الفصل الثانى

العلم والاحتمال
تطور العلوم أدى إلى القول بالاحتمال
(١)

تمهيـد :

إن فهم الصورة المتطورة التى أصبح عليها العلم فى القرن العشرين يقتضى تتبع الجذور التاريخية لتطور العلم عبر القرون السابقة ، إذ أن مثل هذه الخلفية التاريخية تسمح لنا بفهم أعمق للأبعاد الفلسفية للعلم السائد فى عصرنا . فلا يمكن النظر إلى حدث هام فى ميدان العلم بمعزل عن بقية الأحداث والمؤثرات التى تدور فى ميدان العلم نفسه . لأن العلم وإن كان يتصف بالتراكمية ، إلاَّ أنه يتسم أيضا بدينامية داخلية تتناول كافة جوانبه وتدفعه دومًا إلى كل جديد ، فالعلاقات بين الأحداث العلمية والنظريات والأفكار جميعًا علاقات عضوية متشابكة ، فهناك قنوات متصلة بين القديم والجديد ، من واجبنا كشف النقاب عنها[١] .

ولقد كانت الحقيقة عند فلاسفة الإغريق تعنى حقيقة الوجود وحقيقة الطبيعة – طبيعة الأشياء والإنسان – وتمثلت هذه الحقيقة أمام العقل فى « جوهر » الوجود والطبيعة الذى لا يتغير ، مهما تغيرت الأعراض . وكان العقل يصوغ هذه الحقيقة فى قالب من الأفكار والمقولات والأحكام[٢] . وإذا كانت الحقيقة قد ارتبطت عند القدماء بالوجود والطبيعة ، وأصبحت معرفة العقل لطبيعة الموجودات هى الهدف والغاية من الفلسفة أو الحكمة ، فاننا نستطيع أن نؤكد أن هذه المعرفة لا تتحقق إلا بسيطرة العقل على الطبيعة[٣] .

---

(١) د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، القاهرة ، ١٩٧٩ ، صفحة ٨ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٥ .

(٣) المرجع السابق ، صفحات ٥ – ٦ .

وفى العصور الوسطى ، عندما انتشرت النزعات الدينية علت أصوات تقول بأن الحقيقة يجب أن تكون واحدة ، وأنه لا فرق بين حقيقة تأتى عن طريق العقل وأخرى تأتى عن طريق الإيمان . وبجانب التيار الدينى الذى يصعد بالوجود إلى خالق الوجود ، كانت هناك تيارات طبيعية فى فلسفة العصر الوسيط تنتمى فى أصلها إلى الاغريق . وكان رجال الدين واللاهوت يحاربون هذه التيارات الطبيعية بشدة وعنف ، ولكنهم فشلوا فى أن ينالوا منها[1] . ولابد لنا – عند ذكر العلم فى العصور الوسطى – من أن نفرق بين العصور الوسطى فى أوربا والعصور الوسطى فى العالم الإسلامى . ففى تلك الفترة الزمنية الواحدة ، كان هناك تفاوت هائل فى مستوى العلم بين هاتين المنطقتين من العالم . وعلى حين أن العلم الأوربى هبط إلى الحضيض فى هذه الفترة ، فإن العلم الإسلامى وصل إلى قمته خلالها . ويمكن القول إنه بفضل العرب وتأثير حضارتهم على الحضارة الأوربية ، حدثت نهضة علمية فى العالم الغربى ، أدت إلى تقدم العلم والتكنولوجيا تقدمًا سريعًا ورائعًا . وأصبح العلم هو مصدر الحقيقة التى لا يتطرق إليها شك . وبدا العلم فى العصر الحديث قوة عظيمة تقهر الطبيعة وتجعل الإنسان مالكًا وسيدًا لها[2] .

وكان لابد أن تقوم الفلسفة باستقاء الحقيقة من مصدرها العلمى البحت ، الرياضى والطبيعى على السواء . ولم يكن العلم فى حد ذاته حائلاً بين معرفة الطبيعة ومعرفة الحق سبحانه[3] . إن عصر العلم ليس معناه بالضرورة عصر التنكر للميتافيزيقا واللاهوت[4] . ولقد بدأت مرحلة الفكر الحديث مع يقين كل إنسان بالعلم . ولقد سعى فلاسفة العصر الحديث إلى جعل الحقيقة العلمية أساسًا ترتكز عليه الحقيقة الفلسفية ، وهو ما فعله « فرنسيس بيكون » و « ليبنتس »[5] Leibnitz(١٦٤٦ – ١٧١٦) و « كَنْت » – ونظرًا لأهمية هذه المسألة سوف نعالجها فى شىء من الإطناب فى الفصل التالى ، الذى نسعى أن نبيّن فيه كيف أن « كَنْت » قد طمح فى أن يكون نيوتن الميتافيزيقا وأن يُحْدِث فى الفلسفة ثورة كوبرنيقية ، ولقد جعلنا عنوانه « الأساس العلمى للفلسفة النقدية » – أما ديكارت فقد جعل الحقيقة العلمية نتيجة لأزمة عن الحقيقة الفلسفية . حين أكد على

(١) د . نازلى اسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، صفحة ٦ .
(٢) المرجع السابق ، الموضع نفسه .
(٣) المرجع نفسه صفحة ٧ .
(٤) المرجع السابق ، صفحة ٨ .
(٥) المرجع السابق ، صفحة ٧ .

أن الفلسفة شجرة جذورها الميتافيزيقا ، وجذعها علم الطبيعة ، وفروعها الطب والميكانيكا والأخلاق[1] .

وفى عصرنا الحالى نجد أن نظريات اينشتين وميكانيكا الكم قد أدت إلى زعزعت الأسس الفلسفية لمعرفتنا ، وانتقلت بنا إلى معرفة من نوع أرقى قد تكون مبهمة عند الوهلة الأولى . ولكن ، وكما تم التسليم فى نهاية الأمر بتصور كوبرنيقوس للعالم ، وأصبح التسليم بهذا التصور صفة مميزة لكل إنسان مثقف ، فإنه سيحدث نفس الشىء لنظرية النسبية . فبعد انقضاء مائة عام من الآن سوف يتم التسليم بها كبديهية ، وسيكون من الصعب تبرير ما لاقته من معارضة شديدة فى أول أمرها[2] . ومن الظواهر التى تسترعى الانتباه أن النظريات والابتكارات الجديدة غالبًا ما تُواجه بالمعارضة من جانب عامة الناس وحتى من قِبَل العلماء والمتخصصين . وقد يكون مرجع السبب فى ذلك هو أن هؤلاء المعارضين قد وجدوا إجابات محددة فى العلم السائد فى عصرهم تتلاءم مع تصورهم للكون . ومن هنا يستشعر هؤلاء الخطر إذا ما ظهرت نظريات وحقائق علمية جديدة تهدد الركائز الأساسية للتصورات العلمية والعامة السائدة فى عصرهم .

غير أن الحال لا تدوم طويلاً ، فطبيعة البحث والتطبيقات التى تفرضها التصورات العلمية السائدة لا يمكن أن تطمس النظريات والحقائق العلمية الجديدة . إذ سرعان ما يعجز العلم السائد بتطبيقاته المختلفة عن تفسير بعض الظواهر أو حل بعض المشكلات الطارئة . إن تراكم تلك الظواهر والمشكلات وتحديها للعلماء وأجهزتهم يحتم على الباحثين فى العلم مراجعة أنفسهم ، وإعادة فحص الأسس التى يقوم عليها علمهم . وما هى إلا فترة حتى نرى الأفذاذ من العلماء يتشككون فى صلاحية القواعد التى بنى عليها « العلم السائد » ، ثم ما يكون منهم إلاَّ أن يتصوروا أسسًا جديدة للعلم ويستبدلون بولائهم السابق للعلم السائد ولاء جديدًا للنظريات والحقائق الجديدة . هذه النقلة من « علم سائد » إلى « علم جديد » هى ما يُطْلَق عليها اسم « الثورة العلمية » . وما نظرية كوبرنيقوس واكتشافات لافوازييه Lavoisier (١٧٤٣ – ١٧٩٤) وقوانين نيوتن ونسبية

(١) د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، صفحة ٧ .

(٢) Reichenbach , H . , From Copernicus to Einstein , P . 122 .

اينشتين إلاَّ أمثلة على تلك الثورة العلمية[1] . ومن الملاحظ أن هذه الثورات العلمية تظهر على أوضح صورة فى ميدان العلوم الفيزيائية ، وإن كانت ميادين العلم الأخرى لا تخلو منها بطبيعة الحال[2] .

وغنى عن البيان أن كل نظرية أو ثورة علمية تستوجب نظرة فلسفية جديدة إلى الكون من ناحية ، وتحدد وظيفة الأسئلة التى يحق للعلماء أن يطرحوها حول الطبيعة من ناحية أخرى[3] .

(٢)

سمات التطور العلمى :

كانت هذه مقدمة نود أن نبرز من خلالها جملة ملاحظات تتعلق بتطور الفكر العلمى ، وهى :

أولا : إذا كنا سنكتفى فى هذا الفصل بالوقوف عند نقاط التحول الكبرى فى تاريخ العلم ، فإن هذا لا يعنى – بأية حال من الأحوال – أن الابتكارات الجزئية أو التطورات العلمية الفرعية ، تقل أهمية عن غيرها من النظريات التى تشكل منعطفًا هامًا والتى اكتسبت شهرة أوسع[4] . إن كل ما هنالك هو أننا اقتصرنا فى هذا العرض الذى نقدمه – لتطور الفكر العلمى عبر العصور المختلفة – على الإطار العام دون تفاصيل هذا التطور .

ثانيا : إذا كنا سنعرض لتصور اليونانيين للعلم ، فإن غرضنا من ذلك هو التأكيد على أن المرحلة اليونانية قد تركت طابعها ، إيجابًا أو سلبًا ، على كثير من المراحل التالية ، فعلى سبيل الدلالة لا الحصر نجد أن نظرة أرسطو الكيفية إلى الطبيعة قد أثرت على العلوم الطبيعية لأجيال طويلة . حتى جاءت العصور الحديثة وظهر العلماء الذين استبدلوا النظرة الكمية ؛ حسابية ورياضية ، بالنظرة الكيفية ؛ والتى ظلت سائدة

---

(١) د.عبدالله العمر، ظاهرة العلم الحديث، دراسة تحليلية وتاريخية، الكويت، سلسلة عالم المعرفة، العدد٦٩، ١٩٨٣ ، صفحة ٨٥ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٨٦ .

(٣) المرجع السابق ، صفحة ٢٨٦ .

(٤) د . عبد الله العمر ، ظاهرة العلم الحديث ، دراسة تحليلية وتاريخية ، ص ٢٨٦ .

حتى يومنا هذا[1] . من هنا فإن الاهتمام بتجربة الفكر العلمى عند اليونانيين يفيد فى إلقاء الضوء على ما ورثته العصور اللاحقة عنهم من عناصر إيجابية ، وما اضطرت إلى مكافحته من عناصر سلبية . فاليونانيون كانوا نقطة انطلاق عظيمة الأهمية ، وهم الذين وضعوا جزءا كبيرًا من الأساس ، ولم يكن فى وسع أى عصر تال أن يتجاهلهم ، بل كان لابد أن يذكرهم إما بالمدح وإما بالنقد[2] . ومن ثم كان من الضرورى أن نعرض لهم .

ثالثا : علينا أن نؤكد أن ليس هناك ما يدعو إلى التعصب لعلمنا المعاصر ، فنصف نظريات السابقين بأنها لا علمية أو أن عصرهم كان عصر جهل وتخلف لمجرد أن نظرياتهم لا تتفق مع مبادىء العلم التى تسود عصرنا . إننا اليوم نأخذ ببعض النظريات العلمية لأنها تمثل أقصى ما وصلت إليه معرفتنا العلمية ، ولو كان فى مقدورنا معرفة المزيد ما توانينا عن ذلك . وليس هناك ما يمنع قيام نظريات علمية جديدة فى المستقبل القريب أو البعيد لتحل محل نظريات عصرنا ، فيكون هناك فكر جديد يقوم على أكتاف فكر مضى وهو نفسه فكر هذا العصر الذى نعيش فيه[3] .

رابعا : إننا لا ننظر إلى مسيرة العلم نظرتنا للتحولات التى قد تحدث فى مدينة ما ، حيث يتم إسقاط البنايات التى شاخت ، لتحل محلها بنايات جديدة كل الجدّة ، وإنما ننظر إلى تلك المسيرة نظرتنا إلى تطور الأنواع الحيوانية التى تتطور باستمرار إلى أشكال جديدة تعظ العين غير المدربة على التعرف عليها فى حين أن العين الخبيرة ستجد فيها دائمًا العمل السابق الذى قامت به القرون الماضية . لا ينبغى إذن أن نعتقد أن النظريات القديمة كانت عقيمة وباطلة ، فالقوانين العلمية تتميز بالاستمرارية والتغير فى آن معًا[4] .

خامسا : واستنادًا إلى الملاحظة السابقة نقول إن الفيزياء الحديثة لم تؤد إلى هدم واستبعاد قوانين الفيزياء الكلاسيكية[5] ، بل أهم ما فعلته أنها قيدت مجالات تطبيقها .

---

(١) د . نازلى اسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة ، رؤية جديدة ، صفحة ٧ .

(٢) د . فؤاد زكريا التفكير العلمى ، الكويت ، سلسلة عالم المعرفة ، العدد ٣ ، ١٩٧٨ ، صفحة ١٥١ .

(٣) د . عبد الله العمر ، ظاهرة العلم الحديث ، دراسة تحليلية وتاريخية ، صفحات ١٧ – ١٨ .

(٤) بوانكارية (هنرى) ، قيمة العلم ، ترجمة الميلودى شغموم ، بيروت ، دار التنوير ، الطبعة الأولى ، ١٩٨٢ ، صفحة ٩ .

(٥) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٤٠ .

فإذا كنا نتعامل مع مفاهيم مثل الكتلة والسرعة ونريد تطبيقها تطبيقًا مباشرًا ، سنجد أن قوانين نيوتن مازالت صالحة ، أما إذا كنا نتعامل مع جسيمات تقارب سرعتها سرعة الضوء ، فإن قوانين نيوتن لا تصلح للتطبيق فى هذه الحال ، وتنسحب من هذا المجال لتحتل مكانها ميكانيكا الكم[1] . ولذا يمكن القول إن الفيزياء الحديثة لم تبزغ من أفكار ثورية جُلِبَت إلى العلوم البحتة من خارجها ، بل على العكس ، فقد شقت طريقها من خلال الأبحاث التى كانت تحاول بمثابرة ودأب أن تتابع برنامج الفيزياء الكلاسيكية ، مما أدى إلى إحداث تغيير فى ذات قواعد هذه الفيزياء[2] .

سادسا : إننا نعتبر أن الإنجازات الكبرى فى العلم ليست – فى حقيقتها – عملاً فرديًا ، كما أنها لا تتحقق بين عشية وضحاها ، فعلى سبيل المثال نجد أنه بالرغم من أن النتائج المترتبة على نظرية النسبية عند اينشتين ، وعلى نظرية الكم عند ماكس بلانك . Plank. M. تقع بأسرها فى القرن العشرين ، إلاَّ أنها جاءت كمحصلة لجهود مخلصة فى عهود سابقة[3] . فإذا أخذنا نظريات اينشتين ، نجد أنها لم تكن نتاجًا لأفكار فلكية فحسب ، بل استندت إلى حقائق النظرية الكهربائية والنظرية الضوئية أيضا . ولن يكون فى وسعنا فهم نظريات اينشتين فى النسبية إلاَّ بالقدر الذى نكون فيه على دراية بمصادرها ، إذ أن لها مصادر عدة . ففى حين أن المصدر الحديث قد أدى إلى ظهور نظرية النسبية الخاصة ، فإن المصدر الأقدم وفر المادة اللازمة لتشييد النظرية النسبية العامة ، والتى امتزجت فى إطارها المعلومات القديمة والجديدة فى وحدة رائعة[4] .

سابعا : فضلاً عن كل ما سبق ، فقد يكون من المفيد أن نلقى الضوء على الإنجازات العلمية ، وأن نفحص هذا التغير المميز الذى يعترى كل مشكلة عظيمة عبر عشرات السنين ، بل عبر قرون عديدة أحيانًا ، لأنه من الممكن أن تبدو هذه المشكلات مرات عديدة – إذا ما عرضت بشكل خلاق – فى ضوء جديد حتى ولو كانت قد صادفت حلاً مقبولاً من قبل[5] .

---

(١) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٤١ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٧ .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٧ .

(٤) Reichenbach , H . , From Copernicus to Einstein , P . 14 .

(٥) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٦٠ .

(٣)

مفهوم الطبيعة عند أرسطو :

لقد أدت عوامل عديدة إلى قيام النهضة العلمية الحديثة التى شهدتها أوربا خلال القرن السابع عشر ، وكانت بعض هذه العوامل داخليًا ، يتعلق ببناء المجتمع الأوربى ذاته ، وبعضها الآخر خارجيًا ، كالتأثير الايجابى الذى مارسته الحضارة الإسلامية على العقل الأوربى . وليس من مهمتنا – فى هذا البحث – أن نتحدث عن هذه العوامل جملة وتفصيلا ، بل ما يهمنا بالدرجة الأولى هو محصلتها النهائية ، ونعنى بذلك التغير الذى طرأ على مفهوم العلم ذاته ، أى العناصر التى أسقطها العصر الحديث من مفهوم العلم فى العصور السابقة ، وتلك التى أضافها إلى هذا المفهوم . وتوضيحًا لذلك نقول إن أرسطو كانت له نظرة « كيفية » إلى الطبيعة ، شأنه فى ذلك شأن فلاسفة الإغريق جميعهم ، كان أرسطو يبحث عن العلل الصورية التى تشكل المادة بصورها المختلفة . ولقد أثرت هذه النظرة الكيفية الصورية على العلوم الطبيعية لأجيال طويلة ، حتى جاءت العصور الحديثة وظهر العلماء الذين استبدلوا النظرة الكمية بالنظرة الكيفية[١] .

كان لابد لقيام نهضة علمية من تجاوز نظرة أرسطو إلى الطبيعة . فلقد كانت الطبيعة فى نظره نسيجًا من الجواهر والصور والكيفيات ، وكان الغرض من العلم هو تصنيف هذه الصور ، والكشف عن علل ظهورها واختفائها . وكان العلم بكل مقوماته (الجواهر ، الصور ، العلل) ثابتًا[٢] بثبات الطبيعة ذاتها . وهكذا كانت العقلية العلمية جامدة لا تنشد أى تغيير فى الطبيعة أو أى تقدم علمى . وكان ارتباط العقل بالطبيعة الثابتة وبكيفياتها سببًا فى ضيق الأفق الذى اتسمت به هذه العقلية . ذلك لأن اعتماد الإنسان على حواسه المجردة قد جعله ينظر إلى الطبيعة فى الحدود الضيقة التى تستشفها هذه الحواس ، ولم يكن العلم يستطيع أن يتجاوز هذه المعايير الإنسانية البسيطة والضيقة[٣] .

تلك كانت العقلية العلمية الأرسطية التى تجمدت فى « صور » الطبيعة من ناحية ، وفى « صور » ألفاظ اللغة من ناحية أخرى . ومما زاد من وطأة هذا الجمود ، أنه أضاف

(١) د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، صفحة ٧ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٦٠ .

(٣) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

إلى البناء العلمى الكيفى ، بناء ميتافيزيقيًا ضخمًا قوامه المبادئ الأولية والجواهر الثابتة والعلل البعيدة . ولقد أُكمِلَ هذا البناء بفكرة المحرك الأول الذى يحرك العالم بحركة « العشق » لا كعلة فاعلة ، بل كعلة غائية للكون والطبيعة[1] . ويقتضينا الإنصاف أن نقول إن سيادة الفكر الأرسطى طوال ما يقرب من ألفى عام ، وتأخر العلم هذه القرون العديدة ، لم يكن مسئولية أرسطو المباشرة بقدر ما كان مسئولية أولئك المفكرين والعلماء الذين سلموا تسليمًا أعمى بكل ما قال به أرسطو ، ولم يحاولوا فحصه ونقده ومحاولة تجديده[2] .

وإذا كان الفكر الإغريق قد عنى عناية خاصة بالعلة الصورية ، فإن الفكر الوسيط كان أكثر عناية واهتمامًا بالعلة الفاعلة . وذلك لأن الديانات المنزلة قد جاءت بفكرة الخلق من العدم ، وعملية الخلق والإيجاد تستلزم بالضرورة علة فاعلة . أما العلة الغائية فقد قل الاهتمام بها فى مجال العلم الطبيعى[3] كما أصبحت العلل الميتافيزيقية فى العصور الوسطى هى المقدمات الضرورية للعلم ، مما أدى إلى إضعاف جانب التجربة أمام الجانب الميتافيزيقى[4] .

وإذا كان فلاسفة اليونان ، وعلى رأسهم أرسطو ، قد استخفوا بالتفكير العلمى التجريبى ، فإنهم – من ناحية أخرى – كادوا أن يبلغوا حد الكمال فى العلوم التى تستند إلى النظر العقلى المجرد ، ولاسيما العلوم الصورية (الرياضة والمنطق)[5] . لقد بلغوا الأوج فى التفكير الاستنباطى ، حتى لتُعد هندسة أقليدس نموذجًا للتفكير الرياضى الكامل . كما بلغوا الأوج فى التفكير المنطقى ، حتى لقد جاء ما كتبه أرسطو فى ذلك بداية أوشكت – لما بلغته من درجة بعيدة فى دقة التفكير – أن تكون هى النهاية أيضا ، لولا أن قيض الله للمنطق رجالاً بعثوه بعثًا جديدًا ، يبشر بالتطور والنماء السريعين[6] .

ويطول بنا الحديث لو حاولنا أن نتتبع مظاهر النظرة العقلية الخالصة إلى العلم عند الإغريق ، ومدى تطرف اليونانيين فى تأكيدها ، كما أن المجال لا يتسع للتحدث طويلا

---

(١) د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة ، رؤية جديدة ، صفحة ٦١ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٦٢ .

(٣) المرجع السابق ، صفحة ٨ .

(٤) المرجع السابق ، صفحات ٦١–٦٢ .

(٥) د . توفيق الطويل ، أسس الفلسفة ، القاهرة ، دار النهضة العربية ، ١٩٧٦ ، صفحة ١٧٩ .

(٦) د . زكى نجيب محمود ، المنطق الوضعى ، الجزء الثانى ، القاهرة ، مكتبة الانجلو المصرية ، ١٩٨٠ ، صفحة ١٥٠ .

عن الأسباب المحتملة لإصرار اليونانيين عليها . وحسبنا أن نقول أن هذا التأكيد المتطرف للعلم النظرى على حساب العلم التجريبى عند الإغريق ، ربما كان راجعًا إلى أحد عاملين :

١ – من الممكن أن يكون مرتبطا بنظرة إلى العالم المادى على أنه عالم ناقص ، وإلى العالم الروحى والعقلى على أنه عالم الكمال[١] . إن هذا الازدواج بين عالم رفيع ، غير مادى ، وعالم وضيع ، هو العالم المادى ، يمكن أن يكون قد انعكس على نظرة اليونانيين إلى العلم ، وأدى إلى الاعتقاد بأن العلم الجدير بهذا الاسم هو العلم العقلى ، وأن مجرد اقتراب العلم من العالم الطبيعى ، ومحاولته حل مشاكله ، يقضى على كل ما هو رفيع فى هذا العلم[٢] .

٢ – ومن المؤكد أن يكون هذا التطرف فى تأكيد العلم العقلى على حساب العلم التجريبى عند الإغريق ، راجعًا إلى التقسيم الذى كان سائدًا فى المجتمع اليونانى – الذى كان مجتمعًا يسوده نظام الرق – بين المواطنين الأحرار وبين العبيد . ذلك لأن العبيد كانوا هم الذين يتصلون ، فى عملهم اليومى ، بالعالم المادى ، وبذلك كانوا يوفرون لأسيادهم الأحرار والجهد الذى يسمح لهم بممارسة التفكير والجدل والحوار فى المسائل النظرية الخالصة . وكان من الطبيعى فى هذه الحالة أن تنعكس مكانة الإنسان على نوع العمل الذى يمارسه ، حيث يرتبط العالم المادى فى أذهانهم بالوضع الاجتماعى المنحط ، ويرتبط العالم العقلى بالوضع الاجتماعى الرفيع ، وبحيث يؤكدون فى النهاية أن الجهد اللائق بالإنسان الكريم ، والمثل الأعلى الذى ينبغى أن يسعى الإنسان إلى تحقيقه ، هو التأمل النظرى الذى لا تشوبه من المادة شائبة ، وأن الاقتراب من العالم المادى فيه حط من كرامة الإنسان[٣] .

إن حرص الإغريق على أن تظل العلوم العقلية محتفظة بنقائها ، بعيدًا عن أدران العالم المادى ، قد أدى إلى انفصال العلوم الرياضية عن العلم الطبيعى . وهكذا كان العلم الطبيعى يعانى من الإهمال أولاً ، ومن الانصراف عن تطبيق الرياضيات فى صياغة قوانينه ثانيًا[٤] ، مما أدى – كما ذكرنا – إلى سيادة النظرة « الكيفية » إلى الأشياء . فحين يتحدثون

(١) د . فؤاد زكريا ، التفكير العلمى ، الكويت ، سلسلة عالم المعرفة ، العدد ٣ ، ١٩٧٨ ، صفحة ١٤٥ .

(٢) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

(٣) د . فؤاد زكريا ، التفكير العلمى ، صفحات ١٤٥–١٤٦ .

(٤) المرجع السابق ، صفحة ١٤٩ .

عن خصائص العناصر الطبيعية يصفونها من خلال « كيفيات » فيقولون إنها حارة أو باردة ، خفيفة أو ثقيلة . أما التعبير « بالأرقام » عن درجة الحرارة أو الوزن فلم يخطر ببالهم ، لأن الرياضة فى نظرهم لها عالمها الرفيع الذى لا ينبغى أن يقترب من عالم الأشياء الأرضية . ولا شك أن هذه النظرة « الكيفية » إلى الطبيعة كانت تعنى تخلفًا تامًا فى العلوم التجريبية ، فلا غرابة فى ألا يبدأ بحث الطبيعة بحثًا علميًا دقيقًا إلا بعد انقضاء عصر الحضارة اليونانية بقرون عديدة[1] .

(٤)

النهضة العلمية ورواد العلم الحديث :

شهد القرن السابع عشر نهضة علمية عظيمة كان لها أبعد الأثر فى تغيير نظرة الإنسان إلى الكون والطبيعة . فى هذا العصر ظهرت بعض النظريات العلمية الحديثة ، وانطلقت العلوم انطلاقة رائعة نحو الآفاق الواسعة للتجربة العلمية[2] . وسوف نحاول أن نكشف هنا من خلال الآراء الجديدة التى نادى بها بعض علماء هذا العصر عن أبرز ملامح العلم الحديث . والحق أن هذه الملامح لم تظهر كلها دفعة واحدة عند أى واحد من العلماء ، ولكنها ظهرت بصورة متفرقة وبطريقة متدرجة لدى رواد العلم الحديث[3] .

ولنبدأ بكوبرنيقوس Copernicus(١٤٧٣-١٥٤٣) الذى نادى بضرورة تأسيس علم الفلك على الملاحظة الدقيقة ، وكان يرى أن الفروض العلمية البسيطة أقرب إلى الصواب من الفروض المعقدة . ولقد قسم حركة الأفلاك إلى ثلاث حركات : حركة الأرض حول نفسها ، وحركة الأرض حول الشمس ، ثم حركة الأرض مع الأفلاك الأخرى ، وكلها فى نظره حركات نسبية ، ولقد اتصفت بحوثه الفلكية بالدقة المنهجية الشديدة[4] . ومن الصعب علينا اليوم أن ننطق باسم كوبرنيقوس دون أن ترد على أذهاننا نقطة التحول التاريخية التى أحدثها كتابه « دورات الأجسام السماوية »[5] Revolution of the Heavenly Bodies الذى أهداه إلى البابا نفسه . ولقد يشعر المرء

---

(١) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

(٢) د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة - رؤية جديدة ، صفحة ٦٠ .

(٣) المرجع السابق ، صفحة ٦٥

(٤) المرجع السابق ، صفحة ٧١ .

(٥) د . نازلى إسماعيل حسين ، النقد فى عصر التنوير - كَنْت ، صفحة ١٣ .

بالحزن العميق إذا ما عرف أن كوبرنيقوس استلم – وهو على فراش الموت – نسخة مطبوعة من كتابه هذا ، قبل ساعات قليلة من مفارقته الحياة بتاريخ ٢٤ مايو سنة ١٥٤٣ ، ولكن من يدرى لعلنا يجب أن نستبدل الفرح بالحزن إزاء موقف كهذا ، وذلك لأن الموت قد جعل كوبرنيقوس بمنأى عن رجال الكنيسة ومؤامراتهم . فهل كان يرضى رجال الكنيسة أن يهدد كوبرنيقوس _أو غيره – نظام الفكر وتقاليده السائدة آنذاك ؟ وهل كانوا سيلتزموا الصمت عن أفكار تعارض ما جاء فى الكتاب المقدس وتهدد سلطانهم الذى فرضوه على الناس قرونا طويلة[١] ؟

ولعله من الواجب أن نذكر أن مقدمة الكتاب التى كتبها أوسياندر - Osiander صديق كوبرنيقوس الحميم – كانت تشير إلى أن النظرية لا تخرج عن كونها فرضًا وليست حقيقة ثابتة . ولقد أفادت هذه الملاحظة التى صيغت ببراعة فى سماح رجال الدين بتداول الكتاب[٢] ، ولكن هذا الكتاب كان يفعل ببطء ، وإن يكن بثبات ، فى حمل المفكرين على هجر نظرية تمركز الكون حول الأرض[٣] . إن كل معارفنا قد تأثرت تأثرًا عميقًا بالكشف العلمى الذى حققه كوبرنيقوس . فالقول بأن الأرض تدور حول الشمس ، ليس مجرد حقيقة فحسب ، وإنما هو ثورة علمية أثرت على مركز الإنسان فى الكون[٤] . إن كوبرنيقوس قد انتزع الإنسان من وضعه المركزى المتميز فى العالم الطبيعى[٥] . فلقد كانت الأرض هى مركز الكون ، ثم رأى الإنسان – على ضوء ما قال به كوبرنيقوس – أن وطنه ليس هو المركز الثابت المهيب للكون الذى يدور من حوله كل شىء ، إنما هو ضمن الشظايا المادية التى تدور حول نجم عادى من النجوم العديدة التى تزخر بها السماء[٦] . وأضحى كل ما يبدو لنا عظيمًا وهائلاً هو فى الواقع أقل أهمية عندما يقاس بمعايير الكون ، وأصبح من المستحيل اعتبار الإنسان تاج الخليقة أو بطل الرواية الكونية ، وبهذا اضطربت الميثولوجية

---

(١) د . عبد الله العمر ، ظاهرة العلم الحديث – دراسة تحليلية وتاريخية ، ص ٣٩ .

(٢) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

(٣) وولف (أ .) ، عرض تاريخى للفلسفة والعلم ، ترجمة محمد عبد الواحد خلاف ، القاهرة ، لجنة التأليف والترجمة والنشر ، ١٩٤٤ ، صفحة ٤٣ .

(٤) Reichenbach , H. , From Copernicus to Einstein , P. 13.

(٥) Popper , Karl R. , Conjectures and Refutations : The Growth of Scientifi knowledgeK LondonK Routledge and Kegan Paul , 1969 , P. 182 .

(٦) جينز (جيمس)، الفيزياء والفلسفة، ترجمة جعفر رجب ، القاهرة ، دار المعارف، ١٩٨١ ، صفحة ١٣ .

الكنيسة من الأساس[1] . وصار ممكنًا تقبل حقيقة أن الأرض تدور حول الشمس رغم تعارضها مع خبرتنا المباشرة ، ونحن لا نشعر اليوم بهذا التعارض لأننا نشأنا منذ الطفولة فى كنف هذا التصور الكوبرنيقى للعالم[2] . ومع ذلك لا يمكن إنكار أن التصور الكوبرنيقى يتعارض مع شهادة حواسنا ، وأن كل دليل مباشر يُظْهر أن الأرض تقف ساكنة بينما السماء هى التى تتحرك . وتتمثل أهمية كوبرنيقوس ، على وجه الدقة ، فى حقيقة أنه قد ناهض بإصرار الاعتقاد القديم المُعضّد بكل الخبرات الحسية المباشرة[3] . وهذا هو السبب فى أننا لا نستطيع مقارنة مَولدِ الفيزياء الحديثة بتلك الثورات العظيمة التى حدثت فى الماضى ، إذ أن فكرة كوبرنيقوس كانت تمثل مضمونًا جديدًا أُدْخِلَ إلى مفاهيم العلم فى عصره ، وبالتالى فقد أدت إلى تغيرات أكبر أثرًا فى العلم من الأفكار التى تقدمها الفيزياء الحديثة[4] .

(٥)

نظرية بطليموس ومعارضة كوبرنيقوس لها :

لقد وجد كوبرنيقوس أن الصورة السائدة للعالم ترتد إلى اليونانيين القدماء ، فلقد وضع بطليموس tolemy Claudius of Alexandrie (وهو عالم سكندى عاش فى القرن الثانى الميلادى) نظاما للعالم حوالى عام ١٤٠ ميلاديًا ، أوجزه فى كتابه الشهير « المجسطى » Almagestوالسمة الغالبة والهامة لنظام بطليموس هى القول بأن الأرض مركز العالم ، وأن قبة السماء تدور حولها حاملة معها النجوم والشمس والقمر[5] . لقد أدرك بطليموس أن الأرض كرويّة وأقر بهذا ، ورغم إقراره بكرويّة الأرض ، فإنه لم يعترف بحركتها[6] ، بل على العكس تمامًا ، دافع بشدة عن استحالة حركة

---

(١) وولف ، عرض تاريخى للفلسفة والعلم ، ترجمة محمد عبد الواحد خلاف ، صفحة ٤٣ .

(٢) ReichenbachK H., From Copernicus to Einstein, P. 13.

(٣) Ibid., P. 13

(٤) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٧ .

(٥) Reichenbach, H., From Copernicus to Einstein. P. 15.
وأيضا: ريشنباخ، نشأة الفلسفة العلمية، ص٩٣.

(٦) Ibid., P. 15 .

الأرض ، سواء أكانت تلك الحركة دورانية Botative motion أم انتقالية rogressive motion [1] . لقد تصور بطليموس أن تحرك الأرض يتنافى مع العقل ، ولقد برهن على ذلك متصورًا أن الأرض أثناء دورانها سوف تُخلّف الهواء وراءها ، كما ستُخلّف وراءها الأشياء التى يحتويها الغلاف الجوى ، كالطيور المحلقة التى لن تتمكن من اللحاق بدوران الأرض ، فسوف يتحتم عليها بدورها أن تتخلف[2] . كذلك الأمر بالنسبة للحركة الانتقالية للأرض ، فهى مستحيلة – فى رأى بطليموس – بنفس القدر ، لأن الأرض فى هذه الحال سنترك مجال السماء ، وسنرى جزءا صغيرًا من الكرة ليلا ، فى حين نرى الجزء الأكبر نهارًا . ولم يدرك بطليموس أن المسافات البينجمية فـ The interstellar distances(المسافات الواقعة بين النجوم) هى مسافات هائلة بحيث تجعل الانحراف الجانبى للأرض غير قابل للملاحظة على الإطلاق[3] .

ووفقًا للنسق الفلكى عند بطليموس تتميز الكواكب بحركة مشتركة ، فمسار الكواكب كما يلاحظ فى السماء يتم تحديده عن طريق تطابق المدارات الدائرية ، ونتيجة لذلك نشأ ما يسمى « بأفلاك التدوير » epicyles[4] . ولا شك أن بطليموس قد فهم طبيعة الحركات الكوكبية ، فقال بأن الشمس والقمر لهما مثبتان فى موقع محدد بين النجوم ، وإنما يتحركان فى مسارات دائرية خاصة بهما[5] . والكواكب ترسم أقواسًا ذات أشكال غريبة . أدرك بطليموس أنها نتيجة لحركتين دائريتين تتمان فى نفس الوقت ؛ مثل مسار شخص جالس فى أرجوحة تدور فى داخل أرجوحة أخرى أكبر منها . وما زال نظام بطليموس الفلكى ، الذى يُعْرَف أيضا باسم نظام مركزية الأرض geocentric system يُسْتَخدم اليوم فى الاجابة عن جميع الأسئلة الفلكية التى تقتصر

(١) Ibid P. 15

(٢) Ibid., P. 16.

(٣) Ibid., P. 16.

(٤) Reichenbach, H., From Copernicus to Einstein, P. 16.
وأيضا: ريشنباخ، نشأة الفلسفة العلمية، صفحة٩٣ .

(٥) Ibid., P. 17.

على الإشارة إلى الجانب الذى يُرَى من الأرض فى النجوم ، ولاسيما الأسئلة المتعلقة بالملاحة[1] .

(٦)

نظرية مركزية الشمس عند كوبرنيقوس :

على أن الفكرة القائلة إن الشمس ساكنة والأرض والكواكب تتحرك حولها ، لم تكن مجهولة لليونانيين[2] . فقد اقترح أرسطرخس الساموسى Arustarchus of Samos النظام المتمركز حول الشمس فى حوالى عام ٢٠٠ ق .م . ، ولكنه لم يتمكن من إقناع معاصريه بصوابه . ولم يكن فى استطاعة الفلكيين اليونانيين أن يأخذوا برأى أرسطرخس نظرًا إلى أن علم الميكانيكا كان فى ذلك الحين فى حالة متأخرة . مثال ذلك أن بطليموس اعترض على أرسطرخس بالقول إن الأرض ينبغى أن تكون ساكنة لأنها لو لم تكن كذلك لما سقط الحجر الذى يقع على الأرض فى خط رأسى . ولم تجر تجربة لإثبات خطأ بطليموس إلاَّ فى القرن السابع عشر . فقد أجرى بيير جاسند[3] Gassendi (١٥٩٢–١٦٥٥) تجربة على سفينة متحركة ، فاسقط حجرًا من قمة الصارى ، ورأى أنه وصل إلى أسفل الصارى تماما . ولو كانت ميكانيكا بطليموس صحيحة ، لوجب أن يتخلف الحجر عن

---

(١) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٣ .

(٢) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٣ .

وأيضا: بول موى ، المنطق وفلسفة العلوم ، ترجمة د. فؤاد زكريا ، القاهرة ، دار نهضة مصر، صفحة٧٤ .

وأيضا : Hull , L., History & Philosophy of Science , P . 75 .

نقلا عن : د. محمود فهمى زيدان، الاستقراء والمنهج العلمى، القاهرة، دار الجامعات المصرية، ١٩٧٧، صفحة ١٥١ .

(٣) يرى البير ريفوه فى كتابه : تاريخ الفلسفة ، الجزء الثالث ، أن مؤرخى الفلسفة قد اصطلحوا على تسميته بـ «جاسندى» نسبة إلى الأصل اللاتينى « جاسندوس » . (د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، هامش صفحة ٧٥) ولقد كان جاسند ، يمثل قبل ديكارت الفلسفة الحديثة فى فرنسا . اهتم بدراسة أبيقور ، ويعتبر كتابه عن « حياة ومؤلفات أبيقور » من أهم الكتب التى صدرت عن هذا الفيلسوف ، وعلى الرغم من ميول جاسند الكاثوليكية الدينية ، فإن كان يناصر آراء أبيقور فى الطبيعة والأخلاق ، كما ساند آراء كوبرنيقوس التى حاربتها الكنيسة ، ومما يذكر أيضا ، أنه كان صديقا لجاليليو مدافعا عن نظرياته . وكان جاسند مثل بيكون ، معارضا لأرسطو ، لم يقبل نظرياته المنطقية ، ولم يجد فيها ما يؤيد العلم الحديث ، وعلى الرغم من اطلاع جاسند على كبلر وكوبرنيقوس فإنه وجد فى الأبيقورية ، وفى نظريتها الذرية عن العالم ، وفى تفسيرها الطبيعى للكون ، حقائق بديهية لا يمكن الشك فيها .

(د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، صفحة ٧٥) .

حركة السفينة ، وأن يصل إلى سطح السفينة عند نقطة تقع فى اتجاه مؤخرتها . وهكذا أيد جاسند قانون جاليليو الذى كان قد اكتشف قبل ذلك بوقت قصير ، والذى يقول إن الحجر الهابط يحمل فى ذاته حركة السفينة ويحتفظ بها وهو يسقط[١] . ولم يقم بطليموس بتجربة جاسند لأن فكرة التجربة العلمية لم تكن مألوفة لليونانيين[٢] .

وإذا أردنا فحص البراهين التى قدمها كوبرنيقوس لنظريته الجديدة ، سنجدها غير كافية من وجهة نظر المعرفة التى لدينا اليوم ، ولكنه تمكن من تقديم آراء تتناسب مع البساطة التى يتميز بها نظامه . فهو لا يرى أن النجوم تتحرك بسرعة ضخمة فى مداراتها الهائلة ، ووجد الأقرب إلى الصحة أن الأرض تدور حول محورها ، لذلك فإن سرعة الحركة الموضعية فى كل بقعة تعتبر أصغر بالمقارنة بالسرعة الأصلية لحركة الأرض بدرجة كبيرة . ويرد كوبرنيقوس على اعتراض بطليموس ذاهبًا إلى أن هذا الأخير اعتقد أن الحركة الدورانية للأرض تتضمن قوة ، بينما هى فى حقيقتها حركة طبيعية تختلف قوانينها عن قوانين الحركة الاهتزازية المفاجئة اختلافًا تامًا . إن كل هذه الآراء التى قال بها كوبرنيقوس لم تكن مؤكدة بشكل حاسم . وإنّا لنعلم اليوم أن نظرية نيوتن تقدم أول برهان حقيقى على تصور كوبرنيقوس للكون . وفى هذا الدلالة الكافية على أن الأفكار الجديدة تستقر دعائمها بفضل قوة ما تتضمنه من حقيقة قبل أن يتحقق صدقها موضوعيًا بزمن طويل[٣] .

(٧)

قوانين كبلر :

لم يكن كشف كوبر نيقوس بقادر على أن بموافقة جميع الأوساط العلمية لو لم تكن أبحاث كبلر (يوهان) Kepler , J .(١٥٧١ – ١٦٣٠) قد أدخلت عليه بعض التحسينات . ولقد كان كبلر معاصرًا لجاليليو ، وكان أستاذًا للعلوم والأخلاق فى جراتز ، ولقد اهتم بدراسة الرياضيات اهتمامًا كبيرًا وعرف بعض قوانين الهندسة الفراغية ، وكيف

(١) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٣ .

(٢) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

(٣) Reichenbach , H . , rom Copernicus to Einstein , P . 18 .
وأيضا : رشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٦ .

تتكون السطوح من مجموعة لامتناهية من السطوح الصغيرة . ولقد عنى عناية خاصة بقياس هذه السطوح . وكان العالم فى نظره نموذجًا للكمال الإلهى ووحدة متناسقة تخضع للإنسجام والتناسب بين أجزائها ، ولقد حاول أن يوفق بين نظرية كوبرنيقوس فى حركة الأفلاك ونظرية عقول الأفلاك التى قال بها أرسطو ، فكل فلك فى نظره يحركه عقل ، ومن الممكن أن نتصور نفسًا واحدة هى المحركة للعالم كله ، ولكننا يجب أن نقيس هذه الحركات بالحساب الرياضى الدقيق ، وأن نعبر عن الظواهر الطبيعية بلغة الرياضة وبالقوانين الحسابية[1] . ويبدو أنه اهتم بدراسة البصريات وأنه توصل قبل ديكارت إلى اكتشاف بعض قوانين انكسار الضوء[2] . وكان كبلر تلميذًا لعالِم الفلك الدانمركى تيكو براهى Tycho Braho(١٥٤٦ – ١٦٠١) الذى ذاعت شهرته كمصمم للأجهزة الدقيقة لا كباحث نظرى . إستعان كبلر بالملاحظات التى خلفّها أستاذه فى محاولة تحديد مدار كوكب المريخ MarsKواعتقد فى أول الأمر أن مداره دائرى ، ولكن تبين له أن هناك إنحرافًا ضئيلاً جدًا بين الدائرة والمدار الحقيقى ، وبلغ هذا الانحراف ثمان دقائق فى القوس ، أى ربع القطر الظاهرى للشمس ، فعاود البحث من جديد عن المدار الحقيقى للمريخ[3] . وبعد عناء دام تسع سنوات ، جرب خلالها تسعة عشر مدارًا مختلفًا ، وأهتدى أخيرًا إلى المدار البيضاوى[4] . كما إستطاع بفضل القياسات المحضة التوصل إلى صياغة قوانين ثلاثة اشتهرت باسم قوانين كبلر The Kepler s lawsوهى :

١ – إن الكواكب تدور فى أفلاك على شكل قطع ناقص ellipseتقع الشمس فى بؤرته .

٢ – لايسير الكوكب بانتظام بل يسير بحيث يكون الخط الواصل بين مركزه ومركز الشمس محدثًا مع فلك الكوكب مساحات متساوية فى أوقات متساوية .

٣ – مربعات الأوقات التى تستغرقها الكواكب فى إتمام دورتها تتناسب طرديًا مع مكعبات متوسط أبعادها عن الشمس .

---

(١) د . نازلى إسماعيل حسين ، الفلسفة الحديثة – رؤية جديدة ، صفحة ٧٢ .

(٢) المرجع السابق ، نفس الموضع .

(٣) بول موى ، المنطق وفلسفة العلوم ، صفحة ٥٤ .

(٤) المرجع السابق ، نفس الموضوع .

وبهذا لم يتناول كبلر حركات الكواكب من نواحيها الهندسية والزمنية فحسب ، بل حاول لأول مرة فى تاريخ الفكر الإنسانى أن يبين ميكانيكيًا حركات الكواكب[1] ولقد اعتقد كبلر أن الشمس تبعث خطوط قوى مغناطيسية تؤثر على الكواكب وتلزمها السير فى مداراتها البيضاوية[2] .

وعلى الرغم من أن اكتشافات كبلر الدقيقة قد أسهمت فى تطوير وإكمال الصورة الفلكية للعالم بشكل ملحوظ ، فهى فى أساسها كوبرنيقية ، وإن اختلفت بقدر كبير عن فكرتنا الكوبرنيقية عن العالم . فلقد اتفق كل من كوبرنيقوس وكبلر على أن المجموعة الشمسية قد شغلت الفراغ الكونى ، وما النجوم بالنسبة لهما – كوبرنيقوس وكبلر – إلاّ نقاط دقيقة فى كرة السماء التى شغلت العالم ككل . ويختلف كبلر عن كوبر نيقوس فيما ذهب إليه من أن الكوكب لا يدور فى شكل دائرى دائمًا ، وإنما فى شكل بيضاوى[3] .

(٨)

جاليليو وبداية العلم الحديث :

إن إكتشاف المنظار المقرب Telescope أسهم فى إحداث التقدم الحاسم فى علم الفلك بعد كبلر ، إذ أدى تطوير وسائل الملاحظة . وعلى الرغم من أن جاليليو Galileo (١٥٦٤–١٧٤٢) لم يكن أول من اخترع المنظار المقرِّب ، فالفضل يرجع إليه فى تصميم أول منظار عملى استخدم فى ملاحظة السماء ، ولقد قام جاليليو بتوجيه منظاره إلى القمر فتعرف على البقع الموجودة على سطحه على أنها جبال ضخمة بالنظر إلى مظهرها الخشن المتعرج وكان ذلك عام ١٦١٠[4] . وإذا كان علم الفيزياء يُعْتَبر أكثر العلوم تقدمًا فى الوقت الحاضر ، فإن البداية الحقيقية لهذا العلم كانت على يد جاليليو[5] . ولكى يكون

(١) أ . وولف ، عرض تاريخى للفلسفة والعلم ، صفحة ٤٧ .

(٢) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

(٣) Reichenbach , H . , From Copernicus to Einstein , P . 22 .

(٤) Reichenbach , H . , From Copernicus to Einstein , P . 22 .

(٥) Russell , B . , Human Knowledge , London , George Allen and Unwin Ltd . , 1976 , P . 29 .

فى وسعنا أدراك حقيقة الانجاز الذى حققه جاليليو فى هذا المجال ، علينا أن نلقى نظرة سريعة على الفكر السائد فى عصره[١] .

لقد كان العلماء المعاصرون لجاليليو والذين اعتادوا تعظيم فكر أرسطو يعتقدون بأن هناك أنواعا عديدة من الحركة[٢] . بعض هذه الأنواع خاص باجرام السماء ، والبعض الآخر خاص بالأجسام الأرضية ، وأن الحركة التى تخضع لها المادة الجامدة تختلف عن تلك التى تخضع لها أجسام الكائنات الحية . كما سايروا أرسطو فى القول بأن كل كائن حى له « نفس » . وتختلف النفوس باختلاف أنواع الكائنات[٣] ، كما قالوا بوجود العناصر الأربعة : التراب والماء والهواء والنار . وأن التراب والماء أثقل من الهواء والنار . ويتميز التراب والماء بحركة طبيعية هابطة ، أما الهواء والنار فحركتهما الطبيعية صاعدة . كما اعتقدوا أيضًا فى وجود « عنصر خامس » فى الطبقات الأعلى من السماء وهو النار المتسامية[٤] .

عندما جاء جاليليو أدخل إلى علم الفيزياء أفكارًا ومبادئ أساسية ظلت قائمة حتى القرن الحالى ، ولقد ساهم فحص جاليليو لقوانين سقوط الأجسام فى قيام الفيزياء الرياضية[٥] ، مع أن الجهاز الذى صممه كان بدائيًا تمامًا ، فعلى سبيل المثال لم يستخدم ساعة للميقات بالمعنى الحديث للكلمة ، بل استعاض عنها بالساعة المائية التى هى عبارة عن وعاء ينسكب منه الماء ، ورغم كل هذا فقد حدد جاليليو العلاقة بين المسافة والزمن بالنسبة لحركة سقوط الأجسام . كما حدد أيضًا قانون العجلة[٦] . وأخيرا وضع جاليليو القانون الأساسى للحركة ، وهو قانون القصور الذاتى فـ The law of inertia والمعروف « بالقانون الأول » من قوانين نيوتن فى الحركة . وينص القانون – كما صاغه نيوتن فيما بعد – على : « أن كل جسم يستمر فى الحالة التى هو عليها من سكون أو حركة منتظمة فى خط مستقيم ، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تضطره إلى تغيير تلك الحالة[٧] .

---

(١) Ibid., P. 29.

(٢) Ibid., P. 29.

(٣) Ibid., P. 29.

(٤) Russell, B., Human Knowledge, P. 29.

(٥) Ibid., PP, 29 - 30 ,

(٦) Reichenbach, H., FRom Copernicus to Einstein, P. 24.

(٧) Russell, B., Human Knowledge, P. P. 30.

وعلى الرغم من أن هذه القوانين تبدو وكأنها مجرد أجزاء من الحقيقة الشاملة ، فهى تعطى الدلالة على تقدم غير عادى بالقياس إلى الفترة السابقة التى لم يهتم فيها أحد بتجميع المعطيات الحسية ، والتى ساد خلالها الاعتقاد بأن كل من يريد أن يتعلم عليه أن يكتشف المجهول بواسطة الفكر التأملى المحض . إن الإنفجار العظيم الذى أحرزه جاليليو هو أنه قام بتوجيه دفة البحث نحو الطبيعة[١] . لقد أعطى جاليليو للعلم الحديث منهجه الكمى التجريبى ، فالتجارب التى قام بها لإثبات قانون سقوط الأجسام حددت أنموذج المنهج الذى يجمع بين التجربة وبين الصياغة الرياضية لنتائج هذه التجربة . وبفضل جاليليو اتجه جيل من العلماء إلى إستخدام التجارب فى الأغراض العلمية . ومع ذلك ، فإن هذا التحول العام إلى إستخدام المنهج التجريبى لا يمكن أن يُعد نتيجة لجهد شخصى واحد ، ويفضل « ريشنباخ أن يفسره على أنه نتيجة لتغير فى الظروف الاجتماعية حرر أذهان العلماء من الاهتمام بالعلم اليونانى فى صورة النزعة المدرسية (الاسكلائية) ، وأدى بطريقة طبيعية إلى قيام علم تجريبى[٢] .

لقد تصدى جاليليو بشجاعة لتعاليم ارسطو ، التى كانت سائدة فى عصره ، والتى كان يدعمها نفوذ الكنيسة الكاثوليكية ، تلك التعاليم التى كانت تقول بأن الحركة ممكنة فقط مع وجود قوة ، وأنها تتوقف حتما بدونها . أوضح جاليليو عن طريق قانون القصور الذاتى أن سبب توقف الأجسام المتحركة هو بالعكس وجود قوة الاحتكاك ، ولو لم تكن هذه القوة موجودة لتحركت الأجسام حركة أبدية[٣] فلقد كان الاعتقاد السائد فى عصر جاليليو هو أن حركة الأجسام الأرضية تنزع نحو التباطؤ فى سرعتها حتى تتوقف عن الحركة تماما ، فالكرة التى تتحرك على ملعب – مهما كان هذا الملعب أملسًا – تركن إلى السكون بعد فترة من الزمن[٤] . أما أجرام السماء فتواصل حركتها فى مدارتها دون أن تفقد سرعتها لأنها لا تسير فى خطوط مستقيمة . ولكن وفقا لقانون القصور الذاتى . فإن ما يعوق حركة الأجسام الأرضية أو حركة النجوم فى مداراتها المنحنية لا يمكن تفسيره بشىء كامن فى طبيعة الأجسام ، بل بتأثير البيئة المحيطة بهذه الأجسام[٥] .

---

(١) Reichenbach , H . , FRom Copernicus to Einstein , P . 24 .

(٢) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٥ .

(٣) لانداو ورومر ، ما هى نظرية الفلسفة ؟ موسكو ، دار « مير » ١٩٧٤ صفحة ٢١ .

(٤) Russell , B . , Human Knowledge , P . P . 30 .

(٥) Russell , B . , Human Knowledge , P . P . 30 .

وتتمثل أهمية الآراء التى قال بها جاليليو فى أنها :

١ – حطمت بشكل قاطع التمييز الأرسطى بين الأرض والسماء بالكشف عن زيف الفكرة القائلة بكمال الأجسام السماوية ، وأحلت اتساق الطبيعية محل التسلسل القديم بين كائنات تعلو بعضها فوق بعض .

٢ – أثبتت نظرية كوبرنيقوس ، وخرجت بها من حيز الرياضيات إلى حيز الوجود الطبيعى .

٣ – أخضعت كل الأجسام لنوع واحد من القوانين .

٤ – فسرت حركة الأجسام عن طريق القوانين الديناميكية ، لا عن طريق علل غير مادية .

وكان من الطبيعى أن تثير مثل هذه الآراء عاصفة من المعارضة الشديدة شنها أولئك العلماء المعاصرون لجاليليو الذين كانوا يقدسون أفكار أرسطو ، ولقد كشف جاليليو عن موقف هؤلاء العلماء فى الخطاب الذى كتبه إلى كبلر[1] ، والذى قال فيه :

« أشكرك كثيرًا لاهتمامك الفورى بابحاثى ، وبذا تكون أول شخص وغالبًا الشخص الوحيد الذى يقتنع بمناقشاتى اقتناعًا تامًا ، ولا يتوقع المرء غير هذا من رجل فى مثل حرصك وصراحتك ، ولكن ما الذى يمكن أن تقوله لفلاسفة جامعاتنا الذين رفضوا إلقاء نظرة على أى من القمر أو المنظار المقرب رغم الحاحى فى دعوتهم إلى ذلك . أنهم يغمضون أعينهم عن نور الحقيقة ؟ إن أولئك المتزمتين الذين يعتبرون الفلسفة نصوصًا كالأوديسة Odyssey أو الإنيادة Aeneid ويعتقدون أن الحقيقة سوف تتكشف – كما يؤكدون هم أنفسهم – من خلال مقارنة النصوص بعضها ببعض ، لا عن طريق دراسة العالم أو الطبيعة . ومن المضحك أن تسمع بعضهم يدحض وجود الكواكب الجديدة بحجج منطقية محضة ، كما لو كانت هذه الأجرام مجرد طلاسم سحرية . كما يروى جاليليو كيف رفض عالم آخر النظر إلى المنظار المقرَّب بحجة « أن ذلك سيؤدى إلى زعزعة ثقته فى معتقداته » .

(١) Reichenbach , H. , FRom Copernicus to Einstein , P . 24 .

يوضح النص السابق ما حدث حين وضع جاليليو المنظار المقرّب فـ Telescope وطلب إلى زملائه أن ينظروا خلاله إلى الأقمار الأربعة التى اكتشفها جاليليو والتى تدور حول كوكب المشترى Jupiter فرفضوا إلقاء نظرة ، وبنوا رفضهم على أساس أنهم بحثوا فى كتب أرسطو فلم يجدوا فيها ذكرًا لمثل هذه التوابع المزعومة للمشترى ، فمن ظن أنه رأى توابع للمشترى كان واهمًا مخدوعًا . وتدل هذه الواقعة على أن الإنسان قد يتأثر بما عرفه عن الأقدمين ، حتى يتنكر لما تراه عيناه احتفاظًا بالثقة فى الأقدمين . وهذا النوع من الأخطاء أطلق عليه فرنسيس بيكو Bacon, F. (١٥٦١ – ١٦٢٦) اسم « أوهام المسرح » ومن أوضح الأمثلة على ذلك ما حدث لجاليليو أيضًا حين أخبر زملاءه من أساتذة جامعة بيزا بأن كل الأجسام تسقط بسرعة واحدة رغم اختلاف كتلتها . أنكر عليه زملاؤه ذلك استنادًا إلى ما قاله أرسطو من أننا إذا القينا بجسمين مختلفى الثقل من مكان مرتفع ، فان الأثقل يصل إلى الأرض قبل الأخف . أمام هذا الإنكار صعد جاليليو إلى برج بيزا المائل ، والقى بجسمين مختلفى الوزن – بعد أن فرّغ الهواء الذى يؤثر فى سرعة سقوطهما – فسقط الجسمان فى وقت واحد . فوجىء زملاء جاليليو بهذه التجربة ، وزعموا إزاء ذلك أن أعينهم لابد أن تكون قد خدعتهم فيما رأوا ، لأن أرسطو لا يخطىء ، وأعجب من ذلك أنهم أنّبوا جاليليو لأنه فكر فى البحث فى موضوع سبق أن عالجه أرسطو وابدى فيه رأيًا[1] .

(٩)

نيوتن : تطبيق الرياضة على الطبيعة :

لم يتوقف النشاط العلمى عند حدود دراسة الظواهر الطبيعية وتسجيل أسباب هذه الظواهر ، بل امتد إلى مجال أرحب هو البحث عن القوانين العامة التى تنطبق على أكبر عدد ممكن من الظواهر والتنبؤ بحدوثها فى المستقبل . وقد تحقق ذلك بفضل الاستعانة بالعلوم الرياضية وصياغة القوانين الطبيعية بطريقة رمزية ، ولقد تم ذلك بصورة واضحة من خلال النظرية الميكانيكية التى وضعها اسحق نيوتن . كما استمد العلم الحديث قوته من اختراع « المنهج الفرضى الاستنباطى » hypothetico - deductive method وهو المنهج الذى يضع تفسيرًا فى صورة فرض رياضى يمكن استنباط الوقائع الملاحظة منه . وهو

(١) د . توفيق الطويل ، أسس الفلسفة ، القاهرة ، دار النهضة العربية ، ١٩٧٦ ، صفحة ١٩٠ .

الذى يسمى أيضا « بالاستقراء التفسيرى » explanatory induction ويقوم على أساس الجمع بين المنهج الرياضى ، وبين استخدام التجارب ، واتخاذ الاثنين معًا كمعيار للصواب . إن تأكيد قدرة المنهج الرياضى على تحليل العالَم الفيزيائى كان ينطوى على أكثر من تأكيد لهذه القدرة ، إذ كان يعنى مضاعفتها بحيث تؤدى إلى نجاح أضخم بكثير من كل ما تحقق من قبل[١] .

وعلى أساس المنهج الفرضى الاستنباطى قام قانون تجاذب الكتل عند نيوتن . هذا القانون ، الذى يشيع إطلاق اسم قانون الجاذبية gravit-ation عليه ، يتخذ صورة معادلة رياضية بسيطة إلى حد ما ، ويقول هذا القانون بإن « كل جسم يجذب كل جسم آخر بقوة تتناسب مع كتلته تناسبًا طرديًا ، وتناسبًا عكسيًا مع مربع المسافة بينه وبين الجسم الآخر »[٢] . وهو من الوجهة المنطقية يؤلف فرضًا لا يمكن تحقيقه مباشرة[٣] . فمن المؤكد أن هذا القانون هو قضية كلية ، ولكن ليس فى وسع المرء أن يثبت بطريقة يمكن تصورها وجود قوى الجاذبية[٤] . من خلال الحالات الواقعة أمام ناظريه . فليس فى مقدورنا إدراك قوة الجاذبية إدراكًا حسيًا بين الأجسام التى نلاحظها . ولن يكون ذلك فى مقدورنا أبدًا – إننا ندرك عن طريق الحواس حركة الأشياء كسقوط الأحجار أو الأجسام ولكننا لا ندرك قوة الجاذبية . والقانون يتعامل فحسب مع قوى لا مع حركات واقعية[٥] . إن البرهان التجريبى على القانون المسمى بقانون الجاذبية يتم بطريقة غير مباشرة ، مادام من الممكن ؛ كما أوضح نيوتن ؛ أن نستخلص منه جميع نتائج الملاحظات التى تلخصها قوانين كبلر ، بل إن الأمر لا يقتصر على ذلك ، وانما يمكن بالمثل استخلاص قانون سقوط الأجسام عند جاليليو ، وكثير غيره من الوقائع الملاحظة ، كظاهرة المد والجزر فى إرتباطها بمواقع القمر[٦] .

إن المبادئ الأساسية لنظرية نيوتن الديناميكية قد صيغت فيما يسمى بقوانين نيوتن فى الحركة ، وهى :

---

(١) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٥ .

(٢) Kneale , W. , Probability and Induction , London , 1949 , P . 99 .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٧ .

(٤) Kneale , W. , Probability and Induction , P . 99 .

(٥) Ibid . , P . 99 .

(٦) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٧ .

١ – إن كل جسم يستمر فى الحالة التى هو عليها من سكون أو حركة منتظمة فى خط مستقيم ما لم يتعرض لقوة ما تؤدى إلى تغيير تلك الحالة » .

٢ – إن التغير فى الحركة يتناسب تناسبًا طرديًا مع القوة الواقعة على جسم ما ، ويتخذ اتجاه التغير نفس الاتجاه الذى أحدثته هذه القوة » .

٣ – يوجد دائما لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه »[١] .

ويرى وليم نيل .Kneale, W أن هذه القضايا الثلاث ليست قوانين بالمعنى المألوف ، ولكنها بالأحرى مصادرات أو مسلمات ostulatesتحدد تعريف فكرة القوة وارتباطها بالحركة[٢] . إن كل قضية من هذه القضايا لا يمكن اختبارها اختبارًا مباشرًا ولكن النظرية ككل يمكن التحقق من نتائجها[٣] .

(١٠)

نيوتن ومنهج العلم الحديث :

ولقد أدرك نيوتن أن نجاح نظريته يتوقف على التأييد المستمد من تحقيق نتائجها . وكان عليه ، من أجل استخلاص هذه النتائج ، أن يبتدع منهجًا رياضيًا جديدًا ، هو حساب التفاضل (اكتشف ليبنتس Leibniz 1646 - 1716 حساب التفاضل مستقلا عن نيوتن) ، غير أنه لم يكتف بهذا النصر الاستنباطى ، وإنما أراد الوصول إلى دليل كمى مبنى على الملاحظة ، واختبر نتائجه عن طريق القيام بملاحظات للقمر ، لقد أدرك نيوتن بنظرته العبقرية أن قوة الجاذبية التى تصورها جاليليو فى نظريته عن سقوط الأجسام ، لها دلالة تتجاوز نطاق الكرة الأرضية ، وأن قوة التجاذب هذه تمثل خاصة لكل كتلة ، بل وتحدد مسار الكواكب خلال فضاء الكون . تلك النظرة الثاقبة إلى طبيعة الأشياء كانت مصحوبة بالحذر الرائع لنيوتن فى تحليلاته العلمية . بادئًا بالفرض الصحيح القائل إن قوة التجاذب تتناسب طرديًا مع المسافة ، فقد قدر نيوتن جاذبية الأرض بالنسبة للقمر ، على حين كان جاليليو قد قدرها بالنسبة إلى جسم على سطح الأرض ، وبالتالى

---

(١) Kneale , W . , Probability and Induction , P . 100 .

(٢) Kneale , W . , Probability and Induction . P . 100 .

(٣) Ibid . , P . 100 .

فقد حسب نيوتن الفترة الزمنية التى يحتاجها القمر للدوران حول الأرض . إذ أن جاذبية الأرض هى علة cause حركة القمر . كل ذلك كان تطويرًا رائعًا للفكرة الأصلية[١] . غير أن أمله خاب عندما وجد أن نتائج الملاحظة لا تتفق مع حساباته ، فما كان من نيوتن إلاَّ أن أودع المخطوط الذى دون فيه نظريته فى أحد أدراجه ، بدلا من أن يجعل للنظرية ، مهما كان تناسقها ، الأفضلية على الوقائع وكان ذلك عام ١٦٦٦ . وبعد حوالى عشرين عامًا ، قامت بعثة فرنسية بقياسات جديدة لمحيط الكرة الأرضية ، أدرك منها نيوتن أن الأرقام التى كان قد بنى عليها اختباره لم تكن صحيحة ، وأن الأرقام الأدق تتفق مع حسابه النظرى . ولم ينشر نيوتن قانونه إلاَّ بعد هذا الاختبار[٢] .

حينذاك تلقت ميكانيكا نيوتن التأييد ، وبدت لمعاصريه وكأنها عصا سحرية ، فلقد حولت نظريته الحقائق الأساسية للقرون السابقة إلى نظام متسق يحتوى على نظرية كوبرنيقوس عن حركة الكواكب المركزية حول الشمس ، وقوانين كبلر عن مدارات الكواكب ، وقوانين جاليليو الخاصة بسقوط الأجسام . حينئذ ظهرت القوانين التى تؤيد صحة تصور كوبرنيقوس عن الكون ، فتم لها بذلك استقرار مكانتها العلمية . فقبل هذا كان التصور الكوبرنيقى يبرر نفسه بإزاء التصور البطليموسى بمجرد الدعوى بأنه يمثل صورة العالَم بطريقة أبسط[٣] . أما الآن فلقد أصبح ذلك التصور الكوبرنيقى – بفضل علم الميكانيكا النيوتنى – هو التصور الأوحد الذى يمكن قبوله . فالآن أمكن توضيح القيمة الحقيقية لهذا التصور الكوبرنيقى الذى يفسر الظواهر الطبيعية على أنها نظام كونى تحكمه القوانين العلمية[٤] .

والحق أن ما قام به نيوتن يمثل أروع نماذج المنهج العلمى الحديث . فمعطيات الملاحظة هى نقطة بدء المنهج العلمى ، غير أنها لا تستنفد هذا المنهج ، وإنما يكملها التفسير الرياضى ، الذى يتجاوز بكثير نطاق إقرار ما لوحظ بالفعل ، ثم تطبق على التفسير نتائج رياضية تُظهِر صراحة نتائج معينة توجد فيه بصورة ضمنية ، وتُختبر هذه النتائج الضمنية بملاحظات . هذه الملاحظات هى التى نترك لها مهمة الإجابة « بنعم » أو « لا » ،

---

(١) Reichenbach , H . , From Copernicus to Einstein , P . 25 .

(٢) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٧ .

(٣) Reichenbach . H . , From Copernicus to Einstein , P . 26 .

(٤) Ibid . , P . 27 .

ويظل المنهج إلى هذا الحد تجريبيا[1] . غير أن ما تؤكد الملاحظات صحته يزيد كثيرًا عن ما تقوله مباشرة . فهى تثبت تفسيرًا رياضيًا مجردًا ، أى نظرية يمكن استنباط الوقائع الملاحظة منها بطريقة رياضية . لقد كان لدى نيوتن من الشجاعة ما يجعله يغامر بتفسير مجرد ، ولكن كان لديه أيضا من الفطنة ما يجعله يمتنع عن تصديقه قبل أن يؤيده اختبار قائم على الملاحظة[2] .

ولقد تتابعت الاختبارات القائمة على الملاحظة المؤيدة لنظرية نيوتن . فعن طريق تجربة بارعة ابتدعها كافندش Cavendish أمكن اختبار قوة الجاذبية الصادرة عن كرة من الرصاص لا يزيد قطرها عن قدم . ثم أمكن فيما بعد حساب انحرافات الكواكب عن مداراتها ، وهى الانحرافات التى تسببها قوى الجاذبية المتبادلة ، كما أمكن تحقيق هذه الحسابات بأساليب أكثر دقة فى الملاحظة[3] . وأخيرًا تنبأ الرياضى الفرنسى « لوفرييه » Leverrier (وكذلك الفلكى الانجليزى آدامز Adams على نحو مستقل عنه) بوجود كوكب كان مجهولاً حتى ذلك الحين ، هو الكوكب نبتون Neptune وذلك على أساس حسابات اتضح منها أن الانحرافات الملاحظة فى بعض الكواكب لابد أن تكون راجعة إلى هذا الكوكب الجديد . وعندما وجه الفلكى الألمانى « جاله » Galle منظاره إلى تلك المنطقة من السماء ، التى كان لوفرييه قد حسبها ، رأى بقعة ضئيلة يتغير موقعها تغيرًا بسيطًا من ليلة إلى أخرى ، وهكذا اكتُشِفَ الكوكب نبتون (١٨٤٦)[4] .

ويمكن القول إن الفيزياء الكلاسيكية ظلت حتى أواخر القرن التاسع عشر تلقى نجاحًا كاملاً فى تفسير الظواهر الطبيعية المتفقة مع المقاييس الإنسانية ، وحققت أيضا نجاحًا تامًا حتى على المستوى الأكبر فى الفلك[5] . فقوانين نيوتن تنبئنا بدقة بمستقبل النظام الشمسى شرط أن نعرف بالضبط مواقع الكواكب بالنسبة للشمس فى لحظة معينة[6] . ووفقًا لقوانين نيوتن فإن التغيرات التى تحدث فى العالَم عند أية لحظة تعتمد فقط على حالة العالَم عند تلك اللحظة ، والحالة تُحَدَّد بمواضع وسرعات الأجسام .

---

(١) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٧ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٩٨ .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٨ .

(٤) المرجع السابق ، نفس الصفحة .

(٥) جينز (جيمس) ، الفيزياء والفلسفة ، صفحات ١٦٧ – ١٦٨ .

(٦) جون كمينى ، الفيلسوف والعلم ، ترجمة الدكتور أمين الشريف ، القاهرة ، ١٩٦٥ ، صفحة ٢٧٤ .

فتغيرات المواضع تحددها السرعات ، وتغيرات السرعات تحددها القوى ، والقوى بدورها محددة بالمواضع . فإذا أمكننا معرفة حالة العالم عند أى لحظة ، استطعنا أن نتنبأ بالسلوك والمعدل الذى سوف تتغير به هذه الحالة . وإذا عرفنا هذا يمكننا التنبؤ بالحالة فى اللحظة التالية ، ثم نعتمد على ذلك كمرحلة انتقالية فنتنبأ بالحالة فى لحظة بعدها وهكذا بغير حدود[1] .

والواقع أن المنهج الرياضى هو الذى أكسب فيزياء نيوتن قدرتها على التنبؤ . وعلى كل من يتحدث عن العلم التجريبى أن يذكر أن الملاحظة والتجربة لم يتمكنا من بناء العلم الحديث إلاَّ لأنهما اقترنتا بالاستنباط الرياضى . فالفيزياء عند نيوتن تختلف اختلافًا كبيرًا عن صورة العلم الاستقرائى التى رسمها فرانسيس بيكون قبل جيلين من عهد نيوتن ، إذ أن أى عالِم لم يكن ليستطيع ، لو اقتصر على جمع الوقائع الملاحظة ، كما يتمثل فى قوائم بيكون ، أن يكتشف قانون الجاذبية . فالاستنباط الرياضى مقترنًا بالملاحظة هو الأداة التى تعلل نجاح العلم الحديث[2] .

ولقد كان أوضح تعبير عن تطبيق المنهج الرياضى هو مفهوم السببية كما تطور نتيجة للفزياء الكلاسيكية ، أى لفيزياء نيوتن ، مما أدى إلى تفسير العالم الطبيعى وفقًا لنظام من العلية الذاتية التى تستبعد تأثير أية قوى من خارج العالم[3] . واتضح أن أى نظام ديناميكى مستقل كنظام الشمس والكواكب تكون كمية حركته فى كل الاتجاهات ثابتة . وعلى ذلك فإن الكون الذى تحرك فى لحظة ما سوف يظل محتفظًا بحركته إلى الأبد ما لم تحدث معجزة تؤدى إلى توقف هذه الحركة[4] . ولما كان من الممكن التعبير عن القوانين الفيزيائية فى صورة معادلات رياضية ، فقد بدا كأن من الممكن تحويل الضرورة الفيزيائية إلى ضرورة رياضية . فلنتأمل مثلاً القانون القائل أن حركات المد تتبع موقع القمر ، بحيث يتجه جزء من المحيط صوب القمر ، ويتجه الجزء الآخر فى الاتجاه المضاد . على حين أن الأرض تدور تحت هذا الجزء وتجعله ينزلق فوق سطحه . هذه واقعة ملاحظة . وعن طريق تفسير نيوتن يتضح أن هذه الواقعة نتيجة لقانون رياضى ، هو قانون الجاذبية ،

---

(١) جينز ، الفيزياء والفلسفة ، صفحة ١٥١ .

(٢) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٨ .

(٣) Russell, B., Human Knowledge, P. 30.

(٤) Ibid., P. 30.

وبذلك ينتقل يقين القانون الرياضى إلى الظواهر الفيزيائية . فقوانين الطبيعة لها تركيب القوانين الرياضية وضرورتها وشمولها – تلك هى النتيجة التى يؤدى إليها علم فيزيائى يتنبأ بوجود كوكب بقدر من الدقة يكفى المرء معه أن يوجه منظاره نحوه لكى يراه[1] .

(١١)

الحتمية فى الفيزياء الكلاسيكية :

وهكذا بدأ القانون الرياضى أداة للتنبؤ ، لا أداة للتنظيم فحسب ، واكتسب عالِم الفيزياء بفضله القدرة على التنبؤ بالمستقبل . وبدأ التعميم البسيط الذى يتم فى الاستدلال الاستقرائى التعدادى أداة هزيلة إذا ما قورن بقدرة المنهج الفرضى الاستنباطى . فكيف يمكن تفسير هذه القدرة ؟ لقد بدأ الجواب واضحًا : فلابد أن يكون هناك نظام دقيق بين جميع الحوادث الفيزيائية ، تعكسه العلاقات الرياضية ، وهو نظام يعبر عنه لفظ السببية[2] . ولو لم نكن نعرف هذا النظام فى كل الأحوال ، ولو بدا أنه سيكون من المستحيل فى أى وقت معرفته معرفة كاملة ، لكان هذا الإخفاق راجعًا إلى نقص الإنسان[3] . ولقد عبر لابلاس Laplace عن ذلك فى تشبيهه المشهور الذى قال فيه : « إنه لو استطاع عقل ما أن يعلم فى لحظة معينة جميع القوى التى تحرك الطبيعة ، وموقع كل كائن من الكائنات التى تتكون منها ، ولو كان ذلك العقل من السعة بحيث يستطيع إخضاع هذه المعطيات للتحليل ، لاستطاع أن يعبر بصيغة واحدة عن حركة أكبر أجسام الكون وعن حركات أخف الذرات وزنًا ، ولكان علمه بكل شىء علمًا أكيدًا ، ولأصبح المستقبل والماضى ماثلين أمام ناظريه كالحاضر تماما » . هذه الحتمية الفيزيائية هى أعم نتيجة لفيزياء نيوتن[4] .

والحتمية كما عرّفها كلود برنار Bernard(١٨١٣ – ١٨٧٨) هى أن نسلم تسليمًا بديهيًا بأن « شروط كل ظاهرة ، سواء أكان ذلك فى الأجسام الحية أم فى الأجسام

(١) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٩ .

(٢) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٩ .

(٣) المرجع السابق ، صفحة ١٠٠ .

(٤) Russell , B . , Human Knowledge , pp . 29 - 30 .

الجامدة ، محددة تحديدًا مطلقًا » . ومعنى هذا بعبارة أخرى أنه متى عرف شرط ظاهرة ما وتم تهيؤه ، وجب أن تحدث الظاهرة دائمًا[1] .

ويرى كلود برنار ضرورة أن يؤمن العالِم إيمانًا راسخًا بالفكرة القائلة بأن الظواهر تحكمها قوانين ثابتة . وإذا بدأ العالِم من هذا المبدأ القائل بأن ثمة قوانين ثابتة لا تتغير فقد اقتنع بأن الظواهر لا يمكن أن تتعارض أبدًا إذا هى لوحظت فى نفس الظروف . ولسوف يعرف أن ما قد يبدو فيها من تغير منشأة تدخل ظروف أخرى ، تحجب هذه الظواهر أو تعدلها . لأنه – وكما يقول كلود برنار – لا معلول بدون علة . وتصبح الحتمية المطلقة فى نظر برنار أساس العلم الحقيقى[2] . وبالتالى فإن إنكار الحتمية هو إنكار للعلم نفسه .

كما يؤكد برنار على أن كلمة « استثناء » فى مجال العلم هى تعبير عن الجهل بشروط إحداث الظاهرة ، فيقول : « إن ما نسميه الآن استثناء ليس إلاَّ ظاهرة نجهل بعض ظروفها . وإذا نحن عرفنا ظروف الظواهر التى نتحدث عنها وحددناها لم يعد ثمة استثناء »[3] . هذه الحتمية المطلقة تجعل العالَم الطبيعى أشبه بساعة ملآنة تمر آليا بمراحلها المختلفة[4] .

(١٢)

أزمة الفيزياء الكلاسيكية :

منذ أن نشر نيوتن كتابه « المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية » عام ١٦٨٧ ، مرت نظريته بتطورات تالية امتدت أكثر من قرنين من الزمان ، وكانت كلها تنطوى على تأكيد متجدد لهذه النظرية[5] . مما أوحى بأن الفيزياء الكلاسيكية قد وصلت إلى مرحلة نهائية ليس لها ما بعدها ، فقد بدا أن التركيب النهائى للضوء والمادة وهما

(١) برنار (كلود) ، مدخل إلى دراسة الطب التجريبى ، ترجمة د . يوسف مراد والأستاذ حمد الله سلطان ، القاهرة ، المطبعة الأميرية ، ١٩٤٤ ، صفحة ٧٠ .

(٢) برنار (كلود) ، مدخل إلى دراسة الطب التجريبى ، ترجمة د . يوسف مراد والأستاذ حمد الله سلطان ، القاهرة ، المطبعة الأميرية ، ١٩٤٤ ، صفحة ٧٠ .

(٣) المرجع السابق ، صفحة ٧٣ .

(٤) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ١٠١ .

(٥) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ٩٨ .

أعظم مظهرين للواقع الفيزيائى أصبح معروفًا . فالضوء مركب من موجات والمادة من ذرات . وكان كل من يجرؤ على الشك فى هذين الأساسيين اللذين يقوم عليهما العلم الفيزيائى يعدّ دخيلاً على العلم أو شخصًا غريب الأطوار ، ولم يكن أى عالِم يقبل أن يتجشم عناء مناقشته[1] .

وقرب نهاية القرن التاسع عشر ظهرت أزمة الفيزياء الكلاسيكية ، وذلك عندما اصطدمت هذه الفيزياء بظواهر وعلاقات في التجربة لا تتفق وصدقها النظرى ، إذ أبت بعض الحقائق الدخول ضمن الأطر المرسومة لها فى ميكانيكا نيوتن . واتضح – تدريجيًا – أن هذه الأزمة تعنى سقوط فكرة التفسير الحتمى (التحديد المسبق) للعالَم ، والمعروفة علميًا باسم الحتمية الميكانيكية[2] Michanical Determinism والتي مؤداها أن كل مستقبل العالَم متضمن فى هيئته عند خلقه ، وأن ما نسميه تطورًا ما هو إلاّ كشف عما هو موجود بالفعل[3] .

لقد كانت الفيزياء الكلاسيكية تفى بالغرض تماما عندما كانت حدود الفيزياء لا تتعدى الميكانيكا فحسب[4] . غير أنه نتيجة للتقدم العلمى فى مجال الكهربائية والمغناطيسية ، ظهرت أمام العلماء ظواهر جديدة بحاجة إلى تعليل ، وكانت أقرب الافتراضات إليهم ما يتصل بالتفسير الميكانيكى للكون ، فقد افترض العلماء وجود وسط أطلقوا عليه اسم « الإثير » Ether تنتقل خلاله الموجات الكهرومغناطيسية[5] ، وكان لهذا الأثير خصائص عجيبة تمامًا من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية نفسها[6] ، فهو مادة تملأ الكون وتتميز بكونها مرنة وصلبة[7] ، وقد أجريت تجارب لمعرفة خصائص الأثير وحركته . وكان لتقدم الفيزياء الذرية ودراسة الظواهر الإشعاعية أن ظهرت صعوبات عديدة عجزت الفيزياء الكلاسيكية عن إيجاد تعليل علمى لها . وأخذت التناقضات والصعوبات تظهر

(١) المرجع السابق ، صفحة ١٥٣ .

(٢) ف . ريدنيك ، ما هى ميكانيكا الكم ؟ ، موسكو ، دار « مير » للطباعة والنشر ، ١٩٧١ ، صفحة ١٥ .

(٣) جينز ، الفيزياء والفلسفة ، صفحة ١٥١ .

(٤) ف . ريدنيك ، ما هى ميكانيكا الكم ؟ ، صفحة ١٦ .

(٥) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة – دراسة تحليلية ونقدية للاتجاهات العلمية فى فلسفة القرن العشرين ، بيروت ، الطبعة الأولى ، ١٩٧٠ ، صفحات ١٥١ – ١٥٢ .

(٦) ف . ريدنيك ، ما هى ميكانيكا الكم ؟ ، صفحة ١٧ .

(٧) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٥٢ .

فى الدراسات الفيزيائية على المستويين النظرى والتجريبى ، وكان أهم التناقضات والمشكلات ما هو ناتج عن مبادئ وفروض تحتاج إلى تحقيق تجريبى[1] :-

١ - افترضت فيزياء نيوتن وجود مكان مطلق لتفسير حركة الأجسام استنادًا إلى هندسة اقليدية تنظر إلى المكان باعتباره ثلاثى الأبعاد . وتفترض وجود زمان مطلق مستقل عن الأجسام ينساب على نمط واحد لا علاقة له بالأشياء الخارجية .

٢ - افترضت الفيزياء الكلاسيكية وجود وسط أثيرى ينقل الموجات الكهرومغناطيسية ويملأ ثنايا الكون . وقد أعدّ العالمان ميكلسون Michelsonومورلى Morleyتجربة لقياس سرعة حركة الأرض فى الأثير .

٣ - افترضت الفيزياء الكلاسيكية نظريتين لتفسير الظواهر الضوئية :

الأولى لنيوتن التى تفترض أن الضوء يسير فى خطوط مستقيمة ويتألف من جسيمات corpusclesتخضع لقوانين ميكانيكية .

والثانية لهويجنز Huygensالتى تفترض أن الضوء يتألف من موجات ، وتُعْرَف بالنظرية الموجية للضوء . ولم تستطع نظرية نيوتن أو نظرية هويجنز تعليل الظواهر الكهروضوئية .

وعلى ذلك ، فقد اتضح أن القوانين الهامة للفيزياء الكلاسيكية لا تنطبق إلاَّ على الظواهر التى تحدث فى بيئتنا العادية ، أما بالنسبة للأبعاد الفلكية وما دون المجهرية ، فقد كان لابد من الاستعاضة عن هذه القوانين الكلاسيكية بقوانين للفيزياء الحديثة . ويجدر بنا أن نشير هنا بوضوح إلى أن أزمة الفيزياء الكلاسيكية ليست إلاَّ عجز منهجها وقوانينها عن استيعاب ظواهر طبيعية جديدة فى عالم التجربة الخارجية ، وأن قوانينها ما تزال صحيحة فى حدود ظواهر معينة . وهذا معناه أن الفيزياء الحديثة ليست استبعادًا لكل قوانين الفيزياء الكلاسيكية أو إهدارًا لقيم صدقها ، وإنما يعنى - وبالدرجة الأولى - أن قوانين الفيزياء الحديثة امتدت إلى مجالات تفشل قوانين الفيزياء الكلاسيكية فى خوض غمارها . إذن فالفيزياء الكلاسيكية لا تتضمن خطأ فى بنائها العلمى ، وانما الخطأ كل الخطأ يكمن فى محاولة تحديد التجربة الخارجية بحدود قوانين الفيزياء الكلاسيكية ، وفى

(١) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

محاولة اتخاذ هذه الفيزياء أساسًا لنظرة شاملة للعالَم ، ولتشييد فلسفة كونية عامة[1] . ذلك لأن هذه الفيزياء وقفت عند حدود ظواهر وعلاقات معينة ولم تتعدها .

(١٣)

النظرية النسبية : الخاصة والعامة :

اقتصرت الفيزياء الكلاسيكية – كما أوضحنا – على جانب معين من الظواهر ، وعلى شكل معين من العلاقات ، ولقد تحدد صدقها العلمي بحدود هذه الظواهر والعلاقات المعينة ، وقد ساهم ذلك فى اتساع المجال لظهور نظريتان جديدتان هما : نظرية النسبية ونظرية الكم (الكوانتم) ، وتعتبر نظريتنا النسبية والكم الأساس الفكرى لتطور علم الفيزياء الحديث[2] ولنبدأ بنظرية النسبية .

طرح أينشتين Einstein(١٨٧٩–١٩٥٥) بعج دراسته للتناقضات التى وقعت فيها الفيزياء الكلاسيكية فرضين أساسيين ، هما[3] :

الفرض الأول : الوسط الأثيرى فرض غير ضرورى ، إذ ليس ثمة مبرر لوجوده .

الفرض الثانى : ينتشر الضوء بسرعة ثابتى فى القضاء ولا تتأثر سرعته بحركة مصدره .

يتعلق الفرض الأول بالنتيجة السلبية التى وصلت إليها تجربة ميكلسون ومورلى فى قياس حركة الأرض استنادًا إلى الفرض القائل بوجود الأثير . وتتلخص الفكرة فى أن حركة تثير تيارًا أثيريًا ، فإذا ما أطلقنا حزمة ضوئية فى اتجاه حركة الأرض وحزمة ضوئية أخرى فى عكس اتجاه حركة الأرض ، فإنه لابد من الحصول على فوق فى سرعة انتشار الضوء فى الحالتين ، لأن سرعة الضوء مع التيار الاثيرى تكون أسرع من سرعة الضوء فى الاتجاه المعاكس . وقد صممت التجربة بدقة لتحقيق هذا الفرض باستخدام المرايا ومصدر ضوئى ، وكانت النتيجة محيّرة إذ لم يسجل الجهاز أى فرق بين سرعتى الضوء فى الاتجاهين[4] . وواجه العلماء لتقرير النتيجة احتمالين ، هما :

---

(١) محمود أمين العالم ، فلسفة المصادفة ، القاهرة ، دار المعارف ، ١٩٧٠ ، صفحة ٢٥٢ .

(٢) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٥ .

(٣) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٦٣ .

(٤) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

أولاً : إما أن يستبعد الفرض القائل بوجود الإثير والذى يستند إليه العلماء فى تفسير الظواهر الكهرومغناطيسية وغيرها .

ثانيًا : أو أن يفترض العلماء سكون الأرض وهو الأمر الذى يتعارض مع أبسط الحقائق الفلكية .

استبعد أينشتين الاحتمال الثانى معلنًا عدم ضرورة الأخذ بالفرض القائل بوجود الأثير . واستنتج بعض الحقائق الهامة من تجربة ميكلسون ومورلى وهى أن سرعة الضوء ثابتة بالنسبة لحركة الأرض ، وأنها لابد أن تكون ثابتة بالنسبة لحركات الكواكب أو أى جسم متحرك فى الكون . وهكذا وصل إلى فرضه الثانى وهو أن سرعة الضوء لا تتأثر بحركة مصدره[١] . كما أن أينشتين اعتقد فى صحة المبدأ القائل بأنه : لا توجد سرعة أكبر من سرعة الضوء فى الطبيعة[٢] . وهكذا أصبح الضوء هو المرجع الثابت لقياس حركة الأجسام ، وبالتالى فإن الكثير من المفاهيم الكلاسيكية ؛ مثل مفهوم التزامن Simultaneity وغيره ؛ تتغير إذا اتخذنا من الضوء أساسًا للقياس .

لقد وضع أينشتين نظريته فى النسبية التى أحدثت ثورة فى مجال أفكارنا عن الزمان والمكان . إن فكرتى الزمان والمكان هما من الأفكار الأساسية التى تميز نظرية النسبية عن غيرها من النظريات الفيزيائية الأخرى ، وكفلنا لها مكانًا بارزًا دخل نطاق الفلسفة الطبيعية الحديثة[٣] . ولقد كان نيوتن يعتقد أنه يوجد – بالإضافة إلى وجود المادة – مكان مطلق وزمان مطلق[٤] ، وأن الزمان والمكان ليسا سوى وسيلتين لتحديد الحوادث ، وسيلتين مستقلتين تمامًا عن بعضهما ، وبالتالى فهما يكونان حقيقة موضوعية واحدة بالنسبة للناس جميعًا[٥] . وعلى ذلك يمكن تحديد حوادث الطبيعة – وفقًا لفيزياء نيوتن – تحديدًا موضوعيًا ، أى أن قياس كمية وكيفية هذه الحوادث سيظل ثابتًا مهما اختلفت طريقة القياس ، وأن المكان ثلاثى الأبعاد[٦] – كما سبق أن

---

(١) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٦٤ .

(٢) Reichenbach , H . From Copernicus to Einstein , P . 61 .

(٣) Ibid . , P . 107 .

(٤) Russell B . , Human Knowledge , P . 32 .

(٥) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٦ .

(٦) Russell , B . , Human Knowledge , P . 32 .

ذكرنا – ثم جاء أينشتين وأبطل هذا القول بافتراضه وحدة الزمان والمكان ، وحطم بنظريته ، فى النسبية ، الزمان الواحد الذى يشمل الكون كله ، والمكان الواحد الذى لا يطرأ عليه تغير أو زوال ، فالنسبية تستبدل بالزمان والمكان المطلقين شيئًا واحدًا يمزج بينهما تسميه « الزمان - مكان »[1] Spotio -Temporal

لقد أصبح من الخطأ أن نتحدث عن الكون كله فنقول إنه يكون فى حالة معينة عند لحظة زمنية معينة ، وفى حالة أخرى عند لحظة زمنية أخرى ، كأنما اللحظة الزمنية الواحدة تشمل الكون بأسره ، أو كأنما الكون كله يتأنى معًا فى لحظة بعينها . لقد أوضحت نظرية النسبية فساد هذا القول ، كما بنّت استحالة الحديث – إلاّ بصورة غامضة – عن المكان الكائن بين جسمين فى زمن معين[2] ، لأننا إذا أخذنا الترتيب الزمنى لما يطرأ على الجسم الأول من أحداث ، وكان لدينا بهذا ترتيب زمنى خاص بهذا الجسم وحده ، وإذا أخذنا الترتيب الزمنى لما يطرأ على الجسم الثانى وحده من أحداث ، كان لدينا بهذا أيضا ترتيب زمنى خاص بالجسم الثانى وحده ، وليس فى مقدورنا بعد ذلك أن نعرف العلاقة بين حدث يحدث فى الجسم الأول وحدث يحدث فى الجسم الثانى ، من حيث زمن وقوعها بنسبة أحدهما إلى الآخر ، أهو قبله أم بعده أم أن الحدثين متآنيان ؟ وهذا هو ما يجعل قانون الجاذبية النيوتنى غامضًا غموضًا استوجب مراجعته من جديد[3] . إذ أن الزمان – وفقًا لنظرية النسبية – هو تسلسل حوادث استنادًا إلى مرجع ، وأن تسلسل الحوادث ليس واحدًا عند جميع المراقبين ، فهو يختلف بإختلاف حركة المراقب أو المشاهد ، وهذا معناه أن فكرة وجود زمن مطلق ينساب فى الكون كله تترتب بموجبه الحوادث فى المكان هو فرض ميتافيزيقى لا أساس له من الصحة[4] . وكذلك نقول عن فكرة « المكان » وغموض معناها ، فهل نُعّد « القاهرة » مكانًا ؟ إذا أجبنا بالإيجاب ، كان الاعتراض هو أن الأرض تدور حول الشمس ، وبهذا يتغير مكان القاهرة كلما تحركت الأرض فى مدارها ، فهل نعدّ الشمس مكانًا ؟ لكنها تتحرك بالنسبة إلى النجوم ، وهكذا نرى

(١) رسل ، الفلسفة بنظرة علمية ، صفحة ٨٨ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٩٠ .

(٣) رسل ، الفلسفة بنظرة علمية ، صفحة ٩٠ .

(٤) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٦٦ .

أن منتهى ما نستطيعه هو أن نتحدث عن مكان ما فى لحظة زمنية معينة[1] . ولهذا التغير أهميته العظمى ، لأنه يغير فكرتنا عن العالم الطبيعى من أساسها[2] .

ولقد أوضح اينشتين فى نظريته عن النسبية الخاصة التى ظهرت عام ١٩٠٥ أنه توجد بين أية حادثة event وأخرى علاقة معينة ، يمكن أن نسميها «فجوة» interval وأن هذه الفجوة من الممكن أن تقسم بطرق عديدة إلى مسافات مكانية أو فترات زمنية ، وأن هذه المسافات والفترات قابلة للقياس ، وأن كل طريقة من طرق القياس هذه تعدّ صحيحة ، ولا توجد واحدة – من هذه الطرق – أكثر صدقًا من الأخرى ، ولذا فإن اختيار طريقة القياس يتم بحكم الاتفاق لا بحكم الحقيقة الموضوعية المطلقة . تمامًا كالاختيار بين النظام المترى ونظام البوصة والقدم[3] . وعلى ذلك فإن الفجوة التى تقع بين الحادثتين المتجاورتين هى شىء موضوعى ، أى أن تقديرها الكمى أمر مستطاع لأكثر من مشاهد واحد ، فالجسم الواحد الذى ينتقل من إحدى حوادثه إلى حادثة تالية من حوادثه ، يقطع بين الحادثتين فجوة زمنية يمكن قياسها بآلة قياس الزمن لو أن هذه الآلة أتيح لها أن تصاحب الجسم فى انتقاله من الحادثة السابقة إلى الحادثة اللاحقة ، أما إذا كان الموقف بين الحادثتين مما يستحيل معه على آلة قياس الزمن أن تنتقل من إحداها إلى الأخرى ، كان معنى ذلك أنهما حادثتان متآنيتان لا يفصلهما زمن بل تفصلهما مسافة من مكان[4] .

وإذا أردنا أن نحدد موضع حادثة ما من العالم ، احتجنا فى هذا التحديد إلى أربعة أرقام ، رقم منها يدل على الزمن ، وأما الأرقام الثلاثة الأخرى فهى دالة على الأبعاد الثلاثة المكانية كما كانت تحسب قديمًا[5] . وفى محاولة – من جانب ريشنباخ[6] – لتوضيح فكرة المتصل « الزمان - مكان » رباعى الأبعاد ، يقول :

« إنه من الغريب أن هذه الفكرة التى تبدو بسيطة لعلماء الرياضة تثير دهشة الآخرين ، وتسبب لهم ارتباكًا بالغًا . إن كثيرين ممن يقرأون كتبًا عن نظرية النسبية يعتقدون أن

---

(١) رسل ، الفلسفة بنظرة علمية ، صفحات ٨٩ – ٩٠ .

(٢) المرجع السابق ، صفحة ٨٨ .

(٣) Russell, B., Human Knowledge, P. 33.
وأيضا : رسل ، الفلسفة بنظرة علمية ، صفحة ٩١ .

(٤) رسل ، الفلسفة بنظرة علمية ، صفحات ٩١ – ٩٢ .

(٥) المرجع السابق ، صفحة ٩٢ .

(٦) Reichenbach, H., From Copernicus to Einstein, P. 112 .

المكان سيتحول وفقًا لهذه النظرية من بناء ثلاثى الأبعاد إلى بناء رباعى الأبعاد . وسيحاول مثل هذا القارئ أن يتصور – عبثًا – البعد الرابع للمكان . وقد يحاول أن يبرهن على ذلك بالطريقة التالية : يتخيل ثلاث عصى من الخشب التقت معًا عند نقطة واحدة بزاوية قائمة ، كطول وعرض وارتفاع الغرفة ، إن هذه هى أبعاد ثلاثة للمكان ، فهل هناك غرفة ذات بعد رابع ؟ كيف يمكن مرور العصا الرابعة عبر النقطة بحيث تشكل هى أيضا زاوية قائمة عند التقائها ببقية العصى ؟ » .

ويعلق ريشنباخ[1] على ذلك قائلاً :

« إننى أيضا ليس فى وسعى تخيل ذلك ! » .

ويقول[2] مستدركًا :

« ولكن نظرية النسبية لم تزعم بشىء كهذا ، وإنما هى تؤكد فقط على ضرورة إضافة « الزمان » – كتوقيت – إلى المكان . وهذا شىء مختلف تماما عن التخيل السابق » .

ويوضح ريشنباخ[3] هذا التصور الجديد على النحو التالى :

« هب أن هناك مصباحًا معلقًا فى الغرفة ، كيف نستطيع تحديد مكان ؟ نحن نحتاج لثلاثة أرقام لتعيين موضع المصباح : نقيس بعد المصباح عن أرضية الغرفة ، ونقيس بعده عن الحائط الخلفى ، ثم نقيس بعده عن الحائط الجانبى . هذه أرقام ثلاثة تحدد موضع المصباح فى المكان . والأرقام الثلاثة اسمى إحداثيات Co-ordinates إن الغرفة ذات أبعاد ثلاثة ، لأننا نحتاج لثلاثة أرقام تعبيرًا عن هذا الوصف . أما إذا كانت رغبتنا متجهة لا لتحديد موضع فى مكان ، بل لتعيين حادثة من الحوادث ، فهذا يتطلب حسابًا آخر ، أى يتطلب بيان الزمن . هب أننا أطفأنا الأنوار لمدة ثانية واحدة ، وأحدثنا ومضة ضوء ، هذه الومضة هى حادثة event ويمكننا تحديد هذه الومضة تحديدًا دقيقًا إذا عرفنا الأرقام الثلاثة التى تعين موضع المصباح مضافًا إليها الرقم الرابع الذى يحدد زمن ومضة الضوء . وبتوافر الأرقام الأربعة ينشأ ما يسمى بمتصل « الزمان مكان » رباعى الأبعاد » .

---

(١) Reichenbach , H . , From Copernicus to Einstein , P . 112 .

(٢) Ibid . , P . 112 .

(٣) Ibid . , P . 112-113 .

ويعلق ريشنباخ[1] على ذلك قائلاً :

« هذا كل ما هنالك ، ولسوء الحظ فإن هذه الحالة البسيطة غالبًا ما يتم تصويرها فى لغة ملغزة للغاية » .

يقول أينشتين فى كتابه النسبية : إن غير المتخصصين فى الرياضيات يكتنفهم الغموض عندما يسمعون عن الأبعاد الأربعة ويعتقدون أن فى ذلك ضربًا من الخيال . وعلى الرغم من ذلك فإن القول بأن العالَم الذى نعيش فيه هو عبارة عان عالَم متصل له أربعة أبعاد هو قول واضح وصريح . وهذا معناه أن أينشتين يرى فى المتصل الرباعى حقيقة موضوعية وأن الرياضيات تستطيع بوسائلها تحديد هذا المتصل بدقة[2] . إن نظرية النسبية توضح أن مقياس المكان يعتمد على مقياس الزمان ، فلا يوجد مكان منفصل ومستقل عن الزمان ، ولا يوجد زمان منفصل ومستقل عن المكان ، ومن المؤكد أن هذا شيء جديد وعميق إلى أقصى غايات الجدَّة والعمق[3] ، إذ أدى – كما سبق أن ذكرنا – إلى تغيير فكرتنا عن العالَم الطبيعى من أساسها .

تناول أينشتين متصل « الزمان – مكان » من جديد فى النظرية النسبية العامى التى نشرت عام ١٩١٥ ، وذلك على أساس أن الكون تصفه هندسة لا إقليدية هى هندسة المنحنيات لا المستقيمات[4] . فلقد أضافت نظرية النسبية العامة إلى جانب مراجعة مفهوم الزمان ، مراجعة خواص المكان الهندسى[5] . إذ كانت هذه النظرية فى الأساس نظرية هندسية فى الجاذبية[6] ، لقد أوضحت نظرية النسبية العامة أن هناك علاقة بين الهندسة ، وتوزيع المادة فى المكان[7] – وعلى أية حال فهذه المسألة عولجت بمزيد من التفصيل فى الفصل التالى من هذا البحث – ويجب أن يفهم ، وفقًا لنظرية النسبية العامة ، أن الكون محدد ولا نهاية له فهو على شكل مسطح الكرة[8] ، ولكنه يختلف عن سطح الكرة من

---

(١) Ibid., P. 113.

(٢) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٦٨ .

(٣) Reichenbach, H., From Copernicus to Einstein, P. 113.

(٤) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٦٨ .

(٥) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٧ .

(٦) Russell, B., Human Knowledge, P. 33.

(٧) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٧ .

(٨) Russell, B., Human Knowledge, P. 33.

حيث إنه ثلاثى الأبعاد فى حين أن سطح الكرة ثنائى الأبعاد ، كما أنه لا وجود لشىء خارجه فى حين أن سطح الكرة يوجد ما هو خارجه . وعلينا أن نقر بأنه من العسير إن لم يكن من المستحيل على كل من له خيال اقليدى راسخ أن يستوعب حقيقة تركيب الكون كما تقول به نظرية النسبية العامة[1] . والجدير بالذكر أن نظرية النسبية العامة لا ترتكز على قاعدة تجريدية راسخة مثل نظرية النسبية الخاصة – بالرغم من عدم وجود أية تجربة تعارضها – أما قوة إقناعها فلا ترجع إلى تفسيرها للكثير من نتائج التجارب ، التى لا يمكن تقييمها فى الوقت الراهن ، وإنما ترجع إلى كونها طريقة جديدة فى التفكير ، كانت فيما مضى محجوبة عن الأنظار[2] .

وأخيرا توصل اينشتين إلى نتيجة هامة هى قانون تكافؤ الجاذبية والقصور الذاتى الذى يتلخص فى أنه لا سبيل إلى التمييز بين الحركة الناتجة عن القصور الذاتى والحركة الناتجة عن قوة الجاذبية .

وتوصل اينشتين فى نظريته النسبية الخاصة والعامة إلى نتائج علمية هامة إضافة إلى ما تقدم ذكره ، وهذه النتائج هى[3] :

١ – إن سرعة الضوء هى السرعة القصوى فى الطبيعة .

٢ – إن بين الطاقة والكتلة علاقة هى أن الطاقة تساوى الكتلة * مربع سرعة الضوء . فالطاقة ليست إلا مادة ذات سرعة عالية جدًا ، والكتلة ليست إلا طاقة متمركزة ذات سرعة بطيئة . فالمادة طاقة والطاقة مادة ، وإحداهما حالة وقتية للأخرى .

٣ –إن الساعة لقياس الزمن والمسطرة لقياس الأطوال تتغير بتغير السرعة . فالساعة تؤخر كلما زادت السرعة ، والمسطرة تنكمش ويقل طولها باتجاه حركتها .

٤ – إن كتلة الجسم تزداد بازدياد السرعة ، وذلك على أساس أن الكتلة هى الخاصية المقاومة للحركة وليست الثقل .

---

(١) Russell, B., Human Knowledge, P. 34.

(٢) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٨ .

(٣) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٧٠ .

مرة أخرى ننهى عرضنا لنظرية النسبية بالكلمات التى سبق أن ذكرناها فى مستهل هذا الفصل ، وهى أن نظرية النسبية لأينشتين انتقلت بنا إلى معرفة من نوع أرقى ، قد تكون مبهمة عند الوهلة الأولى . ولكن ، وكما تم التسليم – فى نهاية الأمر – بتصور كوبرنيقوس القائل بدوران الأرض حول الشمس ، وأصبح التسليم بهذا التصور صفة مميزة لكل إنسان مثقف ؛ فإنه سيحدث نفس الشىء لنظرية النسبية . إنقضاء مائة عام من الآن سوف يتم التسليم بها كبديهية ، وسيكون من الصعب تبرير ما لاقته من معارضة شديدة فى أول أمرها .

(١٤)

اللا تحديد فى الفيزياء الحديثة :

ذكرنا أن نظرية النسبية وميكانيكا الكم تمثلان الأساس الفكرى لتطور علم الفيزياء الحديث ، وإذا كنا قد فرغنا من عرض نظرية النسبية ، فقد آن لنا أن نتحدث بإيجاز عن تطور ميكانيكا الكم وما ترتب عليها من نتائج فلسفية .

تهتم ميكانيكا الكم – على عكس نظرية النسبية – بأصغر الأشياء التى يمكن إدراكها ، أى بالذرة وبنيتها[1]. ويحدد المؤرخون العلميون ميلاد ميكانيكا الكم بيوم ١٧ من ديسمبر عام ١٩٠٠. ففى هذا اليوم أعلن العالِم الألمانى ماكس بلانك Planck, M. جلسة الجمعية الفيزيائية التابعة لأكاديمية العلوم فى برلين عن محاولته تخطى واحدة من أبرز الصعاب فى نظرية الإشعاع الحرارى[2] . لقد كانت هذه المحاولة أوضح الأمثلة تعبيرًا عن التغير الجذرى الذى طرأ على فهمنا للواقع الفيزيائى فى القرن العشرين. فلكى يفسر بلانك القوانين التى تم الاهتداء إليها تجريبيًا بالنسبة إلى صدور الإشعاع عن الأجسام الساخنة، استحدث الفكرة القائلة أن كل إشعاع–وضمنه الضوء–يخضع لتحكم أعداد صحيحة، أى أنه يسير تبعًا لأعداد صحيحة لوحدة أولية للطاقة[3]، أطلق عليها اسم « الكم (الكوانتم

(١) Russel B Human Knowledge, P. 34.

(٢) ف . ريدنيك ، ما هى ميكانيكا الكم ؟ ، صفحة ٨ .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صحفة ١٥٤ .

Quantum)»[1] وحينما تنبعث الطاقة أوتستوعب، ينقل كوانتم واحد أواثنان أومائة كوانتم. ولكن لايكون هناك أبدًا جزء أوكسر من الكوانتم. فالكوانتم هو ذرة طاقة، ولكن مع ملاحظة أن حجم هذه الذرة، أى كمية وحدة الطاقة تتوقف على طول موجة الإشعاع الذى يُنْقَل به الكوانتم، فكلما كان طول الموجة أقصر، كانت الكوانتم أكبر.

واستطاع ماكس بلانك أن يحصل على الثابت الطبيعى الذى اقترن باسمه ، وأدرك أهميته الفيزيائية وما ينتج عنه من تقهقر لمبدأ الاستمرارية المعروف فى الفيزياء الكلاسيكية ، ولقد نجح بلانك فى وضع معادلة رياضية تتفق مع النتائج التجريبية لظاهرة الإشعاع الحرارى ، وتتميز هذه المعادلة بالبساطة حيث تبيِّن علاقة الطاقة بتردد موجة الإشعاع . وهى أن الطاقة = ثابت بلانك × تردد موجة الإشعاع ، مع العلم أن ثابت بلانك يساوى مقدارًا ضئيلاً يبلغ نحو ٦,٥٥ × ١٠ − ٢٧ .

---

(١) يناقش ف . ريدنيك فى كتابه « ما هى ميكانيكا الكم ؟ » تسمية هذه النظرية – التى بدأت على يد ماكس بلانك – بهذا الاسم ، فيقول : « إن هذه التسمية (ميكانيكا الكم) لا تعكس جيدًا محتوى الأشياء التى تتناولها ميكانيكا الكم بالبحث . ولكن لابد من الاعتراف بأن عدم الدقة فى وضع المصطلحات صفة تميز أكثر من فرع فى علم الفيزياء . وهناك أسباب كثيرة لذلك ذات طابع تاريخي فى الأساس . وعلى سبيل المثال/ تكفينا الإشارة إلى الاختلاف الكبير فى تسمية (القوى) . فغالبيتها لا تملك أية علاقة أبدًا بالقوة بمعناها الخاص . وهناك مثال قوة الحصان (وهى ليست قوة بل قدرة !) ، وهناك (القوة الحية) وهى طاقة كينماتيكية ، وهناك قوة التيار ، وقوة الضوء أى شدته ... ويتخلص علم الفيزياء من هذا الغموض فى الاصطلاحات تدريجيًا .ومع ذلك فإن هذه العملية تجرى بصورة بطيئة جدًا .

وقد حدث نفس الشيء لدى إطلاق تسمية (ميكانيكا الكم) قاولاً ، لِمَ هى ميكانيكا ؟ فليس فى النظرية الجديدة أى شيء ميكانيكى ، بل ... من المستحيل وجود ذلك .والتبرير الوحيد للأمر هو أن لفظة (الميكانيكا) تستخدم هنا بمعناها العام . فعندما نقول ، مثلاً ، (التركيب الميكانيكي لهذه الساعة جيد) ... فإننا نقصد بذلك التركيب أو مبدأ العمل . ومن المفضل أخذ مفهوم ميكانيكا الكم انطلاقًا من التحديد الواسع لعلم الفيزياء نفسه .

وثانيًا ، لماذا – ميكانيكا الكم . أن لفظة الكم ، وهى باللغة اللاتينية (كوانتم – Quantum) تعنى (وجبة) أو (كمية) . والعلم الجديد ... هو فى الواقع يؤكد فى أحد أسسه على صفات (الكمية) فى العالم المحيط بنا . صحيح أننا نفضل الحديث لا عن (كمية) هذه الصفات بل عن (تقطعها) discreteness ومن الناحية الأخرى ... فإن هذا التقطع ليس ظاهرة عامة مطلقا ، ولا يحدث دائمًا أو فى أى مكان . وبالإضافة إلى ذلك فإنها تمثل جانبًا واحدًا من المسألة . فمما لا يقل غرابة عن ذلك ازدواج صفات المادة . ويظهر هذا الازدواج فى الاتحاد الخالد لصفات الجسيمات وصفات الموجات فى مادة واحدة .

وقد جرى تصحيح تسمية هذا العلم إلى ميكانيكا الموجات . ولكن فى هذه التسمية أيضًا ينعكس (نصف) « محتوى هذا العلم أيضا ، فليس فيها أى ذكر للكمات . وهكذا فإن جميع تسميات هذه النظرية الجديدة لا تفى بالغرض » صفحات ١٨ – ١٩ . ورغم هذا الاختلاف حول تسميات هذه النظرية ،فإن ما يهمنا هو المحتوى العلمى الجديد الذى تقول به ونتائجه الفلسفية ، وهذا ما سنعرض له .

وفى سنة ١٩٠٥ قام اينشتين باستخدام نتائج نظرية الكم بتطبيقها على الضوء ، وقد أظهرت أبحاثه والقوانين التى توصل إليها أن الضوء والحرارة والأشعة السينية تنتشر فى الفضاء بنفس الطريقة التى تنبعث بها الطاقة المشعة فى تجربة ماكس بلانك . وتوسع أينشتين فى النظرية عندما استطاع تفسير الظاهرة الكهروضوئية والتى تتلخص فى ان الأشعة الضوئية لها تأثير على لوح من معدن الزنك وذلك بإطلاق عدد من الالكترونات منه ، وأن سرعة الإلكترونات تختلف باختلاف طول موجة الضوء الساقط على اللوح المعدنى ، فأعتبر اينشتين أن الضوء يتألف من حزم منفصلة من الطاقة هى « الفوتونات » photons وأن سرعة الالكترونات تتوقف على كمية الطاقة المخزونة فى الفوتون ، فإذا كانت موجة الضوء ذات تردد عال مثل الأشعة فوق البنفسجية ، فإنها تختزن طاقة أكبر من طاقة فوتونات الأشعة دون الحمراء مثلاً . وعلى هذا الأساس تكون كمية الإشعاع تبعًا لنظرية اينشتين فى الظاهرة الكهروضوئية هى ثابت بلانك مضروبًا فى تردد الإشعاع . فإذا كان التردد عاليًا كانت طاقة الإشعاع أكبر بغض النظر عن شدة الضوء أو ضعفه[1] .

ولقد كان أهم تطبيق لنظرية الكم هو نظرية الذرة عند نيلز بور Niels Bohrففى هذه النظرية توحد أخيرًا اتجاها التطور[2] ، أى اتجاه نظرية الذرة واتجاه نظرية الإشعاع . ذلك لأن دراسة الذرة كانت قد أوضحت أن الذرة ذاتها ينبغى أن تعد مجموعة من الجزئيات الأصغر منها ، التى تتماسك مع ذلك بقوة تجعل الذرة تسلك ، بالنسبة إلى جميع التفاعلات الكيميائية كوحدة ثابتة نسبيًا ، ولقد أتاحت نظرية « بور » تفسيرًا على أعظم جانب من الدقة لوقائع القياس الطيفى spectroscopy أى لسلسلة الخطوط الطيفية التى تميز كل عنصر . وفى السنوات الواقعة بين ١٩١٣ و ١٩٢٥ طُبِقَت نظرية بور وتأيدَّت على نطاق واسع ، كما عُمِقَت بحيث تقدم تفسيرًا للتركيب الذرى لكل عنصر على حدة . ومع ذلك ظهرت فى مجالات أخرى تعقيدات غير قابلة للتفسير . ذلك لأن نفس الأسس التى يرتكز عليها مفهوم الكوانتم بدت غير متمشية مع النظرية الكلاسيكية فى توليد الموجات الكهربائية ، ومع ظاهرة التداخل ، والمعروفة فى مجال علم الضوء . وهكذا كانت النظرية الجديدة تهدد اتساق الفيزياء بالخطر : فقد كان

(١) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحات ١٧٣ – ١٧٤ .

(٢) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ١٥٤ .

بعض الظواهر يتقضى تفسيرًا جسيميًا للضوء ، وبعضها الآخر يقتضى تفسيرًا تموجيًا ، وبدا أنه لا توجد وسيلة للتوفيق بين النظريتين المتناقضتين[1] .

ولقد كانت نقطة التحول فى تطور نظريات الضوء والمادة هى الخطوة التى خطاها العالم الفرنسى لوى دى برولين Louis De Broglie بنجاح فقد تبين له عام ١٩٢٤ أن الخاصية الثنائية الغريبة التى تضفى على الضوء الصورة الموجية أحيانًا وتصوره كمجموعة من الجسيمات فى أحيان أخرى لم تكن خاصية للضوء فحسب بل هى خاصية للمادة أيضًا[2] ، ولقد أدى هذا الاكتشاف فى النهاية إلى وضع علم الميكانيكا الموجية أو الكمية التى يمكن أن يقال عنها أنها أكملت نظرية التركيب الخارجى للذرة . وهكذا حل محل « أما ... وأما ... » ، فكرة « معا » ومن ثم فإن كشف دى برولى يمثل بداية عهد التفسير المزدوج ، الذى تأكد منذ ذلك الحين بوصفه نتيجة محتومة للطبيعة التركيبية للمادة[3] .

وقد أخذ شرودنجر Schroedinger بآراء دى برولى ، ووضع معادلة تفاضلية أصبحت هى الأساس الرياضى للنظرية الحديثة فى الكم ، وهى النظرية التى يطلق عليها عادة ميكانيكا الكوانتم . وتتفق نظريته الرياضية مع بعض النظريات الأخرى التى بدت لأول وهلة مختلفة عنها كل الاختلاف ، والتى وضعها على نحو مستقل هايزنبرج Heisenberg وماكس بورن Max Born وجوردان Jordan من جانب ، وديراك Dirac من جانب آخر . وقد تم الاهتداء إلى هذه الكشوف جميعًا فى عامى ١٩٢٥ – ١٩٢٦[4] . ومع تطور نظرية الكم تعرضت مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية وعلم المناهج المرتبط بها لتغييرات جذرية أدت فى النهاية إلى رسم صورة جديدة لطبيعة العالم الخارجى والقوانين التى تسلك الالكترونات بمقتضاها . وكانت النتائج الفلسفية المترتبة على هذه التغييرات كبيرة للغاية سواء فى حقل المنطق أم نظرية المعرفة أم مناهج البحث العلمى ، كما برزت مشكلات جديدة وأسئلة تتناول الطبيعة الحقيقية للكون وإمكانية الإنسان بما يملك من معدات ذاتية وأجهزة علمية فى معرفة ما يجرى حوله فى الكون بدقة[5] .

---

(١) المرجع السابق ،صفحة ١٥٥ .

(٢) هايزنبرج ، الطبيعة النووية ، ترجمة د . سيد رمضان هدارة ، مراجعة د . محمود مختار ، القاهرة ، سلسلة الألف كتاب ، صفحة ٤١ .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ١٥٦ .

(٤) المرجع السابق ، الموضع نفسه .

(٥) د . ياسين خليل ، مقدمة فى الفلسفة المعاصرة ، صفحة ١٧٤ .

وفى مواجهة صعوبة القول إن المادة تتألف من موجات وجزيئات فى آن واحد ، أقترح « ماكس بورن » الفكرة القائلة أن الموجات لا تكون أى شيء مادى على الإطلاق ، وانما تمثل احتمالات . وأدى تفسيره هذا إلى حدوث تحول غير منتظر فى مشكله الذرة : فقد افترض أن الكيانات الأولية جزئيات لا تتحكم فى سلوكها قوانين سببية ، وانما قوانين احتمالية من نوع مشابه للموجات فيما يتعلق بتركيبها الرياضى . وفى هذا التفسير لا تكون للموجات حقيقة الموضوعات المادية ، بل تكون لها حقيقة المقادير الرياضية فحسب[1] .

وقد واصل هايزنبرج السير فى هذا الطريق ، فبيَّن أن هناك قدرًا معينًا من اللا تحديد فيما يتعلق بالتنبؤ بمسار الجزئ ، مما يجعل من المستحيل التنبؤ بهذا المسار بدقة ، وهى نتيجة صاغها فى مبدئه المعروف بمبدأ اللا تحديد principle of indeterminancy والذى صاغه هايزنبرج على النحو التالى :« من المستحيل أن نعرف بدقة تامة فى وقت واحد كلا العاملين الهامين – المكان والسرعة – اللذين يعينان حركة أحد الجسيمات الصغيرة جدًا ، فمن المستحيل تعيين كل من مكان الجسيم واتجاهه وسرعته معًا تعيينًا دقيقًا ، ولو حددنا مكانه بالضبط عند أية لحظة بتجربة ما إن حركته سوف تضطرب بهذه التجربة ذاتها إلى درجة لا يمكننا أن نجد الجسيم مطلقًا والعكس إذا أمكننا قياس السرعة قياسًا مضبوطًا فإن صورة الجسيم تنطمس كليةً »[2] .

وبفضل كشوف بورن وهايزنبرج اتخذت الخطوة الأولى التى أدت إلى الانتقال من تفسير سببى للعالَم الأصغر إلى تفسير إحصائى له فأصبح من المعترف به أن الحادث الذرى المنفرد لا يتحدد بقانون سببى ، بل يخضع لقانون احتمالى فحسب ، واستعيض عن فكرة « إذا كان ... إذن ... » التى عرفتها الفيزياء الكلاسيكية ، بفكرة « إذا كان ... فإن ... فى نسبة مئوية معينة »[3] .

وأخيرًا جمع بور Bohr بين نتائج بورن ونتائج هايزنبرج ، فوضع مبدأ التكامل principle ofcomplementarity وهو المبدأ القائل إن تفسير بورن لا يقدم إلينا إلا وجهًا واحدًا للمشكلة، ومن الممكن أيضا أن ننظر إلى الموجات على أنها ذات حقيقة فيزيائية ، وهو رأى لا يكون

(١) ريشنباخ ،نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ١٥٧ .

(٢) هايزنبرج ، الطبيعة النووية ، صفحة ٣٩ .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ١٥٧ .

فيه للجزئيات وجود ، ولا سبيل إلى التمييز بين هذين التفسيرين ، لأن اللا تحديد كما يقول به هايزنبرج يجعل من المستحيل القيام بأية تجربة فاصلة ، أى أنه يؤدى إلى استبعاد التجارب التى تبلغ من الدقة حدًا يكفى لتحديد أى التفسيرين هو الصحيح وأيهما الباطل[1] . والجدير بالإشارة أن غياب هذا التحديد الحاسم ليس نتيجة لقصور أو نقص فى النظرية ، وإنما هو خاصية من خواص عالم الذرة[2] . فالقوانين التى كان يظن أنها تحكم كل ذرة على حدة ، أصبحت اليوم نتيجة إحصاءات ومتوسطات تتدخل فيها قوانين الاحتمال[3] .

وتوضيحًا لذلك نقول إن عالَم الذرة يتضمن ما يمكن ملاحظته وما لا يمكن ملاحظته . فما يمكن ملاحظته هو الصدمات بين جزيئين ، أو بين جزئ وشعاع ضوئى ، إذ أن الفيزيائى قد استحدث أدوات عظيمة الدقة توضح كل صدمة منفردة . أما ما لا يمكن ملاحظته فهو ما يحدث خلال الفترة الواقعة بين صدمتين ، أو فى الطريق من مصدر الإشعاع إلى الصدمة . وإذن فهذه الحوادث هى الموضوعات التى لا تلاحظ فى عالم « الكوانتم » . ولكن لِمَ كان من المستحيل ملاحظتها ؟ ولِمَ لم يكن فى استطاعتنا أن نستخدم نوعًا أدق من المجهر (الميكروسكوب) ، ونرقب الجزئيات فى مسارها ؟ إن المشكلة هى أن من الضرورى ، لكى نرى جزيئا ، أن نضيئه . وإضاءة جزئ يختلف كل الاختلاف عن إضاءة بيت[4] أو عن إضاءة كرة تنس ، فمثلاً كرة التنس تحتل فى كل لحظة مكانًا معينًا فى مسارها ، ولها فى هذه اللحظة سرعة محددة ، فمن الممكن قياس المكان والسرعة معًا ، فى كل لحظة ، بأدوات مناسبة . أما بالنسبة إلى الجزئيات الصغيرة من الذرة ، فإن التغير الذى يحدثه الملاحظ يجعل من المستحيل ، كما بيَّن هايزنبرج ، قياس القيمتين معًا فى نفس الوقت .

إن فى استطاعتنا أن نقيس موقع الجزئ أو سرعته ، ولكننا لا نستطيع قياسهما معًا ، ذلك لأن الشعاع الضوئى عندما يقع على جزئ يخرج به عن طريقه ، وإذن فما نلاحظه صدمة ، وليس جزيئًا يسير فى طريقه المألوف دون أن يعترضه شىء[5] . ونستطيع أن ندرك ذلك إذا تخيلنا أننا نريد مراقبة كرة بلياردو تتدحرج فى مسارها فى قاعة مظلمة ، ولكننا

---

(١) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحات ١٥٧ – ١٥٨ .

(٢) Russell, B., Human Knowledge, PP. 37-38.

(٣) رسل ، الفلسفة بنظرة علمية ، صفحة ٢٥٩ .

(٤) ريشنباخ ، نشأة الفلسفة العلمية ، صفحة ١٦٣ .

(٥) المرجع السابق ، صفحات ١٦٣ – ١٦٤ .

عندما نضيء النور ، ويسقط النور على الكرة ، فإنه يدفع الكرة بعيدًا عن طريقها . فأين كانت الكرة قبل أن نضيء النور ؟ هذا أمر لا يمكننا أن نحدده . ولكن لحسن الحظ أن هذا المثل لا ينطبق على كرات البلياردو ، فهى من الكبر بحيث أن اصطدام الشعاع الضوئى بها لا يُحْدِث فى مسارها أى تغير ملحوظ . أما فى حالة الالكترونات وغيرها من مكونات الذرة فإن الأمر يختلف . فعندما نلاحظها ، يكون علينا أن نغير مسارها ، وبالتالى لا يكون فى وسعنا أن نعرف ما الذى كانت تفعله قبل الملاحظة[1] ، فمن المستحيل فى الفيزياء الذرية أن نهمل التغيرات التى تسببها عملية الملاحظـــة على الشيء الذى نفحصه[2] . تلك هى النتيجة التى يؤدى إليها مبدأ اللا تحديد عند هايزنبرج .

وهنا قد يتساءل المرء عما إذا كانت توجد طرق أخرى لتحديد المقدار غير المقيس ، أعنى طرقًا نربط بها ، على نحو غير مباشر ، بين المقدار غير المقيس وبين المقادير الملاحظة . وهذا يكون ممكنا بالفعل إذا أمكننا أن نفترض أن المقادير غير الملاحظة تسير تبعًا لنفس قوانين المقادير الملاحظة غير أن تحليـل ميكانيكـا الكوانتـم قـد أدى إلى إجابة سلبية عن هذا السؤال . فالموضوعات غير الملاحظة لا تخضع لنفس القوانين التى تخضع لها الموضوعات الملاحظة من حيث أنه ينشأ بينهما فارق نوعى فيمـا يتعلـق بالسببية . فالعلاقات التى تتحكم فى الموضوعات غير الملاحظة تخالف مصادرات السببية ، وهى تؤدى إلى انحرافات فى مجال السببية[3] ، وهذه النتيجة لا تشكل فشلاً فى مجال علم الفيزياء ، وإنما تكشف عن خاصية موضوعية لبعض الظواهر الطبيعية[4] .

إن فشل التفسير الميكنيكى للعالَم أدى إلى انهيار كل معرفة تزعم بأن معرفتنا بالعـالم الخارجى هى معرفة صادقة صدقًا ضروريا ومطلقًا ، ويمكننا أن نعبر عن ذلك بكلمات أخرى ، فنقول : أدى تطور العلوم الفيزيائية إلى انهيار الأساس العلمى لكل معرفة تركيبية قبلية ، وأوضح أن القوانين العلمية هى قوانين تجريبية احتمالية ، وليست قوانين ضرورية يفرضها علينا العقل ذاته ، وهذا ما سنفرد له الفصل التالى .

---

(١) المرجع السابق ، صفحة ١٦٣ .

(٢) هايزنبرج ، المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، صفحة ٧٥ .

(٣) ريشنباخ ، نشأة الفلسفية العلمية ، صفحة ١٦٥ .

(٤) Reichenbach , H . , Modern Philosophy of Science , London , 1959 , P . 98 .