن الضرورى أن نفطن إلى أننا قد تجنبنا الدور هنا . لأننا لا نتحدث عن صلابة كلية لـ م ،

لملاحظاتنا أن تقرر أبدا ، ما إذا كان ينبغى التعبير عن قيمة بوصفها عددا جذريـا أم غير جذرى ، ولذلك فإن المسألة هنا تصبح واحدة من الأشياء الملائمة بالكلية ـ هل مقياس العدد المنفصل أو المتصل ذو فائدة أكثر لصياغة قوانين فيزيائية معينة ؟

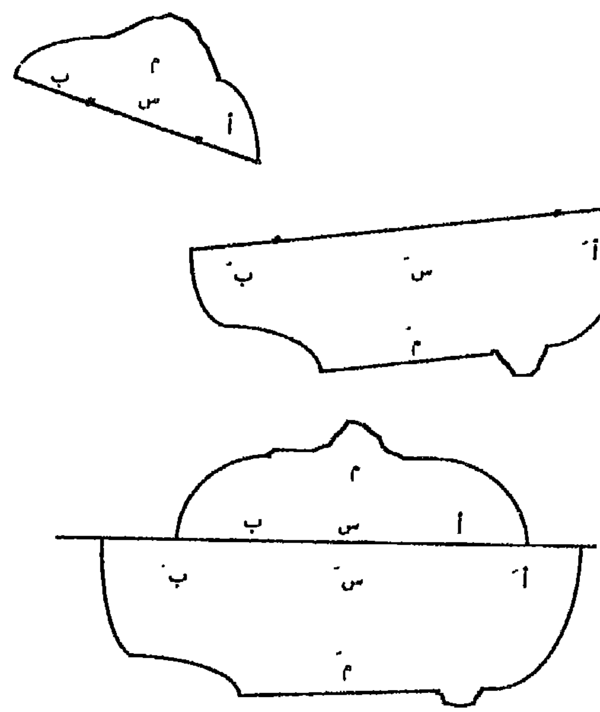
فى معرض وصفنا لكيفية قياس الأطوال ، لم نقرر بعد أحد المسائل الجديرة بالاعتبار ـ ألا وهى ، مانوع الجسم الذى سوف نتخذه وحدتنا لقياس القضيب ؟ بالنسبة لمتطلبات الحيـاة اليومية ، يكفى أن نتخذ قضيبا حديديا ، أو حتى خشب ، لأنه ليس من الضرورى هنا أن نقيس الأطوال بدقة متناهية . ولكن إذا كنا نبحث عن هذه الدقة ، فسوف نواجه فى الحال بصعوبة شبيهة بتلك التى واجهناها فى الدورية .

ولعلك تتذكر أننا كنا نواجه مشكلة معقدة بصدد تأسيس وحدتنا للزمن على أساس عملية دورية ذات فترات متساوية . ونحن هنا نواجه بمشكلة مماثلة لتأسيس وحدتنا للطول على أساس " جسم شديد الصلابة " . إننا نميل إلى الاعتقاد ، أننا فى حاجة إلى جسم يظل دائما بنفس الطول تماما كما كنا فى حاجة من قبل ، إلى عملية دورية لها فواصل من الزمن تظل دائما هـى نفسها . ومن الواضح أننا لسنا فى حاجة إلى تأسيس وحدتنا للطول على قضيب مطاط ، أو مصنوع من الشمع بحيث يسهل اعادة تشكيله . فإذا افترضنا أننا فى حاجة إلى قضيب شديد الصلابة ، بحيث لايتغير شكله أو حجمه ، فلابد فى البداية ، أن نقوم بتعريف " الصلابة " . وربما نعرّفها بهذه الكيفية : يكون القضيب شديد الصلابة إذا ظلت المسافة بين أى نقطتين فيه ثابتة على مدار الزمن . ولكن ما الذى نعنيه بدقة من كلمتى " تظل ثابتة " ؟ لتوضيح ذلك لابد أن ندخل مفهوم الطول . فإذا لم يكن لدينا مفهوم عن الطول ووسائل قياسه ، فما معنى قولنا أن المسافة بين نقطتين على القضيب ، تظل ، فى الحقيقة ، ثابتة ؟ وهكذا نجد أنفسنا واقعين فى مصيدة الدور ، الذى وقعنا فيه من قبل عندما كنا بصدد البحث عن طريقة لتمثيل عملية دورية بشكل قوى ، قبل أن يكون لدينا نظام متطور لقياس الزمن . ومرة أخرى ، ما السبيل إلى الهرب من هذه الدائرة الشريرة ؟

إن طريق الخلاص لهو شبيه بالطريق الذى اتبعناه للهرب من الدور فى مقياس الزمن ، الا وهو : استخدام المفهوم النسبى بدلا من المطلق . ففى امكاننا ـ دون الوقوع فى الدور ـ تعريف مفهوم " الصلابة النسبية " للجسم بالنسبة إلى جسم آخر . خذ الجسم م والجسم الآخر م١ ، ولدواعى البساطة ، نفترض أن لكل منهما حافة مستقيمة ، بحيث يمكننا أن نضع الحافتين معا

ونقارن النقاط التى على طول كل منهما . (انظر الشكل ٩ ـ ٥) .

افترض أن النقطتين أ ، ب تحددان الجزء س ، وبالمثل النقطتين أَ ، بَ تحددان الجزء سَ . نقول أن الجزء س متطابق مع الجزء سَ ، إذا وضعنا الحافتين بجانب كل منهما الأخرى ، ووجدنا أن النقطة أ تتطابق مع النقطة أَ ، والنقطة ب تتطابق مع بَ . هذا هو الاجراء العملى لتقرير أن الجزء س ، سَ متطابقان .



شكل ٩ ـ ٥

فإذا أجرينا الاختبار عدة مرات ، ووجدنا تطابق النقطتين على الجزء س مع النقطتين على الجزء سَ ، نستنتج من ذلك ، أننا إذا أعدنا التجربة فى أى زمن مستقبلى ، فمن المحتمل أن تكون النتيجة واحدة . وبالإضافة إلى ذلك ، إذا وجدنا تطابق العلامات فى م مع نظيرها فى مَ فى كل زمن أجرينا فيه الاختبار ، قلنا أن م ، مَ شديدتا الصلابة .

ومن الضرورى أن نفطن إلى أننا قد تجنبنا الدور هنا . لأننا لا نتحدث عن صلابة كلية لـ م ،

كما أننا لانزعم أن م تظل دائما ثابتة فى الطول . ولكن كل ماأردنا قوله هو أن للجسمين صلابة بالنسبة إلى كل منهما الآخر . فإذا اخترنا م بوصفها مقياسا للقضيب ، ووجدنا أن العلامات المحددة على م١ تظل ثابتة فى الطول ، ثم اخترنا م١ بوصفها مقياسا للقضيب ووجدنا أن العلامات المحددة على م تظل ثابتة ، فإن ما نحصل عليه هنا ، هو مفهوم الصلابة النسبية ، أى صلابة الجسم بالنسبة إلى آخر .

وعندما نفحص الأجسام المختلفة فى العالم ، نجد أن العديد منها ليست له صلابة بالنسبة إلى الأخرى . افترض على سبيل المثال ، يداى . أننى أضمهما معا ، ولذلك أجد أن أزواجا معينة من النقاط على أطراف أصابعى تتطابق ، وأضمهما مرة أخرى ، فأجد أن مواضع أصابعى تتغير ، فلا تتطابق نفس أزواج النقاط ، ولذلك فاننى لااستطيع أن أزعم أن يدى قد ظلتا صلبتين بالنسبة لكل منهما الأخرى . ويصدق نفس الشئ إذا قارنا بين جسمين مصنوعين

فيه الأجسام الحديدية صلبة نسبيا كل منها بالنسبة للأخرى ، والأجسام النحاسية صلبة نسبيا كل منها بالنسبة للأخرى . أما الجسم الحديدى فلايكون صلبا بالنسبة إلى جسم نحاسى . ليس ثمة تناقض منطقى هنا ، فهو عالم ممكن . فإذا عشنا فى مثل هذا العالم واكتشفنا أنه يحتوى

على فئة واسعة جدا من العمليات المتكافئة فى دوريتها ، فقد يواتينا الحظ فى ظرف عرضى آخر للطبيعة ، فنصادف ، بشكل امبيريقى ، وجود فئة واحدة واسعة جدا من الأجسام التى تكون صلبة بشكل تقريبى كل منها بالنسبة إلى الأخرى . وليكن الجسمان من المعدن أو الحديد أو النحاس .. وهكذا ، أو حتى جسمان من الحجارة أو الخشب ، ولكن فى حالة الخشب لابد أن يكون قد جف جيدا ، وزال عنه الاخضرار . إذن هناك الكثير جدا من الجوامد التى يمكن أن نصنع منها أجساما صلبة ، ونقارن احداها بأخرى . ونفتقر إلى هذه الصلابة بالطبع إذا قمنا بثنى الجسم أو جعلناه يتمدد بالتسخين ، وهكذا الأجسام تسلك بطريقة منتظمة إلى أقصى حد .

ولعلك تتذكر ، أننا فى معرض مناقشتنا للدورية ، رأينا أنه ليس ثمة ضرورة منطقية تلزمنا أن نؤسس مقياسنا للزمن على واحدة من العمليات الدورية التى تنتمى إلى فئة واسعة من العمليات المتكافئة . وإنما وقع اختيارنا على هذه العملية فقط دون غيرها لأن الاختيار قد أدى إلى بساطة أكثر فى قوانيننا الطبيعية . وهناك اختيار مماثل هنا فليس ثمة ضرورة منطقية لكى

فى كل مرة تجرى فيها القياس ، نحصل على قيم مختلفة . ولن يرحب عالم الطبيعة بالطبع بأن يثقل كاهله بمجموعة من القوانين الفيزيائية المعقدة فى وصف مثل هذه الظواهر . أما إذا اخترنا - من الناحية الأخرى - قضيبا معدنيا واتخذناه مقياسا للطول ، فاننا نجد عددا كبيرا من الأجسام فى العالم التى تصلح لمعيارنا ، ومن ثم ندخل انتظاما أكبر بكثير ، وأبسط فى وصفنا للعالم .

وينشأ هذا الانتظام بالطبع ، من طبيعة العالم الواقعى . افترض أننا نحيا فى عالم تكون على مقدار كبير من النحاس والحديد ، فكيف نختار بين الاثنين كأساس مناسب للقياس ؟ بالطبع سوف يكون لكل اختيار ضرره . فإذا كانت المعادن الأخرى شبيهة بذلك ، لواجهنا اختيارات صعبة أكثر . ولكن لحسن الحظ أننا نحيا فى عالم ليس على هذا النحو ، وإنما كل المعادن فيه صلبة بالنسبة لكل منها الأخرى . ولذلك ينبغى علينا أن نتخذ واحدة منها بوصفها مقياسا لنا . وعندما نفعل ذلك ، يتبين لنا أن الاجسام المعدنية الأخرى صلبة كذلك .

وهكذا ، يصبح من المرغوب فيه بشكل واضح أن نقيم مقياسنا للطول على قضيب معدنى أكثر منه على قضيب مطاطى ، كما نقيم مقياسنا للزمن على بندول أكثر منه على نبض القلب ، وذلك لأننا نميل إلى نسيان أن هناك مركبا اجرائيا فى اختيارنا لمقياس ما ، هذا المركب الذى شددت عليه فى أطروحتى للدكتوراه " فى المكان " on space وشدد عليه ريشنباخ أخيرا فى كتابه " فى المكان والزمان " " On space and time " .

الفصل العاشر

المقادير المشتقة واللغة الكمية

متى توصلنا إلى قواعد لقياس بعض المقادير ، مثل الطول المكانى ، وطـــول الزمن ، والكتلة ، يمكننا أن ندخل ـ على أساس تلك المقادير " الأولية ـ مقادير أخرى بالتعريف . وتسمى هذه المقادير ، المقادير " المعرفة " أو " المشتقة " . ويمكن تحديد قيمة المقدار المشتق دائما بطريقة غير مباشرة ، وذلك بمساعدة تعريفه من قيم المقادير الأولية المتضمنة فى التعريف .

ومع ذلك يمكن فى بعض الحالات أن نستحدث أداة تقيس المقدار المشتق بشكل مباشر . فعلى سبيل المثال ، ينظر إلى الكثافة بشكل عام على أنها مقدار مشتق ، لأن قياسها يعتمد على قياس طول وكتلة المقادير الأولية . وذلك بأن نقيس حجم وكتلة جسم ما بشكل مباشر ، ومن ثم نعرّف كثافته بوصفه حاصل الكتلة مقسوما على الحجم . ومن ناحية أخرى يمكن أن نقيس كثافة سائل بشكل مباشر ، وذلك عن طريق المسيل (١) a hydrometer ، وهو عبارة عن زجاجة عائمة لها ساق طويلة رفيعة مثل الترمومتر (مقياس الحرارة) ، وعلى الساق علامات لمقاييس تشير إلى العمق الذى تغوص فيه الاداة فى السائل محل الاختبار . وعن طريق قراءة هذا المقياس ، تتحدد كثافة السائل التقريبية بشكل مباشر . ومن ثم لاينبغى النظر إلى التمييز بين المقادير الأولية والمشتقة بوصفها شيئا أساسيا ، وإنما هو تمييز يعتمد على الاجراءات العملية التى يتبناها الفيزيائيون فى اجراء مقاييسهم .

وإذا لم يكن الجسم متجانسا ، لتحدثنا عن " كثافة متوسطة " ، وقد يكون من المغرى لشخص ما أن يقول أن كثافة مثل هذا الجسم ـ عند أى نقطة مفترضة ـ لابد من التعبير عنها بوصفها حاصل الكتلة المقسوم على الحجم ، ولكن لأن الموضوع منفصل ، فلايمكن تطبيق مفهوم الحد هنا . أما فى حالات المقادير المشتقة الأخرى فإن مفهوم الحد يعد ضروريا . افترض مثلا أن هناك جسما يتحرك بطول طريق ، وأنه اثناء الفاصل الزمنى للطول ت ، تحرك هذا الجسم بالطول المكانى م . ويمكننا الآن تعريف " سرعته " ، وهو مقدار مشتق آخر ، بوصفه خارج

قسمة Δم /Δت أما إذا كانت السرعة غير ثابتة ، لأمكننا فى هذه الحالة فقط أن نقول أن " سرعته المتوسطة " أثناء هذا الفاصل الزمنى كانت Δم/Δت . فما هى سرعة الجسم فى نقطة زمنية معينة أثناء هذا الفاصل ؟ الحقيقة أنه لايمكن الاجابة على هذا السؤال عن طريق تعريف

$$\frac{\text{ق س}}{\text{ق ت}} = \text{الحد } \frac{\Delta\text{س}}{\Delta\text{ت}} \quad \text{بالنسبة لـ}\Delta\text{ت} \longrightarrow \text{صفر}$$

ولذلك فإن التسارع اللحظى يكون هو نفسه المشتق الثانى لـ م بالنسبة إلى ت : والاختيار الاجرائى معناه ، أنه ليس ثمة علة منطقية تمنعنا من اختيار تذبذب المطاط أو نبض القلب ، وإنما كل ما فى الأمر أننا سوف ندفع الثمن غاليا جدا خاصة إذا كنا بصدد تطوير الفيزياء ،

لأنهـــا سوف تصبح معقدة بشكل خيالى ، وذلك بسبب تعاملنا مع عالم من عدم الانتظام الكامل . ولايعنى هذا بالطبع أن الاختيار تم عشوائيا ، وإنما الاختيار الواحد مشروع تماما مثل أى اختيار آخر . كما أنه هناك أسس عملية متينة ، ألا وهى وجود العالم على ما هو عليه بالنسبة لتفضيل قضيب الصلب والبندول .

وقد نختار فى أحدى المرات مقياسا معياريا مثل قضيب من الصلب ، ونواجه باختيار آخر . ويمكننا أن نقول أن طول هذا القضيب المعين هو وحدتنا ، بقطع النظر عن التغيرات فى درجة حرارته أو مغناطيسيته وهكذا ، أو يمكننا أن ندخل عوامل تصحيح معتمدة على مثل هذه

بدلا من مطاطى . فان هذا الاختيار إنما يؤدى إلى تبسيط واسع للقوانين الفيزيائية .

$$أ = \frac{ف س}{ق ت} = \frac{ق ر ٢ م}{ق ت ٢}$$

وربما يقول فيزيائى من حين لآخر أن كثافة نقطة معينة فى جسم فيزيائى هو المشتق فى كتلته بالنسبة إلى حجمه ، ولكن هذه الطريقة تقريبية فقط فى الحديث ، ولايمكن أن نأخذ قضيته بشكل حرفى ، لأنه على الرغم من أن المكان والزمان ، فى فيزياء اليوم ، غير منفصلين ، إلا أن توزيع الكتلة فى الجسم ، لايوجد ـ على الأقل فى المستوى الجسيمى أو الذرى . ولهذا السبب لايمكننا الحديث بشكل حرفى عن الكثافة بوصفها مشتقة بالمعنى الذى يمكن لمفهوم هذا الحد أن ينطبق على المقادير المستمرة (غير المنفصلة) بشكل حقيقى .

وهناك العديد من المقادير المشتقة الأخرى فى الفيزياء . ولكى نتعرض لها ، علينا ألا ننزلق فى أحكام معقدة مثل تلك التى ناقشناها من قبل عندما تعرضنا للمقادير الأولية . ولقد تعرضنا فقط لتعريف كيف يمكن للمقادير المشتقة أن تحتسب من قيم المقادير الأولية . التى يمكن قياسها بشكل مباشر .

وتواجهنا فى بعض الاحيان مشكلة محيرة تتعلق بالمقادير الأولية والمشتقة معا . ولكى نوضح ذلك ، تخيل أن لدينا المقدارين م١ و م٢ ، وأنه عند فحصنا لتعريف م١ أو القواعد التى ترشدنا إلى كيفية قياسه نجد أن المقدار م٢ متضمن فيه ، فإذا عدنا إلى التعريف أو القواعد الخاصة بـ م٢ ، نجد أن م١ متضمن فيه . هذا يعطى انطباعا بالدور فى الاجراءات ، ولكن يمكن تجنب هذا الدور ببساطة عن طريق ما يسمى بمنهج التقريب المتتابع Method of succesive appoximation .

ولعلك تتذكر أننا درسنا فى الفصل السابق المعادلة التى تعرّف طول قياس القضيب ، ووجدنا فى تلك المعادلة عامل تصحيح للتمدد الحرارى . أى أن درجة الحرارة كانت ضمن مجموعة من القواعد المستخدمة فى قياس درجة الحرارة . ولعلك تتذكر أيضا أننا فى معرض عرضنا لقواعد قياس درجة الحرارة ، أشرنا إلى الطول أو بالأحرى إلى حجم سائل الاختبار المستخدم فى الترمومتر ، ولكن هذا الحجم قد تحدد بالطبع بمساعدة الطول . ومن ثم يبدو أن لدينا هنا مقدارين ، الطول ، ودرجة الحرارة ، كل منهما يعتمد على الأخر فى تعريفه ، ويبدو فى هذا الأمر دورا ، ولكنه فى الحقيقة ليس كذلك .

هناك طريقة واحدة فقط للخروج من هذا المأزق ، وهى أن ندخل أولا مفهوم الطول دون اعتبار لعامل التصحيح الخاص بالتمدد الحرارى . غير أن هذا المفهوم لن يعطينا مقاييس شديدة

الاحكام ، ولكنه سوف يؤدى وظيفته بطريقة مرضية إلى حد ما ، إذا لم يكن مطلوبا الاحكام الدقيق . فإذا كان قضيب الحديد مثلا هو المستخدم فى القياس ، لكان التمدد الحرارى ـ تحت الظروف العادية ـ صغيراً إلى الحد الذى تظل فيه المقاييس محكمة إلى حد ما . وسوف يزودنا هذا بمفهوم أول عن الطول المكانى ل ١ . ويمكننا الآن استخدام هذا المفهوم فى عمل ترمومتر ، فإذا كنا بصدد قياس قضيب من الحديد ، نضع علامة بطول الانبوبة التى تحتوى على سائل الاختبار ، ولأننا يمكننا عمل هذا المقياس باحكام مناسب ، فاننا نحصل أيضا على احكام مناسب عندما نقيس درجة الحرارة على هذا المقياس . وبمثل هذه الطريقة ندخل مفهومنا الأول عن درجة الحرارة ح١ . ويمكننا الآن استخدام ح١ فى صياغة مفهوم دقيق للطول ل ٢ ، ويتم ذلك عن طريق ادخال ح١ ضمن القواعد التى تعرف الطول . ومن ثم يتيح لنا المفهوم الدقيق للطول ل ٢ أن نؤسس مقياسا أكثر دقة لمقياسنا الحرارى ، ويؤدى هذا بالطبع إلى ح٢ الذى يعد مفهوما دقيقا لدرجة الحرارة .

إن هذا الاجراء الذى عرضنا له ، سوف يدخل تحسينات ملموسة على مفهومى الطول ودرجة الحرارة معا ، بحيث تصبح الأخطاء المتوقعة طفيفة جدا . أما فى حالات أخرى ، فقد نضطر إلى اعادة الكرّة مرات عديدة قبل أن تؤدى التحسينات المتتالية إلى مقاييس دقيقة بشكل يفى باغراضنا . وينبغى التسليم بأننا لن نصل أبدا إلى منهج دقيق دقة مطلقة لقياس أى مفهوم من المفاهيم . ومع ذلك فاننا نؤكد على أنه إذا كررنا هذا الإجراء أكثر من مرة بادئين من المفهومين بشكلهما الفج ، ثم قمنا بتنقيح كل منهما بمساعدة الآخر ، لتوصلنا فى نهاية الأمر إلى قياسات أكثر دقة . وبهذه الطريقة التقنية للتقريبات المتتالية ، نتخلص فيما يبدو لنا من الوهلة الأولى أنه دائرة فاسدة .

وسوف نشرع الآن فى معالجة مسألة طالما احتلت مكانا بارزا عند الفلاسفة ألا وهى : هل يمكن للقياسات أن تنطبق على كل مظهر من مظاهر الطبيعة ؟ ألا يمكن أن تكون هناك مظاهر معينة من العالم أو حتى أنواع معينة من الظواهر لايمكن أن تخضع ـ من حيث المبدأ ـ للقياس ؟ ربما يسلم بعض الفلاسفة مثلا ، بأن كل شئ فى العالم الفيزيائى خاضع للقياس (على الرغم من انكار البعض الآخر لذلك تماما) ولكنهم يعتقدون عدم امكان ذلك إذا تعلق الأمر بالنشاط العقلى ، بل إن بعضهم يذهب إلى المدى الذى يرون فيه أن كل شئ عقلى لا يقبل القياس .

وربما تكون حجة الفيلسوف الذى يأخذ بوجهة النظر هذه ، على النحو التالى : " من حيث

المبدأ ، لايمكن قياس حدة الشعور أو شدة الألم أو درجة القوة التى أتذكر بها حادثا ماضيا . ربما أشعر أن تذكرى لحادث ما ، أكثر قوة من تذكرى لحادث آخر ، ولكننى لا استطيع أن أزعم أن قوة حادث ما يساوى ١٧ درجة بينما الحادث الآخر قوته ٥ر١٢ درجة . ومن ثم فأن قياس شدة التذكر مستحيل من حيث المبدأ . "

وللرد على وجهة النظر هذه ، دعنا نفترض أولا مقدارا من الثقل الفيزيائى . إنك عندما تلتقط حجرا وتجد أنه ثقيل ، وتقارنه بحجر آخر وتجد أنه أخف منه كثيرا ، ثم فحصت الحجرين ، فلن ترى فيهما أى أعداد أو أى وحدات منفصلة تمكنك من احصائها . إذ أن الظاهرة نفسها لا تحتوى على أى شئ عددى ، وإنما فقط على احساساتك الخاصة بالثقل . وما عليك ـ كما رأينا فى الفصل السابق ـ الا أن تدخل المفهوم العددى وذلك عن طريق اقامة اجراء لقياسه . وهذا بالتحديد هو الذى نشير إليه بوصفه أعدادا للطبيعة . numbers to nature . أما الظواهر نفسها فلاتكشف لنا الا الكيفيات التى نلاحظها . ومن ثم فإن كل شئ يقبل الحصر بعد اختراع أدوات قياسه ، وبالتالى يصبح كل شئ عدديا ، بالإضافة إلى الأعداد الأصلية التى تتعلق بالموضوعات المنفصلة .

وإذن فإن ردنا على السؤال الفلسفى الاساسى ، ينبغى ـ فيما اعتقد ـ أن يصاغ بهذه الطريقة ـ أنك إذا وجدت فى أى مجال من مجالات الظواهر ، انتظاما كافيا ، بحيث يمكنك عقد مقارنات بينها ، والقول بأنه ، فيما يختص بعلاقة ما ، أن هذا الشئ أكثر من ذلك ، وأن ذلك الشئ أكثر من شئ آخر ، إذن لكان هناك ، من حيث المبدأ ، امكانية للقياس . والان لابد أن يكون لك من الكفاءة ، ما يجعلك مؤهلا لاختراع القواعد التى عن طريقها يمكن للاعداد أن تشير إلى الظواهر بطريقة مفيدة . وكما رأينا ، فان الخطوة الأولى للوصول إلى ذلك هى الحصول على قواعد مقارنة ، وإن أمكن ، قواعد كمية . وعندما نشير بالاعداد إلى الظواهر ، لا يصبح هناك مجال للسؤال عما إذا كانت هذه الأعداد أعدادا " صحيحة " أم لا ، لأننا ببساطة نخترع أحكاما تحدد كيف يمكن للأعداد أن تشير إلى الظواهر . ومن وجهة النظر هذه ، لايوجد شئ ، من حيث المبدأ ، لايمكن قياسه .

والحقيقة أننا ، حتى فى علم النفس نجرى قياسات . فقد أدخلت قياسات الشعور فى القرن التاسع عشر ، ولعل القارئ يتذكر قانون فيبر ـ فتشنر Weber Fechner law . الذى قيل عنه فى ذلك الحين أنه مجال للسيكو ـ فيزياء psycho- physics . إذ أن الشعور الذى

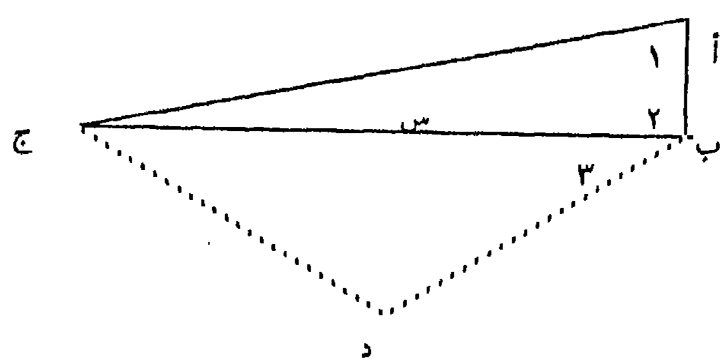
يخضع للقياس كان متعلقا أولا بشئ ما فيزيائى ، ومن ثم كانت القواعد توضع لتحدد درجة كثافة الشعور . فقد كانت قياسات الشعور تجرى على سبيل المثال بالضغط على جلد البشر عن طريق اثقال متعددة ، أو الاحساس بطبقة الصوت أو درجته ، وهكذا . وعند الحديث عن قياس طبقة الصوت ، فإن حديثنا ينصب هنا على الاحساس ، وليس على تردد موجة الصوت ، ومن ثم فاننا نؤسس قياسنا على أصغر وحدة تشير إلى الاختلاف فى طبقة الصوت ، بحيث يمكن لأى شخص التعرف على ذبذباته . ولقد اقترح س . س ستيفنز S.S.Stevens ، فى فترة ما ، اجراءً آخر يعتمد على مطابقة موضوع ما لطبقة الصوت ، الذى رأى أنه فى منتصف الطريق تماما بين طبقتى صوت آخرين . وهكذا استطعنا ـ بطرق متعددة ـ أن نخترع مقاييس تقيس مقادير سيكلوجية معينة . غير أن هذا الأمر لم يصل إلى صورته المكتملة بالتأكيد . وذلك لأن [illegible]

الولايات المتحدة وانجلترا دون أن يكون فى مقدورنا أولا بناء جسر قوى بينهما . إننا نواصل الحديث بالطبع عن المسافة المكانية بين هذا القطر وانجلترا ، وقصدنا من ذلك هو المسافة التى يمكن قياسها بقضيب قياس بشرط أن تكون سطح الأرض بين القطرين فى حالة صلبة ، غير أن السطح ليس صلبا ، وحتى إذا كان كذلك ، فلابد أن نخترع اجراءً آخر لقياس الطول .

وهذا القياس يمكن أن يكون على النحو التالى . نحدد مسافة معينة على الأرض ، بقضيب

قياس ، ولتكن هذه المسافة بين النقطتين أ ، ب (انظر الشكل ١٠ ـ ١) وعن طريق هذا الخط أ ب بوصفه الخط الاساسى يمكننا أن نحدد المسافة من ب إلى النقطة جـ المتباعدة عنها ، دون أن نستخدم قضيب القياس . وعن طريق أدوات المساحة (مسح الأراضى) ، نقوم بقياس الزاويتين ١ ، ٢ . كما أن نظريات الهندسة الفيزيائية تمكننا من حساب طول الخط س الذى هو المسافة بين ب ، جـ . وبمعلومية هذه المسافة ، وقياس الزاويتين ٣ ، ٤ ، يمكننا أن نحسب المسافة من ب إلى نقطة أبعد ولتكن د . وهكذا عن طريق اجراء يطلق عليه اسم " التثليث " traingulation (٢) نستطيع أن نقيس شبكة واسعة من المسافات . وبهذه الطريقة نتمكن من رسم خريطة لقطر واسع .

ويستخدم الفلكيون التثليث أيضا فى قياس المسافات من الأرض إلى أقرب النجوم التى تنتمى إلى مجرتنا ، ولأن المسافات التى على الأرض قصيرة جدا بحيث تصلح للاستخدام كخطوط أساسية ، فإن الفلكيين يستخدمون المسافة من نقطة مدار الأرض إلى النقطة المقابلة لها .



شكل ١٠ ـ ١

غير أن هذا المنهج تنقصه الدقة الكافية ، إذا ما تعلق الأمر بالنجوم التى تبعد عن مجرتنا بمسافات كبيرة جدا أو بقياس مسافات لمجرات أخرى . ويتطلب الأمر عندئذ استخدام مناهج أخرى . فقد نتمكن مثلا من تحديد الضوء الحقيقى لنجم من طيفه ، وذلك عن طريق مقارنة هذا الضوء بضوء لنجم مماثل له سبق أن رصدناه من على الأرض ، وتمكنا من تقدير مسافته . وهناك أيضا العديد من المناهج الخاصة بقياس المسافات ، لانقوم فيها بتطبيق قضيب القياس بشكل مباشر . فقد نرصد مقادير معينة ، وعلى أساس قوانين ارتباط هذه المقادير بمقادير أخرى ،

نتوصل إلى تقديرات غير مباشرة للمسافات .

وعند هذه النقطة تواجهنا مشكلة . إذا كان هناك اثنا عشر منهجا مختلفا لقياس مقدار فيزيائى معين ، كالطول مثلا ، ألا يحق لنا أن نتحدث عن اثنى عشر مفهوما للطول بدلا من مفهوم واحد ؟ ولقد تصدى لهذه المشكلة الفيزيائى وفيلسوف العلم بريدجمان P.W. Bridgman فى مؤلفه الكلاسيكى الحديثة " منطق الفيزياء الحديث " The Logic of Modern Physics (ماكميلان ، ١٩٢٧) ، وشدد بريدجمان على وجهة النظر التى تقول أن كل مفهوم كمى لابد أن يعرّف عن طريق قواعد تكون متضمنة فى اجراء قياسه . ويسمى هذا فى بعض الاحيان " بالتعريف الاجرائى " للمفهوم . ولكن إذا كان لدينا العديد من التعريفات الاجرائية للطول ، فانه طبقا لبريدجمان لا يمكننا الحديث عن مفهوم الطول . وإذا فعلنا ذلك لكان علينا أن نتخلى عن فكرة تعريف المفاهيم عن طريق اجراءات قياس محددة .

ووجهة نظرى فى هذا الموضوع على النحو التالى . أننى اعتقد أن من الأفضل أن نلاحظ مفاهيم الفيزياء بوصفها مفاهيم نظرية فى عملية وجود متعين بطرق أقوى فأقوى ، وليست بوصفها مفاهيم تم تعريفها بشكل كامل عن طريق احكام اجرائية .ففى الحياة اليومية نجرى ملاحظات متعددة للطبيعة ، ونصف هذه الملاحظات فى حدود كيفية مثل " طويل " ،" قصير " ،

صحيح أننا نقـول فى لغة الحياة اليومية " أن طول حافة هذه المنضدة ثلاثون بوصة " ، ونستخدم " الطول " بمعنى يمكن تعريفه عن طريق اجراء قضيب القياس البسيط . ولكن هذا هو المعنى الضيق فقط من المعنى الكلى الشامل لمفهوم الطول . فهو المعنى الذى ينطبق فقط على مدى معين متوسط من القيم التى ينطبق عليها تقنية قضيب القياس . ولايمكن أن يطبق على المسافة التى تقع بين مجرتين أو بين جزيئين من جزيئات المادة . ومن الواضح حتى الآن أننا نحتفظ فى ذهننا بنفس المفهوم عن الحالات الثلاث . وبدلا من القول أن لدينا العديد من المفاهيم عـن الطول ، وأن كل منها يتم تعريفه باجراء عملى مختلف ، فاننى أفضل القول أن لدينا مفهوما واحدا عن الطول يتم تعريفه جزئيا عن طريق نظام كامل للفيزياء ، مشتملا على قواعد لجميع الاجراءات العملية المستخدمة فى قياس الطول .

ويصدق نفس الشئ على مفهوم الكتلة . فإذا كنا نحصر معناه فى تعريف يشير إلى توازن كفتى ميزان ، لأمكننا أن نطبق الحد هذا المصطلح على مدى صغير متوسط من القيم . ولايمكننا أن نتحدث عن كتلة القمر أو جزئ أو حتى كتلة جبل أو منزل . إذ لابد أن نميز بين عدد من المقادير المختلفة ، كل منها بتعريفها العملى الخاص . وفى الحالات التى يمكن أن نطبق فيها منهجين مختلفين لقياس كتلة نفس الموضوع ، نقول فى تلك الحالات أن للمقدارين الحادثين نفس القيمة . وسوف يؤدى كل هذا ، فى رأيى ، إلى طريقة فى الحديث شديدة التعقيد . ومن الأفضل ، فيما يبدو ، أن نتبنى الصيغة اللغوية التى يستخدمها معظم الفيزيائيين ، وننظر إلى

القيمة . وسوف يؤدى كل هذا ، فى رأيى ، إلى طريقة فى الحديث شديدة التعقيد . ومن الأفضل ، فيما يبدو ، أن نتبنى الصيغة اللغوية التى يستخدمها معظم الفيزيائيين ، وننظر إلى
الطول ، والكتلة وما إلى ذلك بوصفها مفاهيم نظرية ، وليست مفاهيم متعلقة بالملاحظة ، يتم

dence rules لأنها تساعد على ربط حدود اللغة الملاحظة مع حدود الغة النظرية .

***

هوامش

(١) المسيل (الهيرومتر) هو مقياس الثقل النوعي للسوائل (المترجم) .

(٢) وهو الاجراء الذى يستخدم فى عملية المسح أو القياس بالاستعانة بعلم حساب المثلثات (المترجم) .

الفصل الحادى عشر

فوائد المنهج الكمى

لاتستمد المفاهيم الكمية من الطبيعة ، وإنما تنشأ من ممارستنا لتطبيق الأعداد على الظواهر الطبيعية . فماهى الفوائد التى تعود علينا من ذلك ؟ إذا كانت المقادير الكمية مستمدة من الطبيعة ، لما استطعنا أن نسأل سؤالا أكثر من هذا السؤال : ما هى فوائد الألوان ؟ ربما لم يكن للطبيعة ألوان ، ولكن لحسن الحظ أن نجدها فى العالم ، إنها ببساطة جزء من الطبيعة ، ولايمكننا أن نتصرف حيالها أى تصرف . أما فيما يتعلق بالمفاهيم الكميـة ، فان الموقـف يختلف ، لأنها جزء من لغتنا ، وليست جزءا من الطبيعة . نحن الذين نقوم بتقديمها ، ولذلك يحق لنا أن نتساءل لماذا نقوم بتقديمها ، لماذا نتكبد كل هذه المتاعب فى ابتكار القواعد والمسلمات المعقدة لكى نحصل أخيرا على مقادير يمكن قياسها بمقاييس عددية ؟

لابد أننا نعرف جميعا اجابة هذا السؤال . لقد قلنا مرارا وتكرارا أن التقدم الهائل للعلم ، وبصفة خاصة فى القرون القليلة الماضية ، لم يكن متاحا بدون استخدام المنهج الكمى (ولقد كان جاليليو هو أول من أدخل هذا المنهج بطريقة محكمة . ولاشك أن آخرين قد استخدموا هذا المنهج قبل ذلك ، ولكن إليه يرجع الفضل فى اعطاء قواعد واضحة له) ، ومازالت الفيزياء تسعى ، كلما أمكنها ذلك ، إلى ادخال مفاهيم كمية . ولقد حذت علوم أخرى حذوها فى العقود الأخيرة . ولايداخلنا أدنى شك فى أن هذا كله مفيد ، ولكن من الأفضل لنا أن نعرف ، وبدقة تفصيلية أكبر ، أين تكمن مثل هذه الفوائد ؟ .

أولا وقبل كل شئ ، هناك زيادة كبيرة فى فعالية مفرداتنا ، وبرغم أن هذه الفائدة تعد ضئيلة الشأن ، إلا أننا كنا قبل أن ندخل مفهوم الكم ، نستخدم العديد من الألفاظ أو الصفات الكيفية المختلفة ليتسنى لنا وصف الحالات الممكنة المتعددة لمقدار موضوع ما . إذ كنا ، فى غياب مفهوم درجة الحرارة مثلا ، نتحدث عن شئ ما بوصفه " ساخن جـدا " أو " ساخـن " أو " دافئ " أو " فاتر " أو " بارد نوعا ما " أو " بارد " أو " بارد جدا " ، وهكذا . وهذا هـو ما

نطلق عليه اسم المفاهيم التصنيفية . فإذا كان لدينا مئات قليلة من تلك الصفات ، ربما تصورنا أنه ليس ضروريا ، بالنسبة لأغراض الحياة اليومية المتعددة ، أن ندخل المفهوم الكمى لدرجة الحرارة . وبدلا من قولنا " أنها اليوم ٩٥ درجة " نطلق صفة طريفة تشير بدقة إلى درجة الحرارة هذه ، وبالنسبة للمائة درجة نطلق صفة أخرى ، وهكذا .

ولكن ماهى الصعوبة الكامنة فى هذه الطريقة ؟ أولا سيكون من الصعب جدا على ذاكرتنا ليس فقط أن تحتفظ بعدد كبير من الصفات المختلفة ، وإنما أيضا أن تتذكر انتظاماتها ، ولذلك سيكون علينا أن نعرف ما إذا كان هذا اللفظ المعين يشير إلى شئ أعلى أو أخفض مـن شئ آخر ، ولكن إذا أدخلنا مفهوما واحدا لدرجة الحرارة بحيث يرتبط هذا المفهوم بحالات جسم ما عن طريق الأعداد ، فلن يكون علينا سوى أن نتذكر لفظا واحدا فقط ، ونعوّض انتظام المقدار فى الحال عن طريق انتظام الأعداد . صحيح أننا ينبغى أن نتذكر الأعداد سلفا ، ولكن هذا يسير يمكننا فعله فى أى وقت ، كما يمكننا أن نطبق الاعداد على أى مقدار كمى . والا لكان علينا أن نتذكر مجموعة مختلفة من الصفات تناسب كل مقدار وتصلح لكل حالة ، بل وأن

ب بحيث تكون أ ، ب متوازين ثابتين فى الموقف المفترض . أما إذا اتخذت النقاط درجة المنحنى الثانى فاننا نحصل على دالة تربيعية a quadratic Function . وربما تكون م لوغارتما لـ ق ، أو ربما تكون دالة معقدة أكثر بحيث ينبغى أن نعبر عنها فى حدود من الدوال البسيطة المتعددة . وبعد أن نحدد الدالة الملائمة نجرى اختبارا عن طريق تكرار المشاهدات لنتأكد من أننا قد وجدنا بالفعل دالة تمثل قانونا كليا مرتبطا بالمقدارين .

ماذا يحدث فى هذا الموقف إن لم يكن لدينا لغة كمية ؟ افترض أن لدينا لغة كيفية شديدة الثراء فى مفرداتها مثلما هو موجود فى اللغة الانجليزية الحالية . فهل نستطيع الحصول على الفاظ تشير إلى " درجة الحرارة " فى لغتنا الكمية . إن كل ما نستطيع الحصول عليه فى الحقيقة إنما هو بعض الصفات المتوسطة التى تطلق على كل كيف ، وأن تكون هذه الصفات منتظمة بدقة . وبدلا من القول من مشاهدتنا الأولى أن م = ن١ ، سوف نقول أن الموضوع الذى شاهدناه هو كذا مستخدمين هنا واحدة من الصفات المتوسطة التى تشير إلى م . وبدلا من القول أن ق = هـ ١ سيكون لدينا جملة أخرى تستخدم فيها واحدة من الصفات المتوسطة التى نستدل

نضع المقدار م على الخط الأفقى لهذا الرسم ، ونفترض له القيم ن١ ، ن٢ ... وبالنسبة لقيم المقدار م نتخذ قيما للمقدار ق ، ولتكن هـ١ ، هـ٢ ... وبعد وضع النقاط التى تشير إلى قيم كل منهما على الرسم البيانى ، نصل هذه النقاط بمنحنى بسيط وربما يتخذ خطا مستقيما ، وفى هذه الحالة نقول أن م دالة خطية a linear Function لـ ق . ونعبر عن هذا بأن ق = أ م + ب بحيث تكون أ ، ب متوازين ثابتين فى الموقف المفترض . أما إذا اتخذت النقاط درجة المنحنى الثانى فاننا نحصل على دالة تربيعية a quadratic Function . وربما تكون م لوغارتما لـ ق ، أو ربما تكون دالة معقدة أكثر بحيث ينبغى أن نعبر عنها فى حدود من الدوال البسيطة المتعددة . وبعد أن نحدد الدالة الملائمة نجرى اختبارا عن طريق تكرار المشاهدات لنتأكد من أننا قد وجدنا بالفعل دالة تمثل قانونا كليا مرتبطا بالمقدارين .

ماذا يحدث فى هذا الموقف إن لم يكن لدينا لغة كمية ؟ افترض أن لدينا لغة كيفية شديدة الثراء فى مفرداتها مثلما هو موجود فى اللغة الانجليزية الحالية . فهل نستطيع الحصول على الفاظ تشير إلى " درجة الحرارة " فى لغتنا الكمية . إن كل ما نستطيع الحصول عليه فى الحقيقة إنما هو بعض الصفات المتوسطة التى تطلق على كل كيف ، وأن تكون هذه الصفات منتظمة بدقة . وبدلا من القول من مشاهدتنا الأولى أن م = ن١ ، سوف نقول أن الموضوع الذى شاهدناه هو كذا مستخدمين هنا واحدة من الصفات المتوسطة التى تشير إلى م . وبدلا من القول أن ق = هـ ١ سيكون لدينا جملة أخرى تستخدم فيها واحدة من الصفات المتوسطة التى نستدل بها على كيفيــة ق . وبتعبير أدق لن تنطبق الصفتين على النقاط التى على محاور رسمنا البيانى ، ولن يكون فى مقدورنا أن نحصل على صفات كافية نقوم بتطبيقها على جميع النقاط التى على الخط ، وإنما كل ما سوف نحصل عليه هو فواصل بطول كل خط . وسوف تشير الصفة مثلا ، إلى فاصل يحتوى على ن ١ . وتنطبق الفواصل المتوسطة التى على طول محور م على صفاتنا المتوسطة لـ م ، وقد لايكون لهذه الفواصل حدود فاصلة أو قد تتداخل إلى حد ما . ومن ثم لن نستطيع أن نعبر ـ عن طريق هذه اللغة ـ عن قانون بسيط يأخذ مثلا الصورة ق = أ + ب م + جـ م ٢ . قد نستطيع مثلا أن نحدد على وجه الدقة كيف نزاوج بين صفة متوسطة لـ م مع صفة متوسطة لـ ق ، ولكن لانستطيع أن نعبر عن هذا القانون البسيط .

وبتحديد أكثر ، افترض أن م تشير إلى كيفيات تعبر عن السخونة ، وتشير ق إلى الألوان ، فإن القانون الذى يربط بين هاتين الكيفيتين سوف يتألف من مجموعة من القضايا الشرطية المتوسطة التى تأخذ الصورة " إذا كان الموضوع ساخنا جدا جدا جدا (وبالطبع سيكون لدينا صفة

واحدة للتعبير عن هذا) ، إذن لكان لونه احمر ساطعا ولدينا بالفعل فى اللغة الانجليزية عدد كبير جدا من صفات الألوان ، ولكن ذلك هو المجال الوحيد تقريبا من الكيفيات الذى يمكننا أن نجد له العديد من الصفات . أما فيما يتعلق بمعظم المقادير فى الفيزياء ، فلن نجد سوى أقل القليل من الصفات المعبر عنها فى لغة كيفية . ومن ثم يصبح القانون المعبر عنه فى لغة كمية أقصر ، وابسط كثيرا من التعبيرات المرهقة التى يمكن أن نتزود بها إذا ما حاولنا أن نعبر عن نفس القانون بألفاظ كيفية . وبدلا من صياغة معادلة واحدة بسيطة وموجزة ، سوف نضطر إلى صياغة العديد من قضايا " إذا .. إذن " يتألف كل منها من محمول فئة مع محمول فئة أخرى .

ومع ذلك فإن الميزة الكبرى للقانون الكمى ، ليست فى كونه موجزا ، ولكن فى كونه سهل الاستخدام . فما أن يكون لدينا قانون فى صيغة عددية ، حتى يمكننا أن نستخدم ذلك الجزء القوى من المنطق الاستنباطى الذى نسميه رياضيا ، وبهذه الطريقة نتمكن من عمل تنبؤات . وبالطبع يمكن للمنطق الاستنباطى ، فى حالة اللغة الكيفية أن يستخدم لعمل تنبؤات أيضا ، كأن نستنبط من المقدمة " هذا الجسم الساخن جدا جدا جدا جدا " التنبؤ " هذا الجسم أحمر ساطع " ، ولكن هذا الاجراء مرهق جدا بالمقارنة بطرق الاستنباط القوية والملائمة التى هى جزء من الرياضيات .

هذه هى إذن الميزة الكبرى للمنهج الكمى . فهو يسمح لنا بأن نعبر عن القوانين فى صيغة تستخدم الدوال الرياضية التى يمكننا ، عن طريقها ، أن نقوم بعمل تنبؤات أكثر كفاية وإحكام .

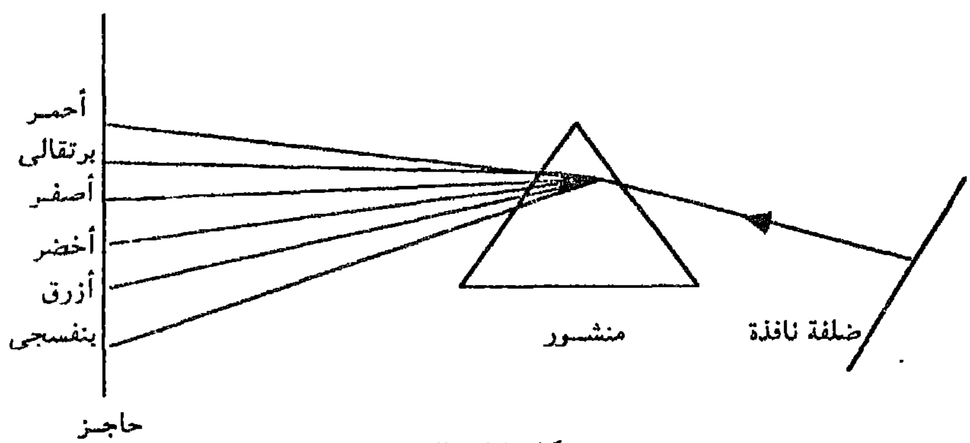
لاشك أن هذه الفوائد عظيمة إلى الدرجة التى لايمكن لأحد أن يفكر فى اقتراح يدعو فيه أن تتخلى الفيزياء عن اللغة الكمية والعودة إلى اللغة الكيفية قبل العلمية . ومع ذلك ففى الأيام المبكرة للعلم ، عندما كان جاليليو يحسب السرعات التى تسقط بها الكرات على أسطح مستوية مائلة أو دورات بندول ، كان هناك من يتساءل : " ما هى الفائدة التى تعود علينا من كل هذا ؟ وكيف يساعدنا ذلك فى الحياة اليومية ؟ ما أهمية أن نعرف ما يحدث للاجسام عند سقوطها فى مسار ما ، صحيح أنه فى بعض الأحيان ، عندما انزع قشرة بسلة ، فهى تسقط من على منضدة مائلة ، ولكن ما قيمة حساب تسارعها الدقيق ؟ وما هو الاستخدام العلمى الذى يمكن أن يعود علينا من مثل هذه المعرفة المكتسبة ؟ " .

واليوم ، لا نجد من يتحدث بمثل هذه الطريقة ، لأننا جميعا نستخدم عشرات الأدوات المعقدة

ـ سيارة ، ثلاجة ، جهاز تلفاز ـ ونعلم علم اليقين أنها لم تكن ممكنة إذا لم تتطور الفيزياء بوصفها علما كميا . ولقد تبنى صديق لى يوما ما اتجاها فلسفيا يرى فى تطور العلم الكمى أنه شئ يؤسف له ، لأنه يؤدى إلى آلية الحياة . وكان ردى على هذا هو ، أنه إذا أراد أن [illegible]

وأخيرا كان جوته متشككا من جدوى المنهج الكمى . فهو قد سلم بأننا إذا كنا بصدد اجراء قياسات دقيقة للزوايا أو المسافات أو السرعات أو الأوزان .. الخ وقمنا عندئذ باجراء حسابات رياضية تعتمد على نتائج هذه القياسات ، فربما يكون هذا مفيدا لأغراض تقنية بحتة . أما الذى تشكك فيه فهو ما إذا كانت هذه هى الطريقة المثلى لبلوغ الهدف الذى نسعى إليه ، ألا وهو الرغبة فى اكتساب تبصر حقيقى لمجريات الطبيعة . الحقيقة أن موقفنا الحالى من المناقشة التى كانت دائرة بين المنهج النيوتونى التحليلى ـ التجريبى الكمى ، وبين اطروحة جوته الخاصة بالحدس الكيفى الفينومينولوجى المباشر هو أن طريقة جوته لم تنتصر فى الفيزياء فحسب ، وإنما هى تحرز انتصارات أخرى فى مجالات متعددة من العلم ، وتكتسب كل يوم أرضا جديدة حتى فى نطاق العلوم الاجتماعية . كما أن من الواضح اليوم أن التقدم العظيم الذى أحرزته الفيزياء بصفة خاصة فى القرون الأخيرة ، لم يكن له أن يتحقق دون استخدام المناهج الكمية .

تلاحظ الشجرة والثعلب في بيئتهما الطبيعية . ولقد نقل جوته هذه الفكرة إلى الفيزياء . فإذا أراد شخص ما أن يشاهد عاصفة رعدية ، فإن أفضل شئ يفعله هو أن يخرج أثناء العاصفة الرعدية وينظر إلى السماء ، ويفعل نفس الشئ مع الضوء والألوان . فلابد للمرء أن يشاهدهما وهما يحدثان في الطبيعة . أن يرى الطريقة التي يتخلل بها الضوء الشمس السحاب ، وكيف تتغير ألوان السماء عندما تغرب الشمس . طبق جوته هذه الطريقة ، ووجد انتظامات معينة ، ولكنه عندما قرأ كتاب نيوتن المشهور " البصريات " Optics وأطلع على تقرير نيوتن بأن الضوء الأبيض الصادر عن الشمس إنما هو مركب من جميع ألوان الطيف ، أعلن سخطه الشديد على نيوتن . لماذا كان جوته ساخطا ؟ لأن نيوتن لم يشاهد الضوء في ظروف طبيعية ، وإنما أجرى تجربته الشهيرة وهو قابع في منزله وفي حوزته منشور . فلقد اظلم معمله وقطع شقا طوليا في مصراع النافذة (انظر الشكل ١١ ـ ٢) بحيث لايسمح هذا الشق الضيق الا بدخول شعاع بسيط من ضوء الشمس في الحجرة . ولقد لاحظ نيوتن أنه عند مرور هذا الشعاع من



شكل ١١ ـ ٢

خلال منشور فأنه يلقى على الحاجز بعدد من الألوان المختلفة التي تقع ما بين الأحمر والبنفسج ، وأطلق على هذا الانموذج اسم الطيف Spectrum . وبقياس زوايا الانكسار على المنشور ، استنتج اختلاف هذه الزوايا بالنسبة لاختلاف الألوان ، فكان أقلها للأحمر وأكبرها للبنفسجي . وقاده هذا إلى الافتراض بأن المنشور لم ينتج الألوان ، وإنما هو مجرد مفرّق للألوان المتضمنة في الشعاع الأصلي لضوء الشمس ، وقام باثبات هذا الافتراض عن طريق تجارب أخرى .

وجه جوته العديد من الاعتراضات لفهم نيوتن العام للفيزياء ، واتخذ هذه التجربة مثالا

واضحا لاعتراضاته . فقد أعلن أننا إذا حاولنا فهم الطبيعة ، فلابد أن نثق أكثر بالانطباع اللحظى الذى تستقبله حواسنا ، وليس بالتحليل النظرى . لأن اللون الأبيض يبدو لنا بوصفه لونا بسيطا تماما ، أنه عديم اللون ، وينبغى أن نقبله كذلك ، ولانستحضره بوصفه مؤلفا من عدة ألوان . كما رأى جوته أيضا أنه من الخطأ أن ننظر إلى ظاهرة طبيعية ، كضوء الشمس مثلا ، تحت شروط اصطناعية تجريبية . فان أردت أن تفهم ضوء الشمس ، فلا ينبغى عليك أن تظلم

وفى الكتاب المشهور الذى قام بتأليفه كل من س . ك أوجـــدن C.K. Ogden و ى . أ ريتشاردز I. A. Richards معنى المعنى " The Meaning of Meaning " ، نجد أمثلة ممتازة ، وبعضها طريف للغاية ، لما يطلق عليه المؤلفان اسم " سحر الكلمة " . إذ أن للعديد من الناس نظرة سحرية للغة ، وهى تلك النظرة التى ترى أن هناك ارتباطا من نوع ما ـ طبيعيا وخفيا ـ بين كلمات معينة (وهى بالطبع الكلمات التى تكون مألوفة فقط) ومعانيها . والحقيقة أن المصادفة التاريخية وحدها ، فى مسار تطور ثقافتنا ، هى التى جعلت لكلمة " أزرق " معنى لونيا معينا . ففى الالمانية ينطبق هذا اللون " blau " ، وفى لغات أخرى نجد أصواتا أخرى مرتبطة به . ومن الطبيعى بالنسبة للأطفال الذين اعتادوا على كلمة " أزرق " فى لغتهـم الأصلية ، أن يعتقدوا أنها كلمة طبيعية ، فى حين أن الكلمات الأخرى لها تعد خاطئة تماما أو هى غريبة بالتأكيد . ولكن عندما يشبون عن الطوق ، يصبحون اكثر تسامحا ، ويقولون : " ربما يستخدم الناس الآخرون الكلمة " blau " ، ولكنهم يستخدمونـهـا ليعنرا بها شيئا هو أزرق بالفعل " . أما بالنسبة للطفل الصغير فالمنزل هو المنزل ، والوردة هى الوردة ، ولاشـــئ غير ذلك .

شوبنهور Arthur Schopenhauer مقالة قصيرة عن الرؤية والألوان ، اتخذ فيها موقفا مؤيدا لجوته وجعله على صواب دائما ، أما نيوتن فقد جعله خاطئا تماما وذلك فى جدالهما التاريخى . وأدان شوبنهور ليس فقط تطبيق الرياضيات على العلم ، وإنما أيضا تكنيك البراهين الرياضية ، وأطلق عليها اسم " براهين مصيدة الفئران " . ولقد ذكر كمثال لذلك البرهان الخاص بنظرية فيثاغورس المألوفة . فذهب إلى أن هذا البرهان صحيح ، وليس فى مقدور أى شخص أن يكذبه ويعلن خطأه . ولكن الطريقة التى يتم بها التعليل فى هذا البرهان ، إنما هى طريقة اصطناعية تماما ، فأنت تنقاد خطوة خطوة بقناعة تامة ، وعندما تصل إلى نتيجة البرهان يداهمك احساس بأنك قد وقعت فى مصيدة فئران . فالرياضى يضطرك إلى التسليم بصحة نظريته ، ولكنه يفشل فى اكسابك أى فهم حقيقى ، فتكون كما لو أنك قد انقدت إلى متاهة بخطى واسعة ، وتغمغم لنفسك قائلا : " نعم ، أنا هنا ، ولكننى لا أعرف حقيقة كيف أتيت " وفيما يتعلق بتعلم الرياضيات ، فان وجهة النظر هذه تدعونا إلى أن نولى اهتماما أكبر للفهم الحدسى ، لما نفعله فى كل خطوة من خطوات البرهان الرياضى ، ولماذا اتبعنا تلك الخطوات دون غيرها ، ويتم ذلك كله بطريقة من الطرق .

وحتى نتمكن من اعطاء اجابة واضحة عن السؤال الذى يتعلق بحقيقة فقدنا لشئ ما عند وصفنا للعالم عن طريق الاعداد ، كما يعتقد بعض الفلاسفة ، فاننا ينبغى أن نميز بوضوح بين موقفين لغويين : لغة تهمل بالفعل كيفيات معينة لموضوعات نقوم بوصفها ، ولغة يبدو أنها

عصره . بل إنه أجرى بنفسه ملاحظات وتجارب امبيريقية . وإذا قدر له أن يشهد تطور العلم من عصره إلى عصرنا ، فاننى لمتأكد بأنه سوف يكون شديد التحمس للطريقة العلمية فى التفكير والحديث ، وربما كان واحدا من رواد علماء اليوم . ومن ثم فاننى اعتقد بأن ريزلر إنما يظلم أرسطو كثيرا بنسبة هذه الآراء اليه .

ومن الممكن ، فيما أظن ، أن ريزلر يقصد من ذلك أن يقول فقط بأنه لاينبغى على العلم أن يركز فقط على المفاهيم الكمية ، ويهمل كل تلك المظاهر التى تبدو فى الطبيعة ، والتى لا تحتمل أن تتحول إلى صياغات دقيقة عن طريق الرموز الرياضية . وإذا كان هذا هو كل مقصده ، إذن لكنا قد اتفقنا معه بالطبع . ففى مجال علم الجمال مثلا ، لم يحدث تقدم كبير فى تطور المفاهيم الكمية . ولكن يظل من الصعب دائما أن نقرر سلفا عدم جدوى ادخال القياس العددى فى هذا المجال ، وإنما ينبغى أن نترك هذا الأمر للمشتغلين به . فإذا ارتأوا وسيلة لعمل ذلك بشكل مفيد ، أدخلوه . أما أن نثبط الهمة ونصادر على محاولات لم تجر بعد ، فهذا ما لا ينبغى علينا فعله . فإذا كنا نستخدم اللغة لأغراض جمالية ـ وليس كمبحث علمى فى علم الجمال ، وإنما لادخال متعة جمالية فحسب ـ فاننا بالطبع لن نختلف حول عدم ملاءمة اللغة الكمية . كما أننا إذا أردنا أن نعبر عن احساساتنا تجاه صديق فى رسالة أو فى قصيدة من الشعر الغنائى ، فمن الطبيعى أن نختار لذلك لغة كيفية . لأننا فى حاجة إلى كلمات مألوفة لدينا بحيث يمكنها أن تستدعى فى الحال عددا من المعانى وتداعى الخواطر .

لغة بالمعنى العادى للكلمة ، وإنما هى لغة بالمعنى العمومى الأكثر الذى يغطى معلومة ، ومع ذلك فان هذه الصورة تفتقر إلى مجموعة من الأشياء . أولها أنها لاتعطى بعدا للعمق ، كما أنها لاتخبرنا بشئ عن ألوان المبانى . ولايعنى هذا أنك لا يمكنك أن تجرى استدلالات صحيحة عن العمق واللون .لأنك إذا رأيت صورة لثمرة الكرز مأخوذة بالأبيض والأسود ، فإنك تفترض أن ثمرة الكرز ربما كانت حمراء اللون . ولكن هذا مجرد استدلال ، لأن الصورة نفسها لاتنقل لون ثمرة الكرز .

والآن دعنا نعود إلى الموقف الذى تبدو فيه الكيفيات وكأنها بلا لغة ، وهى فى الحقيقة ليست كذلك ، افترض انك ترى لأول مرة صحيفة موسيقية فيها مجموعة من العلامات الموسيقية ، ربما تتساءل كطفل ، قائلا : " ماهذه الأشياء الغريبة التى أراها هنا ؟ اننى أرى خمسة خطوط مستقيمة مرسومة بعرض الصحيفة . وهذه الخطوط مغطاة ببقع سوداء ، ولبعض هذه البقع ذيول " .

ويقال لك : " إنما هذه هى الموسيقى . وكما ترى انها متسعة الأصوات بشكل جميل جدا " .

وتحتج قائلا : " ولكننى لا أسمع أى موسيقى " .

والحقيقة أن هذه المجموعة من العلامات لم تنقل اتساق الأصوات بنفس الطريقة التى ينقلها لك الحاكى " الفونوغراف " مثلا . إذ انك لم تسمع شيئا ، وبمعنى آخر فان مجموعة العلامات لم تنقل درجة النغم ودوام كل نغمة بالطريقة التى يعرف معناها الطفل . وحتى بالنسبة للبالغ ، لايظهر اتساق الأصوات إلا بعد أن يكون قد عزفها على بيانو أو سأل شخصا ما أن يعزفها

يعد موضوع طبيعة الهندسة فى الفيزياء على جانب عظيم من الاهمية فى فلسفة العلم ـ وبالمناسبة ـ فان لى اهتماما خاصا بهذا الموضوع ـ إذ أننى كتبت أطروحتى فى الدكتوراه فى هذا الموضوع ، وعلى الرغم من أننى منذ ذلك الحين لم أنشر سوى القليل عنه ، إلا أنه من الموضوعات التى جعلتنى دائم التفكير فى إنتاج الكثير حوله .

إذن ما هى الأهمية التى يحتلها ؟ أولا وقبل كل شئ ، نجده يتعامل مع تحليل نظام المكان ـ الزمان ، الذى يعد بناء أساسيا فى الفيزياء الحديثة . وبالإضافة إلى ذلك تعد الهندسة الرياضية والهندسة الفيزيائية نموذجين ممتازين لوسيلتين مختلفتين بشكل أساسى فى اكتساب المعرفة : القبلية والتجريبية . وإذا فهمنا بوضوح التمييز بين هاتين الهندستين ، لكانت لدينا بصيرة نفاذة ذات قيمة فى المشكلات المنهجية الهامة التى تطرحها نظرية المعرفة .

طبيعية . فإذا سمعت كلمة " أزرق " ، فانك تتخيل فى الحال اللون الأزرق . وتكون انطباعا ، كالأطفال تماما ، بأن كلمات اللون فى لغتنا لا تنقل اللون بالفعل . ومن ناحية أخرى إذا قرأنا عبارة قال بها فيزيائى بأن هناك تذبذبا كهرومغناطيسيا معينا ذا شدة وتردد معينين ، فلن [illegible] الذى تحدثنا عنه ـ

على التخيل ـ وهو ما أطلق عليها اسم " Anschauung " ، الحدس ـ فهى ضعيفة . ومن ثم تصبح الحقيقة يقينية تماما ليس عن طريق مشاهدتها بأعيننا بشكل مباشر وإنما إذا تمثلناها بوضوح فى عقلنا .

كيف يمكننا أن نحقق إذن القضية الكانطية التى تقرر أنه لايمكن أن يكون لخطين أكثر من نقطة واحدة مشتركة ؟ نرسم صورة للموقف فى عقلنا ، فنجد أنه يوجد خطان يتقاطعان هنا فى نقطة واحدة . فكيف يتقاطعان فى نقطة ما أخرى أيضا ؟ ومن الواضح أنهما لن يتقاطعا مرة أخرى ، لأنهما يتباعدان أكثر فأكثر كلما تحركنا بعيدا عن التقاطع . ويبدو من الواضح أيضا

الفصل الثانى عشر

النظرة السحرية للغة

لدى انطباع قوى بأن واحدة من الأسباب التى جعلت بعض الفلاسفة يعترضون على التقرير بأن العلم يعتمد على اللغة الكمية ، هى أن علاقتنا السيكولوجية بكلمات اللغة قبل العلمية ـ تلك الكلمات التى سبق أن تعلمناها عندما كنا أطفالا ـ تختلف تماما عن علاقتنا السيكلوجية بتلك الأرقام المعقدة التى دلفت أخيرا إلى لغة الفيزياء ـ ومن السهل أن ندرك كيف يمكن للأطفال أن يعتقدوا فى كلمات معينة بأنها تحمل بالفعل منطوقها ، والكيفيات التى تشير اليها . ولست راغبا فى أن أكون غير منصف لفلاسفة معينين ، ولكن يداخلنى شك فى أن هؤلاء الفلاسفة إنما يقعون أحيانا فى نفس الخطأ الذى يقع فيه الأطفال دائما فيما يتعلق بردود أفعالهم تجاه الكلمات والرموز العلمية .

وفى الكتاب المشهور الذى قام بتأليفه كل من س . ك أوجدن C.K. Ogden و ى . أ ريتشاردز I. A. Richards معنى المعنى " The Meaning of Meaning " ، نجد أمثلة ممتازة ، وبعضها طريف للغاية ، لما يطلق عليه المؤلفان اسم " سحر الكلمة " . إذ أن للعديد من الناس نظرة سحرية للغة ، وهى تلك النظرة التى ترى أن هناك ارتباطا من نوع ما ـ طبيعيا وخفيا ـ بين كلمات معينة (وهى بالطبع الكلمات التى تكون مألوفة فقط) ومعانيها . والحقيقة أن المصادفة التاريخية وحدها ، فى مسار تطور ثقافتنا ، هى التى جعلت لكلمة " أزرق " معنى لونيا معينا . ففى الالمانية ينطبق هذا اللون " blau " ، وفى لغات أخرى نجد أصواتا أخرى مرتبطة به . ومن الطبيعى بالنسبة للأطفال الذين اعتادوا على كلمة " أزرق " فى لغتهم الأصلية ، أن يعتقدوا أنها كلمة طبيعية ، فى حين أن الكلمات الأخرى لها تعد خاطئة تماما أو هى غريبة بالتأكيد . ولكن عندما يشبون عن الطوق ، يصبحون اكثر تسامحا ، ويقولون : " ربما يستخدم الناس الآخرون الكلمة " blau " ، ولكنهم يستخدمونها ليعنرا بها شيئا هو أزرق بالفعل " . أما بالنسبة للطفل الصغير فالمنزل هو المنزل ، والوردة هى الوردة ، ولاشىء غير ذلك .

وبعد ذلك يتعلم أن الناس الغرباء فى فرنسا يسمون المنزل " a maison " وإذا تساءل عن الداعى الذى جعلهم يقولون " maison " بدلا من منزل . سيقال له أنها العادة التى جعلتهم يقولون عن المنزل فى فرنسا " maison " فقد رددها الفرنسيون مئات من السنين ، ولاينبغى أن يلومهم على ذلك أو يعتقد فى أنهم أغبياء . ويتقبل الطفل أخيرا هذا التعليل ، ويرى أن للناس الغرباء حقا عادات غريبة . إذن فليستخدموا كلمة " maison " ليعنوا بها تلك الاشياء التى هى منازل بالفعل . ويبدو أنه من العسير بالنسبة للعديد من البالغين ، كما هو بالنسبة إلى الأطفال ، التملص من هذا الاتجاه المتسامح ، واكتساب البصيرة بأنه ليس ثمة أى ارتباط أساسى بين الكلمة وما نعنيه بها . وبالطبع لن يصرحوا أبدا بأن الكلمة فى اللغة الانجليزية هى الصحيحة ، بينما الكلمات فى اللغات الأخرى خاطئة ، ولكن النظرة السحرية التى لازمتهم فى طفولتهم هى التى تظل كامنة فى تفكيرهم ، وفى الغالب ، فى ملاحظاتهم .

ويقتبس أوجدن وريتشاردز المثل الانجليزى الذى يقول :"-is rightly so cal led The Divine الالهى هو مايقال عنه ذلك بحق " . وهذا يعنى بوضوح أن الالهى الهى بشكل حقيقى ، ولذلك فان تسميته الهيا صواب تماما . وعلى الرغم من أن الشخص قد يكون

كيانات أولية ، فقد كان يفضل تمثيل جزء الخط على اعتبار أن له زوجين من النقاط . وفى هذه الحالة يكون التطابق بين جزئى الخط علاقة بين زوج واحد من النقاط " One Point -Pair " ، وزوج آخر من النقاط ، وبكلمات أخرى تصبح علاقة ذات أربعة أمكنة بين النقاط وكما نرى فان الهندسة تحتاج إلى منطق للعلاقات ، هذا المنطق لم يكن له وجود فى ذلك الوقت الذى نتحدث عنه . وعندما أصبح هذا المنطق منتشرا ، فقد أمكن إماطة اللثام عن النقائض المنطقية فى البراهين المتعددة التى كانت مفترضة لبديهة التوازى . ففى نقطة ما من كل حجة ، كانوا يحتكمون إلى مقدمة اعتمدت على الحدس ، ولم يتمكنوا من اشتقاقها منطقيا من بديهيات اقليدس الأخرى . والشئ المثير للانتباه هو أن المقدمة الحدسية ، تصبح فى كل حالة بديهة للتوازى ذاتها وإنما فى شكل متنكر .

وهذا مثال للبديهة المتنكرة المكافئة لبديهة التوازى :

اذا رسمنا الخط المستقيم ل على سطح مستو

الترمومتر الخاص بك الدرجة ٥٠ المئوية " .

مايريد أن يقوله ريزلر هنا ، هو أننا لا نتفق فى لغة الحياة اليومية الكيفية على كلمات مثل " حار " و " بارد " . فإذا وصل أحد الاسكيمو من جرينلاند إلى البقعة التى تكون عليها درجة الحرارة ٥٠ ، فانه سوف يقول : " إن هذا اليوم حار نوعا " . أما الزنجى الذى يصل من أفريقيا إلى نفس البقعة فانه سوف يقول : " أنه يوم بارد " . ولم يتفق الرجلان على معنى " حار " و " بارد " ، ويتخيل ريزلر فيزيائى يقول لهما : " دعونا ننسى هاتين الكلمتين ، ونتحدث بدلا من ذلك عن درجة الحرارة ، ونتفق جميعا على أن درجة الحرارة اليوم هى ٥٠ درجة ، عندئذ يمكنكما أن تتوصلا إلى اتفاق " .

ويستمر الاقتباس :

" لاشك أنك فخور بأنك عثرت على حقيقة موضوعية ، وذلك بالتخلص من ... "

وأننى لأسأل القارئ أن يخمن بنفسه فيما يعتقد ريزلر أن الفيزيائيين قد تخلصوا منه . لابد أننا نتوقع استمرار العبارة على هذا النحو : " ... بالتخلص من كلمتى " حار " و " بارد " . " لأن الفيزيائى لا يتخلص منهما الا بغرض استخدام اللغة الكمية وحدها فى الفيزياء . ولكن مع ذلك تظل لغة الحياة اليومية الكيفية مرغوبا فيها ، فهى ضرورية حقا ، حتى بالنسبة للفيزيائى الذى يستخدمها لكى يصف ما يراه . ولكن ريزلر لايستمر فى قول ما نتوقعه ، وإنما تستمر عبارته فى القول : " ... بالتخلص من كل من الزنجى والاسكيمو . "

يتعلق بالبرهان أصعب بكثير من القضايا الموجبة . إذ يمكن البرهنة على أن هذه القضية الموجبة أو تلك قد اشتقت من مقدمات معينة ، وذلك عن طريق بيان خطوات الاشتقاق المنطقية . ولكن كيف يمكننا أن نبرهن على شئ لايمكن اشتقاقه ؟ إنك إذا فشلت فى اشتقاقه فى مئات من المحاولات ، لكان فى مقدورك أن تتوقف ، ولكن لن يكون هذا برهانا على الاستحالة . إذ يمكن لشخص آخر أن يتوصل ، ربما بطريقة غير متوقعة أو ملتوية ، إلى اشتقاق . ومع ذلك ، وعلى الرغم من الصعوبة التى اكتنفت هذا الأمر ، إلا أنه أمكن أخيرا التوصل إلى البرهان الصورى لاستقلال بديهة التوازى .

ولقد تحققنا من تتبع نتائج هذا الاكتشاف ، أنه كان واحدا من أكثر التطورات أهمية فى رياضيات القرن التاسع عشر . لأنه إذا كانت بديهة التوازى مستقلة عن بديهيات اقليدس

تماثل بين الحقيقة واليقين . ولكن الواضح أن الحقيقـة ترتبـط بالوجـود ، أو قل " بالواقع " . قد تكون للحقيقة درجة عالية مـن اليقين ، كالحقيقـة فـى الرياضيـات . ولكن صلتهـا بالواقـع منخفضة جـدا . ومـــاذا عن درجـــة حرارتك الـ ٥٠ ؟ لأنها صادقة بالنسبة لكل من الزنجى والاسكيمو ، تطلـق عليها اسم الحقيقة الموضوعية . أما بالنسبة لى فإن حقيقتك الموضوعية هذه تبدو بائسة وهزيلة إلى أبعد حد . فهــى ليست ســوى علاقــة ارتبـاط بين

بوصفه لعبة منطقية غير مؤذية ، أم أنه مجرد لعب بقضايا ، رأينا كيف أمكن اشتقاقها دون الوقوع فى عدم الاتساق المنطقى ؟ أم أنه يمكن النظر إليها بوصفها " صادقة " بشكل محتمل ، بمعنى أنها يمكن أن تنطبق على بنية المكان ذاته ؟

ويبدو أنهم كانوا يعتبرون الحالة الأخيرة مجرد عبث محض فى ذلك الوقت ، ذلك لأن أحدا منهم لم يكن يحلم حتى بمجرد اثارة السؤال . وفى الحقيقة ، عندما بدأ قليل من الرياضيين الشجعان الجسورين فى دراسة الانساق اللااقليدية ، ترددوا فى نشر ابحاثهم . وقد يسخر أحدنا الآن ويتساءل لِمَ كانت كل هذه الحساسية فيما يتعلق بنشر أى نسق حديث للرياضيات ؟. أما اليوم فاننا نميل فى الغالب الاعم إلى الأخذ بالاتجاه الصورى الخالص فى أى نسق بديهى .

> وإنما هما كما هما بالنسبة للاحــــظ مجهـــول ، مركب من حوادث يمكن وصفها بعلاقات بين كميات يمكن قياسها . وأنني لأشعـــر أن الزنجـــي والاسكيمو ممثلان في وصفك بشكل هزيل إلى حـــد ما . لأنــك تلقي بالمسئولية على عاتق التعقيدات الضخمة التي تدخل في مثل هذا النظام "
> ويشير ريزلر هنا إلى النظام الانساني ، إلى العضوية الكاملــة التي إذا حاولنا أن نحللهـــا فيزيائيـــا ، لواجهتنـــــا صعوبات لا حـــد لها .
> ويستطرد قائلا :
> " كلا ياسادة ، انكم ترتبون الرموز كما تشاءون ، ولكنكم تخفقون في وصف البارد على أنه بارد والحار على أنه حار . "

وأخيرا وليس آخرا ، يظهر هنا شك بسيط في سحر الكلمات ! إن الفيزيائي يرتب رموزا اصطناعية لا تحمل في طياتها أي حقيقة عن الكيفيات ، وذلك لسوء الحظ بسبب عدم قدرة الفيزيائي على وصف البارد على أنه بارد . أما إذا نقل لنا الأحساس الحقيقي بالبرودة ، فاننا سوف نحس حسيا متخيلين البرودة الحقة . أما اذا قال : " كان الجو بالأمس حارا بشكل

يعني خطا مستقيما بالمعنى العادي . ولم ينظر إلى الهندسة بوصفها تمرينا في المنطق ، وإنما نظر إليها بوصفها بحثا في المكان الذي يحيط بنا ، وليس مكانا بالمعنى المجرد الذي يعنيه رياضيو اليوم عندما يتحدثون عن مكان توبولوجي (١) أي مكان متري ذو خمسة أبعاد .

إلا أن كارل فريدريش جوس " Carl Friedrich Gauss " كان واحدا من أعظم الرياضيين ، بل ربما كان أعظم رياضيي القرن التاسع عشر على الاطلاق ، فقد كان أول من اكتشف نسقا هندسيا متسقا ، استخدم فيه بديهة أخرى غير متسقة مع بديهة التوازي . ولم نعرف هذا من منشوراته ، وإنما من خطاب كتبه لصديق . وفي هذا الخطاب يتحدث عن دراسة مثل هذا النسق ، وأنه قد استنتج بعض النظريات الهامة منه . ولقد أشار إلى أنه لم يقم بنشر تلك النتائج خوفا من الاحتجاج العنيف الذي يحتمل أن يلقاه من البيوتيين " Boeotians " . وربما يعرف القارئ أنه كان يشير بذلك إلى البيوتيين الذين كانوا يسكنون مقاطعة بيوتيا " Boeotia " ، فقد عرف عنهم أنهم قوم أجلاف غير محترمين . ويمكننا أن نترجم عبارته هذه الى لغة حديثة بقولنا أن " هؤلاء الهلبليز " Hilbillies " سوف يسخرون ويتهكمون ،

عن الساخن والبارد . وطالما أننا نركن إلى رموز الفيزياء ، ودرجة الحرارة وما إلى ذلك ، فإن الحقيقة تتلاشى . هذا هو حكم ريزلر . وأننى لمقتنع بأنه ليس حكما أرسطيا . إذ أن أرسطو كان واحدا من أعظم الرجال فى تاريخ الفكر . وفيما يتعلق بالعلم ، كانت له منزلة رفيعة فى عصره . بل إنه أجرى بنفسه ملاحظات وتجارب امبيريقية . وإذا قدر له أن يشهد تطور العلم من عصره إلى عصرنا ، فاننى لمتأكد بأنه سوف يكون شديد التحمس للطريقة العلمية فى التفكير والحديث ، وربما كان واحدا من رواد علماء اليوم . ومن ثم فاننى اعتقد بأن ريزلر إنما يظلم أرسطو كثيرا بنسبة هذه الآراء اليه .

ومن الممكن ، فيما أظن ، أن ريزلر يقصد من ذلك أن يقول فقط بأنه لاينبغى على العلم أن يركز فقط على المفاهيم الكمية ، ويهمل كل تلك المظاهر التى تبدو فى الطبيعة ، والتى لا تحتمل أن تتحول إلى صياغات دقيقة عن طريق الرموز الرياضية . وإذا كان هذا هو كل مقصده ، إذن لكنا قد اتفقنا معه بالطبع . ففى مجال علم الجمال مثلا ، لم يحدث تقدم كبير فى تطور المفاهيم الكمية . ولكن يظل من الصعب دائما أن نقرر سلفا عدم جدوى ادخال القياس العددى فى هذا المجال ، وإنما ينبغى أن نترك هذا الأمر للمشتغلين به . فإذا ارتأوا وسيلة لعمل ذلك بشكل مفيد ، أدخلوه . أما أن نثبط الهمة ونصادر على محاولات لم تجر بعد ، فهذا ما لا ينبغى علينا فعله . فإذا كنا نستخدم اللغة لأغراض جمالية - وليس كمبحث علمى فى علم الجمال ، وإنما لادخال متعة جمالية فحسب - فاننا بالطبع لن نختلف حول عدم ملاءمة اللغة الكمية . كما أننا إذا أردنا أن نعبر عن احساساتنا تجاه صديق فى رسالة أو فى قصيدة من الشعر الغنائى ، فمن الطبيعى أن نختار لذلك لغة كيفية . لأننا فى حاجة إلى كلمات مألوفة لدينا بحيث يمكنها أن تستدعى فى الحال عددا من المعانى وتداعى الخواطر .

ومن الصحيح أيضا ، أننا نجد فى بعض الأحيان ، عالما يهمل أوجها هامة حتى من الظواهر التى يكتب عنها . وغالبا ما يحدث هذا بسبب مسألة تقسيم العمل بين العلماء . إذ أن المتخصص فى علم الأحياء يزاول عمله فى المعمل بشكل كامل . فنراه يفحص الخلايا تحت ميكروسكوب ، ويجرى تحليلات كيميائية ، وهكذا . أما بالنسبة إلى عالم آخر فى الأحياء فاننا نجده يخرج إلى الطبيعة ، يلاحظ كيف تنمو النباتات ، وتحت أى شروط تبنى الطيور العشش ، وهكذا . إذن لكل من الرجلين اهتمامات مختلفة ، ولكن المعرفة التى ينشدانها بوسائلها المختلفة ، إنما هى جزء من كل من العلم . ولاينبغى أن نفترض أن الآخر إنما يجرى عملا عديم الجدوى . وإذا كان مقصد ريزلر هو مجرد تحذيرنا من أن العلم ينبغى عليه أن يحترس من عدم

اهمال أشياء معينة ، إذن لايسعنا إلا أن نتفق معه . أما إذا كان مقصده هو القول ـ كما يبدو ذلك ـ بأن اللغة الكمية للعلم إنما تغفل بالفعل كيفيات معينة ، فانني اعتقد أنه خاطئ كل الخطأ .

بالجنون " . ولم يقصد جوس بالهلبليين مع ذلك أنهم قوم جاهلون ، وإنما كان يعنى بهم أساتذة الرياضيات والفلسفة . فقد توقع أنهم سوف ينعتونه بالجنون لأنه تحدث بجدية عن هندسة أخرى لا اقليدية .

وإذا كنا ـ طبقا لجوس ـ قد استغنينا عن بديهة التوازى ، فماذا يمكننا أن نضع مكانها ؟ والحقيقة أن الاجابة على هذا السؤال ، تحتل أهمية بالغة فى تاريخ الفيزياء الحديثة ، وأننا سوف نوليها اهتمامنا بالتفصيل فى الفصول من ١٤ الى ١٧ .

***

هوامش

(١) التوبولوجيا " Topology " هندسة لا كمية ولا مقدارية ، وإنما هى فرع من الرياضيات يعنى بدراسة موقع الشئ بالنسبة إلى الأشياء الأخرى ، ولايعنى بالمسافة أو الحجم . (المترجم) .

□ القسم الثالث □

بنية المكان

الفصل الثالث عشر

مصادرة التوازى لإقليدس

يعد موضوع طبيعة الهندسة فى الفيزياء على جانب عظيم من الاهمية فى فلسفة العلم ـ وبالمناسبة ـ فان لى اهتماما خاصا بهذا الموضوع ـ إذ أننى كتبت أطروحتى فى الدكتوراه فى هذا الموضوع ، وعلى الرغم من أننى منذ ذلك الحين لم أنشر سوى القليل عنه ، إلا أنه من الموضوعات التى جعلتنى دائم التفكير فى إنتاج الكثير حوله .

إذن ما هى الأهمية التى يحتلها ؟ أولا وقبل كل شئ ، نجده يتعامل مع تحليل نظام المكان ـ الزمان ، الذى يعد بناء أساسيا فى الفيزياء الحديثة . وبالإضافة إلى ذلك تعد الهندسة الرياضية والهندسة الفيزيائية نموذجين ممتازين لوسيلتين مختلفتين بشكل أساسى فى اكتساب المعرفة : القبلية والتجريبية . وإذا فهمنا بوضوح التمييز بين هاتين الهندستين ، لكانت لدينا بصيرة نفاذة ذات قيمة فى المشكلات المنهجية الهامة التى تطرحها نظرية المعرفة .

دعنا ندرس أولا طبيعة الهندسة الرياضية . إننا نعرف بالطبع أن الهندسة كانت واحدة من الانساق التى تطورت فى عصر مبكر جدا ، إلا أننا لا نعرف سوى القليل عن أصولها ومن المدهش حقا أن الهندسة فى عصر أقليدس كانت منظمة تنظيما جيدا ، وكانت السمة البديهية الاقليدية فى حد ذاتها ـ اشتقاق النظريات من بديهيات ومصادرات أساسية ـ تعد اسهاما عظيما على نحو لافت للنظر ، بحيث ظلت تلعب دورا رئيسيا فى معظم المناهج الحديثة التى وضعت أنساقا رياضية فى صياغة دقيقة . ووجه الدهشة هنا هو أن هذا الاجراء كان متبعا بالفعل فى عصر اقليدس . إلا أن واحدة من بديهيات اقليدس ، ألا وهى بديهية التوازى ، قد سببت للرياضيين قدرا كبيرا من الاضطراب ، وذلك لعدة قرون . ويمكننا أن نذكر هذه البديهية على النحو التالى : إذا رسمنا على أى سطح مستو الخط المستقيم ل ، ثم وضعنا النقطة م بحيث لاتكون على ل ، ثم رسمنا الخط المستقيم ل ١ بحيث يمر على النقطة م ، إذن لكان هناك خط واحد فقط يوازى الخط ل . (وتعريف ذلك هو : يتوازى المستقيمان المرسومان على سطح مستو

إذا لم تجمعهما نقطة واحدة .).

ومع بداية القرن الماضى ، كانت هذه البديهة من الوضوح إلى الدرجة التى لم يكن أحد يشك فى صدقها على الاطلاق . أما الجدل الذى تركز حولها فلم يكن أبدا حول صدقها . وإنما كان يتركز حول هذا السؤال : هل من الضرورى أن تكون بديهة ؟ إنها تبدو أقل بساطة من بديهيات اقليدس الأخرى . ولقد اعتقد عدد من الرياضيين أنها ربما تكون مبرهنة تم استنباطها من بديهيات اقليدس الأخرى .

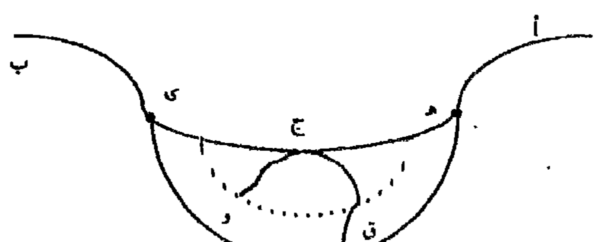
[illegible]

النتائج الملاحظة فى الاعتبار ، وتحت اضطرارات معينة . استطاع جوس أن يحدد الحجم الأكثر احتمالا لكل زاوية ، ومن ثم القيمة الاكثر احتمالا لمجموعها ، ومن تشتت النتائج ، استطاع حينئذ أن يحسب الخطأ المحتمل ، ومن ثم المسافة المؤكدة لمتوسط البعد . ذلك أن احتمال القيمة الصحيحة الواقعة فى داخل المسافة كانت مساوية لاحتمال وقوعها خارج المسافة ويقال أن جوس أجرى ذلك ، ووجد أن مجموع الزوايا الثلاث لم تكن ١٨٠ درجة على نحو دقيق ،

أن لكلا الخطين نقاطهما المشتركة (وذلك فى الحالة التى يصبحان فيها خطا واحدا) أو أن يكون لهما فى معظم الحالات نقطة واحدة ، أو ربما لاتوجد أى نقطة مشتركة . إن هذه الحقائق الهندسية البسيطة التى قال بها كانط ، يمكننا أن نراها فى الحال . إذ أننا ندرك صدقها حدسا . والحقيقة التى تقرر عدم اعتمادنا على الرسوم البيانية قد أدت بكانط إلى أن يفترض امكان أن تكون لدينا ثقة كاملة فى الحقائق المدركة بهذه الطريقة الحدسية . وسوف نعود مرة أخرى إلى وجهة النظر هذه . إذ أننا نذكرها هنا فقط لكى تساعد القارئ على فهم الطريقة التى كان يفكر بها العلماء فى الهندسة مع بداية القرن التاسع عشر . وحتى إذا لم يتسن لهؤلاء العلماء قراءة كانط على الاطلاق ، لكانت لهم نفس وجهة نظره . وسواء أكانت وجهة نظرهم مأخوذة من كانط ، أو كانت مجرد جزء من المناخ الثقافى الذى جعله كانط أكثر وضوحا فان هذا لايهمنا . ولكن الذى يهمنا هو أن كل شخص قد افترض أن هناك حقائق أساسية فى الهندسة ، وأن هذه الحقائق من البساطة والوضوح بحيث لايمكن أن يتطرق اليها أدنى شك . وأنه يمكن لأى شخص عن طريق هذه الحقائق البسيطة ، التى هى بديهيات الهندسة ، أن يمضى خطوة خطوة إلى أن يصل إلى حقائق مشتقة معينة التى هى المبرهنات .

وكما سبق لنا القول ، يعتقد بعض الرياضيين أنهم قد استطاعوا استنتاج بديهة التوازى من بديهيات اقليدس . فلماذا لم يكن ممكنا ، فى ذلك الوقت ، اكتشاف العيوب فى براهينهم ؟ تنحصر الاجابة فى حقيقة أنه فى ذلك الوقت لم يكن هنالك منطق قوى بشكل كاف يمكن عن طريقه توفير قواعد منطقة صارمة للبراهين الهندسية . ان الاحتكام إلى التخيل فى بعض مواضع من الاشتقاق ، كان يتسلل أحيانا على نحو واضح تماما ، وأحيانا أخرى على نحو [illegible]

نتخيله بمساعدة نموذج آخر ولايمكن أن يستخدم هذا النموذج (المبين فى الشكل ١٤ ـ ٤) لأجل سطح لوباتشفسكى كامل ، فهو ليس بالتأكيد مكانا لوباتشفسكيا ثلاثى الأبعاد . ولكن يمكن

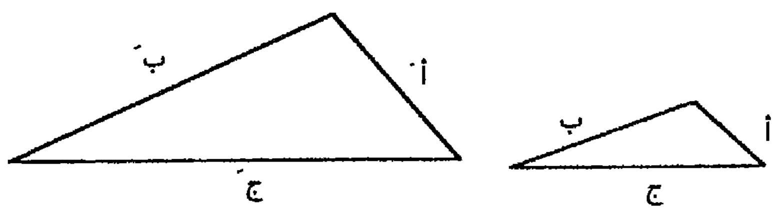


واحد ، إلا أننا فى الهندسة نتعامل مع علاقات ذات عناصر متعددة . فالنقطة الواقعة على خط أو الخط الواقع على سطح ، مجرد أمثلة بسيطة لعلاقات ذات مكانين ، أما النقطة التى تقع بين نقطتين أخريين فهى علاقة ذات ثلاثة أمكنة . ومن ثم ينبغى أن نحسب التطابق بين جزئى الخط [illegible]

قياس سطح الانحناء فيها يكون دائما سالبا وثابتا .

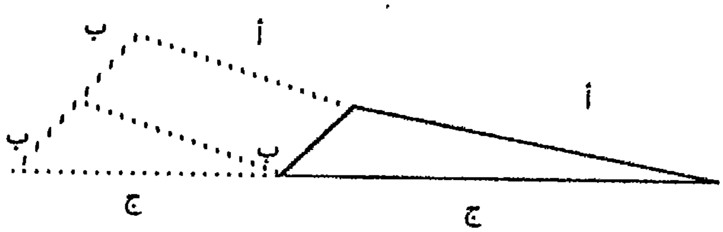
وقد تعترض قائلا ، إذا كان السطح مستويا فلايمكن أن يكون منحنيا فى نفس الوقت .

أما البديهة الأخرى المكافئة لبديهة التوازى ، قد لاتكون واضحة حدسا كما أشار أحد علماء الرياضيات . وهذه البديهة هى الافتراض بأن الاحجام المختلفة للأشكال الهندسية قد تتشابه . فإذا كان لمثلثين مثلا نفس الزوايا والاضلاع ، يقال أنهما متشابهان . ففى الشكل ١٣ ـ ٢ ، النسبة أ : ب تساوى النسبة أَ : بَ ، كما أن النسبة ب : جـ تساوى النسبة بَ : جـَ . افترض أننى رسمت أولا المثلث الأصغر أ ب جـ ، فهل يمكننى رسم مثلث أكبر له نفس الزوايا ، وتكون أضلاعه أَ بَ جـَ متناسبة مع أضلاع المثلث أ ب جـ ؟ من الواضح فيما يبدو أن الاجابة سوف تكون بالايجاب .



شكل ١٣ ـ ٢ .

إفترض أننا نرغب فى رسم مثلث أكبر ، بحيث تكون أضلاعه ضعف اضــلاع المثلث الأصغر ، يمكننا أن نفعل هذا بسهولة عن طريق مد الضلع أ بحيث يكون له نفس طول الضلع أ ونفعل ذلك بالمثل مع الضلع جـ ، ثم نصل بين الضلعين ، كما هو مبين بالشكل ١٣ ـ ٣ .



شكل ١٣ ـ ٣

وبقليل من التفكير يتضح تماما أن طول الضلع الثالث يساوى ، ب ، وأن المثلث الأكبر يتشابه مع المثلث الأصغر ، وإذا سلمنا بهذه البديهيات المتعلقة بالمثلثات المتشابهة ، لكان فى استطاعتنا البرهنة على بديهة التوازى . ولكننا نعود إلى القول ان البديهة التوازى قد اتخذت شكلا متنكرا . الحقيقة أننا لانستطيع أن نبرهن على تشابه المثلثين دون استخدام بديهــة

التوازى ، أو أية بديهة أخرى متكافئة معها . ولكى نستخدم البديهة المتعلقة بالمثلثات لكان ذلك موافقا لاستخدام بديهة التوازى ، وهى البديهة الأخرى التى تحاول تأسيسها .

ولم يتبين بالفعل أن بديهة التوازى مستقلة عن بديهيات اقليدس الآخرى . إلا عن طريق منطق دقيق جدا ، وكان ذلك فى القرن التاسع عشر . فهذه البديهة لايمكن اشتقاقها من البديهيات الأخرى . إذ أن مثل هذه القضايا السالبة تؤكد استحالة عمل أى شئ فى ما [illegible]

لديه شعور بأن يقال عن شئ ما أنه كذلك بحق ، الا أن المثل لم يقل فى الحقيقة أى شئ على الاطلاق ، فمن الواضح أنه فارغ ، ومع ذلك يردده الناس دائما بانفعال قوى ، ويعتقدون أنه يعبر بالفعل عن نوع ما من البصيرة النفاذة فى طبيعة الإلهى .

وهناك مثال آخر أكثر تعقيدا يتعلق بالنظرة السحرية للغة ، نجده فى كتاب كورت ريزلر Kurt Riezler " الفيزياء والواقع " : محاضرات أرسطو فى الفيزياء الحديثة فى المؤتمر العالمى للعلم ، أو لميلاد ٦٧٩ بكمردج عام ١٩٤٠ ميلادية . يتخيل فيه المولف عودة أرسطو إلى الأرض فى عصرنا هذا ، ويعرض وجهة نظره التى هى وجهة نظر ريزلر أيضا ، واعتقد أنها نظرة ريزلر وحدها إلى العلم الحديث .

ويبدأ أرسطو بالثناء البالغ على العلم الحديث ، فهو معجب بانجازاته العظيمة غاية الاعجاب . وبعد ذلك يضيف قائلا أنه على الرغم من دواعى فخره العظيم به ، الا أن لديه أيضا ملاحظات طفيفة عليه . وهذه الملاحظات هى التى أثارت اهتمامنا هنا . ففى صفحة ٧٠ من كتاب ريزلر ، يقول أرسطو للفيزيائيين المجتمعين : " إذا كان اليوم باردا بالنسبة للزنجى ، وحارا بالنسبة لأحد الاسكيمو ، فانك لا تستطيع حسم الخلاف بينهما الا إذا قرأت على

ولا نسأل عما إذا كان هذا النسق يقدم لنا تفسيرات أو انطباقات ما ، وإنما نسأل عما إذا كان هذا النسق متسقا منطقيا أم لا ، وعما إذا كان يمكن اشتقاق قضية معينة منه أم لا . غير أن هذا لم يكن الاتجاه السائد عند معظم رياضيى القرن التاسع عشر . فقد كانت النقطة فى النسق [illegible]

الاسكيمو . فهى لا تتعلق بشئ سوى بملاحظ مجهول " . ويكتب أخيرا :

" لابد أنك تدرك تماما أن الحرارة والبرودة ٥٠ درجة تتعلق بالزنجى أو الاسكيمو " .

ولست متأكدا تماما ما يعنيه بقوله هذا ، ربما يعنى إنه إذا كان الزنجى والاسكيمو يفهمان ما تعنيه الدرجة ٥٠ لوجب أن تفسر لهما بمصطلحين " الحار " و " البارد " .

وتقول أن النظام الذى يخضع للملاحظة فى حاجة إلى تضخيمه ليشمل الحوادث الفيزيائية التى تقع لكل من الزنجى أو الاسكيمو .

ويتضح هذا الكلام من رد الفيزيائى على هذه التهمة : " هل نغفل احساسات الحرارة والبرودة التى يشعر بها كل من الزنجى والاسكيمو ؟ " ويبدو أن ريزلر يعتقد بأن الفيزيائى قد يجيب على هذا السؤال بشئ شبيه بهذا : " كلا إننا لا نغفل الاحساسات ، ولكننا نصف أيضا الزنجى ذاته والاسكيمو ذاته بوصفهما كائنات عضوية إننا نحللهما بوصفهما نظامين فيزيائيين ، فسيولوجيين وفيزيائيين . ونكشف ما يحدث بداخلهما ، وبهذه الطريقة نتمكن من تفسير لماذا تختلف تجربة الاحساسات التى تؤدى بهما إلى وصف نفس اليوم بأنه " حار " و " بارد " . " وتستمر الصفحة :

" ذلك أنك تواجه بنظامين ، تدرج درجة الحرارة فيهما يكون معكوسا : البارد فى نظام والدافئ فى نظام آخر . ومع ذلك فإن هذا البارد والدافئ لم يعودا كذلك . إذ أنك مثلت الزنجى والاسكيمو فى نظامك بحوادث فيزيائية أو كيميائية معقدة ، وهما ليسا كائنات فى حد ذاتهما

☐ الفصل الرابع عشر ☐

الهندسات اللاإقليدية

فى محاولة للبحث عن بديهة توضع مكان بديهة التوازى لاقليدس ، يوجد لدينا اتجاهان متعارضان يمكننا أن نتحرك من خلالهما :

(١) يمكننا أن نقول أنه على سطح مستو ، وفى نقطة خارج الخط ، لايوجد سطح مواز (ولقد أكد اقليدس وجوده على نحو قاطع) .

(٢) ويمكننا أن نقول أن هناك أكثر من متواز واحد . (وهذا يثبت فى النهاية أنه إذا كان لدينا أكثر من متواز ، فلابد أن يكون هناك عدد لا متناه منها) .

ولقد اكتشف أول هذين الانحرافين عن هندسة اقليدس ، الرياضى الروسى نيقولاى لوباتشفسكى " Nikolai Lobachevski " ، والثانى الرياضى الالمانى جورج فريدريش ريمان " George Friedtich Riemann " . ولقد وضعت فى الجدول المرسوم فى الشكل ١٤ ـ ١ الهندستين اللاقليديتين فى الجانب المقابل للهندسة اللااقليدية ، وذلك لكى نبرز مدى انحرافهما عن البنية الاقليدية فى الاتجاهين المقابلين .

أكتشفت هندسة لوباتشفسكى عن طريق لوباتشفسكى نفسه الذى نشر كتابه عام ١٨٣٥ ، وكان ذلك باستقلال وتقريبا بالتزامن مع الرياضى الهنغارى يوهان بولياى " Johann Bolyai " الذى نشر نتائجه قبله بثلاث سنوات . أما هندسة ريمان فلم يتم اكتشافها إلا بعد حوالى عشرين سنة تالية . وإذا أردت أن تطلع أكثر فى موضوع الهندسات اللااقليدية هناك العديد من الكتب الجيدة المتاحة باللغة الانجليزية .

مقياس درجة الإنحناء	نسبة محيط الدائرة إلى قطرها	مجموع زوايا المثلث	عدد المتوازيات	نوع الهندسة
< صفر	> π *	< ١٨٠°	∞	لوباتشفسكى
صفر	π	١٨٠°	١	إقليـــدس
> صفر	< π	> ١٨٠°	صفر	ريـــــمان

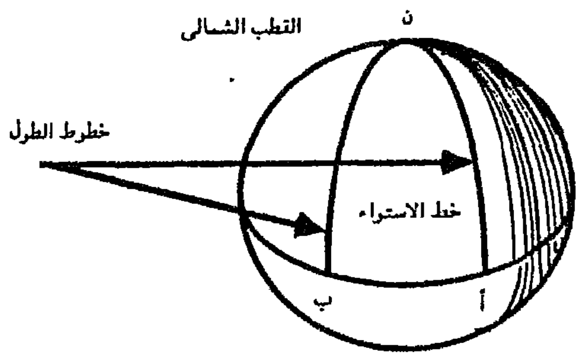
شكل ١٤ ـ ١

* هذا الرمز يقرأ " باى " PI " وهو يمثل النسبة بين محيط الدائرة وقطرها أى ٣٫١٤١٥٩٢٦٥ . (المترجم) .

وهناك هندسة لا اقليدية أخرى للرياضى الايطالى روبرتو بونولا " Roberto Bonola " تحتوى على مادتين كتبهما بولياى ولوباتشفسكى ، ومن الممتع حقا قراءتهما فى صورتيهما الاصليتين . واعتقد أن أفضل كتاب يناقش الهندسة اللااقليدية من وجهة النظر المتبناه هنا ، اعنى مطابقتها لفلسفة الهندسة والمكان ، هو كتاب هانز ريشنباخ " H.Reichenbach Philosophie der Raum- Zeit-Leher " الذى نشر طبعته أولى عام ١٩٢٨ وقد ترجم إلى الانجليزية بعنوان " فلسفة المكان والزمان " وإذا كنت مهتما بوجهة النظر التاريخية هناك كتاب ماكس جمر " Max Jammer " مفاهيم المكان " : تاريخ نظريات المكان فى الفيزياء " وقد تجد أحيانا فى مناقشات جمر مسحة ميتافزيقية طفيفة ، وإن كنت لست متأكدا ما اذا كان هذا يرجع إلى وجهة نظره الشخصية أم إلى وجهة نظر هؤلاء الرجال الذى يناقشهم ، على أية حال ، يعد هذا الكتاب أحد الكتب القليلة التى تتناول بالتفصيل التطور التاريخى لفلسفة المكان .

والآن دعنا نلقى بنظرة متفحصة أكثر للهندستين اللااقليديتين . فى هندسة لوباتشفسكى التى يطلق عليها علميا اسم الهندسة الزائدية المقطع " Hyperbolic geometry " ، يوجد عدد لانهائى من المتوازيات . أما فى هندسة ريمان التى يطلق عليها علميا اسم الهندسة الاهليلجيـة " Elliptic geometry " فلا توجد أية متوازيات . كيف يمكن لهندسة ما ألا تحتوى على أية خطوط متوازية ؟ الحقيقة أننا لايمكننا فهم هذا إلا بالرجوع إلى نموذج قريب الشبه إلى حد بعيد بنموذج الهندسة الاهليلجية ولكنه ليس هو على نحو دقيق ، وأعنى به نموذج الهندسة الكرويـة " Spherical Geomtry " . وهذا النموذج ببساطة سطح جسم كروى ، ينظر إليه بوصفه مماثلا لسطح مستو . أما الخطوط المستقيمة على السطح المستوى فهى تمثل هنا

بدوائر عظيمة للجسم الكروى وبمصطلحات أكثر عمومية يمكننا القول ، أنه فى أى هندسة لااقليدية ، فان الخطوط التى تنطبق على الخطوط المستقيمة فى الهندسة الإقليدية هى " الخطوط الجيودوسية " " Geodesic lines " (١) ، وتقتسم مع الخطوط المستقيمة خاصية كونها أقصر مسافة بين نقطتين معينتين . وفى نموذجنا سطح الجسم الكروى يعد أقصر مسافة بين نقطتين ، أما الجيودسى فهو جزء من الدائرة الكبيرة . ويمكننا الحصول على منحنيات الدوائر الكبيرة عن طريق تقطيع الجسم الكروى بسطح مستو من مركز الجسم الكروى . وهذه الامثلة شبيهة بخط الاستواء ودوائر خطوط الطول فى الكرة الأرضية .



شكل ١٤ ـ ٢

لقد رسمنا فى شكل ١٤ ـ ٢ خطين من خطوط الطول متعامدين على خط الاستواء . إننا نتوقع فى الهندسة الاقليدية خطين متعامدين ومتوازين لخط معين ، ولكن على هذا السطح الكروى تتقابل الخطوط فى القطب الشمالى وأيضا فى القطب الجنوبى ولايوجد على السطح الكروى خطان مستقيمان أو بالاصح خطوط مستقيمة إلى درجة مـــا " Quasistraight lines " ، وأعنى بذلك أن الدوائر الكبيرة لا تلتقى أبداء إذن لدينا هنا نموذج متخيل للهندسة لايوجد فيه خطوط متوازية .

ولقد أمكن أيضا تمييز الهندستين اللااقليديتين بمجموع زوايا المثلث . ويعد هذا التمييز هام جدا من وجهة نظر الابحاث الامبيريقية المعنية ببنية المكان . ولقد كان جوس هو أول من رأى بوضوح امكانية أن يكشف البحث الامبيريقى عن طبيعة الهندسة التى تصلح لوصف المكان بشكل أفضل ، وبمجرد أن نتحقق من اتساق الهندسات اللااقليدية منطقيا يمكننا أن نقرر ، دون الرجوع إلى الاختبارات الامبيريقية ، أى الهندسات التى تصلح للطبيعة . وعلى الرغم من التحيز الكانطى الذى كان سائدا فى عصره ، استطاع جوس بالفعل أن يشرع فى اجراء تجربة من

هذا النوع .

ومن السهل أن ندرك أن اختبار المثلثات أسهل بكثير من اختبار الخطوط المتوازية فلقد كان الاعتقاد السائد هو أن المتوازيات لايمكن أن تتقابل أبدا حتى لو امتدت إلى عدة ملايين من الاميال . أما قياس زوايا المثلث فانها لاتحتاج سوى لمساحة قليلة من المكان . إننا نعرف أن مجموع زوايا أى مثلث فى الهندسة الاقليدية تساوى زوايتين قائمتين أى ١٨٠ درجة . أما مجموع زوايا المثلث فى هندسة لوباتشفسكى الزائدية المقطع فهى أقل من ١٨٠ درجة ، وفى هندسة ريمان الاهليلجية أكثر من ١٨٠ درجة .

ويمكننا أن نفهم بسهولة الانحراف عن ١٨٠ درجة ، فى الهندسة الاهليلجية ، وذلك بمساعدة نموذج سطح الجسم الكروى . افترض ان المثلث ب أ ن فى الشكل ١٤ ـ ٢ ، بتألف من قطعتى دوائر من خطوط الطول ، بالاضافة إلى خط الاستواء . فإن كلتا الزاويتين اللتين تقعان على خط الاستواء تساوى ٩٠ درجة ، ومن ثم يصبح لدينا اجمالى فعلى لهما ١٨٠ درجة . فإذا أضفنا لهما زاوية القطب الشمالى يصبح المجموع أكثر من ١٨٠ درجة . وإذا حركنا خطى دوائر الطول حتى يتقاطـــع كل منهما مع الآخر فى زوايا قائمة ، إذن لكانت كل زاوية من زوايا المثلث قائمة ، وإذن لكان مجموع الزوايا الثلاث ٢٧٠ درجة .

ولقد نمى إلى علمنا أن جوس فكر فى إجراء اختبار لمجموع زوايا مثلث نجمــى هائل الضخامة ، وهناك تحقيقات تفيد أنه قد أجرى بالفعل تجربة شبيهة بذلك على قياس أرضى ، وذلك عن طريق تثليث ثلاثة رؤوس جبال فى ألمانيا . ولأنه كان أستــاذا فــى جامعــة جونتجــن " Gottingen " ، فقد قيل أنه اختار هضبة بالقرب من المدينة ، وقمتى جبلين ، يمكن رؤيتهما من أعلى هذه الهضبة . وقام بالفعل بانجاز عمله الهام فى تطبيق نظرية الاحتمال على أخطاء القياس ، كما أنه قد اتيحت له الفرصة فى أن يستخدم مثل هذه الاجراءات . ولقد كانت الخطة

الفيزياء ليست بديلة عن الشمس والنجوم ، كما أنها ليست بديلة عن الانشطة المتعددة الجوانب للأشياء المادية المتعينة . ولكن لماذا يتوقع من أى شخص التحمس الشديد لمجرد خطاب ؟ " .

وكما ترى ، فان ناجل يفسر ريزلر بطريقة أقل تلطفا حتى مما قد حاولت أن أفعله وربما يكون على حق . فأنا لست متأكدا من ذلك تماما . ولكن ناجل يفهم ريزلر بوصفه ناقدا للغة الفيزياء ، بوصفه داعيا إلى نقل كميات الألوان التى تشتمل عليها الصورة الملونة بشكل مباشر ، أو

ولكنها تنحرف بمقدار ضئيل عن مسافة الخطأ المحتمل . وهذه النتيجة توضح أن المكان إما أن يكون اقليديا ، أو إذا كان لااقليديا ، فإن انحرافه ضئيل للغاية إلى الدرجة التى يكون فيها أقل من الخطأ المحتمل فى القياسات .

وحتى إذا لم يقم جوس باجراء مثل هذه التجربة ، كما أوضحت المصادر الحديثة فإن الاسطورة فى حد ذاتها تصبح حدثا هاما فى تاريخ الميثودولوجيا العلمية . فلقد كان جوس بالتأكيد هو أول من أثار هذه السؤال الثورى : ماذا نحن واجدون إذا أجرينا بحثا امبيريقيا فى البنية الهندسية للمكان ؟ ولم يكن أحد قد فكر أبدا فى إجراء مثل هذا البحث لأن الاعتقاد

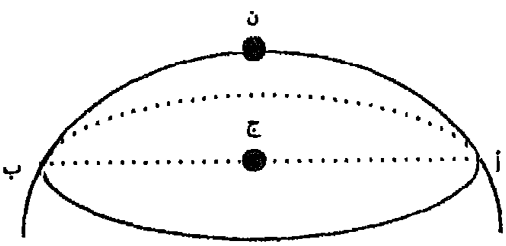
فى ذلك العصر اكتشاف النقص الذى يكتنف كل هذه الاشتقاقات المقترحة ، لأنهم كانوا يعتمدون عادة ـ كما هو موجود فى مراجع الهندسة فى المدارس العليا ـ على الاحتكام إلى الحدس . فإذا رسمنا رسما بيانيا فانه لن يكون دقيقا أبدا ، وذلك باعتراف الجميع ، إذ أن الخطوط التى نرسمها لاتكون محكمة على الاطلاق . وذلك بسبب كثافة الطباشير على السبورة أو الحبر على الورق . ولكن الرسم البيانى يساعد خيالنا ، فهو يساعدنا على أن " نرى " صدق

العجيبة قد طرحت مشكلة امبيريقية أصيلة . ولم يعثر جوس نفسه على اجابة شافية لها ، ولكن كان لديه الحافز القوى للتفكير بطريقة لا ـ كانطية فى المشكلة الكلية لبنية المكان فى الطبيعة .

ولكى نرى بوضوح أكثر كيف يمكن للهندسات اللااقليدية المتعددة أن تختلف كل منها عن الأخرى ، دعنا نفترض مرة أخرى سطحا لجسم كروى . وكما رأينا من قبل يعد هذا نموذجا ملائما ، قد يساعدنا على فهم البنية الهندسية لسطح مستو فى المكان الريمانى (ويعنى المكان الريمانى هنا ما يسمى بالمكان الاهليلجى ، كما أن هذا المصطلح يعنى أيضا معنى أكثر عمومية ، سيتم توضيحه فيما بعد) .

وعلينا ألا نطيل أكثر من ذلك فى المماثلة بين السطح الريمانى والسطح الكروى ، لأن أى خطين مستقيمين على السطح المستوى فى المكان الريمانى له نقطة واحدة مشتركة فقط ، حيث أن الخطوط على السطح الكروى ، التى تنطبق على الخطوط المستقيمة ـ الدوائر الكبرى ـ تتقابل دائما فى نقطتين . افترض على سبيل المثال تقابل خطين من خطوط الطول فى كل من القطب الشمالى والقطب الجنوبى . وبحديث أكثر دقة ، إذا حرصنا أنفسنا فى جزء من السطح الكروى الذى لايحتوى على نقاط متقابلة مثلما هو الحال فى القطبين الشمالى والجنوبى ، فان نموذجنا ينطبق فقط على السطح الريمانى . أما إذا كان الجسم الكروى الكامل هو نموذجنا ، ينبغى أن نفترض إن كل نقطة على السطح المستوى الريمانى تنطبق على سطح الجسم الكروى فى نقطتين متقابلتين . فإذا كانت نقطة البدء من القطب الشمالى مرورا إلى القطب الجنوبى على الكرة الأرضية ، إذن لانطبق على نقطة بدء واحدة على السطح الريمانى التى تأخذ خطا مستقيما على السطح ، وتعود إلى نفس النقطة . إذ أن كل الخطوط الجيوديسية فى المكان الريمانى لها نفس الطول النهائى ومتقاربة مثل محيط الدائرة . أما الانحراف الشديد الذى يبدو فى حدسنا لهذه الحقيقة ربما يكون سببه هو أن هذا النوع من الهندسة جاء فى وقت متأخر نسبيا بالمقارنة بهندسة لوباتشفسكى .

ويمكننا أن نرى بسهولة ، بمساعدة نموذجنا الكروى ، أن نسبة محيط الدائرة إلى قطرها فى المكان الريمانى ، تقل دائما عن باى PI . ويوضح الشكل ١٤ ـ ٣ دائرة على الكرة الأرضية قطبها الشمالى يكون بالنسبة إلى مركزها ، وينطبق هذا أيضا على دائرة فى السطح الريمانى . ولايكون نصف القطر هو الخط ب جـ ، لأنه لايقع على سطح الجسم الكروى ، وإنما نصف القطر



شكل ١٤ ـ ٣

هو ب ن ،أما القطر فهو القوس أ ن ب . ونعرف أن محيط هذه الدائرة بالنسبة إلى جزء من الخط أ جـ ب هو باى pi ، ولأن القوس أ ن ب أطول من أ جـ ب ، إذن لاتضح أن نسبة محيط الشكل إلى القوس أ ن ب (الذى هو قطر الدائرة فى السطح الريمانى) ينبغى أن يكون أقل من باى Pi .

أما فى المكان اللوباتشفسكى فليس من اليسير أن نرى ذلك ، لأنه طريقته مختلفة تماما ، إذ [illegible]

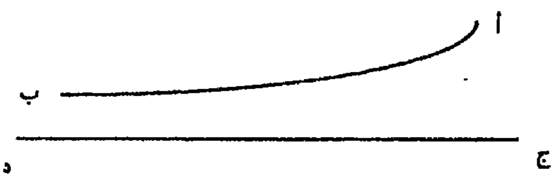
على التخيل ـ وهو ما أطلق عليها اسم " Anschauung " ، الحدس ـ فهى ضعيفة . ومن ثم تصبح الحقيقة يقينية تماما ليس عن طريق مشاهدتها بأعيننا بشكل مباشر وإنما إذا تمثلناها بوضوح فى عقلنا .

كيف يمكننا أن نحقق إذن القضية الكانطية التى تقرر أنه لايمكن أن يكون لخطين أكثر من نقطة واحدة مشتركة ؟ نرسم صورة للموقف فى عقلنا ، فنجد أنه يوجد خطان يتقاطعان هنا فى نقطة واحدة . فكيف يتقاطعان فى نقطة ما أخرى أيضا ؟ ومن الواضح أنهما لن يتقاطعا مرة أخرى ، لأنهما يتباعدان أكثر فأكثر كلما تحركنا بعيدا عن التقاطع . ويبدو من الواضح أيضا

وفى هذا النموذج ، ما هو الشكل الذى يمكن أن تكون عليه الدائرة ؟

افترض أن مركز الدائرة يقع فى جـ ، فلابد أن يمثل محيط الدائرة الخط المنحنى د هـ و ى د وهذه النقاط تقع على نفس المسافة من المركز جـ ، فإذا مررت بطول الدائرة إلى النقطة هـ ، ستجد نفسك أعلى من المركز . ويسهل عندئذ أن نرى أن هذا الخط المتموج الذى يمثل الدائرة فى السطح اللوباتشفسكى أطول من الدائرة المعتادة على السطح الاقليدى . ولأنه أطول ، فان نسبة محيط هذه الدائرة إلى قطرها (القوس و جـ د أو القوس ى جـ هـ) لابد أن يكون أكبر مـــن باى pi .

ويمكننا بناء نموذج أكثر احكاما ، ينطبق بدقة على جميع المقاييس التى تقيس جزءا من سطح لوباتشفسكى ، وذلك بأن نأخذ منحنى معين يسمى تراكتركس " A tractrix " (وهو القوس أ ب فى الشكل ١٤ ـ ٥) ثم نديره حول المحور جـ د . ويسمى السطح الناتج عن هذا الدوران بالسطح الكروى الزائف " A peudosshere " . وإذا كنت قد درست مثل هذا النموذج ، فلابد أنك تعرف أن مجموع زوايا المثلث المرسومة على سطحه أقل من ١٨٠ درجة ، وأن نسبة



شكل ١٤ ـ ٥

محيط الدائرة إلى نصف قطرها تتجاوز باى pi . كما أن الدائرة الأكبر على هذا السطح تسبب انحرافا أكبر من باى . ولاينبغى الاعتقاد بأن هذا يدل على أن باى غير ثابتة ، ولكن باى هـى نسبة محيط الدائرة إلى قطرها فى السطح الاقليدى ، ولاتتغير هذه الحقيقة بوجود هندسات لا اقليدية .

ولابد أن يكون لكل سطح من الاسطح سواء أكانت اقليدية أو لااقليدية وفى أى نقطة من

ولكن المنحنى " مصطلح فنى " تكنيكى " ولاتفهمه هنا بالمعنى العادى للكلمة . ففى الهندسة الاقليدية مثلا ، عندما نريد قياس منحنى خط معين عند أية نقطة ، يتم ذلك عن طريقة أخذ " أنصاف أقطار المنحنى " المتبادلة . " ونصف قطر المنحنى " معناه هو تطابق نصف قطر الدائرة مع جزء من الخط المتناهى الصغر فى النقطة المشار إليها . فإذا كان هناك خط منحنى فهو يبدو لنا وكأنه مستقيم بالكاد ، وذلك فى الحالة التى يكون عليها نصف قطر المنحنى طويلا ، أما إذا كان نصف القطر قصيرا ، فإن الخط يبدو منحنيا بشدة .

إذن كيف نقيس منحنى سطح فى نقطة مفترضة ؟ نقيس أولا منحنى الخطين الجيوديسيين اللذين يتقاطعان فى تلك النقطة ، ويمتدان فى اتجاهين يطلق عليهما اسم " الاتجاهين الرئيسيين " للسطح فى تلك النقطة . ويكون اتجاه المنحنى الاقصى للخط الجيوديسى فى تلك النقطة ، أما المنحنى الأدنى فيكون فى الاتجاه الآخر . ومن ثم يمكننا أن نعرّف منحنى السطح فى تلك النقطة بوصفه نتاجا لنصفى قطر منحنى الخطين الجيوديسيين المتعاكسين . افترض ، مثلا أننا نريد قياس منحنى سطح ممر الجبل المبين فى الشكل ١٤ ـ ٤ من النقطة جـ . يلاحظ أن الخط الجيوديسى ـ القوس هـ جـ ى ـ ينحنى بطريقة مقعرة ، بينما ينحنى القوس و جـ د ـ بحيث يكون الخط الجيوديسى فى الزوايا اليسرى بالنسبة له ـ بطريقة محدبة . ويعطى هذا أن الخطين الجيوديسيين المنحنيين الأعلى والأدنى للسطح فى النقطة جـ . وبالطبع إذا نظرنا إلى هذا الخط من الجانب الأسفل لبدا لنا القوس هـ جـ ى محدبا ، والقوس و جـ د مقعرا . ولايهم على الاطلاق الجانب الذى ننظر منه إلى السطح ، فقد نرغب فى أن يكون احدهما محدبا والآخر مقعرا أو العكس ولكننا نطلق على احدهما اصطلاحيا الجانب الموجب وعلى الآخر الجانب السالب ، ويعطينا حاصل نصفى القطر المتعاكسين القيمة ١/١ر٢ ، وهذه القيمة هى منحنى السطح الذى يأخذ شكل السرج فى النقطة جـ . ولابد أن يكون نصف قطر المنحنى ـ الذى يكون على أية نقطة من السطح الذى يأخذ شكل السرج ـ موجبا ، ونصف القطر الآخر سالبا . ونتيجة لذلك لابد أن يكون حاصل عكس نصفى القطر ، سالبا .

أما فى حالة السطح المحدب فلايكون الأمر على هذا النحو بشكل كامل . إذ أن الخطين

محدب أو كروى لابد أن يكون قياس المنحنى على أية نقطة موجبا .

وبناء على ذلك يمكن تمييز الهندسة اللوباتشفسكيه ونموذجها هو السطح الذى يأخذ شكل السرج على هذا النحو : فى أى مكان لوباتشفسكى ، لابد أن تكون هناك قيمة سالبة معينة تمثل مقياس المنحنى عند أية نقطة على أى سطح فى ذلك المكان . وبالمثل يمكن تمييز الهندسة الريمانية ، ونموذجها السطح الكروى ، على هذا النحو : فى أى مكان ريمانى ، لابد أن تكون هناك قيمة موجبة معينة تمثل مقياس المنحنى عند أية نقطة على أى سطح فى ذلك المكان . ومنحنى الامكنة لكليهما لابد أن يكون ثابتا . وهذا يعنى أنه بالنسبة لأى مكان ، لابد أن يكون مقياس المنحنى عند أية نقطة على أى سطح هو نفسه .

فإذا كانت ك هى مقياس المنحنى ، فى المكان الاقليدى ، الذى يكون له أيضا منحنى ثابت ، إذن لابد أن ك = صفر . وفى المكان اللوباتشفسكى تكون ك < صفر ، أما فى المكان الريمانى تكون ك > صفر . ولاتتحدد هذه القيم العددية عن طريق بديهيات الهندسة ، وإنما يتم الحصول على الامكنة الريمانية المختلفة عن طريق اختيار قيم موجبة مختلفة لـ ك ، كما يتم الحصول على الامكنة اللوباتشفسكية المختلفة عن طريق اختيار قيم سالبة مختلفة لـ ك . وبصرف النظر عن قيمة البارامترك ، فإن جميع المبرهنات فى كل الامكنة اللوباتشفسكية تتشابه تماما ، كما تتشابه تماما فى كل الأمكنة الريمانية . ولكن مبرهنات كل هندسة منهما تختلف تمامار بالطبع عن الأخرى .

ومن المهم أن ندرك أن " المنحنى " فى معناه الأصلى والحرفى ، ينطبق فقط على أسطح نموذج اقليدى لسطح مستو لا اقليدى . إذ أن هناك اسطحا منحنية بهذا المعنى فى الجسم الكروى والجسم الكروى الزائف . ولايعنى أن المصطلح " مقياس المنحنى " الذى ينطبق على الاسطح المستوية اللااقليدية ، إن هذه الاسطح المستوية " تنحنى " بالمعنى المعتاد للكلمة ، ولكن الذى يبرر تعميم المصطلح هو أن البناء الهندسى الداخلى للسطح الريمانى المستوى هو نفس البناء الخارجى لسطح جسم كروى اقليدى ، وينطبق نفس الشئ على بناء السطح المستوى فى المكان اللوباتشفسكى . ولكن درج العلماء على أخذ

سمكا ، تحرك القضيب بسهولة أكثر) وبالفعل لم يستقر القضيب أبدا بشكل مطلق ، وإنما كان يتذبذب قليلا ، ولذلك كان فى الامكان تعيين متوسط ذبذبته . وبعد تحديد متوسط موضعه بدقة ، احضروا كوما كبيرا من قوالب الرصاص ووضعوه فى ترتيب بالقرب من القضيب (ولقد استخدم الرصاص بسبب جاذبيته الكبيرة نسبيا ، وبرغم جاذبية الذهب الأعلى ، إلا أن قوالبه أكثر تكلفة بكثير) ، ولقد وجدوا أن متوسط ذبذبة القضيب قد تغيرت بشكل طفيف ، فقد مالت الكرة التى على طرف القضيب ، ناحية قوالب الرصاص ، وعلى الرغم من أن الميل كان كسرا من المليمتر فقط ، إلا أنه كان كافيا لتقديم ملاحظة أولية عن التأثير الجاذبى بين جسمين فى معمل ـ ذلك التأثير الذى كانت نظرية نيوتن فى الجاذبية قد تنبأت به .

ولقد كان معروفا قبل نيوتن أن التفاح يسقط على الأرض ، وأن القمر يدور حول الأرض ، ولكن لم يكن أحد قبله قد تنبأ بنتيجة تجربة الميزان الالتوائى . وبعد هذا مثالا تقليديا عن قوة النظرية فى التنبؤ بظاهرة جديدة لم تلحظ من قبل .

هوامش :

(١) ك هى الكتلة الماكروسكوبية (الكبيرة) التى تخضع للملاحظة ، أما كً الكتلة الميكروسكوبية (الدقيقة) التى لاتخضع للملاحظة . (المترجم) .

الفصل السادس والعشرون

جملة رامسى

تشهد هذه الأعوام تحليلات مكثفة للنظرية العلمية وتستخدم النظرية العلمية هنا بمعنى المصادرات النظرية فى علاقتها بقواعد المطابقة ، والتى ترتبط بالحدود النظرية والخاضعة للملاحظة ـ ولقد ناقشها فلاسفة العلم ، بيد أن الكثير من هذه المناقشات لحداثتها ، لم تنشر بعد . وفى هذا الفصل سوف نعرض لأطروحة هامة فى هذا الموضوع ، ترجع إلى الورقة البسيطة المعروفة التى كتبها المنطقى والاقتصادى الكمبردجى فرانك بلامبتون رامسى " Frank Plumpton Ramsey " .

ولقد توفى رامسى عام ١٩٣٠ عن عمر يناهز الستة والعشرين عاما ، ولم يعش طويلا حتى يكمل كتابا ، ولكن بعد وفاته جمعت أوراقه وأعدها للنشر ريتشارد بيفان بريثويت " Richard Bevan Brathemaite " ، ثم نشرها فى عام ١٩٣١ تحت عنوان " اسس الرياضيات " " The Foundations of Mathematics " . وفى هذا الكتاب تظهر ورقة صغيرة بعنـــوان " نظريات " " Theories " . ولم تلق هذه الورقة ما تستحقه من اهتمام . وربما يكون ذلك راجعا إلى أن عنوان الكتاب قد اجتذب القراء المهتمين فقط بالاسس المنطقية للرياضيات . ومن ثم فإن الاوراق الأخرى الهامة فى الكتاب ، ومنها ورقة نظريات ، إتجه إلى اهمالها .

والحقيقة أن رامسى قد تحير كثيرا عندما تبين أن الحدود النظرية ـ حدود الموضوعـــات ، الخواص ، القوى ، الحوادث الوصفية فى نظرية ـ ليس لها معنى ، فى حين أن الحدود التى تخضع للملاحظة ـ " حديد " " قضيب " ، ساخن " و " احمر " لها معنى كامل . فكيف إذن يكون للحد النظرى معنى ؟ لاشك أن كل شخص يوافق على أن معناه يشتق من سياق النظرية . " فالمورثة " مثلا يشتق معناها من النظرية الوراثية . كما أن الاليكترون يفسر بمسلمات الفيزياء الجسيمية ولكننا نواجه هنا بالعديد من المسائل المضطربة المشوشة ، مثل كيف يمكن تحديد المعنى الامبيريقى (التجريبى) للحد النظرى وماذا تخبرنا نظرية معينة عن العالم الفعلى ؟ وهل تصف

النظرية بنية العالم الواقعى ، أم أنها مجرد استنباط اصطناعى محض يستهدف اضفاء نوع من الانتظام فى خضم عدد هائل من التجارب بنفس الطريقة التى تتبع فى نظام فى الحسابات ، وهى تلك الطريقة التى عن طريقها يمكننا تسجيل انتظام المعاملات المالية الثابتة ؟ وهل يجوز القول أن الاليكترون " يوجد " مثلما يوجد " قضيب الحديد " ؟

الحقيقة أن هناك اجراءات بسيطة ومباشرة لقياس خواص القضيب ، فيمكننا مثلا تحديد كتلته ووزنه بدرجة عالية من الدقة ، كما يمكننا قياس اطوال موجة ضوء منبعثة من سطح قضيب من الحديد الساخن ، ونعرف بدقة ما نعنيه عندما نقول أن قضيب الحديد هذا " احمر " أما إذا تعاملنا مع خواص كيانات نظرية ، مثل " دوران " جسيم أولى ، فاننا نواجه على الفور باجراءات معقدة وغير مباشرة ، لا لشئ إلا لتحديد المعنى التجريبى للحد " دوران " . فلابد أولا أن نقدم " الدوران " فى سياق نظرية محكمة فى ميكانيكا الكم ، كما ينبغى أن ترتبط النظرية بملاحظات معملية عن طريق مجموعة أخرى معقدة من مصادرات قواعد المطابقة . بالاختصار نجد أن الدوران غير مدعم تجريبيا بطريقة بسيطة ومباشرة كما هو الحال مع " احمرار " قضيب الحديد الساخن . لأننا نضطر إلى التساؤل : ماهى بالضبط حالتها الادراكية " ؟ وكيف يمكن تمييز الحدود النظرية ـ التى ينبغى أن ترتبط بطريقة ما بالعالم الواقعى وبموضوع الاختبار الامبيريقى ـ عن تلك الحدود الميتافيزيقية التى غالبا ما ينظر إليها فى الفلسفة التقليدية بوصفها حدودا خالية من المعنى الامبيريقى ؟ وأيضا كيف يمكن أن نبرر حق العالم فى الحديث عن مفاهيم نظرية دون أن نبرر فى نفس الوقت حقق الفيلسوف فى أن يستخدم حدودا ميتافيزيقية ؟

وفى محاولة لتلمس اجابات عن هذه الأسئلة المحيرة ، تقدم رامسى باقتراح غريب ومفزع فى نفس الوقت . فقد اقترح أن يستبدل النظام الموحد للمصادرات النظرية والمطابقة بما يطلق عليه اليوم اسم " جملة رامسى المتعلقة بالنظرية " ، وفى جملة رامسى ـ التى تكافئ المصادرات النظرية ـ لاتستخدم الحدود النظرية على الاطلاق . وبكلمات أخرى ، نحيت جانبا المسائل المحيرة ، وذلك عن طريق استبعاد الحدود التى نشأت منها هذه المسائل .

هب أننا وجهنا اهتمامنا إلى نظرية تحتوى على " ن " من الحدود النظرية : " ت١ " ، " ت٢ " ، ت٣ ... ت ن " . ولقد تم تقديم هذه الحدود عن طريق مصادرات النظرية ، وهى مرتبطة بحدود خاضعة للملاحظة بشكل مباشر عن طريق قواعد مطابقة النظرية . وفى قواعد المطابقة هذه تستخدم الحدود الخاضعة للملاحظة م : " و١ " ، " و٢ " ، " و٣ " .. " وم " . أما

النظرية فى حد ذاتها فهى التى تربط جميع المصادرات النظرية بجميع المصادرات المطابقة ، ومن ثم فإن عبارة كاملة للنظرية سوف تحتوى على مجموعات مرتبطة بحدود ت و و : ت١ ، ت٢ ... ت ن ، و١ ، و٢ ... ، وم . وفى هذه الجملة ـ الجملة الكاملة للنظرية ـ اقترح رامسى أن نحل محل الحدود النظرية ، المتغيرات المطابقة : " ط١ " ، " ط٢ " ... " ط ن " . وهى التى أطلق عليها المنطقيون اسم " الاسوار الوجودية " ، (ط١) ، (ط٢) ... (ط ن) . ولقد اضيفت هذه الاسوار الوجودية ، بمتغيراتها ـ ط إلى الصياغة السابقة ، فكونت جملة جديدة اطلق عليها اسم " جملة رامسى " .

ولكى يتضح لنا بشكل كامل كيف يمكننا تطوير هذه النموذج ، افترض المثال التالى : لنأخذ الرمز " جز " ليشير إلى فئة الجزيئات " Molecules " ، أما الجزئ الواحد فاننا نطلق عليه اسم " عنصر الجزئ " . وبالمثل يشير " هايجز " إلى فئة جزيئات الهيدروجين ، وجزئ الهيدروجين الواحد إلى " عنصر الهانجز " . ولأن من المفترض أن الحدث الزمكانى كان نظاما ثابتا ، فانه يمكننا أن نأتى بنقطة زمكانية عن طريق أحداثياتها الأربع م ، ن ، هـ ، ز . فإذا أخذنا الرمز " ح " للاشارة إلى مفهوم درجة الحرارة ، إذن لكانت " درجة الحرارة " الخالصة للجسم ب فى الزمن ز تساوى ٥٠٠ " ويمكن أن تكتب على هذا النحو " ح (ب ، ز) = ٥٠٠° ، وهكذا تم التعبير عن درجة الحرارة بوصفها علاقة تشتمل على جسم ، ونقطة من (الزمن ، وعدد . كذلك يمكن أن يكتب " ضغط الجسم ب فى الزمن ز " على هذا النحو " ض ب ، ز) " وأيضا إذا كان مفهوم الكتلة يمثله الرمز " ك " ، وكانت " كتلة الجسم ب تساوى ١٥٠ جراما ، فإنها تكتب هكذا " ك (ب) = ١٥٠ " ، وتصبح الكتلة هنا علاقة بين جسم وعدد . أما إذا كان الرمز " س " يمثل سرعة جسم ما (ربما كان جسما كبيرا أو مجهاريا) ، فان " س (ب ، ز) = (ع١ ، ع٢ ، ع٣) حيث يشير الجانب الأيسر من المعادلة إلى ثلاثة أضعاف الاعداد الحقيقية أعنى مركبات السرعة فى الاتجاهات م ، ن ، هـ . ومن ثم تصبح س علاقة بين جسم ، واحداثية زمان ، وثلاثة أضعاف اعداد حقيقية .

وبصفة عامة يمكننا الحديث عن لغة نظرية تحتوى على " حدود فئة " (مثل حدود الاجسام الكبيرة ، والاجسام المجهرية والحوادث) ، وحدود علاقة " (مثل حدود الاجسام الفيزيائية المختلفة) .

افترض النظرية ن ق ، وترمز " ن " إلى المصادرات النظرية ، أما ق فإنها ترمز إلى

مصادرات قواعد المطابقة . وهذه النظرية تشتمل على بعض قوانين النظرية الحركية للغازات ، وهى قوانين متعلقة بحركات الجزيئات ، وسرعاتها واصطداماتها ، وهكذا . أننا نعرف أن هناك قوانين عامة لأى غاز كما أن هناك قوانين خاصة لغاز الهيدروجين وبالإضافة إلى ذلك هناك قوانين لنظرية الاجسام الغازية تتعلق بالحرارة والضغط والكتلة الكلية للجسم الغازى . افترض أن المصادرات النظرية للنظرية ن ق تحتوى على جميع الحدود التى ذكرناها آنفا . ولدواعى الاختصار ، فاننا نكتب الحدود النظرية فقط مع الاشارة إلى الروابط النظرية بالنقاط :

(ن) ... جز ... هايجز .. ح ... ض .. ك .. س ...

ولكى نستكمل ترميز النظرية ن ق ، نضع فى الاعتبار الحدود النظرية لبعض مصادرات قواعد المطابقة وليس من الضرورى كلها . وربما تصلح مصادرات ـ ق إلى أن تكون قواعد اجرائية لقياس درجة الحرارة والضغط . كما أن مصادرات ـ ق سوف تحتوى على الحدود النظرية " ح " و " ض " تماما كما تحتوى على الحدود الخاضعة للملاحظة " و١ " ، " و٢ " " وم " . ويمكن التعبير عن مصادرات ـ ق بطريقة موجزة على النحو التالى : ـ

" ق " ... ح ... و١ ... و٢ ... و٣ ... ض ... و٤ ... وم ...

كما يمكن الاشارة إلى النظرية الكاملة بالصياغة التالية :

(ن ق) ... جز ... هايجز ... ح ... ض ... ك ...

س .. ح .. و١ ... و٢ ... و٣ ...

ض ... و٤ ... وم .

ولكى نحول النظرية ن ق إلى جملتها الرامسية ، فإن ذلك يتطلب خطوتين : الأولى أن نحل الفئة ومتغيرات العلاقة المختارة بعناية ، محل جميع الحدود النظرية (حدود الفئة ، وحدود العلاقة) . فإذا حدث " جز " مثلا فى النظرية ، فاننا نستبدله بالمتغيرات " ق١ " ، وإذا حدث " هايجز " فى النظرية فاننا نستبدله بفئة متغيرة أخرى مثل " ق٢ " . أما حد العلاقة " ح " (الذى يعبر عن جزئ النظرية ن ، ق) فاننا نستبدله بعلاقة متغيرة ، مثل " ل١ " ، وبالمثل نستبدل حدود العلاقات " ض " و " ك " و " س " بعلاقات ثلاث أخرى متغيرة " ل٢ " و" ل٣ " و " ل٤ " فنصل إلى النتيجة النهائية التى يشار إليها على هذا النحو :

... ق١ ... ق٢ ... ل١ ... ل٢ ... ل٣ ... ل٤ ... ،

... ل١ ... و١ ... و٢ ... و٣ ... ل٢ ...

و٤ ... وم ...

وهذه النتيجة (التى ينبغى أن ندونّها بشكل كامل وليس بشكل مختصر كما فعلنا باستخدامنا للنقاط) لم تصبح جملة بعد (كما هو الحال فى ن ، ق ، أو ن ق) وإنما هى صياغة جملة مفتوحة أو هى ـ ، كما يطلق عليها احيانا ـ صورة جملة أو دالة جملة .

والخطوة الثانية لتحويل صياغة الجملة المفتوحة إلى جملة رامسى

ر ن ق (١) تتطلب ستة اسوار وجودية لكل واحدة منها ستة متغيرات :

(ر ق ن) (ق١∃) (ق٢∃) (ل١) (ل٢∃) (ل٣∃) (ل٤∃)

{ .. ق١ .. ق٢ .. ل١ .. ل٢ ... ل٣ ... ل٤ ... ، ... ل١ ...

و١ ... و٢ ... و٣ ... ل٢ ... و٤ ... وم ... }

وبمساعدة السور الوجودى وهكذا تقرر جملة رامسى أن هناك (على الأقل) الفئة الواحدة ق ١ والفئة الواحدة ق٢ ، والعلاقة الواحدة ل١ ، والعلاقة الواحدة ل٢ ، والواحدة ل٣ ، والواحدة ل٤ ، مثال ذلك : ـ

(١) إن هاتين الفئتين والعلاقات الست مرتبط كل منها بالأخرى بطريقة معينة (أعنى كمحدد فى الثانى أو جزء من صياغة ق) ،

(٢) ترتبط العلاقتان ل١ ، ل٢ مع كيانات م الخاضعة للملاحظة ، و١ ... وم بطريقة معينة أيضا (أعنى كمحدد فى الثانى أو جزء من صياغة ق) .

والشئ الجدير بالملاحظة هنا هو أن الحدود النظرية قد اختفت فى جملة رامسى وحلت محلها متغيرات . بيد أن المتغير " ق١ " لايشير إلى أى فئة نوعية ، وإنما ينصب التقرير فقط على أن ثمة فئة واحدة على الأقل ، وأن هذه الفئة تحقق شروطا معينة . كما أن معنى جملة رامسى لايتغير بأى حال من الاحوال حتى إذا تغيرت المتغيرات بشكل تحكمى . فعلى سبيل المثال يمكن استبدال الرمزين " ق١ " و " ق٢ " بمتغيرين آخرين مثل " هـ ١ " و " هـ ٢ " ويظل معنى الجملة واحدا .

ويتضح من ذلك أن جملة رامسى ليست سوى طريقة أخرى غير مباشرة ، للتعبير عن النظرية الأصلية . فمن السهل أن نبين إن أية قضية تتحدث عن عالم حقيقى لاتشتمل على حدود نظرية ـ ذلك لأن أية قضية يمكن تأييدها امبيريقيا ـ وإنما هى تستتبع من النظرية التى سوف تستتبع بدورها من جملة رامسى . وبكلمات أخرى فإن جملة رامسى لها نفس القوة التفسيرية والتنبؤية التى تكمن فى نسق المصادرات الأصلى . وكان رامسى هو أول من تبصر بهذا . وكان لتبصره

هذا اهمية كبرى لم ينتبه إليها إلا قليل من زملائه . وبعد بريثويت واحداً من هؤلاء القلة ، فقد كان صديقاً لرامسى وهو الذى اهتم بنشر أوراقه . ففى كتابة " التفسير العلمى " الذى صدر فى سنة ١٩٥٣ يناقش بريثويت اطروحة رامسى مؤكداً اهميتها .

والحقيقة أننا يمكننا الآن تجنب جميع المسائل الميتافيزيقية المزعجة التى تشوه الصياغة الأصلية للنظريات ، كما يمكننا تقديم تبسيط أكثر فى صياغتها . فمن قبل كان لدينا حدود نظرية " كالاليكترون " مثلا ، وكان الاليكترون يعد " واقعة " غامضة " لأنه لايخضع للملاحظة فى العالم الخارجى . وأيا كان المعنى الامبيريقى الجزئى الذى نحاول به تقوية الحدود النظرية ، فلابد أن يتم ذلك عن طريق اجراء مباشر يذكر فيه نسق المصادرات النظرية أيضا عن طريق ارتباط هذه المصادرات بملاحظات امبيريقية تعتمد على قواعد المطابقة . أما طريقة رامسى فى الحديث عن العالم الخارجى ، فإن الحد " اليكترون " يختفى ، ولايعنى هذا أن الاليكترونات تختفى بالفعل ، وإنما يعنى أن ما ينتمى إلى العالم الخارجى . والذى يرمز إليه باللفظ " اليكترون " هو الذى يختفى . كما تقرر جملة رامسى ـ وذلك من خلال أسوارها الوجودية ـ أن هناك شيئا ما فى العالم الخارجى ، وأن هذا الشئ له نفس الخواص التى يحددها الفيزيائيون للاليكترون . ولايهم هنا وجود هذا الشئ بالفعل ، وإنما الأمر لايتعدى اقتراح طريقة مختلفة للحديث عن هذا الشئ . فالسؤال " هل توجد اليكترونات ؟ " لايزعجنا ، أما السؤال ما هو المعنى الدقيق للحد " اليكترون " ؟ فإنه لاينشأ أصلا فى طريقة رامسى للحديث عن العالم إذ ليس من الضرورى أن نتساءل عن معنى " الاليكترون " لأن الحد نفسه لم يظهر فى لغة رامسى .

ومن الأهمية بمكان أن ندرك ـ وهذه النقطة لم يشدد عليها رامسى بشكل كاف ـ إن اطروحة رامسى لايمكن أن تعطى نظريات إلى اللغة الملاحظة ، إذ إن اللغة الملاحظة " (بوصفها دائما حالة) إنما تحتوى على حدود ملاحظة فقط ، وحدود أولية للمنطق والرياضيات . فالفيزياء الحديثة تتطلب رياضيات شديدة التعقيد وعالية المستوى . كما تتطلب نظرية النسبية هندسة لا تقليدية وحساب تفاضل وتكامل يعالج الكمية الممتدة ، كما تتطلب ميكانيكا الكم بالمثل مفاهيم رياضية . ولذلك لايمكن أن يقال إن جملة رامسى تعبر عن نظرية فيزيائية ، لأنها جملة فى لغة ملاحظة بسيطة . وفى لغة ملاحظة تعالج الكمية الممتدة . فهى ملاحظة لأنها لاتحتوى على حدود نظرية ، وهى تعالج الكمية الممتدة لأنها تشتمل على منطق متقدم ، معقد ينتظم فى الحقيقة كل الرياضيات .

هب أننا أردنا ، فى القسم المنطقى الخاص بهذه اللغــة الملاحظــة ، أن نحصـــى السلسلــة د صفـر ، د١ ، د٢ .. والتى تمثل كيانات رياضية ، مثل أن :

(١) د صفر تشتمل على الاعداد الطبيعية (. ، ١ ، ٢ ، ....) .

(٢) بالنسبة لأى د ن ، فإن د ن + ١ تشتمل على جميع فئات العناصـر التـــــى تدخـل فى د ن .

أما اللغة الممتدة فهى تشتمل على متغيرات لجميع أنواع تلك الكيانات ، مع قواعد منطقية مناسبة لاستخدامها . وفى رأيى تعد هذه اللغة كافية ، ليس فقط لصياغة كل نظريات الفيزياء الحالية ، وإنما أيضا لكل النظريات المستقبلية . وبالطبع ليس فى مقدورنا أن نتنبأ بأنواع الجسيمات أو الحقول أو التفاعلات ، أو المفاهيم الأخرى التى يمكن للفيزيائيين أن يدخلوها فى القرون التالية ـ ومع ذلك فاننى اعتقد إن مثل هذه المفاهيم النظرية ، وبصرف النظر عن كونها غير مألوفة ومعقدة ، يمكن صياغتها ـ عن طريق اقتراح رامسى ـ بنفس اللغة الملاحظة الممتدة التى تسود الآن ، والتى تشتمل على حدود ملاحظة مرتبطة بالمنطق والرياضيات المتقدمة .

ومن ناحية أخرى ، فإن رامسى لم يقصد بالتأكيد ـ ولا أحدا غيره يرى ذلك ـ أن يتخلى الفيزيائيون عن الحدود النظرية سواء فى احاديثهم أو كتاباتهم ، لأنهم إذا فعلوا ذلك لكانت عباراتهم شديدة التعقيد . فمن السهل مثلا أن نقول فى لغة معتادة إن كتلة شئ معين تساوى خمسـة جرامات . كما يمكن لشخص ما أن يقول ـ فى دلالة رمزية لنظرية وذلك قبل تحولها إلى جملة رامسى ـ إن كتلة شئ معين تساوى خمسة جرامات ، ويكتبها هكذا " كتلة (١٧) = ٥ . ومع ذلك ، ففى لغة رامسى لايظهر الحد النظرى " كتلة " وإنما يظهر فقط المتغير " ل٣ " (كما هو مبين فى المثال السابق) . إذن كيف يمكن ترجمة الجملة " كتلة (١٧) = ٥ " إلى لغة رامسى ؟ من الواضح إنها لن تكتب هكذا " ل٣ (١٧) = ٥ " ، لأن هذه ليست جملة . وإنما ينبغى أن تكون الصياغة مكتملة عن طريق افتراضات تخص العلاقة ل٣ ، وهى تلك التى سبق تعيينها فى جملة رامسى . ومن ناحية أخرى إذا اقتصرنا على انتقاء صياغات للمصادرة التى تحتوى ل٣ ، فإن ذلك لن يكون كافيا ، إذ أن جميع المصادرات مطلوبة . ومن ثم فإن ترجمة حتى هذه الجملة الموجزة إلى لغة رامسى تتطلب جملة طويلة للغاية تحتوى على صياغات تنطبق على جميع المصادرات النظرية ، وجميع المصادرات المطابقة بأسوارها الوجودية . وحتى إذا استخدمنا هذه الصورة الموجزة ، فسوف تكون الترجمة طويلة نوعا ما :

(ق١ ∃) (ق٢ ∃) ... (ل٣ ∃) (ل٤ ∃) (... ق١ ... ق٢ ... ل١ ... ل٢ ... ل٣ ...

ل٤ ... ؛ ... ل١ ... و١ ... و٢ ... و٣ ... ل٢ ... و٤ ... وم ... ، ل٣ (١٧) = ٥) .

ويتضح من ذلك أنها لاتصلح لكي تعوض طريقة رامسي في الحديث عن محاضرة عادية في

موجودة " بالفعل " لكانت اجاباتهم متعارضة وبعضهم مقتنع بطريقة رامسي في التفكير في مثل هذه الحدود . فهم يتهربون من مسألة الوجود هذه ، ويقررون أن ثمة حوادث تخضع للملاحظة في غرف معينة ، ومن ثم يمكن وصفها عن طريق دوال رياضية معينة ، وذلك من خلال اطار نظام نظرى معين . ومن ثم فانهم في الحقيقة لم يقرروا شيئا . فأن تسأل عما إذا كان يوجد بالفعل اليكترونات هو نفس الشئ - من وجهة نظر رامسي - الذى تسأل فيه عما إذا كانت فيزياء الكم صحيحة . فإذا كنا نحكم على فيزياء الكم بأن التجارب قد أقرتها ، فإن هذا يبرر لنا القول بأن ثمة حالات لأنواع معينة من الحوادث تسمى بلغة نظرية " اليكترونات " .

ويطلق أحيانا على وجهة النظر هذه ، الرؤية " الذرائعية " للنظريات وهى وثيقة الصلة بالموقف الذى دافع عنه كل من تشارلس بيرس ، وجون ديوى ، وبرجمايتين آخرين ، تماما كما دافع عنه العديد من فلاسفة العلم الآخرين . ومن وجهة النظر هذه لاتشير النظريات إلى

" واقعة " وإنما هى ببساطة أدوات لغوية لتنظيم ظواهر التجربة الملاحظة فى نموذج ما ، يكون من وظيفته التنبؤ بشكل فعال بملاحظات جديدة ، ومن ثم فإن الحدود النظرية تصبح بمنزلة ملاءمة

تحتو النظرية على قضايا صادقة أو كاذبة ، كما أن الذرات والاليكترونات وما شابه ذلك ليس لها وجود بالفعل " .

هامش :

(١) الرمز " ر " إنما هو اختصار لاسم رامسى ، أما " ن ق " فإن " ن " تمثل الحدود النظرية ، و " ق " تمثل قواعد المطابقة فإذا أضفنا الاسوار الوجودية إليهما ـ كما سوف نرى ـ فإننا نحصل على جملة رامسى كاملة ـ (المترجم) .

ليس ثمة سبب يدعونا إلى رفض وجوده . فعلى الرغم من أن القليل جدا هو الذى يعرف عن بنيته اليوم ، إلا أنه ربما يعرف عنه الشئ الكثير جدا فى الغد . ومن ثم فإن المدافعين عن وجهة النظر الوضعية يؤكدون أنك إذا تحدثت عن الاليكترون بوصفه شيئــا موجودا ، فإنك تكون على صواب تماما . كما لو أنك تتحدث عن تفاح ومناضد وجماعات بوصفها أشياء موجودة .

ويتضح من ذلك أن ثمة اختلافا واضحا بين المعانى التى يقصدها الذرائعى وبين الوسائل التى يستعين بها الواقعى فى حديث كل منهما . ومن وجهة نظرى ـ التى لن أتمكن من عرضها بدقة هنا ـ أن التعارض بين الأطروحتين هو فى الحقيقة تعارض لغوى . فالمسألة هى ، أى طريقة فى الحديث تفضل فى ظل مجموعة معطاة من الظروف . فإن تقول عن نظرية ما أنها اداة يعول عليها ، ذلك معناه أن تخضع تنبؤات الحوادث الملاحظة للاثبات . وهو نفس الشئ تماما عندما تقول عن نظرية ما أنها صحيحة وأن الكيانات النظرية التى لاتخضع للملاحظة موجودة . ومن ثم نجد أنه ليس ثمة تعارض بين أطروحة الذرائعى ونظيره الواقعى . أو على الأقل ليس ثمة تعارض فيما يتعلق بالجوانب السابقة مثل التقريرات السالبة التى على هذا النحو ... .. ولكن لم

التقسيم الحاد الذى ينبغى الاحتفاظ به دائما فى الذهن ، بين الرياضة البحتة بأنماطها المتعددة التى تعالج الهندسات المتسقة منطقيا ، وبين الفيزياء التى يمكنها عن طريق التجربة والملاحظة فقط ، أن تحدد أى الهندسات يمكن تطبيقها ، بطريقة نافعة أكثر على العالم الفيزيائى . وبات التمييز بين الصدق التحليلى (الذى يشتمل على الصدق المنطقى والرياضى) وبين الصدق الواقعى ، ذا أهمية قصوى اليوم بالمثل فى نظرية الكم ، لأن الفيزيائيين اكتشفوا طبيعة الجسيمات الأولية ، وبحثوا لها عن نظرية مجال لربط ميكانيكا الكم بالنسبية وسوف نركز اهتمامنا فى هذا الفصل وما يليه ، على مسألة كيف يمكن أن نجرى على هذا التمييز القديم تحديدا دقيقا كاملا من خلال اللغة الصحيحة للعلم الحديث .

ومنذ عدة سنوات ، تبين أن من المفيد تقسيم حدود اللغة العلمية إلـــى ثلاث مجموعات رئيسية :

١ ـ حدود منطقية تشتمل على كل حدود الرياضيات البحتة .

٢ ـ حدود ملاحظة أو حدود ـ م .

الفصل السابع والعشرون

التحليلية فى لغة ملاحظة

إن واحدة من أقدم المشكلات وأكثرها دواما وانقساما فى تاريخ الفلسفة هى مشكلة الصدق التحليلى والصدق الواقعى . ولقد تم التعبير عن هذه المشكلة بوسائل عديدة مختلفة . فلقد تناولها كانط ، كما هو مبين فى الفصل الثامن عشر ، فى حدود ما أسماه القضايا " التحليلية " و " التركيبية " ، كما تناولها من قبل أولئك الذين تحدثوا عن الصدق " الضرورى " والصدق " الاتفاقى" .

ويعد فى رأيى ، التمييز الحاسم بين التحليلى ـ التركيبى ذو أهمية فائقة فى فلسفة العلم . فنظرية النسبية مثلا ، لم يكن مقدرا لها أن تشهد مثل هذا التطور ، إذا لم يدرك اينشتين أنه لايمكن تحديد بنية المكان ـ والزمان الفيزيائى بدون اختبارات فيزيائية . فلقد رأى بوضوح خط

وجمل ـ ن (مع أو بدون حدود ـ م بالاضافة إلى حدود ـ ن) .

ويمكن تقديم الحدود ـ ن إلى لغة العلم عن طريق نظرية ، أما ن فهى تعتمد على نوعين من المصادرات : نظرية أو مصادرات ـ ن ، ومطابقة أو مصادرات ـ ط . كما أن مصادرات ـ ن ماهى إلا قوانين نظرية ، أو هى جمل ـ ن الخالصة ، أما مصادرات ـ ط ، التى هى قواعد

٣ ـ حدود نظرية أو حدود ـ ن (وتسمى فى بعض الاحيان " بناءات ") .

صحيح أنه ليس ثمة حد قاطع يفرق بين حدود ـ م وحدود ـ ن ، كما سبق أن أكدنا فى فصول سابقة ، لأن اختيار خط مستقيم دقيق يعد عملا تعسفيا الى حد ما . إلا أن التمييز من وجهة

وطرق استخدام الكلمات المنطقية " إذا " و " إذن " و " لا " و " يكون " . وحتى إذا لم نعرف معانى الالفاظ الوصفية " اعزب " و " سعيد " و " رجل " . تظل قضايا المنطق والرياضيات (المبادئ والنظريات) تنتمى إلى هذا النوع ، (وذلك لأن الرياضة البحتة) أمكن ردها إلى المنطق عن طريق فريجة ورسل ، وعلى الرغم من أن هناك بعض نقاط لهذا الرد لاتزال محل خلاف ، إلا أننا لن نناقش هذه المسألة هنا .)

ومن ناحية أخرى ، وكما أوضح ويلارد ، ف ، أو ـ كواين " Willard V. O. Quine " فإن لغة الملاحظة غنية فى الجمل التحليلية ومعناها أوسع بكثير من صدق ـ ق . ومن ثم لايمكن نعت هذه الجمل بالصدق أو الكذب إلا إذا فهمنا معانى الحدود الواقعية والمنطقية معا . ومثال كواين الشهير على ذلك هو " لايوجد أعزب ، متزوج . " ، فصدق هذه الجملة واضح كل الوضوح ، فهو ليس موضوعا لوقائع العالم العارضة ، ولكن لايمكن أن ينعت بالصدق بسبب صورته المنطقية فقط ، وإنما بالإضافة إلى معرفة معنى " لا " و " يكون " من الضرورى أن نعرف ما يعنيه اللفظ " أعزب " و " متزوج " . وفى هذه الحالة سوف يوافق كل فرد يتحدث الانجليزية على أن اللفظ " Bachelor " الذى هو " أعزب " له نفس المعنى الذى للجملة

النظر العملية يكون عادة مفيدا وواضحا . لأن كل شخص سيوافق على أن الكلمات التى تقال عن الخواص مثل " أزرق " و " صلب " و " بارد " ، وعن العلاقات مثل " أدفأ " و " أثقل " و " انصع " تنتمى إلى حدود ـ م ، بينما تنتمى " الشحنة الكهربية " و " البروتون " و " المجال المغناطيسى " إلى حدود ـ ن . لأنها تشير إلى كيانات لايمكن رصدها بطريقة بسيطة ومباشرة نسبيا .

وبالنسبة للجمل فى لغة العلم هناك تقسيم ثلاثى مشابه : ـ

١ ـ جمل منطقية ، وهى تلك التى لاتحتوى على حدود وصفية .
٢ ـ جمل ملاحظة ، أو جمل ـ م ، وهى تلك التى تحتوى على حدود ـ م دون حدود ـ ن .
٣ ـ جمل نظرية ، أو جمل ـ ن وهى تلك التى تحتوى على حدود ـ ن .
وتنقسم بدورها إلى قسمين : ـ
أ ـ جمل مختلطة تحتوى على حدود كل من م ، ن ، و .
ب ـ جمل نظرية خالصة وتحتوى على حدود ـ ن دون حدود ـ م .

المطابقة ، فهى جمل مختلطة ، خليط من حدود ـ ن ، وحدود ـ م ، وهى تؤلف ما أطلق عليه كامبل اسم معجم وصل اللغات الملاحظة والنظرية ، كما سبق أن بينا . وما أطلق عليه رايشنباخ اسم التعريفات الاحداثية ، وما هو فى علم مصطلحات بريدجمان يسمى بالمصادرات الاجرائية أو القواعد الاجرائية .

وبهذه الخلفية ، علينا أن نعود إلى مشكلة التمييز بين الصدق التحليلى والواقعى فى لغة ملاحظة .

ولسوف نطلق على النوع الأول من الصدق التحليلى المصطلح ، صدق منطقى أو " صدق ـ ق " ، فتكون الجملة صادقة ـ ق إذا كانت صادقة من حيث صورتها ومعانى الحدود المنطقية المكونة منها . وعلى سبيل المثال ، الجملة " إذا لم يكن الاعزب رجلا سعيدا ، إذن لن يكون الرجل السعيد أعذب " . وهى صادقة ـ ق لأننا نتعرف على صدقها من معرفة معانيها

كل لفظ منهما يضاد الآخر ، ذلك لأن الرجل لايمكن أن يتصف بأنه أعزب وغير متزوج فى نفس الوقت .

ولقد اقترح كواين ، وأوافقه على اقتراحه هذا ، إن الحد " التحليلى " لابد أن يستخدم " للصدق المنطقى " بمعناه الواسع ، أى المعنى الذى يحتوى على النموذج الذى ناقشناه توا ، وهو مثل جمل الصدق ـ ق . إذ أن الصدق ـ أ هو الحد الذى استخدمه للصدق التحليلى بهذا المعنى الواسع . ومن ثم تصبح كل جملة صادقة ـ ق هى صدق ـ أ ، على الرغم من أن كل صدق ـ أ ليست هى صدق ـ ق . لأن جملة صدق ـ ق تكون صادقة بسبب المعانى المحددة التى اتصفت بها حدودها ، كما هو الحال تماما بالنسبة إلى حدودها المنطقية . وعلى العكس من ذلك لايتحدد صدق أو كذب قضية تركيبية بمعانى حدودها ، وإنما بواسطة معلومة واقعية عن العالم الفيزيائى . فلايمكن أن نقرر ما إذا كانت القضية " تسقط الأشياء على الأرض بسرعة ٣٢ قدم فى الثانية " صادقة أو كاذبة إلا إذا فحصنا ببساطة معناها تجريبيا . فالاختبار التجريبى هنا ضرورى ، لأن هذه القضية ومثيلاتها لها " محتوى واقعى " فهى تخبرنا عن شئ ما فى العالم الواقعى .

ولايوجد بالطبع لغة طبيعية ، كالانجليزية مثلا ، تكون من الدقة والاحكام إلى الدرجة التى يتمكن كل فرد من فهم كل كلمة فيها بنفس الطريقة ، ولهذا السبب يسهل صياغة جمل غامضة من الناحية التحليلية ، وهى تلك الجمل التحليلية أو التركيبية التى سوف نوليها عنايتنا .

افترض مثلا هذا التقرير " كل نقارى الخشب ذوو الرؤوس الحمراء ، لهم رؤوس حمراء " هل هذه الجملة تحليلية أم تركيبية ؟ أو لا يمكنك الاجابة على هذا بأنها تحليلية طبعا . لأن الجملة " نقارو الخشب ذوو الرؤوس الحمراء " تعنى نفس الجملة " نقارو الخشب الذين لهم رؤوس حمراء " ولذلك فإن هذه الجملة تكافئ التقرير بأن كل نقارى الخشب ذوى الرؤوس الحمراء لهم رؤوس حمراء " . ولاتنتمى الجملة إلى صدق ـ أ فحسب ، وإنما تنتمى أيضا إلى صدق ـ ق .

إذن فأنت على صواب إذا قلت أن " نقار الخشب أحمر الرأس " له نفس معنى " الذى له رأس أحمر " لأنه فى الواقع مركب جوهرى المعنى . ولكن هل هو مركب جوهرى حقا ؟ ربما يكون لدى عالم الطيور فهم آخر مختلف للجملة " نقار الخشب أحمر الرأس " فقد يشير الخ

غير متزوج ، كان عليه أن يتقصى حياة السيد سميث الخاصة لكى يفرق ما إذا كانت الجملة صادقة أو كاذبة .

سلوكية معينة . وربما افترض أن جنس هذا الطائر قد عاش فى اقليم ما منعزل فجرى عليه تحول فجائى كان سببا فى تغيير لون رأسه ، قل ، إلى اللون الأبيض . ولأسباب تصنيفية بحتة فقد أبقوا على تسميته " نقار الخشب أحمر الرأس " حتى على الرغم من أن رأسه لم تعد حمراء . وبما أن الجنس قد أصبح الآن مختلفا فقد يشار إليه بوصفه " النقار ذو الرأس الابيض ـ الرأس الاحمر) ومن ثم تصبح الجملة (نقار الخشب أحمر الرأس " ذات تركيب غير جوهرى ، فلم يعد تفسيرها " لأن له رأسا احمر " وبالتالى تتحول إلى جملة تركيبية ، ويصبح من الضرورى اجراء اختبار تجريبى على كل " نقارى الخشب ذوى الرؤوسالحمراء " لكى نحدد ما إذا كانت كلها فى الحقيقة لها رؤوس حمراء .

بل إن القضية " إذا كان السيد سميث أعزب ، لما كانت له زوجة " . نظروا إليها بوصفها قضية تركيبية ، وذلك لانها تشتمل على كلمات معينة يمكن لأى شخص أن يفسرها بطريقة غير مباشرة . إذ ربما يكون لكلمة " زوجة " معنى واسع عند المحامى مثلا ، فتدخل ضمن " القانون " العام للزوجات ، كما أن المحامى إذا أراد أن يفسر كلمة " الاعزب ... والتى تعنى قانونا رجلا غير متزوج ، كان عليه أن يتقصى حياة السيد سميث الخاصة لكى يفرق ما إذا كانت الجملة صادقة أو كاذبة .

وعلى أية حال يمكن أن نناقش المشكلة التحليلية من جهة لغة ملاحظة اصطناعية يمكن بناؤها عن طريق قواعد محكمة . وهذه القواعد ليست فى حاجة إلى تحديد المعانى الكاملة لكل الالفاظ الوصفية فى اللغة ، وإنما تحدد معنى العلاقات التى تقوم بين ألفاظ معينة يفترض أن تكون واضحة عن طريق قواعد أطلقت عليها ذات مرة اسم " معنى المسلمات " وأفضل الآن أن أسميها ببساطة أكثر " مسلمات ـ ت (مسلمات تحليلية) ، ويمكننا أن نتخيل الآن وبسهولة أكثر كيف أمكن اعطاء تحديدات كاملة لكل الألفاظ الوصفية فى اللغة . إذ أمكننا مثلا أن نحدد معانى " حيوان " و" طائر " و" نقار الخشب ذو الرأس الاحمر " عن طريق قواعد التعيين التالية : ـ

(تع١) يشير الحد " حيوان " إلى مجموعة الخواص التالية (١)....، (٢) ...... ، (٣) ..... ، (٤) ... ، (٥) ... (توجد هنا قائمة كاملة عن خواص محددة يمكن افتراضها) .

(تع٢) ويشير الحد (طائر) إلى مجموعة الخواص التالية (١) ...... ، (٢) ..... ،

(٣) ..... (٤) ...... (٥) .... (وكما فى تعريف ١ السابق) زائد الخواص الإضافية (٦) ... ، (٧) ... ، (٨) ... ، (٩) ... ، (١٠) ... (كل الخواص التى فى حاجة إلى تعيين معنى طائر) .

(تع٣) يشير الحد " نقار الخشب ذو الرأس الاحمر " إلى مجموعة الخواص التالية :

(١) ..... ، (٢) ...... ، ...... ، (٥) ..... (كما فى تع١) زائد (٦) .... ، (٧) ...... ، ... (١٠) ...... (كما فى تع٢) زائد الخواص الاضافية (١١) .... ، (١٢) ... ... ، (١٣) .... ، (١٤) .... ، (١٥) ... (أى كل الخواص التى فى حاجة إلى تعيين معنى " نقار الخشب ذو الرأس الاحمر ") .

فإذا كتبت كل الخواص المطلوبة بمكان الفراغات الموضحة بالنقط ، لكان من الواضح أن القواعد ستكون مطولة بشكل كبير جدا وبالتالى مربكة إلى حد بعيد . ولكنه قد يكون ضروريا إذا كان التعيين الكامل لمعانى كل الألفاظ الموضعية فى لغتنا الاصطناعية ملحـا . ولحسن الحظ ، ليس من الضرورى أن تمضى إلى مثل هذه التطويلات المملة ، ونكتفى بتحديد مسلمات ـ ت لتعيين معنى العلاقات التى تنعقد بين الألفاظ الوصفية فى اللغة . فعلى سبيل المثال يكفى أن نضع ، بدلا من القائمة السابقة ، اثنين من المسلمات ـ ت على النحو التالى :

(ت١) كل الطيور حيوانات .

(ت٢) كل نقارى الخشب ذوى الرؤوس الحمراء طيور .

فإذا كانت لدينا قواعد التعريفات الثلاثة ، أمكننا اشتقاق اثنتين من مسلمات ـ ن منها

تعيين معنى طائر) .

(تع٣) يشير الحد " نقار الخشب ذو الرأس الاحمر " إلى مجموعة الخواص التالية :

(١) ..... ، (٢) ...... ، ...... ، (٥) ..... (كما فى تع١) زائد (٦) .... ، (٧) ...... ، ... (١٠) ...... (كما فى تع٢) زائد الخواص الاضافية (١١) .... ، (١٢) ... ... ، (١٣) .... ، (١٤) .... ، (١٥) ... (أى كل الخواص التى فى حاجة إلى تعيين معنى " نقار الخشب ذو الرأس الاحمر ") .

فإذا كتبت كل الخواص المطلوبة بمكان الفراغات الموضحة بالنقط ، لكان من الواضح أن القواعد ستكون مطولة بشكل كبير جدا وبالتالى مربكة إلى حد بعيد . ولكنه قد يكون ضروريا

قذفت ن من نافذة " ، ويتضح فى الحال أن القضية صادقة ـ ت (أى صادقة بالتعريف) . وليس من الضرورى أن نقذف بزجاجة بالفعل لكى نتأكد من أنها سوف تتحطم أم لا ، لأن صدق القضية يلزم من معنى علاقات ألفاظها الوصفية باعتبارها متعينة بالمسلمة ـ ت

أيضا .

والنقطة الهامة التى يجدر بنا أن نفهمها هنا هى أن القائمة الأكثر احكاما لمسلمات ـ ت قد تم انجازها بالفعل ، كما أن التمييز الاكثر احكاما فى لغتنا بين الجمل التحليلية والتركيبية يمكن انجازه فى المستقبل القريب . أما بالنسبة إلى اتساع القواعد الذى يجعل منها قواعد مبهمة أو ملتبسة ، فلابد أن نتوقع أن تكون اللغة المركبة منها تحتوى على جمل غامضة أيضا من الناحية التحليلية ، ولايرجع هذا ـ وهذه نقطة أساسية ـ إلى أنها تفتقر إلى الوضوح فى فهم التمييز بين ما هو تحليلى وما هو تركيبى ، وإنما يكون ذلك بسبب الالتباس فى فهم معانى الألفاظ الوصفية للغة .

وينبغى أن نضع نصب أعيننا دائما أن مسلمات ـ ت لا تخبرنا بشئ عن العالم الواقعى على الرغم من أنها قد تبدو كذلك . فإذا افترضنا مثلا أننا نرغب فى أن نضع المسلمة ـ ت إلى الحد

" أدفأ " لكى نبرهن على أن العلاقة فى هذا الحد غير متماثلة تقول أنـه " بالنسبـة لأى م وأى ن ، إذا كانت م أدفأ من ن ، إذن لما كانت ن أدفأ من م " ، أما إذا قرر شخص آخر أنه قد اكتشف الموضوعين أ و ب ووجد أن من طبيعة أ أن تكون أدفأ من ب ، ومن طبيعة ب أن تكون أدفأ من أ ، فاننا سوف نصاب بالدهشة ونعتبر ذلك اكتشافا عجيبا ، وقد نرد علـى ذلـك بقولنا " لابد أن مفهومك عن الكلمة أدفأ يختلف عن مفهومنا . بالنسبة لنا تعد هذه العلاقة لا متماثلة ومن ثم يصبح وصفك للحالة التى اكتشفتها وصفا مستحيلا ولأن المسلمة ـ ت تعين خاصية لا متماثلة للعلاقة " أدفأ " التى تتعلق فقط بمعنى الكلمة كما هى مستخدمة فى لغتنا ، فهى لاتقول شيئا أيا كان عن طبيعة العالم الواقعى .

وفى السنوات القليلة الماضية تعرضت وجهة النظر التى تقول بامكانية وضع تمييز دقيق بين القضايا التحليلية والتركيبية إلى هجوم شديد من كوايـن ، وموتون وايت " Morton White " وآخرين . بيد أن وجهة نظرى الخاصة فى هذا الموضوع قد عرضتها فى ورقتين أعيد طبعهما فى ملحق الطبعة الثانية لكتابى " المعنى والضرورة " عام ١٩٥٦ . تتعرض الورقة الأولى إلى " معنى المصادرات " وهى رد على كواين وتناولت فيها بطريقة صورية (ولقد تعرضت إلى ذلك هنا ولكن بطريقة غير صورية) كيف يمكن اجراء تمييز دقيق للغة الملاحظة المركبة ، وذلك عن طريق اضافة مسلمات ـ ت إلى قواعد اللغة . أما الورقة الثانية فكـانت عن " المعنى والمترادف فى اللغات الطبيعية " Meaning and synonymy in Natural Languages " تناولت فيها كيف يمكن اجراء تمييز للغة المستخدمة بشكل عام فى الحياة اليومية ، مثل اللغة الانجليزية ولقد اعتمد التمييز هنا على بحث فى عادات الحديث ، أدى إلى ظهور مشكلات جديدة ناقشتها فى الورقة ، ولن نتعرض لها هنا .

ومما سبق يتضح أن التحليلية قد نوقشت على نطاق واسع ، وبصفة خاصة من جهة اللغات الملاحظة ، مثل اللغات الملاحظة فى الحياة اليومية ، وفى العلم ، وأيضا اللغة الملاحظة المركبة عند فيلسوف العلم . والواقع أننى مازلت عند قناعتى بأن التمييز بين التحليلية والتركيبية فى لغة ملاحظة قد تم حلها مبدئيا . بل وأكثر من ذلك لدى اعتقاد راسخ بأن الغالبية العظمى من العلماء يتفقون على أهمية هذا التمييز فى اللغة الملاحظة للعلم . وأيا كان الأمر إذا انتقلنا إلى البحث عن لغة نظرية للعلم ، فاننا سوف نواجه بصعوبات بالغة ، وسوف نعرض فى الفصل التالى بعض هذه الصعوبات واضعين فى اعتبارنا الطرق الممكنة للتغلب عليها .

الفصل الثامن والعشرون

التحليلية في لغة نظرية

قبل أن أخوض في شرح كيف أعتقد أن [illegible]

ـ ط جديدة أيضا فنحصل على تفسير امبيريقى افضل للمفهوم .

والحقيقة أن همبل ، فى الجزء السابع من مقالته " طريقة صياغة المفهوم فى العلم " " دائرة معارف العلوم الموحدة ، ١٩٥٣) قد رسم صورة لبنية النظرية تستحق الذكر :

> ربما تكون النظرية العملية شبيهة بشبكة متسعة معقدة ، يمكن تمثيل حدودها بالعقد ، بينما تربط جزءاً من الطرف الأخير ، الذى هو التعريفات ، وجزءاً آخر ، الذى هو الفروض الأساسية والمشتقة المتضمنة فى النظرية . أما النظام الكلى فهو يطفو ، كما كان ، فوق سطح مستو من الملاحظة ، ويرسو عليه عن طريق قواعد التوضيح وينبغى النظر إلى هذه بوصفها خيوطا ، لاتكون جزءا من الشبكة ، وإنما هى تربط اجزاء معينة من الطرف الأخير من اماكن معينة فى السطح المستوى للملاحظة . ويفضل هذه الروابط الموضحة ، يمكن أن تؤدى الشبكة وظيفتها باعتبارها نظرية علمية : ومن معطيات ملاحظة معينة ، نستطيع أن نرتقى عن طريق خيط توضيحى ، إلى نقطة ما فى الشبكة النظرية ، ومن ثم نتقدم ، عن طريق تعريفات وفروض إلى نقاط أخرى ، ومنه يسمح الخيط التوضيحى الآخر ، بالنزول إلى السطح المستوى للملاحظة (١) .

والمشكلة هى أن نعثر على وسيلة للتمييز ـ فى اللغة التى تتحدث عن هذه الشبكة المعقدة ـ بين الجمل التى تكون تحليلية وتلك التى تكون تركيبية ، لأن من السهل أن نعرف جمل صدق ـ ت ، التى تعد صادقة من جهة صورتها المنطقية " إذا كان لكل الاليكترونات عزائم مغناطيسية ، ولم يكن للجسيم م عزم مغناطيسى ، إذن لما كان الجسيم م " اليكترونا " ومن الواضح أن هذه الجملة تعد صدق ـ ق ، إذ ليس من الضرورى أن نعرف أى شئ عن معانى حدودها الوصفية ، لكى نعرف أنها صادقة . ولكن كيف يتم التمييز بين الجمل التحليلية (التى تكون صادقة من جهة معانى حدودها ومشتملة على حدود وصفية) ، وبين الجمل التركيبية (التى لايمكن تقرير صدقها دون ملاحظة العالم الواقعى) ؟

ولكى نتعرف على قضايا تحليلية فى لغة نظرية ، من الضرورى أن نحوز على مسلمات ـ أ التى تعين معنى العلاقات التى تنعقد بين الحدود النظرية .وتكون القضية تحليلية ، إذا كانت نتيجة منطقية لمسلمات ـ أ ، كما تكون صادقة ، إذا لم تتطلب ملاحظة العالم الواقعى ، أى إذا

تجنبت المضمون الواقعي وهي صادقة فقط من جهة معاني حدودها ، مثل تلك القضية التي تقرر " ليس ثمة أعزب متـزوج " فهي صادقة فقط من جهة المعاني الخاصة بكلمتي " أعـزب " و" متزوج " ، ويمكن التحقق من هذه المعاني باحكام عن طريق اللغة الملاحظة كيف يمكن صياغة مسلمات ـ أ المقارنة لكي تتماثل مع القضايا التحليلية في لغة نظرية مشتملة على حدود نظرية تفتقر إلى تفسيرات كاملة ؟

ربما يعتقد من الوهلة الأولى ، أن مسلمات ـ ن وحدها هي التي يمكن أن تستخدم بوصفها مسلمات ـ أ . صحيح أنه يمكن بناء نظرية استنباطية عن طريق ادماج مسلمات ـ ن بالمنطق والرياضيات ، ولكن النتيجة المتوقعة هي وجود نسق استنباطي مجرد ، تصبح الحدود النظرية فيه مفتقرة حتى إلى التفسير الجزئي . والهندسة الاقليدية مثال مألوف على ذلك ، إنها بناء غير مفسر للرياضيات البحتة . ولكي تصبح نظرية علمية ينبغي أن تكون حدودها الوصفية مفسرة ، على الأقل جزئيا . وهذا يعني أنه ينبغي أن يكون لحدودها معاني امبيريقية ، ولن يتأتى ذلك بالطبع ، إلا عن طريق قواعد المطابقة التي تربط حدودها الأولية بظواهر العالم الفيزيائي . ولهذا السبب تتحول الهندسية الاقليدية إلى هندسة فيزيائية . فتقول أن الضوء يتحرك في قطع مستعرض " خطوط مستقيمة " ، والكواكب تتحرك في قطع ناقص " اهليلجي " حول الشمس . وعندما يتم توضيح البنية الرياضية المجردة) ولو على الأقل جزئيا) ، وذلك عـن طريق مسلمات ـ ق ، فلن تنشأ المشكلة السيمانطيقية التي تعنى بتمييز القضايا التحليلية من القضايا التركيبية . ولا يمكن أن تستخدم مسلمات ـ ن النظرية بوصفها مسلمات ـ أ ، لأنها تفشل في أن تمدنا بحدود ـ ن بالمعنى الامبيريقي .

ولكن هل يمكن أن تستخدم مسلمات ـ ق لتمدنا بمسلمات ـ أ ؟ لايمكن بالطبع استخدام مسلمات ـ ق وحدها ، ولكن نحصل على أكثر توضيح ممكن للحدود ـ ن (على الرغم من أنه

للنسبية أنها سوف تخدم مسلمات ـ أ المماثلة للجمل التحليلية فى النظرية . فاننا بمساعدة مسلمات ـ ن ، ق وبمعاونة المنطق والرياضيات ، سوف نستنبط أن الضوء الصادر من النجوم سوف يكون منحرفا بسبب المجال الجاذبى للشمس . ألا يمكننا القول أن هذه النتيجة تحليلية ، وأنها صادقة فقط من جهة معانيها الامبيريقية التى سبق أن أشرنا إليها ، لكل الحدود الوصفية ؟ لا نستطيع ذلك ، لأن النظرية العامة للنسبية تزودنا بتنبؤات شرطية عن العالم ولايمكن اثباتها أو رفضها الا عن طريق الاختبارات الامبيريقية .

[illegible]

شرخ فى هاتين الوظيفتين الخاصتين بمسلمات ـ ن ، ق ، لأنه يمكن أن يقال فى هذه الحالة أن هذا الجزء منهما إنما يسهم فى توضيح المعنى ، ومن ثم إذا كانت القضايا التى تعتمد على هذا الجزء صادقة ، فهى تصدق بسبب معناها فقط ، طالما ظلت القضايا الأخرى ، قضايا واقعية .

وثمة طريقة فى غاية الاهمية لحل ، أو بالاحرى لتجنب كل المشكلات الصعبة المرتبطة بالحدود النظرية وهى تلك التى اقترحها رامسى . وكما أوضحنا فى الفصل السادس والعشرين ، يمكن أن نذكر مضمون نظرية تختص بالملاحظة الكلية فى جملة معلومة مثل جملة رامسى (ن ق) لا تظهر فيها سوى الحدود التى تختص بالملاحظة والحدود المنطقية وربما يقال أن الحدود النظرية " مسورة باستمرار " لأنه ليس ثمة حدود نظرية " ولا لغة نظرية . ومن ثم تختفى مشكلة تعريف التحليلية بالنسبة إلى اللغة النظرية . وأيا ما كان الأمر ، تعد هذه الخطوة جذرية أيضا . وكما بينا من قبل أن التخلى عن الحدود النظرية بالنسبة للعلم يؤدى إلى تعقيدات ومتاعب كثيرة لأن الحدود النظرية تبسط وتسهل مهمة صياغة القوانين إلى حد كبير ولهذا السبب وحده لايمكن استبعادها من لغة العلم .

[illegible] حل المشكلة عن طريق استخدام جملة رامسى ، ولكن أن نفعل ذلك

[illegible]

افترض مثلا القضية التى سوف نرمز إليها بالقضية ا ، " هاتان اللوحتان الفوتوغرافيتان تصوران نفس نموذج النجوم . أخذت الأولى اثناء الكسوف الكلى للشمس ، عندما كان قرص الشمس مغطى فى داخل النجم . وأخذت الثانية عندما لم تكن بالقرب من هذا النموذج " أما القضية ب فهى " أن صور النجوم القريبة جدا من الشمس المكسوفة سوف تزاح قليلا من مواضعها فى اتجاه بعيد عن الشمس كما هو مبين فى اللوحة الثانية " ولاشك أن القضية التى

تحليلية تركيبية ، ولايمكن مطابقتها على لغة العلم النظرية .. ومنذ عهد قريب جدا ، عرض همبل وجهة النظر هذه بشكل واضح جدا (٢) وكان همبل ميالا ، ولكن ربما بتردد ، إلى قبول الانقسام من جهة اللغة الملاحظة ، شاخصا بناظريه إلى نفعهما من جهة اللغة النظرية ، معلنا بقوة المذهب الشكلى عند كواين . إذ أكد على أن الدور المزدوج لمسلمات ـ ن ، ق تجعل مفهوم

عما إذا كانت النظرية صادقة ، أو أن هذه هى الوسيلة التى يوجد عليها العالم ، وإنما هى تقرر فقط أنه إذا كان العالم يسلك بهذه الطريقة ، فينبغى فهم الحدود النظرية بوصفها حدودا مرضية للنظرية .

ولقد أوردنا فى الفصل السادس والعشرين مثالا لنظرية تحتوى على ستة مفاهيم نظرية ، أعنى فئتين وأربع علاقات . وكانت الصياغة النسقية المفترضة (والتى كان يشار إليها ببساطة بالنقاط) للنظرية ن ق وجملتها الرمسية هى ر ن ق . وبالنظر إلى المسلمة ـ أ فى هذا المثال ، فإنه يمكن صياغتها على النحو التالى :

(أ ن) (ق١∃) (ق٢∃) (ل١∃) (ل٢∃) (ل٣∃) (ل٤∃)
{ .... ق١ ... ق٢ ... ل١ ... ل٢ ... ل٣ ... ، ... ق١
... و١ ...و٢ ... و٣ ... ل٢ ... و٤ ... وم ... } >
{ ... جز ... هايجز .... ح ... ض ... ك ... س
... ، ... ح ... و١ ... و٢ ... و٣ ... ض ... و٤ ... وم ... }

ويقرر هذا أنه إذا كان العالم على هذا النحو فثمة ستة أضعاف للكيانات على الأقل (فئتين وأربع علاقات) ترتبط فيما بينها وأن الكيانات الملاحظة المتعينة بالنظرية هى (و١ ، و٢ ... وم ، ومن ثم فإن الكيانات النظرية جز ، هايجز ، ح ، ض ، ك ، س ، تشكل السدس الذى يرضى النظرية . ومن الاهمية بمكان أن ندرك أنها ليست قضية واقعية تقرر أنه تحت الشروط السالفة فإن الكيانات الستة تعمل بوصفها موضوعا لواقعة ترضى النظرية . لأن الحدود النظرية الستة لاتسمى كيانات ستة متعينة . إذ قبل أن توضع المسلمات ـ أ التى هى أ ن ، لم يكن لهذه الحدود أى تفسير ، حتى ولو كان جزئيا . وهكذا فإن المسلمة تقرر أنه إذا كان هناك واحد أو أكثر من المضاعفات الستة للكيانات التى ترضى النظرية فان الحدود النظرية الستة يمكن أن

اقترنتا فانهما تكافئتان النظرية . وهى تنقسم إلى الجملة أ ن والجملة و ن . والمقصود بالجملة أ ن أنها تستخدم مثلما تستخدم مسلمات ـ أ فى جميع الحدود النظرية الخاصة بالنظرية ، وهى تتجنب بالطبع ، وبشكل كامل المحتوى الواقعى ، أما الجملة و ن فإن المقصود بها أنها تكون جملة تعبر بشكل كامل عن شئ مختص بالملاحظة ، أى عن المضمون الواقعي للنظرية . وكما أوضحنا من قبل لاتفعل جملة رامسى ذاتها ر ن ق هذا الأمر تماما ، وإنما هى تعبر ، فى لغة [illegible]

على تصنيف عام للجمل الخاصة باللغة العلمية . ويمكننا أن نرسم هذا رسما بيانيا كما هو مبين

واسع عندما تتحدث عن شئ ما فى العالم . ولكن بالمعنى الدقيق أنها تفتقر إلى ذلك . إذ أن المسلمة ـ أ تذكر أنه إذا كانت توجد كيانات (وهى تلك التى يشار اليها بالاسوار الوجودية فى جملة رامسى) بحيث تكون من النوع الذى يرتبط معا عن طريق كل العلاقات التى يتم التعبير عنها فى المسلمات النظرية الخاصة بالنظرية والتى ترتبط بكيانات ملاحظة عن طريق كل العلاقات المتعينة بالمسلمات المطابقة للنظرية ، جينئذ تكون النظرية فى حد ذاتها صادقة . ويبدو هنا أن المسلمة ـ أ تخبرنا بشئ ما عن العالم ، ولكن الحقيقة أنها لاتفعل ذلك ...

نهائى لمشكلة تعريف التحليلية بالنسبة للغة نظرية . وعلى الرغم من أننى فيما سبق لم أشارك تشاؤم كواين وهسبل ، إلا أننى اعترفت دائما أنها تعد مشكلة خطيرة ، وإن من الصعب أن نجد لها حلا مرضيا فى القريب العاجل ، كما أننى اعتقدت للحظة أننا ربما نخضع أنفسنا لأخذ عبارة تحتوى على حدود نظرية ، وحدود لا تخضع للملاحظة على أنها عبارة تحليلية فقط ، تحت شرط أكثر ضيقا وبالكاد تافها بأنها تصبح ت ـ صادقة مثل " اما أن يكون الجسيم اليكترونا أو لايكون اليكترونا " ، وأخيرا وبعد سنوات عديدة من البحث وجدت أن هذا يعد منفذا جديدا ، ومع مسلمة ـ أ الحديثة ، لم تكن ثمة صعوبات قد اكتشفت بعد فى هذا المنفذ الجديد . وإننى لعلى قناعة الأن أن ثمة حلا ، وحتى إذا ظهرت صعوبات ، فلسوف يكون فى الامكان التغلب عليها .

تفسر بوصفها اشارة إلى كيانات ستة تشكل ستة مضاعفات ذلك النوع . وإذا كان هناك فى الواقع ستة اضعاف ذلك النوع ، إذن لأعطت المسلمة تفسيرا جزئيا للحدود النظرية ، وذلك عن طريق تحديد المضاعفات الستة المسموح بها للاشارة إلى المضاعفات الستة لهذا النوع . وإذا لم يكن هناك ، من ناحية أخرى المضاعفات الستة لهذا النوع ـ وبكلمات أخرى إذا كانت جملة رامسى كاذبة ـ إذن لكانت المسلمة صادقة بقطع النظر عن تفسيراتها (لأنه إذا كانت " أ " كاذبة إذن تكون أ < ب صادقة) ومن ثم فإن هذا لايعطى تفسيرا حتى ولو كان جزئيا للحدود النظرية .

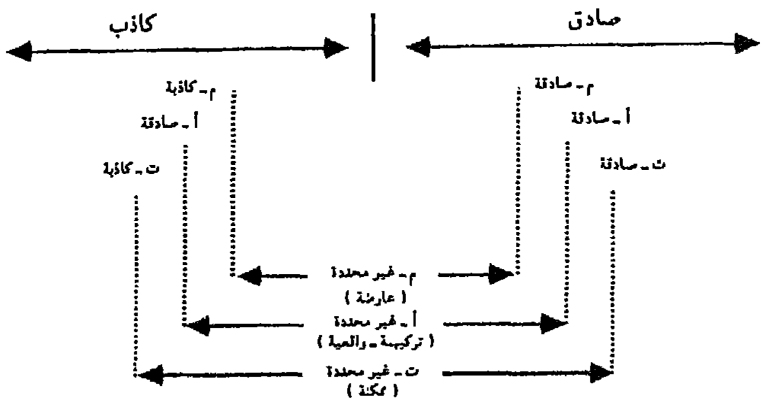
ومرة أخرى ، كل هذا مفهوم بشكل تام ، وليس هناك مانع من أخذ القضية الشرطية ر ن ق < ن ق ، بوصفها المسلمة ـ أ الخاصة بـ ن ق بنفس الطريقة التى تؤخذ فيها مسلمات ـ أ فى اللغة الملاحظة فكما تخبرنا المسلمة ـ أ فى اللغة الملاحظة بشئ ما عن معنى الحد " أدفأ " فإن المسلمة ـ أ فى اللغة النظرية تخبرنا أيضا بمعلومة ما عن الحدود النظرية ، مثل " اليكترون " و " مجال كهرومغناطيسى " . وتسمح لنا هذه المعلومة بالتناوب أن نكتشف أن الجمل النظرية المعينة تحليلية ، أعنى تلك التى تستتبع من المسلمة أ الخاصة بـ أ ن .

والآن يمكننا أن نقرر باحكام ما نعنيه بصدق ـ أ فى اللغة الكلية للعلم . فتكون الجملة صدق ـ أ إذا كانت مسلمة ـ ت عن طريق ضم مسلمات ـ أ فى اللغة الملاحظة ، بمسلمات ـ أ الخاصة بأى لغة نظرية مفترضة . وتكون الجملة كذب ـ أ إذا كان نفيها هو صدق ـ أ ، أما إذا كانت لاتصدق ـ أ ولا كذب ـ أ فانها تكون تحليلية .

وإننى استخدم الحد " صدق ـ م " ـ أى الصدق الذى يعتمد على المسلمات ـ للاشارة إلى ذلك النوع من الجمل التى إذا وفقط إذا كانت ت ـ متضمنة بواسطة المصادرات ، أعنى أن تكون لمصادرة ـ ر (جملة رامسى) مشتملة على كل من مصادرات ـ أ الملاحظة والنظرية معا . وبكلمات أخرى ، يعتمد صدق ـ م على ثلاث مسلمات (رن ، أ و ، أ ن ، ولكن لأن ر ن و أ ن تكافئان ن ق ، ينبغى أن تكون الصورة الأصلية للنظرية ممثلة تماما لكل المصادرات بما فيها ن ق و أ و .

وعلى أساس الأنواع المختلفة للصدق والتى تم تعريفها ، والأنواع المطابقة للكذب ، نحصل على تصنيف عام للجمل الخاصة باللغة العلمية . ويمكننا أن نرسم هذا رسما بيانيا كما هو مبين

فى الشكل ٢٨ ـ ١ . وهذا التصنيف يقطع بالعرض التقسيم السابق للغة إلى منطقية ، وملاحظة ونظرية ، والجمل المختلطة التى سبق أن ذكرناها ، والتى تعتمد على أنواع الحدود الحادثة فى الجمل . وكما سيلاحظ القارئ أن الحد التقليدى " تركيبى " يوضع فى القائمة كبديل لـ أ ـ غير المحددة . ويبدو هذا طبيعيا ، لأن الحد صدق ـ أ كان مستخدما لذلك المفهوم الذى تم تعريفه بوصفه تفسيرا للحد المعتاد " تحليلى " (أو " صادق تحليليا ") . ومن ناحية أخرى ، ينطبق الحد م ـ غير المحدد على فئة أضيق ، أعنى على أ ـ غير المحددة ، أى الجمل " التركيبية " ، حيث لا يتحدد الصدق أو الكذب حتى عن طريق مسلمات ن ق النظرية كما هو الحال مثلا فى القوانين الأساسية للفيزياء أو أى مجال آخر فى العلم . هنا يفرض الحد " عارض" نفسه كبديل .



شكل ٢٨ ـ ١

ولا أود أن أكون دجماطيقيا فيما يتعلق ببرنامج هذا التصنيف ، وبصفة خاصة فيما يتعلق بتعريف صدق ـ أ الذى يعتمد على المسلمة ـ أ المقترحة . وإنما أقدمها بالاحرى كحل مؤقت غير نهائى لمشكلة تعريف التحليلية بالنسبة للغة نظرية . وعلى الرغم من أننى فيما سبق لم أشارك تشاؤم كواين وهمبل ، إلا أننى اعترفت دائما أنها تعد مشكلة خطيرة ، وإن من الصعب أن نجد لها حلا مرضيا فى القريب العاجل ، كما أننى اعتقدت للحظة أننا ربما نخضع أنفسنا لأخذ عبارة تحتوى على حدود نظرية ، وحدود لا تخضع للملاحظة على أنها عبارة تحليلية فقط ، تحت شرط أكثر ضيقا وبالكاد تافها بأنها تصبح ت ـ صادقة مثل " اما أن يكون الجسيم اليكترونا أو لايكون اليكترونا " ، وأخيرا وبعد سنوات عديدة من البحث وجدت أن هذا يعد منفذا جديدا ، ومع مسلمة ـ أ الحديثة ، لم تكن ثمة صعوبات قد اكتشفت بعد فى هذا المنفذ الجديد . وإننى لعلى قناعة الآن أن ثمة حلا ، وحتى إذا ظهرت صعوبات ، فلسوف يكون فى الامكان التغلب عليها .

هوامش :

(١) الاقتباس من كارل ج . همبل ، الانسيكلوبيديا العالمية لوحدة العلم ، مجلد ، رقم ٧٠ : أوليات صياغة المفهوم فى العلم الامبيريقى . (شيكاغو : دار نشر جامعة شيكاغو ، ١٩٥٢ ، ص ص ٣٢ ـ ٣٨ .

(٢) أنظر ورقتى همبل " احراج الباحث النظرى " " The Theoreticians Dilemma " للناشرين ميشيل سكريفن ، وجروفر ماكسويل . دراسات مينسوتا فى فلسفة العلم (مينوبوليس) مينسوتا : دار نشر جامعة مينسوتا ، ١٩٥٦) المجلد ٢ ، و " التضمنات فى أعمال كارناب الخاصة بفلسفة العلم " Implications of Carnap's work for the philosophy of science " . للناشر بول ارثر شليب ، فلسفة وورلف كارناب (لاسال ، ٣ أوين كورت ، ١٩٦٣) .

(٣) يرمز الرمز و هنا إلى الحد " واقعى " . (المترجم) .

(٤) يرمز الرمز ن هنا إلى القضايا التحليلية . (المترجم) .

□ القسم السادس □

ما وراء الحتمية

□ الفصل التاسع والعشرون □

القوانين الإحصائية

في الماضى ، كان فلاسفة العلم يولون اهتماما كبيرا بمسألة : " ماهى طبيعة السببية " ؟ ولقد حاولنا أن نوضح فى الفصول السابقة .. لماذا لم تعد هذه أفضل وسيلة لصياغة المشكلة . ومهما كان نوع السببية ، فهناك فى العالم ما يتم التعبير عنه بواسطة قوانين العلم . وإذا كنا نرغب فى أن ندرس السببية ، فليس أمامنا إلا أن نفحص تلك القوانين ، وذلك عن طريق دراسة طرق صياغتها وكيفية تأييدها أو عدم تأييدها بالتجربة .

ولقد اتضح من فحص قوانين العلم ، أن من المناسب التمييز بين القوانين التجريبية ، التى تتعامل مع المرصودات ، وبين القوانين النظرية التى تتعلق باللامرصودات . وكما رأينا برغم عدم [illegible] اللامرصودات وبالتالى عدم وجود خط فاصل بين

بذكر فقط قيمة متوسط المقدار في فئة حالات متعددة فهو يذكر مثلا أنك إذا ألقيت بزهرة النرد

الشروط معلومة لامكننا أن نتنبأ بدقة بسلوك الجزيئات المتصادمة ، لأن سلوك الجزيئات ينبغى أن يعتمد على شئ ما ، ولايمكن أن يحدث بشكل تعسفى أو كيفما اتفق ، ولكن ينبغى أن تكون القوانين الأساسية للفيزياء حتمية .

كما أدرك فيزيائيو القرن التاسع عشر أيضا أن القوانين الأساسية نادرا ما تعبر عن الأشياء تعبيرا كاملا وتمثله تمثيلا خالصا ، وذلك بسبب تأثير العوامل الدخيلة أو الطارئة . ولقد عبروا عن ذلك بالتمييز بين القوانين الأساسية والقوانين المقيدة " Restricted Laws " وهى تلك القوانين التى تشتق من القوانين الأساسية . والقانون المقيد هو ببساطة ذلك القانون الذى تمت صياغته بشرط مقيد ، فهو يقرر مثلا أن هذا الشئ أو ذاك سوف يحدث فقط تحت " ظروف طبيعية " أو معتادة أننا نفترض مثلا أنه " إذا سخن قضيب الحديد " وكان فى درجة التجمد ثم وصل إلى درجة غليان الماء ، فإن طوله سوف يزداد " ولكن إذا كان القضيب مشدودا على منجلة قوية تضغط على حوافه وكان الضغط كافيا ، فإن القضيب لن يتمدد ، ويصبح افتراضنا خاطئا ولذلك يقال عن القانون أنه مقيد لأنه لاينعقد إلا تحت ظروف معتادة ، ولايحدث ذلك إلا إذا لم تكن هناك قوى أخرى تؤثر عليه .

وخلف كل قانون مقيد يوجد قانون أساسى ، وتقرير القانون الأساسى يكون دائما غير مشروط . افترض مثلا هذا القانون " ينجذب جسمان كل منهما للآخر بقوة تجاذب تتناسب طرديا

أربعة أطفال ، وعشرة أحفاد " فأننا نختصر المعلومة فى قضايا إحصائية قصيرة ، وذلك عن طريق أسباب الملاءمة .

وفى بعض الأحيان لاتكون الوقائع الفردية مفيدة ولاينفى هذا أننا ينبغى أن نحصل على بعض منها . فإذا كان عدد السكان كبيرا ، لاينبغى أن نجرى حصرا شاملا لكل فرد فيه ، وإنما بدلا من ذلك نأخذ عينة تمثيلية فقط . فعلى سبيل المثال ، إذا كنا بصدد حصر ملكية العقارات ، وأوضحت العينة أن ثمة نسبة مئوية معينة من السكان يمتلكون عقارات ، فاننا نستنبط من ذلك أن نفس النسبة المئوية تقريبا تنطبق على مجموع السكان . وكان من الممكن أن نفحص كل حالة فردية على حدة ، ولكن توفيرا للوقت والجهد والتكلفة التى يتطلبها مثل هذا المشروع ، فإننا نفضل أن نأخذ عينة ونفحصها ، فإذا راعينا الدقة فى اختيار العينة الممثلة أمكننا أن نحصل على تقديرات عامة جيدة .

وحتى فى العلوم الفيزيائية والبيولوجية ، على الرغم من معرفتنا بالواقعة الفردية ، أو على الأقل سهولة الحصول عليها ، إلا أنه ينبغى أن نستعين بالقضايا الاحصائية .

[illegible] أن هناك حوالى ألف زهرة حمراء تخضع لشروط [illegible]

افترض إن هذا النظام يبقى معزولا اثناء الزمن من ز ١ إلى ز ٢ ، ويقال أنه لايتأثر أثناء هذا الفاصل الزمنى بأى اضطراب من الخارج . وإذن على أساس الحالة المفترضة للنظام فى ز١ ، تحدد قوانين الميكانيكا الكلاسيكية وحدها (قيم كل مقادير الحالة) فى ز٢ .

أما فى ميكانيكا الكم ، فإن الصورة تختلف تماما (ولن نهمل هنا الاختلاف فى طبيعة تلك

الاحتمالية فى مجال عرف باسم الميكانيكا الاحصائية فاذا كانت هناك كمية معينة ولتكن هـ

المختارة ، فإن وصف الحالة التى تعين تلك القيم الواحدة هى ما يمكننا أن نعلق أننا نعرفها .

ويمكن فى ميكانيكا الكم ، تمثيل أية حالة فى نظام عن طريق دالة من نوع خاص ، تسمى " دالة الموجة " . وتحدد الدالة التى من هذا النوع ، القيم العددية لنقاط المكان (ومع ذلك لايكون هذا بصفة عامة هو المكان المألوف ذو الابعاد الثلاثة ، وإنما هو مكان مجرد ذو أبعاد أكثر) فإذا افترضنا مجموعة كاملة من مقادير الحالة بالنسبة للزمن ذا ، إذن لكانت دالة موجة النظام بالنسبة إلى ز ـ محددة بشكل وحيد . وعلى الرغم من أن كل هذه الدوال الموجبة تعتمد على مجموعة مقادير تبدو بصورة غير مكتملة من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية ، إلا أنها تلعب فى ميكانيكا الكم دورا مماثلا لما تلعبه اوصاف الحالة فى الميكانيكا الكلاسيكية فتحت شرط العزل ـ كما سبق لنا القول ـ يمكن تحديد دالة الموجة بالنسبة للزمن ز ، على أساس دالة الموجة

عن طريق الميكروسكوب الاليكترونى .

ولقد أدركوا أيضا أن الملاحظة الدقيقة الكاملة شئ مستبعد ، فلابد أن يكون هناك عنصر اللاتعيين . ومعنى هذا أن قوانين العلم إحصائية ، ولكن ليس بالمعنى القوى . وكانوا علـى ثقة ـ وهذه نقطة هامة ـ إن الدقة والاحكام يزدادان على مر الأيام . فقد قيل عنهم أنهم صرحوا بأن فى امكانهم أن يقيسوا باحكام ما هو مكون من عددين عشريين ، ويمكنهم فى اليوم التالى أن يتوصلوا إلى قياس ثلاثة أعداد عشرية ، وخلال عدة عقود يمكنهم التوصل إلى عشرين أو مائة عـدد عشرى . فقد كانوا يفترضون أنه ليس ثمة قيد على ما يمكنهم الوصول إليه من دقة فى أى نموذج للقياس . ولقد افترض فيزيائيو القرن التاسع عشر والعديد من الفلاسفة أيضا أن خلف كل القوانين الماكروسكوبية ـ بقدرتها على تجنب اخطاء القياس ـ توجد قوانين ميكروسكوبية دقيقة ومحددة . ولايمكن بالطبع أن نرى الجزيئات الواقعية ، ولكن الحركة الناتجة عن تصادم جزيئين يمكن بالطبع تحديدها تماما عن طريق تعيين شروط [illegible] الاصطدام . فإذا كانت كل جزء [illegible]

الذى استبدلته ميكانيكا الكم فى الصورة النيوتونية الكلاسيكية .

وعندما يقرر بعض الفلاسفة أمثال ارنست ناجل " Ernest Nagel " ، وعلماء فيزياء

مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما " يعد تقرير هذا القانون غير مشروط . لأنه يمكن أن تكون هناك بالطبع قوى أخرى مثل الجاذبية المغناطيسية قد تتدخل فتتغير من حركة أحد الجسمين ، ولكن ذلك لن يغير من كمية أو اتجاه القوة الجاذبة . والحقيقة أننا لسنا فى حاجة إلى شروط مقيدة تضاف إلى نص القانون . لأن هناك مثالا آخر تزودنا به معادلات ماكسويل فى المجال المغناطيسى من المعروف إن هذه المعادلات تنعقد بلا قيد أو شرط ، وبدقة مطلقة . ولقد كانت الصورة العظيمة التى قدمتها الفيزياء النيوتونية للعالم هى أن كل الحوادث التى تقع فيه يمكن تفسيرها مبدئيا عن طريق القوانين الاساسية . وهذه القوانين تخلو تماما من عنصر اللاتحديد . وكما أوضحنا فى فصل سابق ، صاغ لابلاس ، هذه النظرية الكلاسيكية صياغة دقيقة عندما افترض العقل الخيالى أو الانسان الخارق الذى إذا عرف كل القوانين الأساسية وكل وقائع العالم فى لحظة معينة لكان قادرا على أن يحسب كل حوادث العالم

بيد أن الغالبية العظمى من المقترحات التى قدمت لاجراء مثل هذا التعديل ، قد اهتمت فقط بالصورة المنطقية المستخدمة فى الفيزياء . ولقد عبر كل من فيليب فرانك ، وموريتز شليك (وكان شليك آنئذ فيلسوفا فى فيينا ، وفرانك عالما فيزيائيا فى براغ) عن وجهة نظرهما فى

□ الفصل الثلاثون □

اللا حتمية فى فيزياء الكم

تعتمد السمة اللاحتمية لميكانيكا الكم أساسا على مبدأ عدم التحديد ، وتطلق عليه أحيانا مبدأ اللاتعيين أو علاقة اللاتعيين ، ولقد أعلنه أول مرة سنة ١٩٢٧ فيرنر هايزنبرج " Vetner Heisenberg " ، وهذا المبدأ يقرر بخشونة ، أن من المستحيل ، من حيث المبدأ أن نقيس زوجين معينين من المقادير المترافقة " Conjugate " ، فى نفس اللحظة وبدقة عالية .

واليك مثالا لهذين الزوجين :

(١) إن البعد الاحداثى ـ م لموقع جسيم مفترض فى زمن مفترض (ومن جهة نظام احداثى مفترض هو (ك م) .

(٢) إن المركب ـ م لزخم (قوة دفع) نفس الجسيم فى نفس الزمن هو (ق م) . (وهذا المركب هو نتاج كتلة الجسيم ومركب سرعته ـ م) .

[illegible] بالنسبة الى الزوجين ك هـ ، ق هـ .

اللاتعيين . والنقطة الهامة هى أن هذه الاضطرابات الشديدة إنما تنحصر فى أن عدم الدقة هذه تعد جزءا لايتجزأ من قوانين نظرية الكم الاساسية ولاينبغى أن نعتقد فى ان التقييد الذى ذكره مبدأ اللاتعيين يرجع إلى عيوب فى وسائل القياس ، وبالتالى إذا ادخلنا بعض التحسينات . على تقنيات القياس نتمكن من احراز الدقة . وإنما هو قانون اساسى ولسوف يظل هكذا طالما بقيت قوانين نظرية الكم على صورتها الحالية .

ولايعنى هذا أن قوانين الفيزياء المسلم بها لايمكن أن تتغير أو أن مبدأ اللاتعيين لهيزنبرج لايمكن التخلى عنه أبدا . ولكن مع ذلك فاننى اعتقد أن من المناسب أن أؤكد على أنه سوف يحدث تغيير ثورى فى البنية الأساسية لفيزياء اليوم يزيل هذه الصورة . ويقتنع بعض علماء اليوم (كما اقتنع اينشتين من قبل) إن هذه الصورة الميكانيكا الكم الحديثة ، أمر مشكوك فيه ، وربما يتم التخلى عنها فى يوم ما . هناك امكانية لذلك ، ولكن سوف تكون هذه الخطوة جذرية . وفى نفس الوقت ، لايمكن للمرء أن يتصور كيف يمكن استبعاد مبدأ اللاتعيين . إن الاختلاف .

إن الاختلاف الهام بين نظرية الكم والفيزياء الكلاسيكية يقع فى مفهوم الحالة اللحظية للنظام الفيزيائى . افترض على سبيل المثال ، نظاما فيزيائيا يحتوى على عدد من الجسيمات . فى الفيزياء الكلاسيكية ، توصف حالة هذا النظام فى الزمن ز١ ، وبشكل كامل عن طريق اعطاء كل جسيم قيم المقادير التالية (وتسمى فى بعض الاحيان " متغيرات الحالة " ، وسوف أطلق

الروابط المنطقية المعتادة (التضمن) الفصل ، الربط ، وهكذا) بجداول للصدق أعقد بكثير من تلك المستخدمة لتعريف الروابط فى المنطق ثنائى القيم المألوف ، كما أدى به إلى ادخال روابط جديدة . ومرة أخرى يداخلنى احساس بأنه إذا كان من الضرورى تعقيد المنطق بهذه الصورة فمن الاجدر أن يكون هذا مقبولا . ومع ذلك ، لا استطيع أن أرى فى الوقت الراهن أية ضرورة لمثل هذه الخطوة الراديكالية .

وينبغى بالطبع أن ننتظر حتى نرى كيف تمضى الأشياء فى مستقبل تطور الفيزياء . ولسوف

الاليكترونات والبروتونات . وعلى الرغم من أن هذا الاختلاف يعد علامة على الخطوة العظيمة نحو التطور الحالى للفيزياء . إلا أنه ليس ضروريا بالنسبة لمناقشتنا الحالية التعلق بالمناهج الصورية لتعيين حالـــة النظام) . ففى ميكانيكا الكم ، تسمى مجموعة من مقادير الحالة بالنسبة لنظام مفترض فى زمن مفترض ، المجموعة الكاملة " إذا أمكن من حيث المبدأ ، أن نقيس أولا كل مقادير المجموعة بشكل لحظى ، وإذا تحددت ثانيا قيمتها بالنسبة لأى مقدار

التى تفترض لغة صورية . أما فى الوقت الراهن ، فإن مضمون النظريات والبنية المفهومية للفيزياء كلها تخضع لمناقشة حامية واتوقع أن تساعد هذا المناهج على تحقيق تقدم ما .

إننا نواجه هنا بتحد مثير يستوجب تعاونا أوثق بين علماء الفيزياء والمنطقيين ، والأمر منوط بأولئك الرجال حديثى السن الذين درسوا الفيزياء والمنطق معا . وأننى مازلت مقتنعا بأن تطبيق المنطق الحديث والمنهج الاكسيوماتيكى على الفيزياء ، سوف يفعل أكثر بكثير من مجرد تحسين الصلة بين علماء الفيزياء والعلماء الآخرين . كما أننى أشعر أن شيئا ما عظيم الأهمية إلى حد بعيد سوف ينجز ولسوف يجعل من الاسهل تكوين مفاهيم جديدة لصياغة فروض جديدة . لأن فى السنوات الحالية ، تم تجميع كمية كبيرة جدا من النتائج التجريبية الحديثة ، يؤدى معظمها إلى تحسين كبير فى الادوات التجريبية مثلما حدث عندما تحطمت الذرة الكبيرة فأدى ذلك إلى تقدم سريع فى تطور ميكانيكا الكم . بيد أن المجهودات التى بذلت لاعادة بناء النظرية يمثل هذه الطريقة التى تجعل كل المعطيات الجديدة مناسبة لها لم تنجح بعد لسوء الحظ . فقد ظهرت بعض الالغاز المحيرة المدهشة والمآزق المربكة ، أدت الحلول الهامة التى توصلوا لها إلى صعوبات أشد

المجموعة وهكذا فى مثالنا ربما تتكون فئة من الجسيمات من مجموعة كاملة مـن المقاديـر

المقترضة بالنسبة للزمن ز ١ . وذلك بمساعدة المعادلة المشهورة المعروفة باسم " معادلة شرود نجر التفاضلية " ، والتى ذكرها لأول مرة العالم الفيزيائى النمساوى العظيم ادوين شرودنجر " Edwin Schrodinger " . والصيغة الرياضية لهذه المعادلة تتخذ شكل القانون الجبرى وهى تخضع دالة الموجة الكاملة لـ ز ٢ ، ولذلك إذا قبلنا دوال الموجة بوصفها تمثيلات كاملة لحالات لحظية فإن ذلك سيقودنا إلى القول ، بإن الحتمية فى فيزياء الكم تظل باقية ولو على المستوى النظرى فحسب .

ومثل هذا التقرير ، على الرغم من أنه يلقى تأييدا من بعض الفيزيائيين إلا أنه يبدو لى مضللا ، لأنه يمكن أن يقود القارئ إلى التغاضى عن الحقيقة التالية . عندما نسأل دالة الموجة المحسوبة بالنسبة لنقطة زمن مستقبلى ز ٢ ، أن تخبرنا عن قيم مقادير الحالة فى ز ٢ ، فإن الاجابة تكون : إذا خططنا لأن نجعل فى ز ، مقياسا لمقدار حالة مخصوصة - ولتكن مثلا الاحداثية - هـ لموقع الجسم رقم ٥ - لما تنبأت دالة الموجة بالقيمة التى سوف يتوصل إليها مقياسنا .وإنما سوف تزودنا فقط بتوزيع احتمالى لقيم هذا المقدار الممكنة . وبصفة عامة ، فإن دالة الموجة سوف تعين احتمالات موجبة وبقيم ممكنة متعددة (أو لفواصل فرعية لقيم ممكنة متعددة) وفى بعض الحالات النوعية فقط تصل واحدة من القيم نظريا إلى درجة الاحتمال واحد أى درجة التأكيد) وهنا يجوز لنا أن نقرر أن القيمة قد تم التنبؤ بها قطعيا . ومع ملاحظة أن دالة الموجة المحسوبة لـ ز ، تزودنا بتوزيع احتمالى لقيم مقدار كل حالة النظام الفيزيائى محل البحث ففى مثالنا الاسبق يعنى هذا أنه يزودنا بتوزيعات الاحتمال لكل المقادير المشار اليها فى كل من (أ) و(ب) . ومن ثم نجد أن نظرية الكم لاحتمية بشكل اساسى فهى لاتزودنا بتنبؤات ثابتة لنتائج القياسات ، وإنما هى تزودنا فقط بتنبؤات احتمالية .

ولأن دالة الموجة المحسوبة للزمن ز ٢ تخضع لتوزيعات احتمالية لمقادير الحالة الأولية ومن جهة الجسيمات الفردية فمن الممكن أيضا أن تشتق توزيعات الاحتمال لمقادير أخرى تم تعريفها فى حدود المقادير الأولية . ومن بين هذه المقادير الأخرى التى هى مقادير احصائية لمجموعة كل جسيمات النظام الفيزيائى أو للمجموعة الفرعية لهذه الجسيمات ، نجد أن العديد من هذه المقادير الاحصائية تنطبق على الخواص التى يمكن ملاحظتها ماكروسكوبيا مثل درجة حرارة جسم صغير ولكنه مرئى أو موضع أو سرعة مركز جاذبية جسم فإذا كان الجسم مؤلفا من بلايين الجسيمات مثل قمر صناعى يدور حول الأرض فإن موضعه وسرعته ودرجة حرارته ومقادير أخرى تخضع للقياس ، يمكن أن تحسب بدقة عالية . وفى حالات من هذا النوع ، يتخذ احتمال منحنى الثقل

آخرين أمثال هنرى مارجينو " Henry Margenau " ، أن الحتمية مازالت باقية فى القوانين التى تتعلق بحالات النظم ، وإن تعريف " حالة النظام " فقط هو الذى تغير . فاننى لن أعارض وجهات نظرهم ، لأن ما يقررونه صحيح . ولكـن فى رأيى الكلمة " فقط " يمكن أن تكون مضللة . لأنها تعطى انطباعا بأن التغير إنما هو مجرد إجابة مختلفة عن السؤال ما هى المقادير التى تميز حالة نظام ؟ بينما التغير فى الحقيقة يعد اساسيا بالفعل ، وبشكل أبعد بكثير مـن هذا . ولقد كان علماء الفيزياء الكلاسيكية مقتنعين بأنه مع تقدم البحث ، فإن القوانين سوف تصبح دقيقة أكثر فأكثر ، وإنه ليس ثمة حد مطلق لما تحوز عليه من احكام عند التنبؤ بالحوادث المرصودة . أما نظرية الكم فانها على العكس من ذلك ، وضعت نهاية لمثل هذا الحد المتبع . ولهذا السبب ، فاننى اعتقد ان مخاطرة سوء الفهم تتضاءل إذا قررنا أن بنية السببية ـ بنية القوانين ـ فى الفيزياء الحديثة ، تختلف بشكل أساسى عما كان سائدا فى عصر نيوتن وحتى نهاية القرن التاسع عشر . إذ أن الحتمية بالمعنى الكلاسيكى ، قد تم التخلى عنها نهائيا .

ومن السهل أن نفهم لماذا كان من الصعب نفسيا على الفيزيائيين أن يقبلوا هذه الصورة الجديدة كل الجدة للقانون الفيزيائى . فقد كان بلانك نفسه ـ وهو بطبيعته مفكر محافظ ـ شديد الهم عندما تحقق منذ البداية أن انبعاث وامتصاص الاشعاع لم يكن عملية مستمرة ، وإنما هو ينتقل فى وحدات غير منقسمة . وكان هذا الانفصال معارضا تماما للروح العامة للفيزياء التقليدية ، بحيث كان من الصعب جدا بالنسبة للعديد من الفيزيائيين وضمنهم بلانك نفسه ، أن يتكيفوا مع الطريقة الجديدة للتفكير .

ولقد أدت الطبيعة الثورية لمبدأ هيزنبرج فى اللاتعيين ببعض الفلاسفة والفيزيائيين . أن يرتأوا أن ثمة تغيرات أساسية قد جرت على لغة الفيزياء . ونادرا ما كان علماء الفيزياء انفسهم يتحدثون كثيرا عن اللغة التى يستخدمونها . وإنما يأتى مثل هذا الحديث عادة من أولئك القلة من الفيزيائيين الذين يولون اهتمامهم أيضا إلى الأسس المنطقية للفيزياء ، أو من قبل المناطقة الذين قاموا بدراسة الفيزياء وكان هؤلاء وأولئك يسألون أنفسهم : " الاينبغى أن تتعدل

الشروط معلومة لامكننا أن نتنبأ بدقة بسلوك الجزيئات المتصادمة ، لأن سلوك الجزيئات ينبغى أن يعتمد على شئ ما ، ولايمكن أن يحدث بشكل تعسفى أو كيفما اتفق ، ولكن ينبغى أن تكون القوانين الأساسية للفيزياء حتمية .

كما أدرك فيزيائيو القرن التاسع عشر أيضا أن القوانين الأساسية نادرا ما تعبر عن الأشياء تعبيرا كاملا وتمثله تمثيلا خالصا ، وذلك بسبب تأثير العوامل الدخيلة أو الطارئة . ولقد عبروا عن ذلك بالتمييز بين القوانين الأساسية والقوانين المقيدة " Restricted Laws " وهى تلك

هذا الموضوع لأول مرة . وهى تلك الوجهة من النظر التى تنحصر فى أنه تحت شروط معينة ، يمكن اعتبار اقتران قضيتين ذات معنى فى الفيزياء ، بلا معنى . افترض مثلا أن هناك تنبؤين يتعلقان بقيم مقادير مترافقة لنفس النظام فى نفس الوقت . كأن تتنبأ القضية أ بموقع الاحداثيات الدقيق لجسيم فى زمن معين ، وتعطى القضية ب مركبات الزخم الثلاثة لنفس الجسيم فى نفس الوقت . تعرف من مبدأ اللاتعيين لهيزنبرج ، أنه سيكون لدينا الاختياران التاليان فقط :

١ ـ يمكننا أن نجرى تجربة (ونحن مزودون بالطبع بأدوات جيدة بشكل كاف) وعن طريقها نعلم موقع الجسيم بدقة عالية ، ولا أقول بدقة كاملة . فى هذه الحالة ، لن يكون تحديدنا لزخم الجسيم محكما .

٢ ـ وبدلا من هذا يمكننا أن نجرى تجربة أخرى ، نقيس عن طريقها مركبات زخم الجسيم بدقة

الماضية والمستقبلة .

بيد أن هذه الصورة الخيالية قد تحطمت تماما عند ظهور فيزياء الكم كما سنرى ذلك فى الفصل التالى والأخير .

هوامش :

(*) أو ما كان يطلق عليه فى ذلك الوقت اسم الاسباب غير الكافية " Insufficent " وعادة ما يسمى اليوم بمبدأ عدم المبالاة " The Principle of indiffirence " (المترجم) .

(**) أى الجهل بالاسباب (المترجم) .

المنطق التقليدى ذى القيمتين بحيث تكون لكل قضية ثلاث قيم ممكنـــة : ص (صـــادق) ، ك (كاذب) ، غ (غير محددة) . أى ينبغى احلال قانون الرابع المرفوع محل قانون الثالث المرفوع الكلاسيكى (أى القضية التى ينبغى أن تكون اما صادقة أو كاذبة ، ولا توجد امكانية ثالثة) ففى قانون الرابع المرفوع ، ينبغى أن تكون القضية اما صادقة أو كاذبة أو غير محددة ، وليس ثمة بديل رابع . فعلى سبيل المثال ، ربما نجد أن القضية ب التى تعبر عن زخم جسيم صادقة ، إذا اجرينا عليها تجربة مناسبة . ولكن فى هذه الحالة لابد أن تكون القضية أ التى تعبر عن موقع الجسيم غير محددة . وهى غير محددة لأن من المستحيل مبدئيا تحديد صدقها أو كذبها فى نفس اللحظة التى تثبت فيها القضية ب . أما إذا تم اثبات أ بدلا منها ، حينئذ لن تكون ب محددة . وبكلمات أخرى هناك مواقف فى الفيزياء الحديثة ، إذا كانت فيها قضايا معينة صادقة ينبغى أن تكون قضايا أخرى غير محددة .

افترض أننا اجرينا قياسات للمقادير المترافقة ق ، ك ، ووجدنا أن ق تقع على مسافة معينة من الطول △ ق ، وإن ك تقع على مسافة معينة من الطول△ك . يؤكد مبدأ اللاتعيين لهيزنبرج ، أننا إذا حاولنا أن نقيس ق بدقة فإن هذا يجعل △ق ضئيلا للغاية ، فلا نستطيع أن نقيس فى نفس اللحظة ك بدقة وذلك لأنه يجعل△ ك ضئيلا للغاية . وبتحديد أكثر ، لايمكن أن يكون ناتج△ق ، △ ك أصغر من القيمة المعينة التى تم التعبير عنها فى حدود ثابت بلانك h . فإذا كانت المقادير المترافقة مركبات للزخم والموضع،فإن مبدأ اللاتعيين يقرر أنه لايمكن مبدئيا قياسهما معا بدرجة عالية من الدقة.فإذا ما عرفنا بالضبط موضع الجسيم تصبح مركبات زخمه مبهمة وإذا ما عرفنا بالضبط ما هو زخمة،لايمكننا تحديد موضعه بالضبط . وبالطبع فى الاختبار العقلى فإن عدم دقة قياس هذا النوع يكون أكبر بكثير من الحد الأدنى المفترض فى مبدأ اللاتعيين . والنقطة

أن هذه اللغة ، باستثناء اقسامها الرياضية ، مازالت لغة طبيعية إلى حد كبير ذلك لأن تعلم قواعدها يتم بشكل ضمنى عمليا ، كما أن صياغتها تتم بشكل قطعى فقط . وهناك بالطبع الاف الحدود والعبارات الجديدة الغريبة على لغة الفيزياء قد تم تبينها ، كما تم فى حالات قليلة ، اختراع قواعد معينة لاستعمال بعض من هذه الحدود والرموز التقنية . وكمثل لغات علوم أخرى تزايدت دقة وكفاية لغة الفيزياء وسوف يستمر هذا الاتجاه بالتأكيد ومع ذلك فإن تطور ميكانيكا الكم ، لم يؤثر بعد التأثير الكامل فى صقل لغة الفيزياء فى عصرنا الراهن .

ومن الصعب أن نتنبأ كيف ستتغير لغة الفيزياء ولكننى على قناعة بأن هناك اتجاهين قد يقودان إلى تحسينات كبيرة فى لغة الرياضيات ، ومن ثم يتحقق تأثير مماثل فى صقل وتوضيح لغـــة الفيزياء ، وإن هذا سوف يتم فى غضون النصف الأخير من القرن الحالى . وهذان الاتجاهان هما

افترض إن هذا النظام يبقى معزولا اثناء الزمن من ز ١ إلى ز ٢ ، ويقال أنه لايتأثر أثناء هذا الفاصل الزمنى بأى اضطراب من الخارج . وإذن على أساس الحالة المفترضة للنظام فى ز١ ، تحدد قوانين الميكانيكا الكلاسيكية وحدها (قيم كل مقادير الحالة) فى ز٢ .

أما فى ميكانيكا الكم ، فإن الصورة تختلف تماما (ولن نهمل هنا الاختلاف فى طبيعة تلك الجسيمات التى تطرأ اليها بوصفها نهائية بمعنى كونها لاتتجزأ أو لاتنقسم إذ لم تعد هذه الخاصية منسوبة إلى الذرات فى الفيزياء الحديثة ، ولكنها تنقسم إلى جسيمات أصغر مثل

سوف يتخلون نهائيا عن حماقة الحرب النووية وسوف يسمحون للانسانية أن تحيا ـ فيستمر العلم فى تقدمه العظيم ويؤدى بنا إلى استبصارات أعمق على الدوام فى بنية العالم .

هوامش :

(١) طبقا للمنطق الرمزى الذى وضعه كل من رسل وهوايتهد فى كتابهما المشترك " مبادئ الرياضيات " يكون لقانون التوزيع صورتان :

١ ـ {(ق . ق ل)} = {(ق . ك) ٧ (ق . ل)}

٢ ـ { ق٧ (ك . ل)} = {(ق ٧ ك) . (ق ٧ ل)} .

مع ملاحظة أن الثوابت الرمزية . ، ٧ ، = تعنى على التوالى : و ، أو ، يكافئ . (المترجم) .

المحتويات

المختارة ، فإن وصف الحالة التى تعين تلك القيم الواحدة هى ما يمكننا أن نعلق أننا نعرفها .

ويمكن فى ميكانيكا الكم ، تمثيل أية حالة فى نظام عن طريق دالة من نوع خاص ، تسمى " دالة الموجة " . وتحدد الدالة التى من هذا النوع ، القيم العددية لنقاط المكان (ومع ذلك لايكون هذا بصفة عامة هو المكان المألوف ذو الابعاد الثلاثة ، وإنما هو مكان مجرد ذو أبعاد أكثر) فإذا افترضنا مجموعة كاملة من مقادير الحالة بالنسبة للزمن ذا ، إذن لكانت دالة موجة النظام بالنسبة إلى ز ـ محددة بشكل وحيد . وعلى الرغم من أن كل هذه الدوال الموجبة تعتمد على

دار الثقافة الجديدة