الجزء الأول

الفيزيقيون

العلوم تنم عن القدرة ، فهى وسيلتها . وقد تلقن العالم كله هذا الدرس أخيراً ووعاه فى هيروشيما وأعيد إلقاء هذا الدرس بوضوح عظيم وبنغمات سياسية جديدة فى أكتوبر سنة ١٩٥٧ حينما ظهر فى الجو فى الصباح الباكر فى هدوء وصمت أول أسبتنك سوفيتى .

وتختلف الاسبتنكات عن القنبلة الذرية ، إذ أنها فى الواقع آلات علمية ، أول أجهزة علمية ظهرت فى التاريخ تستطيع مسح الأرض كلها . بذلك اتصلت العلوم بالسياسة صلة لم يسبق لها مثيل . وقد ازدادت مخاوف رجل الشارع وارتباكاته من جراء العلوم أكثر من ذى قبل . لقد بدت العلوم لجاليليو وهو يتطلع إلى السماء منذ ثلاثمائة سنة مليئة بالغموض والخفاء وبالعجب وبالجمال . أما بالنسبة لرجل الشارع المتطلع لها عام ١٩٦٠ فقد ظل الخفاء والغموض يلازمها ، ولكن العجب والجمال استعصت عليه رؤيتهما وازدادت صعوبة فهمه لها .

ومما يقلق بال رجال العلوم تلك الهوة السحيقة من عدم الفهم التى تفصل بينهم بوصفهم علميين وبين اللاعلميين التى تزداد اتساعاً فيما يبدو ، فرجل العلم يريد أن يحترم لما لديه من معرفة ولما يستشعره من إخلاص للصدق والحق . وكثيراً جداً ما يعتبره البعض منشئاً للأسلحة رصانعاً لها ، كما أنه كثيراً ما يخلط بينه وبين المهندس ومصمم الأدوات والآلات . نعم إن رجال العلوم هم الذين بنوا أول قنبلة ذرية (فقد كانت أيام حرب ولم يكن يستطيع غيرهم النهوض بهذه المهمة) . ولكن معظمهم لا يأبه للقنابل . ويندر منهم من يهتم بالصواريخ إلا باعتبار أنها أدوات للبحث العلمى . إن ما يهم رجل العلوم

ويسترعى نظره بعمق وشغف هى نفس الأسئلة التى كان يتعشقها قدماء اليونان هم والأطفال فى جميع العصور . إنه يريد أن يفهم كل شىء عن الدنيا المحيطة به ، تلك الدنيا الجميلة المربكة التى لا تكاد تصدق كيف حدث كل ما فيها ؟ ولماذا كان لها بالضبط شكلها التى هى عليه لا غيره ؟ مم تتألف فى صميمها أو نهاية تكوينها ؟ ما الحياة ؟ ومن أين جاء الإنسان ؟ إنه يجد فى هذه الأسئلة متعة وسروراً كما أنه يجد فى نفسه دافعاً لا يقاوم لسؤالها ولكنه يأمل أن يجد رجال الشارع الإجابة عنها عجيبة ومثيرة أيضاً .

لكن الإجابات للأسف تصاغ عادة فى لغة صعبة (كالشفرة) فتختلط معاً الإجابات التى لها أهميتها والإجابات التافهة ، مما يجعل رجل الشارع يستشعر اليأس . لكنه مع ذلك مضطر لمداومة المحاولة ، وذلك لأن العلوم مغامرات لا حدود لها بالنسبة لروح البشر ، ففى استبصاراتها Insights العميقة رعب وكذلك جمال وستظل العلوم على الدوام تشغل العالم وتثيره بأكتشافات جديدة وقدرات جديدة .

يتناول هذا الكتاب تقديراً وتقويماً للجهود وللمغامرات العلمية الواسعة المدى وللعوامل التى تحفز الناس لأن يصيروا من رجال العلوم . سيستعرض الكتاب التقدمات العلمية الرئيسية التى حدثت منذ عام ١٩٢٠ ، ويقدم لقرائه مجموعة مختارة من أعظم البارزين من رجال العلوم الأمريكيين فى كل من المجالات الرئيسية الأربعة : الفيزيقا والكيمياء والفلك والبيولوجيا أو علم الحياة . وعن طريق عرض ما لأمريكا من سجل علمى ومن مقدرة حالية سيتصدى للإجابة عن سؤال حرج هو بمثابة محك كاشف : إلى أى حد من الجودة وصلت العلوم فى أمريكا ؟ وقد اختير عام ١٩٢٠ كنقطة البداية لأنه متفق

تقريباً مع البواكير الأولى لأعمال الرجال الذين لا يزالون على قيد الحياة ، كما أن فترة أربعين سنة تكفى لبيان كيفية تطور معظم المشكلات أو المعضلات فى العلوم .

ويعالج الجزء الأول الفيزيقا والفيزيقيين ، أى العلوم والرجال المتصلين بأهم خواص الكون الأساسية ابتداء من الأعمال الداخلية للذرة إلى الحواف الخارجية للفضاء الممكن رصده . فهدف الفيزيقا لا يقل عن اكتشاف قوانين الطبيعة وهى تعمل وتنفذ فى كل مكان وفى جميع الأشياء . فالفيزيقى يجهد نفسه فى التجريد ليظهر ما فى هذا العالم المعقد لدرجة لا توصف من انتظام أساسى لا يتقيد بزمن .

ولما كانت الفيزيقا تعالج الأساسيات فإن لها أعظم قدرة على تحطيم أو تمويض أى صرح محكم لأى اعتقاد راسخ . وفى هذا القرن جاء الفيزيقيون بسلسلة متتابعة من الاستبصارات الجسيمة التى قلبت رأساً على عقب ما كان القرن التاسع عشر يقره ويمتز به كله تقريباً . فتاريخ الفيزيقا فى هذا القرن عبارة عن قصة رجال عظماء يكافحون ويجاهدون مصوبين إهانات فاحشة إلى المعتقدات التى كانت محل إعزاز أو اعتزاز ، فقد أسبغت صفات جديدة وخواص غامضة خفية لم يكن يحلم بها جاليليو ومكسويل ، على كل من المادة والطاقة والفضاء والزمن والجاذبية والسببية ، ومع ذلك بقى القديم صامداً إلى جانب الحديث بعد أن عرِّف من جديد وحددت معالمه ونظر إليه فى ضوء حديث . فالميكانيكا النيوتونية المأثورة عجزت عن التحليل الدقيق لفلك المشترى أو مداره . كما أنها غير كافية بالمرة للتنبؤ بما يجرى داخل الذرة من حوادث ، ولكن آراء نيوتن كانت ولا تزال كافية لحساب مسار تابع أو سيار أو صاروخ إلى المريخ .

لغز الجسيمات الثلاثين :

عاش الفيزيقيون الخمس عشرة سنه الأخيرة فى أزمة تزداد عمقاً باستمرار ، فقد اكتشفوا من الجسيمات « الأولية » أكثر من القدر الذى يعرفون ماذا يفعلون به ، وقد بلغ عدد هذه الجسيمات حسب أحدث تعداد لها ثلاثين ، منها ما يربو على العشرة ذات أعمار بالغة القصر بحيث لا يمكن قياسها إلا بأجزاء تتراوح بين واحد من مليون وواحد من $^{٢٤}١٠$ جزء من الثانية . ما الداعى لأن تكون الطبيعة محتاجة إلى العديد من هذه الجسيمات لبناء الكون ؟ ومادخل هذه الأجزاء الصغيرة فى الأشياء العادية كالمناضد والكراسى والزهور والنجوم ؟

إن الفيزيقيين فى حيرة ما بعدها حيرة ولكنهم على استعداد لأن يسمعوا فى أى يوم من الأيام أن شاباً نابهاً فى طوكيو أو كوبنهاجن أو جتنجن أو موسكو أو كمبردج بانجلترا ، أو بركلى أو برنستون أو باسادينا أو كمبردج بالولايات المتحدة ، قد حل اللغز الغامض الخفى . وإنه لتساورهم شكوك فى أن التفسير حين يجىء سيقلب رأساً على عقب بعض معتقدات راسخة بشأن بنية الكون ، سيبين لنا أن ما يعتقد كل إنسان الآن بصحته ليس بصحيح — ولعله سيكون غير صحيح بكيفية لم تخطر أبداً على بال أحد .

إن حدس أو تخمين الكيفية التى تعمل بها الطبيعة قد أصبح لعبة دولية واسعة المدى تثير مشاعر رجل العلوم أكثر من أى لعبة أخرى ابتكرها الإنسان . ومع أن التنافس الدولى فى العلوم قائم ، إلا أن له طابعاً مميزاً خاصاً به ، ذلك أن رجل العلوم يشيد بأية نظرية جديدة عظيمة أو بأى اكتشاف جديد عظيم بغض النظر عن شخص المخترع أو المكتشف ، ولكنه لابد أن يستشعر مزيداً قليلا من الاغتباط إذا كان الشخص الظافر صديقاً أو زميلا

فى الكلية ، وخير من هذا كله إذا كان من تلاميذه السابقين .

وهذه الدراسة التى بين أيدينا اختارت أحد عشر فيزيقياً متميزين لتجعلهم محل عناية خاصة ، وهم رجال ساهموا فى نمو العلوم واشتداد ازدهارها فى أمريكا مساهمة بقيت على الدهر ، وأسهموا فيما بينهم فى تفسير وتعليل بعض الفتوحات الخالدة فى الأربعين سنة الأخيرة . وهذا الاختيار ، ككل اختيار مثله ، لابد أن يترك أو يغفل من يؤلمنا إغفالهم ، ولعله يكفينا أن نقول إن الأحد عشر كلهم موهوبون بدرجة خارقة للعادة وإنه لا يفوقهم أحد ، وهم على الترتيب من الأسن إلى الأصغر سناً : رابى ويوجين فاينر ، وروبرت أوبنهيمر ، وإيمليوسجريه ، وهانز بيث ، وجون باردين ، وجوليان شفنجر ، ورتشارد فيمان ، ويانج ، ولى ، ومرى جلمان .

وكلهم أمريكان إما بحكم الولادة أو التبنى أو التعليم ، وإن كان اثنان منهم ليسا من المواطنين . وقد ظفر خمسة منهم بجائزة نوبل ، وثمانية من أصل يهودى . ولكن ليس من الأحد عشر من له اهتمام أساسى صارم بالديانة . وقد نشأ خمسة منهم فى نيويورك ، وقدم الآخرون من بودابست وستراسبورج وضواحى روما ومن شانغهاى وهوفى ومانديس ووسكنسن . ومنهم خمسة لم يبدأوا حياتهم أبداً كفيزيقين ، وإنما انعطفوا وطافوا فى مبدأ الأمر بالكيمياء أو الهندسة ، ولكن الأحد عشر كلهم اكتشفوا آخر الأمر فى الفيزيقا عمقاً وجمالا وتحدياً ذهنياً لم يعثروا عليه فى أى مجال آخر .

ومن الأحد عشر اثنان فقط وصلوا إلى الشهرة فى ميدان الفيزيقا التجريبية . أما التسعة الآخرون فقد اكتسبوها فى الميدان النظرى بمعنى أنهم استغلوا الرياضيات وما فيها من إلهام وعبقرية كأدوات لحل معضلات الفترة وألغازها . وبينما يدرك الفيزيقيون أن التجربة الحاسمة أو الفاصلة هى الاختبار النهائى

للنظريات ، فإنهم حتى التجريبيين منهم ، ينزعون إلى وضع أعمالهم فى مرتبة دنيا بالنسبة لأعمال النظريين الذين تصدر عنهم فكر وآراء عميقة وأساسية . والسبب فى ذلك أن التجريبيين يكون لديهم فى أى وقت بالذات قائمة معينة إلى حدما بالأشياء التى سيقومون بعملها ، فكر تفتقر إلى الاختبار وأجهزة تحتاج إلى تصميم وتشغيل ، بحيث يكون الأمل كبيراً فى أنها ستكشف عن نواح من الطبيعة ، جديدة كانت خافية أو متوارية . أما أن يكون أحد التجريبيين أو غيره أول من قدر له أن يؤيد أحد الفروض ويؤكده ، أو أن يقوم بأحد الاكتشافات قبل غيره من العلماء ، فان ذلك قد يكون مسألة حسن حظ أو حسن تدبير على السواء . ولكن الحادث أو الحاصل هو أن منطوق وصية ألفريد نوبل التى تنص على اشتراط « أهم اكتشاف أو اختراع » يجعل الظفر بجائزته أسهل على التجريبيين منه على النظريين ، ومن ثم لا يوجد بين القسعة النظريين فى قائمة « فورتشن » سوى ثلاثة فقط ممن ظفروا بجائزة نوبل .

هل سألت أى أسئلة هيرة ؟ .

هناك أزمنة وأمكنة بالنسبة للعلوم كما هى بالنسبة للآداب والفنون تكون ولادة الإنسان فيها أحسن أو أسوأ من غيرها ، فمثلا لن يخرج فجأة بطل فى لعبة الشطرنج من أبناء مدينة صغيرة ليس فيها أحد يلعب الشطرنج . لقد بزغت شمس شيكسبير فى لندن الإليزابيثية (أى إبان عصر اليزابيث) لأن بيئتها الاجتماعية كانت فى ذلك العهد قد امتلأت الأسماع فيها بالأدب إلى أقصى حد .

أما بالنسبة للفيزيقا فى هذا القرن فقد كان مقر المجتمعات التى تسحر الألباب فى جتنجن وكوبنهاجن وكمبردج بانجلترا ، أما الفترات التى تركزت فيها هذه الإثارة السحرية فكانت فيما بين عامى ١٩٠٠ و ١٩١٥ وفيما بين ١٩٢٥ و ١٩٢٨ .

تبدأ قصتنا فى مانهاتن عام ١٩٢٠ عندما كان شاب يدعى « ايزيدور اسحق رابى » يشتغل فى معمل شركة صغيرة للكيماويين التحليليين . ولد رابى فى النمسا عام ١٨٩٨ وجاء به أبواه سنة ١٩٠٠ إلى الجانب الشرقى الأدنى من مدينة نيويورك . ووجد أبوه عملا فى دكان حلوى . وذهب رابى إلى إحدى المدارس العامة ، وبمجهود قليل أصبح أول فرقته . وإنه ليذكر بوضوح كيف أن أمه كانت لا تمل سؤاله : « هل سألت أسئلة جيدة فى المدرسة اليوم ؟ » ويعزو رابى اهتمامه بالعلوم ، وهذا لغز محير ، إلى آراء والديه الدينية وتحمسهم بإخلاص لها ، وإن لم يعد يشاطرهم إياها . ويفسر ذلك بقوله « ليس فى الديانة ما ينم عن ضيق أفق وإن ما فيها من آراء يمثل على مسرح كبير كما هو الحال بالنسبة لما فى العلوم من آراء » .

ذهب إلى كورنيل بمنحة ظفر بها وأظهر تفوقاً فى الكيمياء ، وينم هذا الاختيار عن الكثير مما كانت عليه الكيمياء والفيزيقا بالولايات المتحدة فى زمن الحرب العالمية الأولى . لقد كانت الفتوحات الألمانية فى الكيمياء تبرز أنباؤها بكثرة فى الأخبار كما كانت الحال بالنسبة لما كان يذاع عن اضطراب أمريكا وحيرتها الشديدة الناجمة عن فقدانها المصدر الأساسى للأصباغ والكيماويات العضوية بسبب الحصار المضروب على ألمانيا . وعلى العكس من ذلك كانت الفيزيقا ، لأنه لم تكن لها أية صلة بأية احتياجات أو نقص فى الموارد القومية .

وهكذا حدث أن وجد رابى نفسه عام ١٩٢٠ كيماوياً ضئيل المرتب فى نيويورك ، وبعد نحو عام قضاه فى هذا العمل حول أو غير سيرة حياته فجأة والتحق بشركة مصرفية خاصة ، ولبث فيها عامين أو أكثر قبل أن يقرر نهائياً أنه لا مناص من أن يصير فى عداد رجال العلوم ، وعند ذاك عاد إلى كورنيل عام ١٩٢٤ معتزماً الحصول على دكتوراه الفلسفة فى الكيمياء ، وعندئذ اكتشف

كما يحلوله أن يتذكر دائماً ، وأن جزء الكيمياء الذى أحبه يسمى الفيزيقا . وبعد عام انتقل إلى كولمبيا وحصل فى سنة ١٩٢٧ على الدكتوراه .

وعندما كان رابى ينقب عن الاتجاه المناسب لسيرة حياته اهتز عالم الفيزيقا بفعل ثورة أعمق حتى من التى أحدثتها نظريات أينشتين (Einstein) فى النسبية . فبعد أن فسر ألبرت أينشتين ببراعة بواسطة نظريته العامة ما يمسك النجوم فى مسالكها انكشت أو تضاءلت الألغاز الفيزيقية العظيمة فجأة ، وانحصرت فى حدود الذرة الضيقة الدقيقة . وكان نيلز بور (Niels Bohr) قد أمدنا بنموذج الذرة نافع بدرجة مدهشة فى تفسير الأطياف الذرية (أطياف الضوء المنبعث من الذرات عند تسخينها) ولكن هذا النموذج بدا كريهاً بشعاً فى نظر الفيزيقا المأثورة ، فلم يكن يسمح لإلكتروناتها بأن تحل فى غير أفلاك معينة فقط ، ولكن سمح لها بالقفز الكمى فى أمكنة وأزمنة كثيرة متفرقة بين هذه الأفلاك باعثة أو ممتصة للضوء ، ولم يكن يسمح للضوء بأن يلج الذرة أو يغادرها إلا فى حزم صغيرة أو دقيقة هى الكمات (Quantums,) التى صورها ماكس بلانك (Max Planck) . كانت الفكرة كلها خيالية إلى حد حمل بالفعل بعض الفيزيقيين النظريين على التهديد بأن ينفضوا أيديهم من الفيزيقيا .

وفى عام ١٩٢١ أجرى أوتو شتيرن ووالتر جرلاخ (Waltar Gerlach) الألمانيان تجربة دفعت حيرة الفيزيقا المأثورة واضطرابها إلى الذروة . ويذكر رابى أنه كان يقرأ عن تجربتهما بافتتان . لقد غليا بعض الفضة فى فرن وسمحا لحزمة رفيعة من الفضة المتبخرة بأن تتدفق عبر أنبوبة مفرغة ، وكان التقليدون من الفيزيقيين ينتظرون أن تخرج الذرات من الفرن بلا نظام أى فى فوضى ضاربة ، وهى تدر دروراً ومحاورها متجهة فى كل اتجاه يخطر على البال .

ولاختبار صحة ذلك أجرى شتيرن وجرلاخ الحزمة على المرور بين قطبي مغنطيس مما جعل الذرات تنحرف مندفعة إلى أحد الجانبين أو إلى الجانب الآخر تبعاً لاتجاه دورانها ، وبذا تتخذ الحزمة شكل مروحة فى داخل الأنبوبة ، ولكن شتيرن وجرلاخ كانا ينتظران ، طبقاً لاعتبارات خاصة بنموذج «بور» للذرة ، أنهما قد يجدان الحزمة منقسمة إلى حد ما إلى ثلاثة أجزاء بدلا من مجرد الانتشار على شكل منتظم . وماكان أشد دهشتهما عندما وجدا الحزمة قد انقسمت انقساماً دقيقاً إلى جزئين ، ولم يكن لهذا معنى لدى النظريين سوى أن الذرات اخترقت المجال المغنطيسى وكل محاورها متجهة بكيفية واحدة ، وإنما كان نصف الذرات يدر فى اتجاه والنصف الثانى يدر فى الإتجاه الآخر ، وكان هذا بمثابة تبين أن كرات القدم التى يقذف بها من نافذة بلا اهتمام أو عناية تبدأ تدر أتماتياً إما دروراً إلى اليسار أو دروراً إلى اليمين بدلا من أن تتخبط عشوائياً على غير هدى . ومن البديهى أن هذا الاصطفاف الذرى الذى اكتشفه شتيرن وزميله كان قيداً فرضته الفطرة ، فالمجال المغنطيسى وإن استطاع فلق الحزمة لايقوى البتة على إحداث هذا الاصطفاف بنفسه .

إن تجربة شتيرن وجرلاخ تلخص أو يتركز فيها ما يعنيه الفيزيقيون « بالأثر الكمى » أو « الظاهرة الكمية » . فالفيزيقى يرتب ويبتكر تجربة يفاجىء بها الطبيعة وهى فى حالة « فوضى وعدم احتشاد » ، ولكن الفطرة على الدوام تستطيع تفادى الفوضى وعدم النظام وترتيب الأشياء ، فمن سلسلة الإمكانيات أو شبكة الاحتمالات تختار الطبيعة عدداً قليلا فقط وترفض الأخرى . وبذا يتبين أن المادة فى صميم بنيتها الدقيقة معبأة بنظام ودقة ، ومنتظمة بصورة غامضة خفية . ولم ذلك ؟

إلى عام ١٩٢٥ لم تكن قد ظهرت البوادر الأولى لحل لغز الكمة . وقد تم هذا

الحل على يد مجموعة صغيرة من الفيزيقيين الألمان والنمساويين بقيادة شاب فى الرابعة والعشرين يدعى فرنر هايزنبرج (Werner Heisenberg) كان يعمل فى جتنجن . عمد هايزنبرج بشجاعة إلى تحرير الفيزيقا الذرية من اعتصامها داخل برج حصين هو الميكانيكا النيوتونية المأثورة ، بل إنه نحى جانباً نموذج بور للذرة . لم يحاول قط أن يتخيل للذرة أية صورة ، وكل ما فعله بدلا من ذلك هو تدوين المقادير التى تكشف عنها المشاهدة أو الملاحظة من طاقة وتردد وشدة للضوء الذى تبعثه الذرات فى كل حالة معينة من أحوالها ، وحين تناول هذه المعاليم بطريقة رياضية منظمة ، وإن كانت غشمة غير مهذبة ، وجد أن فى استطاعته التنبؤ بصحة ودقة بما سيكون عليه سلوك مجموعات الذرات فى المستقبل . وقد سميت طريقة هايزنبرج هذه فى التنبؤ الذرى بالميكانيكا المتركسية .

وقد تصدى إروين شرودنجر (Erwin Shrodniger) النمساوى مستقلا عن غيره لحل اللغز من زاوية أخرى ، وذلك بإجراء تحليل جديد لذرة الإيدروجين مقتفياً فى تحليله الاقتراح المثمر الذى نادى به عام ١٩٢٤ لويس فكتور دى برولى الفرنسى ، وهو أن الإلكترونات يصح اعتبارها أمواجاً ، كما يصح كذلك اعتبار أمواج الضوء جسيمات أو دقائق . وكانت إحدى النتائج التى انبثقت عن عمل شرودنجر أن تبين أن الميكانيكا الموجية هى والميكانيكا المتركسية لهايزنبرج فى أساسهما شىء واحد ، وكانت نتيجة اندماج عمل هايزنبرج وعمل شرودنجر ظهور ما يسمى الآن بميكانيكا الكمة .

وتبدت هذه الاستبصارات الجديدة البارعة لرابى فى جامعة كولمبيا عام ١٩٢٦ أكثر استهواء وفتنة إلى حد كبير من السوق المالية المزهرة ، أو من الاستعدادات إلى المحاولة الشيطانية الجاسرة للطيران عبر المحيط الأطلسى . كان رابى يتوق إلى الاندماج فى مجتمع الفيزيقا الأوربى الذى يضم صفوة المفكرين ، وما أن حل عام ١٨٦٧ حتى كان رابى فى أوربا على منحة (أى

بواسطة منحة ظفر بها) يعمل جنباً إلى جنب مع بعض مشاهير قادة الفيزيقا الأوربيين .

كانت الفترة التى أثمرت أكثر من غيرها فى مدة إقامة رابى خارج الولايات المتحدة هى التى قضاها فى معمل أوتو شتيرن بها مبورج ، فهناك تعلم الأساليب الفنية لتناول الحزم أو الأشعة الذرية وهى الأساليب التى توسع فيها بعد ذلك إلى مدى بعيد بحنكة ومهارة عظيمتين بعد عودته من الولايات المتحدة ، وفى ذلك يقول رابى : « لقد كنت دائماً أهدف لأن أصير فيزيقياً نظرياً ولكنى أحسست فى العشرة الثالثة من القرن العشرين بملل وسأم بالنسبة لما كنت أحاول القيام به من بحوث نظرية واستحوذت على فكرة القيام بتجارب عملية من نوع جديد » .

وبواسطة معدات متواضعة أخذ رابى وقليل من تلاميذه بكولمبيا يسبرون غور الذرة ويغوصون فى أعماقها كاشفين الغطاء عن خواص مغنطيسية عويصة للنواة كانت محتجبة وضائعة وسط ضربات المطارق الثقيلة للسكلوترون وغيره من محطمات الذرة . وليس من السهل تمثيل قياسات رابى الدقيقة المضبوطة للنواة الدوارة بقطبيها المغنطيسيين الشمالى والجنوبى وتبسيطها للقارىء العادى ، ولكنها قياسات لاغنى عنها لتطوير واختبار النظريات الذرية . وقد قادنا أيضاً عمل رابى إلى آلات جديدة حساسة توجد الآن فى جميع المعامل الكبيرة يستعان بها فى تحليل المركبات الكيماوية ، وقد أنشأ تلاميذ رابى ساعات ذرية مفرطة الدقة والضبط ونبيطة أو وسيلة تعرف بالميزر Masor ، وهو جهاز بالغ الحساسية إلى درجة خيالية يكشف الإشارات الإشعاعية ، نافع فى كل من الاتصالات أو المراسلات الحربية والمراقب أو (التلسكوبات الإشعاعية) فإذا قدر لنا فى أى زمن من الأزمان أن نكشف عن وسائل إشعاعية مرسلة من مخلوقات ذكية غيرنا فى الكون فلا مناص

من أن يكون الجهاز الذى نستخدمه لهذا الغرض محتوياً على ميزر .

لقد قضى رابى شطراً كبيراً من السنوات الخمس عشرة الأخيرة كمستشار يتمتع بتقدير واحترام سام فى كل من وكالة الطاقة الذرية (و . ط . ذ) A E C ووزارة الخارجية ، ووزارة الدفاع (الحربية) والبيت الأبيض وهو على صلة صداقة بالجميع ، وعلى ذكاء نادر ، وعلى إطلاع واسع المدى بالأدبيات التى كان المفروض عادة احتقار رجال العلوم لها ، وهو لايزال يقوم بتدريس الميكانيكا الإحصائية مدة فصل واحد من العام الدراسى .

العمر صانع الأدوار :

فى عام ١٩٢٧ الذى فيه نال رابى درجة الدكتوراه فى كولمبيا كانت جتنجن تمنح الدكتوراه إلى أمريكى هزيل الجسم عمره ٢٣ سنة ، ولكنه على درجة خفيفة من سعة الاطلاع والمعرفة ، وهو روبرت أوبنهيمر الذى كان يبدو منساقاً إلى معرفة بعض الشىء عن كل شىء . كان أبوه مستورداً ناجحاً ، ولذا كانت سنواته الباكرة على طرفى نقيض مع سنوات رابى فى كل شىء تقريباً سوى أن كليهما ينتسب إلى نيويورك . وبعد أن أتم دراسته فى هارفرد فى بحر ٣ سنوات تفوق عام ١٩٢٥ فى الكيمياء وذهب إلى كمبردج حيث سعد بالحصول على امتياز العمل فى معمل كفندش الشهير تحت إرشاد لورد رذرفورد Rutherford . ومن هناك ذهب إلى جتنجن حيث حصل على الدكتوراه متتلمذاً لماكس بورن Max Born الذى سبق أن عمل جنباً إلى جنب مع هايزنبرج فى تقدم وتطوير ميكانيكا الكمة . وعلاوة على إتمام رسالة الدكتوراه عام ١٩٢٧ ، كتب أوبنهيمر فى ذلك العام أوراق بحث أخرى تتناول نواحى مختلفة من ميكانيكا الكمة . وبعد أن أظهر أوبنهيمر هذا التفوق والمقدرة صارت كل جامعة

فى أمريكا ترحب بتعيينه فيها ، وانتهى به الأمر إلى قبول التعيين فى كل من جامعة كاليفورنيا ببركلى ومعهد كاليفورنيا التكنولوجى بباسادينا .

وفى خلال الثلاثينات والأربعينات كان أوبنهيمر يعتبر أعظم شخصية تلمع فى عالم الفيزيقا النظرية بأمريكا كلها ، يتمتع بنفوذ ومكانة هائلة ويتنافس ألمع شباب أمريكا ذكاء فى التتلمذ عليه . ولم يكن فى اجتماعات الجمعية الفيزيقية الأمريكية أسرع منه إدراكاً وإلماماً بما يكمن فى الاقتراحات والفروض المعروضة من قيمة ونفاسة ، ولا انقضاضاً على المعايب المنطقية الخفية العويصة أو على ماقد يكون عليه وضع نظرية جديدة من افتقار إلى رشاقة المظهر أو إلى « الذوق السليم » ، ولهذا الإسهام أهمية لا يمكن أن يبالغ فيها نظراً لما كانت عليه الولايات المتحدة فى ذلك الوقت من افتقار يكاد يكون تاماً إلى أى تقليد له أهميته فى المحافل والعوالم الفيزيقية الرفيعة .

لذلك كان من الطبيعى اختيار أوبنهيمر عام ١٩٤٣ للإشراف على المعمل العظيم فى لوس ألاموس الذى قام بتصميم وإنشاء القنبلة الذرية . وفى فجر ١٦ يولية سنة ١٩٤٧ كان أول تفجير ذرى ، فى لمحة رهيبة واحدة ، يحمل الدليل على نجاح الجهود التى بذلت فى عالم الفيزيقا خلال نصف قرن ويبررها . كانت القنبلة ذاتها نتيجة لتعاون عقول عديدة . وقاد أوبنهيمر هذه الجهود التعاونية ووجهها بمهارة وتفان وحماس استحق التقدير والإعجاب الصريح من قبل جميع من عملوا معه .

وفى خلال الثلاثينات كلها كان أوبنهيمر يساند ويعاون كثيراً مشاريع هيئات البر ، ومن ثم تعرف بالاشيوعيين وأقرانهم من السياح ، ومع أن هذه الهيئات كانت معروفة تماماً للحكومة الأمريكية إبان تعيينه فى لوس ألاموس فإنها عادت تناوئه وتناصبه العداء فيما بعد . وصعقت البلاد عام ١٩٥٤ عندما

سمعت نبأ سحب وكالة أو لجنة الطاقة الذرية لقرار رجال الأمن الإفراج عنه (أى إلغاء قيود الأمن بالنسبة له) ، وبعد أربعة أسابيع من بحث الموضوع ومقاضاته والاستماع لما يقال فيه ، اتهمه مكتب أمن الأشخاص فى الوكالة بعدم المراعاة الخطير لمتطلبات نظام الأمن ، وصوت بأغلبية ٢ إلى ١ بألا يوصى بإعادة إخلاء سبيله بل بإعادة قيود الأمن بالنسبة له . ووافقت وكالة الطاقة الذرية بأغلبية ٤ إلى ١ على توصيات المكتب .

كان هذا كله مثار مناقشة وجدل حاد مرير ، ولا شك فى أن كثيراً من الأمريكان ظلوا فى حيرة ودهشة . لقد ذكرت اللجنة أو المكتب من جهة « أنه يبدو أن الدكتور أوبنهيمر على درجة عالية من التعقل والحكمة تنم عن مقدرة غير عادية على الاحتفاظ لنفسه بأسرار خطيرة » ، ولكنها من جهة أخرى ذكرت « أنه كان أقل صراحة فى حالات عديدة » . وقد تبخرت إلى حد كبير تهمة كونه عارض وعرقل نمو وتقدم القنبلة الأيدروجينية ، وأعلنت وكالة الطاقة الذرية أنه « كان محقاً فى رأيه » ، ومع ذلك ظل كثير من الناس فى الإدارة الحكومية يشعرون بأن أوبنهيمر ورفاقه فى اللجنة الاستشارية العامة المتفرعة عن و . ط . ذ عام ١٩٤٩ (بما فيهم جيمس كونانت James Conant ورابى وإنريكوفرمى) أظهروا ما لا يسمو إلى الصواب والحكمة فى معارضتهم الاندفاع نحو تطوير القنبلة الأيدروجينية .

وقد خرج أوبنهيمر نفسه من المحنة بكيفية أدهشت أصدقاءه وسرتهم . ولا يزالون يعتبرونه واحداً من الشخصيات العظيمة فى الفيزيقا الأمريكية ويؤملون أن يأتى اليوم الذى تنقض فيه الحكومة قرار عام ١٩٥٤ وتستفيد من جديد بمواهبه الفذة المذهلة .

نقر كانت عقبة بطولية :

يعمل أوبنهيمر مديراً لمعهد الدراسات العليا فى برنستون ، وظل يشغل

هذا المركز منذ عام ١٩٤٧ ، وكان أوبنهيمر فى جميع المناقشات العامة التى تلت الحرب العالمية الثانية يصف ببلاغة وافصاح أكثر من أى انسان غيره طبيعة المغامرات العلمية والقيود التى يواجهها جميع الباحثين الذين يسعون وراء المعرفة والتفهم . ومنذ عدة أعوام انتهز فرصة إذاعته محاضرة فوصف انطباعاته الحية الواضحة عن الحقبة المثيرة التى ولدت فيها ميكانيكا الكمة ، وذكر أنها كانت حقبة بطولية بالنسبة لمن ساهموا فيها ، حقبة خلق وإبداع . كان فى استبصاراتهم الجديدة فزع ورعب ونشوة كذلك . . . أما من حيث هى تاريخ فإن خلقها من جديد يتطلب فناً يضارع فى سموه قصة أوديب أو قصة كروميل .

لقد انتهت هذه الحقبة البطولية القصيرة المدى فى عامى ١٩٢٧ ، ١٩٢٨ بفتحين عميق الأثر بطلاهما هايزنبرج والفيزيقى البريطانى بول أندرين موريس ديراك (P. A. M. Dirac) . فبعد أن فحص هايزنبرج بعناية ودقة دور ميكانيكا الكمة ومتضمناتها استخلص مبدأه أو قاعدته اللايقينية الشهيرة التى تنص على أنه يستحيل علينا طبقاً لطبيعة الأشياء أن نعرف فى وقت واحد مكان وسرعة أى إلكترون أو أى جسيم آخر ، إذ أنه إذا عرف مكان جسيم بصفة يقينية تماماً فإن سرعته أو بالأحرى كمية تحركه لا بد أن تكون بعيدة عن اليقينية بعداً كاملا ، والعكس بالعكس . فالأمر يشبه لدرجه ما محاولة حساب سرعة كرة رميت أو قذفت فى معركة لعبة حامية فى كل لحظة من اللحظات إذا كنت لا تستطيع أن تعين إلا واحداً فقط من شيئين : إما وقت قطع الكرة المسافة بين القاذف بها والمتلقى لها أو موضع المضرب عندما يصيب الضارب الكرة ، فإنك إذا عرفت الأول استطعت حساب متوسط سرعة الكرة لا مسارها بالضبط ولا موضعها فى كل لحظة ، أما إذا عرفت الثانى فإنك تستطيع تحديد مكان الكرة عند تلقيها الضربة ، ولكنك تكون عند ئذ مفتقراً للوسيلة التى بها تحسب سرعتها . فلب الموضوع هو أن كل جهد يبذل

لاستخلاص معلومات عن الإلكترون يفضى إلى قلقلته وإحداث اضطراب فيه . فإذا كان الفيزيقى على استعداد للتضحية بالتيقن فيما يتصل بموضوع الإلكترون فإنه يستطيع الظفر بمزيد من التيقن بشأن كمية تحركه ، ولكن هاتين اللايقينيتين لا يمكن تقليلهما إلى أكثر من قيمة نهائية محددة — قيمة تبين أنها فى واقع الأمر هى نفس الثابت المشهور الذى اكتشفه بلانك عام ١٩٠٠ ، وهو الثابت الذى يمثله حرف « h » والذى سماه أو بنهيمر « الرمز المثبت على البوابة المفضية إلى العالم الجديد » . كان بلانك قد وجد أنه حين يضرب تردد الضوء فى « h » ، وهو عدد معين صغير ، فإنه يحصل على مقدار الطاقة الموجودة فى كمة الضوء أو فوتونه .

المناظرة العظيمة : بين بور وأينشتين :

فى عام ١٩٢٨ وضع ديراك التاج على رأس ميكانيكا الكمة عندما ضمن مبادىء النسبية (مثل كون كتلة الجسيم تتزايد بتزايد سرعته) المعادلات التى تتحكم فى الإلكترون . وحين أتم ديراك بحثه وجد أن معادلاته الجديدة استدعت وجود جسيم صغير يشبه إلى حد ما صورة فى المرآة للإلكترون . ويستنبط من أبحاث ديراك هذه أن كل جسيم أولى كالإلكترون يجب أن يكون له جسيم ضديد Anti . وقد تبين بعد ذلك الحين (ليزيد فى تصعيب الأمور) أن الجسيم يمكن أن يكون ضديد نفسه ، وهذا يصدق على الفوتون مثلا . لكن الفيزيقيين فى ذلك الوقت ما كانوا يعرفون سوى ثلاثة جسيمات — البروتون والإلكترون والفوتون ، ولم يكن يبدو ما يشير إلى أن هناك جسيمات غير هذه الثلاثة تنتظر من يكتشفها .

إن اختراع ميكانيكا الكمة فى فترة السنوات الأربع هذه ١٩٢٥ — ١٩٢٨ يفوق حتى ما قام به أينشتين من عمل عظيم ، وذلك من جهة لأن الجماعات العلمية قد اشتركت فيه بقدر أكبر وبصورة أعمق ، ومن جهة أخرى لأنه يحل الأحاجى والألغاز المحيرة التى استحوزت على العقول وشلت فهمها النظرى للمادة والطاقة : وعلاوة على هذا فإن استبصارات أينشتين العميقة على ما فيها من ابتكار جذرى كانت أسهل تقبلا من جانب الفيزيقيين عن التعاليم المركبة الجديدة لها يزنبرج ، وشرود نجر ، وديراك .

لقد ترك أينشتين السببية واليقينية بدون أن يعكر صفوهما ، أما النظريون من علماء الكمة فقد تركوهما حطاماً مخربة . وقد مضى على الفيزيقيين والفلاسفة جيل كامل وهم يتأملون هذه الخرائب دون أن يستطيعوا إعادة بناء الأسس التى يبدو أن الفيزيقا كانت مؤسسة عليها قبل عام ١٩٢٥ ، ولم يكن أحد منهم أعمق إحساساً بهول الصاعقة من أينشتين نفسه إذ أنه لم يستطع حمل نفسه على الاعتقاد بأن العلم يمكن أن يستغنى عن السببية الصارمة ولا بأن اليقينية قدر لها أن تظل على الدوام بعيدة عن قبضة الأرض . لقد تمردت غرائزه العلمية على مجرد فكرة أن الله يلعب بالكون « لعبة زهر النَّرد » على حد تعبيره .

كان أفصح وأبرع المدافعين عن نظرية الكمة الحديثة للطبيعة هو نيلز بور (Niels Bohr) الذى كان فى كوبنهاجن لايزال ممتلئاً نشاطاً فى سن الخامسة والسبعين ، وأخذ يرد بذكائه البارع كل تحد استطاع أينشتين أن يصوبه نحو نظرية الكمة . وكانت زبدة دفاع بور وخلاصته أن الحقيقة الواقعة أعقد من أن تتضمنها مجموعة واحدة من التصورات والفكر (أو المدركات) فالإلكترون قد يكشف عن خواص الموجة حين نشهده بكيفية معينة ، ويكشف عن خواص

الجسيم إذا شاهدناه بكيفية أخرى . وهذان الوصفان يختلف أحدهما عن الآخر اختلاف وصفنا لكرة مفرغة كما نراها من الداخل تارة وكما نراها من الخارج تارة أخرى . ويجب أن يكون وصفنا للحقيقة الواقعة من اتساع الأفق كما يقول بور بالقدر الذى يسمح له بأن يشمل أو يتضمن مجموعتى ماتين المشاهدتين معاً . ويتحدث عن هذا بوصفه مبدأ « التكاملية » Complementarity ، عقيدة أن للطبيعة صفة الازدواج بحيث أن الإنسان إذا تركز على أن يحلل بدقة إحدى نواحيها فان الأخرى المكملة أو المتممة لها تفلت من قبضته .

على أن التكاملية مع ذلك لا تصطدم وتتصارع مع السؤال الذى حير أينشتين وأزعجه إلى أعمق حد وهو : هل يحتمل حقيقة أن يكون النشاط الذرى غير قابل لأن يتحدد بصورة حاسمة وفقاً لما سبقه من حوادث ؟ لقد كان بور وجميع الفيزيقيين الآخرين تقريباً يتقبلون ببساطة كحقيقة نابعة من الفطرة أن السلوك الذرى يجرى وفقاً لقوانين الاحتمالية ، فالإلكترون أو الذرة لا يتحتم أن تفعل شيئاً خاصاً على سبيل الاستجابة لقوة خارجية معينة بل ولا داخلية . فهناك فقط مجموعة من الاحتمالات التى يصح أن تكون عليها استجاباتها فمثلا لا سبيل إلى التنبؤ بالوقت الذى ستتفتت فيه ذرة راديوم معينة ، فكل ما فى الأمر أن الكومة من الذرات الراديومية يتفتت نصفها دائماً فى ١٦٢٠ عاماً .

والحقيقة كما لاحظ أو بنهيمر أن نظرية الكمة « لم تكن من عمل رجل معين وإنما كانت نتيجة تعاون عشرات من رجالات العلوم من أوطان عديدة . . . كانت حقبة عمل فى صبر وجلد . . . من بدايات عديدة خاطئة . ومن تخمينات لم تصمد للوقائع . . . ومن مناظرات وانتقادات وارتجالات رياضية لجة

صادرة عن ذكاء بارع ، . بل إن سرد أو بنهيمر نفسه للوقائع قد أغفل أسماء مشهورة عديدة وحذفها ، وأكثر منها ما حذفته هذه الخلاصة التي نحن بصددها .

السنوات العشر لفرمي والانشطار :[1]

كان من سوء حظ أو بنهيمر وغير من النظريين الذى تدربوا فى أواخر العشرينات أنهم خلفوا عمالقة النظريين. فبعد انتصار ميكانيكا الكمة بدا فى الإمكان معالجة كل المشكلات البارزة فى الفيزيقا ، من حيث المبدأ على الأقل ، ولذا لم يحدث فى خلال العشرين سنة من ١٩٢٨ إلى ١٩٤٨ أن استحق جائزة نوبل سوى عمل نظرى أساسى واحد ، وقد ظفر بجائزته اليابانى هدكى يوكاوا (Hideki Yukaua) الذى افترض عام ١٩٣٥ وجود جسيم جديد أوحى اسمه الميزون ليفسر به القوى التى تبقى نواة الذرة متماسكة .

ومن شباب عمالقة هذه العشرينات البطولية — وفيهم هايزنبرج وديراك وإنريكو فرمى الذين كانوا كلهم لا يزالون دون الثلاثين من عمرهم — استطاع فرمى وحده اكتشاف سبيل أدى به إلى القيام بعمل خالد فى العشر السنوات التالية ، وليتسنى له ذلك اضطر إلى هجر العمل النظرى وولوج المعمل التجريبى .

وحين بدأت الثلاثينات حوّل كثير من الفيزيقيين التجريبيين أنظارهم من الإلكترونات المحيطة بالنواة إلى النواة نفسها . ومن وسائل تعلم بعض الشىء عن النواة ضربها بشىء ما ، ولذا كان الفيزيقيون مشغولين بتصميم مكنات تستطيع ضرب نواة الذرة بلفح من البروتونات عالية الطاقة — هى نوى ذرات الأيدروجين . ولما كانت البروتونات تحمل شحنة موجبة فانها عادة ترتد متنافرة مع النواة الموجبة الشحنة ، وكان لابد للتغلب على هذا التنافر من تعجيل

---

(١) Fission

البروتون بكيفية ما ، وكان السكلوترون أشهر وسيلة للقيام بهذا العمل ، وقد بناه لأول مرة عام ١٩٣٢ ارنست لورنس (Ernest O· Laurence) ومعاونه لفنجستن (M· S· Livingston) .

وحدث بالصدفة أن اكتشف شادويك (James Chadwick) بانجلترا فى نفس العام النيوترون فانقض فرمى عليه ليتخذ منه وسيلة بديلة لسبرغور نواة الذرة . ولما كان النيوترون خالياً من أية شحنة كهربائية ، تهيأت له الحرية ليجوب أنحاء الذرة حيثما شاء . وفى عام ١٨٣٤ حصل فرمى وحفنة من رفاقه المتحمسين فى جامعة روما على مدد من النيوترونات باستعارة بعض الراديوم والسماح لاشعاعاته النشيطة (جسيمات أو دقائق ألفا) بأن تصوب إلى البريليوم فتضربه ، وعندها تحولت نواته من جراء هذا القذف إلى نواة كربون (تناسخ العناصر) مطلقة سراح نيوترون وأخذ فرمى ، فى نظام وترتيب محكمين ، يقذف بالنيوترنات يصيب بها المواد واحدة تلو الأخرى فاكتشف أن النيوترونات تتخذ من نوى الذرات مسكناً محولة بذلك العناصر إلى بعض صورها ذات النشاط الإشعاعى أى إلى نظائرها ، واكتشف إلى هذا أن النيوترونات حين تُبطئ حركاتها تزداد بقدر ملحوظ محسوس مقدرتها على أن تسكن داخل النوى وتنتج النظائر ، وقدر لهذا أن يكون السر الرئيسى الذى يقام عليه بناء المفاعل الذرى . على أن أكثر الاكتشافات إثارة وارباكاً كان استجابة اليورانيوم لضربه بالنيوترونات ، فقد بدا أنه ينشىء أو يسبب ظهور عدد محير من العناصر المشعة .

كان فرمى ورفاقه يفلقون بلا قصد وبغير أن يدركوا ، ذرات اليورانيوم ، وكانت إمكانيات إحداث شىء كهذا فى ذلك الوقت عام ١٩٣٤ ، بعيدة كل البعد عن أن يصدقها أحد حتى يتقصاها بالدراسة وإن كان أحد رجال العلم اقترحها

— وبدلا من هـــذا حاول فرمى أن يوضح ويشرح للناس أنه ينتج العناصر المسماة ما وراء اليورانيوم — عناصر جديدة كل الجدة أثقل من اليورانيوم .

أما بقية قصة اليورانيوم فقد رويت عدة مرات ، وتم فى النهاية اكتشاف الانشطار عام ١٩٣٩ ، بتعاون جهود أوتوهان (Otto Hahn) وفرتزستراسمان (Fritz Strassmann) ، وقوة استبصار ليز ما يتز (Lise Meitner) وابن عمها فريش (O. R. Frisch) .

الطالب المنقلب ضريح الجامعة :

كان بين مجموعة الشبان الذين عملوا مع فرمى شاب يدعى إميليو سجريه ، كان قد بدأ يزاول الهندسة عندما لقى فرمى عام ١٩٢٧ ، وكان فرمى حديث عهد بالتعيين فى هيئة التدريس بروما فعرض على سجريه أن يكون أول طالب من خريجى الجامعة يتابع دراسته معه ، وحصل سجريه على الدكتوراه فى عام ١٩٣٨ وانخرط فى سلك عمل من أكثر الأعمال إثماراً فى الفيزيقا الحديثة .

وبعد أن ساهم سجريه فى اكتشافات النيوترون فيما بين ١٩٣٤ و ١٩٣٥ زار إرنست لورنس فى بركلى وحصل على عينة من المولبدنم الذى صيرته حزم أشعة السكلوترون مشعاً ، وعاد سجريه بالعينة إلى إيطاليا حيث استطاع هو ورفيق له فصل عنصر جديد كل الجدة ، هو التكنتيوم ، لم يكن قد عثر عليه أحد فى الطبيعة من قبل .

وفى عام ١٩٣٨ انتقل سجريه إلى الولايات المتحدة بصفة مستديمة قبل فرمى بسنة كاملة . وفى عام ١٩٤٠ كان سجريه أحد أعضاء فريق بركلى الذى اكتشف

لبلوتونيوم ، وهو عنصر جديد ينتج عند قذف اليورانيوم داخل السكلوترون[١] . كان البلوتونيوم ، واحداً مما وراء اليورانيوم من عناصر والتى كانت تفلت من فرمى أثناء بحثه وتنقيبه فى بواكير الثلاثينات ، ولكن النصر الأخير كان من نصيب فرمى . ففى يوم ٢ ديسمبر سنة ١٩٤٢ فى ملعب سكواش واقع تحت مدرج ستاج فيلد سخّر فرمى ومعاونوه الانشطار اليورانيومى ليولدوا أول تفاعل نووى متسلسل ظهر فى العالم ، وكان هدفهم الأخير هو تحويل مايقدّر بالكيلوجرامات من النظير اليورانيومى ٢٣٨ إلى بلوتونيوم ٢٣٩ ، كان فى استطاعة سكلوترون لورانس إنتاج أجزاء صغيرة جداً من الجرام من البلوتونيوم تكفى للتحليل الكيماوى ، أما توليد المقدار اللازم من البلوتونيوم لقنبلة فإنه يحتاج إلى المفاعلات الكبيرة التى فى هانفورد بواشنجطن وإلى نيوترونات فرمى البطيئة .

واستأنف سجريه أبحاثه فى بركلى بعد انتهاء الحرب فى عام ١٩٥٥ وتعاون مع أحد تلاميذه أووين تشيمبرلين Owen Chamberlain فى بحث فاز من أجله بجائزة نوبل عام ١٩٥٩ (وقد كان تشيمبرلين أيضاً أحد تلاميذ فرمى خريجى جامعة شيكاجو التى ظل فرمى يدرس فيها إلى أن مات بالسرطان عام ١٩٥٤) . وكان العمل الذى قام به كل من سجريه وتشيمبرلين وظفر بالجائزة هو اكتشاف ضديد البروتون فى حزمة من الجسيمات تولدت بواسطة معمل بركلى الهائل المسمى بيفاترون .

---

(١) كان بقية أعضاء فريق سيبورج Ylenn T. Seaborg ، وواهل A. C. Wahl وكنيدى ، J. W. Kennedy وقد سجلوا اكتشافهم فى براءة ، وفازوا بعد ذلك من أجله بجائزة منحتها و . ط . ذ وهى ٤٠٠ر٠٠٠ دولار . كذلك اشترك سجريه مع فرمى وخمسة آخرين فى جائزة و . ط . ذ وقدرها ٣٠٠ر٠٠٠ دولار منحت لهم فى نظير استخدام الاكتشاف المسجل الذى ينطوى على تبطئة النيوترونات .

كان اكتشاف ضديد Anti البروتون هو ذروة نسيج متشابك معقد من النظريات والتجارب العملية ترجع بدايته إلى عام ١٩٢٨ وهو العام الذى أشارت فيه معادلات ديراك إلى حاجة الطبيعة إلى جسيمات ضديدة . وكان أول ضديد اكتشف هو البوزترون ـ الجزء المضاد الموجب للالكترون ـ كان قد عثر عليه عام ١٩٣٢ كارل أندرسن (Carl Anderson) من كالتيك أثناء فحصه للدروب التى تخطها الأشعة الكونية وهى تمر عبر خزانة سحابية ، وهى نبيطة تكشف عن مسارات الجسيمات ذات الشحنة . وفى عام ١٩٣٥ كانت نظرية يوكاوا للقوى النووية حافزاً للفيزيقيين إلى التنقيب عن جسيم أولى آخر غير السابق هو الميزون. وفى مدى عام واحد اكتشف أندرسن وآخرون فى الأشعة الكونية جسيماً بدا لهم فى أول الأمر أن مواصفات يوكاوا تنطبق عليه ، وهو الجسيم المعروف الآن بالاسم ميوميزون (١) ، أو « الميون » (٢) ولكن مواصلة دراسته أظهرت أنه عاجز عن أن يقوم بالدور المطلوب منه وهو الاحتفاظ بالنواة متماسكة . على أن اكتشاف الميون « عديم الفائدة » كان إيذاناً باكتشاف ما يقرب من العشرين من جسيمات أخرى « عديمة الفائدة » قدر لها أن تحير الفيزيقيين بعد الحرب .

على أنه فى عام ١٩٤٥ أمكن تجاهل الميون مؤقتاً . كانت الفيزيقا عندئذ فى أوج قوتها وسلطانها محسنة بما أجيد اختباره من نظريات وعناصر جديدة وبإلمام تام وتمكن حديث من القوى الفيزيقية .

العبقرى الرهادئ .

لقد عاون هتلر الولايات المتحدة فى تسلمها القيادة العالمية للفيزيقا ، فما وافى

---

(١) Mumeson (٢) Muon

عام ١٩٤٥ حتى كان يعمل فيها مع أينشتين وسجريه بعض الأجانب الموهوبين وكثير منهم لاجئون أمثال أوتوشتيرن و جيمزفرانك (وكلاهما متوج بجائزة نوبل) وفيلكس بلوخ (Felix Bloch) الذى شارك إدوادر بورسل (Edward Purcell) عام ١٩٥٢ فى جائزة نوبل من أجل شغله عن الرنين النووى) وجون فون نيومان (العبقرى الرياضى الذى مات عام ١٩٥٧) وادوارتلر (Edward Teller المساهم فى المفتاح للقنبلة الأيدروجينية) وجورج يوهلنيك وصمويل جودزمت (مخترعاً الفكرة المثمرة لدرور[1] الإلكترون فى نظرية الكمة) وماريا ماير (Maria Mayer) الذى قدر لها أن تبتكر نموذج القشرة الهام لنواة الذرة) وجورج جامو (الطالب النابه فى دراسة علم الكونيات) وبرونو رسى (Bruno Ressi) فى قمة الضليعين فى الأشعة الكونية) وفيكتور فايسكوبف وهانزبيث ويوجين فاينر — وكل الثلاثة من قادة العالم فى نظرية الكمة .

لا يستطيع أحد البتة أن يقدر عظم مساهمة هؤلاء الفيزيقيين فيما صارت عليه فيزيقا الولايات المتحدة من قوة وعتو . ومن المؤكد تقريباً أنها ماكانت تستطيع ولوج العصر الذرى عام ١٩٤٥ بدونهم .

ومن أقوى المساهمين فى مقدرة أمريكا فى ميدان الفيزيقا الأساسية والتكنولوجيا النووية على السواء واحد من أقلهم شهرة وهو يوجين فاينر ، ويعتبره كثير من الفيزيقيين ألمع عقل بالولايات المتحدة فى يومنا هذا . ولد عام ١٩٢٠ ، نفس العام الذى ولد فيه شقيق زوجته ديراك (وكان فاينر يناديه « صهرى الشهير ») . كان أسن من جون فون نيومان بعام واحد فقط كانا زميلين فى فرقة واحدة طول مدة دراستهما بالمدرسة الثانوية ببودابست . ومع

---

(١) Spin

أن فاينر كان يعشق الفيزيقا ، فقد كان يرى أنه لا توجد سوى وظيفتين أكاديميتين مرموقتين جديرتين بأى عالم فيزيقى بالمجر ، ومن ثم اتجه فى دراسته إلى أن يكون مهندساً كيماوياً ، ونال الدكتوراه فى الهندسة ببرلين عام ١٩٢٥ ، ثم عاد إلى بودابست ليعمل فى منشأة لدبغ الجلود ، وبعد عام واحد دعى للعودة إلى برلين ليعمل مساعداً لعالم الكيمياء الفيزيقية الممتاز ر . بكر (R. Becker) .

وفى برلين تتبع بشغف ولهفة مولد ميكانيكا الكمة ، وبدأ يكتب مستقلا عن غيره ، ورقات أبحاث يبين فيها كيف تستطيع المدركات الرياضية العميقة العويصة المعروفة بنظرية المجاميع أو الجموع أن تقوى الأسس الرياضية للآراء الجديدة فى الكمة . وقد هيأه هذا للظفر بدعوة إلى جامعة جيتنجن للعمل مع الرياضى العظيم داود هلبرت (David Hilbert) . وفى عام ١٩٣٠ دعته برنستن هو ورفيقه القديم فى الدراسة فون نيومان ليقدما إلى الولايات المتحدة وينضما إلى هيئة التدريس بها .

وفى عام ١٩٢٩ كان فاينر ورفيقه المجرى ليوتسيلارد هما اللذين ناشدا أينشتين أن يكتب لروزفلت خطابه الشهير عن القنبلة الذرية الذى أدى إلى مشروع مانهاتن . وقد صار فاينر فيما بعد المصمم الأول للمفاعلات هانفورد الذرية . وقد كانت معارفه الهندسية العميقة مما أثار عدة مرات دهشة فريق ديبونت الذى عهد إليه بإنشاءات هانفورد . ومن أجل مساهمته العظيمة فى مشروع الحرب القائمة تسلم فاينر عام ١٩٥٨ جائزة وكالة الطاقة الذرية التى تبلغ ٥٠٫٠٠٠ دولار والممنوحة تخليداً لاسم إنريكو فرمى(١) .

---

(١) كانت و . ط ذ قد قدمت منحة خاصة قيمتها ٢٥٠٠٠ دولار عام ١٩٥٤ إلى فرمى نفسه . وبعد موته رصدت و . ط . ذ تذكارها لتذكاره فاز بها لأول مرة عام ١٩٥٦ جون فون نيومان ، وظفر بها لورنس عام ١٩٥٧ وجلين سيبورج عام ١٩٥٩ .

وفى ميدان الفيزيقا النظرية تعتبر مساهمات فاينر فذة من الطراز الذى لابد أن يثير الارتباك والحيرة فى الأكاديمية السويدية بسبب أن جائزة نوبل يتحتم منحها من أجل « أهم اكتشاف أو اختراع » فلم يكن من السهل إعطاؤها لشخص مثل فاينر الذى أنارت استبصاراته العميقة الطريق إلى العديد من التقدمات ، ولكنه لم يقم بنفسه بعمل باهر واحد ، فهو كما يقول أحد المعجبين به « خالق الفيزيقا الحديثة بأسرها تقريباً فى صمت وهدوء » .

التيار الكهربائى الذى لا يموت أبداً :

كان منح جائزة نوبل الى جون باردين ووليم شكلى (Shockley-William) عام ١٩٥٦ بمثابة تأكيد رسمى لما كان عالم الفيزيقا على علم به منذ زمن وهو : أن النظريين الأمريكيين لا يعلو عليهم أحد . وأنهم كانوا حقاً أصحاب الفضل فى معظم التقدمات النظرية الكبيرة منذ نهاية الحرب العالمية الثانية .

كان شكلى وباردين أول من ظفر بجائزة نوبل فى الفيزيقا من النظريين الأمريكيين ذوى النشأة والتدريب الأمريكى . وكان والتربراتين Walter Brattain الذى شاركهم فى الجائزة عالماً تجريبياً موهوباً . كان الثلاثة يشتغلون فى معامل شركة بل للتليفونات وابتكروا الترانزستورات الأولى ، وهى النبائط التى فى حالة جامدة والتى كان لها وقع سحرى على جميع الإلكترونيات .

وبينما كان أهم ما يشغل شكلى الآن هو بناء الترانزستورات وما يشبهها من نبائط (بوصفه رئيساً لشركة شكلى للترانزستورات التى هى فرع تابع لأجهزة بكمان (Beckman) ، فان باردين كان وهو يعمل فى جامعة إلينوى يزيد باطراد فى شهرته الأكاديمية بما يقوم به من تحليل ينم عن ذكاء متقد لقابلية

التوصيل المفرط أى التى فوق المعتاد ، وهى ظاهرة تحدث فى بعض المعادن إذا ما بردت إلى ما يقرب من الصفر المطلق ، فإنها حين تبرد إلى هذا الحد تختفى مقاومتها للكهربائية بحيث أنه إذا حدث أن بدأ تيار كهربائى فى حلقة من هذا المعدن فإنه يظل ينساب إلى مالا نهاية ، وهى ظاهرة تحدث وأعجزت خير العقول فى الفيزيقا النظرية منذ اكتشافها عام ١٩١١ . وفى عام ١٩٥٧ تقدم باردين واثنان من رفاقه هما كوبر (L . N . cooper) وشريفر (J . R . Schrieffer) بنظرية تعلل معظم الحقائق المعروفة . وهى فى الواقع تفسر كيف أن قواعد الكمة العجيبة ، التى لا تسرى فى الحالات السوية إلا على قياس دون مكروسكوبى ، تصير واضحة للعيان على قياس مكروسكوبى حين تقترب بعض المعادن من الصفر المطلق ، وتتآمر لتقطع دابر كل مقاومة .

تحطيم عقبة تعترض طريق الكمة :

حدث بعد الحرب بقليل ما قد يعتبر أعظم فتح أمريكى ، وهو تحطيم عقبة كؤود كانت تعوق تقدم ميكانيكا الكمة . كانت الصعوبة التى واجهها الباحثون أن بعض حساباتهم المتضمنة للإكترون تؤدى إلى قيم لا نهائية للكتلة والطاقة . وفى عام ١٩٤٧ حدث أن بعض البحوث البالغة الدقة لتجديد خواص الإكترون أجراها باحثان من جامعة كولمبيا هما بوليكارب كوش (Polykarp kusch) ويليس لام الصغير (Willis E. Iamb Jr.) كل منهما أجراها مستقلا عن الآخر ، كشفت عن مفارقات بين النتائج النظرية ونتائج التجارب العملية اضطرت النظريين إلى مواجهة الفشل الذى حاق بأساليبهم . (حصل كوش ولام فيما بينهما على جائزة نوبل عام ١٩٥٥) .

أثارت الأزمة عرضاً لانقضاض وهجوم متواصل من نظريات بارعة

عميقة وعويصة ، وقد وضع الخطوط العامة لتذليل الصعوبة وحل المشكلة هانز بيث ، وبعده بقليل طلع جوليان شفنجر وهارفاردى بالحل الصحيح الدقيق . وقبل أن يسدل الستار على هذا الفصل كان قد أدلى بمساهمات لها خطرها فى الموضوع كل من رتشارد فينمان من كالتك وفريمان ديسن (Fre eman Dyson) من معهد الدراسات التقدمية ، وكان ديسن ـ البريطانى المولد عند ذاك ـ لا يزال فى أوائل العشرينات من عمره . وقد علم بعد ذلك أن شاباً يابانياً اسمه) تومو ناجا (S . Tomonaga) كان قد توقع خلال الحرب اليابانية كثيراً من النتائج التى وصل إليها شفنجر .

ولد كل من شفنجر وفينمان فى مدينة نيويورك عام ١٩١٨ ، ولعلهما كانا أعظم الموهوبين من النظريين الذين تلقوا تعليمهم وتدريبهم كله بأمريكا . ويندر وجود اثنين يختلفان اختلافهما الواحد عن الآخر . فبينما كان شفنجر خجولا منطوياً هادئاً مرتباً إلى أقصى حد ، كان فينمان كثير الحركة لا يستقر له قرار يفيض حيوية واهتياجاً ، وعلى مستوى عال من الابتكار . كان فينمان قد بدأ يجرى الأبحاث فى علم الحياة كهواية إلى حد ما . (لعل السبب الذى يرجع إليه تقدمنا العظيم فى الفيزيقا ، كما يقول ، يرجع إلى أنها سهلة جداً) وكان إذا أحس بملل أو سأم رغب فى قضاء نهاية الأسبوع فى لاس فيجاس حيث يختلط بالناس الذين لا يهتمون أقل اهتمام بالفيزيقا .

وتمثل الأعمال التى قام بها شفنجر وفينمان وديسن وتومو ناجا أول إضافة رئيسية إلى ميكانيكا الكمة منذ ظهورها فى العشرينات . لقد أعاد الفيزيقيون الأربعة إنشاء معادلاتها بحيث أصبحت الآن متلائمة تمام التلاؤم مع المدركات أو الآراء والفكر التى فى النظرية النسبية الخاصة ، وأصبحت معادلات الكمة فى صورها الجديدة تتفق مع القيم المقيسة لخواص الإلكترون إلى الرقم

السادس العشرى على الأقل . وخلاصة الأثر الذى يحدثه هذا الاتفاق الدامغ هى تقوية اعتقاد الفيزيقيين بأن ميكانيكا الكمة تعبر تعبيراً كافياً عن القوانين التى تحكم الإلكترون وتفاعلاته مع الفوتونات ، فالواقع أن كل ناحية من نواحى العالم المرئية — كل الحياة على سطح الأرض وكل تكنولوجيا الإنسان فيما عدا إطلاق الطاقة النووية — هى انعكاس للتفاعل المعقد بين الإلكترونات والفوتونات .

وليس معنى هذا أن فى استطاعة النظريين الآن أن يتواروا أو ينسحبوا ، فإن ميكانيكا الكمة قد تكون غير كافية — وقد يصمها بعض الفيزيقيين بالعجز البين — لتفهم نواة الذرة واستكناهها هى والكثرة المحيرة المربكة من الجسيمات الأولية ، التى تنبعث من نواة الذرة إذا ما قذفت بجسيم عالى الطاقة مستمد من الأشعة الكونية أو من معجلات ضخمة من صنع الإنسان .

ومن الجسيمات أو الدقائق الثلاثين المعروفة لنا سبعة فقط لها استقرار أو ثبات فطرى وهى الفوتون . والبروتون ، والإلكترون ، والنيوترينو ، وضديد النيوترينو ، وضديد البروتون ، والبوزترون . ومع هذا فإن الأخيرين يسلكان سلوكاً يمثل الكيفية الطرازية لسلوك الضديدين حين يلتقى كل منهما بالمضاد له . فنجد الجسيم وضديده يبيد كل منهما الآخر . على أن النيوترينو وضديده يفلتان من هذا المصير . وهناك جسيم ثامن هو النيوترون يكون ثابتاً مستقراً ما دام داخل نواة الذرة فإذا ما أطلق سراحه لم يتجاوز عمره ١٢,٨ دقيقة فهو ينحل أو يتحلل إلى بروتون وإلكترون وضديد نيوترينو .

بدأ النيوترينو كمجرد اختراع يخرج النظريين من ورطة وقعوا فيها . كانت المعضلة أنه حين تضمحل أو تنحل نظائر متسعة معينة تختفى بعض الطاقة فلا يظهر لها أثر . وفى عام ١٩٣١ اقترح ولفجانج باولى (Wolfgang Pauli)

الفيزيقى النمساوى العظيم أن الطاقة المختفية أو المفقودة يحملها معه جسيم « خجول » سرعان ما لقبه فرمى بالنيوترينو أو « الصغير المتعادل » . ولم يقتصر الأمر على أن النيوترينو عديم الوزن والشحنة ولكن اتضح أنه يتنقل أو يسرى بسرعة الضوء مخترقاً أى شىء يعترض طريقه . فالأرض بأسرها بالنسبة للنيوترينو وضديده أعظم بكثير فى الشفافية من لوح الزجاج بالنسبة للفوتون العادى من الضوء . وبدا لمدة طويلة أن النيوترنيو قد يكون غير ملموس وغير قابل للعرض مثل « الأثير » الذى يتخلل المواد كلها والذى كان فيزيقيو القرن التاسع عشر مولعين به . ومع ذلك فإن ضديد النيوترينو وقع فى النهاية عام ١٩٥٦ فى المصيدة التى نصبها له فردريك رينز (Frederic Reines) وكلايد كووان الصغير (Clyde Cowan Jr .) اللذان شيدا جهاز كشف عملاقاً حول أحد المفاعلات الذرية الضخمة التابعة لوكالة الطاقة الذرية فى منشأتهما على نهر سافانا . ومن هذا المفاعل كانت تنساب ملايين الملايين طن من ضديدات النيوترينو . وقد استطاع رينز وكووان إيقاف بعضها واصطياده .

أعراد الغرابة :

فى عام ١٩٥٣ تصور أمريكى نظرى ساب إسمه مرى جلمان مجموعة من المبادىء أو من القواعد غريبة لم تكن تخطر على بال أحد بالمرة تتحكم فى سلوك تلك الكثرة من الجسيمات (وقد تبين أن يابانياً إسمه نيشيجيما (Nishijima) اكتشف مستقلا عن غيره نفس هذا الاكتشاف) . توصل جلمان وهو لايزال عندئذ فى الرابعة والعشرين من عمره نظرياً إلى أن الجسيمات الجديدة حين تتفاعل تنتج جسيمات معينة لا غيرها . ووجد أنه إذا أفرد أرقاماً أو أعداداً صغيرة مناسبة لكل جسيم استطاع أن يتنبأ بأى التفاعلات سيحدث وبأيها تمنع الطبيعة ، فيما يبدو ، حدوثه .

وبناء عليه عين لبعض الجسيمات صفراً و لبعضها القيم (+١) أو (—١)، ولبعض آخر غيرها القيم (+ ٢) أو (— ٢). وسمى جلمان هذه الأرقام اعتباطاً « أرقام أو أعداد الغرابة »، وبهذه كلها استطاع التنبؤ بما إذا كان الجسيم (ا) والجسيم (ب) سيتفاعلان أو لايتفاعلان ليولدا الجسيمين (ج) و (د). فإذا كان مجموعا « أعداد الغرابة » قبل التفاعل و بعده يصلان إلى رقم واحد كان التفاعل مما يصح انتظار حدوثه، أما إذا اختلف المجموعان فإن التفاعل يكون محظوراً.

المرآة المكسورة :

وبينما كانت فكرة « الغرابة » فى ذاتها عجيبة كانت الجسيمات الجديدة تخفى فى ثناياها مفاجأة أعظم وأعجب، مفاجأة أطاحت بمبدأ من أعمق المبادىء جذوراً فى الفيزيقا، وذلك أن الفيزيقيين كانوا يعتقدون دائماً أن الطبيعة من حبها للتماثل لاتميز تمييزاً أساسياً بين اليمين والشمال، وكان لب هذه الفكرة أنه يستحيل علينا أن ننبىء مخلوقات على سيار آخر غير أرضنا بما نقصده بقولنا يميناً وشمالا لأننا لم نكن نستطيع أن نصف لهم أى تجربة تكشف عن اليمين والشمال بلا لبس ولا إبهام. وقد سمى هذا التفكير لزوماً (أولا تبدلية [١]) أو قاعدة التشابه (أو الازدواجية) [٢]. وكان أول من أدخله بوضوح إلى ميكانيكا الكمة هو فاينر عام ١٩٢٧.

وفى عام ١٩٥٦ درست بعناية بعض الجسيمات الجديدة القصيرة العمر المسماة جسيمات K، فتبين أن بعضها اضمحل أو تحلل إلى جسمين يسمى كل منهما بيون، وتحلل بعض آخر إلى ثلاث بيونات، وكلا الصورتين

---

(١) invariance

(٢) Parity

من التحلل لا اعتراض عليه فى ذاته ، ولكن حدوث الصورتين معاً معناه مخالفة أو مناقضة لمبدأ أو قاعدة التشابه أو الأزدواجية . ولما كان هذا أمراً غير معقول ويتنافى مع الفطرة فقد انصرف النظريون إلى البحث عن تفاسير أخرى ، وكان أقربها إلى المعقولية أن جسيم K كان فى واقع الأمر عبارة عن جسمين متباينين متشابهين غاية التشابه فيما عدا أن أحدهما يتحلل إلى بيونين والآخر إلى ثلاثة . ولتأييد هذا الحدس ، حاول الفيزيقيون فى بروكهافن وبركلى العثور على بعض اختلاف بينهما فى الكتلة أو العمر فيعضدون أو يؤيدون بذلك فكرة الجسمين المتميزين . ولكنهم أخفقوا فى العثور على أى فرق .

وفى ذلك الحين نفسه نشر صينيان شابان هما تسنج داولى (Tsung Daolee) الذى كان فى كولمبيا وشن تنج يانج (Chen Ning Yang) الذى كان فى معهد الدراسات العليا حدساً آخر بسيطاً لامواربة فيه ولكنه مذهل ، وهو أن التشابه أو الازدواجية قد فشلت ، ولفتا النظر إلى أن أحداً لم يثبت قط أن التشابه أو الازدواجية تصدق على تلك الفئة المسماة بالتفاعلات أو بالتأثيرات المتبادلة « الضعيفة » والتى تشمل تحلل الجسيمات ، واقترحا أن فحص طراز آخر من التفاعلات أو التأثيرات « الضعيفة » كالطراز الذى ينطوى عليه بعث نظير مشع لجسيم بيتا — قد يكشف بسرعة عما إذا كانت الازدواجية قد سادت وظهر أثرها أم فشلت ولم يظهر لها أثر . وفى أواخر عام ١٩٥٦ بينت الدكتورة شين شيونج وو (Chien Shiung Wa) من كولمبيا ، وهى سيدة فيزيقية نابهـــة من أصل صينى تعمل فى المكتب القومى للمعايير مع أرنست أمبلر (Ernest Ambler) وصحبه ، بينت أن الازدواجية قد خولفت حقاً فى التفاعلات أو التأثيرات « الضعيفة » ، فقد ظهر على

جسيمات بيتا فى التجربة ميل إلى تفضيل أحد الاتجاهات فى الفضاء بدلا من أن تنبعث فى تماثل . وكان هذا على ما به من اختلاف وتباين أكبر هزة او صدمة عنيفة أصابت الفيزيقا منذ ظهور مبدأ اللايقينية عام ١٩٢٧ . وبسرعة لم يسبق لها مثيل منحت الأكاديمية السويدية جائزة نوبل لعام ١٩٥٧ إلى لى و يانج اللذين كانا عندئذ فى الواحدة والثلاثين والخامسة والثلاثين من العمر على التوالى .

وقبل أن يعلن منح هذه الجائزة كان « لى » و « يانج » — وبمنأى منهما الفيزيقى الروسى النابغة لاندو Landau — قد بينا أن الفكرة القديمة عن الازدواجية يمكن أن يحل محلها فكرة جديدة مبنية على تماثل فطرى أعمق من السابق ، لقد اقترحا أن كل حادثة فيزيقية فى عالمنا الذى يتألف من المواد العادية تتكون لها فى عالم مشيد من ضديد مادة عالمنا صورة ضديدة طبق الأصل كصورتها فى مرآة . وهكذا يثبت مرة ثانية أنه لا وجود لطريقة ليس بها لبس أو إبهام تنبىء بها المخلوقات التى فى سيار آخر غير أرضنا ماذا نعنى باليمين و بالشمال . وإذا تصادف أنهم كانوا يعيشون فى عالم مؤلف من ضديدات مادتنا وعرفناهم كيفية إجراء تجربة « وو » فإنهم سيصلون إلى نتائج تناقض نتائجها تناقضاً مباشراً ، وبذا تتكون لديهم فكرة عن الشمال واليمين عكس الفكرة التى لدينا عنها على خط مستقيم .

المشاركة الفردة :

كان « لى » و « يانج » نتاجين لثقافة تكاد تختلف عن ثقافتنا اختلاف الثقافة التى قد نجدها على سيار آخر غير أرضنا عن ثقافتنا ، ومن ثم نجد فى لى و يانج مصدراً غنياً بالحدس والتخمين بالنسبة لمصادر العظمة . كلاهما نشأ فى بيت رغد

كان لى ابن أحد رجال الأعمال ، ويانج ابن أستاذ رياضة . كان يانج الطفل الأول فى أسرة مؤلفة من خمس ، ولى الطفل الثالث من ستة ، وله أخوان يكبرانه .

حصل يانج على الدرجة العلمية من كليته عام ١٩٤٢ فى جامعة كانت قد انتقلت حديثاً إلى الجنوب الغربى من الصين بعد الغزو اليابانى ، وكان فيها هيئة تدريس ممتازة اجتذبت من عدة مدارس . وفى عام ١٩٤٤ حصل على درجة الأستاذية فى الصين ، ثم التحق فى العام التالى بجامعة شيكاجو عن طريق منحة زمالة وهناك تتلمذ على تلر و فرمى وحصل على الدكتوراه عام ١٩٤٨ .

أما « لى » الذى يصغر يانج بأربع سنوات فلم يكن قد أتم تعليمه الجامعى فى الصين حين وصل هو أيضاً إلى شيكاجو بواسطة منحة متأخراً عن يانج بسنة واحدة . وبعد أن حصل على درجات امتياز كطالب ، درس هو الآخر على تلر و فرمى وحصل على الدكتوراه عام ١٩٥٠ . ولم يتقابل مع يانج فى الصين إلا بالصدفة عام ١٩٤٥ . أما بعد عام ١٩٥١ فقد عملا معاً باستمرا تقريباً . وبينما نجد النظريين فى كثير من الأحوال يتعاونون إلا أن مزاملة لى ويانج وتعاونهما كانت بصورة فذة فى استدامتها وشدة أواصرها . ولم يكن يانج قد قرر بعد أن يطلب الجنسية الأمريكية . وكان لى لا يزال غير مستوف لشروطها أو ليس أهلا لأن يتقدم لها ، كلاهما متزوج له أولاد . وكان لى يعتزم ترك كولمبيا بعد هذا الخريف ويلحق بيانج فى معهد الدراسات العليا التقدمية .

ويستطيع يانج أن يعزو شغفه بالعلوم إلى كون أبيه عالماً رياضياً ، أما لى فلم يتأثر مثل هذا التأثر . وكلاهما يثنى ثناء عظيما جداً على فرمى لسلاسته وفصاحته فى التعليم ولتنميته « لذوقيهما » اللذين يميزان بهما بين الجيد من الفيزيقا وغير الجيد .

غموض الفيزيقا الروسية وخفاؤها :

إن الفيزيقيين لا يتحمسون إلا قليلا لما يسمى بسباق الفضاء بين الولايات المتحدة وروسيا ، تشغلهم عنه كثرة ما يصادفهم ويقع تحت أيديهم من عديد الخفايا الغامضة ، ولكنهم لا يرون محلا لتهاون أمريكا واستسلامها فى حين يرون فى روسيا دولة أوقفت نفسها على العلوم بكيفية لم تشهدها الولايات المتحدة فيما مضى ولا يحتمل أن تمارسها فى المستقبل .

وإذا كان هناك ما يحير الفيزيقيين الأمريكيين ويدهشهم فهو أن الفيزيقيين الروس قد فشلوا إلى الآن فى القيام بأى اكتشاف من الطراز الأول أو بأى تقدم نظرى رئيسى له خطره . إن الفيزيقيين الروس لم يظفروا إلا مرة واحدة بجائزة نوبل عندما منحت عام ١٩٥٨ إلى شرنكوف (Cherenkov) وتام (I. E. Tamm) وفرانك (M. Frank) . وكان ذلك من أجل اكتشاف شرنكوف عام ١٩٣٤ أن الإلكترونات المفرطة النشاط تولد توهجاً مشوباً بزرقة حين تلج الماء أو غيره من المواد الشفافة ، وقد أمدنا تام وفرانك بنظرية لهذا الأمر .

وأحد التفسيرات المحتملة لإخفاق الروس فى تحقيق أكثر مما حققوا ، هو أن كثيراً من عمالقة الفيزيقيين السوفيت ربما أمضوا الكثير من السنوات الخمس عشرة الأخيرة يعدون لروسيا ترسانة نووية ، ومع أن هذا ليس بالفتح الهين إلا أنه لا يعتبر من العلوم . وهناك أيضاً شعور لدى الفيزيقيين الأمريكيين بأن الفيزيقا الروسية قد عانت من أنها ظلت فترة طويلة محكومة بنفر قليل من الرجال البارزين الذين لم يوضعوا إلا فى مراكز البحث قليلة ، ولكن هناك دلالات على أن سلطان هؤلاء الحكام فى طريق الزوال ، وأن التنافس أخذ

يدب وينمو بين كثير من هذه المراكز التى أحسن تزويدها بخير المعدات .

ولا شك فى أن الروس يبذلون أقصى طاقتهم بغية التغلب على الغرب فى ميدان العلوم ، ولكن تحويل هذه الرغبة إلى حقيقة واقعة فى أعلى مستويات الفيزيقا ليس بالسهل ولا يمكن تحقيقه قسراً . إن الصواريخ والأقمار يمكن بناؤها حسب الطلب ، ولكن بناء نظرية كنظرية النسبية أمر يختلف عن هذا . وفى أى حدث من هذا القبيل لا يصح أن يدمغ أى تقدم على رائع عميق بطابع قومى . فنظرية النسبية فتح عظيم للعقل البشرى وليست شكلا من أشكال الحكم . إن الذى سيقدر له أن يكون صاحب الاستبصار العظيم التالى — الذى قد يقلب كل مفهوماتنا عن الكون رأساً على عقب — إنما يكون متفذاً لواحد من أنفس وأسمى تقاليد البشر . وسيثنى عليه ويشيد باسمه العالم بأسره الذى لن يكون مرة ثانية ما كان عليه من قبل .

الخالدون

من رجال الفيزيقا الحديثة

عندما كتب الفصل الأول كان ثلاثة وسبعون فيزيقياً قد فازوا بجائزة نوبل منذ منحها لأول مرة عام ١٩٠١ (ومن ذلك الحين فى نوفمبر ١٩٦٠ كان الفائز الرابع والسبعين الذى فاز بجائزة نوبل للفيزيقا هو دونالد جليزر (Donald A. Glaser) الأمريكى الذى كان عمره ٣٤ سنة ، والذى اخترع خزانة الفقاعة — وهى نبيطة تجعل الدروب التى تخلفها الجسيمات الأولية ذات الشحنة الكهربائية مرئية) ولكى تتبين مجلة « فورتشن » أى هؤلاء الفائزين يمكن اعتباره من « الخالدين » طلبت من ١٧ أمريكياً ممن شرفوا بجائزة نوبل أن يدونوا أسماء من يقترحونهم لهذا الغرض .

كان الإسم الوحيد الذى ورد فى جميع القوائم هو « ألبرت أينشتين » . واكتفى ثلاثة من السبعة عشر بتدوين إسمه وحده . والقائمة التالية تشمل هؤلاء « الخالدين » مختارين بأغلبية الأصوات :

ألبرت أينشتين	(١٧صوتا)	لورنتس	(٦)
نيلز بور	(١٤)	طومسن	(٦)
إرنست رذر فورد	(١١)	وولفجانج باولى	(٦)
إنريكو فرمى	(١١)	إرون شرودنجر	(٦)
فرنر هايزنبرج	(١٠)	ولهلم رنتجن	(٤)
ماكس بلانك	(٩)	روبرت مليكان	(٣)
ديراك	(٩)	إرنست لورنس	(٣)
		رابى	(٣)

ساهم جميع هؤلاء الخمسة عشر فى جعل تفهم الإنسان للذرة أعمق فأعمق . وقد تركز اعتبار أينتشين فى الخالدين أساساً على نظريتيه الخاصة والعامة للنسبية ، فقد قضت النظرية الخاصة التى نشرت عام ١٩٠٥ ، وسن أينتشين ستة وعشرون سنة ، على فكرة ثبوتية المادة والطاقة أى عدم تبدلها ، وكذلك الفضاء والزمن ، فأظهر أن المادة والطاقة يشتركان فى تطابق فى الشخصية راسخ فى أعماقهما تعبر عنه المعادلة الشهيرة ط = ك س٢ (١) . والفضاء والزمن كلاهما أيضاً قابل للتحول فيما بينهما وإن كان ذلك بكيفية أعوص وأخفى . وبعد ذلك بعشر سنوات حللت النظرية العامة التثاقل أو الجاذبية تحليلا جديداً كل الجدة ، فلم تعد هى القوة النيوتونية الغامضة الخفية التى تؤثر عن بعد ، بل صارت نتيجة مباشرة لانحناء الفضاء . وهذا الانحناء بدوه ينتج عن وجود المادة فى الكون .

وقد حصل تسعة من الواردة أسماؤهم فى القائمة على جائزة نوبل لاستنباط وتوضيح خواص وسلوك جسيم مفرد دون الذرى هو الإلكترون . وفى بواكير تسعينات القرن التاسع عشر افترض لورنتس وجود الإلكترون فى إنشاء نظريته الكهربائية الشهيرة عن المادة ، وهى التى حوت ما ينم عن النسبية . واكتشف ج . ج. طومسن الإلكترون عام ١٨٩٧ . وأوضح أينشتين عام ١٩٠٥ كيف يستطيع الضوء ابتعاث الإلكترون من السطوح المعدنية . وفى عام ١٩١٠ قاس مليكان مقدار شحنة الإلكترون ، وجعله بور يدور حول نواة الذرة عام ١٩١٣ . وأدرك باولى عام ١٩٢٥ أنه لا يوجد إلكترونان فى الذرة يستطيعان التصرف بكيفية واحدة فى سلوكهما . وابتكر هايزنبرج وشرودنجر وديراك فيما بين عامى ١٩٢٥ و١٩٢٨ معادلات جديدة من أجل التنبؤ بسلوك الإلكترون .

---

(١) $E = mc^2$

أما الستة الباقون من الذين شرفو بالجائزة فقد حصلوا عليها لقاء فتوحات متنوعة : فرنتجن اكتشف عام ١٨٩٥ الأشعة السينية ، ووصل بلانك عام ١٩٠٠ إلى نتيجة لا تصدق وهى أن طاقة الضوء لا يمكن تقسيمها إلى أجزاء أصغر فأصغر إلى ما لا نهاية ، بل لابد من وجود حزمة نهائية لا تقبل الانقسام سماها الكمة (وفى عام ١٩٠٥ أكمل أينشتين الحجج التى بها استحالت الأمواج الضوئية إلى جسيمات أو دقائق ضوئية تسمى الآن فوتونات) .

وفيما بين عامى ١٩١١ و ١٩١٣ اكتشف رذرفورد أن للذرة نواة صغيرة جداً وكثيفة ، وفى عام ١٩١٩ حقق حلم الكيماويين الأقدمين بتناسخ العناصر أى تحول العنصر إلى عنصر آخر . وفى عام ١٩٢٦ أضاف فرمى (مع ديراك) فكراً جديدة عن السلوك الإحصائى للجسيمات الأولية ، وفى عام ١٩٣٤ ولد عناصر تسعة جديدة عن طريق القذف بالنيوترون . وفى عام ١٩٣٢ بنى لورنس (مع فنجستن) أول سكوترون . وفى الثلاثينات قام رابى بعمل قياسات دقيقة للخواص المغنطيسية لنواة الذرة .

ومن الخمسة عشرة رجلا لا يزال خمسة على قيد الحياة . فبور فى كوبنهاجن وعمره ٧٥ سنة ، وشرودنجر بالنمسا الآن وعمره ٧٣ سنة ، وهايزنبرج وعمره ٥٩ سنة يدرس فى ميونخ ، وديراك فى كمبردج وعمره ٥٨ سنة ، ورابى فى نيويورك وعمره ٦٢ سنة ، وقد قصصنا عليك قصته فيما سبق .

الكيماويون

خطت الكيمياء فى هذا القرن خطوات تقدمية ملحوظة ، ولا سيما اكتشافها لكيفية اتصال الذرات بعضها ببعض لتكوين جزيئات — وبخاصة الجزيئات الطويلة السلسلة التى تشمل البليميرات(١) ، الطبيعى منها والتخليق(٢) .

والتقييمات الواردة فيما يلى تتتبع ظهور جيل من شبان كيماويين فى العشرينات صيرّت اكتشافاتهم الولايات المتحدة فى طليعة القيادة فى نظام بيده المفتاح الموصل إلى القدرة الصناعية الحديثة . ويبدو أن مستقبلنا فى الكيمياء للأسف أقل سطوعاً وازدهاراً من ماضينا . فما ستثناء الكيمياء الحيوية يبدو أن هناك ندرة من العقول الفتية التى من الطراز الأول بين الناشئين فى الكيمياء الأمريكية . ولم ذلك ؟ يرى معظم الكيمياويين أن العلة الرئيسية للتناعب كامنة فى المناخ الاجتماعى والفكرى بأمريكا ، الذى يسوده فى اعتقادهم جو من عدم الترحيب بالعلوم وإعزازها كما ينبغى ، فما لم نغير من نظرتنا واتجاهاتنا فى هذا الصدد ، كما يقول أحد الصفوة المبرزين من الكيمياويين الأمريكيين ، فلا أظننا نستطيع البقاء » .

---

(١) Polymers مصطلح المركبات الكيمياوية المتعددة الأجزاء أو المتضمنة جملة أصول .

(٢) Synthetic .