المقتطف

الجزء الثالث من المجلد السابع والتسعين

اكتوبر سنة ١٩٤٠ — ٢٩ شعبان سنة ١٣٥٩

علم الطبيعة الجديد

روبرت الماده (١)

يحكم كل متتبع لنشوء علم الطبيعة بأن مبادئهُ وقواعده نقحت وعدّلت منذ بدء القرن العشرين ، نتيجة لتجارب والاها العلماء منذ ثلاثين سنة إلى الآن . فالطبيعي يحاول الآن تفسير نظام الكون وطبيعة الذرة والمادة والضوء وفقاً لصور جديدة تختلف اختلافاً أساسيًّا عن الصور التي كانت تسود علم الطبيعة في القرن التاسع عشر

ويؤكد البرنس لوي ده بروي — الطبيعي الرياضي الفرنسي — ان الآراء التي بسطها ماكس بلانك الطبيعي الالماني في سنة ١٩٠٠ كانت من أهم الحدود الفاصلة في نشوء علم الطبيعة في هذا العصر

وقد أتجهت مساعي العلماء الطبيعيين الى بحث المتناهي في الصغر والمتناهي في الكبر أي الذرات وما تتألف منهُ والشموس الكبار والمجرات . فعلماء الفلك الطبيعي تغلغلوا ببحثهم في رحاب الكون الفسيحة ، وعلماء الطبيعة الذرية تاهوا في تجاربهم أفلاك دقائق من مادة تستطيع ان تحشد عشرة ملايين منها في مدى مليمتر واحد . وفي الحالين لا بدَّ من اعتماد الباحثين على أجهزة علمية دقيقة يتعذر الحصول عليها واستعمالها إلاَّ في المعاهد العلمية الكبيرة على الاكثر ،

---

(١) أشار هذا المقال على أثر مراجعة كتاب « الفيزيقا الجديدة ومعناها » وملخصهُ تأليف الاستاذ احمد فهمي ابو خير وهو هدية المقتطف السنوية الى مشتركيه

لكثرة نفقتها وعظم الجهد في اعدادها ، ودقة تدريب الباحثين على استعمالها ، وهذا يفسر البطء في ظهور النتائج التي أسفرت عنها التجارب التي جرّبت بها

كان علم الطبيعة القديم قائماً على وجود العناصر التي لا تتحوّل وعلى ان ذرّات كل عنصر منها مماثلة ولكنها تختلف عن ذرّات العنصر الآخر وان عدد انواع الذرّات او العناصر اثنان وتسعون او نحوه ، أي ان علم الطبيعة القديم عجز عن الوصول الى وحدة المادة

أما علم الطبيعة الجديد فيأخذ بأن قوام المادة ذرات كل ذرة منها مؤلفة من جزئين أساسيين النواة وحولها الكهيربات، وأبسط العناصر تركيباً هو عنصر الايدروجين فنواتهُ بروتون واحد وحولها كهيرب واحد ، وأن ذرات سائر العناصر لا تختلف نوعاً عن ذرة الايدروجين مع أنها تختلف شكلاً ومقداراً من حيث ما يدخل في تركيبها من بروتونات وكهيربات ، وعلى هذا الأساس تمكن العلماء المحدثون من تحويل العناصر بعضها الى بعض ، فعلم الطبيعة الجديد قائم حقاً على مبدإ وحدة المادة

ولكن قواعد هذه الوحدة بحوطها شيء من الغموض . فقد كان الرأي الى عهد قريب ان جميع ذرات العناصر مؤلفة من بروتونات النواة وهي دقائق الكهربية الموجبة ، وكهيربات تدور حول النواة وهي دقائق الكهربية السالبة . وان البروتون يفوق الكهيرب نحو ٢٠٠٠ ضعف وزناً . وبدا ان الذرّة أشبه ما تكون بنظام شمسي شمسهُ النواة وسياراتهُ الكهيربات حولها . وان قوام المادة في الواقع ليس إلا دقائق كهربية تتذبذب في الفضاء ، أي فضاء الذرة. وشبه العالم الفرنسي تيبو Thibaud مدير معهد الطبيعة الذرية في جامعة ليون ، الذرّة تشبيهاً لطيفاً يقرب صورتها من تصور القارىء فقال : إذا تصورنا ذرّة الايدروجين في حجم مدينة باريس كانت نواتها في حجم قوس النصر، وكهيربها في قدر كرة بلياردو في ميدان الكونكورد وباقي الذرّة خلاء

ولكن البحوث العويصة التي تمّت في السنوات الأخيرة عقّدت الموضوع بدلاً من أن تبسطهُ . ذلك بأن الباحثين كشفوا جسيمات جديدة عدا البروتون والكهيرب . فكشفوا أولاً دقيقة الكهربة الموجبة وتعرف باسم البوزيترون او الكهيرب الموجب وهي مما يصعب الحصول عليه او مجانسهُ في الثبوب لأنها لا تكاد تتولد حتى تتحد بدقائق اخرى . وهي تماثل الكهيرب كتلةً ولكنها تخالفهُ شحنة كهربية . فالكهيرب سالب الكهربة وهي موجبتها . وإذن فالكهيرب والبوزيترون متوأمان ولذلك اقترح أحدهم ان يدعى الاول نجاترون (كهيرب سالب) والثاني بوزيترون (كهيرب موجب) . وكشفوا كذلك النوترون (المحايد) وقد دعي كذلك لأن شحنتهُ الكهربائية متعادلة . وهو يماثل البروتون او ذرة الايدروجين في كتلته ويدخل

أحياناً كثيرة في تركيب نوى الذرّات وفي الآراء الأخيرة أنهُ عماد تركيب نوى الذرّات . وبعد ذلك كشفوا ما يعرف باسم النوترينو (أي المحايد الصغير) وقد دعي كذلك لأنهُ متعادل الكهربية كالنوترون ولكن كتلتهُ أصغر كثيراً من كتلة النوترون فهي مثل كتلة الكهربة ولعلها أصغر . واخيراً كشفوا البوزوترون

فعلم الطبيعة الحديث لا يزال في مهده . ان فريقاً من العلماء يتصورون المادة دقائق مكهربة يحيط بها فراغ . فنيو يسأل ألا يجوز تهشيم النوترون فينفصل دقيقتين احداهما موجبة الكهربة والأخرى سالبتها وعندئذ يكون النوترينو مصاحباً لهذا التهشيم ؟ اما البرنس لوي ده برولي فأميل الى القول « بانقسام البروتون الى نترون والكترون موجب (بوزيترون) . وعلى ذلك يكون قوام المادة بحسب رأي ده برولي نوترونات غير مكهربة وكهربات سالبة (نجاتروفات) وكهربات موجبة (بوزيتروفات) . فالنوترون لا كهربية فيهِ ولكن كتلتهُ كبيرة والآخران كتلتهما يسيرة جداً ولكنهما مكهربان . فعلم الطبيعة الجديد مبني على فكرة وحدة المادة

***

ويختلف علم الطبيعة الجديد عن علم الطبيعة القديم من وجوه أخرى . فالميكانيكيات القديمة كان لها سيادتها ومنها انهُ لا توجد سرعة أعظم من سرعة الضوء ولا حرارة أقل من حرارة (أو برد) الصفر المطلق . وان المادة لا تتلاشى .

ومما لا ريب فيهِ أن علم الطبيعة الجديد لا يعترف بصحة المبدإ الأخير ، وجميع الطبيعيين يسلمون بامكان تلاشي المادة الآن ، في إحدى التجارب الحديثة ثبت ان أزواجاً من الكهربات موجبة وسالبة تتلاشى فتتولد ضويئات (فوتونات وهي ذرّات الضوء إذا صحّ القول بأن للضوء ذرّات على اعتبار ان الذرة شيء مادي . ولهذه الملاحظة تفصيل في آخر المقال) . وفي الجهة المقابلة تولدت أزواج من الكهربات الموجبة والسالبة من الضويئات (تقرير للمعهد السنعوني سنة ١٩٣٨ صفحة ١٣١) . فالعمل الأول تحويل المادة الى طاقة والعمل الثاني تحويل الطاقة الى مادة (إذا صحّ ان نعتبر الكهربات دقائق مادية والضويئات حزم اشعاع لا دقائق مادية) .

ولذلك يقول أينشتين إنهُ عبثاً أن نحنّ نحن مبدئي « حفظ المادة » و « حفظ الطاقة » « مبدأ التعادل » مسبقين مبدءاً يقول بـ « حفظ شيء ما » ولكنهُ مبدأ يسمح بتحول المادة الى طاقة والطاقة الى مادة . ولنضرب مثلاً على هذه الصورة الجديدة في علم الطبيعة الحديث

إن ذرّة الهليوم مؤلفة من أربع ذرّات إيدروجين . ولكن كتلة ذرّة الهليوم أقل من مجموع كتل ذرات الايدروجين الأربع ، فأين ذهب الفرق ؟ هذا الفرق ، هذا القدر اليسير من الكتلة تحوّل طاقة منطلقة عندما اندمجت الذرّات الأربع بعضها في بعض لانشاء ذرّة واحدة جديدة . وتقدر الطاقة التي تولدت بتحول هذا المقدار من المادة بنحو ٢٧ مليون فولط

خسارة المادة بملاشاتها يعوضها تولد الطاقة وهذا هو مبدأ التعادل equivalence

ويرى فريق كبير من العلماء أن تلاشي المادة على الوجه المتقدم في الشمس يجهزها بالطاقة العظيمة التي تجعلها مشرقة . وعلى كل حال ففي وسعنا ان نتصور تحوُّل ذرات الشموس الى اشعاع كما تتحول ذرات العناصر المشعة الى اشعاع ، وكذلك تحوُّل الطاقة المشعة الى مادة كما تحوَّلت الطاقة الى كهربات موجبة وسالبة في التجربة التي تقدم ذكرها . ومع ذلك تبقى أمامنا صعوبة كبيرة وهي أننا لا نعلم علماً وثيقاً ما هي الضويئات (الفوتونات) أي ما هو الضوء

من نحو عشر سنوات ابتدع البرنس لوي ده برولي مذهب الميكانيكيات الموجية . وطبقهُ أولاً على الضوء ثم على جميع أشكال الطاقة وفاز بجائزة نوبل الطبيعية

كان نيوتن يقول ان الضوء دقائق . وقال هوجنس وأيده فريل وبنغ أنهُ أمواج في وسط دعوه الاثير . ولكن علماء الطبيعة المحدثين يشكون في وجود الأثير ، فجاء ده برولي وجمع بين المذهبين فقال ان هناك انطلاق ذرات وحركة موجية في آن واحد ، وجاء مشرَّفة فقال أن الفرق بين الضوء والمادة فرق سرعة . وقال ده برولي إنهُ من الضروري ان نربط بين فكرة الموجة وحركة الدقائق المادية الذرية . وحركة الدقائق مرتبطة بظاهرة دورية رتبية ندعوها موجة

ويذهب علماء الطبيعة الى ان هذه القاعدة العامة في فهم الضوء والمادة بحسب قواعد الميكانيكيات الموجية تفسر جميع التجارب التي عجز علم الطبيعة القديم عن تفسيرها ولكنها تجعل جوانب من علم الطبيعة الحديث مكتنفة بالابهام . ففي مذكرة علمية كتبها اندرق موريس ده برولي بمعاونة شقيقه البرنس ده برولي جاء ما يلي :— ان الفوتون (الضوء) دقيقة من الضوء لا تزال طبيعتها سرًّا من الأسرار ، والميكانيكيات الموجية تربط بفكرة الحركة «موجة» لا وجود طبيعي لها ولكن يمكن التنبؤ الرياضي بها »

***

ثم علينا ان نضيف مبدءاً ثالثاً الى مبدأي وحدة المادة وقابلية التحول من المادة الى الطاقة ومن الطاقة الى المادة وهو ان للمادة والضوء ناحيتين ناحية ذرية corpuscular وناحية موجية wave وهذا يفضي بنا الى نظرية وحدة المادة والضوء . والبرنس ده برولي يرى أن هذه الوحدة تحقق عن طريق نظرية النوترينو (المحايد الصغير) وهو دقيقة صغيرة كالكهرب أو أصغر منه وشحنتها الكهربائية صغيرة جداً أو تكاد تكون صفراً بالقياس الى شحنة الكهرب. وعند البرنس ده برولي أن النوترينو قد يكون أحد جزئي الضوء . أما الجزء الآخر فدقيقة أخرى . وهو يدعو النوترينو « نصف الضوء » demi-photon . ولكن اذا كان للنوترينو قوام مادي فيصبح الضوء دقيقة مادية لا مجرد دقيقة من شيء غير مادي هو الضوء

ونحن نرى شرذمة القائلين بأن الفرق بين المادة والضوء انما هو فرق سرعة يوفق بين الاثنين ويجمعهما في سعيد واحد . على أن هذه الاعتبارات تدلنا على صحة ما قلناه من أن نواحي من علم الطبيعة الحديث لا تزال محوطة بالخفاء والغموض . فمن ناحية منه نخرج بأن الحقيقة المادية كما كانت معروفة لعلماء الطبيعة في القرن التاسع عشر قد اضمحلت وحلت محلها صورة مادة ذرية الغوام تتصف بصفات التحول المتبادل بين خواص المادة والطاقة . وكأنما تقود الى نوع من «التوحيد المادي» تستقر خارجه أسرار الحياة والعقل

وبالاختصار ان علم الطبيعة الحديث يأخذ بمبادىء وصور تقضي على حتمية الميكانيكيات القديمة ومبدإ الاتصال (Continuity) . هذه المبادىء والصور تقول لنا بأن الطبيعة الذرية الجديدة تشير الى حقيقة غير متصلة تقع فيها تحولات فجائية ليس في الوسع تفسيرها إلا بعملية مركبة من حركة موجية وحركة ذرية مشتركتين معاً . والبرنس دي برولي يرى أن نشر نظرية بلانك في «المقدار» (Quantum) في سنة ١٩٠٠ هو أصل الانقلاب في علم الطبيعة الحديث. فلنلق نظرة عجلى في مذهبه

أن «المقادير» Quanta في نظر بلانك مردها الى أن اشعاع الذرات ليس اشعاعاً متصلاً. فكأن الطاقة تتجمع وتحتشد في ذرة حتى اذا بلغت قدراً معيناً انطلقت اشعاعاً . فانطلاق الاشعاع من ذرة مشعة ليس انطلاقاً متصلاً وانما هو انطلاق مقادير كثيرة متلاحقة بسرعة بينها فترات مهما تكن قصيرة من الزمن . وقد جربت تجارب متعددة منذ ما أذاع بلانك نظريته فأيدت قوله

من الأقوال المشهورة المسندة الى الفيلسوف بينز أن الطبيعة لا تحب الففر . كقولهم أن الطبيعة تكره الفراغ . أما وقد أصبحت الذرات قوام نظرتنا الى الطبيعة فليس في الطبيعة إلا الففر . وعلم الطبيعة الذرية يقصر عمله على كشف النواميس المسيطرة على هذا الففر . ورجاله يبحثون عن قيمة «مقدار» الطاقة . ويحاولون أن يستخرجوا قواعد الاحتمال التي تحكم انتقال نظام ذري من حالة الى أخرى في مدة معينة . أي إنهم يحاولون أن يستخرجوا قواعد الاحتمال التي تمكنهم من معرفة الحالة التي يكون عليها نظام ذري ما بعد انقضاء مدة معينة . وكل ما يستطيعونه هو معرفة الاحتمال . أي انهم لا يستطيعون أن يحكموا حتماً بأن حالة هذا النظام الذري ستكون كذا أو كيت بعد انقضاء مدة معينة . أي أنه من المتعذر عليهم أن يتنبأوا بالدقة أو يعرفوا حتماً مستقبل حركة ذرة أو جزء من ذرة. فعدم الثبت في علم الطبيعة الذرية حل محل مبدإ الحتم . وهذا هو مبدأ هيزنبرج (Heisenberg's uncertainty principle)

فكأن مبدأ الحتم الذي قامت عليه ميكانيكات نيوتن وديكارت هدم من أساسه من حيث المبدإ. نعم أن مبدأ عدم الثبت يشمل كل الكون . وتلك القواعد الاحصائية التي كشفها علماء القرن

التاسع عشر وبنوا عليها لا تزال قائمة لأنها بحسب النظرة الحديثة قائمة على احتمالات كبيرة فهي تصح في أكثر الاحوال والاحوال التي لا تصح فيها نادرة جداً يجوز إهمالها في حسابنا العملي . وكل ما تقوله النظرة الحديثة أنهُ لا يجوز القول انها صحيحة إطلاقاً وحتماً في جميع الحالات بغير استثناء

ان مبدأ عدم الثبت نتيجة القول بطبيعة المادة والطاقة الذرّية . فالذرّية (أي الانفصال في بناء المادة والطاقة) وعدم التثبت ركنان أساسيّان من أركان علم الطبيعة الحديثة

***

في دراسة التركيب الذري يتعين على علماء الطبيعة الحديثة والفلك الطبيعي astrophysic أن يستعينوا بالتخيّل . فالتخيّل رائد التجريب . وبعد التجريب والامتحان يأتي دور التفسير والتركيب synthesis . ولكن الحذر يجب ان يكون رائدهم في جميع هذه المراحل . وتاريخ العلم حافل باشلاء التفسيرات العلمية المنبوذة

والافكار الجديدة في العلم لا يمكن قبولها إلاّ بعد تواتر الأدلة القاطعة المستخرجة من التجارب المعادة . ثم يجب ان تكون على اشدّ الحذر في التفريق بين نتائج التجارب وتفسير تلك النتائج

ولنضرب مثلاً على ذلك منتزعاً من علم الفلك الطبيعي . فقد تعوّدنا الآن ان ننظر الى المجرّات التي خارج مجرتنا او السدم الاولية على انها اشبهُ ما يكون بجزائر ضخمة في بحار الفضاء وهذا القول مبنيٌّ على مباحث العلاّمة هبل Hubble الاميركي منذ سنة ١٩٢٥ الى الآن

وقد ثبت سرعة طائفة غير يسيرة من هذه المجرّات ويؤخذ من دراسة هذه السرعات ان المجرّات الخارجية تبتعد عنا وبعضها عن بعض بسرعة عظيمة ، تبلغ أحياناً سُبع سرعة الضوء

وفي سنة ١٩٢٩ استخرج هبل قانوناً مؤداه ان زيادة سرعة ابتعاد المجرّات موافقة لبعدها فكلما زاد بعد مجرّة مليون سنة ضوئية زادت سرعة ابتعادها ١٧٠ كيلو متراً في الثانية . وهذه النتيجة هي التي أفضت بعلماء الفلك والطبيعة على السواء الى القول بأن «الكون آخذ في الاتساع» Expanding Universe وأنهُ ضاعف قطرهُ خلال ألفي مليون سنة . ولكن اذا بلغت سرعة المجرّات الثانية سرعة الضوء تعذر على أيّ كان ان يراها لأن أشعة الضوء المنطلقة منها لا يمكن ان تصل الأرض ، وهذا يعني ان الكون يصبح وهو لا قرار لهُ

هذا التفسير قائم بحكم الضبع على مبدإ طبيعي وهو حيود الخط الأحمر في طيوف المجرّات التي فحصها هبل وأعوانهُ في مرصد جبل ولسن . ولكن من يدري ان الغد لا يأتينا بتفسير آخر لهذا الحيود ؟ ان دراسة الطيوف محوطة بكثير من التحفظات التي تحملنا على الحذر في قبول التفسير الذي ذهب اليهِ هبل قبولاً مطلقاً . وعلاوة على ما تقدم أن هبل يفرض أن النواميس التي تحكم مجرتنا سارية على مجرات قصية بنوع أن لا صلة بينها وبين مجرتنا على الاطلاق .

ثم هناك نظرية أخرى يقول بها علماء الفلك الطبيعي محاولين ازالة التناقض بين القول بالتناهي واللاتناهي ، وهي ما يعرف بلفظي « الكون المنكور » . فالكوْر في نظرهم ناموس أساسي من نواميس الطبيعة . هو ذا الكون يشبه كرة ضخمة او فقاعة كبيرة . وجميع أصناف الاشعاع تتبع في سيرها خطوطاً منحنية . وعلى ذلك فالضوء الواصل الينا من نجم مايصل الى الأرض من ناحيتين الأولى مباشرة في خط منحن ، والثاني في خط دائرة كاملة بعدما يجوب آفاق الكون . وهذا قول يجب ان يمتحن قبل ان نأخذ به . اي يجب ان ننتظر البرهان التجريبي على ان انتقال الاشعاع او الطاقة او الضوء لا يسير في خط مستقيم بل في مسار منحن ، (تقرير المعهد السنصوني ١٩٣٨ صفحة ١٧٥) . ولكن يجوز لنا بغير ان نجبح مع النحيل الوثاب ان نقول بان بحوث وتجارب الثلاثين السنة الأخيرة حملت علماء الطبيعة على تنقيح افكارهم الأصيلة الى العالم والضوء والمادة والطاقة اي الى الكون

ولد العلم الحديث من الفلسفة حوالي منتصف القرن السادس عشر . ولد ثائراً على أمه فانقلب على أساليبها القائمة على التأمل والاستنتاج من مسلمات فلسفية سابقة متخذاً له أعواناً من المشاهدة والاستقراء والتجربة وأسلحة من المرقب والمجهر والمطياف وغيرها

وكان أئمة هذه الثورة على الفلسفة تيخوبراهي وكبلر وكوبرنيكس وغليليو — وخاصة هذا الأخير الذي استنبط المرقب واستعمله . وسار زعماء العلم من عصر الى عصر يكشفون عن أسرار الطبيعة ويتتبعون بحوادث الفلك تنبؤاً دقيقاً بعد ما استخرج نيوتن نواميس حركات الأجرام الى أن كان القرن التاسع عشر فاذا الكون في نظرهم آلة مبنية من ذرات المادة المتحركة تجري بحسب نواميس ميكانيكية دقيقة واذا المادة لا تتلاشى في عرفهم والضوء أمواج تسير في خطوط مستقيمة في وسط تموجه الأثير

ثم كشف عن أشعة رنتجن وعن الراديوم وعن الكهرب على أيدي رنتجن وكوري وطمسن وأعوانهم فكان ذلك فاتحة عهد جديد في العلم الطبيعي وتلاهم بلانك بمذهب الكوانتم (الكم أو المقدار) واينشتين بمذهب النسبية وده برولي وهيزنبرج وأندادهما بمذهب جديد لبناء الالكترون والبروتون . واذا نحن نجد في كل هذه المباحث ان المادة تكسب وزناً اذا تحركت بسرعة عظيمة ، وتتلاشى ، فتتحول الى طاقة ، وان للضوء ضغطاً وهو ينجذب كأنه شيء مادي . ثم ان الضوء ليس أمواجاً في الأثير بل مقادير من الطاقة ولا حاجة بها الى الأثير ، وان أجزاء المادة النهائية تتصرف كأمواج وان المعرفة اليقينية في القرن التاسع عشر صارت معرفة نسبية في سنة ١٩٤٠ وان عالماً مؤلفاً من ثلاثة أبعاد لا يكفي لجميع هذه الظاهرات بل نحتاج الى عالم ذي أبعاد لا تحصى وان الفرق بين الطاقة والمادة انما هو فرق في سرعة كل منهما . في هذه الاعتبارات نجد مكاناً رحباً لعقل الفلسفي يسعى الى توحيدها في نظام شامل . والرجوع معلق باتحاد الفلسفة والعلم في الوصول الى هذا الغرض