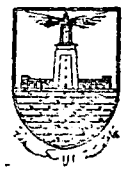
مجلة

كلية الآداب



المجلد الثلاثون

١٩٨٢ – ٨١

مطبعة جامعة الاسكندرية

١٩٨٤

فهرس

الأسس الابستمولوجية بين الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء اينشتين
للدكتور ماهر عبد القادر محمد ـ ١ — ٤٨

حول شخصية شريك وخلف اخناتون
للدكتورة ليلى عطا الله ٤٩ — ٦٤

الاستراتيجية البريطانية فى البحر المتوسط
للدكتور عبد الغفار محمد حسين ٦٥ — ١٠٨

مؤتمر برلين سنة ١٨٧٨ م والمسألة التونسية
للدكتور عبد الغفار محمد حسين ١٠٩ — ١٥٦

كتاب رائق التحلية فى فائق التورية «تحقيق ودراسة»
للدكتور فوزى سعد محمد عيسى ١٥٧ — ١٩٩

مغيث الرومى ونبوه
للدكتور محمد أحمد أبو الفضل ١٩٩ — ٢٤٢

الخوارزمية ودورهم فى الصراع الصليبى الاسلامى
للدكتور أسامة زكى زيد ٢٤٣ — ٢٨٦

Jean Paul Sartre
Par : Nafissa Abdel-fattah .. .. 1—32

Francis Ponge
Par : Nafissa Abdel-Fattah .. .. 33—72

Le Concept de la Copule
Par : Ahmed Mohamed Hamed .. .. 73—101

الأسس الابستمولوجية

بين الفيزياء الكلاسيكية وفيزياء إينشتين

بحث فى ابستمولوجيا العلم

دكتور
ماهر عبد القادر محمد على
مدرس الفلسفة
كلية الآداب – جامعة الاسكندرية

ارتبطت الفيزياء الكلاسيكية بنموذج معين للتفكير ظل قائماً طوال ثلاثة قرون من الزمان . وفجأة فى مطلع القرن العشرين ، وبعد بينات فيزيائية وهندسية معينة ظهرت أمام أحد علماء الفيزياء ، تغير كل شيء وانهار النموذج الكلاسيكى للفيزياء ليحل مكانه نموذج آخر جديد هو الفيزياء المعاصرة التى بدأت بنظرية النسبية الاينشتينية الخاصة (١٩٠٥) : حقيقة تستند نظرتنا الأساسية فى هذا البحث إلى أن الفيزياء المعاصره لا ترفض الفيزياء الكلاسيكية تماماً ، وأن كل ما أحدثته هو مجرد تصحيح للمفاهيم والتصورات وفقاً لنتائج الأبحاث العلمية . وقد يفهم القارىء هنا أن الفيزياء المعاصرة بنظرياتها هى من طراز النظريات التى لا تتسم بالطابع الكشفى ، ولكن الأمر شديد الاختلاف هنا إذ أن التصحيح الذى نشير اليه يختلف عن ذلك التصحيح الذى يطور أو يعدل بما يجعل النظرية العلمية قاصرة على المتخصصين فحسب ، فلهذا التصحيح بعده الثورى الانقلابى لأنه يتناول المفاهيم ذاتها ،أى المنطلقات الأساسية التى تبدأ منها النظرية، وبالتالى انسحب على النتائج التى نشأت عن هذه المفاهيم . فكأن من الصحيح إذن أن نصف الفيزياء المعاصرة بصفتين معاً هما : الصفة الأولى أنها لم ترفض الفيزياء الكلاسيكية وانما صححتها . والصفة الثانية أنها تتميز بالطابع الكشفى. وبهاتين الصفتين فهى تهم رجل العلم المتخصص وتهم البشر جميعاً .

والواقع أن المقابلة بين الفيزياء الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء المعاصرة تكشف عن حقيقة التغير الذى حدث فى العلم المعاصر ، وإلى أى حد انعكس هذا التغير على العلوم الأخرى ، مما يفسر لنا حقيقة التغير الذى يطرأ على النظريات ذاتها . وهنا فاننا نجد أمامنا أكثر من منظور لمعالجة التغير : هناك منظور فلسفى ، وآخر منطقى وثالث تجريبى امبريقى ورابع رياضى .

وقد يفضل البعض معالجة التغير فى النظريات من خلال منظور واحد حتى يمكن أن نلم بجوانب التغيرات أو التحولات العلمية ، وهذا المنظور هو ما تبناه كون فى مؤلفه عن «تركيب الثورات العلمية»،حين أخذ يعالج

المسألة من خلال نظرة فلسفية معينة لتاريخ العلم . وقد يفضل فريق آخر المنظور الرياضى تماماً كما فعل هانسون حين نزع إلى تقديم براهين رياضية يبرر بها ما يحدث فى العلم . لكننا نفضل معالجة التغيرات العلمية التى تحدث داخل الانساق العلمية من خلال نظرة أشمل وأعم تفى بهدفنا الأساسى ، لنثبت فى نهاية الأمر الفرضية التى يقوم عليها هذا البحث ، ومن ثم فان مناقشاتنا ستتخذ من هذه المداخل جميعاً منطلقاً لها ، على اعتبار أن النظرة التكاملية داخل العلم تكشف لنا عن جوانب مستغلقة ما كان يتصور الوصول اليها إذا ما اتخذنا أحد المداخل وأهملنا غيره .

إن أصدق وأدق وصف للفيزياء الكلاسيكية هو ما نفهمه بعلم الميكانيكا النيوتونى ، هذا العلم الذى صيغت مفاهيمه الأساسية فى مجموعة القوانين الآتية :

القانون الأول : كل جسم يبقى على حالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تعمل على تغيير حالته .

القانون الثانى : معدل تغير كمية الحركة يتناسب مع القوة المؤثرة ويكون التغير فى اتجاه القوة المؤثرة .

القانون الثالث : لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه .

قانون الجذب العام : كل جسمين يتجاذبان بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما .

هذه القوانين الأربعة التى تعبر عنهما الميكانيكا النيوتونية تعد أصدق تعبير عن الفيزياء الكلاسيكية بأسرها ، وما كان يمكن صياغتها الا من خلال نظرة معينة للكون والواقع الفيزيائى ، وهذه النظرة تتمثل فى تصور معين للمكان والزمان ، فالفيزياء بطبيعتها تدرس حركة الأجسام فى مكان معين

وزمان معين ، أى أنها تدرس الحركة التى يمكن القول بأنها تغيير الموضع فى المكان خلال الزمان ، ولذلك فاننا نجد قوانين نيوتن السابقة تشير إلى الحركة مباشرة وتتضمن المكان والزمان بصورة ضمنية : إذ أن الحركة التى تنسب للأجسام تتم فى المكان المطلق والزمان المطلق ، فما هى طبيعة التصورات التى تأخذ بها الفيزياء الكلاسيكية ؟

تصور المكان كلاسيكياً :

تشير الفيزياء الكلاسيكية إلى أن كل حركة لابد وأن تتم فى مكان Space ، وهذا المكان ينظر اليه على أنه وسطاً متجانساً يوجد باستقلال تام عن المحتوى الفيزيائى Physical Content ، أى الجسم . يقول نيوتن فى وصفه للمكان «بدون النظر لأى شىء آخر خارجى ، فان المكان المطلق Absolute Space — فى طبيعته الذاتية — يبقى دائماً متشابهاً وثابتاً (١)

لقد اعتقد نيوتن أن هذا الافتراض هو أدق بديهية تميز الفيزياء التى انتقدت خاصية التحديد من قبل . وقد نتفق معه فى أنه ربما يكون أول من قدم صياغة واضحة لهذا الافتراض الذى ارتبط باسمه ، لكنه بكل تأكيد لم يكن أول من قدم الافتراض ذاته ، لأن الافتراض المتعلق بالمكان المطلق وثباته وتشابهه قفز إلى حيز الوجود فجأة مع تلك المفاهيم والتصورات التى زودتنا بها الفلسفة الذرية اليونانية فى العصر القديم ، حين أثبت الذريون تعريفهم للمادة Matter بأنها الملاء Plenum (أى ما يشغل مكاناً) فى مقابل الفراغ void (أى المكان الفارغ Empty Space ، ومن ثم أمكنهم التمييز بين الثابت والحاوى Container المستقل ، أى المكان ومحتواه الفيزيائى المتغير . ولكن إذا كان الذريون قد أقاموا هذا التمييز ، فكيف أمكنهم إذن تمييز خاصية المكان المطلق ؟

إن فلاسفة الذرية اليونانية — لوقيبوس وديموقريطس فى القرن الخامس ق . م — يمثلون حلقة هامة من حلقات الابداع الفكرى والفلسفى ؛ فهم

يطلقون اصطلاح اللاوجود non-being ويقابلون بين اللا وجود والوجود المطلق أو التام full-being . ومصطلح اللا وجود هذا من المصطلحات الهامة التى استعارها الذريون من فلاسفة المدرسة الايلية أمثال بارمنيدس وميلسيوس حيث كان اللا وجود بالنسبة لهؤلاء يعنى اللا شيء nothingness ، الا أن لوقيبوس حين استعار المصطلح ألبسه ثوباً جديداً واستخدمه من حيث الشكل فحسب ، ولم يقبل الفكر الايلى للمصطلح لأنه من وجهة نظره لا توجد ثمة حلولا للمتناقضات التى أكدها الايليون ما لم يؤخذ فى الاعتبار درجة من الوجود للخلاء .

وهناك نقطة أخرى هامة ترتبط بهذا التصور ، فالمادة — فى حد ذاتها — ذاتها رغم أنها قابلة للتغير ، وثابتة من الناحية الكيفية الا أنها بمعنى ما كانت عرضة للتغير ، لأن اجزائها تعج بالحركة ، وهذا التغير لا يؤثر على الجزئيات ذاتها ، وانما على المسافة بينها فحسب .

لقد واجه الفكر الذرى أشد النقد من جانب ارسطو ، الا أن أرسطو ذاته لم يشك لحظة واحدة فى أن المكان مطلق ، وأنه يمكننا اثبات هذه الخاصية من مجرد «ملاحظة شغلنا لمكان معين وانتقالنا من مكان لم آخر» (٢) فهذه الملاحظة تؤكد لنا أن المكان «موجود ما دمنا نشغله بالفعل» (٣) ولكنه مع هذا ينكر صفة الجسمية للمكان قائلا« ومن المحال أن يكون المكان جسما ، لأنه يلزم من ذلك أن يكون جسمان فى مكان واحد بعينه» (٤) ، ويترتب على هذا أنه لا يمكن لنا أن نتصور المكان على أنه ذات صورة ومادة ، لأن مثل هذا الافتراض يشكل صعوبة على ادراكنا لطبيعة المكان إذ أن«الصورة والمادة لا يمكن أن يفصلا عن الشيء ، بينما يمكن للمكان أن ينفصل عنه ، ذلك لأن المكان الذى كان فيه هواء نجد أنه قد حل فيه ماء .. وأيضاً فان المكان ليس جزءاً ولا حالة ، ولكنه منفصل عن كل شيء» (٥) . وهنا فاننا نجد أرسطو يتقدم ببعض الحجج التى تثبت رأيه هذا عن المكان ومنها ، أن المكان من حيث هو مفارق فانه ليس بصورة للمركب ، كما أنه

من حيث هو يحيط فهو ليس بهيولى ، ذلك لأن الهيولى لا تحيط بل يحاط بها كما أن المكان منفصل عن المركب ، أما الهيولى والصورة غير منفصلين ، ومن ثم فالمكان مخالفاً لهما . كذلك فان الأجسام تتحرك دائماً إلى المكان ، والشيء لا يتحرك إلى ذاته لأنه لا يتحرك إلى ما هو له ، ولو كان المكان هيولى أو صورة لكان ذات الشيء المركب (٦) ومن جانب آخر فان المكان قد يوصف بأنه إما فوق أو أسفل ، أما الهيولى والصورة فلا يمكن أن تتصفا بفوق أو أسفل . وكذلك لو كان المكان صورة لفسد . على هذا نجد أنه ما دام المكان «منفصلا عن الشيء فانه لا يكون صررة ، وما دام مجرد غلاف (حاو للشيء) لا يكون مادة» (٧) ومع هذا يرى أرسطو أن هناك صورتان للمكان «مكان مشترك يوجد فيه جسمان أو أكثر ، ومكان خاص يوجد فيه كل جسم أولا» (٨) . ومن ثم فانه إذا كان «المكان الخاص هو الحاوى الأول للجسم ، كان مفارقاً للجسم خارجاً عنه ، لأن الجسم ينتقل ويتخذ له أمكنة على التوالى . وعلى ذلك يكون المكان الخاص وسطح الجسم الحاوى ، أعنى السطح الباطن المماس للمحتوى » (٩) .

إذن لقد اتفق أرسطو مع فلاسفة الذرية اليونانية فى القول بالمكان المطلق لكنه اختلف عنهم فى تقرير مسألة الخلاء الذى قال به ديموقريطس لتفسير حركة الذرات Atoms ، فالخلاء من وجة نظر أرسطو لا يمكن تقريره لأن الحركة فى الخلاء لا سبيل إلى تصورها ، والسبب فى ذلك أن حركة الأجسام إذا كانت فى الخلاء فانها تكون حركة عدمية كما أن السرعة ستكون لا نهائية .

ولكننا إذا انتقلنا إلى نيوتن فى العصر الحديث وجدنا أن مفهوم المكان النيوتونى المستقل Independent قد صدر ابتداء من الموقف الذرى اليونانى ليقف وراء التميز بين المادة والمكان الذى تشغله : المواضع تظل واحدة ، وما تشغله يختلف من زمن لآخر . وبتعبير أدق فإن المادة تتحرك فى مكان ، وهذا ما لاحظه الذريون القدماء فى دقة وبراعة حين وضعوا الأول

وهلة ، ذلك التميز بين المادة والمكان ، فكانت خطوتهم بمثابة التمهيد الحقيقى أمام التصور النيوتونى للمكان المستقل ، بحيث أصبح المكان يتمتع بخاصية الثبات المطلق .

لكن علينا أن نشير إلى أن الذرات التى قررها ديموقريطس والذريين المتأخرين تبدو ثانوية وحادثة وعرضة للتغير بالنسبة للمكان ، بمعنى أن الذرات تعرف بأنها أحجام تامة من المكان ، وتحتاج للمكان فى وجودها بينما المكان لا يحتاج اليها فى وجوده ، لأنه يوجد دون وجود الذرات ، إلى جانب هذا فان الذرات تشغل مواضع معينة ، ولذا فانها لا تفترض أى ضرورة منطقية خاصة بالعلاقات الهندسية التى تقوم بين المواضع Positions ذاتها .

على هذا النحو يمكننا أن نقرر الخواص السابقة بصورة أدق فى العبارة الآتية : فى العلم الذرى القديم ينظر للمكان منطقياً على أنه سابق أو متقدم على محتواه المادى ، بينما نجد على النقيض من هذا تماماً أن الفيزياء الكلاسيكية والفلسفة الميكانيكية التى سادت عصر نيوتن تقرران معاً أن الجوهر المادى هو الحقيقة الوحيدة . ولكن سواء أكان وجود المكان الفارغ افترض ضمناً أم تم تقريره صراحة — مثلما هو الحال عند الذريين القدماء — فان سبقه المنطقى على المادة لم يتم ادراكه بصوره كافية .

وهنا يمكننا أن نتساءل : كيف يمكن لتلك الحقيقة السالبة المتمثلة فى اللاوجود أن ينظر اليها على أنها سابقة أو متقدمة منطقياً على الواقع المادى للذرات الأزلية غير القابلة للتحطيم ؟ أو بمعنى آخر ، كيف يمكن أن يكون اللاوجود متقدماً منطقياً على الوجود ؟

اننا بلا شك نلاحظ الخلط والتضارب وعدم الوضوح بين السبق المنطقى والسبق الانطولوجى أو الزمنى ، مما يفرض علينا ضرورة القاء الضوء على هذا التميز حتى تتضح المسألة بصورة أدق .

لقد كان من أغرب انجازات فلاسفة الذرة القدماء ، كما لاحظ برنت وبيلى ، تلك الصيحة المشهورة القائلة بأن «الشيء قد يكون حقيقياً دون أن يكون جسما» (١٠) ، وهذا يعنى أن الذريين يشيرون إلى أن المكان له وجود حقيقى رغم أنه ليس بجسم ، وبذا فانهم يضفون عليه طابعاً دينياً . وقد انتقلت هذه النظرة إلى «مور» أستاذ نيوتن ومعلمه ، ثم أثرت فى نيوتن ذاته وفلسفته الطبيعية ، بحيث أصبح المكان عنده منظوراً اليه على أنه صفة للاله . وهنا نلمس مدى الخطأ الذى وقع فيه نيوتن حين خلط بين السبق المنطقى للمكان والمادة معاً وبين السبق الانطولوجى . وقد اشترك فى هذا الخطأ العلماء والفلاسفة الكلاسيكيون لقرابة قرنين من الزمان بعد نيوتن ، فكأن السبق المنطقى للمكان على محتواه الفيزيائى كان بمثابة اعتقاد راسخ لم يجرأ على الشك فيه سوى عدد قليل من الناس ولكن فيما يتعلق بمورونيوتن فإن هذا السبق ظل زمانياً .

وترتبط فكرة التجانس homeogenity بفكرة استقلال المكان وثباته ، رغم أنه من الصحيح منطقياً أن نبدأ أولا بفكرة التجانس ، ثم ننتهى إلى القول بأن الاستقلال والثبات ينتجان معاً من تجانس المكان homeogenity of space . لكن إذا كان عرضنا قد اتخذ الطريق الآخر فالسبب فى ذلك يرجع أولا للتعريف التاريخى الذى قدمناه لنيوتن ، ذلك التعريف الذى يركز على خاصيتى الاستقلال والثبات اللتان تنسبان للمكان صراحة ، بينما افترضت خاصية التجانس ضمناً .

والواقع أن الافتراض المتعلق بتجانس المكان قدمته الفيزياء منذ افترض أن المكان منفصل عن محتواه الفيزيائى ، وهذا الافتراض كما نعلم يرجع للذريين اليونانيين ، فمن وجهة نظرهم نجد أن كل الاختلافات الكيفية فى العالم تنشأ من الأوضاع Positions والأشكال shapes و حركات motions المادة ، ولذا فإن افتراض التجانس يعد أحد المعالم الرئيسية للذرية الديموقريطسية .

وقد كان من الطبيعى فى عصر نيوتن ـ ذلك العصر الذى استفاد من الأفكار اليونانية القديمة وعاد اليها ـ أن تظهر فكرة تجانس المكان . لذا حاول جون لوك ، صديق نيوتن ومعاصرة ـ رغم أنه رفض امكانية تعريف المكان ـ أن يحدد لنا المعنى صراحة فاعتبر المكان مبدأ التقسيم الحقيقى الذى يمكننا من التميز بين نوعين من كيفيات الاحساس الذاتية ، ذلك أنه يمكن التميز بين موضوعين مدركين عددياً فحسب إذا كانا فى محلين مختلفين (١١) two different places ، ومن رأى لوك إذن نجد أن التميز بين شيئين انما ينشأ من التجاور فى الوضع Juxtapostion .

من هذا المنطلق نجد أن بيرجسون ورسل معاً يقبلان فى أواخر القرن الماضى المفهوم الذى قدمه جون لوك . يقول بيرجسون فى كتاب «المعطيات المباشرة للحواس» : لأنه من النادر أن نقدم تعريفاً آخراً للمكان ، فان المكان هو ما يمكننا من تميز عدد من الاحساسات الذاتية والتلقائية الواحدة منها عن الآخر فهو إذن مبدأ الاختلاف .. ويترتب على هذا أنه حقيقة بلا كيفية » (١٢) أما رسل فيذهب فى مؤلفه المبكر «مقال فى أسس الهندسة» إلى أن «كل النقط متشابهة من الناحية الكيفية ، ويمكن تميزها فقط بكون الواحدة منها تقع خارج الأخرى» (١٣) .

بهذه الصورة يبدو لنا تماماً أن استقلال المكان عن محتواه الفيزيائى انما هو نتيجة مباشرة لتجانسه ، والاختلافات الأخرى بخلاف التجاور فى المكان لا تنتمى للنقط ذاتها ، وانما ترجع بصورة مباشرة إلى الحضور العرضى لمادة تشغل النقط ، كذلك فإن اجزاء المكان الخالية وتلك الأجزاء المشغولة بالمادة انما يختلفان أساساً فى شىء واحد هو أن الواحدة منها تقع خارج الأخرى بصورة ثانوية أو زمنية ، والاختلاف هنا ينشأ بسبب أن الواحدة منهما ذات محتوى والأخرى تفتقر إلى المحتوى . وأهمية العنصر الزمنى هنا تتمثل فى أنه يشير إلى أن التغير ينتمى فقط لتشكل الأجزاء المادية ، ولا ينتمى للمكان ذاته ، فما يتغير انما هو شغل قطاع معين من

المكان ، بينما القطاع ذاته باق كما هو ، ولذا فان القول بخلاف هذا التمييز كما يقول رسل ، لا يمكن أن يسمح به لأنه يحطم تجانس المكان (١٤) . ومن خاصية التجانس التى تنسب للمكان يقرر رسل أن التجانس يتضمن نسبية المواضع relativity of positions ، كما يتضمن لا نهائية التقسيم infinite divisibility . لقد عبر رسل عن وجهة النظر الكلاسيكية حول مفهوم المكان – فى بداية القرن الحالى وقبل ظهور النسبية – وخواصه وصفاته الأساسية فى نص من أدق نصوصه فى أصول الرياضيات بقوله : «لا يوجد أى لزوم منطقى لكيانات أخرى فى المكان ، لأنه لا يترتب على مجرد وجود مكان أن توجد أشياء فيه . وإذا كان علينا أن نعتقد فى هذا ، فيجب أن نعتقده على أسس جديدة ، أو بالأحرى على ما يمكن أن نسميه شهادة الحواس ، وهنا فاننا نخطو خطوة جديدة تماماً» (١٥) . ونحن نستنتج من هذا النص أن الصفة الأساسية للمكان تتمثل فى الاستقلال التام ، تلك الصفة التى لا يمكن افتراضها بدون اعتبار مسألة التجانس الذى يتمثل فى ترتيب أجزاء المكان ، والتى ينبغى أن ينظر إلى كل منها على أنها مستقلة أيضاً عن المحتوى المادى ، وهذا ما جعل ماكسويل Maxwell يؤكد على الترابط بين خواص المكان فى نص بليغ قدمه فى مؤلفه عن «المادة والحركة» حين يقول «لقد تم تصور المكان المطلق على أنه يبقى دائماً مشابهاً لذاته وغير متحرك . ولا يمكن تغيير ترتيب أجزاء المكان .. وحتى نتصور أجزاء المكان متحركة من أماكنها هو أن نتصور محلا place يتحرك بعيداً عن ذاته» (١٦) . فكأن الفيزياء الكلاسيكية تفهم جيداً معنى تجانس المكان ، ومدى الارتباط بين التجانس والاستقلال ، الأمر الذى جعل طبيعة المكان ذاته وهندسيته تتسق مع التصور الكلاسيكى لهندسة العالم ذلك التصور الذى حدده اقليدس فى كتاب « الأصول » The Elements والذى بمقتضاه تصور العلماء أن هناك نوعاً من التطابق بين الهندسية الاقليدية والواقع الفيزيائى ، ويمكن لنا أن نبين هذا التطابق الذى فهمه العلماء من النظر فى الهندسة الاقليدية .

نسق اقليدس الهندسى :

لقد ظن العلماء منذ عصر اقليدس (٣٣٠ — ٢٧٠ ق . م) وحتى قرابة نهاية النصف الثانى من القرن التاسع عشر أن الهندسة الاقليدية انما جاءت كتجريد للواقع الفيزيائى ولم يخرج عن هذا التصور الا بعض العلماء الذين حاولوا اثبات تصورات جديدة حول طبيعة الهندسة وعدم تطابقها مع المكان الفيزيائى انطلاقاً من التناقضات التى اكتنفت الهندسة الاقليدية ذاتها .

اعتقد أقليدس كعلماء عصره تماماً أن الأرض دائرية ، على اعتبار أن الدائرة هى أتم الأشكال الهندسية — وظل هذا الاعتقاد سائداً حتى القرن السابع عشر — وبناء على هذا الاعتقاد حاول تشييد نسق هندسى ينسجم مع ما هو معتقد ، فحدد ثلاث مجموعات أساسية ينطلق البرهان الهندسى ابتداء منهما هى البديهيات والتعريفات والمسلمات ، وهذه المجموعات الثلاث نقبلها بدون برهان ، ونسلم بها تسليما ، لأنها أبسط الأشياء وأوضحها للعقل الرياضى ، ولا يمكن التوصل إلى ما هو أبسط منها .

البديهيات (١٧) :

١ — الأشياء المساوية لشىء واحد متساوية .

٢ — إذا أضيفت أشياء متساوية إلى أشياء متساوية كان الناتج متساوى.

٣ — إذا طرحت أشياء متساوية من أشياء متساوية كان الناتج متساوى.

٤ — باضافة أشياء متساوية إلى أشياء غير متساوية نحصل على نواتج غير متساوية .

٥ — بطرح أشياء متساوية من أشياء غير متساوية نحصل على نواتج غير متساوية .

٦ — أضعاف الشىء الواحد متساوية .

٧ — أنصاف الشىء الواحد متساوية .

٨ — المقادير التى ينطبق الواحد منها على الآخر متساوية .

٩ — الكل أكبر من الجزء .

التعريفات (١٨) ومنها :

١ — النقطة هى ما ليس له أجزاء .

٢ — الخط طول بلا عرض .

٣ — حدى الخط نقطتان .

٤ — المستقيم يقع بين نقطتى النهاية .

٥ — السطح له طول وعرض فحسب .

٦ — الخطوط هى نهاية السطوح .

٧ — السطح المستوى هو الذى يقع عليه أى خط مستقيم .

٨ — الزاوية المستوية تنشأ من بين خطين متقابلين الواحد منهما مع الآخر ، بحيث يكون لكل خط اتجاه مخالف للآخر .

٩ — المستقيمات المتوازية هى مستقيمات على سطح واحد بعينه بحيث أنها لا تتقابل إذا مدت من الجانبين .

المسلمات (١٩)

١ — يمكن رسم مستقيم واحد بين نقطتين .

٢ — يمكن مد مستقيم إلى أى طول .

٣ — يمكن رسم دائرة من أى مركز .

من هذه المجموعات الثلاث من البديهيات والتعريفات والمسلمات يستطيع اقليدس أن يبرهن على أى نظرية من نظريات الهندسة . وما يميز هذه المقدمات التى يبدأ بها اقليدس نسقه الهندسى هو أنها «مطابقة للواقع

ومعبرة عنه ، أعنى تعتبر فى ذاتها أنها «حقيقية» . فالحقيقة هى فى المشابهة التامة مع الخارج أو العالم الخارجى» (٢٠) . كذلك فاننا نلاحظ أن ت تعريف اقليدس للخط المستقيم جاء ليثبت فكرة تجريبية الأصل ذات علاقة وثيقة بالواقع الخارجى ، كما أن الأفكار التى جاءت ببديهيات وتعريفات ومسلمات اقليدس هى من الأفكار الدقيقة التى يستعين بها المهندسون المعماريون فى فن البناء والتشييد ، تلك هى الأفكار التى تقوم عليها الهندسة الاقليدية ، ونحن لا نتعرض هنا لتفصيلاتها ، وانما نشير فقط إلى اتساقها مع الاعتقاد فى طبيعة المكان ثلاثى الأبعاد وانطباقها عليه ، وسوف نشير فيما بعد إلى التطورات التى حدثت فى مجال الهندسة بما يفى بطبيعة العالم الفيزيائى الخارجى .

تصور الزمان كلاسيكياً :

يعد تصور الزمن Time لمن التصورات الأساسية للفيزياء الكلاسيكية ، فبينما يعرف المكان على أنه ذو ثلاثة أبعاد لحدود متجانسة متساوقة ، ينظر للزمن على أنه ذو بعد واحد لحدود متتابعة : علاقة التجاور هى العلاقة الأساسية للمكان وتنشأ عن وضع شىء بجانب شىء آخر ، لأن نقاط المكان تقع الواحدة منها بجانب الأخرى . أما العلاقة الأساسية للزمن فهى علاقة التتابع Succession لأن أنات instants الزمن تتبع الواحدة منها الأخرى . إنه إذا أمكننا الاحتفاظ بهذا التميز فى عقولنا بصورة واضحة لأمكننا تطبيق الكثير من الخصائص التى نطلقها على المكان ، على الزمان أيضاً .

لقد اعتقد الكلاسيكيون أن المكان والزمان ينطويان على تعدد الأجزاء وانهما يحتفظان بخاصية التجانس ، وقد بينوا فى تصورهم للزمن أن خصائصه المتعددة تنتج من تجانسه : استقلالة عن المحتوى الفيزيائى المادى ، لا نهائيته اتصاله ، اطراده — على اعتبار أن اطراد الزمن هو الشىء المتمم لثبات المكان

أما من حيث استقلال الزمن فقد صاغ نيوتن هذه الخاصية فى نص بالغ الدقة حيث كتب يقول :

«ان الزمان المطلق والرياضى ، بذاته وطبيعته ، ينتج باطراد، بدون النظر لأى شيء خارجى. انه أيضاً يسمى الديمومه duration . فالزمن النسبى والظاهر انما هو مقياس محسوس وخارجى للزمن المطلق (الديمومه). وهو يقدر بحركات الأجسام سواء أكان دقيقاً أم غير متساو ، وهو عادة ما يستخدم بدلا من الزمن الحقيقى مثل الساعة واليوم والشهر والأسبوع» (٢١)

وفقاً لهذا الرأي الذى يقدمه نيوتن فإن الزمن ينتج باطراد سواء أكان شيئاً ما متغير أم لا . والزمن فى طبيعته الذاتية فارغ empty ويملأ فقط بطريقة ثانوية أو اضافية بالتغيرات Changes ، وتلك التغيرات إذن تحدث فى زمن ، ولكنها ليست الزمن ذاته . وبطبيعة الحال فإن هذا التميز بين الزمن والصيرورة المشخصة Concrete becoming من أساسيات الفيزياء الكلاسيكية ؛ فكما أن المكان لا يتضمن المادة ، كذلك الزمن لا يتضمن الحركة أو التغير بصفة عامة ؛ وهذا ما أكده «أسحق باروو» Issac Barrow أستاذ نيوتن ومعلمه ، فقد كان له أبلغ الأثر على تصور نيوتن للزمن ، وتأثيره يماثل ذلك التأثير الذى تركه «هنرى مور» على تصور نيوتن للمكان ؛ ذلك لأن «باروو» فى أحد نصوصه الهامة يقول :

ولكن هل الزمن يتضمن الحركة ، ليس على الاطلاق بل أنه مطلق .. ان كمية الزمن لا تعتمد على أى جوهرية ، سواء أكانت الأشياء تسير أم تقف ، سواء أكانت فى النوم أم اليقظة . ان الزمن فى فحواه ينساب . تخيل أن النجوم ظلت ثابتة فى مواضعها منذ وجدت ، فلن يترك شيء للزمن . إن قبل وبعد وفى نفس

الوقت ، حتى فى هذه الحالة سوف يكون لها
وجودها التام ، وسوف يكون بمقدور العقل
أن يتصورها تماماً» (٢٢) .

أنه يمكن لنا أن نتبين مدى الاتفاق بين أقوال نيوتن وآراء أستاذه «باروو» من مجرد النظر إلى تقسيم الزمن لديهما : هناك الزمان المطلق ، وهذا الزمان هو ما يعرف بالزمان الحقيقى أو الرياضى «وهو قائم بذاته مستقل بطبيعته ، فى غير نسبته إلى شىء خارجى ، ويسيل باطراد ورتوب»(٣٢ ولا يرتبط بالحركة . وهناك الزمان النسبى ، وهذا النوع «ظاهرياً عامياً ، وهو مقياس حسى خارجى لأية مدة بواسطة الحركة ، وهو الزمان المستعمل فى الحياة العادية على هيئة ساعات ، وأيام وشهور وأعوام ، وقد يكون دقيقاً ، وقد لا يكون متساوياً مطرداً . وهذا الزمان الثانى يستخدم فى الفلك كمقياس لحركة الأجرام السماوية ، لأن زمان الفلكيين مرتبط بحركة » (٢٤)

لقد ظل هذا الفهم قائماً حتى البدايات الأولى من القرن الحالى وذلك حين أخذ برتراند رسل يدافع عن نظرية الزمن المطلق ، فقد بدأ أولا بالدفاع عن التميز الأساسى بين السلاسل الزمنية ذاتها ، وبين محتواها الكيفى وهذا ما يتضح لنا من نص هام كتبه عام ١٩٠١ بعنوان «هل الوضع فى المكان مطلق أم نسبى ؟ » ، حيث يذهب إلى أنه « فى النظرية المطلقة لدينا فصلين من الكيانات Classes of entities (١) الفصل الأول هو وجود المواضع (٢) والفصل الثانى ما له مواضع . وأى حدين للفصل الأول لهما علاقة لا تماثلية متعدية ، وهما فى حالتنا قبل وبعد . والحدود التى لها مواضع كل منها له علاقة معينة — بحد أو أكثر مع الحدود التى هى مواضع — يمكن التعبير عنها بالقول إن الحدود الجديدة فى مواضع ، أو أنها تشغل مواضع .. ويمكننا أن نسمى الكيفيات بالحدود التى لها مواضع فى الزمن ، ومن ثم فان الكيفية قد تكون فى لحظات كثيرة ، أو فى كل اللحظات » (٢٥) . وهكذا يتبين بوضوح

أن حجة رسل الأساسية تتخذ صفة العمومية ، ولكنها على أية حال تشبه نفس الحجة التى ساقها «باروو» منذ قليل ، فقد حاول «باروو» فى حجته أن يوضح لنا أن غياب الحركة لا يمنع الزمن من الأنسياب Flowing ، أما رسل فقد أضفى على الحجة صورة عامة عن طريق الاشارة إلى أن عدم غياب أى تغيير يؤثر على انسياب الزمن أو تتابعه ، لأن أى كيفية معينة يمكن أن تبقى خلال لحظات كثيرة ، أو حتى خلال كل اللحظات All moments ولكن ما هو الهدف الذى كان يرمى اليه «باروو» ورسل معاً من تأكيدهما على هذه الخاصية ؟

الاجابة على هذا التساؤل واضحة تماماً ، لقد كانا يرميان إلى النظرية العلاقية للزمن ، ذلك لأن تمييز رسل بين الكيفيات واللحظات يكافىء التقرير القائل بأن المحتوى الفيزيائى للزمن ليس مشتقاً من الزمن ذاته، تماماً كما أن المادة ليست مشتقة من المكان . ويمكن أن نجد أن ما قاله رسل عن المكان هو نفسه مكررا كلمة كلمة عن الزمن حيث يقول «إنه لا يوجد تضمن منطقى لكيانات أخرى من الزمن ، وهذا لا ينتج من وجود الزمن ، بل ينتج من هذا أنه توجد فيه (أى الزمن) أشياء» ، ذلك لأن تصور المادة تماماً كتصور الحركة لا يمكن أن يشتق بصورة منطقية من تصورات المكان والزمن ، لأن هذين التصورين لا معرفين ، يقول رسل «ما المقصود بشغل Occupying نقطة أو لحظة ، لا يمكن للتحليل أن يشرحه وأن يفسره ، وتلك هى علاقة أساسية يعبر عنها بـ فى at, in ، وهى لا تماثلية ومتعددية ، لا معرفة وبسيطة » (٢٦) وهذا القول يعنى أن الزمن فارغ empty . أما المقصود باستخدام المصطلح Occupying بالنسبة لكل من المكان والزمان فهو تمييز الفكر التقليدى بأسره ، فالمصطلح فى حد ذاته يشير إلى ما هو مكانى فى أصله ومعناه ، فكما أن المادة تملأ Fills أو تشغل أجزاء من المكان ، كذلك فإن التغيرات أو الحركات تملأ أو تشغل أجزاء من الزمن . وكما أن المكان هو الحاوى Container لكل المادة ، كذلك

فإن الزمن هو وعاء receptable كل التغيرات ، أو بكلمات «باروو» «الزمن هو بشكل ما مكان الحركة» (٢٧)، وهذا هو الاعتقاد الراسخ والأساسى للعلم الكلاسيكى .

ان وجهة النظر النيوتونية حول الزمن كانت أكثر عمقاً وتأثيراً لأنها تذهب إلى ما وراء حدود العلم الفيزيائى ، فعلى سبيل المثال نحن نجد أن كانط Kant نظر للزمن على أنه نوع من التجانس ، أو هو الوعاء الذى «يملأ من الخارج» Filled out from Outside بالاحساسات المادية المتغيرة: أنه من الصحيح أن الزمن بالنسبة لكانط لا يفترض الحقيقة المحاوزة لما هو عقلى ، والتى تبدو كصورة قبلية للحدس ، لكنه لا يغير الحقيقة الواقعة بأن التميز الحاسم بين الوعاء المتجانس الثابت وتغيره وتغير عناصر المحتوى انما هو نيوتونى فى طبيعته الذاتية .

والواقع أن خاصية استقلال محتوى الزمن تأتى كنتيجة مباشرة لتجانسه فالتغيرات العيانية Concrete changes تبدو على أنها لا متجانسة ،والتغيرات الكيفية هى واحدة من أهم ملامح الشعور وتبدو كأنها ممثلة حتى فى العالم الفيزيائى العادى . ولكن حتى إذا قبلنا رد كل التغيرات الكيفية فى العالم الفيزيائى إلى تغيرات فى الوضع فحسب ، كما تقترح علينا وجهة النظر الكلاسيكية عن العالم ، فان اللاتجانس لن يختفى تماماً ، وهذا يعنى أنه بينما نجد اللحظات المتتابعة Successive movements للصيرورة الفيزيائية Physical becoming مختلفة ، على الأقل فى جوانبها الهندسية والديناميكية ، فان الأنات المتتابعة Succesive instants للزمن الرياضى الحقيقى لا تفتقر إلى أشياء أخرى بخلاف ما ينتج عن تتابعها ، فانات الزمن متكافئة تماماً والاختلافات بين ملامحها الأساسية انما ترجع إلى المواضع المختلفة فى السلاسل الزمنية .

ان لانهائية الزمن واتصاله ينتجان مباشرة وبصورة طبيعية من تجانسه . أما لا نهائية الزمن فانها تتضمن غياب أى لحظة مؤقتة كانت فى الماضى أو أى

لحظة فى المستقبل ، لأن مثل هذه اللحظات تفترض خاصية مميزة تجعلها غير متسقة مع تجانس الزمن. فاذا كان الزمن متجانساً حقيقة فان كل آنه لابد وأن تسبقها آنات وتتبعها آنات أخرى ، ويترتب على هذا أن تصور اللحظة الأولى التى ليس لها سابق ، أو أن الغاية النهائية التى ليس لها لواحق لا يمكن التفكير فيها .

ان لا نهائية الزمن فرضت نفسها على عقول الفيزيائيين الكلاسيكيين تماماً مثل لا نهائية المكان ، ومن ثم فإن الافتراض المتعلق بالبداية الزمنية للعالم يرجع فى معظمه إلى دوافع لاهوتية . وحتى إذا كان الأمر كذلك فانهم كانوا ينظرون إلى بداية العالم على أنها فى زمن . ولذا فإن المنطق المتضمن فى فلسفة «باروو» و «مور» و «جاسندى» و «نيوتن» و «كلارك» يتطلب وجود الزمن حتى قبل خلق العالم ، أى وجود الديمومة الأبدية المجردة من أى محتوى فيزيائى ، والديمومة فى هذه الحالة ديمومة فارغة من المحتوى الفيزيائى .

على هذا النحو إذن يبدو لنا اتساق المفهوم النيوتونى للمكان والزمان ، مما جعل الفيزياء الكلاسيكية لا تخرج عن تلك المفاهيم التى ساقها نيوتن . ولكن ماذا عن المادة والحركة فى اطار هذه التصورات التى قدمها نيوتن للفيزياء الكلاسيكية ؟

التصور الكلاسيكى للمادة :

يعد تصور المادة Matter من التصورات الأساسية للفيزياء الكلاسيكية رغم أن هذا التصور لم يطرأ عليه كثير من التغير منذ عصر لوقيبوس حتى بداية القرن الحالى . لقد عرفت المادة بأنها تملأ مناطق معينة من المكان وتستمر خلال الزمان حتى لو تغيرت مواضعها ، وهذا المفهوم ينشأ مباشرة من تعريف المادة بأنها :

المادة = المكان الممتلىء

Matter = full space

تملأ ماذا ؟ وتشغل بماذا ؟

أنه بالنسبة لكل أولئك الذين يعتقدون فى قيمة العلم الكلاسيكى ، فإن هذا السؤال بلا معنى ، ولكنه يوضح الفشل الذريع فى فهم معنى التعريف السابق . ان خاصية شغل المكان ليست واحدة من بين خصائص متعددة للمادة ، وانما هى الخاصية الوحيدة فحسب . علينا أن نسترجع هنا التميز بين الكيفيات الأولية والثانوية ، فهذا التميز له أهميته الخاصة ، ذلك لأن الكيفيات الأولية بخلاف الامتلاء fullness كانت تمثل الخصائص الهندسية التى تشترك فيها المادة مع المكان الذى تشغله ، وعلى هذا الأساس أضحت المادة تصوراً على درجة كبيرة من العمومية ، وبالتالى يمكن مقارنتها بتصور الوجود. وبطبيعة الحال لم تكن المسألة عرضية حين كان ينظر للمادة والوجود على أنهما لا معرفان ، لأنه إذا كان امتلاء المكان هو جوهر المادة فإنه لا يمكن ادراجها تحت تصور آخر أعم لإنها تصبح مثل الوجود ذاته ، تصوراً على درجة من العمومية ، وهذا ما أوضحه رسل حين أصر على أن علاقة شغل المكان Relation of space - Occupancy علاقة لا معرفة .

ومع هذا فإن المصطلح «علاقة» قد يضللنا ، لأن يؤدى بنا إلى فهم أنه توجد ثلاثة حدود متضمنة فيه هى (١) المادة (٢) علاقة الشغل ذاتها (٣) المكان . فكما نلاحظ هنا أن المصطلحين الأولين متداخلين ، والتميز بينهما لفظى فحسب ، ويرجع إلى طبيعة تركيب اللغة أو الرمزية المستخدمة . أنه إذا جردت المادة فى العلم الكلاسيكى من صفة شغل المكان لبدت وكأنها كلمة عارية .

ان الحقيقة التجريبية عن الحركة أفضت بالذريين الأوائل إلى الاعتراف

بالمكان الفارغ empty space أو الخلاء void على اعتبار أنه الامكانية الوحيدة للخروج من متناقضات بارمنيدس الخاصة بالملاء غير المتحرك Changeless Plenum . وهذه النتيجة لم ينتهى اليها أصحاب المذهب الذرى المتأخرين فحسب ، وانما انتهى اليها ، وقبلها ، كل العلماء الكلاسيكيون الذين أدركوا أن انكار المكان الفارغ وواقعية الحركة يمكن التخلص منه بصورة لفظية فحسب ،

وما يهمنا توضيحه هنا أن التفكير النموذجى للنظرية الحركية الجسيمية Corrpuscular - Kinetic Model عن الطبيعة افترض أن أحجام معينة فقط من المكان تملأ Filled وهى التى تؤلف ما نسميه الأجسام الفيزيقية Physical bodies ، وقد أمكن للعلماء اجراء بعض تجارب التحقيق الامبريقى عن خصائص المادة الفيزيائية ، بالاستناد إلى التعريف السابق . إنه إذا كانت المادة هى المكان الممتلىء full space لتحتم أن تتمتع عناصرها وفق طبيعتها الذاتية بخواص اللانفاذية impenetrable واللاانقسامية indivisible وعدم التحطيم indestructible والجاسئية rigid ولكن هل يمكن لنا أن نتبين القوة الاستنباطية لتصور الميكانيكا الكلاسيكية عن العالم من خلال هذه الخواص ؟

ان الفاحص المدقق ليتبين على الفور أننا نتحدث عن المادة فى صيغة «الجمع» plural لأننا نتحدث عن عناصرها المكونة ، وقد كان من الأحرى بنا أن نتحدث عنها فى صيغة «المفرد» Singular وهو ما يمكن أن نلاحظه حين نسمح بوجود المكان الفارغ : الخلاء فقط هو ما يمكن أن يحطم اتصال المادة ويقسمها إلى أجسام منفردة . وما تتمتع به هذه الأجسام اللانفاذية واللاانقسامية انما ينتج بصورة ضرورية من التعريف السابق : المادة = المكان الممتلىء . وبطبيعة الحال فإن الامتلاء لا يسمح بدرجات لأن ما ملىء فعلا لا يمكن أن يملأ ، ومن ثم فالأجسام المادية تتمتع باللانفاذية . ولكننا فى حقيقة الأمر نلمس ما يناقض هذا فى خبرتنا اليومية ، فالوقائع المتعلقة بالمخاليط mixtures والمحاليل Solutions والمركبات الكيميائية

Chemical Compounds ، وما إلى ذلك ، تشير إلى أن المادة تتمتع بالنفاذية . وعلى أية حال فان كل هذه التناقضات سرعان ما تختفى إذا حاولنا تأويل المسألة بصورة صحيحة . يقول برجسون :

> حاول أن تتخيل صورة لجسم ينفذ فى آخر : سوف تفترض على الفور أنه توجد أماكن خالية فى الجسم الأول ستشغل بواسطة أجزاء من الجسم الآخر ، وهذه الأجزاء بدورها لا يمكنها أن تنفذ الواحدة منها فى الأخرى ما لم ينقسم الواحد منها ليملأ الفراغات الموجودة بالآخر» (٢٨) .

ويستنتج برجسون من هذا القول أنه ليست الضرورة الفيزيائية وانما الضرورة المنطقية هى التى تفضى بنا إلى القضية القائلة بأن جسمين لا يمكن أن يشغلا نفس المكان فى نفس الوقت ، وعند هذا الحد يمكن اعتبار تصور برجسون صحيحاً إلى حد ما . لكنه منذ المرحلة التصورية الذرية فإن لانفاذية العناصر كانت مجرد استدلال منطقى مستمد من المسلمات الأساسية للتصور الفلسفى للذرة . ويبدو أن السبب فى هذا التصور يرجع إلى بعض القصور فى حواسنا فمن المعروف أن للحواس قدرات محدودة . ولكن إذا ما زودت حواس الانسان بما يزيد من قدرتها وحدودها ، لأمكن للانسان أن يقف على بعض دقائق الأشياء ، وهذا ما كشفت عنه التجارب العلمية التى استندت إلى استخدام أشعة اكس X - Ray حيث أمكن بواسطتها أن نرى ونحسب تجاور الأجزاء فى المحاليل والمركبات الكيميائية وغيرها .

ولكن ماذا عن تركيب المادة ؟ وكيف يمكن تصورها من الداخل ؟ وهل أسهم العلم الكلاسيكى فى تأسيس هذا التصور ؟ الذى لا شك فيه أنه ينبغى لنا عند هذه النقطة أن نناقش ما حدث منذ بداية القرن التاسع عشر حول تصور التركيب الداخلى للمادة .

لقد جاء «دالتون» عالم الكيمياء فى القرن التاسع عشر وتصور أن كل ما لدينا هو مجموعة من العناصر ، وأن قوام المادة جزئيات Molecules كل منها يتألف من ذرات قد تكون من ذات العنصر ، أو من عناصر أخرى (٢٩) مثال ذلك أن جزئي الماء يتكون من ذرتين من الايدروجين وذرة واحدة من الأكسجين ، ويمكن فصل أحدهما عن الآخر بالتحليل الكهربى ، الا أن ذرات كل من العنصرين لا تتغير «وليست قابلة للانقسام» (٣٠) . وهذا ما جعل دالتون يعتقد أن ذرات العنصر متشابهة وأن اختلاف الذرات من عنصر لآخر يرجع إلى اختلاف الوزن الذرى لكل عنصر .

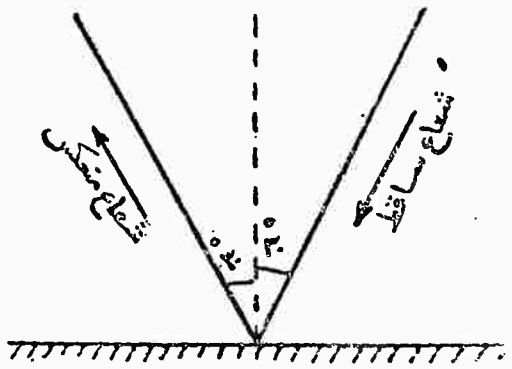
فكأن دالتون قد قرر فى متن أرائه الأساسية حول طبيعة الذرات ، أن هذه الذرات لا تنقسم بأى صورة من الصور . لكن سرعان ما اكتشف العلماء خواص جديدة فاكتشفت خواص جديدة للذرة مع نهاية القرن التاسع عشر ومن أهمها خاصية النشاط الاشعاعى التى كشفت للعلماء أن بعض الذرات تتمتع بخاصية النشاط الاشعاعى وتقذف ببعض جزئياتها تلقائيا ، مما يثبت خاصية الانقسام ، وهذا ما كشف عنه التحليل الذرى للمادة . فقوام الذرات الكترونات وبروتونات . أما الالكترونات فتحمل شحنات كهربية سالبة ، على حين أن البروتونات تحمل شحنات موجبة ، وباطراد التطور العلمى اكتشفت مكونات أخرى داخل الذرة مثل البوزيترونات والنيوترونات والميزونات أو الهيرونات . ووجد أن بعض هذه المكونات يحمل شحنات كهربائية ، بينما البعض الآخر لا يتمتع بهذه الخاصية .

وقد اهتم علماء الفيزياء بالكشف عن طبيعة الذرة داخلياً ، هل توجد هناك ثمة حركة ، أم أن الذرة عالم استاتيكى ؟ لقد تبين للعلماء فى هذه الفترة أن الكشف عن فكرة الحركة داخل الذرة لابد وأن يكون من خلال مكوناتها ، والالكترون أحد هذه المكونات ، بل أهمها تقريباً ، حيث يمكنه أن ينتقل من مدار إلى آخر دون أن يمر بمواضع متوسطة بين المدار الأول

الذى انتقل منه ، والمدار الثانى الذى انتقل اليه ، وأن حركة الالكترونات انما تكون على هيئة قفزات أو وثبات ، وهى ليست حركة متصلة . وهنا أمكن لعلماء الفيزياء النظرية أن يتصوروا وجود مناطق لا توجد فيها الكترونات لأن الانتقال من مدار إلى آخر يكون فى وثبات ، وهذا ما يتيح لنا أن نتصور وجود فاصل Interval بين المدار الأول والثانى يمكن قياسه .

وفى نفس الوقت تقريباً كانت الأبحاث العلمية تسير فى اتجاه آخر لتحاول الكشف عن طبيعة الضوء . هل الضوء مؤلف من جسيمات كما ذهب إلى ذلك نيوتن ؟ أم أنه مؤلف من موجات كما قال معاصره هوجنز ؟

لقد وجد نيوتن عالم الرياضيات والفيزياء من خلال أبحاثه فى الضوء والبصريات أن قوام الضوء جسيميات أو جزئيات ، وأن سرعة انتقال الضوء فى الأوساط الكثيفة أعلى من سرعته فى الأوساط الأقل كثافة . على حين ذهب هوجنز وهو من معاصريه إلى أن الضوء مؤلف من موجات وأنه ينتقل بسرعة أعلى فى الأوساط الأقل كثافة . وبطبيعة الحال فإن فرضى نظرية نيوتن وهوجنز لابد وأن تنشأ عنهما تفسيرات مختلفة ، فلا يمكن أن نتوصل إلى نفس النتائج فى حالة الفرض الثانى إذا قبلنا الفرض الأول ، وهذا ما يتفق عليه العلماء ، لأن الفروض ذات التركيب المختلفة تؤدى إلى نتائج مختلفة ، ومع هذا فانه فى حالة نظريتى نيوتن وهوجنز وجد أن النتائج المترتبة على الفرضين واحدة . مثال ذلك إذا كانت لدينا مرآة مستوية وسقط عليها شعاع بزاوية مقدراها ٣٠° ، فان هذا الشعاع ينعكس بزاوية مساوية لزاوية السقوط ، أى بزاوية مقدارها ٣٠° أيضاً ، كما يبين الشكل الآتى :



المفروض أنه إذا توصلت النظرية الجسيمية إلى هذا التفسير ، فإن النظرية الموجية لا تتوصل اليه ، ولكن ما حدث أن توصلنا إلى نفس التفسير فى حالة النظرية الأولى والنظرية الثانية ، وبطبيعة الحال فإن هذا الأمر يستدعى اجراء تجربة حاسمة Crucial experiment للفصل بين النظريتين وتقرير قبول أيهما ، وهذا ما أقدم عليه الفيزيائى المشهور « فوكو » Foucault فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، فقد صمم تجربة لاختبار نتيجتى الفرض الأول والثانى والمقارنة بين سرعة انتشار الضوء فى الهواء والماء ، حيث استطاع أن يلتقط صورتين لنقطتين ضوئيتين منبعثتين من أشعة الضوء المار خلال الهواء والماء ، ومنعكستين على مرآة تدور بسرعة عالية . وقد أسفرت تجربة فوكو عن تأكيد صحة الفرض الموجى ورفض الفرض الجسيمى ، وبالتالى أدت إلى صياغة الفرض الموجى كنظرية تقوم على مجموعة من الفروض الخاصة بانتشار موجات الأثير من خلال البصريات ، استناداً إلى أن سرعة انتشار الضوء فى الهواء أكبر منها فى الماء .

لكن سرعان ما اكتشف عالم الفيزياء « ماكس بلانك » Plank ، مع مطلع القرن العشرين ، خطأ رأى فوكو ، وأثبت بالتجربة أن قوام الضوء فوتونات Photons وأن كل شعاع ، بما فيه الضوء يسير وفقاً للأعداد الصحيحة لوحدات أولية من الطاقة ، هى ما يطلق عليه الكوانتم

Quantum ، وأن قوام الطاقة كمات Quanta وما يعنيه الفيزيائى من الفوتون هو ذلك الجسيم الموجود فى كل شعاع ، فكأن الأنواع المختلفة من الأشعة ذات فوتونات خاصة بها، والمثال على ذلك هناك فوتونات لأشعة اكس ، وفوتونات أخرى للأشعة تحت الحمراء .. وغيرها — ومن ثم فالكوانتم هو ذرة الطاقة المتوقفة على طول موجة الشعاع الذى ينتقل به الكوانتم .

ووفقاً للتصورات الجديدة التى قدمتها النظرية الذرية بعد اكتشاف ظاهرة النشاط الاشعاعى (٣١) وتفتيت الذرة تصبح الجسيمات المتناهية الصغر التى تقذف بها الشمس ليست سرى الذرات ، أو الطاقة energy الموجودة فى كل جزء من أجزاء المادة ، وهو ما يعرف بالاشعاع المؤلف من فوتونات .

ولا شك أن اينشتين يؤيد النتائج التى توصل اليها بلانك والتى أصبحت موضعاً للتطبيق العملى ، فقد تبين أنه إذا سلط الفوتون على الذرة فإنها تضطرب وفقاً لكمية الطاقة الموجودة فى الفوتون ، كما تبين أيضاً أن الفوتون فى حركة مستمرة ، وأن سرعته تماثل سرعة الضوء .

لكن كما يرى رشنباخ (٣٢) فان العلم لم يتوقف عند هذا الكشف ، فقد أمكن لعالم الفيزياء الفرنسى دى برولى (٣٣) Louis de Broglie أن يحسم الصراع بين نظريات الضوء مفاهيم الفيزياء ، حيث أكتشف من خلال تجاربه أن الضوء مؤلف من جسيمات وموجات معاً ، وهذا الكشف الجديد مكنه من نقل الفكرة إلى ذرات المادة التى لم يفسرها أحد من قبله على أساس موجى ، فوضع نظرية رياضية يكون فيها كل جزيئى صغير من المادة مقترناً بموجة ، ثم قام شرود نجر بعد ذلك بوضع هذا الرأى فى معادلة تفاضلية أصبحت الأساس الرياضى للنظرية الجديدة فى الكوانتم . ومعنى ما ذهب اليه دى برولى هو ما يكشف عنه «ماكس بورن» من أن

الجسيمات الأولية لا تتحكم فى سلوكها قوانين عليه ، وانما قوانين احتمالية من نوع مشابة للموجات فيما يتعلق بتركيبها الرياضى . وفى ضوء هذا التفسير لا تكون للموجات حقيقة الموضوعات المادية ، بل تكون لها حقيقة المقادير الرياضية ، وهذا ما جعل « هيزنبرج» يتوصل إلى أن هناك قدراً من اللاتحديد بالنسبة للتنبؤ بمسار الجزيئى ، مما جعل العلماء يفسرون عالم الذرة على أساس احصائى ، لأن الحادث الذرى النفرد لا يتحدد بقانون على وانما يخضع لقانون احتمالى .

ان هذه النتائج التى توصلنا اليها من تحليل المادة وتحليل الضوء تتكامل مع بعض النتائج الأخرى التى توصل اليها العلماء فى مجال معرفتنا بالزمن خاصة بتلك النتيجة التى انتهى اليها العلماء من حركة الالكترون وانتقاله فى وثبات لا اتصال بينها من مدار إلى آخر . لقد ركزت نظرية النسبية على دراسة هذه المسألة ، ومحاولة فهمها بصورة وثيقة ، يقول رسل «أن الأمر الهام بالنسبة للفلسفة ، فيما يتعلق بنظرية النسبية ، أنها حطمت الزمان الواحد الذى ينتظم الكون بأسره ، وقضت على المكان الواحد الدائم ، واستبدلت بهما الزمان ــ المكان . وهذا التعبير له جوانب متعددة ، حيث يغير فكرتنا عن تركيب العالم الفيزيائى جذرياً » (٣٤) . ومفهوم هذا الرأى ــ كما يرى رسل ــ أن الفيزياء الكلاسيكية زودتنا بفكرة هامة عن علاقة الترتيب الزمنى Time - order Relation التى أصبحت موضع اهتمام الفيزياء المعاصرة . هل يمكن لنا أن نقول أن حادثتين وقعتا معاً فى نفس الوقت ؟ إنه إذا ما كان لدينا شخصان الأول منهما يقف على مسافة بعيدة عن الثانى وليكن موقعها الشمس ، ومزود بمرآة عاكسة للضوء ، وكان الثانى يتخذ موضعه على الأرض ويحمل مرآة عاكسة أيضاً ، فإنه إذا ما قام الأول بارسال اشارة ضوئية للثانى ، فإن هذه الاشارة لكى تصل إلى الذى يحمل المرآة على سطح الأرض وترتد مرة ثانية إلى الأول فإنها فى هذه الحالة تستغرق حوالى أربع عشر دقيقة (وفق التقدير الحديث لسرعة الضوء) . ومن ثم فإن

ما يقع من حوادث للشخص الأول بعد ارسال الاشارة الضوئية ، وقبل أن ترتد اليه ثانية لا يقع قبل أو بعد أو متزامناً مع ما يقع للشخص الثانى من أحداث حتى وصول الاشارة الضوئية اليه وارتدادها . وهذا ما يجعلنا نقول أنه لا مجال للحديث عن أزمنة متعاقبة فى موضعين مختلفين ، ذلك لأنه «لا يوجد زمان كونى واحد ، ومن ثم لا يمكننا أن نتحدث عن حالة العالم فى لحظة بعينها ، وبنفس الصورة لا يمكننا أن نتحدث بغير غموض عن المسافة بين جسمين فى زمن معين ، لأننا إذا ما حسبنا الزمن بدقة لأحد الجسمين سيكون لدينا تقدير معين ، وإذا كان الزمن متعلقاً بالجسم الآخر كان لدينا تقدير آخر» (٣٥) . فكل من الجسمين إذن له ترتيب زمنى خاص به ، لا يمكن تحديد ما إذا كان جاء «مع» أو «بعد» أو «قبل» الترتيب الزمنى للجسم الآخر .

لكن آن لنا الآن أن نكشف عن هذه النتيجة الهامة : كيف نشأت نظرية النسبية ؟ وما هى البينات الفيزيائية التى فرضت نفسها على العلم الفيزيائى وغيرت من ملامح الفيزياء الكلاسيكية ؟ وما هى النسبية وكيف يمكن تتبع التطورات العلمية التى أحدثتها فى معرفتنا بالعالم الفيزيائى ؟

نظرية النسبية :

لقد ذهب عالم الفيزياء الألمانى «البرت اينشتين» Einstein فى نص هام يعلق فيه على نظرية النسبية إلى تأكيد الرأى التالى :

> إن الضرورة هى التى أدت إلى نشوء نظرية النسبية ، فضلا عن التناقض الواضح الكامن فى النظرية القديمة والذى لم نستطيع التخلص منه بكل الطرق الممكنة . وتعزى قوة النظرية الجديدة إلى البساطة والدقة التى حلت بها هذه المشاكل مع استخدام فروض منطقية قليلة (٣٦)

وتأكيد مثل هذا القول من جانب عالم فيزيائى مثل اينشتين ينطوى على معان متعددة من أهمها أنه لم يكن هناك ما يدعو العلماء إلى القيام بمحاولات علمية للبحث عن نظرية أفضل لتفسير طبيعة العالم الفيزيائى ، ذلك لأن فيزياء نيوتن ، أو ما نطلق عليه أحياناً الميكانيكا الكلاسيكية بصفة أخص كانت مألوفة للعلماء والباحثين فضلا عن المجالات التطبيقية المتعددة التى شملها ، ولكن ظهرت بينات فيزيائية جديدة أمام العلماء تتناقض والفيزياء الكلاسيكية من حيث النظر أو التطبيق : كشفت طبيعة الفيزياء الكلاسيكية عن تناقضات صارخة جعلت العلماء يهتمون بالبحث عن أوجه النقص والقصور فيما لديهم من البناء النظرى Theoretical Structure حتى يمكن التخلص منها أو تعديل النظرية بحيث تتلاءم مع البينات الجديدة ، الا أنه تبين للعلماء أن البناء يحتاج إلى اعادة بناء حتى يتسق التفسير النظرى مع البينات الجديدة وهنا يبدو مظهر الضرورة الذى يتحدث عنه اينشتين ، ذلك المظهر الذى دفع بالنظرية الجديدة إلى حيز الوجود طفرة واحدة — بعد ما شوهد من البنيات — فأمكن عن طريقهما تفسير الواقع الفيزيائى بصورة أفضل ، ومن ثم بدت النظرية الجديدة متماسكة وبسيطة لكونها استندت إلى عدد قليل من الفروض الدقيقة والموجزة .

وقد يبدو من المناسب بمكان أن نشير إلى أن الناس عادة يعتقدون أن نظرية النسبية تحتاج فهماً وتركيزاً أشد من الفيزياء الكلاسيكية ، وهم فى كثير من الأحيان يضفون عليها صفة تجعلها صعبة الفهم شديدة التعقيد ، وهذا الاعتقاد ليس له ما يبرره ، لأن عادات الناس واعتقاداتهم لازالت تستند إلى الأساليب التقليدية التى تتحكم فى تفكيرهم وتجعلهم يقفون عند نقطة معينة لا يمكن تجاوزها ؛ ولكننا آثرنا أن نقدم الجوانب المتعددة لتفكير المنظرين العلميين ، ونقارن بينها ، لنقف على المنجزات العلمية الحقيقية فى ميدان فلسفة العلوم . ولهذا السبب فسوف نقرب الصورة إلى ذهن القارىء من خلال الأمثلة والبينات المشاهدة فى الحياة اليومية .

لقد أشرنا منذ برهة إلى «البينات» التى ظهرت أمام العلماء . ما هى هذه البينات ؟ وما هى علاقتها بالتناقض الذى يذكر اينشتين أنه اكتنف التفسير الفيزيائى الكلاسيكى ؟ وكيف أمكن لهذه البينات أن تسهم فى تأسيس البناء النظرى لفيزياء معاصرة تستند إلى النسبية ؟

مقدمات نظرية النسبية :

يمكن لنا ادراج البينات التى ظهرت أمام العلماء فى مقولتين أساسيتين : الأولى بينات فلكية ، والثانية بينات فيزيائية . وبطبيعة الحال فإن هذه البينات لم تظهر فى فترة زمنية واحدة ، وانما ظهرت فى فترات زمنية مختلفة ، وأدى الربط بينها إلى الافادة منها .

(أولا) البينات الفلكية :

توافرت بعض البينات الفلكية الهامة لدى العلماء منذ القرن السابع عشر وحتى نهاية القرن التاسع عشر . فنحن نعلم أن كبلر عالم الفلك حدد قوانين الفلك منذ بداية القرن السابع عشر ، وجاء جاليليو الفيزيائى الرياضى وحدد شكل حركة الأجسام الساقطة على سطح الأرض ، ثم جاء نيوتن واستطاع بتفكيره العبقرى أن يربط حركة الكواكب فى السماء بحركة الأجسام الساقطة على سطح الأرض ، فيما عرف باسم قانون الجذب العام ، أو قانون التربيع العكسى الذى ينص على أن «كل جسمين فى الكون يتجاذبان بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتليتهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما» فاذا كانت المسافة r وقوة الجذب المتبادل بين كوكب m مثلا والشمس M ، وكانت Y تمثل ثابت التجاذب العام F تمثل القوة المركزية الجاذبة لكوكب ، فإن المعادلة الآتية تعبر عن قانون الجذب العام .

$$F = \frac{yMm}{r2}$$

ومنذ أن وضع هذا القانون أصبحت قوانين كبلر الثلاثة وقوانين سقوط الأجسام بمثابة نتائج له ، وقد وجد العلماء أن هذا القانون ينطبق على كثير من الظواهر الطبيعية ، فهو ينطبق على التجاذب بين أجزاء المادة ، كما ينطبق على التجاذب بين الالكترونات ونواة الذرة ، وتخضع له الظواهر الكهربية والمغناطيسية (ويعرف فى هذه الحالة بقانون كولمب) حيث إذا وجدت شحنتان كهربيتان ش ، ش/ مختلفتان فى النوع على مسافة ولتكن م ، نشأت بينهما قوة تجاذب تخضع لقانون التربيع العكسى . كذلك اتضح لعلماء الفيزياء أن ظواهر انتشار الضوء والصوت تخضع خضوعاً مباشراً لذات القانون ، فشدة الضوء مثلا فى نقطة ما تتناسب عكسياً مع مربع بعدها عن مصدر الضوء .

الا أن الفيزيائى الدانمركى رومر Olaf Roemer تبين فى عام ١٦٧٥ ظاهرة فلكية لا تخضع للقانون بصورة مباشرة . فمن المعروف أن لكوكب المشترى أقماراً تدور حوله ، ومن بين هذه الأقمار أربعة يمكن رؤيتها باستخدام التلسكوب العادى ، ومن ثم فانه إذا دخل أحد أقمار المشترى فى ظل المشترى حدث لهذا القمر خسوف ، لأن ضوء الشمس لا يصل اليه . وكل قمر من هذه الأقمار يكمل دورته حول كوكب المشترى فى فترة زمنية معينة ، ولهذا السبب ذاته لابد وأن يكون خسوف القمر فى فترات زمنية منتظمة بحيث تأتى الفترة الواقعة بين الخسوف السابق والخسوف اللاحق مساوية تماماً لكل فترة أخرى يحدث فيها بين خسوف سابق وآخر لاحق تاليين ، الا أن الملاحظة الفلكية الدقيقة كشفت للفلكى « رومر » أن هذه الفترات غير منتظمة ، ورصد فى ذلك حالتين ، أولهما حالة اقتراب الأرض من المشترى ، وفيها تتزايد الفترة الزمنية ، وكان لابد وأن يقدم «رومر» تفسيراً لهذه الظاهرة التى عزاها إلى أن سرعة الضوء فى الفضاء محدودة ، وهذا ما يوضح أن اللحظة الزمنية التى يحدث فيها الخسوف فعلا تختلف

عن اللحظة الزمنية التى نشاهد فيها هذا الخسوف ، فاذا افترضنا أن اللحظة الزمنية التى حدث فيها الخسوف هى ز ، وأن اللحظة الزمنية التى شوهد فيها ذلك الخسوف هى ز ١ ، فان الفارق بين ز ١ ، ز — أى (ز١ — ز) يمثل الفترة الزمنية المطلوبة لكى يصل فيها الضوء من المشترى إلى الأرض. وبناء على أن المسافة بين الأرض والشمش والمشترى أثناء حركة دوران الأرض والمشترى حول الشمس ليست ثابتة — أى متغيرة — بسبب الحركة فلابد وأن تكون الفترة الزمنية بين خسوفين متتاليين مختلفة ، وبناء على هذا التفسير أمكن تقدير سرعة الضوء بصورة دقيقة (٣٧) . وقد أمكن للعالم الفلكى الانجليزى «برادلى» أن يحصل بعد ذلك على نفس التقدير الذى حصل عليه رومر بعد حوالى نصف قرن من الزمان ، حيث أمكنه قياس سرعة الضوء من خلال دراسته لظاهرة الزيغ Aberration (٣٨) .

ثم توالت التجارب بعد ذلك حول تقدير سرعة الضوء وتوصل علماء الفيزياء إلى أن الضوء ينتشر بسرعة قدرها ٣٠٠,٠٠٠ كم /ث أو ١٨٦,٠٠٠ ميل/ ث ، وقد أمكن للفلكى الهولندى «دى ستر» أن يثبت أن سرعة الضوء لا تتأثر بحركة المصدر الضوئى . وعند هذا الحد وقعت الفيزياء الكلاسيكية من وجهة نظر النسبية فى مشكلات ، يقول اينشتين «اننا باحتصار مدعوون إلى أن نسلم مع أطفال المدارس بقانون ثبوت سرعة انتشار الضوء (فى) الفراغ ج . من كان يتخيل أن هذا القانون البسيط قد أوقع علماء الفيزياء، أمناء التفكير فى أكبر المأزق الفكرية» (٣٩) . والمأزق أو المعضلات التى يتحدث عنها اينشتين يمكن الوقوف عليها بدقة من خلال معرفة البينات الفيزيائية التى تتكامل مع البينات الفلكية لتشكل محور الثورة فى الفيزياء المعاصرة .

(ثانياً) البينات الفيزيائية :

فى منتصف القرن التاسع عشر استطاع الفيزيائى «فيزو» (٤٠) Fizeau أن يصمم تجربة تقيس سرعة الضوء أرضياً ، فتبين أن هذه السرعة حوالى

٣٠٠ ألف كيلو متر / ث تقريباً ، وقد كررت نفس التجربة عدة مرات من جانب آخرين وتوصلوا لنفس النسبة تقريباً ، ومن أهم من قاموا باجراء التجربة «فوكو» Foucault الذى أجرى التجربة فى حيز ضيق مع اجراء بعض التعديلات .

واتجه «ميكلسون — مورلى» Michelson - Morlery فى عام ١٨٨١ لاجراء تجربة يتحققان بها من فرض الأثير الساكن (٤١) ، وقد انصب محور التجربة على ايجاد الزمن الذى تسغرقه الموجات الأثيرية فى الانتقال من نقطة لأخرى فى المعمل ، وتم اختيار موجات الضوء المرئى من بين الموجات الأثيرية لتكون موضعاً للتجربة . إنه إذا كان الأثير ساكناً فسوف توجد حركة نسبية بين الأثير والأرض ، وبالتالى فإن الزمن الذى يستغرقه الضوء يتوقف على اتجاه سيره ، بمعنى أنه إذا كان الضوء يتجه شرقاً والمعمل الذى تجرى فيه التجربة يدور شرقاً نتيجة لحركة دوران الأرض حول محورها ، فإن الزمن الذى يصل فيه الضوء إلى المشاهد فى هذه الحالة لا يساوى زمن الضوء المتجه إلى مشاهد آخر يقف فى عكس اتجاه حركة دوران الأرض ، فالحركة إما أن تساعد الموجة الضوئية فى سيرها أو تعوقها ومن خلال التجربة المعملية اتضح للعالمين أنه لا يوجد فارق جوهرى بين الزمنين نظراً لأن سرعة الضوء أكبر من سرعة دوران الأرض حول محورها ومن ثم استنتجا عدم صحة الفرض القائل بوجود الأثير الساكن (٤٢) بناء على النتيجة السلبية للتجربة .

وقد استطاع الفيزيائى « فيتز جيرالد » Fitzgerald تفسير النتيجة السلبية لتجربة «ميكلسون — مورلى» ؛ فقد افترض فى عام ١٨٩٢ (٤٣) ما يسمى بفرض الانكماش Contraction القائل بأنه إذا تحرك جسم فى الأثير فإنه ينكمش فى اتجاه حركته بنسبة تزداد بازدياد سرعته . وقد تبين أن الجهاز الذى استخدم فى التجربة قد انكمش فى الاتجاه الموازى لحركة

الأثير . ويترتب على هذا أن الزمن المطلوب لحركة الضوء فى الاتجاه ذاته ينقص ، ويصبح مساوياً تماماً لزمن الحركة العمودية Perpendicular على اتجاه تيار الأثير . وقد اتضح أن تفسير فيتزجيرالد له بينات تؤيده خاصة إذا نقل إلى مجال التفسير الذى للمادة وطبق على حركة الالكترونات ، فالالكترون ينكمش حين يتحرك فى اتجاه حركته تحت تأثير القوى الكهربية المؤثرة عليه .

وظاهرة التقلص أو الانكماش التى كشف عنها فيتزجيرالد كانت من الظواهر الهامة التى درستها نظرية النسبية . وحتى نعرف ما الذى قدمته نظرية النسبية للعلم علينا أن نتتبع بدقة هذه النظرية فى مولدها ونشأتها ، وتفسيراتها . والظواهر التى قامت لتفسيرها ، وكيف تسنى للعالم الفيزيائى البرت اينشتين (٤٤) أن يقدم هذه النظرية بشقيها كتصور أفضل للعالم الفيزيائى والفلكى معاً .

تصورات فيزياء النسبية :

والآن حان الوقت لأن نقدم نظرية النسبية والتصورات التى تقوم عليها بعد أن استعرضنا فى عجالة مجهودات اينشتين حتى ظهور النسبية العامة

إن أول الأفكار التى تقوم عليها نظرية النسبية الخاصة هى تلك الفكرة المألوفة عن الزمان والمكان . فالاعتقاد الكلاسيكى كان يثبت أن حادثتين فى مكانين متباعدين وقعتا فى زمن واحد ، ومن ثم فانه بالامكان وصف وضع الكون فى لحظة معينة بصورة مكانية بحته . لكن النسبية وجدت أن هذا التصور لا يمثل الصواب ، لأن الدقة المطلوبة لابد وأن يتم التعبير عنها فيما نسميه متصل «المكان ــ الزمان» ، وهذا ما يمكن أن يصوره المثال الآتى : افترض أن حادثة معينة ل وقعت لى ، وفى ذات الوقت انبعثت منى ومضة ضوئية فى اتجاهات متعدده ، فأى شىء يحدث لأى جسم بعد أن وصله الضوء من الومضة يكون على وجه الدقة بعد حدوث الحادثة ل فى أى نظام

معمول به لحساب الزمن . وأى حادثة حدثت فى أى مكان واستطيع أن أراها قبل أن تقع لى الحادثة ل هى بكل تأكيد حدثت قبل الحادثة ل فى أى نظام معمول به لحساب الزمن. لكن أى حادثة حدثت فى الزمن المنقضى بينهما ليست بكل تأكيد قبل أو بعد الحادثة ل .فاذا افترضت أنه بامكانى مشاهدة شخص فى الشعرى اليمانية ، ويمكن لهذا الشخص أن يرانى ، إذن فكل مايفعله وما أشاهده قبل أن تحدث الحادثة ل لى هو بكل تأكيد قبل حدوث ل . وكل ما يفعله بعد أن رأى الحادثة ل هو بالتحديد بعد ل . لكن مايفعله يكون قبل أن يرى الحادثة ل ، ولكننى أراه بعد أن حدثت الحادثة ل وهذا بالتحديد ليس قبل أو بعد ل . وطالما أن الضوء يستغرق سنين طويلة ليصل من الشعرى اليمانية إلى الأرض ، فان هذا يحدد لنا فترة من السنين ضعف الوقت فى الشعرى اليمانية ، وهذه الفترة يمكن أن نطلق عليها «معاصره» للحادثة ل طالما أن هذه السنين ليست قبل أو بعد الحادثة ل (٤٣) .

من هذا المثال يتبين لنا أنه إذا أردنا أن نتوصل إلى تفسير موضوعى للحوادث الفيزيائية فلابد وأن نعين التاريخ الذى ننظر فيه إلى الجسم ، لأن زمان ومكان حادثة ما فى نظام تسجيلى مشاهد ، يختلف عن زمان ومكان نظام آخر نعينه لمشاهد آخر ، وهذه الفكرة تعد فى صميمها المنطلق الأساسى للنسبية الخاصة . ولكن كيف يمكن لنا تفسير هذه المسألة بصورة أكثر موضوعية ؟

نعلم أن التفسير النيوتونى ساد العلم الكلاسيكى ، وكان معمولا به لفترة طويلة إلى أن ظهرت النسبية الخاصة . وعلى سبيل المثال فإننا إذا نظرنا للشحنات من حيث هى تحمل كهرباء ، فاننا نقول ان الشحنتين الكهربيتين تجذب الواحدة منها الأخرى إذا كانت الأولى تحمل شحنة كهربية مخالفة للثانية . أما إذا كانتا من نفس النوع فانهما تتنافران وفى الحالتين الأولى والثانية فإن قانون التربيع العكسى ينطبق عليهما انطباعاً تاماً ، حيث تختلف القوة وفقاً لعكس مربع المسافة . وكان فارادای أول

من أثبت تأثير الوسط بين الشحنتين ، ثم جاء ماكسويل وحاول تحديد المسألة فى صورة رياضية من خلال تجارب فاراداى ، ونتيجة لهذا اعتقد العلماء أن الضوء ظاهرة كهرومغناطيسية تتألف من موجات كهرومغناطيسية ، وبالتالى أمكن اعتبار الوسط الذى تنتقل فيه الموجات الكهرومغناطيسية هو الأثير . وأصبح هذا التفسير أكثر واقعية بعد التجارب التى قام بها هرتس وحاول من خلالها انتاج موجات كهرومغناطيسية أصبحت أساس عمل التلغراف اللاسلكى . وقد ظل هذا التفسير سائداً إلى أن ظهرت مجموعة من الوقائع الفيزيائية الجديدة . (٤٤)

لقد حاول انيشتين فى عام ١٩٠٥ أن يقدم تصوراته الجديدة لنظرية النسبية الخاصة بصورة يمكن للعالم الفيزيائى أن يعمل من خلالها ، وقد أتت هذه المحاولة من جانب اينشتين فى أعقاب ما اكتشفه هو وغيره من العلماء من النتيجة السلبية التى اسفرت عنها تجربة ميكلسون مورلى ، ولهذا وضع انيشتين تصورين أساسيين :

التصور الأول : أن قوانين الطبيعة بما فيها قوانين الديناميكا ، لابد وأن تبقى هى ذاتها بالنسبة لكل المراقبين التصوريين الذين يتحركان الواحد منهم بالنسبة للآخر بسرعة ثابتة . وهذا التصور يسمح لنا بالتعبير عن قوانين الفيزياء بحيث لا تتغير عندما تنتقل من مشاهد إلى آخر . كذلك أمكن استخدام هذا التفسير فى الجانب الفيزيائى خاصة الظواهر الكهرومغناطيسية من خلال معادلات ماكسويل ، ذلك لأن المشاهدين المختلفين يتوصلون إلى نتائج مختلفة ومتباينة تماماً ، ولما كانت معادلات ماكسويل تحتوى على سرعة الضوء C ، فإن هذا يعنى أن عدم تغيرها عند الانتقال من محاور قصورية إلى أخرى هو أن سرعة الضوء ينبغى أن تظل ثابتة .

التصور الثانى : سرعة الضوء كمية ثابتة بالنسبة لجميع المشاهدين بدون النظر إلى حالتهم الحركية من مصدر الضوء ، فهذه الكمية ثابتة ولا تعتمد

على حركة المشاهد أو المحاور . فاذا كنت أشاهد نجمين يدوران حول نقطة مشتركة فى مدار واحد، حيث فى كل دورة يبتعد أحدهما عندما يقطع نصف دوره ويقترب منا فى نصف الدورة الثانية ، فإنه إذا افترضنا أن سرعته المداريه V وسرعة الضوء C ، فانه يترتب على هذا أن سرعة الضوء الصادر من النجم فى ذهابه هى C — V وسرعة فى ارتداءه هى C + V ، ومن ثم فان الفارق بين الذهاب والارتداء هو 2V

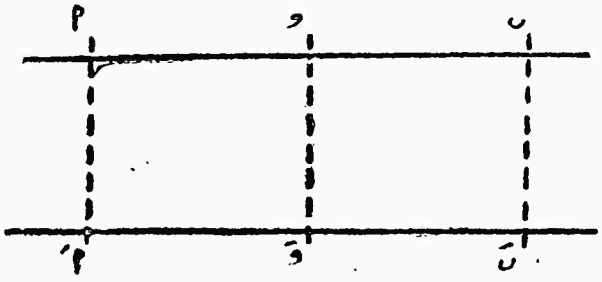
انه بناء على التصور الأول والثانى تصبح التحويلات الجاليلية غير صحيحة، لأن المشاهدين يستخدمون نفس الزمن ، أو بمعنى آخر يمكن القول بأن القياسات الزمنية لا تعتمد بصورة أساسية على حركة المشاهد ، وهذه الفكرة تعتبر ثورة حقيقية فى الفيزياء المعاصرة .

إن المتتبع لنظرية النسبية وما احدثته من تطورات جذرية فى فلسفة العلم ومنطقة يجد أن المسألة ترتد بصورة أساسية لفكرة النظام Order والترتيب Arrangment إذ أن العالم بدون ترتيب أو نظام تعمه الفوضى وتختلط فيه المفاهيم ، ومن ثم يصبح من المتعذر التوصل لمعيار شبه دقيق للحقيقة الابستمولوجية ، هذا فضلا عن اختلال معايير الحكم على الأشياء مما يجعل العقول تقع فى حيرة واضطراب ، ولذا لم تكن نظرية النسبية أو الاكتشافات الأينشتينية سوى اعادة ترتيب لنظام الأشياء ، وتحديد دقيق لمسار المعرفة ، وهذا ما يبدو لنا بوضوح فى جوانب النظرية الأساسية، فالنظرية تثبت نسبية التزامن حيث الزمن يختلف باختلاف المحاور المرجعية، أو بمعنى أدق ، يختلف الزمن باختلاف مواقعنا . ويترتب على هذا أن المسافة أيضاً سوف تختلف ، بمعنى أن المقاييس التى نستخدمها لقياس الأشياء لن تكون صحيحة بصفة مطلقة لاختلاف موضع القياس من الزمن . ويترتب على هذا أيضاً اختلاف وحدات الزمن المحلى أو نسبية الوحدة الزمنية ، ونسبية السرعات بالنسبية للمشاهد ، وتغير ملازم بين الكتلة والسرعة .

كل هذا فرض على اينشتين أن يضع مقوله واحدة للتغير عن جوهر ما يحدث فى العالم من حولنا وهى ما يعرف بمتصل الزمان — المكان Space - time حيث لا شيء من الأشياء الفيزيائية فى هذا العالم يمكن أن نتحدث عنه من خلال زمان مطلق أو مكان مطلق . ولذا فإنه يجدر بنا أن نناقش الأفكار الرئيسية التى انطلقت منها النظرية .

١ — نسبية التزامن (٤٥)

افترض أننا اعتبرنا طريق السكة الحديدية بمثابة مجموعة اسناد لنا ، وأن قطاراً طويلا جداً يتحرك على قضبان السكة الحديدية بسرعة ع . وافترض أن مسافرون بالقطار يتخذون القطار مجموعة اسنادهم ويسندون اليه كل ما يحدث ، إذن فكل حادثة تقع على الطريق انما تحدث عند نقطة خاصة من القطار ، هذا بالنسبة للمسافر ، أما بالنسبة للقطار فان كل حادثة تقع تسند إلى طريق السكة الحديدية. فهل إذا حدثت صاعقة ا وصاعقة ب تكون الحادثتان الانيتان بالنسبة لطريق السكة الحديدية أنيتين أيضاً بالنسبة إلى القطار ؟ على ما يوضحه الرسم الآتى :



إننا إذا قلنا أن الصاعقتين أ ، ب آنيتان بالنسبة إلى طريق السكة الحديدية فمعنى هذا أن أشعة الضوء الصادرة من المكان ا والمكان ب حين تحدث الصاعقتان تتقابل فى النقطة (و) على اعتبار أن و تقع فى منتصف المسافة بين ا ، ب على الطريق وتناظر الحادثتان على طريق السكة الحديدية الموضعين ا ، ب على القطار ، مفترضين أن و تقع فى منتصف المسافة بين

آ ، ب على القطار ، ومن ثم فانه بمجرد حدوث ومضة البرق نجد أن النقطة و تتفق مع و وتتحرك بسرعة ع تمثل سرعة القطار. انه بالنسبة لراصد جالس فى وَ فى القطار ولا يتحرك بالسرعة ع فانه سيبقى دائماً فى و وسيصل اليه شعاعاً الضوء من ا ، ب فى نفس الوقت حيث يلتقيان فى نقطة تمثل الموضع الذى يجلس فيه ، الا أنه فى الواقع يندفع فى اتجاه شعاع الضوء الصادر من ب بينما يبتعد عن شعاع الضوء الآتى من ا ، ومن ثم فإن الراصد سوف يشاهد الشعاع الصادر من ب قبل الشعاع الصادر من ا ، وهنا تصل إلى النتيجة الهامة الآتية :

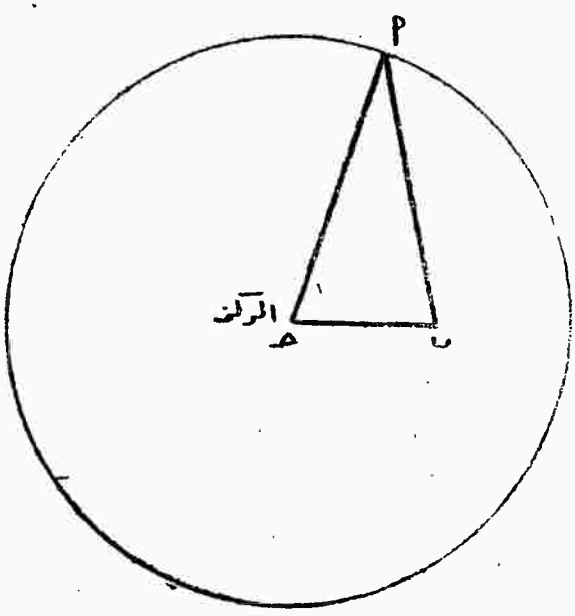
> نحن نشعر بأن الحادثتين يكونان متزامنين إذا كانت الأشعة المضيئة التى تنبىء عن وجودهما والتى يفترض اتحاد طولها ، تصل معاً إلى الملاحظ . على أن الحادثين المقترنين فى نظر ملاحظ معين ، ليسا كذلك فى نظر ، ملاحظ آخر متحرك بالنسبة اليه ، إذ أن أحدهما يذهب لمقابلة الضوء ، أو يبتعد عنه ، أما الآخر فينتظره (٤٦)

٢ — نسبية المسافة :

وبناء على خاصية التزامن السابق تقريرها ، فانه لابد لنا وأن نعالج فكرة المسافة بين حادثتين ، لأن هذه الفكرة تتصل بفكرة الزمان . فاذا افترضنا أن لدينا الجسم ا والجسم ب كل منهما يتحرك بالنسبة للأخر ، فإن المسافة بين الجسمين ستتغير باستمرار ، بحيث انه لا يمكننا أن نتحدث عن المسافة بين الجسم ا والجسم ب الا فى وقت محدد بالذات . افترض انك مسافر بالقطار إلى القاهرة ، فانت تستطيع أن تتحدث عن المسافة بينك وبين القاهرة فى وقت محدد بالذات . لكن إذا كان لدينا عدد من المشاهدين المختلفين فان كل واحد منهم سوف يصدر كلما ت مختلفا فيما يتصل بنفس الوقت لحادثه معينة حدثت فى القطار وحادثة وقعت فى القاهرة ، ومن ثم

فإن قياس المسافة نسبي بنفس الصورة التي تكشفت لنا في الزمان .وعادة ما نعتقد في وجود نوعين منفصلين من الأبعاد بين حادثتين ، أما البعد الأول فهو بعد في المكان ، وأما الثاني فبعد في الزمان . بين رحيلك عن الاسكندرية ووصولك إلى القاهرة ٢٢٠ كيلو متراً وساعتين وثلث .

الواقع اننا في حياتنا اليومية كثيراً ما نقيس الأطوال بطريقتنا المألوفة وهي استخدام المسطرة مثلا أو أي مقياس آخر متعارف عليه . ونحن في الفترة الزمنية التي نستخدم فيها المسطرة للقياس فإن المسطرة تعد بمثابة الطول المناسب فقط ، أو بمعنى آخر هي الطول كما يحدده المشاهد الذي يشارك في حركة الجسم . ولكن ماذا عن قياس جسم في حركة مستمرة ؟ هل يمكن لنا أن نحدد طول هذا الجسم تحديداً تاماً ؟ افترض أن الجسم المراد قياسه يتحرك بالنسبة لنا ، وأن هذا الجسم يتحرك مسافة ولتكن ب جـ في ثانية واحدة . وافترض أيضاً أننا رسمنا دائرة حول النقطة جـ كما في الشكل الآتي :



بحيث يكون نصف قطر الدائرة المسافة التي يقطعها الضوء في ثانية واحدة. نرسم من جـ الخط جـ ا العمودي على ب جـ والذي يلتقي بمحيط الدائرة في النقطة ا . ومن ثم تكون المسافة ا جـ هي المسافة التي يقطعها الضوء في ثانية واحدة . وكذلك تكون نسبة جـ ا إلى جـ ب هي نسبة سرعة الضوء إلى سرعة

الجسم ، ونسبة جـ إلى جـ ب هى النسبة التى تتغير بها الأطوال الظاهرة نتيجة للحركة ، ومن ثم فإنه إذا حكم المشاهد بأن نقطتين فى خط الحركة على الجسم المتحرك يبعدان بمسافة يمثلها الخط ب ا ، فإن شخصاً يتحرك مع الجسم سيحكم بأن النقطتين على مسافة يمثلها الخط جـ ا ، والحركة لا تتأثر بالمسافات الموجودة على الجسم المتحرك والتى تكون على زوايا قائمة بالنسبة لخط الحركة ، ومن ثم فان المشاهد الذى يتحرك مع الجسم إذا قام بقياس الأبعاد بالنسبة لجسم المشاهد السابق فإن هذه الأبعاد سوف تتغير بنفس النسبة كما أنه إذا كان الواحد منهما يتحرك بالنسبة للآخر فان الأطوال التى سيتوصل اليها كل واحد سوف تبدو أقصر بالنسبة إلى المشاهد الآخر ، وعلى هذا النحو فإنه كما يذهب إلى ذلك بول موى فإن :

> قياس المسافة يفترض التزامن ، لأن قياس مسافة ما ، هو العمل على انطباق طول محدد من قبل ، على طول ، معطى لنا ، على أن هذا يفترض أنه متى انطبق الطولان فى طرف فانهما ينطبقان فى الطرف الآخر فى نفس اللحظة . وإذن فالمسافة نسبية هى الأخرى باعتبار الملاحظين ، وذلك على الأقل بالنسبة إلى المسافة الطولية ، أى فى اتجاه حركتهما النسبية . فالموضوع إذن يتغير شكله بالنسبة إلى الملاحظ الذى يراه من مركز خارجى ، وينكمش فى نظره فى اتجاه الطول» (٤٨)

وهذه هى النتيجة الثانية التى أفضت اليها نظرية النسبية ، بعد أن تقدم فيتزجيرالد بفرضه الأساسى عن التقلص أو الانكماش كتفسير مقبول للنتيجة السلبية لتجربة ميكلسون ـ مورلى .

٣ ـ نسبية الزمان (الزمن المحلى)

تصور أنك ركبت القطار من مدينة الاسكندرية ، وتصور أنه بدلا

من أن يسير القطار على قضبان السكة الحديدية تحرك بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميل/ث — أى بسرعة الضوء — فى الوقت الذى كانت عقارب الساعة تشير إلى الساعة الثانية عشر تماماً ، منطلقاً إلى المدينة التى تقصدها وتقع على مسافة ١٨٦,٠٠٠ ميل . إذن فسوف تصل إلى المدينة التى تقصدها بعد ثانية واحدة (وهو الزمن اللازم ليقطع به شعاع من الضوء هذه المسافة فى ثانية واحدة) . فاذا انطلق شعاع من الضوء من ساعة موجودة فى محطة الاسكندرية ليقصد المدينة التى تقع على المسافة المذكورة ، فانه سيصل فى نفس الوقت معك . ولكنه نظراً لأنك تسير بسرعة الضوء فانك كراكب فى عربة القطار لا تشعر بمرور الوقت ، ولكن الواقف على رصيف الاسكندرية قرأ ساعة المحطة التى سجلت عقاربها الثانية عشر وثانية واحدة . بمعنى آخر فإن الوقت يمضى بصورة مختلفة بالنسبة لك فى عربة القطار وبالنسبة للواقف على رصيف محطة الاسكندرية . ومن ثم فانه لا يوجد ما يمكن أن نسميه بالوقت العالمى . وهكذا فان الحقيقة التى تحصل عليها بالنسبة للزمن والمسافة والسرعة والكتلة ليست هى القيم التى يحصل عليها أى شخص آخر . على الرغم من أنك فى عربة القطار تكتشف نفس القوانين ، ونفس العلاقات بين الزمن والمسافة ، كما يكتشفها أى انسان آخر فى أى مكان ، والقيمة الوحيدة التى تظل دائماً واحدة بالنسبة لكل انسان هى قيمة سرعة الضوء ، وعلى هذا فإن :

> الزمان الفيزيائى يقاس بوساطة «الساعات» فى علاقتها بظواهر محددة بدقة (كحركات الافلاك ، واهتزازات ضوء ذى لون واحد) فكل ساعة تتخذ الثانية مثلا وحده زمنية ، والثانية هى الوقت الذى يعبر فيه الضوء ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متراً ولما كانت المسافة نسبية باعتبار الملاحظين ، فإن الثانية ، نسبية هى

الأخرى . فعندما يكون أحد الملاحظين متحركاً بالنسبة إلى الآخر ، فان الثانية التى يعترف بها تبدو أطول من اللازم فى نظر الملاحظ الآخر» (٤٩) .

٤ — نسبية السرعات :

أنه طالما ان الزمن نسبى ، فمن الطبيعى أن يكون مختلفاً بالنسبة لملاحظ ما عن آخر . ويترتب على هذا أن الملاحظون المختلفون لا يحددون للسرعات نفس القيمة .

٥ — تغير الكتلة مع السرعة :

وما دامت السرعة نسبية فانه إذا كان لدينا ملاحظ يقرر لنا أن كتلة جسم ما فى محاوره هى m_1 ، فان ملاحظ آخر يقول أن كتلة الجسم ليست m_1 وانما m ، وهذا ما كشفت عنه تحويلات لورنتز من خلال المعادلة الآتية

$$m = \frac{m_1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

مما يعنى أن كتلة الجسم تزداد مع السرعة وتقترب قيمتها من اللانهاية فى الحالة التى تقترب فيها سرعتها من سرعة الضوء .

من كل هذا يتضح لنا أن نظرية النسبية كشفت عن حقيقة المفاهيم التى اعتقد الانسان فيما مضى أنها مطلقة ، لقد أصبح معظمها نسبياً ، وتبين أنه لا توجد لدينا أية أسس منطقية أو علمية تجعلنا نفترض محاور مرجعية معينة ونتخذها دون غيرها للقياسات المكانية والزمانية ، ذلك لأن كل ملاحظ يعتقد أن محاوره هى الحقيقية وأن المحاور الأخرى ظاهرية . هكذا يمكن القول أنه ليس هناك سكون مطلق أو حركة مطلقة .

الهـوامش

(1) Newton, I., *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, trans. by A. Motte, revised by F. Cajori, University of California Press, 1969, Scholium II.

(٢) د. محمد على أبو ريان ، تاريخ الفكر الفلسفى ، أرسطو ، ص ٩٦ .

(٣) المرجع السابق ، الموضع السابق .

(٤) أرسطو ، الطبيعة ، ترجمة أسحق بن حنين ، تحقيق عبد الرحمن بدوى ، الدار القومية للطباعة والنشر ، القاهرة ، ١٩٦٤ ، ص ٢٧٨ ، ٢٠٩ أ .

(٥) د. محمد أبو ريان ، المرجع السابق ، ص ٩٧ — ص ٩٨ .

(٦) أرسطو ، الطبيعة ، تعليق على مقالة أرسطو ، ، شرح يحيى النحوى الإسكندرانى ، ص ٢٩٠ .

(٧) د. محمد على أبو ريان ، المرجع السابق ، ص ٩٨ .

(٨) يوسف كرم ، تاريخ الفلسفة اليونانية ، ص ١٤٢ .

(٩) المرجع السابق ، الموضع السابق .

(10) Burnet, J., *Early Greek Philosophy*, 2nd. ed. London. 1920, P. 389.

وايضا

Bailey, C., *The Greek Atomists and Epicurus*, Oxford, 1928, P. 76.

(11) Locke, *J.*, *An Essay Concerning Human Understanding*, Book II. xxvii.

(12) Bergson, H. *Essai sur données immediates de la Consciece*, Paris, 1889, English translation, *Time and Free Will*, by F. L. Pogson, New York, Macmillan, 1910, P. 95.

(13) Russell, B., *Essay on the Foundation of Geometry*, the original edition, 1897, Dover, 1956, P. 51.

(14) Ibid, P. 49.

(15) Russell, B., *Principles of Mathematics* P. 465.

(16) Maxwell, J. G, *Matter and Motion*, Dover, 1953, 1st ed. 1877, Ch. 1, & 18.

(17) Euclid., *The Elements of Euclid*, ed. by Todhunter, 1., intro. by Heath, Everyman's Library New York, Dutton, 1939, Book 1,P.6.

(18) Ibid, Book. 1. PP. 1 — 4.

(19) Ibid, Book. 1.P.5.

(٢٠) دكتور محمد ثابت الفندى ، فلسفة الرياضة ، دار النهضة العربية ، بيروت ، الطبعة الأولى ، ١٩٦٩ ، ص ٤٨ .

(21) Newton, I., *Methematical Principles of Natural Philosophy*, Scholum I.

(22) Mathmatical Works of Issac Barrow D.D., Wheell edition, Cambridge, 1860, Vol. II, 160 FF.

(٢٣) عبد الرحمن بدوى ، الزمان الوجودى ، مكتبة النهضة المصرية ، القاهرة ، ١٩٤٥ ، ص ٨٩ .

(٢٤) المرجع السابق ، الموضع السابق .

(25) Russell. B., "Is Position in Space Absolute or Relative", Mind, Vol, X, 1901, P. 294.

(26) Russell, B., The Principles of Mathematics, P. 465.

(27) Barrow, I, Op. Cit., lecture "on Space and Impenetrability". quoted by G. Windred, in "The History of Mathemtical Time" Vol, XIX, 1933, espcially PP. 126 — 136.

(28) Bergson, *H.*, *Time and free will*, New York, Macmillan, 1910, P. 88.

(٢٩) التصور الكلاسيكى كان ينظر للمادة على أنها فى نوعين : النوع الأول يتمثل فى الجسيمات التى لاتتجزأ إلى ماهوأبسط منها،وهذه هى العناصر elements والنوع الثانى يشير إلى الجسيمات التى تتجزأ وهى المركبات Compounds مثال ذلك أن الماء مركب لأنه بالتحليل ينحل إلى الايدروجين والأكسجين أما الحديد والرصاص فانه لا يمكن تحويلها بأى طريقة من الطرق الكيميائية أو غيرها إلى ماهو أبسط منها. وأصغر أجزاء العنصر هو مايعرف بالذرة Atom على حين أن أصغر أجزاء المركب هو الجزيئ Molecule . فالجزيئ أكبر من الذرة . وفى ضوء هذا التصور تمت صياغة الفرض القائل بأن العنصر الواحد يتكون من جسيمات متماثلة هى ذرات ذلك العنصر ، وتتكون المركبات من جزئيات مؤلفة من اتحاد ذرات العناصر المكونة منها بنسبة ثابتة . وقد وضع أفوجادرو ، صياغة دقيقة لهذا الفرض على النحو الآتى : الجزام الجزيئى

لجسم ما تقي يحتوى على نفس عدد الجزئيات دائما مهما كان الجسم ، ويعرف هذا العدد بعدد افوجادرو وهو تقريباً ٦×٢٣١٠ .

(30) Russell, V., *An Outline of Philosophy*, P. 105.

(٣١) يقول بول موى فى مؤلفه «المنطق وفلسفة العلوم» : وسنوضح باختصار كيف أتاح لنا النشاط الاشعاعى توسيع نطاق معرفتنا بالمادة ، وأسهم فى وضع أسس علم جديد هو الفيزياء النووية . فى نهاية القرن التاسع عشر لاحظ هنرى بكول (١٨٥٢ — ١٩٠٨) أن مواد معينة (أملاح اليورانيوم) تنطبع فى الألواح الفوتوغرافية فى الظلام التام وقد تمكن «بيير كورى» (١٨٥٦ — ١٩٠٦) وماري كورى (١٨٧٦ — ١٩٣٤) بعد دراسة منهجية لهذه الاشعاعات الغامضة ، من عزل مادة أنشط بكثير من الأورانيوم ، هى الراديوم وسرعان ما أصبحت تنسب إلى النشاط الإشعاعى صفتان أساسيتان :

١ — أن قوة الاشعاع لا يمكن زيادتها أو انقاصها بأية وسيلة .

١ — أن قوة الأشعاع لا يمكن زيادتها أو انقاصها بأية وسيلة .

٢ — والاشعاع فى حالة الراديوم بطيء : فقد تبين بالحساب أنه لابد من مرور ١٥٩٠ سنة حتى يفقد نصف ذرات الراديوم الذى نلاحظ نشاطه الاشعاعى وبعد فترة قصيرة أمكن عزل عناصر مشعة أخرى (الثوريوم والاكتينيوم والبولونيوم وهو الوقت الضرورى لكى يفقد نصف المادة فى كل من هذه العناصر ، قوته الاشعاعية . وسميت هذه الفترة الزمنية بالنسبة إلى كل مادة باسم (متوسط الحياة) ... ولكن ماقوام هذا الاشعاع ؟ أمكن منذ البداية تمييز ثلاثة أنواع من الأشعة رمز لها فى بادىء الأمر بالحروف الثلاثة الأولى من الأبجدية اليونانية :

١ — أشعة ألفا α التى قد تنحرف فى اتجاه (كاليسار مثلا) بوساطة مجال مغناطيسى .

٢ — أشعة بيتا β التى تنحرف بوساطة هذا المجال ذاته إلى اليمين .

٣ — أشعة جاما γ وهى لا تنحرف .

راجع الترجمة العربية للدكتور فؤاد زكريا ، دار نهضة مصر ، ص ٣٣٨ — ص ٣٣٩ .

(٣٢) حول هذا الفقرة ، راجع مايذكره هانز رشنباخ فى مؤلفة نشأة الفلسفة العلمية ، ص ١٥٧ .

(٣٣) يذكر بول موى الفقرة التالية عن «لويس دى برولى» : لقد كان تفكير «لوى دى برولى» فى البداية فلسفياً بحق ذلك لأن اينشتين ، حين وضع النظرية التى شرحناها منذ قليل ، كان قد قرر (ثنائية) مذاهب علم الضوء : إذ أن الظاهرة الضوئية الكهربية إذا كانت تقتضى تفسيراً جسيمياً ، فإن علم الضوء الكلاسيكى كان يدرس ظواهر تقتضى القول بالنظرية الموجية (كظاهرة التداخل) وبعبارة أخرى فإن نوع التفسير الذى كان ينبغى الأخذ به ، أعنى التفسير الجسيمى أو الموجى ، يختلف باختلاف الظواهر الضوئية الخاصة .

على أن دى برولى قد تساءل : أليس من الأقرب إلى روح الفلسفية أن نكرر الثنائية نفسها

بالنسبة إلى الجسم الكهربى ، أى بالنسبة إلى الالكترون ؟ ذلك لأنه قد عرفت عن الالكترون خواص جسيمية عديدة ، فلم لا تكون للالكترون خواص موجية أيضاً . ؟

ولقد تمكنت عبقرية دى برولى فى صياغة هذا الرأى الفلسفى فى معادلات فهو يعرف مبدئياً الخواص الموجية للالكترون ثم يؤلف يؤلف بين هذه التعريفات فى فرض نظرى ضخم هو الميكانيكا الموجية .

ولقد قطع ذلك العالم الفرنسى شوطاً بعيداً فى بيان التوازن بين الميكانيكا المعتادة التى تدور حول المحرك المادى وبين الميكانيكا الموجية ،وكشف فى ذلك عن التناظر بين مبدأ فيرما Fermafe القائل بأن الضوء يسير بين نقطتين فى المسافة التى تستغرق أدنى حد من الزمان ، وبين مبدأ موبرتوبس القائل أن المحرك المادى بين نقطتين يتبع دائماً المسافة التى يبلغ تفاوت التأثير بالنسبة اليها حده الأدنى .

راجع : بول موى ، المرجع السابق ، ص ٣٣٣ — ص ٣٣٤ .

(34) Russel. B. An Outline of Philosophy, P. 114.

(35) Ibid, P. 115.

(٣٦) البرت اينشتين وليوبولدانفلد ، تطور علم الطبيعة ، ترجمة الدكتور محمد عبد المقصود النادى والدكتور عطية عبد السلام عاشور ، مكتبة الأنجلو المصرية ، ص ١٤١ .

(37) Whittaker, E.T., *A History of the Theories of Aether and Electricity*, New York, Philosophical Library, 1951, Vol. I, PP. 404 f.

(28) Ibid, P. 248.

(٣٩) البرت اينشتين ، النسبية : النظرية الخاصة والعامة ، مجموعة الألف كتاب ،دار نهضة مصر ، ١٩٦٧ ، ص ٢١ .

(40) d'Abor, A., *Bergson On Einstein* PP. 117—118, P. 214.

(41) Kattsoff, L.O., The Role of Hypothesis in Scientific Invetigation ,*Mind*, Vol. Lvii, No. 2330, 1949, P. 230.

(42) Rajam, J, B, *Modern Physics*, S. Chand & New Delhi, 1969, PP. 299 — 300.

(43) Wittaker, E.T., Op. Cit, P. 404.

(٤٤) فى ١٤ مارس ١٨٧٩ ولد البرت اينشتين ، حيث كانت أسرته تعيش فى أولم بالمانيا ، وكان والده يهودياً يمتلك مصنعاً صغيراً للأجهزة الكهروكيمياوية . وعرف عن اينشتين الطفل انطوائه إلى حد كبير ، وبطئه فى التعلم ، وابتعاده عن الأنشطة الرياضية واللهو مع غيره من أقرانه . وفى الخامسة من عمره انبهر حين شاهد البوصلة المغناطيسية ينحرف مؤشرها صوب اتجاه واحد مهما كان وضعها . هل هذه الحركة تتم بفعل قوى غامضة ؟ أم ماذا ؟ لقد كانت المسألة

تختمر فى عقله وظلت تشغله دون أن يشعر ، ثم التحق اينشتين بالمدرسة الابتدائية ، وفى العاشرة من عمره التحق بالمدرسة الثانوية ، وكان عليه أن يخضع للنظم والقوانين المدرسية ، وهو ما كان يكرهه أشد الكره ، فالنظام الصارم يقتل فى الانسان حرية الابتكار والابداع ، وعند هذا الحد اعتبره مدرسوه عنصراً مخرباً لأنه لا يأبه بالنظام . فأخذ الشعور بالتعاسة يطارده للانطباع السيىء الذى أخذ عنه ولم يكمل اينشتين دراسته ، ولكنه التحق بمعهد الفنون التطبيقية بزيورخ حيث أخذ فى دراسة الفيزياء والرياضيات . وبعد أن تخرج أينشتين من معهد الفنون التطبيقية فى عام ١٩٠٠ فشل فى الحصول على وظيفة ، ولكنه استطاع فى عام ١٩٠٢ أن يحصل على وظيفة فى مصلحة تسجيل براءات الاختراع فى بيرن وذلك بمساعدة صديقه مارسيل كروسمان . وفى عام ١٩٠٥ حصل على الدكتوراه وأخذ فى مواصلة أبحاثه فى الفيزياء . وظل يقيم بمدينة برن إلى أن جاء عام ١٩٠٩ حيث كان عليه أن يقبل وظيفة أستاذ مساعد متفرغ فى جامعة زيورخ وذلك بعد أن ذاع صيته فى الأوساط العلمية نتيجة لابحاثه التى قام بها عن الجسيمات المجهرية المعروفة بالحركة البراونيه عن الكميات الضوئية والنسبية ، حيث أمكنه وضع نظرية دقيقة عن الحراره النوعية للجوامد ، وكذلك نتيجة لابتكاره نظرية النسبية الخاصة فى عام ١٩٠٥ . وفيما يلى ذلك من السنوات أى فى عام ١٩٠٧ اعتقد اينشتين رأياً مفاده أن أى نظرية عن الجاذبية لابد وأن تدمج بطريقة أساسية وطبيعية مقدراً مساوياً من القصور الذاتى وقوق الجذب ، وهذا ما تبينه بوضوح . وفى عام ١٩١٠ قبل اينشتين الوظيفة التى قدمتها له جامعة براغ حيث عمل استاذاً متفرغاً . وفيما بين الأعوام ١٩٠٧ — ١٩١٦ وجه اهتماماته الخاصة إلى نظرية الجاذبية . لقد كان العلماء فى هذه الفترة يوجهون اهتماماتهم لدراسة نظرية النسبية الخاصة وقد قبلوها كجزء أساسى من بناء الفيزياء ؛ إلا أن اهتمامات اينشتين كانت تتجه إلى أبحاث أكثر شمولا من تلك التى اهتمت بها النسبية الخاصة ، فى عام ١٩١١ هداه تفكيره الفيزيائى العبقرى إلى التنبؤ بأن موجات الضوء تنحنى بواسطة مجالات الجذب ، ولكن لم يتسنى التأكد من هذا التنبؤ إلا بعد أن قام العالم الفلكى أدينجتون بتنظيم رحلتين إلى خليج غينيا والبرازيل فى عام ١٩١٩ لاختبار النظرية أثناء الكسوف الكلى للشمس فى ٢٩ مايو ١٩١٩ . لقد استطاعت البعثتين أن تلتقطا مجموعة من الصور تبين مواقع النجوم ، ورصدتا ضو النجوم وهو ينحرف فعلا ، رغم أن مقدار الانحراف فى رصد غينيا كان أقل مما قدرته نظرية اينشتين ، على حين أن مقداره فى رحلة البرازيل كان أكثر قليلا . وسوف نعرض هنا نقط لافكار نضرية النسبية الخاصة على أن نفرد لنظرية النسبية العامة موضعاً آخر .

(45) Einstein, A., Relativity : The Special and The General Theory, Ch. 9

(٤٦) بول موى ، المرجع السابق ، ص ٣٠٢ .

(47) Russell B., op. cit., P. 45

(٤٨) بول موى ، المرجع السابق ، ص ٣٠٣ .

(٤٩) بول موى ، المرجع السابق ، ص ٣٠٣ .