الفصل

4

السباق نحو التفاعل المتسلسل

انتشرت كلمة اكتشاف الانشطار النووي المتعارف عليها بسرعة فائقة عبر جمعية الفيزيائيين الدوليين المترابطة، حيث قام الفيزيائي الدانمركي نيلز بوهر العظيم بجلب أنباء إلى منتدى الحلقة الدراسية في جامعة برينستون من تلك الجامعة تم نقل برنامج إذاعي إلى محطة في جامعة كولومبيا إلى فيرمي إن اختراع الانشطار النووي هي حالة جديدة وغير متوقعة حتى أن فيرمي قد اخفق في الاختبارات التي أجراها بدقة، الاختبارات التي أهّلته بأن ينتزع جائزة نوبل.

اندفع الفيزيائيين في كل مكان ليدرسوا حالة الانشطار النووي لليورانيوم، شاهدوا في كل حصة دراسية مخصصة للعمل في المختبر تلو الأخرى، نبضات ضخمة

على عداداتهم وفي وجود مؤشرات تدل على نتائج الانشطار النووي وعناصر مختلفة جداً أدنى من اليورانيوم في جدول يتم فيه تدريب العناصر الكيميائية وفق التكوين الذري .

إن تفاعل الانشطار النووي مختلفة عن تلك التي تم ملاحظتها من قبل، ولم يكن هناك تحول بسيط من عنصر إلى آخر قريب من جدول لتدريب العناصر الكيمائية وفق التكوين الذري. أن اختراع الانشطار النووي هي الحدث الأكثر عنفاً، حيث يكون النيوترون مقتحما نواة اليورانيوم ويسبب له شق إلى قسمين، وبشكل هام جداً تطلق بعض النيوترونات إشعاعات.

مع دخول نيوترون عدد واحد وخروج اكثر من اثنان هو مفتاح الوصول إلى التفاعل المتسلسل وتؤدي هذه النيوترونات إلى عملية انشطار نووي آخر في المستقبل.

ظهر مفهوم التفاعل المتسلسل النووي لرجل مرموق الفيزيائي الهنغاري ليو زيلارد (1898 ـ 1964) في عام 1933. لقد ضمن أن نتروناً واحداً بإمكانه خلق تفاعل يطلق فيه نترونان. لم يكن يعلم بالإنشطار النووي ـ لم يكتشف بعد ـ لكنه تخيل وجود تفاعل آخر يعمل. قام بالواقع بأخذ رخصة، رخصة سرية عينها للبحرية البريطانية مغطياً مفهوم التفاعل المتسلسل النووي والمتفجرات المبنية عليه.

بصدفة رائعة، ذهب زيلارد من بريطانيا إلى الولايات

المتحدة وكان يعمل في جامعة كولومبيا عندما وصل فيرمي بعد سنة من ذلك. كان الاثنان مختلفين تماماً. كان فيرمي مجداً ومنظماً، لا يهتم كثيراً للتأمل الفلسفي، لا يزال ابن الطبقة المتوسطة، ابن مدير تنفيذي متوسط لسكة حديدية. كان زيلارد شخصاً غير ملتزم و«حالم نظري» لديه عادات عمل فاسدة وكان متواجد على الأكثر على مقعد حديقة ـ يفكر فقط ـ ونادراً ما يضطرب مما قد تتطلبه القوانين.

ليو زيلارد عالم هنغاري الأصل هاجر إلى بريطانيا ومن ثم إلى الولايات المتحدة. توصل عام 1933 أولاً إلى فكرة استخراج الطاقة من سلسلة تفاعلات للذرة والتي استهزأ بها الآخرون.

وبالرغم من ذلك، فقد لعبا دوران مكملان في الانطلاق من الحقيقة البسيطة للانشطار النووي وصولاً إلى أداة التفاعل المتسلسل. كما كان هناك زميل في العمل أقرب لفيرمي في طريقته وهو هربرت أندرسون، طالب متخرج. قام تحت إشراف فيرمي بإجراء الملاحظات الأولى. للانشطار في كولومبيا.

أضاف اعتباران الحماسة للجميع لفهم الانشطار. الأول وجود طاقة هائلة أساسية في الانشطار. غرام واحد فقط من

اليورانيوم 235 المنشطر كلياً ينتج طاقة تعادل 3 أطنان من الفحم أو 700 غالون من الوقود. الانشطار أكثر فعالية من الاحتراق الكيميائي العادي بملايين المرات، ولا يتضمن تغيرات في النواة، فقط إعادة ترتيب في الذرات.

انبثق أمر آخر في السياسة الدولية. بإمكان التفاعل المتسلسل صنع متفجرات قوية. لوحظ الانشطار أول مرة في ألمانيا وكانت ألمانيا في عام 1939 بلداً عدائياً جداً ابتلع النمسا وكان له مخططات حول تشيكوسلوفاكيا. وبالطبع، لم يرد الكثير من العلماء الذين قد فروا من ألمانيا بسبب سياساتها العنصرية عالماً يسيطر عليه أدولف هتلر الديكتاتوري الذي حكم ألمانيا.

بسبب هذا الأمر، حث زيلارد الفيزيائي لحدّ دوران المعلومات عن الانشطار النووي عاكساً سياستهم المعتادة في نشر المعلومات العلمية بسرعة ووضوح. ولاحقاً عام 1939، رتب زيلارد لالبرت أينشتاين أن يكتب رسالة إلى الرئيس فرانكلين ديلانو روزفلت محذراً فيها من احتمال ظهور أسلحة نووية فعالة جديدة. وقادت تلك الرسالة ببطء إلى تشكيل لجنة استشارية عن اليورانيوم وبالنهاية إلى مبلغ 6000 دولار لكولومبيا لمساندة أبحاث فيرمي. بالعودة إلى الماضي نرى كم كان مثيراً بطء التفاعل نسبة إلى الاحتمال الثوري للأسلحة النووية، حتى فيرمي أخذ إجازة صيف عام 1939 و1940 لالقاء المحاضرات في جامعة ميشيغان. ولكن فيرمي كان عالماً صافياً وقد

استهواه الانشطار النووي كظاهرة طبيعية فقط. لقد تجنب السياسة أو أي تطبيق عملي لأبحاثه. ولكن كالخبير الأبرز في العالم في فيزياء النترونات، تم جذبه إلى العمل التطبيقي لخلق المفاعلات النووية ومن ثم القنابل. لم يكن ذلك عملاً من اختياره. خلق تفاعل متسلسل لن يكون بالسهل بالرغم من أن التجارب ووجود لـ 2،5 نترون تقريباً ناتج عن كل انشطار. ولأمر ما، كان نظير اليورانيوم القابل للإنشطار نادراً.

إنّ لليورانيوم نظيرين أساسيين: يورانيوم ـ 235 ويورانيوم ـ 238. ولكلاهما 92 بروتون في نواتهما لكن النظير الأثقل وزناً 164 نترون أكثر بثلاثة نترونات من النظير الأخف. عن يورانيوم ـ 238 هو أكثر شيوعاً. في أية عينة طبيعية لليورانيوم هناك ذرات يورانيوم ـ 238 أكثر بـ 140 مرة من يورانيوم ـ 235. وبطريقة أخرى، اليورانيوم هو فقط 0،7 ٪ يورانيوم ـ 235. لكن الطبيعة كانت ضد فيرمي وكان تحدٍ آخر بأن كان للنظير 238 الأثقل قسم عبور كبير (أي نسبة مرتفعة) للإمساك بالنترونات السريعة الحركة. ومعنى ذلك أن بإمكان نظائر اليورانيوم ـ 238 تلك خطف النترونات السريعة الحركة الناتجة عن الانشطار. لكن فيرمي وزيلارد فكرا بطريقة للتغلب على هذه المشكلة: جعل اليورانيوم بشكل كتل صغيرة مع وجود مادة بين هذه الكتل التي بإمكانها تبطيء سرعة النترونات. يستدعي التفاعل المتسلسل إلى شيء كهذا. وبالطبع كان فيرمي على معرفة بكل شيء عن تبطيء

حركة النترونات، كان ذلك جزءاً كبيراً من بحثه الذي فاز بجائزة نوبل. كان يعلم أن بإمكان البارافين أو مادة مشابهة تقليل سرعة النترونات عن طريق التصاق مع عناصر خفيفة التي هي مصنوعة منها. إن النترونات المبطئة ليست كفيلة بأن تُمسك باليورانيوم ـ 238 وتكون النترونات البطيئة أكثر فعالية في إحداث انشطارات أخرى في اليورانيوم ـ 235. كان لا بد للكمية المزودة من النترونات بأن تحفظ حتى يكون هناك وسطياً نترون واحد على الأقل من كل جيل للبدء بالجيل القادم.

بيَّن فيرمي في معادلاته أن عامل إعادة التشكيل K أكثر من 1. اعتبر فيرمي الماء كوسيط محتمل ولكنه رفضه بسبب (كما قال لاحقاً) إنه فعال جداً في تبطيء النترونات ولكنه لا يزال يمتص القليل من كل منها وليس بوسعنا تحمل ذلك. قرر فيرمي وزيلارد أن يجربا الغرافيت (الشكل الأسود الطري للكربون الذي يطلقون عليه اسم «الرصاص» بشكل خاطيء).

لم يكن الكثير معروفاً عن خصائص الامتصاص للغرافيت ولكنه كان معروفاً بأنه لا يمتص بشكل كبير. ولقياس مدى امتصاص الغرافيت، لم يرد فيرمي استعمال عينة صغيرة والوصول إلى نتيجة بنسبة شك مرتفعة. وعوضاً عن ذلك قرر استعمال ما يسميه المهندس بالنموذج الأصلي الذي عن طريقه تعلم كيفية نجاح الموضوع بأكمله وإنّ ذلك ليعطي نتيجة مفهومة بشكل أكبر مركزة على الهدف الأساسي للتفاعل المتسلسل

بعامل إعادة تشكيل أكثر من 1. إنّ هذه التجارب التي بدأت في ربيع عام 1940 كانت كما تذكر فيرمي في سنوات لاحقة «أول مرة بدأت فيها التسلق على قمة أدواتي».

بدأ علم الفيزياء يصبح مؤسسة واسعة الانتشار. كدَّس فيرمي وأصحابه مكعبات من الغرافيت لتشكيل أعمدة مربعة من الغرافيت التي كانت أولها بإرتفاع ثمانية أقدام وبعرض 3 أقدام. كانوا يضعون رادون بيريليوم (عنصر إشعاعي غازي) وهو مصدر للنترونات في قاعدة «أكوام» الغرافيت هذه (فيرمي هو الذي أطلق هذا المصطلح) ومن ثم قياس كثافة النترونات في نقاط مختلفة على مدى ارتفاعه. عن كثافة النترون ـ المقاسة بواسطة النشاط الإشعاعي المحرض في رقائق الروديوم ـ ستهبط كلما ارتفعت بالعمود لأن النترونات قد أمتصت أو بعثرت على الأطراف. وكان بإمكان فيرمي حساب خصائص الغرافيت من هذه المعلومات. ثم أضافوا اليورانيوم لاحقاً ـ في كتل من أوكسيد اليورانيوم ـ الذي انتشر عبر هذه الأعوام.

كان ذلك بداية لعملية والتي ستقود إلى الكثير من هذه الأكوام وجعل فيرمي وفريقه مشغولين للسنوات الثلاثة القادمة. لقد تغلبوا على تحديات كبيرة: كان لا بد لنقاء الغرافيت بأن يحسن أكثر من أي شيء زودتنا به الصناعة الأميركية سابقاً. كان نقاء اليورانيوم موضوع مشابه وقام الكيميائيين في جامعة أيوا بتطوير أساليب لجعلها أفضل وأفضل. كان كلام زيلارد ثميناً جداً هنا «الحالم النظري»

جعل من ذلك عمله التطبيقي للعثور على مصادر أكثر وأنقى للمواد.

لقد نمَّى هذا الجهد بشكل أكبر بكثير بعدما فجر اليابانيون بيرل هاربر في 7 ديسمبر 1941 جاعلة الولايات المتحدة الأميركية تدخل الحرب العالمية الثانية. انضمت كلاً من ايطاليا وألمانيا لليابان جاعلاً فيرمي من ذلك «عدواً غريباً» (لم يكن قبل يوليو 1944 أن أصبحت عائلة فيرمي مواطنين أميركيين لأن عملية منح الجنسية تحتاج إلى خمسة أعوام). تولت الكثير من القوانين مراقبة سلوك الأعداء الغرباء. لم يكن بإمكانهم امتلاك آلات للتصوير أو مذياع. كما لم يكن بإمكان السفر بالطيران. وإذا قاموا برحلة خارج نطاق مجتمعهم كان عليهم توقيع تصريح مع وكيل المقاطعة في الولايات المتحدة قبل 7 أيام على الأقل من المغادرة. كان على فيرمي المرتبط بعمل هذه الحرب القاتلة وبالذهاب إلى شيكاغو أغلب الأحيان، أن يحصل على إذن لكل رحلة. لم يكن فيرمي بحياته شاكياً بل تحمل كل هذه الإجراءات البيروقراطية إلى أن أصبحت عبئاً شديداً ثم وجدت البيروقراطية طريقة لحصوله على إذن سفر دائم.

وبالنهاية (كان يوم كولومبوس عام 1942) فقد أمر الوكيل العام بأن الإيطاليين لم يعودوا أعداءً وتم رفع القوانين المغضبة.

في آذار عام 1942 أصبح العمل على التفاعل المتسلسل مثبتاً في جامعة شيكاغو في مشروع سري اسمه

Metallurgical Laboratory. قام فيرمي بنقل فريقه وأكوامه إلى شيكاغو ومتابعة المعركة للحصول على عامل إعادة تشكيل أكبر من 1.

في منتصف نوفمبر 1942 كانت المنصة معدة لبناء كومة بإمكانها تزويدنا بتفاعل متسلسل قائم بحد ذاته عامل إعادة التشكيل المطلوب .

وفي مكان غير متوقع ـ ملاعب السكواتش المتروكة تحت مدرج المدرسة لكرة القدم ـ تولد CP - 1 Chicago Pile number one على أيدي فريق فيرمي.

كان التركيب الاجمالي على شكل كرة مسحوقة قليلاً. بعرض 25 قدم وارتفاع 20 قدماً. قام أعضاء الفريق ـ بمساعدة طلاب مدرسة ثانوية ـ بالغي الضخامة بتكديس طبقة طبقة من 400 طن من الغرافيت المصنع، 40 طن من أوكسيد اليورانيوم و6 أطنان من معدن اليورانيوم. كان ذلك عملاً شاقاً وقد عملوا على مدى 12 ساعة لكل وردية.

زودت ثقوب في الغرافيت أقنية للقطع الخشبية المغطاة بالكاديوم الماص للنترونات، أول مفاعل ذو قضبان تحكّم في العالم. (استبدلت كلمة «أكوام» بالمصطلح «مفاعل» بعد عدة سنين).

أظهرت الاختبارات بأنه بإمكان هذا التركيب إنجاز K أكبر من 1. كان كبيراً بقدر كاف يحتمل ارتشاح النترونات على الجوانب كما احتوى على قدر كاف من اليورانيوم والغرافيت بنقاء كاف بشكل حاسم أو كما أظهرت حسابات فيرمي.

CP-1 أول مفاعل ذري في العالم في مرحلة البناء. الطبقة السطحية التي لم تنته بعد هي من الغرافيت فقط، الطبقة السفلى تحتوي على أوكسيد اليورانيوم.

تظهر الصورة في أعلى الكومة في مرحلة البناء. لم تنته الطبقة 19 والتي تحتوي على الغرافيت فقط، مظهرة أوكسيد اليورانيوم في الطبقة السفلية.

كان هنالك 22000 من كتل اليورانيوم تلك مضغوطة بمكبس يدوي. يقول آل واتنبرغ خريج جامعة كولومبيا والذي يعمل في فريق CP-1 وهو الآن بروفسور فخري

للفيزياء في جامعة ايلينويس «لقد كان عملاً شاقاً ولكنه مبهج للغاية. كنا نعلم أننا جزء من شيء عظيم وقد كان فيرمي قائداً عظيماً قائلاً بأننا جميعاً قد علمنا كيفية عمل الكومة. كان لدينا ثقة عمياء فيه».

وبالرغم من ذلك كانت تلك لا تزال أول صناعة للتفاعل المتسلسل النووي في التاريخ ولذلك كان لا بد لكل خطوة منطقيةً أن تؤخذ بتأكد النجاح. كانت إحدى الخطوات الغير اعتيادية هي إحاطة الكومة ببالون مكعب الشكل كخيمة كبيرة تقريباً. لدى الضرورة، كان يمكن للهواء أن يخرج وبذلك يُلغى امتصاص البروتون من النتروجين في الهواء. ثم بُرهن أن ذلك ليس ضرورياً ولكنه مثال جيد عن عبقرية فيرمي وفريقه.

بعد كل مناوبة، قاموا بقياس مستوى النترون في الكومة ونقلوا النتائج لفيرمي الذي كان الآن مشغولاً للغاية بالمهام الإدارية للانضمام في العمل ذاته. قام بحساب مدى قربهم إلى تفاعل متسلسل بحد ذاته إلى كومة تعطي عامل إعادة التشكيل مساوياً للقيمة 1 على الأقل.

مع حلول 30 نوفمبر وُضعت الطبقة 52 في مكانها، أظهرت حسابات فيرمي بأن هدفهم سيحقق بالوصول إلى الطبقة 56. وكعادته في الحذر، دعا لأن توضع طبقة إضافية رقم 57 في مكانها بحلول المناوبة الليلية في 1 ديسمبر. وقد جعل هربرت أندرسون يعده بمقاومة إغراء سحب قضبان التحكم وجعل التفاعل المتسلسل مؤكداً

تمت إضافة الطبقات وتم إغلاق قضبان التحكم كما أمر.

قام فيرمي بجمع الفريق صباح يوم الأربعاء 2 ديسمبر 1942. كان واثقاً بشكل كامل من استيعابه لكيفية عمل الكومة وكانت هنالك اجراءات أمنية للحماية ضد أية تأثيرات غير متوقعة. يسقط قضيب التحكم بشكل تلقائي في مكانه ومن ثم يغلق الكومة إذا وصلت كثافة النترون (المقاسة بواسطة عدادات الكترونية) إلى درجة عالية جداً.

وكدعم لذلك كان هناك قضيب أمان آخر مدعم بحبل يمكن قطعه بفأس مسبباً هبوط القضيب في الكومة. وأخيراً كان هناك أيضاً «فريق انتحاري» ثلاثة شبان من الفيزيائيين مجهزين بأباريق لامتصاص النترونات من كبريتات الكادميوم من أجل صبها فوق الكومة في حال حدوث اضطراب.

مع كل اجراءات الأمن باشر فيرمي بالعمل. أراد المتابعة بانتظام جلب الكومة إلى حالة مؤكدة. قام اولاً بإثبات أن كثافة النترون مع قضبان التحكم الموجودة في الداخل هي نفسها المقيسة من قبل أندرسون في الليلة السابقة. ومن ثم أمر جورج ويل الفيزيائي الشاب المسؤول عن تعديل قضيب التحكم من الكادميوم المتبقي بسحبه إلى الخارج إلى منتصفه. وكما كان متوقعاً، زادت كثافة النترون ومن ثم استوت.

كان بإمكان فيرمي التنبؤ بسير الأمور تماماً كما خطط لها من صوت العرادات لكنه لم يكن مسروراً حتى قام

بقياس مستوى النترون وحسب معدل نموه. ومن ثم حسب مدى قربهم من التأكد مستخدماً مسطرته المنزلقة تلك الأداة الذكية التي بإمكانها الضرب والقسمة وحساب اللوغاريتمات عن طريق تحريك قطعة في الوسط كالمسطرة بين قطعتين مثبتتين . كان بإمكانها القيام بكافة الحسابات الضرورية بين يدي فيرمي.

كان فيرمي راضياً عن تلك الأرقام فدعى ويل لسحب القضيب إلى الخارج بقدر ستة إنشات أخرى. ومن ثم تحقق بحذر من معدل الزيادة والكثافة التي استوت عندها. وبمزيد من حسابات المسطرة المنزلقة طلب فيرمي من ويل سحب القضيب مرة أخرى إلى الخارج بمعدل ستة إنشات كان كل شيء في مكانه المناسب وتبع ذلك سحب آخر ومجموعة حساباته وآخر من بعده. في كل مرة تصبح العدادات أسرع في المحافظة على كثافة النترون المتزايدة. ومن ثم تستوي على درجة سرعتها الجديدة العالية. كانت المعدلات مرتفعة جداً في ذلك الوقت لدرجة أن كان لبعض الأدوات أن تُعدَل لتغطية المدى الجديد. تحقق فيرمي بأن القراءات في المدى الجديد توافقت مع تلك السابقة. وبعد ذلك قام بتوجيه ويل لسحب القضيب إلى الخارج ستة إنشات أخرى.

ارتفعت درجة الكثافة ومن ثم سمع صوت تحطم فقد دُفع قضيب الأمان التلقائي داخل الثقب المخصص له كما كان مصمماً. وكعادته الهادئة وثقته بأن كل شيء كان يسير بشكل جيد. نادى فيرمي الجميع لأخذ استراحة الغذاء.

(أنا جائع! دعونا نتناول الغداء، [كما نقل عنه]) . لو كان باحث غيره لكان ألح في المتابعة متحمساً للحصول على تفاعل نووي متسلسل مؤكد بأقصى سرعة ممكنة. ولكن فيرمي كان على عكس ذلك. ولأمر آخر كونه إيطالياً تناول الغداء على الوقت هو تقليد في إيطاليا استمر معه في هجرته إلى الولايات المتحدة وبحث الحالات الطارئة للحرب. أدخلت قضبان التحكم مرة أخرى وأقفلت بمكانها وذهب الجميع لتناول الطعام وأياً كان على لائحة الطعام في ذلك اليوم كان مصحوباً بالتأكيد بحس كبير من الإشارة. كان الجميع يريد أن يكون هادئاً كفيرمي، خارجياً على الأقل . لكن كان ذلك نتيجة أشهر من العمل وأطناناً من اليورانيوم المضغوطة على شكل دوائر وقطع خشبية غير معدودة من الغرافيت القاتم المصنع والمسحب في مكانه. عاد كلٍ إلى عمله. ثم سحب قضيب الأمان وارتفعت كثافة النترون التي كان عليها الهبوط، أحضر ويل قضيب التحكم على مراحل معيداً إلى الموقع الذي كان فيه قبل الغداء.

كانت كثافة النترون مرتفعة بشكل كافٍ ليستطيع فيرمي تعقب أثر القلم الذي أظهر الكثافة أوتوماتيكياً على لوحة. كان بإمكان ذلك أن لا يكون ملائماً في كثافات منخفضة. استخرج فيرمي معنى من تلك اللوحة مع معالجة أخرى لمسطرته المنزلقة كان في ذلك الوقت على بعد مرحلة واحدة من المستوى المؤكد، كان على ويل فقط سحب قضيب التحكم بمقدار قدم واحدة أخرى.

لكن فيرمي قام بشيء قد يفاجيء الشخص العادي فقد قام بإدخال قضيب الأمان ثانية بشكل متعمد هذه المرة. اراد تخفيض الكثافة إلى قيمة منخفضة بحيث يستطيع تتبع ارتفاعها على مدى أعظم. ومن ثم بدأ ويل بسحب القضيب المتبقي بشكل أكبر من قبل 12 إنشات أخرى. عندها سُحب قضيب الأمان. في هذه المرة لم يكن هنالك أي استواء في المستوى.

تزايدت الكثافة أكثر فأكثر، كانت عينا فيرمي مثبتة على لوحة السجلات وليس على المسطرة المنزلقة التي تنطلق إلى الأمام والخلف. ومع ذلك لم يكن هناك أي استواء.

تذكر المراقبون كلمات فيرمي: «إن التفاعل مؤكد» كما تذكروا ابتسامته الواسعة. سمم فيرمي للكثافة بأن تنمو لـ 11 دقيقة وثم دعا لأن تُدخل القضبان ثانية وتُغلق .

كانت القوة العظمى التي وصل إليها نصف واط فقط ولكن من تلك البداية الضئيلة كان للبشرية مصدر فعال جديد للطاقة والدمار للاستعمال بشكل مفيد ـ أو للتفريط فيه.

حان وقت الاحتفال، وقد كان في تلك المناسبة فيزيائي هنغاري الأصل يوجين وينغر (1902 ـ 1995) الذي قد نافس فيرمي في استيعابه لنظرية الكومة كان قد أحضر زجاجة شراب إيطالية وقام الجميع بشربها في أكواب ورقية. كما قام معظمهم بتوقيع القشة التي هي

دفعة لزجاجة الشراب.

لم يكن هناك أي مرح صاخب. فبدا الذين كانوا حاضرين للكتابة عن تلك المناسبة وكأنهم يؤكدون السكون والوقار. كتب وينغر نفسه في ذكراه «انعكاسات وتناظر» Symmetries and Reflections لقد علمنا لبعض الوقت بأننا كنا على وشك إطلاق مارد ومع ذلك لم يكن بإمكاننا الهروب من شعور غريب لدى معرفتنا بأننا قد قمنا بذلك فعلاً مع نتائج بعيدة المنال (لم يكن باستطاعتنا التنبؤ بها).

كان أرثر كومبتون Arthur Compton رئيس Metallurgical Laboratory مسروراً بنقل الخبر برسالة من الرموز عن طريق الهاتف إلى جيمس كونانت James Conant رئيس الأبحاث المدني الأعلى في الحكومة بأن «الملاح الإيطالي قد وصل للتو إلى العالم الجديد».

كان عالماً جديداً، بقي نيوزيلارد الأول في ابتكار التفاعل المتسلسل بعدما ذهب الحشد، صافح فيرمي وقال بأنه قد اعتقد «سيمتد هذا اليوم كيوم أسود في تاريخ البشرية». كان هناك سبب لهذا القلق.

ظهرت هنالك أسلحة جديدة قريبة من الواقع. وقد صممت في ذلك الوقت تفاعلات فعالة بإمكانها انتاج البلوتونيوم لاستعمالها في القنابل الذرية. وكان على فيرمي لعب دور أساسي في تلك المرحلة أيضاً.

في الأسابيع التالية تابع فيرمي وفريقه جهودهم في

الحصول على مواد كافية أكثر نقاءً . كما وجدوا أيضاً بأن بإمكانها أن تكون أداة رائعة لدراسة سلوك النترونات لأنها تستطيع أن تزودنا بمصدر ثابت أكثر كثافة من أية مواد استعملوها سابقاً. ساعدهم في ذلك في عملهم الأساسي التالي: تصميم وبناء تفاعل جديد أكثر قوة في موقع معزول خارج شيكاغو. عمل هذا التفاعل CP-2 على مستوى قوة 100000 واط . أكثر من 0،5 واط الذي فعّل به فيرمي CP-1 في ذلك اليوم التاريخي. مع حلول نوفمبر 1943 كان هناك تفاعل يورانيوم ـ غرافيت «الهواء المبرد X-10» في مختبر آخر في Oke Ridge Tennessee .

قبل المتابعة في قصة اسهامات فيرمي لتطوير الأسلحة النووية هناك نقطتان هامتان باقيتان في مناقشتنا للتفاعلات. الأولى هي «لماذا التفاعلات سهلة التحكم؟ لماذا لا تنفجر... كالقنابل الذرية؟ « سؤال مهم ويكمن الجواب في حقيقة تأخر نسبة معينة من النترونات المنطلقة في الانشطار النووي. وبشكل محدد تخرج ثلاثة أرباع من نسبة النترونات في وقت يتراوح بين 1،5 إلى أكثر من 55،6 ثوان. لا تأتي هذه النترونات المأخرة مباشرة من إنشطار نواة اليورانيوم بل تأتي من عمليات اضمحلال أخرى في بعض منتجات الانشطار النووي. وهكذا تأتي الثلاثة أرباع للنسبة 0،0075 لتفاعل متسلسل للكومة من النترونات المؤخرة ويساعد ذلك في التحكم بالكومة.

وبالطبع إذا شُحن الكثير من وقود اليورانيوم داخل

الكومة وانتزعت قضبان التحكم إلى بعيد فبإمكانه أن يصبح خطيراً دون النترونات المؤخرة وتظهر حوادث المفاعل بهذا الشكل .

النقطة الأساسية الثانية هي أن إمساك النترون بواسطة النظير الثقيل يورانيوم 238 ـ يؤدي إلى تشكل نظير اليورانيوم 239 ـ . يخضع عندئذ إلى تناقص في النشاط الإشعاعي متحولاً إلى عنصر النبتونيوم متبوعاً باضمحلال آخر لبلوتونيوم 239 ـ وهو قابل للانشطار. وهكذا بإمكان التفاعلات إنتاج الطاقة بالإضافة إلى عنصر قابل للإنشطار النووي.

في الحرب العالمية الثانية، تابعت الولايات المتحدة طريقين للقنبلة الذرية. كانت الطريقة الأولى إنتاج البلوتونيوم في تفاعلات نووية. أما الإتجاه الثاني هو فصل نظائر اليورانيوم ـ 235 القابلة للإنشطار النووي عن نظائر ايلورانيوم ـ 238 الأكثر غزارة (لكنها ليست قابلة للإنصهار). ومع اضطرار الحرب تبعت الولايات المتحدة كلاً من الاتجاهين وقد نجح كلاهما ويعتبر ذلك انجازاً ملحوظاً.

وما هو هام بشكل كبير لذلك الانجاز هو رجل عسكري الجنرال الرئيسي Leslie R. Groves (1896-1970) في منتصف سبتمبر عام 1942 كان غروفز كولونيلاً وقتها مسؤولاً عن كامل مشروع القنبلة الذرية، وقد أطلق الرموز على Manhattan Engineering District. كان غروفز معتاداً على مشاريع كبيرة وقرارات شجاعة فقد كان رئيساً مساعداً في جميع عمليات بناء الجيش الأميركي كما

أشرف على بناء البنتاغون كان يعرف كيفية إعطاء الأوامر وإنجاز الأمور بسرعة. تحت قيادته المدنية، بدأ المشروع ببطء وكان موضوعاً للمراجعة تلو الأخرى. كان غروفز على استعداد لأخذ مجازفات كبيرة، ارتكاب الأخطاء وتجريب اتجاهات متعددة في سبيل المضي قدماً.

شعر الجنرال غروفز بقلق يقيده تجاه الأمن . فعندما أخذ إدارة مشروع القنبلة الذرية قام بإنشاء مقاييس جديدة لتأكيد سرية وأمن نخبة العلماء.

كان لهؤلاء النخبة من العلماء رموز تستخدم لدى سفرهم أو تعاملهم مع العالم الخارجي. أصبح الدكتور أنريكو فيرمي السيد يوجين فارمر، نايل بور أصبح نيكولاس بيكر، أما ويغنر فأصبح واغنر وهكذا.

(لم تكن أسماء مخادعة كما يبدو ولكن التفكير بسلامة مجموع العاملين تكون غامضة أحياناً) تحمل إحدى مقاطع أوراق فيرمي Ollected papers اسم إي. فارمر بصفته المؤلف.

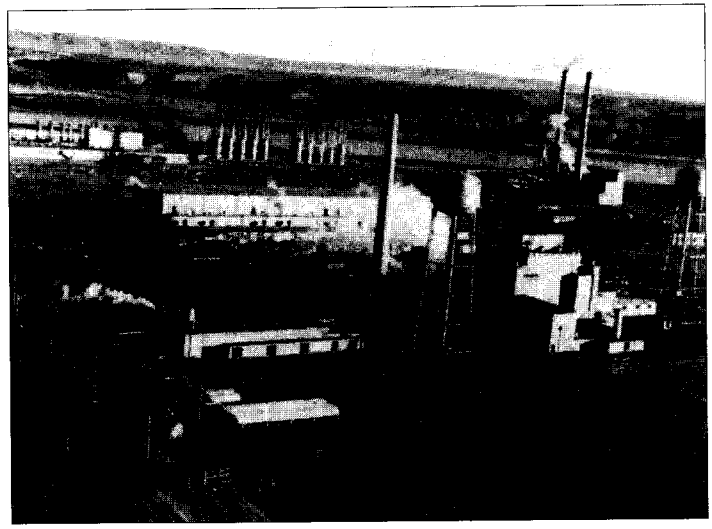
ولدى وصول السيدة فيرمي إلى لوس ألاموس لأول مرة سألها الجندي الذي قابلها عند محطة القطار: «هل أنت السيدة فارمر؟» فأجابت: «نعم أنا السيدة فيرمي» حيث قال الجندي برفق ولكن بنظرات مستنكرة «قيل لي أن أناديك بالسيدة فارمر».

كما كان لفيرمي حارس شخصي بدوام كامل في أوائل 1943. كان الحارس ـ وهو عضو في الاستخبارات العسكرية ـ ستة أقدام و200 باوند، شخص مبتهج خريج

حديث من مدرسة للحقوق واسمه جون بودينو. كان مرافق فيرمي الدائم منضماً إليه في جميع رحلاته بالسيارة إلى آرغون ورحلاته في القطار إلى هانفورد وأمكنة أخرى. كان بودينو وفيرمي أصدقاء بشكل جيد، كانوا يلعبون الورق في رحلات القطار تلك، كما ساعد بورينو فيرمي من وقت إلى آخر في المختبر عندما كان ذلك ملائماً، عندما انتقل فيرمي إلى لوس ألاموس، انتقل بودينو وزوجته وطفلته الصغيرة إلى هناك أيضاً. كان إلى جانب فيرمي حتى نهاية الحرب.

بأمر من غروفز، كان على فيرمي الامتناع عن السفر بالطائرات من أي نوع: الوقت المدخر لا يحتمل المجازفة.. الامتناع عن قيادة السيارة إلى أي مسافة ومن عدم وجود حماية مناسبة على أي طريق منفرد.

كما اقنع غروفز Du Pont Corporation الشركة الأميركية الضخمة للكيميائيات بافتراض مسؤولية بناء تفاعلات ضخمة في هانفورد، واشنطن. كان ذلك زيادة هائلة، فلم يعمل CP-1 أبداً بقوة أكثر من 200 واط وكانت تفاعلات الانتاج في هانفورد كلاً تعمل بمعدل 250 مليون واط. أصبحت الأمور الآن تميل إلى الكيمياء والهندسة أكثر من الفيزياء: كيف بإمكانهم تهدئة تفاعلات الميغا واط المتعددة تلك؟ كيف بإمكان الكيميائيين متابعة منتجات الانشطار النووي الاشعاعي الخطير واستخراج البلوتونيوم القابل للإنشطار من أجل نقاء أكبر ومعالجة مواد القنبلة؟



مجمع إنتاج البلوتونيوم الضخم على نهر كولومبيا في هانفورد واشنطن. كل محرك مبرد للحياة لديه 2004 ممسكة باليورانيوم المغطى بالألمنيوم.

وبدون مفاجأة، كان هنالك تعارض في الثقافات حيث كان للمهندسين والفيزيائيين مناهج مختلفة. إنّ المهندسين هم عمليين بشكل أكبر، جاهزين للتقدير والتعويض عن تلك التقديرات بعوامل آمنة، أما الفيزيائيين فهم أكثر اعتماداً على منهج مبني على النظرية فقط.

لكن كلا الفريقين كان مدركاً لضرورة ما كانوا يفعلون. اشتعلت الحرب بشكل حاد وكان بإمكان هذا المشروع المساعدة بفوزه. بالرغم من تلك الضرورة وجهود 42000 عامل بناء كان في سبتمبر 1944 قبل أن تصبح أول تفاعلات هانفورد خطيرة. لكنهم قاموا بالعمل، فقد نُقل البلوتونيوم للقنبلة الذرية الأولى في وقت الاختبار الأول لمثل هذا السلاح. كان اختباراً يلعب فيه فيرمي دوراً مثيراً.