

الجزء الأول

الفيزيقيون

العلوم تنم عن القدرة ، فهي وسيلتها . وقد تلقى العالم كله هذا الدرس أخيراً ووعاه في هيروشيا وأعيد إلقاء هذا الدرس بوضوح عظيم وبنغيات سياسية جديدة في أكتوبر سنة ١٩٥٧ حينما ظهر في الجو في الصباح الباكر في هدوء وصمت أول أسبنتك سوفيتي .

وتختلف الاسبنتكات عن القنبلة الذرية ، إذ أنها في الواقع آلات علمية ، أول أجهزة علمية ظهرت في التاريخ تستطيع مسح الأرض كلها . بذلك اتصت العلوم بالسياسة صلة لم يسبق لها مثيل . وقد ازدادت مخاوف رجل الشارع وارتبا كانه من جراء العلوم أكثر من ذي قبل . لقد بدت العلوم لجاليليو وهو يتطلع إلى السماء منذ الاثمانية 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 فهمهما .

وما يقلق بال رجال العلوم تلك الهوة السحيقة من عدم الفهم التي تفصل بينهم بوصفهم علميين وبين اللاعلميين التي 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 وصانعاً 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 للقتابل ، ويندر منهم من يهتم بالصواريخ إلا باعتبار أنها أدوات للبحث العلني . إن ما يهم رجال العلوم

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

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

يتناول هذا الكتاب تقديراً وتقويماً للجهود وللغامرات العلمية الواسعة المدى وللعوامل التي تحفز الناس لأن يصيروا من رجال العلوم . سيستعرض الكتاب التقدمات العلمية الرئيسية التي حدثت منذ عام ١٩٢٠ ، ويقدم لقرائه مجموعة مختارة من أعظم البارزين من رجال العلوم الأمريكيين في كل من المجالات الرئيسية الأربعة : الفيزياء والكيمياء والفلك والبيولوجيا أو علم الحياة . وعن طريق عرض ما لأمريكا من سجل على ومن مقدرة حالية سيتصدى للإجابة عن سؤال حرج هو بمثابة محك كاشف : إلى أي حد من الجودة وصلت العلوم في 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 في العلوم .

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

ولما كانت الفيزيكا تعالج الأساسيات فإن لها أعظم قدرة على تحطيم أو دوىض أى صرح محكم لآى 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 الفيزيكا فى هذا القرن عبارة عن قصة رجال عظام يكافحون ويجاهدون مصوبين إهانات فاحشة إلى المعتقدات التى كانت محل إعزاز أو اعتزاز ، فقد أسبغت صفات جديدة وخواص غامضة خفية لم يكن يعلم بها جاليليو ومكسويل ، على كل من المادة والطاقة والفضاء والزمن والجاذبية والسببية ، ومع ذلك بقى القديم صامداً إلى جانب الحديث بعد أن عرّف من جديد وحددت معالمه ونظر إليه فى ضوء حديث . فالإيكانيكا النيوتونية المأثورة عجزت عن التعليل الدقيق لفلك المشتري أو مداره . كما أنها غير كافية بالمرّة للتنبؤ بما يجرى داخل الذرة من حوادث ، ولكن آراء نيوتن كانت ولا تزال كافية لحساب مسار تابع أو سيار أو صاروخ إلى المريخ .

لفز الجسيمات المتلصقين :

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

إن الفيزيقيين في حيرة ما بعدها حيرة ولكنهم على استعداد لأن يسمعوها
 في أى يوم من الأيام أن شاباً ناهياً في طوكيو أو كوبنهاجن أو جنتجن
 أو موسكو أو كبردج بانجلترا ، أو بركلي أو برنستون أو باسادينا أو كبردج
 بالولايات المتحدة ، قد حل اللغز الغامض الخفى . وإنه لتساورهم شكوك في أن
 التفسير حين يحىء سيقرب 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 التي تعمل بها الطبيعة قد أصبح لعبة دولية
 واسعة المدى تثير مشاعر رجل العلوم أكثر من أى لعبة أخرى ابتكرها
 الإنسان . ومع أن التنافس الدولي في العلوم قائم ، إلا أن لهطاً بعباً مبرزاً خاصاً به ،
 ذلك أن رجل العلوم يشيد بأية نظرية جديدة عظيمة أو بأى اكتشاف جديد
 عظيم بغض النظر عن شخص المخترع أو المكتشف ، ولكنه لا بد أن
 يستشعر مزبداً قليلاً من الاغتياب إذا كان الشخص الظاهر صديقاً أو زميلاً

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

وهذه الدراسة التي بين أيدينا اختارت أحد عشر فيزيقياً متميزين لتجعلهم محل عناية خاصة ، وهم رجال ساهموا في نمو العلوم واشتداد ازدهارها في أمريكا مساهمة بقيت على الدهر ، وأسهموا فيما بينهم في تفسير وتعليل بعض الفتوحات الخالدة في الأربعين سنة الأخيرة . وهذا الاختيار ، ككل اختيار مثله ، لابد أن يترك أو يغفل من يؤلنا إغفالهم ، ولعله يكفيننا أن نقول إن الأحد عشر كلهم موهوبون بدرجة غارقة للعادة وإنه لا يفوقهم أحد ، وهم على الترتيب من الأسن إلى الأصغر سنأ : رابى ويوجين فاينر ، وروبرت أونبهر ، وإيليو سجره ، وهانز بيك ، وجون باردن ، وجوليان شفنجر ، ورتشارد فيمان ، ويانج ، ولى ، ومرى جلمان .

وكلهم أمريكيان 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 في نيويورك ، وقدم الآخرون من بودابست وستراسبورج وضواحي روما ومن شانغهاى وهوفى وماديس ووسكنسن . ومنهم خمسة لم يبدأوا حياتهم أبداً كفيزيقيين ، وإنما انعطفوا وطافوا في مبدأ الامر بالكيمياء أو الهندسة ، ولكن الأحد عشر كلهم اكتشفوا آخر الامر في الفيزيقا عمقاً وجالاً وتحدياً ذهنياً لم يعثروا عليه في أى مجال آخر .

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

للنظريات ، فإنهم حتى التجريبيين منهم ، يزعون إلى وضع أعمالهم في مرتبة دنيا بالنسبة لأعمال النظريين الذين تصدر عنهم فكر وآراء عميقة وأساسية . والسبب في ذلك أن التجريبيين يكون لديهم في أى وقت بالذات قائمة معينة إلى حدما بالأمور التي سيقومون بعملها ، فكّر تفتقر إلى الاختبار وأجهزة تحتاج إلى تصميم وتشغيل ، بحيث يكون الأمل كبيراً في 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 ويؤكدده ، أو أن يقوم بأحد الاكتشافات قبل غيره من العلماء ، فإن ذلك قد يكون مسألة حسن حظ أو حسن تدبير على السواء . ولكن الحادث أو الحاصل هو أن منطق وصية ألفريد نوبل التي تنص على اشتراط دأهم اكتشاف أو اختراع ، يحمل الظفر بجائزته أسهل على التجريبيين منه على النظريين ، ومن ثم لا يوجد بين القسعة النظريين في قائمة د فورشن ، سوى ثلاثة فقط ممن ظفروا بجائزة نوبل .

هل سألت أى أسئلة جيرة ؟ .

هناك أزمنة وأمكنة بالنسبة للعلوم كما هي بالنسبة للكاداب والفنون تكون ولادة الإنسان فيها أحسن أو أسوأ من غيرها ، فمثلاً لن يخرج جأة بطل في لعبة الشطرنج من أبناء مدينة صغيرة ليس فيها أحد يلعب الشطرنج . لقد بزغت شمس شيكسبير في لندن الإيزايشية (أى إبان عصر اليزايث) لأن بيئتها الاجتماعية كانت في ذلك العهد قد امتلأت الاسماع فيها بالأدب إلى أقصى حد .

أما بالنسبة للفيزيقا في هذا القرن فقد كان مقر المجتمعات التي تسحر الألباب في جنتجن وكوبنهاجن وكبردج بانجلترا ، أما الفترات التي تركوت فيها هذه الإثارة السحرية فسكانت فيما بين عامى ١٩٠٠ و ١٩١٥ وفيما بين

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

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

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

كما يحلوه أن يتذكر دائماً ، « أن جزء الكيمياء الذى أحبه يسمى الفيزياء »
وبعد عام انتقل إلى كولومبيا وحصل فى سنة ١٩٢٧ على الدكتوراه .

وعندما كان رابى ينقب عن الاتجاه المناسب لسيرة حياته اهتز عالم الفيزياء
بفعل ثورة أعظم حتى من التى أحدثتها نظريات أينشتين (Einstein) فى النسبية .
فبعد أن فسر ألبرت أينشتين براءة بواسطة نظريته العامة ما يمسك النجوم فى
مسالكها انكشفت أو تضاء لت الألفاظ الفيزيائية العظيمة فجأة ، وانحصرت فى
حدود الذرة الضيقة الدقيقة . وكان نيلز بور (Niels Bohr) قد أمدنا بنموذج
للذرة نافع بدرجة مذهشة فى تفسير الأطياف الذرية (أطيف الضوء المنبعث
من الذرات عند تسخينها) ولكن هذا النموذج بدا كريهاً بشعاً فى نظر الفيزياء
المأثورة ، فلم يكن يسمح لإلكتروناتها بأن تحل فى غير أفلاك معينة فقط ،
ولكن سمح لها بالقفز الكمي 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 (Quanta) التى صورها
ماكس بلانك (Max Planck) . كانت الفكرة كلها خيالية إلى
حد حمل بالفعل بعض الفيزيائيين النظريين على التهديد بأن ينفصوا أيديهم
من الفيزياء .

وفى عام ١٩٢١ أجرى أوتو شتين ووالتر جيرلاخ (Walter Gerlach)
الألمان تجربة دفعت حيرة الفيزياء المأثورة واضطرابها إلى الذروة . ويذكر
رابى أنه كان يقرأ عن تجربتهما بافتتان . لقد غلبا بعض الفضة فى فرن وسما
لحزمة رفيعة من الفضة المتبخرة بأن تتدفق عبر أنبوبة مفرغة ، وكان التقليدون
من الفيزيائيين 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 أجبر شتيرن وجرلاخ الحزمة على المرور بين قطبي مغنطيس بما جعل الذرات تنحرف مندفعة إلى أحد الجانبين أو إلى الجانب الآخر تبعاً لاتجاه درورها ، وبذا تتخذ الحزمة شكل مروحة في داخل الأنبوبة ، ولكن شتيرن وجرلاخ كانا ينتظران ، طبقاً لاعتبارات خاصة بنموذج ديبره ، الذرة ، أنهما قد يجدان الحزمة منقسمة إلى حد ما إلى ثلاثة أجزاء بدلاً من مجرد الانتشار على شكل منتظم . وما كان أشد دهشهما عندما وجدا الحزمة قد انقسمت انقساماً دقيقاً إلى جزئين ، ولم يكن لهذا معنى لدى النظريين سوى أن الذرات اخترقت المجال المغنطيسي وكل محاورها متجهة بكيفية واحدة ، وإنما كان نصف الذرات يدر في اتجاه والنصف الثاني يدر في الاتجاه الآخر ، وكان هذا بمثابة تبيين أن كرات القدم التي يقذف بها من نافذة بلا اهتمام أو عناية تبدأ تدر أنماطياً إما دروراً إلى اليسار أو دروراً إلى اليمين بدلاً من أن تتخط عشوائياً على غير هدى . ومن البديهي أن هذا الاصطفاف الذي اكتشفه شتيرن وزميله كان قيماً فرضته الفطرة ، فالمجال المغنطيسي وإن استطاع فلق الحزمة لايقوى البتة على إحداث هذا الاصطفاف بنفسه .

إن تجربة شتيرن وجرلاخ تلخص أو يتركز فيها ما يعنيه الفيزيقيون « بالآثر الكمي ، أو « الظاهرة الكمية » ، فالفيزيقي يرتب ويتنكر تجربة يفاجىء بها الطبيعة وهي في حالة « فوضى وعدم احتشاد » ، ولكن الفطرة على الدوام تستطيع تفادى الفوضى وعدم النظام وترتيب الأشياء ، فن سلسلة الإمكانيات أو شبكة الاحتمالات تختار الطبيعة عدداً قليلاً فقط وترفض الأخرى . وبذا يتبين أن المادة في صميم بنيتها الدقيقة معبأة بنظام ودقة ، ومنظمة بصورة غامضة خفية . ولم ذلك ؟

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

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

وقد تصدى إرون شرودنجر (Erwin Shrodngier) النمساوى مستقلا عن غيره لحل اللغز من زاوية أخرى ، وذلك بإجراء تحليل جديد للذرة الإيدروجين مقتفياً في تحليله الاقتراح المثير الذي نادى به عام ١٩٢٤ لويس فكتوري برولي الفرنسي ، وهو أن الإلكترونات يصح اعتبارها أمواجاً ، كما يصح كذلك اعتبار أمواج الضوء جسيمات أو دقائق . وكانت إحدى النتائج التي انبثقت عن عمل شرودنجر أن تبين أن الميكانيكا الموجية هي والميكانيكا المتركسية لهايزنبرج في أساسهما شيء واحد ، وكانت نتيجة اندماج عمل هايزنبرج وعمل شرودنجر ظهور ما يسمى الآن بميكانيكا الكم .

وتبدت هذه الاستبصارات الجديدة الباهرة لرابي في جامعة كولمبيا عام ١٩٢٦ أكثر استهواء وقتنة إلى حد كبير من السوق المسالية المزهرة ، أو من الاستعدادات إلى المحاولة الشيطانية الجاسرة للطيران عبر المحيط الأطلسي . كان رابي يتوق إلى الاندماج في مجتمع الفيزيكا الأوربي الذي يضم صفوة المفكرين ، وما أن حل عام ١٩٦٧ حتى كان رابي في أوروبا على منحة (أى

«بواسطة منحة ظفر بها» (يعمل جنباً إلى جنب مع بعض مشاهير قادة الفيزيكا الأوربيين .

كانت الفترة التي أمّرت أكثر من غيرها في مدة إقامة رابى خارج الولايات المتحدة هي التي قضّاها في معمل أوتوشتيرن بها مبورج ، فهناك تعلم الأساليب الفنية لتداول الحزم أو الأشعة الذرية وهي الأساليب التي توسع فيها بعد ذلك إلى مدى بعيد بمحسنة ومهارة عظيمتين بعد عودته من الولايات المتحدة ، وفي ذلك يقول رابى : «لقد كنت دائماً أهدف لأن أصبح فيزيقياً نظرياً ولكنى أحسست في العشرة الثالثة من القرن العشرين بملل وسأم بالنسبة لما كنت أحاول القيام به من بحوث نظرية واستحوزت على فكرة القيام بتجارب عملية من نوع جديد ،

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

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

لقد قضى رابى شطراً كبيراً من السنوات الخمس عشرة الأخيرة كاستشار
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 لا يزال يقوم
بتدريس الميكانيكا الإحصائية مدة فصل واحد من العام الدراسى .

المعلم صانع الأوراق :

فى عام ١٩٢٧ الذى فيه نال رابى درجة الدكتوراه فى كولومبيا كانت جتجنج
تمنح الدكتوراه إلى أمريكى هزيل الجسم عمره ٢٣ سنة ، ولكنه على درجة
محيفة من سعة الاطلاع والمعرفة ، وهو روبرت أوبنهيمر الذى كان يبدو
منساقاً إلى معرفة بعض الشيء عن كل شىء . كان أبوه مستورداً ناجحاً ، ولذا
كانت سنواته الباكرة على طرفى قيعض مع سنوات رابى فى كل شىء تقريباً سوى
أن كليهما ينسب إلى نيويورك. وبعد أن أتم دراسته فى هارفرد فى بحر ٣ سنوات
تفوق عام ١٩٢٥ فى الكيمياء وذهب إلى كبردج حيث سعد بالحصول على امتياز
العمل فى معمل كلفندش الشمير تحت إرشاد لورد رذرفورد Rutherford .
ومن هناك ذهب إلى جتجنج حيث حصل على الدكتوراه متتليداً لما كس 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 نواحي مختلفة من
ميكانيكا الكمة . وبعد أن أظهر أوبنهيمر هذا التفوق والمقدرة صارت كل جامعة

في أمريكا نرحب بتعيينه فيها ، وانتهى به الأمر إلى قبول التعيين في كل من جامعة كاليفورنيا ببركلي ومعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا بياساينا .

وفي خلال الثلاثينات والأربعينات كان أوبنهايمر يعتبر أعظم شخصية تلعب في عالم الفيزياء النظرية بأمريكا كلها ، يتمتع بنفوذ ومكانة هائلة ويتنافس ألمع شباب أمريكا ذكاء في التتلمذ عليه . ولم يكن في اجتماعات الجمعية الفيزيائية الأمريكية أسرع منه إدراكاً وإلماماً بما يمكن في الاقتراحات والفروض المعروضة من قيمة ونفاسة ، ولا انقضاضاً على المعايير المنطقية الخفية المويضة أو على ما قد يكون عليه وضع نظرية جديدة من اقتتار إلى رشاقة المظهر أو إلى « الذوق السليم » ، ولهذا الإسهام أهمية لا يمكن أن يبالغ فيها نظراً لما كانت عليه الولايات المتحدة في ذلك الوقت من اقتتار يكاد يكون تاماً إلى أي تقليد له أهميته في المحافل والعوالم الفيزيائية الرفيعة .

لذلك كان من الطبيعي اختيار أوبنهايمر عام ١٩٤٣ للإشراف على المعمل العظيم في لوس ألاموس الذي قام بتصميم وإنشاء القبلة الذرية . وفي فجر ١٦ يولية سنة ١٩٤٧ كان أول تفجير ذري ، في لحظة رهيبية واحدة ، يحمل الدليل على نجاح الجهود التي بذلت في عالم الفيزياء خلال نصف قرن ويبردها . كانت القبلة ذاتها نديجة لتعاون عقول عديدة . وقاد أوبنهايمر هذه الجهود التعاونية ووجهها بمهارة وتفان وحماس استحق التقدير والإعجاب الصريح من قبل جميع من عملوا معه .

وفي خلال الثلاثينات كلها كان أوبنهايمر يساند ويعاون كثيراً مشاريع هيئات البر ، ومن ثم تعرف بالاشيوعيين وأقراهم من السياح ، ومع أن هذه الهيئات كانت معروفة تماماً للحكومة الأمريكية لإبان تمييزه في لوس ألاموس فإنها عادت تناوئه وتناصبه العداء فيما بعد . وصمقت 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 ومناقضاته والاستماع لما يقال فيه ، اتهم مكتب أمن الأشخاص في الوكالة بعدم المراعاة الخطير لمتطلبات نظام الأمن ، وصوت بأغلبية ٢ إلى ١ بالأىوصى بإعادة لإخلاء سبيله بل بإعادة قيود الأمن بالنسبة له . ووافقت وكالة الطاقة الذرية بأغلبية ٤ إلى ١ على توصيات المكتب .

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

وقد خرج أوبنهايمر نفسه من المحنة بكيفية أدهشت أصدقاءه وسترته . ولا يزالون يعتبرونه واحداً من الشخصيات العظيمة في الفيزياء الأمريكية ويؤمنون أن يأتي اليوم الذي تنقض فيه الحكومة قرار عام ١٩٥٤ وتستفيد من جديد بمواهبه الفذة المذهلة .

نفر كانت مقبرة بطولية :

يعمل أوبنهايمر مديراً لمعهد الدراسات العليا في برانستون ، وظل يشغل

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

لقد انتهت هذه الحقبة البطولية القصيرة المدى في عامى ١٩٢٧ ، ١٩٢٨ بفتحين عميقى الأثر بطلاهما هايزنبرج والفيزيقي 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 التي تنص على أنه يستحيل علينا طبقاً لطبيعة الأشياء أن نعرف في وقت واحد مكان وسرعة أى إلكترون أو أى جسم آخر ، إذ أنه إذا عرف مكان جسم بصفة يقينية تماماً فإن سرعته أو بالأحرى كمية تحركه لا بد أن تكون بعيدة عن اليقينية بعداً كاملاً ، والعكس بالعكس . فالأمر يشبه لدرجة ما محاولة حساب سرعة كرة رميت أو قذفت في معركة لعبة حامية في كل لحظة من اللحظات إذا كنت لا تستطيع أن تعين إلا واحداً فقط من شيتين : 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 في كل لحظة ، أما إذا عرفت الثانى فإنك تستطيع تحديد مكان الكرة عند تلقيا الضربة ، ولكنك تكون عندئذ مفقراً للزبرة التي بها تحسب سرعتها . فلب الموضوع هو أن كل جهد يبذل

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

المنظرة العظيمة : بين بور وأينشتاين :

في عام ١٩٢٨ وضع ديراك التاج على رأس ميكانيكا السكة عندما ضمن مبادئ النسبية (مثل كون كتلة الجسم تزايد بتزايد سرعته) المعادلات التي تتحكم في الإلكترون . وحين أتم ديراك بحته وجد أن معادلته الجديدة استدعت وجود جسم صغير يشبه إلى حد ما صورة في المرآة للإلكترون . ويستنبط من أبحاث ديراك هذه أن كل جسم أولى كالإلكترون يجب أن يكون له جسم ضديد Anti . وقد تبين بعد ذلك الحين (ليزيد في تصعيب الأمور) أن الجسم يمكن أن يكون ضديد نفسه ، وهذا يصدق على الفوتون مثلا . لكن الفيزيقيين في 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 في 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 الأحاجي والألغاز المحيرة التي استحوذت على العقول وشلت فهمها النظرى للمادة والطاقة : وعلاوة على هذا فإن استبصارات أينشتين العميقة على ما فيها من ابتكار جذرى كانت أسهل تقبلاً من جانب الفيزيقيين عن التعاليم المركبة الجديدة لها ينبرج ، وشروود 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 التي بيد وأن الفيزيكا كانت مؤسسة عليها قبل عام ١٩٢٥ ، ولم يكن أحد منهم أعق إحساساً بهول الصاعقة من أينشتين نفسه إذ أنه لم يستطع حل 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 تمرت غرائزه العلمية على مجرد فكرة أن الله يلعب بالكون ، لعبة زهر النرد ، على حد تعبيره .

كان أفصح وأبرع المدافعين عن نظرية الكمة الحديثة للطبيعة هو نيلزبور (Niels Bohr) الذي كان في كوبنهاجن لايزال متمكناً نشاطاً في 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 بكييفية معينة ، ويكشف عن خواص

الجسم 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 مجموعتي هاتين المشاهدين معاً . ويتحدث عن هذا بوصفه مبدأ « التكاملية » ، Complementarity ، عقيدة أن للطبيعة صفة الازدواج بحيث أن الإنسان إذا تركز على أن يحال بدقة إحدى نواحيها فإن الأخرى المسكلة أو المتممة لها تفلت من قبضته .

على أن التكاملية مع ذلك لا تصطدم وتتعارض مع السؤال الذى حير أينشتين وأزعجه إلى أعماق 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 يقبلون 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 فثلاً لا سبيل إلى التنبؤ بالوقت الذى ستهبط 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 السكة 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 للقوائم قد أغفل أسماء مشهورة عديدة وحذفها ، وأكثر منها ما حذفته هذه الخلاصة التي نحن بصددھا .

السنوات العشر لفرمي والانشطار :^(١)

كان من سوء حظ أو بنهيمر وغير من النظريين الذي تدربوا في أواخر العشرينات أنهم خلفوا عمالة النظريين . فبعد انتصار ميكانيكا السكة بدا في الإمكان معالجة كل المشكلات البارزة في الفيزيكا ، من حيث المبدأ على الأقل ، ولذا لم يحدث في خلال العشرين سنة من ١٩٢٨ إلى ١٩٤٨ أن استحق جائزة نوبل سوى عمل نظري أساسي واحد ، وقد ظفر بجائزته الياباني هديكي يوكاوا (Hideki Yukawa) الذي افترض عام ١٩٣٥ وجود جسيم جديد أو اسمه الميزون ليفسر به القوى التي تبقى نواة الذرة متماسكة .

ومن شباب عمالة هذه العشرينات البطولية — وفيهم هايزنبرج وديراك وإرنست ريفرمي الذين كانوا كلهم لا يزالون دون الثلاثين من عمرهم — استطاع فرمي وحده اكتشاف سبيل أدى به إلى القيام بعمل خالد في العشر السنوات التالية ، ولتسنى له ذلك اضطر إلى هجر العمل النظري وولوج المعمل التجريبي .

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

البروتون بكيفية ما ، وكان السكوترون 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 في نفس العام النيوترون فانقض فرمى عليه ليتخذ منه وسيلة بديلة لسبرغور نواة الذرة . ولما كان النيوترون خالياً من أية شحنة كهربائية ، تهيأت له الحرية ليحجب أنحاء الذرة حيثما شاء . وفي عام ١٨٣٤ حصل فرمى وحفنة من رفاقه المتحمسين في جامعة روما على مدد من النيوترونات باستعارة بعض الراديوم والساح 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 : في نظام وترتيب محكمين ، يقذف بالنيوترونات يصيب بها المواد واحدة تلو الأخرى فاكشف أن النيوترونات تتخذ من نوى الذرات مسكناً محولة بذلك العناصر إلى بعض صورها ذات النشاط الإشعاعي أى إلى نفاثرها ، واكتشف إلى هذا أن النيوترونات حين تسببطاً حركاتها تزداد بقدر ملحوظ محسوس مقدرتها على أن تسكن داخل النوى وتنتج النفاثر ، وقدّر لهذا أن يكون السر الرئيسى الذى يقام عليه بناء المفاعل الذرى . على أن أكثر الاكتشافات إثارة وإرباكاً كان استجابة اليورانيوم لضربه بالنيوترونات ، فقد بدا أنه ينشئ . أو يسبب ظهور عدد محير من العناصر المشعة .

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

— وبدلاً من هذا حارل فرى 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 في النهاية اكتشاف الانشطار عام ١٩٣٩ ، بتعاون جهود أوتوهان (Otto Hahn) وفرتزستراسمان (Fritz Strassmann) ، وقوة استبصار ليزمايتز (Lise Meitner) وابن عمها فريش (O. R. Frisch) .

الطالب المتقلب هيريج الجامعة :

كان بين مجموعة الشبان الذين عملوا مع فرى شاب يدعى إميليو سجرية ، كان قد بدأ يزاول الهندسة عندما لقي فرى عام ١٩٢٧ ، وكان فرى حديث عهد بالتميين في هيئة التدريس بروما فعرض على سجرية أن يكون أول طالب من خريجي الجامعة يتابع دراسته معه ، وحصل سجرية على الدكتوراه في عام ١٩٣٨ وانخرط في سلك عمل من أكثر الأعمال إثماراً في الفيزياء الحديثة .

وبعد أن ساهم سجرية في اكتشافات النيوترون فيما بين ١٩٣٤ و ١٩٣٥ زار إدنست لورنس في بركلي وحصل على عينة من المولبدنم الذي صيرته حزم أشعة السكلوترون مشعاً ، وعاد سجرية بالعينة إلى إيطاليا حيث استطاع هو ورفيق له فصل عنصر جديد كل الجدة ، هو التكتسيوم ، لم يكن قد عثر عليه أحد في الطبيعة من قبل .

وفي عام ١٩٣٨ انتقل سجرية إلى الولايات المتحدة بصفة مستديمة قبل فرى بسنة كاملة . وفي عام ١٩٤٠ كان سجرية أحد أعضاء فريق بركلي الذي اكتشف

لبلوتونيوم ، وهو عنصر جديد ينتج عند قذف اليورانيوم داخل السكوترون^(١) . كان البلوتونيوم ، واحداً مما وراء اليورانيوم من عناصر والتي كانت تفلت من فرمى أثناء بحثه وتنقيته في بواكير الثلاثينات ، ولكن النصر الأخير كان من نصيب فرمى . ففي يوم ٢ ديسمبر سنة ١٩٤٢ في ملعب سكواش واقع تحت مدرج ستاج فيلد مختبر فرمى ومعاونوه الانشطار اليورانيومي ليولدوا أول تفاعل نووى متسلسل ظهر في العالم ، وكان هدفهم الأخير هو تحويل مائة قدر بالكيلوجرامات من النظير اليورانيومي ٢٣٨ إلى بلوتونيوم ٢٣٩ ، كان في استطاعة سكوترون لورانس إنتاج أجزاء صغيرة جداً من الجرام من البلوتونيوم تكفي للتحليل الكيماوى ، أما توليد المقدار اللازم من البلوتونيوم لغنبلة فإنه يحتاج إلى المفاعلات الكبيرة التى فى هانفورد بواشنطن وإلى نيوترونات فرمى البطيئة .

واستأنف سجره 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 شيكاغو التى ظل فرمى يدرس فيها إلى أن مات بالسرطان عام ١٩٥٤) . وكان العمل الذى قام به كل من سجره وتشيمبرلين وظفر بالجائزة هو اكتشاف ضديد البروتون فى حزمة من الجسيمات تولدت بواسطة معمل بركلى الهائل المسمى بينفانرون .

(١) كان بقية أعضاء فريق سيبورج Ylenn T. Seaborg ، وواهل A. C. Wahl وكيندى J. W. Kennedy . وقد سجلوا اكتشافهم فى براءة ، وفازوا بذلك من أجله بجائزة منحتها و . ط . ذوى ٤٠٠ ر ٠٠٠ دولار . كذلك اشترك سجره مع فرمى وخسة آخرين فى جائزة و . ط . ذوقرها ٣٠٠ ر ٠٠٠ دولار منحت لهم فى نظير استخدام الاكتشاف المسجل الذى يتطوى على تبطة 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 - الجزء المضاد الموجب للإلكترون - 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 يوكوا 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 يوكوا 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 متاسكة . على أن اكتشاف الميون عديم الفائدة ، كان إيداناً 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 الفيزيكا عندئذ فى أوج قوتها وسلطانها محمسة بما أجميد اختباره من نظريات وعناصر جديدة وبالإمام تام وتمكن حديث من القوى الفيزيكية .

العنفى الهادى .

لقد عاون هتلر الولايات المتحدة فى تسليها القيادة العالمية للفيزيكا ، فما وافى

عام ١٩٤٥ حتى كان يعمل فيها مع أينشتاين وسجريه بعض الأجانب الموهوبين وكثير منهم لاجئون أمثال أوتو شترن و جيمز فرانك (وكلاهما متوج بجائزة نوبل) وفيلكس بلوخ (Felix Bloch) الذى شارك إدوارد بورسل (Edward Purcell) عام ١٩٥٢ فى جائزة نوبل من أجل شغله عن الرنين النووى) وجون فون نيومان (العبقري الرياضى الذى مات عام ١٩٥٧) وادوارنر (Edward Teller) المسام فى المفتاح للقبلة الأيدروجينية) وجورج يوهلنيك وصمويل جودزمت (مخترعاً الفكرة المشعة لدرور^(١)) الإلكترون فى نظرية السكة) وماريا ماير (Maria Mayer) الذى قدر لها أن تتبكر نموذج القشرة الهام لنواة الذرة) وجورج جامو (الطالب النابه فى دراسة علم الكونيات) وبرونورسى (Bruno Ressi) فى قمة الضليعين فى الأشعة الكونية) وفيكستور فايسكوف وهانزيث ويوجين فاينر — وكل للثلاثة من قادة العالم فى نظرية السكة .

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 الفيزيكا الأساسية والتكنولوجيا النووية على السواء واحد من أقلمهم 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

أن فايز كان يعشق الفيزياء ، فقد كان يرى أنه لا توجد سوى وظيفتين أكاديميتين مرموقتين جديرين بأى عالم فيزيقي بالجر ، ومن ثم اتجه فى دراسته إلى أن يكون مهندساً كيمائياً ، 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 الفيزيكية الممتاز ر . بكر (R. Becker) .

وفى برلين تابع بشغف ولهفة مولد ميكانيكا السكة ، وبدأ يكتب مستقلاً عن غيره ، ورفقات أبحاث يبين فيها كيف تستطيع المدرجات الرياضية العميقة المعروفة المعروفة بنظرية المجماميع أو الجوع أن تقوى الأسس الرياضية للآراء الجديدة فى السكة . وقد هياها هذا للظفر بدعوة إلى جامعة جيتجن للعمل مع الرياضى العظيم دارد هيلبرت (David Hilbert) . وفى عام ١٩٣٠ دعتة برنستن هو ورفيقه القديم فى الدراسة فون نيوماك ليقدموا إلى الولايات المتحدة وينضموا إلى هيئة التدريس بها .

وفى عام ١٩٢٩ كان فايز ورفيقه المجرى ليوتسيلارد هما اللذين ناشدا أينشتين أن يكتب لروزفلت خطاباً الشهير عن القنبلة الذرية الذى أدى إلى مشروع مانهاتن . وقد صار فايز فيما بعد المصمم الأول للمفاعلات هانفورد الذرية . وقد كانت معارفه الهندسية العميقة بما أثار عدة مرات دهشة فريق ديبونت الذى عهد إليه بإنشاءات هانفورد . ومن أجل مساهمته العظيمة فى مشروع الحرب القائمة تسلم فايز عام ١٩٥٨ جائزة وكالة الطاقة الذرية التى تبلغ ٥٠٠.٠٠٠ 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 تسكرياً تذكاراً جائزة فاز بها لأول مرة عام ١٩٥٦ جون فون نيومان ، وظفر بها لورنس عام ١٩٥٧ وجلين سيبورج عام ١٩٥٩ .

وفي ميدان الفيزياء النظرية تعتبر مساهمات فاينر فذة من الطراز الذي لا بد أن يثير الارتباك والحيرة في الأكاديمية السويدية بسبب أن جائزة نوبل يتحتم منحها من أجل « أهم اكتشاف أو اختراع » فلم يكن من السهل إعطاؤها لشخص مثل فاينر الذي أنارت استبصاراته العميقة الطريق إلى العديد من التقدّمات ، ولكنه لم يقدّر بنفسه بعمل باهر واحد ، فهو كما يقول أحد المعجبين به « خالق الفيزياء الحديثة بأسرها تقريباً في صمت وهدوء » .

التيار الكهربائي الذي لا يموت أبداً :

كان منح جائزة نوبل إلى جون باردن ووليم شكلي (Shockley) William عام ١٩٥٦ بمثابة تأكيد رسمي لما كان عالم الفيزياء على علم به منذ زمن وهو : أن النظريين الأمريكيين لا يعلمون عليهم أحد . وأنهم كانوا حقاً أصحاب الفضل في معظم التقدّمات النظرية الكبيرة منذ نهاية الحرب العالمية الثانية .

كان شكلي وباردين أول من ظفر بجائزة نوبل في الفيزياء من النظريين الأمريكيين ذوي النشأة والتدريب الأمريكي . وكان والتر براين Walter Brattain الذي شاركهم في الجائزة عالماً تجريبياً موهوباً . كان الثلاثة يشتغلون في معامل شركة بل للتليفونات وابتكروا الترانزستورات الأولى ، وهي النماذج التي في حالة جامدة والتي كان لها وقع سحري على جميع الإلكترونيات .

وبينما كان أهم ما يشغل شكلي الآن هو بناء الترانزستورات وما يشبهها من نماذج (بوصفه رئيساً لشركة شكلي للترانزستورات التي هي فرع تابع لأجهزة بكان (Beckman) ، فان باردن كان وهو يعمل في جامعة إلينوى يزد باطراد في 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 تحتفى مقاومتها للكهربائية بحيث أنه إذا حدث أن بدأ تيار كهربائى فى حلقة من هذا المعدن فإنه يظل ينساب إلى ما لا نهاية ، وهى ظاهرة تحدث وأعجزت خير القول فى الفيزياء النظرية منذ اكتشافها عام ١٩١١ . وفى عام ١٩٥٧ تقدم باردين وإثنان من رفاقه هما كوبر (L . N . cooper) وشريفر (J . R . Schrieffer) بنظرية تمل معظم الحقائق المعروفة . وهى فى الواقع تفسر كيف أن قواعد السمكة العجيبة ، التى لا تسرى فى الحالات السوية إلا على قياس دون مكروسكوبى ، تصير واضحة للعيان على قياس مكروسكوبى حين تقرب بعض المعادن من الصفر المطلق ، وتتأمر لتقطع دابر كل مقاومة .

تحطيم عقبة نفرض طريق السمكة :

حدث بعد الحرب بقليل ما قد يعتبر أعظم فتح أمريكى ، وهو تحطيم عقبة كثرود كانت تعوق تقدم ميكانيكا السمكة . كانت الصعوبة التى واجهها الباحثون أن بعض حساباتهم المتضمنة الإلكترون تؤدي إلى قيم لا نهائية للكتلة والطاقة . وفى عام ١٩٤٧ حدث أن بعض البحوث البالغة الدقة لتجديد خواص الإلكترون أجراها باحثان من جامعة كولمبيا هما بوليكارب كوش (Polykarp kusch) وويليس لام الصغير (Willis E. Lamb Jr.) كل منهما أجراها مستقلاً 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 لاتقضى ومجيم 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 في الموضوع كل من رتشارد فينمان من كالتك وفريمان ديسن (Freeman Dyson) من معهد الدراسات التقدمية ، وكان ديسن - البريطاني المولد عند ذاك - لا يزال في أوائل العشرينات من عمره . وقد علم بعد ذلك أن شاباً يابانياً (اسمه) توموناغا (S. Tomonaga) كان قد توقع خلال الحرب اليابانية كثيراً من النتائج التي وصل إليها شفنجر .

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

وتمثل الأعمال التي قام بها شفنجر وفينمان وديسن وتوموناغا أول إضافة رئيسية إلى ميكانيكا السكة منذ ظهورها في العشرينات . لقد أعاد الفيزيقيون الأربعة إنشاء معادلاتها بحيث أصبحت الآن متلائمة تمام التلاؤم مع المدركات أو الآراء والفكر التي في النظرية النسبية الخاصة ، وأصبحت معادلات السكة في صورتها الجديدة تتفق مع القيم المقاسة لخواص الإلكترون إلى الرقم

السادس العشرى على الأقل . وخلاصة الأثر الذى يحدثه هذا الاتفاق الدائم هى تقوية اعتقاد الفيزيقيين بأن ميكانيكا السكة تعبر تعبيراً كافياً عن القوانين التى تحكم الإلكترونات وتفاعلاته مع الفوتونات ، فالواقع أن كل ناحية من نواحي العالم المادية — 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 السكة قد تكون غير كافية — وقد يصعب بعض الفيزيقيين بالعجز البين — لفهم نواة الذرة واستكناها هى والكثرة المحيرة المربكة من الجسيمات الأولية ، التى تنبعث من نواة الذرة إذا ما قذفت بجسيم على 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 ، والنيوتريون ، وضديد النيوتريون ، وضديد البروتون ، والبوزترون . ومع هذا فإن الآخرين يسلكون سلوكاً يمثل الكيفية الطرازية لسلوك الضديدين حين يلتقى كل منهما بالمضاد له . فنجد الجسيم وضديده يبيد كل منهما الآخر . على أن النيوتريون وضديده يفلتان من هذا المصير . وهناك جسيم ثامن هو النيوترون يكون ثابتاً مستقراً مادام داخل نواة الذرة فإذا ما أطلق سراحه لم يتجاوز عمره ١٣.٨ دقيقة فهو ينحل أو يتحلل إلى بروتون وإلكترون وضديد نيوتريون .

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

الفيزيقي التساوى العظيم أن الطاقة المختفية أو المفقودة يحملها معه جسيم « خجول » سرعان ما لقبه فرى 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 النيوترينو قد يكون غير ملموس وغير قابل للعرض مثل « الأثير » الذى يتخلل المواد كلها والذى كان فيزيقيو القرن التاسع عشر مواعين به . ومع ذلك فإن ضديد النيوترينو وقع فى النهاية عام ١٩٥٦ فى المصيدة التى نصبها له فردريك رينز (Frederic Reines) وكلايد كوران الصغير (Clyde Cowan Jr .) اللذان شيدا جهاز كشف عملاقاً حول أحد المفاعلات الذرية الضخمة التابعة لوكالة الطاقة الذرية فى منشأتهما على نهر ساقانا . ومن هذا المفاعل كانت تنساب ملايين الملايين طن من ضديدات النيوترينو . وقد استطاع رينز وكوران إيقاف بعضها واصطيادها .

أعراد الغرابة :

فى عام ١٩٥٣ تصور أمريكى نظرى ساب لإسمه مرى جليان مجموعة من المبادئ . أو من القواعد غريبة لم تكن تخطر على بال أحد بالمرة تتحكم فى سلوك تلك السكثرة من الجسيمات (وقد تبين أن يابانياً لإسمه نيشيجيما (Nishijima) اكتشف مستقلاً عن غيره نفس هذا الاكتشاف) . توصل جليان وهو لا يزال 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 وبأىها تنتج الطبيعة ، فيما يبدو ، حدوثه .

وبناء عليه عين لبعض الجسيمات صفراً ولبعضها القيم $(+1)$ أو (-1) ،
ولبعض آخر غيرها القيم $(+2)$ أو (-2) . وسى جلمان هذه الأرقام
اعتباطاً ، أرقام أو أعداد الغرابة ، ، وبهذه كلها استطاع التنبؤ بما إذا كان
الجسيم (١) والجسيم (ب) سيتفاعلان أو لا يتفاعلان ليولدا الجسيمين (ج)
و (د) . فإذا كان مجموعاً أعداد الغرابة ، قبل التفاعل وبعده يصلان إلى رقم
واحد كان التفاعل مما يصح انتظار حدوثه ، أما إذا اختلف المجموعان فإن
التفاعل يكون محظوراً .

المرآة المكمورة :

وبينما كانت فكرة الغرابة ، في ذاتها عجيبة كانت الجسيمات الجديدة تخفى
في ثناياها مفاجأة أعظم وأعجب ، مفاجأة أطاحت بمبدأ من أعقق المبادئ .
جذوراً في الفيزياء ، وذلك أن الفيزيقيين كانوا يعتقدون دائماً أن الطبيعة من
حبها للتماثل لا تميز تمييزاً أساسياً بين اليمين والشمال ، وكان لب هذه الفكرة
أنه يستحيل علينا أن ننبئ مخلوقات على سيار آخر غير أرضنا بما نقصده
بقولنا يميناً وشمالاً لأننا لم نكن نستطيع أن نصف لهم أى تجربة نكشف
عن اليمين والشمال بلا لبس ولا إبهام . وقد سعى هذا التفكير لزوماً (أولاً
تبديلية ^(١)) أو قاعدة التناوب (أو الازدواجية) ^(٢) . وكان أول من أدخله
بوضوح إلى ميكانيكا السكة هو فايزر عام ١٩٢٧ .

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

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

وفي ذلك الحين نفسه نشر صينيان شابان همانسنج داوولي (Tsung Daolee) الذى كان في كولمبيا وشن تنج يانج (Chen Ning Yang) الذى كان في معهد الدراسات العليا حديثاً 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 ، والتي تشمل تحلل الجسيمات ، واقترحا أن يخص طراز آخر من التفاعلات أو التأثيرات الضعيفة ، كالطراز الذى ينطوى عليه بحث نظير مشع لجسيم بيتا — قد يكشف بسرعة عما إذا كانت الازدواجية قد سادت وظهر أثرها أم فشلت ولم يظهر لها أثر . وفي أواخر عام ١٩٥٦ بينت الدكتورة شين شينج وو (Ohien Shiung Wa) من كولمبيا ، وهى سيدة فيزيقية ناهية من أصل صيني تعمل في المكتبة القومية للعايير مع أرنست أمبلر (Ernest Ambler) وصحبه ، بينت أن الازدواجية قد خوافت حقاً في التفاعلات أو التأثيرات الضعيفة ، فقد ظهر على

جسيمات بيتا في التجربة ميل إلى تفضيل أحد الاتجاهات في القضاء بدلاً من أن تنبعث في تماثل . وكان هذا على ما به من اختلاف وتباين أكبر هزة أو صدمة عنيفة أصابت الفيزيكا منذ ظهور مبدأ اللايقينية عام ١٩٢٧ . وبسرعة لم يسبق لها مثيل منحت الأكاديمية السويدية جائزة نوبل لعام ١٩٥٧ إلى لي ويانج اللذين كانا عندئذ في الواحدة والثلاثين والخامسة والثلاثين من العمر على التوالي .

وقبل أن يعلن منح هذه الجائزة كان دلي ، وديانج ، — وبمناى منهما الفيزيقي الروسي النابغة لاندو Landau — قد بينا أن الفكرة القديمة عن الازدواجية يمكن أن يحل محلها فكرة جديدة مبنية على تماثل فطري أعمق من السابق ، لقد اقترحا أن كل حادثة فيزيقية في عالمنا الذي يتألف من المواد العادية تتكون لها في عالم مشيد من ضديد مادة عالمنا صورة ضديدة طبق الأصل كصورتها في مرآة . وهكذا يثبت مرة ثانية أنه لا وجود لطريقة ليس بها لبس أو لبهام تنبئ بها المخلوقات التي في سيار آخر غير أرضنا ماذا نعى باليمين وبالشمال . وإذا تصادف أنهم كانوا يعيشون في عالم مؤلف من ضديدات مادتنا وعرفناهم كيفية إجراء تجربة « وو » فإنهم سيصلون إلى نتائج تناقض نتائجها تناقضاً مباشراً ، وبهذا تتكون لديهم فكرة عن الشمال واليمين عكس الفكرة التي لدينا عنها على خط مستقيم .

المشاركة الفرة :

كار دلي ، وديانج ، نتاجين لثقافة تكاد تختلف عن ثقافتنا اختلاف الثقافة التي قد نجد لها على سيار آخر غير أرضنا عن ثقافتنا ، ومن ثم نجد في لي ويانج مصدراً غنياً بالحدس والتخمين بالنسبة لمصادر العظمة . كلاهما نشأ في 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 شيكاغو عن طريق منحة زمالة وهناك تتلمذ على تلو 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 شيكاغو بواسطة منحة متأخراً عن يانج بسنة واحدة . وبعد أن حصل على درجات امتياز كطالب ، درس هو الآخر على تلو و فرمى وحصل على الدكتوراه عام ١٩٥٠ . ولم يتقابل مع يانج فى الصين إلا بالصدفة عام ١٩٤٥ . أما بعد عام ١٩٥١ فقد عملا معاً باستمرار تقريباً . وبينما نجد النظرين 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 أهلاً لأن يتقدم لها ، كلاهما متزوج له أولاد . وكان لى يعززم ترك كولمبيا بعد هذا الحريف ويلحق بيانج فى معهد الدراسات العليا التقدمية .

ويستطيع يانج أن يعزو شغفه بالعلوم إلى كون أبيه عالماً رياضياً ، أما لى فلم يتأثر مثل هذا التأثير . وكلاهما يثنى ثناء عظيماً جداً على فرمى لسلاسته وفصاحته فى التعليم وتنميته لدنوقيهما ، اللذين يميزان بهما بين الجيود من الفيزيكا وغير الجيود .

عمومها الفيزيكا الروسية ونفاذها :

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 لنهاون أمريكا واستسلامها في حين يرون في روسيا دولة أوقفت نفسها على العلوم بكيفية لم تشهدا الولايات المتحدة فيما مضى ولا يحتمل أن تمارسها في المستقبل .

وإذا كان هناك ما يحير الفيزيقيين الأمريكيين ويدهشهم فهو أن الفيزيقيين الروس قد فشلوا إلى الآن في 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 لك شرنكوف (Cherenkov) وتام (I. E. Tamm) وفرانك (M. Frank) . وكان ذلك من أجل اكتشاف شرنكوف عام ١٩٣٤ أن الإلكترونات المفرطة النشاط تولد توجها مشوباً بزرقة حين تلج الماء أو غيره من المواد الشفافة ، وقد أمدنا تام وفرانك بنظرية لهذا الأثر .

وأحد التفسيرات المحتملة لإخفاق الروس في 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 الفيزيكا الروسية قد عانت من أنها ظلت فترة طويلة محكومة بنفر قليل من الرجال البارزين الذين لم يوضعوا إلا في مراكز للبحث قليلة ، ولكن هناك دلالات على أن سلطان هؤلاء الحكماء في طريق الزوال ، وأن التنافس أخذ

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

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

اخـالدون من رجال الفيزياء الحديثة

عندما كتب الفصل الأول كان ثلاثة وسبعون فيزيقياً قد فازوا بجائزة نوبل منذ منحها لأول مرة عام ١٩٠١ (ومن ذلك الحين في نوفمبر ١٩٦٠ كان الفائز الرابع والسبعين الذى فاز بجائزة نوبل للفيزياء هو دونالد جليرز (Donald A. Glaser) الأمريكى الذى كان عمره ٣٤ سنة ، والذى اخترع خزانة الفقاعة — وهى نسيطة تجعل الدروب التى تخلفها الجسيمات الأولية ذات الشحنة الكهربائية مرئية) ولكى تقبين 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	(١٧ صوتاً)	لورنتس	(٦)
نيلز بور	(١٤)	طومسن	(٦)
إرنست رذرفورد	(١١)	وولفجانج باولى	(٦)
إنريكو فرمى	(١١)	إرون شرودنجر	(٦)
فرنر هايزنبرج	(١٠)	ولهم رتجن	(٤)
ماكس بلانك	(٩)	روبرت ميليكان	(٣)
ديراك	(٩)	إرنست لورنس	(٣)
		رابى	(٣)

ساهم جميع هؤلاء الخمسة عشر في جعل تفهم الإنسان للذرة أعمق فأعق . وقد تركز اعتبار أينشتاين في الحالدين أساساً على نظريته الخاصة والعامة للنسبية ، فقد قضت النظرية الخاصة التي نشرت عام ١٩٠٥ ، وسن أينشتاين سنة وعشرون سنة ، على فكرة ثبوتية المادة والطاقة أى عدم تبدلها ، وكذلك الفضاء والزمن ، فأظهر أن المادة والطاقة يشتركان في تطابق في الشخصية راسخ في أعماقهما تعبر عنه المعادلة الشهيرة $E = mc^2$ (١) . والفضاء والزمن كلاهما أيضاً قابل للتحويل فيما بينهما وإن كان ذلك بكيفية أعوص وأخفى . وبعد ذلك بعشر سنوات حللت النظرية العامة للتناقل أو الجاذبية تحليلاً جديداً كل الجدة ، فلم تعد هي القوة النيوتونية الغامضة الخفية التي تؤثر عن بعد ، بل صارت نتيجة مباشرة لانحناء الفضاء . وهذا الانحناء بدوه ينتج عن وجود المادة في الكون .

وقد حصل تسعة من الواردة أسماؤهم في القائمة على جائزة نوبل لاستنباط وتوضيح خواص وسلوك جسم مفرد ذرى هو الإلكترون . وفي بواكير تسعينات القرن التاسع عشر افترض لورنتس وجود الإلكترون في إنشاء نظريته الكهربائية الشهيرة عن المادة ، وهي التي حوت ما ينم عن النسبية . واكتشف ج. ج. طومسن الإلكترون عام ١٨٩٧ . وأوضح أينشتاين عام ١٩٠٥ كيف يستطيع الضوء ابتعاث الإلكترون من السطوح المعدنية . وفي عام ١٩١٠ قاس مليكان مقدار شحنة الإلكترون ، وجعله بور يدور حول نواة الذرة عام ١٩١٣ . وأدرك باولى عام ١٩٢٥ أنه لا يوجد إلكترونات في الذرة يستطيعان التصرف بكيفية واحدة في سلوكهما . وابتكر هايزنبرج وشرودينجر وديراك فيما بين عامى ١٩٢٥ و ١٩٢٨ معادلات جديدة من أجل التنبؤ بسلوك الإلكترون .

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

وفيما بين عامي ١٩١١ و ١٩١٣ اكتشف رذرفورد أن للذرة نواة صغيرة جداً وكثيفة ، وفي عام ١٩١٩ حقق حلم الكيماويين الأقدمين بتناسخ العناصر أي تحول العنصر إلى عنصر آخر . وفي عام ١٩٢٦ أضاف فرمي (مع ديراك) فكراً جديدة عن السلوك الإحصائي للجسيمات الأولية ، وفي عام ١٩٣٤ ولد عناصر تسعة جديدة عن طريق القذف بالنيوترون . وفي عام ١٩٣٢ بنى لورنس (مع فنجستن) أول مسكوترون . وفي الثلاثينات قام رابي بعمل قياسات دقيقة للخواص المغناطيسية لنواة الذرة .

ومن الخمسة عشرة رجلاً لا يزال خمسة على قيد الحياة ، فبور في كوبنهاجن وعمره ٧٥ سنة ، وشروندجر بالنمسا الآن وعمره ٧٣ سنة ، وهايزنبرج وعمره ٥٩ سنة يدرس في ميونخ ، وديراك في كبردج وعمره ٥٨ سنة ، ورابي في نيويورك وعمره ٦٢ سنة ، وقد قصصنا عليك قصته فيما سبق .

الكيمائيون

خطت الكيمياء في هذا القرن خطوات تقدمية ملحوظة ، ولا سيما اكتشافها لكيفية اتصال الذرات بعضها ببعض لتكوين جزيئات — وبخاصة الجزيئات الطويلة السلسلة التي تشمل البلميرات^(١) ، الطبيعي منها والتخليق^(٢) .

والتقييمات الواردة فيما يلي تتبع ظهور جيل من شبان كيمائيين في العشرينات صيرت اكتشافاتهم الولايات المتحدة في طليعة القيادة في نظام بيده المفتاح الموصل إلى القدرة الصناعية الحديثة . ويبدو أن مستقبلنا في الكيمياء الأسف أقل سطوعاً وازدهاراً من ماضينا . فباستثناء الكيمياء الحيوية يبدو أن هناك ندرة من العقول الفتية التي من الطراز الأول بين الناشئين في الكيمياء الأمريكية . ولم ذلك ؟ يرى معظم الكيمائيين أن العلة الرئيسية للتأخر الكامنة في المناخ الاجتماعي والفكري بأمريكا ، الذي يسوده في اعتقادهم جو من عدم الترحيب بالعلوم وإعزازها كما ينبغي ، فالتميز من نظرتنا وإتجاهاتنا في هذا الصدد ، كما يقول أحد الصفوة المبرزين من الكيمائيين الأمريكيين ، فلا أظننا نستطيع البقاء .

(١) Polymers . مصطلح المركبات الكيميائية المتعددة الأجزاء أو المتضمنة جلة أصول .
(٢) Synthetic .