٥٧٦
٧/٥/٥/٢٠١٠

علماء غيروا العالم

١

إنريكو فرمى والطاقة النووية

بقلم:
د. م. سمير محمود والى

دار المعارف
تأسست ١٨٩٠

رئيس مجلس الإدارة

د. حسن أبو طالب

كتب أطفال وناشئة

سلسلة علماء غيروا العالم

تم التنفيذ فى مطابع دار المعارف
- ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة -
جمهورية مصر العربية

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة المصرية العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

والى، سمير محمود.
إنريكو فرمى والطاقة النووية/ بقلم: سمير محمود والى. - ط١
- القاهرة: دار المعارف، ٢٠١٤.
٢٤ ص: ١٩,٥ سم. (علماء غيروا العالم؛١)
تدمك ٣ - ٨٠٢٩ - ٠٢ - ٩٧٧ - ٩٧٨.
١ - العلماء الإيطاليون.
٢ - فرمى، انريكو، ١٩٠١ - ١٩٥٤.
أ) العنوان

ديوى ٩٢٥

رقم الإيداع ٢٣٦٦٦ / ٢٠١٤ ٢٦/ ٢٠١١/ ٧

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة كانت
إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من دار المعارف

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج. م. ع.
هاتف: ٢٥٧٧٧٠٧٧ – فاكس: ٢٥٧٤٤٩٩٩ E-mail: maaref@idsc.net.eg

أنريكو فرمى فى سطور:

* وُلِدَ «فرمى» فى رومَا فى ٢٩ سبتمبر عام ١٩٠١م.
* فى ٢ ديسمبر عام ١٩٤٢م وفى ساحهِ الألعابِ الرِّياضيةِ الملحقةِ بجامعة شيكاجو قام «فرمى» بتصميمِ وتشغيلِ أوَّل مفاعلٍ نووىٍّ فى التَّاريخ.
* قامتْ الولاياتُ المتحدةُ ببناءِ اكبر مدينةِ لأبحاثِ الطَّاقةِ النَّوويةِ «لوس ألاموس» فى ولاية نيو مكسيكو حيثُ قامَ فرمى بتطويرِ المفاعلاتِ النَّوويةِ.
* تُوُفِى فى ٢٨ نوفمبر ١٩٥٤م.

من أقواله:

* منذُ نعومهِ أظافِرى وأناَ مغرمٌ بالفيزياء والرِّياضياتِ.
* قمتُ بتصنيعِ جهازِ الجيروسكوب الذَّى يُستخدمُ فى توجيهِ الطَّائرات والصَّواريخ.
* حصلتُ على شهادةِ الدُّكتوراه وعُينتُ فى منصب أُنشئ لأول مرةٍ من أجلى وأنا فى الرَّابعةِ والعشرين.
* حصلتُ على جائزةِ نوبل عام ١٩٣٨م لبحثى المتميزِ عن موادَّ جديدةٍ مُشعَّةٍ.

المواد الخام النووية

إنَّ المعجـزاتِ الإلهيَّة أكبرُ بكثيرٍ من أن تسـتوعبَها العقولُ البشريَّةُ حتَّى الآنَ رغْم التَّطور العلميِّ والتكنولوجيِّ الَّذى أحرزَه الإنسَـانُ، ففى خَلـق البحَارِ والمحيطَاتِ معجـزاتٌ كثيرةٌ، وفى خَلق البـرقِ والرَّعدِ معجزةٌ، فى خلقِ المـدِّ والجزرِ معجزةٌ، أمَّا فى خلقِ الجبَالِ أكبرُ معجـزةٍ... نعمْ فى خلقِ الجبَالِ وصخورِهَا معجـزةٌ كبيرةٌ، فمـن هذهِ الصُّخورِ اسـتخرجَ الانسَـانِ المعادنَ الفلزيَّةَ واللافلزيَّةَ على اختلافِ انواعِها واستخداماتِها، فالبترولُ – علَى سبيلِ المثَالِ – تمَّ اكتشافهُ منذُ الَافِ السِّنين على أنَّه ذلكَ السَّـائل الأسودُ الَّذى يندفعُ من باطنِ الأرضِ، وكانَ الانسانُ الأوَّل يسـتخدمُه كدهانٍ علَى مفاصِله للعلاجِ مـن الآلام الروماتيزميَّة، ولمْ تعرفْ البشـريَّة اسـتخدامَه كوقودٍ إلَّا فى القرنِ التَّاسع عشر الميلاديِّ وكذلكَ الحالُ بالنِّسـبةِ إلىَ عنصُرِ اليورانيوم الَّذى ظلَّتْ البشـريَّة تسـتخدمُه لتلوينِ الزُّجاج باللَّون الأصفَـر، ولمْ يكنْ لَه استخدامٌ آخر سـوىَ ذلكَ، والمعروفُ أنَّ عنْصر اليورانيوم يوجدُ فـى الطَّبيعة فى بعـضِ أنواعِ الصُّخور ذاتِ اللـونِ الأصفَر، وعلَى

الرغـم منْ أنَّ عنصـرَ اليورانيوم موجودٌ فـى الأرضِ منذُ خَلْقِهَا، إلَّا أنَّـه لمْ يُكتشـفْ علميًّا إلَّا فـى عَام ١٧٩٨ بواسـطةِ العَالِم م. كلابروث «M.Klaproth» واليورانيوم عنصرٌ ثقيلٌ من حيثُ الوزنِ؛ حيـثُ تبلغُ كثافتُه ١٩,٠٥ جرام لكلِّ سـنتيمترٍ مُكعَّب، وبذلكَ يكونُ أقلَّ قليلًا من كثافةِ الذَّهبِ الَّتى تبلغ ١٩,٣ جرامٍ لكلِّ سنتيمترٍ مكعبٍ.

ينصهـرُ اليورَانيوم عندَ درجةِ حـرارةِ ١١٣٣ درجةً مئويَّةً، وفى منجـم اليورانيوم يتمُّ طحنُ الخَام، ثُمَّ يُعالج كيميائيًّا لزيادةِ نسـبةِ تركيـزِه فى الخَامِ مـن ٠,٥٪ الى ٧٠٪ وفى هـذِه الحَالةِ يعُـرفُ بإسـمِ «الكعْكة الصَّفراء» أو مَا يعُرفُ علميًّا باسـمِ «مركز خامِ اليورانيوم».

ظـلَّ اليورانيومُ عبرَ التَّاريخ عنصُـرًا قليلَ الأهميَّة، حيثُ إنَّه كانَ مجردَ عنصرٍ يُستخدمُ فى تلوينِ الزُّجاجِ باللَّون الأصفَر إلى أن قامَ العالِمُ «تشادويك» عام ١٩٣٣ باكتشافِ النِّيوترون.

- النِّيوتـرون هوَ جُسـيْمٌ متعادلٌ كهربائيًّا يوجـدُ داخلَ نوَاةِ الذَّرةِ، وطبقًا لتصوُّر العالِمِ «بوهر» فإنَّ الذَّرة تتكونُ من إلكترونَاتٍ

سالبةِ الشُّحنةِ الكهربائيَّةِ تدورُ حولَ النُّواة الَّتى تحتوى علَى بروتونَات مُوجبَةِ الشُّحنة الكهربائيَّة ونيوترونات متعَادلة كهربائيًّا. ويُعتبرُ اكتشافُ النّيوترون حدثًا علميًّا جليلًا، لأنَّه جعلَ كثيرًا من النَّظرياتِ العلميَّة لعلمَاء كثيرينَ ليستْ مُجردَ نظرياتٍ علميَّة وبحوثٍ علَى الورقِ، بلْ أصبحتْ قابلةً للتَّطبيقِ العمليِّ مثلِ قانونِ النِّسبية لأينشتين الَّذى وضعه عام ١٩٠٥، كمَا مكَّن مجموعةً من العلمَاء أمثال «مينز» و«هان» من اكتشافِ عمليَّة الانشطارِ النَّوويِّ المُتسلْسلِ عَام ١٩٣٩. وفى هذه الفترةِ من الزمَانِ عرفَ العَالمُ أن قذفَ العنَاصر بالنيوترونِ يُمكن أنْ ينتجَ عنهُ نظَائر مشعةٌ، ذلكَ انَّ النَّظيرَ المُشعَّ لأى معدنٍ يَحتوى علَى نفسِ العددِ من الإلكترونَاتِ والبروتوناتِ، ولكنَّه يختلفُ فى عددِ النيوتروناتِ بداخلِه، وعرفَ أنَّ عنصرَ اليورانيوم له ١٢ نظيرًا مشعًّا أشهرُها اليورانيوم ٢٣٥ القابلُ للانشطارِ واليورانيوم ٢٣٨ غيرُ القابلِ للانشطارِ.

فالوقودُ النَّووى لابدَّ أن يحتوىَ علَى عنصرٍ قابلٍ للانشَطارِ. والعناصرُ القابلةُ للانشطَار والَّتى تدخلُ فى تصنيعِ الوقودِ النَّووى

هى اثنانِ من نظَائر اليورانيوم، وهمَا اليورانيوم ٢٣٣ واليورانيوم ٢٣٥، واثنـانِ من نظائر البلوتونيوم ٢٣٩ الَّذى تحتوى نواةُ ذرتِه علَى ١٤٥ نيوترونًا و ٩٤ بروتونًا (لاحظْ أن مجموعهمَا ٢٣٩).

وعنصـرُ البلوتونيـوم تمَّ اكتشـافُه عام ١٩٤٠ بواسـطةِ العالِم سيبورج «G.Seabrg» وهوَ عنصرٌ ثقيلٌ تبلغُ كثافتُه ١٦ جرامًا لـكلِّ سـنتيمترٍ مكعَّب (أى ضِعْف كثافةِ الحديـدِ) ولهُ ١١ نظيرًا مُشعًّا منها اثنانِ فقطْ قابلانِ للانشطارِ.

ومن المعروف أنَّه لا توجدُ فى الطَّبيعةِ مُركَّباتٌ نوويَّةٌ سـوىَ مركباتِ عنصرِ اليورانيوم ومركباتِ عُنصر الثُّوريوم.

وعنصـرُ «الثُّوريوم» تمَّ اكتشـافُه عَـام ١٨٢٩ بواسـطةِ العالِم ج.برازيليـوس «J. Berzelius» (إنَّه أثقـلُ قليلاً من الفضَّة) ولهُ ٩ نظائرَ مشـعةٍ. وإذا تعرضَ لإشعاعاتِ اليورانيوم ٢٣٥ فإنَّه يتحولُ إلى يورانيوم ٢٣٣ القابلِ للانشطَارِ.

الانشطارُ النوويُ المتسلسلُ

المفاعِـلاتُ النَّوويَّةُ هـىَ معداتٌ لإنتَاجِ الطَّاقـة الحراريَّة منَ الوقودِ النَّووىِّ عن طريقِ الانشـطارِ النووىِّ المتسلسـلِ، ولكنْ مَا

هوَ الانشطارُ النوويُّ المتسلسلُ؟ كيفَ يمْكن شطرُ نواةِ اليورانيوم ٢٣٥ القابل للانشطارِ؟ ولمَاذا نشطرُها؟!

نعـودُ إلىَ البدايـةِ فى عَـام ١٨٩٧ م، حيثُ اكتشـفَ العالِمُ الانجليزيُّ ج. طومسـون جُسيْمَ الإلكترونِ وذلكَ فى معَامل جامعةِ كمبريدج الإنجليزيَّة، وبعدَها بفترةٍ، وفى عَام ١٩٢٢م حازَ العالِمُ نيلز بوهر على جائزةِ نوبل فى الطَّبيعةِ لوضعِه تصوُّرًا عن تكوينِ الذَّرةِ، ثمَّ جاءَ العالِمُ تشـادويك عام ١٩٣٢ ليكتشـفَ النِّيوترون، وبذلكَ تكتملُ الصُّورةُ العلميَّةُ لتكوينِ الذَّرةِ.

وقد كانَ العالِمُ البرت اينشتين قد وضعَ عام ١٩٠٥ معادلتَه الشهيرةَ $E = mc^2$ الَّتى توضِّح أنَّ الطاقةَ والمادةَ شيءٌ واحدٌ، وإذَا أمكن تحويلُ المَادةِ إلىَ طاقةٍ فإنَّ هذهِ الطَّاقةَ النَّاتجةَ سوفَ تسَاوى كتلَة المادةِ مضروبةً فى مربعِ سرعةِ الضَّوءِ. وسرعةُ الضَّوء مقدارُها هائلٌ للغايةِ فهىَ تسَاوى 3×10^{8} كيلومترٍ فى الثَّانيةِ أى أنَّ مربَعها سيكونُ 9×10^{16} أى تسعة وأمامَها ١٦ صفرًا.

وقدْ أثار هذَا الرَّقم خيالَ العلماءِ وتمنَّى كلٌّ منهم لَوْ يسـتطيعُ أنْ يحـوِّل المادةَ إلى طاقةٍ ليحلَّ أزمةَ الطَّاقةِ فى العَالمِ.... وكانتْ

بدايةُ الحلِّ هيَ محاولةَ شطرِ نواةِ أى عُنصرٍ قَابلٍ للانشطارِ... ومبدئيًا تمَّ اختيارُ اليورانيوم ٢٣٥ القابلِ للانْشطارِ، لمحاولةِ شَطْرِ نواتِهِ وتحريرِ الطَّاقة الهَائلةِ الكامنةِ فى نواتِه والَّتى تربطُ أجزاءَ النواةِ بعضِها ببعض.

وانتهىَ العلماءُ إلىَ أنَّ النيوتروناتِ فقط هيَ الَّتى يمكنُها القيامَ بعمليَّة انشطارِ نواةِ اليورانيوم ٢٣٥ عن طريق قذفِ النُّواةِ بنيوتروناتٍ سريعةٍ، ولكنْ كلمةَ «سريعة» هيَ كلمةٌ عامةٌ لا تحدِّدُ السرعةَ بالضَّبطِ، فقد أمضىَ العلماءُ سنواتٍ طويلةً حتَّى توصَّلوا إلىَ السُّرعةِ المتوسطةِ للنيوتروناتِ الَّتى تكفى لانشطارِ ١٪ فقط من اليورانيوم ٢٣٥ القابلِ للانشطَار، والموجودِ داخلَ الوقودِ النَّوويِّ، وكانتْ هذه السُّرعةُ هى ٢٠٠٠ كيلومترٍ فى الثَّانيةِ الواحدةِ. أمَّا حُلْم العلمَاء الَّذى لمْ يتحقَّقْ حتَّى الآن فهوَ زيادةُ سرعةِ النيوتروناتِ لِتصلَ إلىَ ٤٠ ألف كيلومترٍ فى الثَّانية الواحدةِ، وهذهِ السُّرعةِ هيَ تقريباً نفسُ سرعةِ تحريرِ النيوتروناتِ من النَّواةِ عندَ شطرِهَا، وإذَا تحقَّقَ هذا الحُلْمُ فسوفَ تحدثُ معجزةٌ علميَّةٌ بكلِّ المقَاييس، سوفَ نتحدَّث عنهَا فيمَا بعدُ.

وتتلخَّصُ عمليَّة الانْشطارِ النَّوويِّ المتسلسلِ في أنَّه عندَ اصطدام نيوترون بنواةِ ذرةِ اليورانيوم القابلِ للانْشطارِ بالسُّرعةِ المطلوبةِ فإنَّ هذهِ النواةَ سوفَ تنشطرُ إلىَ أجزاء، وعندَ حدوثِ هذَا الانْشطارِ فإنَّ الطَّاقةَ الهائلةَ الَّتى تربطُ أجزاءَ النُّواة ببعضها البعضِ سوفَ تُصبحُ حرَّةً وتنطلقُ هذه الطَّاقةُ علىَ صورٍ مختلفةٍ كحرارةٍ وضوءٍ وموجاتٍ كهرومغنطيسيَّةٍ وخلافِه.

وفى المتوسِّطِ فإنَّ كلَّ أربعةَ نيوتروناتٍ عندمَا تصطدمُ بأربع نويَات لأربع ذراتٍ من مادةِ اليورانيوم ٢٣٥ القابلِ للانْشطارِ والموْجود داخلَ الوقودِ النوويِّ فإنَّه ينَتجُ منْ هذاَ الانْشطارِ - بالإضافةِ إلىَ الطَّاقة الهائلةِ - عشرةُ نيوتروناتٍ اخرىَ منطلقةً بسرعةٍ فائقةٍ كنَاتجٍ لكلِّ نيوترونٍ - يصَطدُم بنواةٍ.

وهذهِ النيوتروناتُ العشرةُ ذَاتُ السُّرعةِ العاليةِ النَّاتجة من أول انشطارٍ، تصطَدمُ هيَ الاخرىَ بدورها - نظريًّا - بعشرةِ نويات لعشرِ ذراتٍ اخرَى من مَادة اليورانيوم القَابل للانْشطَارِ فتحدثُ عشرةُ انشطَاراتٍ اخرىَ جديدةٌ تنتجُ عنهَا طاقةٌ اضافيَّة هائلةٌ، كمَا ينَتجُ عنهَا ايضا ٢٥ نيترونًا جديدًا مُنطلقًا بسرعةٍ فائقةٍ تقَومُ

بدورِهَا لعملِ ٢٥ انشْطارًا جديدًا... وهكذَا، وبالطَّبعِ فإنَّ هذَا أمرٌ خطيرٌ، حيثُ إنَّ الانْشطَاراتِ النوويَّةَ أصبحتْ مُتسلسلةً، ويمكنُ أن تزيدَ درجةُ الحرَارةِ إلىَ مستويَاتٍ خطيرةٍ لا يمكنُ التَّحكُّمُ فيهَا فتحدثُ أضرارٌ بالغةٌ، لِذَا يجبُ كبْح جماحِ هذهِ الانْشطاراتِ المُتسلْسلِة وإيقافِهَا عندَ حدٍّ معيَّن يَكْفلُ تَحقيق الفائدةِ الموجودةِ منهَا دونَ أن تتعدَّى هذَا الحدِّ إلىَ الدَّرجةِ التَّى تُحْدِثُ أضْرارًا. ولكَى تتمُّ عمليَّةُ كبحِ جماحِ هذِه التَّفاعلاتِ النَّوويَّةِ المُتسلسلةِ، فإنَّه يَلْزم استخدَامُ عمليتيْنِ متزامنتيْنِ وهمَا التَّبريدُ والتَّلطيفُ.

والتَّبريدُ: عمليَّةٌ معروفةٌ تماماً وتتمُّ من خلالِ سريَانِ سائلِ التَّبريدِ فيَ دائرةٍ مُغلقةٍ بينَ قلبِ المُفاعل وبينَ بُرْجِ التَّبريدِ، حيثُ يمتصُّ هذَا السَّائلُ الحرارةَ من قلبِ المُفاعلِ، ثُمَّ يُعادُ ضخُّه بواسطةِ مضخَّةِ تبريدٍ ليصلَ إلىَ برجِ التَّبريدِ، ولعلَّ شكلَ أبراجِ التَّبريدِ هوَ الَّذى يُميِّزُ المحطَّاتِ النَّوويَّة، وبرجُ التَّبريد يسمحُ لسَائلِ التَّبريد بأن يطردَ الحرارةَ الكامنةَ فيهِ إلىَ الجوِّ المحيطِ ببرجِ التَّبريدِ، وبذلكَ يبردُ السَّائلُ ثمَّ يُعادُ ضخُّه مرةً أخرىَ باردًا إلى قلبِ المُفاعِل ليُعاد امتصاصُ الحرارةِ منهُ مرةً اخرىَ، ثمَّ يُضخُّ

إلىَ برجِ التَّبريد مرةً اخرىَ.... وهكذَا.

أمَّـا عمليَّةُ التَّلطيفِ: فتعتمدُ علَى امتصَاصِ النيوتروناتِ ذاتِ الطَّاقـة العاليةِ والنَّاتجة عـنْ أى عمليَّةِ انشـطارٍ بحيثُ تمنعُها مـن اتمـام مزيدٍ من الانشـطَاراتِ إلَّا بالقدرِ المسـموحِ بهِ. وتتمُّ هـذهِ العمليَّة عن طريـقِ خلطِ الوقودِ النَّوويِّ بنسـبةٍ محدودةٍ من اليورانيوم ٢٣٨ غيرِ القابلِ للانشطَارِ.

إنريكو فرمي

فـى خريفِ ١٩٤٢ وفى سَـاحة الألعـابِ الرِّياضيَّـة الملحقةِ بجَامعة شـيكاجو الأمريكيَّة، شهدَتْ البشريَّةُ حدثًا علميًّا جليلًا غيَّر التَّاريخَ الإنسانىَّ إلىَ الأبدِ، فقدْ نجحَ إنريكو فرمى «Enrico Fermi» ومساعدُه زين «W.Zinn» فى تشغيلِ أوَّل مُفاعلٍ نووىٍّ بدائى فى التَّاريخ.

وُلـدَ إنريكو فرمى فـى روما بإيطاليا فى ٢٩ سـبتمبر من عام ١٩٠١، والدُه كانَ «البرتو فرمي» الَّذى عملَ رئيسًا لمفتِّشى وزارةِ الاتْصالاتِ، والدتهُ كانتْ تُدعى «إيدا دى جاتيس».

وكانَ إنريكو مُغْرَما منذُ نعومَةِ أظافرِه بالفيزيَاء والرِّياضيات،

وكانَ يشاركُه اخوهُ «جوليو» نفسَ الاهتمامَاتِ، ولكن جوليو ماتَ فجأةً من جراءِ خُرَّاجٍ فى حلقِه، ذُهِلَ انريكو للحادثِ وأخذَ يُلْهى نفسَه بأن انغمسَ فى الدِّراسة العلميَّة، وطبقًا لأقوالِ إنَّريكو فإنَّهُ كَانَ يتجوَّل يوميًّا أمامَ المستشفىَ الَّذى تُوفِىَ فيهِ أخوهُ حتَّى تعوَّد علَى الألمِ النَّفسِّى. بعدَ ذلكَ اتَّخذَ إنريكــو صديقاً اخرَ لَه مغرمًا بالموضوعَات العلميَّة، وكانَ اسمُه «انريكو بريسكو». وانغمسَا سويًّا فى عملِ بعضَ المشروعَاتِ العلميَّة مثل إنشَاء جهَاز جيروسكوب (وهوَ جَهازُ يستخدمُ فــى توجيهِ الطَّائــراتِ والصَّواريخ) أو فى أعمَالٍ لقيَاسِ المجَالِ المغناطيسىِّ للكرةِ الأرضيَّة، وقد شجَّعه أكثر للمُضىِّ فى الطَّريقِ العلمىِّ صديقٌ لوالدِه، حيثُ أهدَاه مجموعةً من الكتبِ العلميَّة عن الفيزياء والرياضة فقرأهَا واستوعبهَا جيِّدًا.

اســتكملَ انريكــو دراســتَه الجامعيَّة، ثمَّ حصــلَ علَى درجةِ الدكتــوراه من إحدَى الجامعاتِ فى مدينةِ بيزا، ولكى يدخلَ هذهِ الجامعةَ اجتازَ امتحانــاً للقبولِ بهَا، وتضمَّنَ هذَا الامتحَانُ بحثاً علميًّا، وكانَ إنريكو مَا يزالُ فى السَّــابعةَ عشــرةَ من عمرِه، وكانَ هذَا البحثُ فِى موضوعٍ صعبٍ للغايةِ يتعلَّق بحلِّ واسْتنباطِ معادلةٍ

شهيرةٍ للعالِم فورير «Fourier» باستخدَام المعادلاتِ التفاضليَّة الجزئيَّة، والَّذى يشرحُ حركةَ الأمواجِ فى خيطٍ مشْدودٍ، والغريبُ فى الأمرِ أنَّ لجنةَ امتحانِ القبولِ فَى الجَامعة قالتْ إن بحثَه يصلُحُ موضوعاً للدكتوراه. وفَى الجَامعةِ تكوَّنتْ صداقةٌ علميَّةٌ بينَه وبينَ زميلٍ لَه اسمُه «فرانكو رازيتى»، وفيمَا بعدُ أصبَح رازيتى وَاحدًا من أصدقائِه المقرَّبين بلْ وشريكًا لهُ فى عملِه.

سجَّل إنريكو نفسَه لدرجةِ الدُّكتوراه فَى الجامعةِ تحتَ إشرافِ البروفيسور «لويجى باتشيانتى»، وحصلَ عليهَا ثمَّ عُينَ فى منصبٍ أُنشِئَ للمرةِ الأولىَ فى إيطاليَا من أجلِه خصِّيصا، وهوَ منصبُ أستَاذ للفيزيَاء النَّظريَّة بمعهدِ الفيزيَاء، وهوَ مَا يزَال فى الرَّابعةِ والعشرينَ من عمرِه. وعقبْ توليهِ هذَا المنصبَ بدأَ عميدُ المعهدِ البروفيسور «أورسا مارياكوربينو» «Orsa Maria Corbino» فى مساعدتِه لتكوينِ فريقِ عملٍ من ألمَع العقولِ بالمعهدِ مثَال «الورودو أمالدي» و «فرانكو رازيتى» وغيرِهمَا، وشرعَ فريقُ العمَلِ فى عملِ تجاربَ وابحاثٍ مهمةٍ شَاركتْ فى الحصولِ علَى نتَائج عمليَّةٍ ونظريَّةٍ غَاية فى الأهميَّةِ لعلمِ الفيزيَاء

مثل: إحصَائيات فرمى ديراك، ونظريَّة اضْمحلال جزيئاتِ بيتا، واكتشَاف النيوتروناتِ البَطيئة، وكلُّ هذهِ الموضوعَاتِ تُعتبرُ موضوعَاتٍ محوريَّةً فى عملِ أى مفاعلٍ نَووىٍّ.

قامَ هذَا الفريقُ بأهَم وأخطَر تجاربَ فى هذَا المجالِ، وهىَ مجموعةٌ منَ التَّجارب المنُظَّمة والمتتاليةِ لقذفِ مختلفِ العنَاصر بالنيوتروناتِ (هذهِ التَّجاربُ هىَ أساسَ تكوينِ النَّظائر المشعَّة، وهىَ أيضًا أساسُ عمليَّة الانشطَارِ النَّوويِّ المُتسلسلِ) ولكنَّه أثناءَ قذفه لليورانيوم بالنيوترونات، لمْ يلاحِظْ عمليَّة الانْشطارِ النَّووىَّ الَّتى حدثتْ فى ذلكَ الوقتِ. كانَ يعتقدُ بأن عمليَّة الانْشطارِ النَّوويِّ غيرُ مُحتمَلةٍ، إنْ لمْ تكنْ مستحيلةً، بناءً علَى دراساتٍ نظريَّةٍ، حيثُ كانَ العلمَاءُ ينظُرون إلىَ عمليَّةِ قذفِ الموَاد الخفيفةِ بالنيوتروناتِ على أنها سوفَ تُمكنُهم من الحصولِ علَى موادَّ ثقيلةٍ، أى أنَّ الحُلْمَ العربىَّ القديمَ «وهوَ تحويلُ المعدَنِ الخسيسِ إلىَ معدنٍ نفيسٍ» كانَ فى ذاكرتِهم وكانَ يوجِّه أعمالَهم، ولمْ يكنْ فى حسبانِهم، فِى ذلكَ الوقتِ، أنَّ النيوتروناتِ ستكونُ لهَا الطَّاقة الكافيَّة لشطرِ نواةِ عنصُرٍ ثقيلٍ وتحولُهَا إلى أجزَاء من عنصرٍ خفيفٍ.

ولكنْ العالِمَ «إيرا نـوداك» "Ira Noddack" انتقدَ فى ذلكَ الوقتِ تجاربَ مجموعةِ «فرمى» قائلاً: إنَّ تجاربَ «فرمى» يمكنُها إنتـاجُ عنَاصر خفيفةٍ، لكن «فرمى» صرفَ النَّظرَ عن تلكَ الفرضيَّة علَى أساسِ أن حساباتِه ترفضُ ذلكَ.

وقد تكرَّرَ هذَا الموضوعُ عندمَا نشـرَ «فرمى» هذِه الأبحاثَ فى إحدَى الدَّورياتِ العلميَّة حيثُ علَّق النَّاشر علَى ابحاثِه قائلًا إنها تتضمَّـنُ تصوراتٍ بعيدةً جدًّا عنَ الواقعِ. وقدْ ردَّ «فرمى» علَى هذِه الانتقاداتِ بقولِه: لا تكنْ الأوَّل أبداً، بلْ حَاولْ أن تكونَ الثَّانى.

ظلَّ «فرمى» فى رومَـا حتَّى عَام ١٩٣٨ حتَّى حصلَ علَى جائزةِ نوبـل فِى ذلكَ العَـام لأنَّه«برهنَ علَى وجودِ موادَّ جديدةٍ مُشـعَّةٍ نَتجتْ عن اشعاعَاتِ النيوترونات، ولاكتشافِه المتعلقِ بالتَّفاعلاتِ النَّوويَّـةِ نتيجةَ النيوترونَـاتِ البطيئةِ»، وفِى نفـسِ العَام وإثرَ تسلُّمِه جائزة نوبل فى استوكهولم معَ زوجته لورا كابون «Lura Capon»، أقـرَّتْ الحكومةُ الإيطاليَّةُ الفاشـيَّةُ فى ذلكَ الوقتِ، قانوناً لمعَاداةِ السَّاميَّةِ ولمَّا كانتْ زوجة «فرمى» يهوديَّةَ الدِّيانةِ، فقدْ هاجرَ مع زوجتِـه وأولادِه إلىَ الولاياتِ المتَّحدةِ الأمريكيَّة،

وبمجردِ وصولهِ إلـى مدينةِ نيويورك التحـقَ بالعمِل فى جامعةِ كولومبيـا الأمريكيَّةِ، وفـى جامعةِ كولومبيا، اسـتطاعَ «فرمى» تنفيذَ أوَّل انْشـطارٍ نووىٍّ منْ خلالِ تجربةٍ عمليَّةٍ معَ البروفيسور هان والبروفيسـور فريتز ستراتسـمان «Fritz Starassman» وقد أدَّتْ نتائجُ هذهِ التَّجربة إلىَ إنشَاءِ أوَّل مفاعلٍ نووىٍّ بدائىٍّ.

وفى اغسطس من عَام ١٩٣٩ قَام ليوسزيلارد «Leo Szilard» مـعَ العالِم البرت اينشـتين «Albert Einstein» بتوقيع ذلكَ الخطابِ الشَّـهير الموجَّه للرئيسِ الأمريكـىِّ فرانكلين روزفلت عـنِ احْتمالِ أنَّ النَّازيينَ يُخطِّطونَ لتصنيع أوَّل قنبلةٍ نوويَّةٍ، ولأنَّ هتلر قَام فى أوَّل سـبتمبر من عَـام ١٩٣٩ بغزوِ بولندَا، فقد تأخَّرَ تسليمُ هذَا الخطَابِ يدًّا بيدٍ إلىَ أكتوبر من نفس العَام.

واجتمعتْ لجنةُ اليورانيوم وقامتْ بمنحِ جَامعة كولومبيا مبلغَ ٦٠٠٠ دولارٍ لتمويـلِ أبحَاثِ الطَّاقةِ النَّوويَّة، ولكنَّ البيروقراطيَّة عطَّلتْ هذَا التَّمويلَ إلىَ أن أرسلَ اينشتين خطاباً آخرَ إلىَ الرَّئيس الأمريكـىَّ فى ربيعِ ١٩٤٠، حيثُ تمَّ دفُـع التَّمويلَ إلىَ الجامعةِ وتمَّ إنشـاءُ أوَّل مفَاعلٍ نووىٍّ من قوَالب اليورانيوم مع الجَرافيت،

وسُمِيَ هذا الموضوعُ «مشروعُ مانهاتن» وتمَّ تشغيلُ هذا المفاعلِ بنجاحٍ فى ٢ ديسمبر ١٩٤٢.

والآنَ مازالَ فى ملعبِ الاسكواش بجامعةِ شيكاجو لوحةٌ تذكاريَّةٌ كُتِبَ عليهَا «فى ٢ ديسمبر من عَام ١٩٤٢ وفى هذا المكانِ أنجزَ رجل أولَ مفاعلٍ نوويٍّ مُتسلسلٍ، وبدأَ أولُ إطلاقٍ للطَّاقةِ النَّوويَّةِ يمكنُ التَّحكُّم فيهِ» وفى رومَا أطلقتْ الحكومةُ الايطاليَّة اسمَه علَى أحد شوارع رومَا.

المفاعلاتُ النَّوويَة

عقبْ نجَاحِ «فرمى» ومجموعتِه فى تشغيلِ أوَّل مُفاعلٍ نوويٍّ بدائيٍّ، رَصدتْ الحكومةُ الأمريكيَّة مبالغَ طائلةً لإنشاءِ أكبر معَامل نوويَّة متخصِّصة فى العالم، وذلكَ فى مدينةِ «لوس ألاموس» قربَ مدينةِ «الباكيركى» عاصمةِ ولاية نيومكسيكو الأمريكيَّة، وفِى هذه المعَامل بدأتْ مجموعَاتٌ كبيرةٌ من العلماءِ التَّعرُّف بطريقةٍ أفضَل علَى المفاعلاتِ النَّوويَّة وعلى أنواعِها المُحْتَمَلَة، وبعدَ ذلكَ بعشراتِ السَّنين أُنشئَتْ معاملُ اخرىَ فى مدينةِ «أوك ريدج» بولايةِ تنسى الأمريكيَّة، ثُمَّ تعدَّدتِ المعاملُ واستقرَّ رأىُ العلماءِ

علَى تقسيمِ أنواعِ المفاعلاتِ النَّوويَّة كالآتى:

١- مفَاعلات الماءِ الخفيفِ (المَاء العَادى).

٢- مفَاعلات الماءِ الثَّقيل.

٣- مفَاعلات الجرافيت.

٤- مُفاعلات المُوَلِّد السَّريع «Fast Breeder»

١- مفَاعلات الماءِ الخفيف:

تُعتبرُ مفَاعلاتُ المـاءِ الخفيفِ أكثـرُ الأنواعِ انتشـارًا علَى المسـتوَى العَالمى فى مجَالِ توليدِ الكهربَاءِ، وقْد أقيمتْ أكثرُ من ٦٠٠ محطةٍ لتوليـدِ الكهربَاءِ عالميًّا منَ هـذَا النَّوعِ، وتبلغُ قدرةُ المفَاعلِ فيهَا فى المتوسِّط نحوَ ٩٠٠ مليونِ وات.

وتَنقسمُ مفاعِلاتُ المَاءِ الخفيف إلىَ نوعيْنِ:

أ- مفَاعلات المَاء المغلى:

وفيهَا يَكتسِب الماءُ حرارتهَ من قلبِ المُفاعِل، حيثُ يَغلى ويتحوَّلُ إلىَ بخارٍ ذِى حرارةٍ وضَغْطٍ عاليْن، فيديرُ التُّوربينةَ البخاريَّةَ الَّتى تقومُ بدورِهَا بإدارةِ مُوَلِّدِ الكهربَاءِ الَّذى يولِّدُ الطَّاقةَ الكهربائيَّة.

ب - مفاعلات الماء المضغوط:

فى هذا النَّوع من المفاعلاتِ يتَّصلُ المَاءُ بقلبِ المفُاعلِ عن طريقِ مُبَادلٍ حـرارىٍّ، أمَّا بقيةِ أجزاءِ المفَاعل فهىَ تماماً كمَا فى النَّوعِ السَّابقِ.

يقومُ المُفاعلُ النَّووىُّ فى محطَـاتِ توليدِ الكهربَاءِ بنفسِ عملِ الغلَّايةِ المُعتادِ فى محطَّات توليدِ الكهرباءِ، حيثُ يُسَـخنُ المَاءُ إلىَ درجةِ الغليَانِ ثُمَّ يُحوَّلُ إلى بُخارِ ماءٍ مُشَـبَّعٍ ثُمَّ إلىَ بُخارِ ماءٍ مُحمَّصٍ ثُمَّ إلـى بخُارٍ فوقَ مُحمَّصٍ، وهـذهِ المصطلحاتُ العلميَّةُ (الغليَـان - مُشَـبَّع - مُحمَّص - فوقَ مُحمَّص) هـيَ دلالةٌ علَى درجـةِ حرارةِ البُخـارِ وضغطِه وتَعنى أنَّ درجـةَ الحرارةِ تعدَّتْ ١٠٠ درجـةٍ مئويَّةٍ (غليَان) أو ٢٠٠ درجـةٍ مئويَّةٍ (مُحمَّص) أو ٣٠٠ درجةٍ مئويَّةٍ (فوقَ مُحمَّص).

٢ - مفَاعلات المَاء الثقيل:

لا تختلـفُ مفاعلاتُ المَـاءِ الثَّقيلِ عنَ مفاعـلاتِ المَاء الخفيفِ سـوىَ أنَّ سائِلَ التَّبريدِ بهَا هوَ الماءُ الثَّقيلُ بدلاً من المَاءِ الخفيفِ (العَادى). والماءُ الثَّقيلُ هوَ ماءٌ عاديٌّ بهِ أحدُ نظَائر الهيدروجينِ

بدلاً من الهيدروجينِ نفسِهِ (لاحظْ أنَّ المَاءَ يتكونُ منَ الهيدروجين والاكسجين) ويبلغُ عددُ المحطَّاتِ التَّى أُنشِئتْ عالميًّا منَ هذا النَّوعِ نحو ٥٠ محطةً فقطْ، كمَا تبلغُ القدرةُ المتوسِّطةُ للمحطةِ الواحدةِ منهَا حوالى ٤٠٠ مليونِ وات.

٣- مفاعلات الجرافيت:

تُستخدمُ مفَاعلاتُ الجرافيت عندمَا تكونُ درجةُ الحرَارةِ المطْلوبةُ فى المفاعلِ عَاليةً فى حدودِ من ٨٥٠ إلىَ ١٠٠٠ درجةٍ مئويَّةٍ، وعادةً مَا يسُتخدمُ غازُ الهيليوم الخاملُ معَ الجرَافيت نظراً للثَّباتِ الحرارىِّ والميكانيكىِّ لخوَاص هذه المـوَاد عندَ درجاتِ الحرارةِ العاليَّةِ، وهذَا النَّوع من المفاعلاتِ لَهُ كفاءةٌ عاليةٌ ويَصْلحُ لأغراضِ توليدِ الكهربَاءِ، كمَا تَصلُح الحرارةُ النَّاتجةُ فى عمليات التَّصنيع الكيميائىِّ، ويَسْتهلكُ هذَا النَّوعُ من المفاعلاتِ كميَّةً أقل من الوقودِ النَّووىَّ، كمَا يحتاجُ إلى يورانيوم ٢٣٥ مخصَّبٍ بدرجةٍ عاليةٍ، ممَّا يَجعلُ هذَا النَّوعَ من المفاعلاتِ صالحًا للاسْتخدامَاتِ العسكريَّة، ويبلغُ عددُ المفاعلاتِ التَّى أُنشِئَتْ من هذا النوعِ عالميًّا نحوَ ٦٠ مُفاعِلًا بقدرةٍ متوسِّطةٍ للمفاعلِ الواحدِ نحوَ ٣٥٠ مليونَ وات.

٤ - مفاعلات المولد السريع Fast Breeder:

خلالَ الفترةِ من ١٩٤٢ وحتَّى ١٩٤٥ وفى معامل «اوك ريدج بولايةِ تنسى الأمريكيَّة»، وأيضًا فى مَعامل «أرجون» القوميَّة الأمريكيَّة، وفى عددٍ من الهيئاتِ والمؤسَّساتِ العمليَّة المعنيَّة بتطويرِ النَّشاطِ العلميِّ والتُّكنولوجيِّ النَّوويِّ بالولاياتِ المتَّحدة الأمريكيَّةِ، انهمكَ جميعُ العلماء والمتخصِّصين فى إجراءِ عديدٍ منَ التَّجارب لإنتاج واستخدَام عنصرِ البلوتونيوم اللَّازم لتصنيعِ مُختلفِ المُعدَّاتِ النَّوويَّةِ، وقدْ تبنَّى بعضُ هؤلاءِ العُلماء والباحثينَ اتْجاهًا مُعيَّناً فى بحوثِهم، وهوَ تحسينُ إنتاجِ وقدرةِ الموَاد القابلةِ للانشطَارِ، وعلَى رأسِها اليورانيوم ٢٣٥.

وفى عَام ١٩٧٧ خصَّصتْ الولاياتُ المتَّحدةُ الأمريكيَّةُ أكبرَ ميزانيةٍ فى التَّاريخ لبحثِ واحدٍ خاصٍّ بالطَّاقةِ فقط وكانَ مبلغْ ٥٥٥ مليونَ دولارٍ أمريكيٍّ، وقدْ تبعهَا فى ذلكَ كلٌّ من ألمانيَا وفرنسَا والمملكةِ المتَّحدة والاتْحادِ السَّوفيتى السابق واليابانِ.

وكانَ الهدفُ من هذَا البحثِ هوَ إنتاجَ مُفاعلٍ نوويٍّ جديدٍ قَادرٍ علَى إنتاجِ طَاقة كهربائيَّة من الوقودِ النَّووى تُعادلُ مائةَ ضِعْفِ

الطَّاقــة الَّتى ينتجُها أىُّ مفاعلٍ آخــرَ من نفسِ كميَّة الوقودِ. وكانَ حافزُهم علَى ذلكَ هوَ أنَّ أى مفاعلٍ نووىٍّ لا يَسْتغلُ سوىَ ١٪ فَقط من اليورانيوم القابلِ للانْشــطارِ والموجودِ داخلَ أى وقودٍ نووىٍّ، وان بَاقى هذَا اليورانيوم وهوَ ٩٩٪ من الوقودِ النوويِّ لا يتمُّ اســتغلالُه أو الاستفادةُ بهِ، وكانَ لأداءِ المفَاعلاتِ ذاتِ الحرارةِ العَاليةِ (مثل مفاعــلات الجرافيت) تأثيرٌ خاصٌّ فى اتجاهِ أبحاثِهم. وقد انتهىَ هــؤلاءِ العلمَاءُ إلىَ أنِّ النيوترونات فقط هىَ المســئولةُ عن عمليةِ الانْشــطَارِ، وأن الكميَّة الكبيرة الَّتى لمْ تَنْشــطرْ أوْ تُستغلْ تكونُ النيوترونات هىَ المســئولةُ عن عدمِ انشــطارِهَا؛ حيثُ إنَّ سرعةَ النَّيوترونات داخلَ المفاعلاتِ هــىَ فى حدودِ ٢٠٠٠ كيلومترٍ فى الثَّانيــةِ، لذَا كانَ الحلُّ فى رأيهم هوَ زيادةُ ســرعةِ النَّيوترونات لتصلَ إلــى ٤٠ ألف كيلومترٍ فِى الثَّانيةِ الواحدةِ، وهذهِ السُّــرعةُ هىَ سرعةُ تحرُّرِ هذهِ النَّيوترونات أثناءَ الانشطَارِ.

وقدْ أيقنَ هؤلاءِ العلمَاءُ أنَّهم إذَا مَا تمكَّنوا من إطلاقِ النَّيوترونات بهذهِ السُّــرعةِ علــى الوقودِ النَّوويِّ الَّذى يحتَــوى علَى ٠,٧٪ فقط من اليورانيــوم ٢٣٥ فإنَّهم ســيحصُلونَ علَى عنصِــر البلوتونيوم

٢٣٩ القابلِ للانْشـطَارِ كنتيجةٍ لقذفِ اليورانيوم ٢٣٨ غيرِ القَابلِ للانْشطارِ بالنَّيتروناتِ.

وبذلكَ يصبحُ مُعدَّلُ إنتاجِ المواد القابلةِ للانْشـطارِ أكبر بكثيرٍ من معدلِ استهلاكِها .....!!

أى أنّ المُفاعلَ لنْ يسـتهلكَ وقودًا نوويًّا بلْ سيُنتِجُ وقودًا نوويًّا بالإضافةِ إلىَ تأديةِ عملِه الرَّئيسىِّ وهوَ إنتاجُ الطَّاقةِ. إنَّ ذلكَ يُشبه سيارةً كلَّما سارتْ زادَ الوقودُ فيهَا ولمْ ينقصْ.

وتُعدُّ هذِه هىَ المعجـزةُ الَّتى لمْ يكنْ «فرمى» يَحْلُمُ بهَا....؟! ولكنَّه فتحَ البابَ للبشريَّةِ لتدخلَ هذَا العالمَ الجديدَ.

هلْ يُقْبِلُ شـبابُنَا علَى التَّزودِ بالعلمِ لمعرفةِ مَاذا سـيحدثُ فى العالم...؟!

هذَا أملى الَّذى أرجو أن يتحقَّقَ.