البحث
٥

تصورات المقاييس الكَمّيّة في العلوم

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

ديسمبر ١٩٩١

(تصورات المقاييس الكمّية فى العلوم)

كان المألوف فى القرون من السابع عشر إلى منتصف القرن التاسع عشر أن الاستقراء التقليدى كما تصوره **بيكون ومل** هو منهج البحث فى العلوم التجريبية . لكن حدث تطور فى المنهج العلمى المعاصر بحيث أصبح أوسع من مفهوم الاستقراء التقليدى ، وهو ما يسمى بالمنهج الفرضى الاستنباطى ، حيث لا يتخذ من مبدأ العلية أساسًا أول للبحث العلمى وإنما ترك للتجارب تأييدها أو إنكارها . مما تولد عنه تفسيرات عليّة ، وأخرى غير عليّة وفروضه الصورية يعبر عنها بلغة رياضية خاصة ، ويأتى دور الملاحظة والتجربة حين يراد تحقيق تلك الفروض بطريق غير مباشر .

والملاحظة سواء فى المنهج التقليدى ، أو المنهج الفرضى المتطور ، تعتمد على المقياس الكّمى ، لكن القياس فى تطور دائم ، فتصورات المقياس فى الحرارة تختلف عن تصورات المقياس فى الصوت أو الكتلة والقوة والحركة ، كما أن تصورات قياس ألوان الطيف تختلف عن تصورات ضغط الغاز وحجمه ، والمقاييس فى الكواكب والنجوم تختلف عن المقاييس فى الذرة والكوانتم .

يعنى العلم بالعلاقات الكائنة بين أجزاء الظواهر ، ولا يعنى - إذا أراد التقدم - إلا بالمقادير الكمية وحدها . لأن العلاقات الكائنة بين أجزاء الظاهرة هي الجانب الذى يمكن قياسه قياساً كَمّياً . فلا يعود بعد ذلك اختلاف بين المشاهدين إلا بمقدار ما يختلفون على ضبط القياس وطريقته ، والأمل الوحيد فى أن يصبح « العلم » علماً مرهون بالتماس طريقة تُقاس بها الأفكار الرئيسية التى يتناولها العلم بالبحث ، فإذا لم يكن ذلك فى حدود المستطاع لم يكن « العلم » المزعوم علماً إلا على سبيل المجاز . فماذا نقصد بالكَمّ ؟ وماذا نعنى بالقياس الكَمّى ؟ نقصد بالمقدار الكمى ما يمكن أن يوصف " بأكبر " " وأقل " أو " بأكثر " [1] و "أصغر" ومهما يكن نوع المقدار الكمى الذى نريد قياسه - مكانا أو زمانا أولونا أو صوتا أو غيرها - فلابد من مقارنة شيئين متجانسين من حيث الكمية المراد قياسها ، أحدهما بالآخر - كأن يكونا طولين أو ثُقْلين أو زمنين . إلخ . . . فنتخذ أحد الشيئين معياراً للآخر . فطول نقيس به طولاً آخر ، وثقل نقيس به

(١) Johnson W. E, Logic. Second ed. London. p. 153.

ثقلا آخر ، وهكذا ، فإذا قسنا شيئا بشيء من جنسه . كأن نقيس طولا معينا بالمتر أو الياردة . حصلنا على عدد يحدد النسبة بين الشيئين ، ويكون هذا العدد هو قيمة المقدار الكمى الذى نقيسه ، وإذن فالمقدار الكمى عبارة عن النسبة بين شيئين ، فإذا قلنا - مثلا - إن هذه القطعة من القماش طولها أربعة أمتار ، كان معنى قولنا هو : إن هناك طولاً من القماش وطولاً من الخشب أو البلاستيك (نقصد المتر) بحيث تكون بينهما نسبة ، لكن تحديد هذه النسبة العددية بين شيئين مستحيل إلا إذا عرفنا متى يكون الأول مساويا للثانى - فمشكلة قياس المقادير الكمية هى إيجاد طريقة لتقدير التساوى بين وحدتين - من وحدات الشيء المراد قياسه [1] فكيف يكون التساوى بين طولين أو بين صوتين أو بين حرارتين . . إلخ فإذا أمكننا إيجاد طريقة لتقدير التساوى بين وحدتين أمكن القياس الكمى . وبالتالى أمكن البحث العلمى والا فلا قياس ولا علم [2] وطريقة إيجاد التساوى بين الوحدات تختلف باختلاف نوع المقدار الكمى لنوع واحد . فقياس المكان سواء أكان ذلك المكان ذا بعد واحد أم بعدين أم ثلاثة - بمعنى إذا كان الشيء المراد قياسه طولاً أو مساحة أو حجما فطريقة القياس واحدة من حيث المبدأ ، والمبدأ هو وضع جسم على جسم بحيث تتطابق الأطراف فيكون بينهما تساو .

واصطلح العلماء على المتر أو الياردة لنقيس بهما كافة الأطوال ، وعلى المتر المربع أو الياردة المربعة لنقيس به كافة المساحات ، وعلى الكيلو أو الرطل لنقيس به السوائل وهكذا - وها هنا تنشأ مشكلة منطقية ، وهى إننا إذا أردنا أن نتخذ شيئا معينا ليكون معياراً نقيس به الأشياء من نوع (طولا أو مساحة أو حجماً) فلابد أن يظل ذلك الشيء المعيارى ثابت المقدار . ويمكن للانسان أن يقنع بأدق مقياس ممكن وحسبه في الحكم على دقة أداة القياس أن يرى النتائج التي يصل إليها بها تؤدى إلى اتفاق فى إستخراج القوانين الطبيعية [3] . أما قياس الزمن فكلنا يعلم كيف يقاس الزمن بالساعة . وما الساعة إلا جهاز ركبنا أجزاءه على نحو يجعل جسما متحركا وهو عقرب الساعة يسير مسافة مكانية معينة ، فإن سار مسافة أخرى متطابقة الطرفين مع المسافة الأولى ، قلنا إن

---

(١) Ritchie, A. P., Scientific Method. p. 121.

(٢) د. زكى نجيب محمود : المنطقة الوضعى جـ ٢ فى فلسفة العلوم - الأنجلو ١٩٦١ ص ٢٣٨ .

(٣) المرجع السابق ، ص : ٢٤٠ .

هاتين فترتان من الزمن متساويتان . والأساس هنا هو الإدراك الحسى المباشر . وأما قياس المقادير الكيفية مثل الصوت واللون والحرارة وما إليها . فهى أشياء ندركها بحواسنا إدراكا كيفيا . ولذا فإن العلماء يلجأون إلى قياس الصوت بالموجات الهوائية التى تحدثها ، وتقيس اللون بطول الموجات الضوئية التى تحدثها ، وهكذا - نعم إن الإنسان لا يدرك موجات هوائية أو ضوئية وإنما يدرك صوتا أو لونا لكن إدراك الإنسان للصوت واللون شخصى ذاتى [1] أما الأجهزة التى اخترعها الانسان فهى التى تقيس الموجات الضوئية والصوتية بمقاييس كمية ولعلنا نتساءل . . . . .

ما هو المقصود بالمقاييس الكمية فى العلوم الطبيعية ؟ لاشك أن أى شخص يستطيع أن يدرك أن عالمنا ينطوى على ما هو أكثر من الأمتار والأرطال وغيرها من المقاييس . ومن المؤكد أن العلاقة بين شىء وآخر يمكن أن تكون أكثر من علاقة مجموعة من المقاييس بمجموعة أخرى منها . فمن المحال التعبير عن علاقة أم بطفلها من خلال المقاييس . ومع ذلك فالعلم يقتصر إلى حد بعيد على مثل هذه المقاييس . ولكى نفهم لِمَ كان الأمر كذلك ، ونعرف المقصود من القياس ، فلابد لنا من أن نعود بفكرتنا عن الواقع التاريخى للقياس الكمى .

قصة تاريخ القياس الكمى :

هى إحدى القصص الرائعة التى توضح التفاعل بين النظرية والتكنولوجيا والحاجات الاجتماعية ، وهى التى أدت إلى تحقيق مختلف صور التقدم . فقد نشأت البدايات لمعايرة وحدات الطول والكتلة فى مصر القديمة نتيجة الحاجة إلى تعيين حدود الملكية بالضبط ولتنظيم التجارة ، ولاشك أن دقة المقاييس فى أبعاد الأهرام وبناء المعابد تشهد على مقدرة المصريين فى استخدام وتقسيم وحدة قياس الذراع [*].

وفى إنجلترا ومنذ ملوك الساكسون الأوائل ، إحتفظ متحف منشستر بقضيب من الحديد ممثلا المقياس الأول للياردة ، وكان تقدير طولها جزافيًا ، أُعيد تحديده في القرن ١٣م نتيجة قياس شخص الملك هنرى الثامن ، وقد تم عمل مقياس برونزى جديد . وصدرت مراسيم في عهد الملكة اليزابيث الأولى لتأكيد أهمية المقاييس الملكية .

---

(١) المرجع السابق ، ص : ٢٤٦ .

(*) الذراع = ٢٨ بوصة .

أما النسخة الفرنسية للياردة المعيارية التى كانت سارية فى أوائل القرن التاسع عشر ، فقد حاولت أن تكون علمية بدرجة أكبر ، بتعريفها للمتر بأنه يساوى واحداً على عشر ملايين من طول المسافة بين القطب وخط الاستواء ، وذلك حتى يمكن إنتاج نسخ مطابقة له فى أى مكان . وقد كان عدم الدقة الفعلية في القياس يرجع إلى أن المتر القياسى أصبح مقبولا بوصفه المسافة بين علامتين على قضيب مصنوع من البلاتين عند درجة حرارة قياسية معينة . وقد صنعت نسخ مطابقة للنموذج وأرسلت إلى أغلب دول أوروبا والولايات المتحدة ، بوصفها دون شك مظهراً ملموساً للعقلانية الجديدة وديموقراطية عصر التنوير . وأصبح من الضرورى أن توجد معايير مقبولة على الصعيد الدولى مأخوذة من المعيار الأساسى ، واعترفت الدول بالحاجة إلى أن تحتفظ على مستوى مركزى بمعايير القياس الأساسية وذلك للوفاء بالتزامات قانونية فى تنظيم التجارة والصناعة ، مع الاعتماد على الأوزان والمقاييس ، والضبط المتزايد لمقاييس الجودة والكم ، والابقاء على مواصفات قياسية مرجعية لكل أنواع المقاييس .

وقد لعب المكتب القومى للمقاييس في الولايات المتحدة ، والمعامل القومية للفيزياء والكيمياء في إنجلترا ، والمكتب الدولى للموازين والمقاييس والمكاييل فى فرنسا أدواراً حاسمة في الثورات الصناعية والتكنولوجية فى كل أنحاء العالم . . ولا شك أن تطوير كل أنواع القياس والمعايير وصيانتها وتعريفها بواسطة هذه الهيئات ، قد تطلب كثيراً من الدراسة والبحث الدقيق ، وتضمن بصفة خاصة دراسة الضوابط والتأثيرات المتداخلة . بقصد التوحيد القياسى الدولى . وتعد الآن أغلب المجلات العلمية (الدوريات) التى تنشر البحوث والأعمال الفنية على استخدام وحدات النظام الدولى ، مع مزيد من التنسيق القياسى الخاص بفروع علمية معينة .

والتقدير الكمى ، هو مقياس الفروق بين الاختيارات والضوابط ، ولا يهم هنا ما إذا كان هذا العمل ذا طبيعة بحثية أو تحليل روتينى ، لأن نفس الاعتبارات تظل صحيحة فى كل الحالات . لذلك فإن الباحث والمنتج لابد أن يستخدم على نطاق واسع المقاييس التى توفرها هيئات وضع المقاييس التى ترعاها كل دول العالم .

تصورات قياس الحرارة .

كان الرأى السائد أن الجسم الذى نحس به ساخنا أو بارداً حسب الحالة ، يكون هو نفسه ساخنا أو بارداً ، ولقد كانت الحرارة والبرودة فى نظام أرسطو من بين الصفات الأساسية مع الرطوبة والجفاف التى تكون العناصر الأربعة .

ولم يبدأ العلم في التفرقة بين كمية الحرارة ودرجتها إلا في القرن الثامن عشر ، ولم يختف اصطلاح البرودة من لغة الفلاسفة الطبيعيين إلا في القرن التاسع عشر .

كانت هناك مدرستان رئيسيتان في التفكير لدراسة مسألة كنه الحرارة ، الحرارة عند إحداهما نوعًا من المادة ، ولها وجود مستقل نحس بوجوده في الجسم كدفء ، والثانية ترى أن الحرارة حالة عارضة للجسم وأنها مسئولة عن الاحساس بالحرارة ، الذى يشعر به الإنسان عندما يلمس هذا الجسم ، ولقد تكونت نظرية ثالثة يمكن إعتبارها توفيقا بين المفهومين حيث ترجع الحرارة إلي الحركة السريعة لذرات حرارية خاصة موجودة فيه .

وليس من الضرورى كى نعرض صورة وافية لتاريخ النظرية العلمية في القياس الحرارى أن نعود إلى الوراء كثيراً ، فمن الجائز اعتبار بداية هذا التاريخ أقدم صورة لجهاز الترمومتروالذى استعمل فى عصر جاليليو [1] . إلا أن الترمومتر الذى ابتكره الفرنسى **جيوم أومونتون** عام ١٧٠٠م كان خطوة إلى الأمام بالمقارنة بالجهاز الأول . ولقد نشأت ترمومترات السوائل من النوع المستعمل اليوم بالتدرج أثناء القرن ١٨ وأشهرها ترمومتر الألمانى **جبرائيل فهرنهيت** (١٦٨٦ - ١٧٣٦م) والذى عاش فى هولندا كصانع للترمومترات الجيدة ، ولقد أدخل السويدى **سلزيوس** التدريج المئوى ونقطتى التجمد وغليان المياة كنتقطتين ثابتتين على التدريج عام ١٧٤٢م .

ولم يتحقق التحديد الكمّى للحرارة موضوع الديناميكا الحرارية إلا في القرن الثامن عشر ويرجع الفضل إلى الاسكتلندى الكيمائى **جوزيف بلاك** (١٧٢٨ - ١٧٩٩م) والذى

---

(١) جاليليو (١٥٦٤ . ١٦٤٢م) ترجع أهميته فى تاريخ الفلسفة إلى نقطتين إحداهما المنهج العلمى والأخرى إقامة أسس علم الميكانيكا ، وأهميته فى العلوم الطبيعية ترجع إلى استخدامه المنهج الرياضى وتطبيق الرياضيات في قياساته للعلوم الطبيعية التجريبية .

عَلّم المشتغلين بالطبيعيات التفرقة الحاسمة بين درجة الحرارة وكمية الحرارة ، كما استحدث اصطلاح **الكالورى** ، والحرارة النوعية ، والسعة الحرارية ، وحرارة الانصهار ، والحرارة الكامنة ، ولقد ساهم **لافوازييه** [1] (١٧٤٣ - ١٧٩٤م) مع لابلاس [2] عام ١٧٩٦م فى تطوير فن قياس كمية الحرارة بقياساته على جهاز مسعر الثلج (جهاز قياس كمية الحرارة) .

ولقد أولى علماء الطبيعيات الفرنسيون القياسات الدقيقة لكميات الحرارة قدراً كبيراً من عنايتهم فى مطلع القرن التاسع عشر ، ولابد أن نخص بالذكر هنا قياسات الحرارة النوعية للغازات مع ثبوت الضغط ، ومع ثبوت الحجم ، التى قام بها **لافوازييه ولابلاس وكليمان** نظراً لأهمية هذه القياسات الكبيرة في التطور التالى لنظرية الحرارة وفى عام ١٨٤٠م ظهر مفهوم جديد للحرارة ، ووصفت بأنها شكل كان لايزال يعرف فى ذلك الوقت باسم " **القوة** " ، ولو أنه أصبح معروفا فى مرحلة تالية باسم **الطاقة** Energy وسميت هذه النظرية بالنظرية الميكانيكية للحرارة ، وأصبحت الطاقة شكل يختلف عن الأشكال الأخرى مثل طاقة الوضع وطاقة الحركة . وعلى هذا قرّر الألمانى **روبرت ماير** المبدأ الذى سماه « **مبدأ الطاقة** » باعتباره قانونا عامًا من قوانين الطبيعة . وهذا المبدأ هو أن مقدار الطاقة الكلية في الكون ثابت . وأقترح ماير طريقة لتحديد ما سُمّى باسم المكافئ الميكانيكى للحرارة ، أى النسبة بين الطاقة الميكانيكية المتحولة إلى حرارة وبين كمية الحرارة المتولدة نتيجة لذلك . وانتقى لتحديد هذه النسبة تسخين جرام واحد من الغاز تحت كباس متحرك ، درجة مئوية واحدة . وبينما قدّر ماير بطريقة نظرية محضة مقدار الشكل الميكانيكى الذى يمكن بذله عندما يفقد قدراً معينا من الحرارة ، فقد إنتهى جول الفيزيائى الانجليزى بالتجربة إلى تحديد مقدر الحرارة المتولدة عن طريق بذل قدر معين من الشغل

---

(١) هو انطوان لوران لافوازييه Lavosisier ، الكيماوى الفرنسى الذى أوضح للعالم الدور الذى يلعبه الاكسجين في الاحتراق والتكليس ، قضى على نظرية الفلوجستون الجوهر الغامض .

(٢) سيمون لابلاس S. Laplace بحث مع لافوازييه عمليات التنفس وافراز العرق والحرارة مستخدما مسعراً من الجليد . وصلت به التجارب إلى معرفة الشبه بين عمليات الاحتراق والتكليس والتنفس . وفى عام ١٧٩٦ وضع أول نظرية فى نشأة الكواكب وخلاصتها أن الشمس وكواكبها كانت سديما منتشراً ثم بردت غازات السديم بفعل قوى جاذبية وانكمش ، وعندما زادت سرعة الإنكماش إنفصلت كتل خارج السديم . فتكونت الشمس والمجموعة الشمسية .

الميكانيكى ، ولقد فعل هذا بدقة متناهية خلال سلسلة من التجارب العبقرية ، ووصل إلى قياس قِيَم للمكافئ الميكانيكى للحرارة قريبة جداً من قياس ماير . ولقد نجح العلماء فيما بعد ، عن طريق إستخدام قِيَم أكثر دقة للثوابت المستخدمة وبالقياسات الأدق ، فى تحديد القيمة بدقة أكبر .

ولم تصبح الديناميكا الحرارية ، وهى المعالجة الرياضية للعلاقة بين الحرارة والطاقة الميكانيكية والطاقة بأشكالها الأخرى ، أمراً ممكنًا إلا بعد ظهور النظرية الميكانيكية للحرارة . وهى تدين بوجودها إلى الألمانى رودلف كلاوزيوس [1] (١٨٢٢ - ١٨٨٨م) والإنجليزى وليم طومسون « لورد كلفن » [2] (١٨٢٤ - ١٩٠٧م) . وهكذا خرجت الترمومترات أدوات القياس لتفتح آفاق جديدة للبحث ، فتؤثر في الفكر العلمى وفى تقدمه .

تصورات قياس الصوت .

ساد المذهب الحسابى للمسافات الموسيقية فى اليونان القديمة وخلال العصور الوسطى كلها وحتى القرن السابع عشر . وكانت الموسيقى واحدة من العلوم الأربعة التى شملت الحساب والهندسة والفلك . وكان للموسيقى جانب رياضى وصل إلى حد الارتباط بمذهب النسب ، ولقد اهتم الكثير من علماء الطبيعيات منهم ستيفن وديكارت وبيكمان وهيجنز بالمذهب الحسابى للمسافات الموسيقية . وقد وسع علماء الطبيعيات الذين درسوا الصوتيات خلال تلك الفترة نطاق بحوثهم من الجانب الرياضى إلى الجانب الطبيعى للموضوع ، ولقد أوضح جاليليو وديكارت وهوك ومرسين وجاسندى وغيرهم ، بصورة قاطعة أن درجة صوت النغمة تتحدد بتردد الذبذبة التي تحدث النغمة عنها . وأن سرعة الصوت لا تتوقف على درجة الصوت أو شدة النغمات على عكس النظرية في الأزمنة القديمة .

---

(١) كلاوزيوس Klaweizuss . عالم الفيزياء الفذ ، كان أول من وضع القانون الثانى للديناميكا الحرارية عام ١٨٥٠م . بافتراض عدم إمكانية إنتقال الحرارة بنفسها من الجسم الأكثر برودة إلى الجسم الأكثر سخونة ، وفى سنة ١٨٦٥ باستخدام مفهوم الأنتروبيا الذى استحدثه بنفسه ، كان أحد الأوائل الذين لجأوا إلى دراسة اللغة الحرارية للغازات .

(٢) اللورد كلفن Kelvin (١٨٢٤ - ١٩٠٧) هو وليم طومسون كلفن - نال اللوردية فصار اللورد كلفن . وهو رياضى فيزيائى - كان استاذاً للفلسفة الطبيعية فى جلاسجو من عام ١٨٤٦ - ١٨٩٩ أى ٥٣ عاماً . يقول : أكبر الكشوف العلمية ما كانت إلا ثمرة ما أنفق فيها من قياس دقيق .

راجع : Jevons. S. Principles of Science London. 1955.. p.p. 460 - 460

ولقد أجريت قياسات لسرعة الصوت في الهواء وحدد مرسين (١٦٠٦ - ١٦٣٧) قيمتها بـ ١٣٨٠ قدمًا فى الثانية ، وجاسندى بـ ١٤٧٣ قدما فى الثانية . أما علماء أكاديمية دى شمنتو بايطاليا فقد حددوها بـ ١١١١ قدما فى الثانية . والقيمة الأخرى تكافئ ٣٦١ متر فى الثانية وهى أقربها من القيمة الصحيحة ، وعرض مرسين فى كتابه **التوافق الكونى** قانوناً يقرر أن قياس تردد نغمة الوتر يتناسب طرديا مع مربع الشد وعكسيا مع الطول ومربع كتلة وحدة الأطوال . ولقد ورد ذكر قوانين الذبذبة فى كتاب جاليليو " **الأبحاث** " ، وكان من رأيه أن قياس الترددات المطلقة يخرج عن حدود الامكانية .

وقد ورد في كتاب **نيوتن** [1] " **المبادئ** " مناقشات نظرية للطريقة التى ينتقل بها الصوت فى غاز ، ولقد إنتهى إلى أن قياس سرعة الصوت تتناسب طرديا مع الجذر التربيعى للغضط ، وعكسيا مع الجذر التربيعى للكثافة . ولقد استخدم نيوتن فى حساباته لطول موجة صوتية ، قياسات التردد التى ابتكرها العالم الفرنسى **جوزيف سوفور** . كما قام نيوتن بقياس النغمات التوافقية للأوتار ، وقياس مجالات الرنين .

وقد شهدت بدايات القرن التاسع عشر إحياء طريقة القياس التجريبى للترددات الصوتية على يد الألمانى **أرنست كلادنى** حيث درس ذبذبة الأوتار والقضبان والرقائق والألواح . وذكر ذلك فى كتابه الصوتيات عام ١٨٠٢م . ولقد استكمل أوجست كوندت الذى أنجز عام ١٨٦٦م طريقة لقياس سرعة الصوت في الجوامد والغازات .

وكان البحث فى انتشار الموجات الصوتية فى المياة قد بدأ وحدده **جاك كولادون عام** ١٨٢٧م بالقياس بـ ١٤٣٥ متراً فى الثانية قيست فى مياه بحيرة جنيف .

ونجح العلماء عام ١٨١٩ في جعل الصفارة « السرينة » أداة قياس كاملة ودقيقة

---

(٢) **نيوتن** (١٩٤٢ - ١٧٢٧) من أكبر العبقريات الرياضية خلال فترة طويلة من التاريخ . درس الفلسفة الطبيعية والبصريات والرياضيات ، فى عام ١٦٦٥ وضع أساس مكتشفات بحوثه في المادة وقوانين الحركة الثلاث ، وقانون الجاذبية العام ، ونظريات تركيب الضوء . واضعا بذلك الصورة الطبيعية للكون التى ظلت بدون تغيير إلى بداية القرن العشرين . وأتم نظرية حركة الأجرام السماوية وأوضح أهم خواص حركة القمر . وهومن رواد المنهج الفرضي - المنهج العلمى المعاصر . راجع : د. **محمد مرسى أحمد** : نيوتن . دار الشرق للنشر والطبع ، ١٩٤٦ ص ٥١ وما بعدها .

وحدّد **سافار** فى نفس الوقت مدى قدرة أذن الإنسان العادى على سماع الأصوات ، وأجرى بحثا مستفيضا في تركيب وعمل الآلات الموسيقية . ونجح **بانج** عام ١٨٢٥ فى توضيح ظاهرة التداخل والحركة الموجية للأصوات .

وتوصل جورج **سيمون** عام ١٨٤١ بأساليب القياس إلى أن الأذن البشرية غير قادرة على تحليل الذبذبات التوافقية وأنها تدركها كنغمات بسيطة . أما الذبذبات الهوائية لكل أشكالها فيمكن تحليلها إلى مركباتها التوافقية . والصوت يمكن وصفه بإصطلاحات طبيعية عن طريق معرفة النغمات التوافقية الموجودة وشدة كل منها .

وفى عام ١٨٧٥ تمكن هلمهولتز[1] (١٨٢١ - ١٨٩٤م) فى كتابه " **نظرية الاحساس بالنغمات** " من دراسة وقياس الصوتيات الفسيولوجية والتى درس فيها كل من الاستماع والحديث ، وأوضح أن ظاهرة اختلاف النغمات إنما هى حالة خاصة من ظاهرة أكثر شمولا هى إشتراك النغمات .

وأبحاث هلمهولتز هى أساس القياسات الصوتية الطبيعية الحديثة ، والتى أمكن تحقيق مزيد من التقدم فيها عن طريق المساعدات التكنولوجية . ولقد أخرج الأمريكى **فيليب ريس** عام ١٨٦١م أول جهاز علمى قادر على نقل الكلام ، أُستُخدم بعد ذلك بخمسة عشرة عامًا . وذلك بفضل التحسينات التي استحدثها الأمريكيان **ألكسندر جراهام وايليشيا جراى** فى نفس الوقت . ولقد تحسّن التليفون تحسنا كبيراً بفضل استخدام ميكروفون حبيبات الكربون الذى اخترعه **دافيد هيوز** . واخترع **توماس اديسون** الجرامفون عام ١٨٧٨م ، ومع ضخامة التقدم فى أساليب التسجيل وإعادة إخراج الصوت الذى تحقق منذ أيام اديسون حتى اليوم .

تصورات القياس الكمى فى قوانين نيوتن للحركة .

مما لاشك فيه أن الرياضيات فى عهد نيوتن أصبحت ذات ارتباط كبير بكثير من العلوم

---

(١) هلمهولتز Helmholtz عالم ألمانى عمل في مجال الفيزياء والرياضيات وعلم وظائف الأعضاء ، وكان أول من وضع التعريف الرياضى لقانون الطاقة عام ١٨٤٧ . وكان أيضا أول من استخدم الميكانيكا الحرارية فى دراسة العلميات الكيميائية .

الفيزيائية ، سواء من حيث استخدام الصيغ والقياس والتعبير الكمى ، وكان لنيوتن فضل كبير في هذا المضمار ، ويتمثل ذلك فى تأليفه لكتاب الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية Principia ، وتوصله إلى حساب التفاضل والتكامل لم تتطور الميكانيكا لتصبح دراسة شاملة للحركة إلا فى القرن السابع عشر . ولقد ركز كبار العلماء فى ذلك القرن - ومنهم جاليليو وهيجنز ونيوتن - اهتمامهم على هذا العلم مستغلين في هذا التقدم الهائل الذى حققه علم الرياضيات فى عهدهم . ولقد بلغت الميكانيكا بفضل جهودهم . درجة من النمو لم تبلغها العلوم الأخرى إلا بقدر التحامها بالميكانيكا ذاتها . كما حدث فى عالم الفكر المعاصر . فلقد نشأ مثل أعلى علمى يمكن تعريفه بأنه « **ميكنة الطبيعة** » . ولقد سعى الفلاسفة لوصف عمل الطبيعة باصطلاحات مستمدة من علم الميكانيكا ولتفسيرها على أساس من نظرياتها . ولقد وطدّ مكانة هذا المفهوم أن ملاءمة الميكانيكا للمعالجة والقياس الرياضى كانت تزداد يوما بعد يوم ولقد تحقق هذا عن طريقين : أولهما أن الميكانيكا ، كما أوضح نيوتن ذات تكوين بدهى ، وثانيهما أن مسائلها يمكن حلها كميًا بالطرق الجبرية . ولقد احتفظت الميكانيكا بوضعها الاستثنائى في دنيا العلوم الطبيعية منذ بداية القرن الثامن عشر حتى فترة متأخرة من القرن التاسع عشر ، بسمتين مميزتين ، الأولى هى العلاقة الوثيقة التى كانت قائمة بين أبحاث قلة من علماء الميكانيكا ، أغلبهم من جهابذة الرياضيين ، والثانية أن الهدف الأول لهؤلاء العلماء كان صياغة مبادئ عامة معينة يمكن قبولها كفروض فى إستنتاج النظريات ، وتصلح كوسائل مساعدة فى حل المشاكل .

ويشار إلى نظرية نيوتن في الميكانيكا بقوانين الحركة الثلاثة . وهى تدور حول تحديد تصور القوة Force في إطار تصور الحركة ، إذ القوة عنده علّة تغير الحركة ، وتفهم الحركة بتصورات المكان والزمان والكتلة ، الخصائص الأساسية للمادة ، فكل جسم إنما هو امتداد فى المكان وله ديمومته فى الزمن وحاصل على كتلة ما . يصوغ نيوتن قوانين الحركة الثلاثة كالاتى :

١ - **قانون القصور الذاتى :** Inertia يستمر كل جسم في الحالة التى هو عليها من سكون أو حركة مطردة ما لم تضطره قوة ما إلي تغيير تلك الحالة . وهذا القانون يتضمن تصوراً للقوة بأنها علة تغير الحركة .

٢ - **قانون تناسب القوة والسرعة** : تتناسب القوة الواقعة على جسم ما تناسبا طرديا مع تغير كمية الحركة التي يحدثها ذلك الجسم في زمن ما ، واتجاه هذه القوة هو الاتجاه الذى يتخذه هذا التغير فى كمية الحركة . يكون هذا التغير في كمية الحركة بطئ السرعة في الكتلة الكبيرة ، وكبير السرعة فى الكتلة الصغيرة .

٣ - **قانون تساوى الفعل ورد الفعل المضاد** : لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد في الاتجاه ، ومعناه أن التأثير المتبادل بين جسمين تأثير متساو دائما ولكن فى اتجاهين متقابلين . فالقوة أساسها تأثير جسم على جسم .

من هذه القوانين وصل نيوتن إلى تقرير أن كل جزئ مادي به قوة سماها الجاذبية ، وهذه الجاذبية موجودة فى كل جزء مهما صغر حجمه ، ويمكن قياس هذه القوة طبقا لقوانين محددة هى قوانين الحركة . ومن ثمّ وضع قانون سقوط الأجسام الذى اقترحه جاليليو فى إطار قوانين نيوتن .

عام ١٦٦٦م كانت أول محاولة قام بها نيوتن لتحقيق قانون الجاذبية هي افتراضه أن الأرض تجذب القمر إليها . وجد أول الأمر أن قياسه لبعد القمر عن مركز الأرض وسرعة حركة القمر فى الثانية لم يأت بالنتيجة المرجوة بافتراض قانونه ، فترك هذه النقطة وانشغل بمدار الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس ، وتبين له بعد ١٣ عامًا أن السبب فى عدم مطابقة القانون لهذه التجربة ليس لفساد القانون ، وإنما خطأه فى قياس قطر الأرض ، علم نيوتن من خطاب شخصى من صديقه روبرت هوك Hooke عام ١٦٧٩م أن العالم الفلكى الفرنسى جان بيكار Jean Picard وصل إلى قياس القطر الدقيق للأرض ، وحينئذ قام نيوتن بتطبيق القياس الجديد فتحقق له القانون الكلى للجاذبية .

ولقد تمكن نيوتن من استنباط قوانين كبلر وأن يصف مدارات الأرض والكواكب حول الشمس ، وأن يفسر ظواهر المد والجذر وعدداً هائلا من الظواهر الطبيعية . وظل النسق النيوتونى فى علوم الفيزياء والفلك والميكانيكا هو التفسير القائم لقرن ونصف . إلا أنه في نهاية القرن ١٩م ، تشكك بعض الفلاسفة الطبيعيين فيما إذا كانت ميكانيكا نيوتن هى آخر كلمة فى هذا المجال ، وفيما إذا كانت هى النظام الوحيد الممكن ، وإن كان البعض استمر فى إعتبارها من أعمال الصدق الأبدى ، وليس بإمكاننا وصف المدى الذى حققت به

نظريتا الكوانتم والنسبية في أوائل القرن العشرين شكوك المجموعة الأولى إلا بداية مازال العلم المعاصر يسير فى طريقها . . . . .

تصورات القياس فى علم الفلك :

لم يكن **جاليليو** (١٥٦٤ - ١٦٤٢) الشخص الوحيد الذى وجه تلسكوبا صوب الأجرام السماوية لمشاهدة البقع الشمسية ودوران الشمس حول محورها الذى فرضه **كبلر** Kepler (١٥٦١ - ١٦٣٠) فى نظريته الحركية لحركة الكواكب ، فقد طورّ **كبلر** التلسكوب الهولندى ذى العينية ، وامتاز باتساع مجال الرؤية ، ولذا كان للتلسكوب الجديد مكان هام فى حياة **هيجنز** Hugyhens (١٦٢٩ - ١٦٩٥) . إلا أنه تمكن من صنع تلسكوبات ذات أبعاد بؤرية متزايدة ، وكان الغرض من هذا ، الإقلال من الزيغ الكروى . واستطاع الفلكيون قياس المسافات والأبعاد الصغيرة فى السماء .

وبدأت مرحلة جديدة في تاريخ الفلك عندما شيدت كل من الحكومتين الفرنسية والانجليزية مرصداً ، وكانت احتياجات الملاحة هى الدافع . وكان الفلاسفة الطبيعيون مقتنعين تماماً بأن المعرفة الدقيقة لمكان الأجرام السماوية شرط لابد منه للتحديد الدقيق لمكان سفينة فى البحر بتحديد خط الطول . وتمت في هذين المرصدين أعمال فلكية تفوق بكثير الأعمال الملاحية . فى باريس اكتشف **كاسينى** أربعة أقمار لزحل وقارن **جان بيكار** بين التلسكوبات وأجهزة القياس ، وأنجز **فلامستيد** فى لندن عدداً كبيراً من المشاهدات الملفتة فى دقتها ، والتى فاقت كل القياسات السابقة ، فى ظروف بالغة المشقة . ويعزى إليه كثير من التحسينات فى أساليب القياس والمشاهدة الفلكية . وخلفه عالم الرياضيات هاللى ، وكان اسمه قد ذاع بسبب نشره خريطة فلكية لنصف الكرة الجنوبى مبنية على مشاهدات وقياسات قام بها فى جزيرة سانت هيلانة عام ١٦٧٦م . وفى عام ١٦٨٢ استطاع تطبيق طريقة أوردها نيوتن لتحديد مدار المذنبات . ومن الشخصيات الهامة فى الفلك فى القرن ١٧ الدانمركى **رومر** مدير مرصد كرينهاجن ، فقد حسّن أسلوب إجراء المشاهدات الفلكية عن طريق الاستخدام الكامل لكل إمكانيات التلسكوب والمجهر والساعة البندولية ، وتميز النشاط الفلكى فى هذه الفترة بالبعثات التى أوفدت لإجراء المشاهدات فى البلاد النائية ، وكان هدفها الأساسى قياس طول الدرجة على دائرة خط الزوال لاستخدام هذه النتائج فى تحديد الشكل والأبعاد الصحيحة للأرض ، إلا أن هذا قد كشف عن حقائق أخرى كثيرة جديدة .

فى القرن ١٨ قدم الفلكى الانجليزى **برادلى** اسهامات هامة بقياس ميل النجم جاما فى كوكبة الحوت ، وتحققت بهذا طريقة جديدة لحساب سرعة انتشار الضوء ، كما وجد ، بالاضافة إلى هذا ، تصحيح جديد يجب تطبيقه على مواضع النجوم المقيسة . وفى الفترة من ١٧٥٠ - ١٧٦٢م قام **برادلى** باستخدام أجهزة جديدة آخذاً فى الاعتبار وبكل عناية جميع الأخطاء التى يمكن أن تحدث نتيجة لعيوب الأجهزة . وكان **هاريسون** أول من نجح في جعل حركة الكرونومتر لا تتأثر بدرجة الحرارة . أما القس **بليس** فقد قصر قياساته للنجوم على سته وثلاثين نجمًا أساسيا وقاس عام ١٧٧٤م متوسط كثافة الأرض وهو ٤٫٧١ ، وأصبح موضوع تحديد اختلاف منظر الشمس يشغل مكانًا هاما فى الفلك ، واقترح الفلكيون تحديده بقياس اختلاف منظر المريخ والزهرة مباشرة ، واستنتاج اختلاف منظر الشمس منهما عن طريق قانون كيلر الثالث .[1] (مربع الزمن الذى يقطعه الكوكب لاتمام مداره حول الشمس يتناسب تناسبا طرديا مع مكعب المسافة بينه وبينها) .

وكانت فرنسا فى القرن ١٨ بلد الفلك الحسابى ، كما كانت انجلترا بلد الفلك القياسى . وقد ركز معظم الرياضيين الفرنسيين اهتمامهم على الميكانيكا السماوية التى أقامها نيوتن من حيث المبدأ ، ووصل بها إلى حد من الاتقان ، وتقدم بها هؤلاء العلماء وأرتفعوا بها إلى مستوى محترم بنهاية القرن . ومارس **هيرشيل** Herschel (١٧٣٨ - ١٨٢٢) الفلك كهواية وصنع تلسكوباته بنفسه ، واستمر يفعل هذا على نطاق كبير لفترة طويلة من الزمن ، وقام مستعينا بالأجهزة المحسّنة ، بإعداد قوائم لمشاهدته في السماء وحاول أن يكون فكرة عن شكل الكون بأسرة . ودرس السطوح الخارجية للقمر والكواكب بوجه خاص . ومشاهداته للمريخ تعتبر بداية البحوث الطبيعية الحديثة لهذه الكواكب ، واكتشف تابعين جديدين للمريخ ، وأعطى لفترة دوران المريخ القيمة الأدق ٢١,٧٦ ثانية ٣٩ دقيقة ٢٤ ساعة ولزحل القيم ١٦ دقيقة . ١٠ ساعة واستطاع هيرشيل أن ينشر قوائم مسهبة لكثير من أنواع الأجرام (٨٠٠ نجم وبضعة آلاف من السدم وحشود النجوم) ، وأعطى فوق هذا أول تخطيط للتركيب المحتمل لدرب التبانة على أساس عمليات حصر وقياس منهجية لعدد النجوم فى الاتجاهات المختلفة . ومن اكتشافات **هيرشيل** الشهيرة تحديده للنقطة المعروفة باسم **قبلة الشمس** ، وهى نقطة فى السماء حددها عند كوكبه هرقل ، تتحرك الشمس نحوها .

---

(١) فوربس وهوز : تاريخ العلم والتكنولوجيا جـ ٢ ترجمة أسامة الخولى . مراجعة محمد مرسى أحمد الهيئة العامة للكتاب الألف كتاب . ١٩٨٦ . ص ١١٢ .

وكانت العقود الأولى من القرن ١٩ بالنسبة للفلك فترة تعميق وتهذيب للأعمال النظرية والتكنولوجية . وبرزت أساليب الدقة الألمانية إلي جانب الإنجليزية في صنع الأجهزة ونذكر منها : دائرة خط الزوال ولها حافة دائرية مدرجة لقياس الميول والهليومتر (مقياس الشمس) وهو ميكرومتر صنعه **فرانهوفر** ، وساير التحسن فى تصحيح أخطاء المشاهدة والقياس ، التحسن فى الأجهزة . وأمكن تحديد الأخطاء الكامنة فى الأجهزة وأمكن تقدير التصحيحات ، وأشار **بيسيل** إلى تصحيحات الخطأ الشخصى للمشاهد ، وهى الحقيقة التى كان الفلكيون يتجاهلونها دائما . . . وتمكن العلماء من وضع جداول قياسية يُسترشد بها فى الاقلال من الأخطاء . (١)

واستنتج جاوس عالم الرياضيات طريقة لقياس حركة الأجسام السماوية التى تدور حول الشمس فى قطاعات مخروطية . وأصبح من سمات الفلك في القرن ١٩ إعداد قوائم لكل النجوم تحدد مواقعها على أكبر درجة من الدقة الممكنة . وأصبح التصوير الضوئى عاملاً مساعداً فى مشروعات خريطة السماء ونتج عن ذلك مُصَوَّر به . . . ر. ٤٥ نجم ، وبلغت دراسة سطح القمر ذروة جديدة ، مع علاقاته الكونية والفردية . وأخذت أول صورة جيدة للقمر عام ١٨٥٠م بواسطة **وليم كراوكش** مدير مرصد هارفارد . وتقدمت دراسة الشمس بفضل مشاهدات تلسكوبية نظامية دامت ٤٠ عاما ، بعد ذلك بدأ تطبيق التحليل الطيفى على دراسة الأجرام السماوية والذى أوجد فرعا جديداً هو الطبيعيات الفلكية ، ونجح الفلك فى دراسة التركيب الكيمائى للأجرام . وثبت أن هناك عشرة عناصر فى الشمس تناظر مثيلتها فى الأرض كما اكتشف عنصر الهيليوم فى الشمس . (٢)

القياس وموضوعية العلم ، إن فلاسفة العلم وهم يحاولون تأكيد جانب الموضوعية فى التفكير العلمى تصادفهم صعاب كثيرة . لأنه ما دام الإنسان هو نفسه أداة الإدراك بما لديه من أعضاء للحس ومن منطق العقل ، فكيف يمكن أن يجرد الموقف الموضوع للبحث من ذاته البشرية بكل ما فيها ؟ يشترط العلماء للتفكير العلمى موضوعية بقدر مستطاع البشر وذلك عن طريق التطور التكنولوجى لأجهزة القياس ، مما يزيد من دقتها فى القياس أثناء التجربة والملاحظة . وقد اصطلح فلاسفة العلم أن الحقيقة العلمية تكون موضوعية عندما يشارك فى إدراكها كل علماء

---

(١) ، (٢) المرجع السابق ص ١١٦ وما بعدها .

الاختصاص ، لا ينفرد بها البعض دون الآخرين بحجة أن لهم حاسة سادسة أو أن لهم بصيرة ينفردون بها ، أو أنهم يدركون الحقائق بقلوبهم قبل عقولهم وما إلى ذلك من أقوال فالباحث فى دراسته لعالم الظواهر يتولى القيام بقياس العلاقات والعمليات وأوجه النشاط للظاهرة . والقياسات هى كميات تجرد من الأشياء والحوادث موضوع البحث وتتخذ أساساً للفهم . فالحقيقة العلمية هى حقيقة من العلاقات الكمية وهى عالم من قراءات المؤشرات على أجهزة القياس .[1]

فإذا شاء العلم أن يكون موضوعياً ، فلابد له أن يرتكز على أقل قدر ممكن من التفسير الشخصى ، وأن يقوم على أساس يمكن أن يتفق عليه الجميع . وهذا يؤدى بنا مرة أخرى إلى عبارة اللورد كلفن إذا استطعت أن تقيس ما تتحدث عنه وتعبر عنه بالأرقام ، فأنت تعلم عنه شيئاً ، وإذا لم تستطع أن تقيسه أو أن تعبر عنه بالأرقام ، فإن معرفتك من نوع هزيل غير مرض ، قد تكون هذه بداية معرفة ، ولكنك لن تكون قد بلغت فى تفكيرك مرحلة العلم . فالقياسات الدقيقة تبعاً لمقياس يفهمه الجميع ، تؤدى إلى استبعاد شخصية القائم بالملاحظة ، وتتيح أساساً لقدر من الموضوعية . فإذا كان هذا صحيحا ، كان العلم محدودا من المعرفة . وهذا التحدد ينشأ من الشروط الدقيقة الصارمة التى يفرضها المنهج العلمى .

ولنضرب مثلا بسيطاً مستمدا من مجال حياتنا خارج عن نطاق اهتمام العلم ، يوضح أهمية استبعاد التفسير الشخصى ، ويكشف عن عنصر المأساة فى هذا الاستبعاد : فلنتصور جماعة من الناس أحدهم أستاذ موسيقى يستمع إلي قطعة موسيقية وفى الوقت الذى تسرى فيه الأنغام الرائعة فى الغرفة ، يسمع كل فرد فى الجماعة قطعة معينة من اللحن مختلفة إلى حد ما عن الآخرين . صحيح أن ما يسمع فى كل حالة يسمى لحن ، غير أن نوع الواقع الذى تمثله الموسيقى يتوقف على أشياء كثيرة .

فالاستماع إليها هو تجربة انفعالية مثيرة بالنسبة إلى من لديه بعض القدرة على تذوق الموسيقى . أما بالنسبة إلى إستاذ الموسيقى الذى درس الأصوات الموسيقية ، فإن القطعة هي مسألة أسلوب فنى وتعبير ذاتى ، فضلا عما فيها من جمال . وأما من لا يحب الموسيقى ، فلن يرى فيها إلا ضجيجاً معقداً . فالاستماع عنده واجب ثقيل ، لامتعة ، وإذن

---

(١) المرجع السابق ، عرض شامل من الباب ١٦ إلى الباب ٢٦ .

فلقطعة الموسيقى عند كل فرد فى الجماعة جمال مختلف ، ومعنى مختلف ، وهى تكون ظاهرة ذاتية مختلفة . على أن هذه الفروق لاصلة لها بالقطعة الموسيقية كما وضعها مؤلفها ، وإنما هى تتعلق بأمزجة الأفراد المستمعين وأذواقهم وتعليمهم وتجاربهم .

وإذن فليس هناك أساس يمكن أن يتفق عليه كل المستمعين بشأن جمال اللحن ومعناه . فهذه نواح ذاتية ، تختلف اختلافاً كبيراً من فرد إلى آخر . غير أن من الممكن أن تصل جماعة المستمعين إلى تفاهم مشترك حول النواحى التى هى أكثر موضوعية فى القطعة الموسيقية - فإذا ما تركوا مفهومى الجمال والمعنى جانبا ، بوصفهما غير مرتبطين بالمشكلة المطلوب بحثها ، ففى وسعهم الوصول إلى اتفاق حول تركيب القطعة . فهم يستطيعون الاتفاق بسهولة حول مقاييس الحركات ، وعدد الأنغام وتردد الأصوات ، وأنماط الإيقاع ، وما إلى ذلك ، ولا يمكن الوصول إلى اتفاق إلا بالقيام بقياسات لقالب القطعة وأبعادها ، على أساس مقياس يتفق عليه الجميع .

وهكذا حلت محل القطعة الموسيقية بوصفها إبداعاً موسيقيا جميلا ، مجموعة من القياسات التى تصف تشريح الموسيقى وميكانيكيتها . أى أن القياسات جردت من الإبداع الموسيقى وأصبحت تكون مفهوماً موضوعيا لواقع القطعة . ولكننا حققنا بذلك شيئاً هاماً : هو إيجاد أساس لتفاهم مشترك . ويعد ذلك تقدماً فى الفهم البشرى ، بشرط ألا ننسى قطعة الموسيقى الأصلية وندعى أنها أقل أهمية بكثير من القياسات التى أجريناها .

وعلى الرغم من أن العلم لا شأن له بالقطع الموسيقية ، ففى وسعنا أن نطبق هذا التشبيه على كل ما ندرسه . فالعالم ، فى دراسته لعالم الطبيعة ، يتولى القيام بقياسات للشكل ، وأوجه النشاط ، والعلاقات ، والعمليات . والقياسات هنا ، هي كميات تجرد من الأشياء والحوادث التى ندرسها ، وهى تتخذ أساساً لمعرفة مفيدة قابلة للفهم . فلكى يكون لدينا واقع موضوعي قابل للمعرفة ، يمكن أن يتفق عليه الناس جميعاً ، فلابد لنا من إرجاع الرياح وأوراق الأزهار والصخور والنجوم إلى مجموعات من الأقيسة . أى أن الحقيقة العلمية هي حقيقة من العلاقات الكمية ، وهى عالم من قراءات المؤشرات على أدوات قياسية . واللغة الرياضية التى نعبّر بها عن المادة تجعل تصورنا للمادة بعيداً كل البعد عن

تصورنا المألوف للمادة المحسوسة . والمادة مجرد صيغ رياضية ومعادلات رمزية والعالم الموضوعي نجهل عنه كل شيء . كما قال السير آرثر إدنجتن Arthur Eddington ، العالم الفيزيائى الإنجليزى المثالى حيث يعتقد أن العالم الذى يوصف ويصاغ فى قوانين رياضية يسهم الفعل الانسانى فيه بدور أساسى بإحساساته وانطباعاتة الحسية وتصوراته .(١)

ومن الملاحظ أن من الممكن القيام بقياس كمى لبعض الأشياء التى نعتقد فى العادة أنها كيفية ، وبذلك نضعها فى إطار العلم . فكيفيات اللون والصوت والصلابة والشكل والكثافة وكثير غيرها ، هي بعض الصفات التى يمكن قياسها مثلما يمكن قياس صفات الثقل والحجم والزمن . فلنفرض أن لدينا حوالى خمسين زجاجة صغيرة ، كل منها يحتوى على مزيج مختلف من صبغة حمراء وزرقاء ، وأننا طلبنا إلى عدد من الناس أن يرتبوا كل الزجاجات فى صف ، بحيث يكون أكثر الزجاجات حمرة على اليمين ، وأكثرها زرقة فى أقصى اليسار ، وتكون الألوان المتوسطة فى الترتيب بين هذه الطرفين . عندئذ سنجد بعض الاختلاف بين الأشخاص الذين يحاولون ترتيب الزجاجات . ومرد هذا الاختلاف هو الفروق الطفيفة فى دقة إبصارهم وفى أفكارهم عن صفتى الحمرة والزرقة . ولكن فى وسع الانسان المدرب ، باستخدام جهاز لقياس الضوء يعرف بجهاز قياس الضوء الطيفى Spectro - photometer ، أن يرتب الزجاجات ترتيباً صحيحاً سريعاً ، لا خطأ فيه ففى استطاعته ، بمتابعة قراءات المؤشر فى جهازه ، أن يحدد الترتيب الصحيح للزجاجات . كذلك فإنه يستطيع أن ينبئنا ببعض صفات التركيب الكيميائى لكل صبغة . ولن يكون هذا الإنسان مضطرا إلى رؤية اللون بنفسه ، بل إنه قد يكون مصابا بعمى تام للألوان . ولكن هذا لن يؤثر فى القياسات ، إذ أن صفتى الحمرة والزرقة قد أستعيض عنهما بمجموعة من قراءات المؤشر على الجهاز . ومع هذه القراءات يمكننا أن نتعامل كمياً ورياضياً ، أما مع الألوان فلا تعامل .(٢)

ومن أمثلة الوحدات التى تقاس بها الظواهر الكونية ، البوصة ، والرطل ، والجرام

---

(١) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية ، ص : ١١٣ .

(٢) هايزنبرج : المشاكل الفلسفية للعلوم النووية . ترجمة د. أحمد مستجير . العلم للجميع . الهيئة العامة للكتاب . ١٩٧٢ ص ، ٦٦ .

والداين [١] Dyne والإرج [٢] Erg والأوم [٣] Ohm والثانية ، وكثير غيرها . هذه الوحدات محددة بدقة تبعاً لمعايير اتفق عليها على مر السنين . فالداين فى معمل فى مصر هو بعينه نفس وحدة القياس المستخدمة فى معمل في لندن . والداين هو تلك القوة التى تؤدى إلى عجلة مقدارها سنتميتر فى الثانية كل ثانية في جرام واحد من المادة . وبفضل هذه المقاييس وحدها يستطيع العلم أن يظل موضوعياً وذا نطاق عالمى . ومن الواضح أنه لو كان كل عالم أو جماعة من العلماء ، يضعون معايير مستقلة ، لدبت الفوضى فى العلم ولضاق نطاقه إلى أبعد حد . [٤]

والواقع أن نجاح العلم فى كشف ظواهر العالم الطبيعى قد بلغ من الضخامة حداً جعل من الممكن أن يتراكم بناء هائل من المعرفة الكمية منذ القرن السابع عشر . أما منذ عام ١٩٠٠ فكان التقدم مذهلاً وكانت أهم أسباب هذا التقدم العظيم ، أن نتائج الأبحاث الكمّية يسهل تبادلها . فمن الممكن عزل الظاهرة الطبيعية وقياسها . ومن الممكن تحليلها إلى عناصر متعددة ، ووصف العلاقات بين الأجزاء وصفاً كميا . كما أن من الممكن وضع جداول نتائج الملاحظات والتجارب ، وتحليلها . وعن طريق صفحات المجلات العلمية ، يمكن نقل النتائج والتفسيرات إلى الآخرين . ويستطيع العلماء الآخرون أن يكرروا التجارب ويوسعوها ، لكى يدعموا النتائج الأصلية أو يدحضوها ، ويواصلوا العلم أبعد منها . [٥]

إن العلم معرفة بالعمليات التي تحدث فى العالم الخارجى الموضوعى . ونحن لا نستطيع أن نعرف العالم الخارج عن أذهاننا إلا بطريقة غير مباشرة . وبهذه الصفة يكون كل علم معرفة غير مباشرة . والنظريات والمفاهيم العلمية هي محاولات لتكوين أفكار ناجحة عملياً عن العالم . بحيث تتيح لنا هذه الأفكار فهمه والسيطرة عليه . وينمو العلم مع ازدياد دقة القياس ، ويزداد فهمنا للعالم إحكاماً . ولابد أن يكون مانعرفه عن العالم الحقيقى قريباً مما هو عليه بالفعل .

---

(١) وحدة قياس القوة . (٢) وحدة قياس الشغل أو الطاقة . (٣) وحدة قياس المقاومة والكهربائية .

(٤) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى جـ ٢ ص ص ، ٢٣٩ - ٢٤١ .

(٥) Walademar K; Exploration in Science., London 1959. p. 122.

لقد كان العالم كما عرفه العلم الفيزيائى في القرن التاسع عشر عالماً منظماً متناسقاً . فقد عمل كثير من الفيزيائيين على تطوير قوانين الفيزياء ، وعلى اختبارها والتوسع فيها . وقد تبين أن هذه القوانين ملائمة تماماً لتفسير كل أوجه الكون المادى تقريباً . ولم يكتشف أى شىء يلقى أى ظل من الشك على الصلاحية المطلقة لمبدأ العلية . وبدأ الكون كأنه آلة عملاقة دفعتها إلي الحركة قوة مجهولة فى وقت غير معلوم من الماضى . وكان تاريخ الكون ومستقبله محددين على نحو ثابت منذ البداية . كذلك لم تعد المادة التى تصنع منها الأشياء شديدة الغموض : فقد نظر إلى المادة على أنها تتألف من ذرات . وهى الوحدات النهائية لعالم الواقع . وتتألف العناصر الكيميائية المختلفة من ذرات تختلف أحجامها ، وبالتالى أوزانها . فالهيدروجين مركب من أصغر الذرات ، على حين أن عنصراً كالحديد يتألف من ذرات أكبر وأثقل . والزمان والمكان والمادة والطاقة ، كلها كيانات مستقلة تتشابك سويا من أجل تكوين العالم . ولقد كانت هناك بعض الصعوبة فى إدماج خصائص الضوء والقوى الكهرومغنطيسية فى المفهوم الكونى ، ومع ذلك كان يعتقد أن من الممكن تذليل هذه الصعوبة بافتراض أن الفضاء الكونى يمتلىء بمادة غير ملموسة اسمها الأثير .

ولم تكن البيولوجيا قد بلغت درجة التطور التى بلغتها الفيزياء ، ولكن ساد الاعتقاد بأن الكائن العضوى الحى يمكن أن يعد آلة بدوره : فالجسم المادى للكائن العضوى ينبغى أن يكون مؤلفا من ذرات ، شأنه أى شىء آخر . ولما كان هذا أمراً بادى الوضوح ، فلا بد أن تكون نفس مفاهيم الزمان والمكان والطاقة والمادة قابلة للانطباق على الحى مثلما تنطبق على غير الحى . ولما كان كل شىء يحدث قابلاً لأن يرد إلى سلسلة حوادث يمكن قياسها ، فإن النباتات والحيوانات ينبغى أن تدرج ضمن فئة « كل شىء » هذه . وقد انهمك علماء البيولوجيا فى بحث مشكلات التطور ، مستخدمين نظرية تشارلز داروين [1] Charles Darwin الحديثة العهد . فقد كان

(١) داروين (١٨٠٩ - ١٨٢٢) من الرواد الذين أثروا الفكر العلمى عامة ، وأحد كبار مؤسسى النهضة الفكرية الحديثة فى العلوم البيولوجية وفلسفتها ، وأول من أزاح الستار عن نشأة الجنس البشرى منذ الاحقاب السحيقة . حاول الاجابة عن السر فى تعدد أنواع الحيوانات والنباتات فى الفصيلة الواحدة اقترن اسمه إلى الأبد بنظرية التطور حيث أيقن أن العلم ما هو إلا جمع الحقائق وترتيبها واستنباط القوانين باستخدام الأرقام والحصاءات .
راجع : تشارلز داروين : أصل الأنواع . جزءان ترجمة اسماعيل مظهر - مراجعة عبد الحليم منتصر . دار الثقافة ١٩٦١ . المقدمة .

التطور بالانتقاء الطبيعي فكرة تنمسى إلى حد رائع وكامل مع النظرة إلى الكون على أنه آلى متحدد عليا . وبطبيعة الحال لم تكن هناك معلومات كثيرة معروفة عن الوراثة ، فأدى هذا الجهل إلي صعوبة إدراك الطريقة التى يتم بها الانتقاء الطبيعى بالفعل . وكان راهب نمسوى مجهول اسمه « جريجور مندل [1] Gregor Mendel » قد اكتشف القوانين الأساسية لعلم الوراثة ، ونشر كشوفه فى عام ١٨٦٦ ، غير أن نتائجه كانت مجهولة ، « وأعيد اكتشافها » فى عام ١٩٠٠ بفضل القياس والأرقام .

تصورات القياس فى الذرة والاشعاع والكوانتم :

حدث قبل انتهاء القرن التاسع عشر مباشرة ، أن اكتشفت جسيمات أصغر بكثير من ذرات الهيدروجين . وقد اتضح وجود هذه الجسميات الدقيقة عن طريق إمرار تيار كهربائى من خلال أنبوبة من حجم ذرات الهيدروجين ، وأنها مشحونة بالكهرباء ، ولذا سميت بالإلكترونات . وكانت الخاصية التى يتميز بها الإلكترون ، والتى جعلت له مركزاً فريداً فى العلم ، هى أنه لا يعدو أن يكون شحنة كهربائية . فهو يسلك كالمادة بمعناها الكلاسيكى ، من حيث أن له كتلة وقصوراً ذاتيا ، غير أن كتلتة كانت ترجع إلى شحتنه الكهربائية . فبدون الشحنة لا تكون له كتلة ولا قوام ، الالكترون ليس شيئا ندركه فى ذاته بالبصر ولا بالآلات وإنما نستدل على وجوده بأثاره . والالكترون داخل الذرة لا يقبل الملاحظة حيث يدور حول النواة فى مدارات محددة ويرتبط كل مدار بكمية محددة من الطاقة . ولا يثبت على مدار محدد وإنما قد يتسع مداره أو يضيق حث تخضع الذرة لطاقة من خارجها مثل الحرارة أو قذفها بالكترونات تتحرك بسرعة . فيحدث ما يسمى بإثارة الالكترون . وقد يطلق الالكترون الشحنة التي اكتسبها فتنبعث إلى خارج الذرة وتسمى كم الاشعاع Quantum of radiation ، يمكن قياس تلك الطاقة بمقياس الطيف Spectr-

---

(١) مندل (١٨٢٢ - ١٨٨٤) راهب نمسوى أول من وضع أسس علم الوراثة عندما اكتشف قوانينها عام ١٨٦٥ وكان ذلك حدثا لم يسبق له مثيل فى تاريخ البيولوجيا . ومرد ذلك أن مندل استخدم الحساب والأرقام والاحصاءات لأول مرة فى أبحاث نباتية على غير المألوف فى ذلك العصر . راجع :
David & Stanley : Heredity Foundation of modern Biology Series 1964 p. 40.

photometer كانت هذه هى الطلقة الأولى فى ثورة الفيزياء فى القرن العشرين . [١]

فلماذا كان الإلكترون ثوريا إلى هذا الحد ؟ ذلك لأنه كان أول دليل يؤدى إلى الفكرة القائلة إن المادة والطاقة معا فى أساسهما شىء واحد . فها هي قطعة من المادة تسلك مسلك المادة والطاقة معا ، ولا ينطبق عليها مفهوم الذرات الصغيرة الصلبة . وإذن فلابد من طريقة مختلفة للتفكير فى المادة والطاقة ، وبذلك أصبح الطريق ممهدا لتكوين فهم جديد للمشكلات القديمة . ولاشك فى أن مفاهيمنا الحالية عن المادة والطاقة لم تنتقل فجأة إلى حيز الوجود بعد كشف الإلكترون مباشرة .[٢] ذلك لأن العلم لا يتقدم بمثل هذه الطريقة المباغتة . وإنما كان لابد أن يعمل علماء كثيرون أولا ، ثم تُستطلع بعض الآفاق الجديدة للفكر ، ويتم التوسع فيها . وكما يقول المثل الصينى القديم ، فإن الرحلة التى يبلغ طولها مائة ميل تبدأ بخطوة واحدة فحسب . ولقد كان الإلكترون هو الخطوة الأولى فى رحلة كانت كفيلة بتغيير معالم الفكر البشرى وإعادة تشكيل العالم المعروف .

ومن الصحيح تماما أن كشف الالكترون لم يحدث فى مبدأ الأمر تغييرا كبيرا فى الأفكار العلمية المتعلقة بتركيب المادة . فالالكترون لم يكن إلا جسيما من الكهرباء ، ولما كان من المعروف أن الذرات بأسرها لاتحمل شحنة كهربائية ، فلابد من معادلة الشحنة السالبة للإلكترون بشحنة موجبة فى بنية الذرة .

وقد أثبت السير آرثر رذرفورد[٣] Arthur Rutherford أن الجزء الأكبر من الذرة فراغ . فأدت هذه الكشوف إلى الفكرة القائلة إن الذرة أشبه بمجموعة شمسية صغيرة ، تدور فيها الإلكترونات سالبة الشحنة ، كأنها كواكب تسير في أفلاكها ، حول نواة كبيرة موجبة الشحنة . وهكذا كان من الممكن تخيل تركيب الذرة . وتشييد نموذج لها .

---

(١) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ٢١ .

(٢) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى . دار الجامعات . ١٩٧٧ ، ص ١٨١ .

(٣) رذرفورد (١٨٧١ - ١٩٣٧) فيزيائى ولد فى نيوزلنده ، أجرى بحوثه فى كمبردج وفى عام ١٨٩٨ ذهب إلى كندا إستاذاً للفيزياء ، وهناك بدأ بحدته فى النشاط الاشعاعى الذى كون شهرته وتابعها بعد ذلك فى منشستر . ثم عين استاذاً فى كمبردج . فى عام ١٩١٩ نال ميدالية الجمعية الملكية وجائزة نوبل وانتخب رئيساً للجمعية الملكية من ١٩٢٥ - ١٩٣٠ وأشهر أعماله وبحوثه فى الذرة .

وقد دلت القياسات والمعادلات على أنه لا توجد بالفعل إلا « مادة » قليلة جداً فى الذرة . فإذا أمكن ضغط الفراغ الواقع بين الذرات التي يشتمل عليها جسم إنسان والموجود فى داخل كل ذرة منها ، بحيث تصبح كل الجسيمات متلاصقة ، كان الشخص الذى ينضغط على هذا النحو صغيراً إلى حد يصعب معه رؤيته . وإذن فلم تعد المادة الجامدة الصلبة التى عرفها القرن التاسع عشر ملائمة للصورة الحديثة كل الملاءمة ، بل أصبح من الصعب الاحتفاظ بمفهوم المادة الجامدة هذا . ولسنا نود أن نتتبع تطور الفيزياء الذرية الحديثة ، ولكن يكفينا أن نقول إننا نعرف الآن أن نواة الذرة تتألف بدورها من جسيمات لاتتميز عن كميات من الطاقة . كما أننا نعلم أن الجسم البشرى الذي اقترحنا أن ينضغط إلى حد لا يكاد يصبح معه مرئياً ، لابد أن ينفجر كالقنبلة لو حدث مثل هذا الانضغاط . (١)

إن في استطاعتنا تكوين صورة ذهنية عن الذرة على أنها تتألف من نواة أو جسم مركزى ، يدور حوله الكترون واحد أو أكثر فى مدارات . وقد يبدو هذا النموذج مقبولاً بما فيه الكفاية . حتى وإن كان من المتعين علينا أن نتخلى عن الفكرة القائلة إن الجسيمات الأكبر حجما ، هي مادة صلبة بالمعنى الذى تكون به الصخرة . والعيب الوحيد لهذه الطريقة فى تخيل ما يمكن أن تكون عليه المادة ، هو أنها ليست هي الطريقة التي تؤدى الغرض . فقد أثبتت التجارب التى أجريت على الالكترونات والأشعة والفوتونات وغيرها من النماذج الدقيقة الأصغر من الذرة . أنها تسلك كالموجات مثلما تسلك كالجسيمات المستقلة .

فالمادة ذرات وموجات معاً . لكن ليس فى نفس الوقت ، التصور الذرى والتصور الموجى للمادة والطاقة مظهران لواقع واحد . فالضوء مؤلف من جزئيات حين يسقط على المادة . ويتألف من موجات حين يسافر طليقاً عبر الفضاء الفسيح . طبق هذا التصور اثنان من علماء الفيزياء هما هيزبرج Heisenberg وبورن Born كتوفيق بين العلماء الذين اختلفوا على أنفسهم ، فبعضهم يرى المادة والطاقة من طبيعة ذرية وبعضهم الآخر يراهما

---

(١) راجع : James . B. C.; Science and Common Sense. p. 160 .

من طبيعة موجية .[1]

إننا لو ألقينا حصاة في بركة من الماء ، لانتقلت موجات أو دوائر من الماء عبر السطح من حيث سقطت الحصاة . هذه الموجات هي نوع من الحركة الذى ينتشر ويتبدد ببطء .كذلك تعد الموجات الصوتية كهذا ، فيما عدا أن الهواء ، لا الماء ، هو الذى يحملها . ولقد كان من المعروف منذ وقت طويل أن للضوء صفات تموجية . ولكن نظراً إلى أننا لا نستطيع تصور الموجات بدون نوع من الحامل لها ، فقد ظل السؤال عن الطريقة التى ينتقل بها الضوء خلال الفضاء الخالى يشكل معضلة مستعصية خلال فترة طويلة من الزمان . فالظواهر الضوئية ليست إلا جزءا يسيراً من فصيلة أكثر اتساعاً هى ظواهر الاشعاع ، هناك فى الواقع اشعاعات لا حصر لها ليست الاشعاعات الضوئية إلاجزءاً يسيراً منها . أمكن للعلماء تصنيف هذه الاشعاعات تبعاً لصغر طول موجتها على النحو التالى :

١ - الاشعاعات الكهرومغنطيسية Electromagnétic radiation وهى التى تستخدم فى الإرسال اللاسلكى.

٢ - الاشعاعات دون الحمراء Infra - Red radiation

٣ - الضوء بالمعنى لمعتاد للكلمة Light rays

٤ - الاشعاعات فوق لبنفسيجية Ultra Violet radiation

٥ - الأشعة السينية X. rays

٦ - أشعة جاما Gamma rays المتولدة من العناصر الاشعاعية

هذا السلم الطويل من الاشعاعات لا تبصر العين منه الإمقدار درجة واحدة هى حزمة الضوء العادى . ولقد استطاع العلماء خلال القرن التاسع عشر وأثر عدد كبير من التجارب قياس سرعة انتشار الضوء فى الفضاء بدقة أكبر أدت إلى نتائج قريبة جداً من ٣٠٠ر٠٠٠ ك متر / ثانية . ومهما كانت هذه السرعة عالية فإنها مع ذلك محدودة . هناك نظريتين متعارضين عن طبيعة الضوء قدمهما العلماء . النظرية الأولى لنيوتن ولا بلاس . حيث كان يرى نيوتن أن الضوء يتألف من جسميات متناهية في الصغر تصدر عن

---

(١) راجع : د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر إلى الواقف الفلسفية ص وأيضا ، Louis DE Broglie : Physics and Mirophysics . London. 1966. . p. 125.

بلاس . حيث كان يرى نيوتن أن الضوء يتألف من جسميات متناهية في الصغر تصدر عن الشمس . والجسيمات الاشعاعية تسير فى خطوط مستقيمة وأن سرعة الضوء أكثر فى الوسط الكثيف منه فى الوسط الأقل كثافة . (١)

أما النظرية الثانية فهى لكريستنيان هيجنز C: Huggens فى نهاية القرن السابع عشر . شبه هيجنز الضوء بالصوت وحيث أن الاخير يسير فى موجات عبر الهواء - كذلك الضوء مع فارق أن موجات الضوء لا تسير عبر الهواء حيث ان الضوء يمكنه السير فى خلاء . ولذلك اضطر إلى افتراض الايثير الذى يملأ الفراغ الكونى لحمل الموجات . كان هيجنز يرى أن الشمس تصدر موجات ضوئية لا جسيمات ضوئية . وأن الضوء يسير أقل سرعة فى الوسط الكثيف وأنه يسير فى الخلاء بسرعة أكبر منه فى الأوساط المادية - رغم أن قياس سرعة الضوء فى المسافات القصيرة نسبيا لم يكن ممكناً آنذاك - إلي أن تمكن فوكو Foucault (١٨١٩ - ١٨٦٨) عام ١٨٥٠ من إجراء تجربة ، جسم بها النظريتين الجسيمية والموجية . حيث تبين له أن سرعة الضوء أقل سرعة فى الماء عنها فى الهواء ومن ثم تأيدت النظرية الموجية وأهملت الجسيمية إلى أن جاء ماكس بلانك عام ١٩٠٠ وأثبت أن الضوء يتألف من جسيمات هى الفوتونات (٢) .

وكما رأينا من قبل فقد استخدمت فكرة الأثير لإيجاد حل لهذه المشكلة . على أننا نعلم الآن كما ذكرنا أن الضوء يتخذ شكل وحدات أو جسيمات صغيرة تسمى بالفوتونات والفوتونات جسيمات ، بمعنى يقارب الذى تكون به الالكترونات جسيمات ، وهى تنتقل بطريقة شبه تموجية ، كذلك فإن الالكترونات فى حركة دائمة ، وهى تتخذ مسارا ذا شكل تموجى . وعند هذه النقطة بعينها يتعين علينا أن نتخلى عن الصورة الذهنية التى كوناها عن الالكترونات ، وتصورناها تتحرك فى مدارات كالكواكب حول الشمس . ذلك لأن الالكترون لا يسلك كجسيم ، يتحرك بطريقة شبة تموجية ، وإنما يسلك كجسيم وكذلك كموجة منتشرة . فالإلكترون فى مدار ذرى لا يمكن تحديد موقعه بوصفه جسماً منفصلاً ، وإنما يتعين علينا أن نتصوره كنوع من الحركة شبه التموجى فى مدار حول نواة ذرية . ومن

(١) Hull : History and Philosophy of Science, Longmans. London 1965 P. 233

(٢) Ibid. p. 236.

الواجب أيضاً ألا نتصور هذه الأمواج من خلال عامل شبيه بالأثير . ذلك لأن الالكترون قد يقفز من مدار إلى آخر ، وهو حادث يقترن بإطلاق فوتون عندما يكون الانتقال إلى مدار أقرب إلى النواة . (١)

وأعجب مظاهر هذا المسلك هو أن الانتقال من مدار إلى آخر يبدو أنه يحدث فجأة ، وأن الالكترون لايبدو أنه يعبر الفراغ الواقع بين المدارات . وبعبارة أخرى فإن انتقال الالكترون إلى مدار مختلف هو إنتقال فورى ، ولا ينطوى على تحريك جسيم مادى في الفراغ . هذا هو نوع المفهوم الذى يبدو لازما لتعليل الخصائص الملاحظة للالكترونات وغيرها من الكيانات دون الذرية التي تنتمى إلى هذه الفئة العامة . ولا يبدو أن من الممكن تكوين صور ذهنية لمثل هذه الذرة ، بل إن المفهوم بأسره بعيد كل البعد عن المفهوم السائد فى القرن التاسع عشر . (٢) .

ولابد أن الأبحاث الخاصة بالموجات ، والطاقة ، والجسيمات ، قد جعلتنا نتساءل عما إذا كانت ظواهر الطبيعة قابلة في حقيقتها للقياس . ومن الواضح أن كثيراً من هذه الأمور غير قابلة للقياس بمعني أنه ليس من السهل تخيلها ، ولا يمكن الوصول إلى فهم لها إلا من خلال تعبير رياضى كل أحكامه احصائية وتقريبية لأن العالم لا يجرى تجارب على حالات مفردة ، لايمسك ذرة ليجرى عليها تجاربه ، ولا يقبض على الكترون واحد ليلاحظه ، ولا يمسك فوتونا واحداً ليفحصه وإنما يجرى تجاربه على مجموعات ، على شعاع ضوئى يحتوى بلايين الفوتونات أو جرام من مادة يحتوى بلايين الذرات وتكون النتيجة أن الحسابات المقيسة كلها احصائية ، تقوم على الاحتمال وعلي الصواب التقريبى . ولقد أسفرت هذه الدراسات الفيزيائية المتقدمة عن نتيجة تدعو إلي الحيرة الشديدة ، تعرف باسم « مبدأ اللايقين »(٣) Principle of uncertainty . هذا المبدأ يبدو أنه يلقى ظلا من

---

(١) ، (٢) Louis De Broglie : Physics and Micro physics . pp. 24 - 27.

(٣) هو المبدأ المعروف بمبدأ فرنر هيزنبرج W. Hersenberg أعلنه عام ١٩٢٧ فى صورة قانون طبيعى حيث تخيل تجربة وهمية يحاول فيها العالم ملاحظة موضع Position وسرعة Velocity الالكترون واتجاه حركته باستخدام مجهر عملاق للغاية يمكنه تكبير الاكترون إلى حجم يمكن رؤيته وأن الضوء المستخدم لإضاءة الالكترون طول موجته قريبا من أبعاده ، وحين تتدخل الأجهزة لتسجل ما يحدث للالكترون كما هو في طبيعتة ، إما أن نقيس وضعه في المكان قياساً دقيقاً ولكن حينئذ لانستطيع قياس سرعة حركته واتجاهها قياساً دقيقاً وإما أن نقيس سرعته قياساً دقيقاً ، لكن ذلك القياس =

الشك على مفهوم العلة والمعلول . ومع ذلك فينبغى أن نكون حذرين أشد الحذر فى تحديد الطريقة التى يؤثر بها هذا اللايقين فى تفكيرنا عن سلاسل الحوادث المرتبطة علياً . وهذه مسألة على أكبر جانب من الأهمية ، إذ أن العلم ، كما أوضحنا من قبل ، هو ضرب من المعرفة قائم على أسس منها افتراض أن العلية خاصية ضرورية للكون . فلنختبر إذن مبدأ اللايقين هذا بإيجاز .

- لا يمكن تجنب مشكلة اللايقين بالقياس :

إن ما يقوله المبدأ بالفعل هو أننا لا نستطيع أن **نلاحظ ونقيس** مجرى الحوادث الطبيعية دون أن نبعث فيها اختلالاً ما ، وبذلك فإننا نتسبب فى حدوث قدر قليل على الأقل من اللايقين بشأن ما يحدث فى الطبيعة . مثل هذا الاختلال لا تكون له أهمية على المستوى العادى ، الواسع النطاق ، أما على مستوى الجسيمات الذرية فإنه يبدو ذا أهمية كبرى . وإذا كان في استطاعتنا ، **عن طريق زيادة دقة أجهزتنا في القياس** ، أن نقلل من اللايقين ، فإننا لا نستطيع أبداً أن نتخلص منه تماماً . فهناك قدر من اللايقين لا يمكن تجنبه . فلنفرض أننا أردنا تحديد موقع رصاصة بندقية وسرعتها بعد خروجها من ماسورة البندقية بجزء من الثانية . مثل هذا التحديد هو مشكلة فنية لا تنطوى على صعوبات يستحيل التغلب عليها . وكل ما يلزمنا هو آلة تصوير شديدة السرعة ، وأجهزة دقيقة لقياس الوقت . فمن الممكن أخذ سلسلة من الصور بعد وقت محدد من إطلاق البندقية . وعن طريق معرفة موقع آلة التصوير . والفترة الزمنية الواقعة بين الصور المتعاقبة للرصاصة ، يمكن تقدير موقع الرصاصة وسرعتها بدرجة لا بأس بها من الدقة . ومن هذه المعطيات ، يمكن حساب المسار الكامل الذى اتبعته الرصاصة منذ لحظة خروجها من الماسورة حتي سقوطها على الأرض بدقة كاملة . ولن يبدو عندئذ بطبيعة الحال أن ملاحظاتنا قد أحدثت أى اختلال في الرصاصة ، كما لن يبدو من المرجح أن ملاحظاتنا قد

= يعبث بالوصول إلى وضعه المكانى بالدقة المطلوبة .وصل هيزنبرج إلى أن تحديد موضع وسرعة الالكترون فى لحظة واحدة مستحيل . راجع :

Richard F.; First Principles of Atomic Physics.
Copyright y Harlod Brothers . New York. 1950 p. 431.

وأيضا : د. **محمود فهمى زيدان** : الاستقراء والمنهج العلمى ، ص ، ١٨٠ وما بعدها .

أدخلت أى نوع من اللايقين على موقع الرصاصة أو سرعتها أو مسارها . ولاشك أنه كان علينا أن نومض بعض الأنوار عليها من أجل التقاط بعض الصور وهى تمرق أمام آلة التصوير . ولكن بالنظر إلى أن حجم الجسيمات الضوئية متناه فى الصغر بالقياس إلى حجم الرصاصة ، ففى استطاعتنا أن نفترض ، ونحن شبه واثقين ، أن قذف الرصاصة الضوء لم يكن له تأثير قابل للقياس فى مسلك الرصاصة .

على أن الالكترونات تختلف عن رصاص البنادق . فلو شئنا تحديد سرعة الالكترون وموقعه بنفس الطريقة ، لواجهتنا بعض الصعوبات التي يستحيل التغلب علها . فالالكترون الذى يطلق من نوع البندقية الالكترونية ، لا يمكن كشفه إلا إذا اصطدم بجسم آخر . ولا جدال فى أن هذا يصدق أيضاً على الرصاصة ، وقد استخدمنا لهذا الغرض تياراً من الجسميات الضوئية ، غير أن الفوتون ، وهو وحدة الضوء ، جسيم أكبر نسبياً من أن يصطدم بإلكترون ، ولو صدمنا الالكترون بالضوء لانحرف الالكترون من مساره الأصل إلى اتجاه غير معلوم ، مما يؤدى إلى إعطائه سرعة جديدة . وإذن فالاصطدام بجسيمة ضوئية قد يحدد لنا موقع الالكترون فى لحظة واحدة فحسب ، غير أنه لا يعطينا معلومات عن سرعة الالكترون . وهناك وسائل أخري يمكن ابتداعها لقياس سرعته ، ولكنها لا تعرفنا بموقعه بدقة . ونظراً إلى أنه لا يوجد سبيل إلى قياس السرعة والموقع فى نفس الالكترون بدون أن تحدث تغييراً فى واحد منها ، فإننا لا نستطيع التنبؤ بموقعه أو بسرعته فى أي وقت فى المستقبل . وأغرب ما في هذا اللايقين هو أنه يشكل صعوبة ستعوق كل بحث فى المستقبل . فهو ليس مجرد عقبة فنية يمكن تذليلها بأسلوب فنى جديد . وإذن فهناك قدر دائم من اللايقين تنطوى عليه أية محاولة لتتبع مجرى الحوادث الطبيعية . [1]

القياس يستحيل أن يوصلنا إلى تقدم علمى كامل ومطلق .

وقد لا يكون من الممكن على الاطلاق إيضاح الطريقة التي يمكن أن يؤثر بها مقدار اللايقين ، الذى هو أمر لا مفر منه فى الجسيمات الصغيرة جداً ، فيما لدينا من أفكار عن العلية . ذلك لأن وصف سلسلة من الحوادث بأنها سلسلة من العلل والمعلولات ، يستلزم أن يكون فى استطاعتنا ملاحظة هذه السلسلة من الحوادث على الدوام من البداية إلى

---

(١) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية ص ص ٢٨ ، ٢٩ .

النهاية وهذا يتيح لنا أن نصف ما تكون عليه الأحوال فى أية لحظة زمنية معينة . ففى حالة قياس مسار رصاصة البندقية ، تكون الملاحظة المستمرة ممكنة من الوجهة النظرية على الأقل . ذلك لأن الرصاصة حادث يمكن تتبعه دون إحداث اختلال ملموس فى مجراه . أما فى حالة الالكترون ، فإن الملاحظة المستمرة مستحيلة ، لأن مسلكه يتغير بفعل نفس الوسائل التي يتعين علينا استخدامها للملاحظته . فإذا اكتشفنا جسماً فى النقطة (أ) فى لحظة ما ، وفى النقطة (ب) فى اللحظة التالية ، فليست لدينا وسيلة لمعرفة ما إذا كنا قد لاحظنا جسيما واحداً أو اثنين ، بل إنه لمن الأفضل من بعض الأوجه ألانتعرض لمسألة الاستمرار أصلا ، وإنما نكتفى بالنظر إلى كل جسيم نلاحظه على أنه حادث منفصل منعزل . (١)

ولكن أيحق لنا أن ننكر وجود علاقة العلية على المستوي الذرى لمجرد أننا لا نستطيع قياسها ؟ كلا ، فمن الجائز جداً أن الطبيعة تسير دائماً وفقاً للعلية ، وأنه لا شيء يحدث اتفاقاً أو دون علة سابقة . على أن الصحة المطلقة لمبدأ العلية قد قضى عليها من وجهة النظر العلمية ، لأننا بلغنا نقطة لا يمكن فيها اختبار هذا المفهوم . وكل فكرة لا يمكن اختبارها لابد أن تستبعد من مجال العلم ، إذ إنها تتحول إلى مسألة فلسفية خالصة . وليس معنى ذلك أن من الواجب التخلى عن فكرة العلية بأسرها ، فما زالت لهذه الفكرة فائدتها الكبرى ، وما زالت تقوم بدور هام فى الملاحظات والفروض والتجارب والاستنتاجات التي تقوم بها في معظم فروع العلم . وعلى أية حال فإن انهيار مبدأ العلية عند تطبيقه على الوحدات دون الذرية " **للمادة - الطاقة** " يفيد فى أنه يكشف لنا عن إمكان وجود سُبل أخرى للفهم ، وعوالم أخرى لا تخطر ببالنا فى حدود علمنا الحالى . فما نلاحظه وما نقيسه ، وما نظن أننا نعرفه عن العالم الواقعى الموضوعى ، يتوقف إلى حد بعيد على طريقة سيرنا فى قياسه ، وقد لا يكون إلا تقريباً لما هو موجود بالفعل . (٢)

ولقد أخذنا على عاتقنا ، فى بداية هذا البحث ، أن نحدد نوع العالم الذى يصفه العلم وكان الهدف هو رسم صورة لواقع علمي موضوعي . وقد ظهر بوضوح ، منذ البداية ، أن

---

(١) د. عبد الفتاح غنية : نحو فلسفة العلوم الطبيعية النظريات الذرية والكوانتم والنسبية . ١٩٨٦م ، ص ١٨٧ .

(٢) **Heisenberg** ; The Physicists Conception of Nature. Hutchinson, London . 1958 p. 32.

فكرة الواقع بأسرها إنما تحمل طابعاً شخصياً خداعاً ، وأن المعرفة التي تقترب من الواقع حتي من بعيد ، ينبغى أن تكون على صورة نوع من القياس . **وأدق الأقيسة وأسهلها تداولا هى الأقيسة الرياضية** . فأكثر الأقيسة معني ، من وجهة نظر التفسير العلمى ، هي وصف العلاقات العلية ، بلغة الرياضيات . فعندما يكون من الممكن وصف سلسلة من الحوادث من خلال علاقة العلية ، وعندم نعرف عن الموضوع ما يكفى للتنبؤ بدقة بمجري الحوداث فى الظروف المختلفة ، فعندئذ نقول إن لدينا فهما علمياً لها .

ولقد اتضح لنا أن افتراض إمكان تفسير كل شيء وكل ظاهرة بوصفها نتيجة لأسباب يمكن قياسها ، هو افتراض مفرط فى سذاجته . فعلى مستوي الجسيمات الصغري للواقع الفيزيائى ، نجد أنفسنا عاجزين عن اقتفاء أثر السبب والنتيجة . وهناك افتراض آخر ساذج كان يؤلف جزءاً من العلم ، هو أن الواقع الموضوعى لا يتألف إلا من الجسيمات الصغري للمادة - الطاقة ، ومن المكان والزمان الذى تحدث فيه ، وكانت الفكرة الشائعة هي أن الأشياء التي نراها ونتعرف عليها فى حياتنا اليومية لابد أن تدين بصفاتها المادية لخواص ومسلك الجسميات المادية التى تتألف هذه الأشياء منها . ولاشك أن هذه فكرة مادية بالمعنى الدقيق ، غير أن العلم هو معرفة لعالم مادى . ولكن الواقع أننا إذا كنا نتوقع أن نتمكن من تفسير عالمنا الواقعى بأسره على أساس خواص ومسلك مكونات تجمع بين صفات الجسميات وصفات الحوادث . كالالكترونات ، فإن الاخفاق أمر يكاد يكون محققاً .

أن كل موضوع ، وكل حادث يمكن أن يلاحظ ويقاس ، له من الوجهة العلمية ، نوع من الوجود الموضعى . فهو واقعة من وقائع الطبيعة ، وينبغى قبوله على أنه واقع فعلى . وهو على أية حال المادة الخام للبحث العلمي . وإن نوع المعرفة الذى نكتسبه منه ، ونوع الحقيقة الذى نعزوه إليه ، ليتوقف إلى حد بعيد على طريقتنا فى دراسته . وهو يتوقف على نوع القياس الذى نستخدمه فى قياسه وملاحظته . فإذا شئنا أن ندرس عملية التمثيل الضوئى [1] Photosynthesis ، فمن واجبنا أن

---

(١) النبات هو الكائن الوحيد الذى يستطيع أن يكون كل ما يحتاج إليه من مواد عضوية معقدة من مصادرها الأولية . وتتم أولى العلميات التكوينية للمواد الغذائية داخل النبات عن طريق عملية التمثيل أو البناء الضوئي . وخلال هذه العملية يتم تجميع ذرات الكربون (ك) والأيدروجين (يد) والأكسجين (أ) لتعطى مركبات عضوية مختلفة تبدأ بالسكريات البسيطة إلى النشا وهو ما يطلق =

نبحث على مستوى جزئى وذرى ، لأن هذا هو المستوى الذى يحدث فيه التمثيل الضوئى . عندئذ نقوم بقياس الطريقة التي تستخدم بها النباتات طاقة الضوء من أجل جمع جزيئات ثاني أكسيد مع الماء لإنتاج السكر . وفى هذه الحالة تكون الأسئلة التى نوجهها متعلقة بنقل الطاقة ، ومسلك الذرات ، والتمثيل الجزئى . كذلك ينبغي أن يكون مقياس الملاحظة الذى نستخدمه مقياسا يضفى معنى وحقيقة على الذرات والجزيئات والالكترونات وكميات الطاقة المتبادلة .

أما إذا درسنا مشكلة معقدة ، كالسلوك الحيوانى ، فمن العسير تحديد مقياس أو مستوى الملاحظة الذى يكون هو أنسب المقاييس جميعا . فلنفرض مثلا أننا أردنا أن نعرف كيف تستطيع الفراشة أن تطير فى لهب شمعة . هذه مشكلة نستطيع أن ندرسها دراسة إجمالية ، ثم ننتقل إلى التفاصيل المتزايدة عن طريق تغيير وجهة نظرنا أومقياس ملاحظتنا . ففى وسعنا أن نبين أولا أن مثل هذا السلوك يحدث بالفعل ، وذلك بأن نطلق إحدي الفراشات فى غرفة مظلمة كلها فيما عدا ضوء واحد خافت .

وسنجد أن الحشرة تطير إلى الضوء ، فنعلم عندئذ أن هذا السلوك يحدث بالفعل فهذه إذن هي الواقعة الفعلية التي تكون نقطة بداية البحث . صحيح أننا لا نعلم حتى الآن كيف تحدث ، أو لماذا تحدث ، ولكنا نعلم يقينا أنها تحدث . وبعد ذلك نستطيع أن نتوسع قليلا فى معرفتنا عن هذا السلوك ، بتكرار ملاحظاتنا الأولى ، ولكن مع مراعاة أن نستخدم فى محاولاتنا المختلفة أضواء من أطوال موجية مختلفة (أى ما نعده نحن ألواناً مختلفة) . وبذلك نستطيع أن نكتشف نوع الضوء الذى هو أقدر على استثارة هذا السلوك . فإذا غطينا عينى الحشرة بطبقة رقيقة من الطلاء المعتم ، فسنجد أنها لا تعود تطير نحو الضوء وبذلك نعرف أن لعينيها دوراً فى السلوك الذى ندرسه . وإلى الآن كنا ندرس المسألة على مستوى أو بمقياس إجمالى . ولكن لابد لنا ، إذا شئنا تتبع سلسلة للحوادث أبعد من ذلك **أن ننتقل إلى الملاحظة**

= عليه المواد الكربوايدراتية . وهذه المواد تعتبر المركبات الأساسية فى الخلية التي يتكون منها فيما بعد باقى المركبات الأخري مثل الدهون والمواد البروتينية وغيرها من المركبات .

راجع : Levine, R. P. : The Mechanism of Photosynthesis. Scientific Amer. 221 (6) 1979. 58 - 70.

بمقياس أدق ، ونبدأ إجراء التجارب على الحشرة ذاتها . (١)

فعن طريق إجراء عملية جراحية دقية نقطع فيها الأعصاب الواقعة بين عينى الفراشة ومخها ، يمكننا أن نثبت أن الأعصاب والمخ لهما علاقة بهذا السلوك الخاص . وبعمليات مماثلة نستطيع أن نثبت أن الممرات العصبية من المخ إلى عضلات الأجنحة الكبيرة لها أيضا علاقة به . هذه الملاحظات كانت على مستوى تشريحى للقياس . وفى استطاعتنا ، باستخدام الأجهزة المناسبة ، أن نبين أن للدفعات العصبية Nerve Impulses دوراً ، وأن الدفعات العصبية ترتبط بتغييرات كهربية كيميائية فى الخلايا العصبية . كما نستطيع أن نبين أن عضلات الأجنحة تنشط بفعل الدفعات العصبية . فالسلوك العضلى ينطوى على تقلصات ، وهو حادث يقتضى طاقة . والطاقة اللازمة لجعل العضلات تعمل تستمد من أيض السكر (التمثيل الغذائى للسكر) . (٢)

وهكذا فإن دراسة الفراشة التى تطير نحو الضوء قد أسفرت عن وصف لسلسلة من حوادث العلة والمعلول ، تتضمن الضوء والعينين والدفعات الكهربائية الكيماوية للجهاز العصبى ، والتقلصات العضلية وعمليات الأيض التى تولد الطاقة . وقد استخدمنا فى وصف سلسلة الحوادث هذه عدة مقاييس أو مستويات للملاحظة ، تباعدنا فيها تدريجياً عن المشكلة المحددة التى أخذنا على عاتقنا فى البداية بحثها . وفى كل مستوى من المستويات لاحظنا وقسنا حوادث حقيقية دون شك . غير أن الانطباق المباشر لحقيقتها على مشكلة تعليل طيران الفراشة نحو الضوء يقل بالتدريج . ونحن لانشك فى صحة التنبؤ بأن الفراشة لو تناولت سما يبطل عمليات الأيض التي تولد الطاقة فى الفراشة ، لأدى ذلك إلى توقف طيرانها نحو الضوء . ولكننا لا نستطيع التنبؤ فى الاتجاه العكسى ، إذ لا يوجد شىء فى عمليات الأيض هذه يتيح لنا التنبؤ بأن الفراشة ستطير نحو الضوء . ولقد وصفنا هذا السلوك بأنه عملية آلية تقوم الحشرة بدور الحامل لها . وهذه العملية الآلية يمكن أن تدرس من عدة وجهات نظر مختلفة ، غير أننا لا نستطيع أن نتنبأ ، من التفاصيل النهائية للعملية الآلية ذاتها ، بالسلوك الأصلى الملاحظ .

---

(١) راجع : Imms. A, Social Behaviour in Insects . London. 1968. p. 173.

(٢) Ibid p. 174.

وقد يعترض عالم بيولوجى متخصص فى السلوك على هذا الوصف لتعاقب العلل والمعلولات الذى ينطوى عليه طيران الفراشة ، فيقول إن السلوك لا يبدأ بالعضلات ، وإنما تتحدد أنماط السلوك من داخل الجهاز العصبى ، وتتحدد خصائص سلوك الحيوان بالممرات العصبية ، ومراكز الارتباط ، وما إليها . ومع ذلك ، فأيا ما كانت سلسلة الحوادث التي نتتبعها ، فلا بد أن نصل إلى طريق مسدود على مستويات الطاقة وما دون الذرة ، سواء فى العضلات وفى الأعصاب . والظواهر من أمثال السلوك الحيوانى لا تحدث علي المستوى الذرى ، وإنما تحدث على مستوى أعقد فهي تنظيمات محكمة لا تحيد ، فإذا ما وصفنا السلوك بأنه مجرد حلقة فى سلسلة من حوادث قابلة للقياس ، فسيظل لدينا بعض الشك فيما إذا كان لبعض أقيستنا أية علاقة بالمشكلة موضوع البحث .

وهكذا يتضح لنا ، بعد دراسة الكون ، أنه مؤلف من جسيمات تفتقر إلى الاستقرار والثبات . ولا يمكننا أن نعيد بناء الواقع الذى نعرفه ، من السلوك غير المؤكد لهذه الجسيمات ويبدو أن الأشياء وسلاسل الحوادث الحقيقية التي تكون العالم هي أكثر من مجرد مكونات ضئيلة لا تُحس من المادة - الطاقة . فالعالم الواقعى منظم تنظيما محكماً بقانون صارم والمادة لا تعرف معني الاستقرار بل هى دائما فى حالة ديناميكية ، وتعمل باستمرار على تحوير بعض مكوناتها لتصنع منها بدايات أو مفاتيح خاصة تعمل على تبديل تركيبها وتحوير نشاطها لكى تعمل هذه المواد على تنظيم وإظهار الاستجابات الواقعية . وتتوقف صفات الواقع المعظم المحكم على طريقة دراستنا له وعلى الأدوات والأجهزة والمناهج المستخدمة فى القياس ، ولذاا لم يعد يكفي أن نقتصر على التفكير من خلال مبدأ العلية أو التسلسل المجرد للحوادث ، بل إن من الواجب أن تزداد آفاقنا العقلية رحابة إذا شئنا أن يستمر العلم فى التقدم من حيث اتساع نطاقة وعمق معناه . ولذا فإن لغة فلاسفة العلم المعاصرين تساير التطور العلمى ويتعذر عليها أن تتخيل شيئا إلا وهو فى مجال ، والشيء مجموعة علاقات أو خطاً متصلا من حوادث . كل مادة متصلة بغيرها بمجموعة علاقات ، وبهذا يكون الشيء تاريخاً تتعاقب فيه الأحداث .

ثبت أهم المراجع العربية والأجنبية

(١) تشارلز داروين : أصل الأنواع . جزءان ترجمة اسماعيل مظهر . مراجعة عبد الحليم منتصر دار الثقافة ١٩٦١ .

(٢) چون ديكنسون : العلم والمشتغلون بالبحث العلمى فى المجتمع الحديث . ترجمة شعبة الترجمة باليونسكو .

(٣) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة . ترجمة جعفر رجب . دار المعارف ١٩٨١ .

(٤) ر. فوربس ، أ . ديكسترهوز : تاريخ العلم والتكنولوجيا . الجزء الثانى القرنان ١٨ ، ١٩ . ترجمة أسامة الخولى . مراجعة محمد مرسى أحمد . الألف كتاب ١٩٨٦ .

(٥) د. زكى نجيب محمود : المنطق الوضعى جـ ٢ فى فلسفة العلوم الأنجلو ١٩٦١ .

(٦) د. زكى نجيب محمود : أسس التفكير العلمى دار المعارف . كتابك ١٩٧٧ .

(٧) فيرنر هيزنبرج : المشاكل الفلسفية للعلوم النووية . ترجمة أحمد مستجير . العلم للجميع ١٩٧٢ .

(٨) فيليب فرانك : فلسفة العلم والصلة بين العلم والفلسفة . ترجمة على على ناصف . المؤسسة العربية للدراسات والنشر . بيروت . ١٩٨٣م .

(٩) د. محمد مرسى أحمد : نيوتن . دار الشرق للنشر والطبع ١٩٤٦ .

(١٠) د. محمود فهمى زيدان: من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية دار النهضة بيروت ١٩٨٢

(١١) د. محمود فهمى زيدان : الاستقراء والمنهج العلمى . دار الجامعات ١٩٧٧ .

(١٢) د. محمود قاسم : المنطق الحديث ومناهج البحث . الأنجلو ط ٣ ١٩٥٤ .

(١٣) David & Stanley : Heredity Foundation of Modern Biology Series 1964.

(١٤) F. Graham Smith. Radio Astronomy . London. 1966.

(١٥) Heisenberg ; The Physicists Conception of Nature London 1958.

(١٦) Hull; History and philosophy of Science. 1965.

(١٧) Imms. A; Social Behaviour in insects . London . 1968.

(١٨) James. B. C., Science and Common Sense. Yale Univ. 1951

(١٩) J. Jeans; : The New Back Ground of Science. Ann Arbor Paperback. 1995.

(٢٠) Jevons S; Principles of Science. London . 1955.

(٢١) Johnson W, E. Logic. Second ed.

(٢٢) Joad . C. E. M; Philosophical Aspects of Modern Science. Unwin. London . 1943.

(٢٣) Louis De Broglie physics and Microphysics. London . 1966.

(٢٤) Richard. F; First Principles of Atomic Physics. Copyright . Harold Brothers - New York, 1960.

(٢٥) Waldemar. K; Exploration in Science. London. 1959.