

ΝΑ ΠΩΣ ΦΤΑΣΑΜΕ ΣΤΟΝ ΑΥΓΟΥΣΤΟ 1945, Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ Α-BOMB

Γράφει ο Κώστας Πάππας

4η Συνέχεια

Ο Κώστας Πάππας είναι πυρηνικός φυσικός και εργάζεται για την Ατομική Ενέργεια του Καναδά (AECL), στους πυρηνικούς αντιδραστήρες CANDU. Υπήρξε ο Γραμματέας του Οργανισμού Πυρηνικής Ενέργειας του Καναδά (1996-2000) και δίδαξε σε έκτακτη βάση το μάθημα της Μηχανικής Πυρηνικών αντιδραστήρων (Nuclear Engineering) στο Πανεπιστήμιο McGill του Μόντρεαλ. Απόφοιτος του Université de Montréal συνέχισε τις μεταπτυχιακές του σπουδές στο McMaster University, Hamilton, Ontario, πλάι στον Dr. Brockhouse, ο οποίος το 1994 τιμήθηκε με το βραβείο Nobel για τη Φυσική πάνω στη σκέδαση ουδετερονίων. Costas μελέτησε την μαγνητική δομή της ύλης σε κρυσταλλική μορφή, σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν (-273 C), οδηγώντας δέσμες ουδετερονίων (neutrons) από τον πειραματικό πυρηνικό αντιδραστήρα του πανεπιστημίου McMaster. Υπήρξε σύμβουλος 2008-2009 στην Νότιο Αφρική στο project PBMR (Pebble Bed Modular Reactor) και παρακολούθησε επίσης μαθήματα στο Πανεπιστήμιο της Πραιτόρια στο διάστημα που ήταν εκεί, χωρίς να σπαταλάει τον ελεύθερο χρόνο του.



Μετά την σύσταση της Συμβουλευτικής Επιτροπής για το Ουράνιο από τον πρόεδρο Ρούζβελτ, με παρέμβαση του Αϊνστάιν, η κατάσταση διαμορφώθηκε ως εξής:

1. Το ελαφρό ισότοπο του ουρανίου, U-235 ήταν οριστικά το πυρηνικό καύσιμο, με την ιδιότητά του να κόβεται στα δύο (διασπάται), μόλις απορροφούσε ένα ουδετερόνιο (νετρόνιο), ενώ ταυτόχρονα παρήγαγε δύο με τρία νέα νετρόνια. Το βαρύτερο ισότοπο U-238 απορροφώντας το νετρόνιο αύξανε το βάρος του και μεταστοιχιώνονταν σε άλλο βαρύτερο στοιχείο.
2. Τα βραδέα νετρόνια ήταν περισσότερο αποδοτικά βλήματα, για να δημιουργήσουν πυρηνική σχάση. Το γεγονός αυτό γεννούσε την ανάγκη ενός μετριαστή, για να επιβραδύνει τα ταχεία νετρόνια που δημιουργούνταν κατά την σχάση. Ο μετριαστής έπρεπε να αποτελείται από άτομα ελαφρών στοιχείων που δεν είχαν την ανάγκη να απορροφήσουν νετρόνια από το περιβάλλον. Το βαρύ νερό και ο γραφίτης ήταν τα πιο πιθανά.

Λόγω προβλημάτων με το βαρύ νερό της Νορβηγίας που ήταν στα χέρια των Γερμανών, ο Φέρμι και ο Τζιλλάρντ πρότειναν τον γραφίτη. Με αυτά τα δεδομένα έπρεπε να δημιουργήσουν την αλυσιδωτή αντίδραση.

Έπρεπε να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον όπου θα συνυπήρχαν το καύσιμο U-235 και ο μετριαστής – γραφίτης, όπου τα παραγόμενα νετρόνια θα δημιουργούσαν περαιτέρω σχάσεις. Με άλλα λόγια έπρεπε να δημιουργήσουν ένα πυρηνικό αντιδραστήρα.

Είχα την τύχη να γνωρίσω σε ένα σεμινάριο της Ατομικής Ενέργειας στο Σικάγο, το 1979 μια καταπληκτική γυναίκα επιστήμονα, την Λεόνα Μάρσαλ Λίμπι (Leona Marshall Libby). Ήταν η μόνη γυναίκα επιστήμων, επιλογή του καθηγητή Φέρμι, που συμμετείχε στο Manhattan Project, για την κατασκευή της πρώτης και δεύτερης Πυρηνικής βόμβας, που έπεσαν στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι. Ήταν επίσης η μόνη γυναίκα, στην κατασκευή του πρώτου Πυρηνικού αντιδραστήρα και της πραγματοποίησης της πρώτης αλυσιδωτής. Δυστυχώς έφυγε νωρίς από τη ζωή, το 1986 σε ηλικία 67 χρόνων. Υπήρξε πολύ κοντά στο ζεύγος Φέρμι.

Μου έδωσε μια σειρά φωτογραφιών, σχετικά με τον καθηγητή Φέρμι και τη ζωή του. Θα δημοσιεύσω μερικές, για να αντιληφθούν, ειδικά οι Έλληνες, πόσο απλός άνθρωπος υπήρξε ο καθηγητής Φέρμι, μια από τις μεγαλύτερες επιστημονικές φυσιογνωμίες όλων των εποχών. Τα ηλεκτρόνια, πρωτόνια, ουδετερόνια και άλλα υποατομικά σωματίδια ονομάζονται Φερμιόνια, προς τιμήν του. Η μονάδα μετρήσεως ατομικών μεγεθών, 10^{-15} m, ονομάζεται Φέρμι. Πυρηνικές εγκαταστάσεις στην Αμερική και αλλού φέρουν το όνομά του.

Και είναι τόσο απρόσιτοι και συντηρητικοί μερικοί (όχι βέβαιο όλοι) καθηγητές της «πλάκας», των Ελληνικών ανωτάτων σχολών, που δεν προσφέρουν απολύτως τίποτα στη διεθνή επιστημονική Κοινότητα, αλλά πολλά στις κοσμικές στήλες των Ελληνικών εφημερίδων.

Ο Πυρηνικός αντιδραστήρας, είναι ένας χώρος όπου βάζουμε μέσα σχάσιμο υλικό (U-235) και ένα μετριαστή (βαρύ νερό ή γραφίτη), μερικές ράβδους από υλικό που απορροφά τα νετρόνια, για να μπορούμε να ελέγχουμε και να χαλιναγωγούμε τον ρυθμό της αντίδρασης και μερικά όργανα που μετρούν τον αριθμό των νετρονίων, που παράγονται και την θερμοκρασία. Μέσα σε αυτό τον χώρο αρχίζουμε την αντίδραση την οποία συντηρούμε.

Η εργασία αυτή ανατέθηκε στον Ενρίκο Φέρμι από την Συμβουλευτική Επιτροπή για το Ουράνιο

Το πρώτο πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Φέρμι, ήταν το πως θα κρατήσει μέσα στην μάζα του ουρανίου, που ήταν ανακατεμένη με τον γραφίτη τα νετρόνια, που έφευγαν έξω και χάνονταν.

Το να κρατήσεις τα πολύ ταχέα νετρόνια που παράγονται από την διάσπαση μέσα στον αντιδραστήρα, ήταν σαν να προσπαθούσες να κρατήσεις το βλήμα πυροβόλου όπλου, μέσα σε μια χαρτοσακούλα. Με τον μετριάστη τα πράγματα διορθώθηκαν.

Το επόμενο πρόβλημα του Φέρμι και του Τζίλλαρντ, ήταν το πως θα τοποθετούσαν το καύσιμο ουράνιο και τον μετριάστη γραφίτη σε σχέση μεταξύ τους. Εάν έβαζαν τα άτομα του ενός κοντά στο άλλο, τότε δεν θα έδιναν καιρό στα ουδετερόνια, που παράγονταν από ένα άτομο ουρανίου, να επιβραδυνθούν για να προκαλέσουν σχάση στο γειτονικό άτομο και η αλυσιδωτή αντίδραση δεν θα μπορούσε να συντηρηθεί. Τότε σκέφτηκαν, ότι κάθε ουδετερόνιο έπρεπε να κάνει μεγάλη διαδρομή μέσα στη μάζα του μετριάστη για να αναγκασθεί με τις αλληπάλληλες συγκρούσεις, να χάσει την ταχύτητά του, πριν συναντήσει τον επόμενο πυρήνα του ουρανίου. Έτσι αποφάσισαν μέσα σε μεγάλη μάζα γραφίτη, να φυτέψουν κομμάτια ουρανίου σε διάφορα μακρινά σχετικά σημεία.



Αριστερά Η Λεόνα το 1946 στο Πανεπιστήμιο του Σικάγου. Μετά τη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι, που είχε ασφαλώς την ανάμειξή της, σαν μέλος του Manhattan project, αλλά και στον πρώτο Πυρηνικό αντιδραστήρα και στην πρώτη αλυσιδωτή. Δεξιά πάνω, η Leona στο εργαστήριό της, στο ίδιο Πανεπιστήμιο.

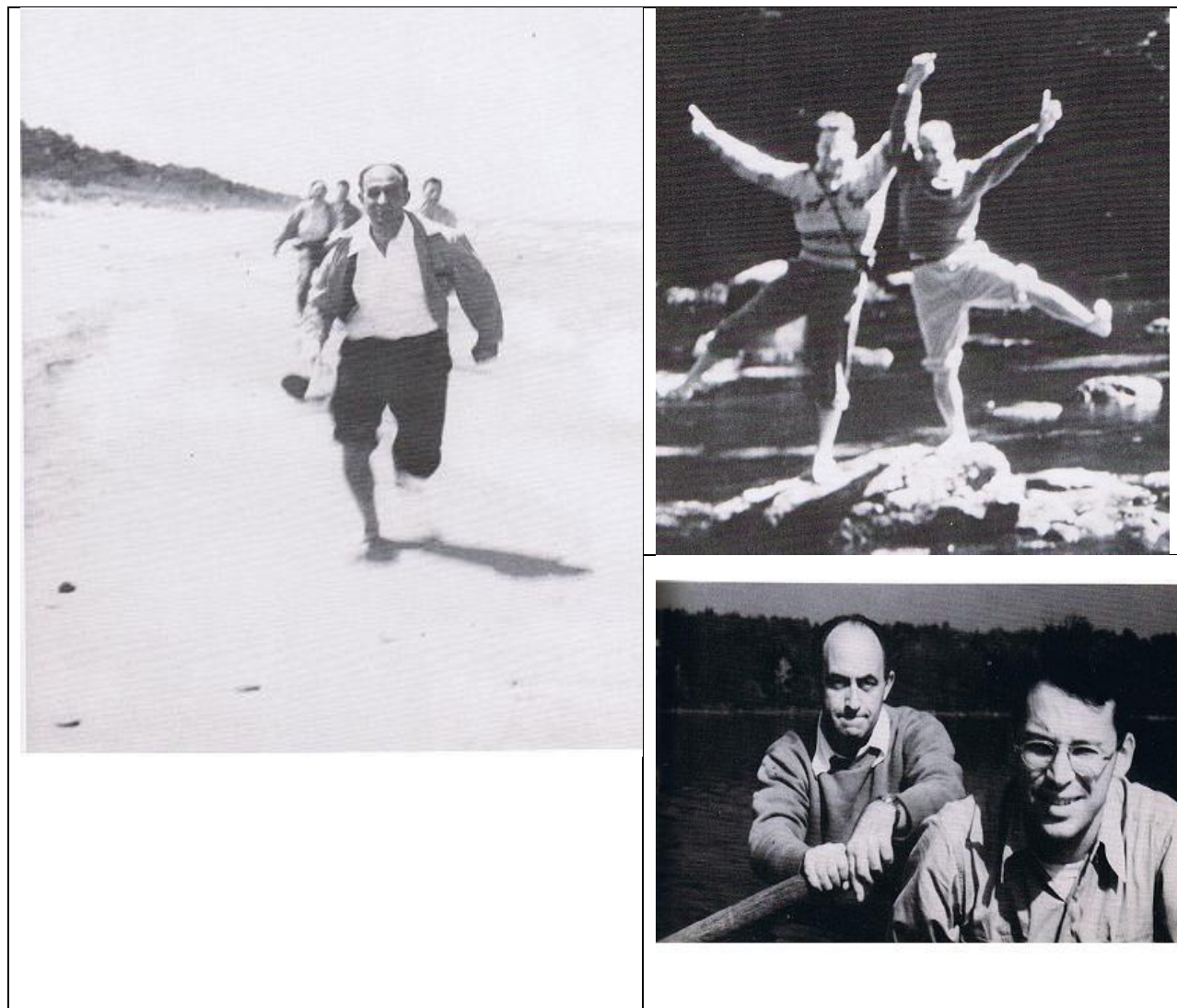
Κάτω δεξιά, ο μεγάλος και «αυστηρός Φέρμι» χαριεντίζεται με τον John Marshall (με τα γυαλιά), τον πρώτο σύζυγο της Λεόνας, τον οποίο διαζεύχθηκε το 1966. Ποιος Έλληνας «Χερ προφεσόρε» θα διανοηθεί να «παίξει», με ένα σπουδαστή του και να δεχτεί να του στρίβει το χέρι.

Τον Ιούνιο του 1941 μέσα στο γήπεδο ποδοσφαίρου του πανεπιστημίου του Σικάγου, ο Φέρμι και η ομάδα του, Τζίλλαρντ, Walter Zinn, Χέρμπερτ Άντερσον, Λεόνα Μάρσαλ-Λίμπερτ, τον άνδρα της Τζων Μάρσαλ, τον Ουίλσον και άλλους, άρχισαν την κατασκευή του αντιδραστήρα.

Η κατασκευή ήταν απλή. Πήραν γραφίτη και τον μετέβαλαν σε σκόνη, σπάζοντάς τον και μετά έφτιαξαν τούβλα από γραφίτη. Άρχισαν να τα στοιβάζουν στο δάπεδο του γηπέδου, βάζοντας σε κανονικά διαστήματα σιδερένια κουτιά με οξείδιο του ουρανίου.

Πριν αρχίσουν να στοιβάζουν, τοποθέτησαν στη βάση της σωρού μια μικρή φιάλη με σκόνη οξειδίου του βηρυλλίου για να υπάρξει την κατάλληλη ώρα μια πηγή νετρονίων που θα άρχιζε την αλυσιδωτή αντίδραση. Εδώ που τα λέμε αυτό το τελευταίο δεν ήταν αναγκαίο. Ουδετερόνια από την κοσμική ακτινοβολία, που έρχεται από το σύμπαν, περιφέρονται γύρω μας κατά χιλιάδες, ένα από αυτά θα χτυπούσε κατά τύχη ένα πυρήνα ουρανίου, από την σωρό και έτσι θα άρχιζε η αντίδραση. Ο Φέρμι φυσικά την εποχή εκείνη δεν το ήξερε αυτό και έτσι έλαβε τα μέτρα του. Αν λοιπόν κανείς από σας, προσπαθήσει να φτιάξει αντιδραστήρα στο γκαράζ του σπιτιού του, δεν υπάρχει ανάγκη να προμηθευτεί πηγή νετρονίων.

Πριν αρχίσουν να στοιβάζουν, αναλογίσθηκαν κάτι που και σεις πιθανόν να αναλογιζόσαστε τώρα, που ήδη ξέρετε ποιο ήταν το τραγικό τέλος αυτής της προσπάθειας. Τι θα συνέβαινε εάν ξαφνικά, άρχιζε η αλυσιδωτή αντίδραση; μήπως έπαιρνε απρόβλεπτη πορεία, αποκτούσε ανεξέλεγκτη δύναμη, ασυγκράτητη και δημιουργούσε μια τρομακτική πυρηνική έκρηξη; Ο Φέρμι σκέφθηκε σοβαρά αυτό το ενδεχόμενο. Μην λησμονείτε, ότι το επικίνδυνο αυτό πείραμα γίνονταν πρώτη φορά και λίγο-πολύ βάδιζαν στα τυφλά. Για την αντιμετώπιση της πυρηνικής αφηνίασης του αντιδραστήρα, ράβδοι καδμίου διέσχιζαν την σωρό οριζόντια από άκρο σε άκρο. Το μέταλλο αυτό διψά για νετρόνια, που τα απορροφά σαν σφουγγάρι.



Από το αρχείο της Λεόνας. Αριστερά ο Φέρμι τρέχει πάνω στην αμμουδιά της λίμνης Μίσιγκαν, 1946. Δεξιά πάνω με τον άνδρα της John Marshall στη λίμνη Μίσιγκαν, 1946. Κάτω στην ίδια λίμνη βαρκάδα με τον John Marshall, 1946. Η σοβαρότητα έχει τις ώρες της, αλλά και η φαιδρότητα τις δικές της. Οι ολοκληρωμένοι άνθρωποι έχουν και τις δύο.

Οι ράβδοι αυτοί μπορούσαν να μετακινούνται μέσα - έξω και είχαν προορισμό, να φρενάρουν και να χαλιναγωγήσουν τον χωρίς φραγμό, απότομο πολλαπλασιασμό των ουδετερονίων. Όταν οι ράβδοι σπρώχνονταν μέσα στη "στήλη" (σωρό), η νετρονική ροή σταματούσε ολότελα (τα ουδετερόνια απορροφούντο από την ράβδο) και η αντίδραση σταματούσε. Όταν η ράβδος σύρονταν έξω βαθμηδόν, η ροή των ουδετερονίων αύξανε προοδευτικά. Νετρονικές ανησυχητικές εξάρσεις; Μια ώθηση της ράβδου μέσα και η αντίδραση κόπαζε, πιο μέσα και σταματούσε.

Μέρα με την μέρα το κατασκεύασμα υψώνονταν. Πριν αρχίσει το επόμενο στρώμα, ο Φέρμι τοποθετούσε όργανα σε διάφορα σημεία που μετρούσαν τον αριθμό των ουδετερονίων και την θερμοκρασία. Αυτά τα όργανα τα κατασκεύαζε η Leona.

Αν και η αλυσιδωτή αντίδραση δεν είχε αρχίσει ακόμα, ο αριθμός των ουδετερονίων αυξάνονταν προοδευτικά. Ο Φέρμι και οι συνεργάτες του κάθε μέρα, έβλεπαν να αυξάνεται ο αριθμός των ουδετερονίων. Όλα φαίνονταν τέλεια για την τελική στιγμή.

Νύχτα της 1ης προς την 2η του Δεκέμβρη του 1942. Η σωρός του γραφίτη με τα κομμάτια του ουρανίου είχε φτάσει το ύψος των 2.60 μέτρων. Η καμπύλη του εγγραφέα χαρτιού που κατέγραφε την ροή των ουδετερονίων έπαιρνε ανησυχητικά τον ανήφορο. Ο Φέρμι άρχισε να αγωνιά.

Η νύχτα αυτή του Δεκέμβρη, ήταν υπερβολικά κρύα στο Σικάγο. Όλη η πόλη ησύχαζε. Κανείς δεν μπορούσε να διανοηθεί, ότι η ανθρωπότητα μέσα σε ένα γήπεδο του Σικάγου, ετοιμάζονταν να αποδεσμεύσει και να δαμάσει τις τρομακτικότερες δυνάμεις της φύσης. Στις 12 τα μεσάνυχτα ο Φέρμι έδωσε εντολή να πάνε για ύπνο.

,Η επομένη θα ήταν οριακή ημέρα. 2 Δεκεμβρίου 1942, ώρα 9 το πρωί. Ο Φέρμι, οι συνεργάτες του, μερικοί σπουδαστές και μερικοί εξωτερικοί επισκέπτες στέκονται μπροστά στην πυρηνική στήλη.

Έλεπε ακόμα ένα τέταρτο από το τελευταίο στρώμα, όταν οι μετρητές σήμαναν συναγερμό και οι ράβδοι βυθίστηκαν μέσα στην στήλη. Όλοι πάγωσαν. Η νετρονική ροή έπεσε σχεδόν στο μηδέν. Ο αντιδραστήρας είχε φτάσει στην κρίσιμη διάσταση.

Αυτό σημαίνει ότι άρχισε να υπάρχει ισορροπία των ουδετερονίων, που έφευγαν από την σωρό προς τα έξω ή απορροφούντο από τα μη σχάσιμα υλικά, με εκείνα που παράγονταν.

Ο Φέρμι έδωσε εντολή να προστεθεί ένα άλλο ακόμη στρώμα για να ξεπερασθεί κατά τι η κρίσιμη μάζα, αλλά με τις ράβδους βυθισμένες μέσα στην στήλη, για καλό και για κακό.

Επάνω στην στήλη του γραφίτη, υπήρχε η "ομάδα αυτοκτονίας", τρεις σπουδαστές με μεγάλους κουβάδες γεμάτους υγρό κάδμιο (ίδια ύλη με τις ράβδους), έτοιμοι σε περίπτωση που η κατάσταση ξέφευγε από τον έλεγχο.

Το κάδμιο, ήταν ένα τρομερό απορροφητικό μέσον για τα ουδετερόνια. Εάν η αλυσιδωτή αντίδραση ξέφευγε τον έλεγχο των ράβδων, τότε το υγρό κάδμιο περνώντας από τις ρωγμές θα σταματούσε την αντίδραση.

Πρωτόγονες μέθοδοι συγκρινόμενες με τις σημερινές.

Εκτός από τις οριζόντιες ράβδους ελέγχου, υπήρχε και η Zip ράβδος, κάθετη μέσα στην στήλη. Την ευθύνη της ράβδου αυτής, είχε ο Walter Zinn, που οπλισμένος με ένα τσεκούρι θα έκοβε το σχοινί που την κρατούσε εάν παρίστατο ανάγκη και η ράβδος θα έπεφτε μέσα στον αντιδραστήρα λόγω βαρύτητας και με την απορροφητική ικανότητά της, θα σταματούσε την αντίδραση.

Ωρα 9.55. Ο Φέρμι δίνει εντολή. "Βγάλτε την Zip".

Κατά πληροφορίες, σταγόνες ιδρώτα εμφανίστηκαν στα μάγουλα του Ιταλού φυσικού, μέσα στην καρδιά του Δεκεμβριανού χειμώνα. Ανησυχούσε. Οι μετρητές ανταποκρίθηκαν.

Ωρα 10 πρωινή. Όλες οι ράβδοι βρίσκονται μέσα εκτός της Zip. Ο Φέρμι δίνει εντολή να αποσυρθεί βαθμηδόν η τελευταία ράβδος.

Η τύχη της ράβδου αυτής βρίσκεται στα χέρια του βοηθού του Φέρμι, George Weil, ο οποίος άρχισε να την αποσύρει εκατοστό-εκατοστό με πολύ αργό ρυθμό. Το ρυθμικό τικ-τακ των μετρητών ουδετερονίων γινόταν ταχύτερο.

Ωρα 11.45 π.μ. Οι μετρητές ανεβαίνουν μανιωδώς και ο Φέρμι αναγκάζεται να αλλάξει την κλίμακα των οργάνων. Αρκετό μέρος από το μήκος της ράβδου ήταν ακόμα έξω από την στήλη.

Ωρα 2 μ.μ. Ο Φέρμι χαμογελώντας, είχε βρει το κουράγιο του, ανήγγειλε "Let's go to lunch"

Ωρα 3 μ.μ. Επανήλθαν. Ο Weil συνέχισε να αποσύρει την ράβδο με απελπιστικά αργό ρυθμό.

Ωρα 3.20 μ.μ. Το γρήγορο και ρυθμικό τικ-τακ των μετρητών μεταβλήθηκε σε συνεχές χουχούλιασμα και η καμπύλη στους μετρητές έγερνε προς την κάθετο.

Ωρα 3.25 μ.μ. Η καμπύλη έγινε κάθετη. Η αλυσιδωτή αντίδραση είχε επιτευχθεί. Για κάθε ένα ουδετερόνιο που χάνονταν, ένα άλλο γεννιόταν. Ο Φέρμι και οι συνεργάτες του έκαναν πρόποση με Chianti.

Το ίδιο απόγευμα, ένα κρυπτογραφημένο μήνυμα "The Italian Navigator has reached the new world (Ο Ιταλός θαλασσοπόρος έφτασε στον νέο κόσμο)", έφτανε στον Λευκό Οίκο, αναγγέλλοντας στον πρόεδρο

Ρούζβελτ, ότι στις 2 Δεκεμβρίου 1941, ώρα 3.25 μ.μ. ο άνθρωπος μπόρεσε να βάλει κάτω από τον έλεγχό του, την πιο τρομακτική δύναμη της φύσης, την Πυρηνική ενέργεια.

Η ενέργεια που παρήχθη την ημέρα αυτή ήταν μόλις μισό Βατ, μόλις και μετά δυσκολίας μπορούσε να ανάψει την λαμπτίτσα ενός φακού τσέπης.

Η αρχή όμως είχε γίνει. Απλά εάν άφηναν την ενέργεια αυτή ανεξέλεγκτη, χωρίς ράβδους τότε.....αλλοίμονο. Ο δρόμος προς την βόμβα είχε ανοίξει.



18 Above, Participants and observers at the start-up of the first nuclear reactor. First row, from left: Enrico Fermi, Walter Zinn, Albert Wamosberg, Herbert Anderson; second row, Harold Agnew, William Sturm, Robert Lichtenberger, Leona Marshall; third row, Norman Hilberry, Samuel Allison, Thomas Brill, Robert Serber, Warren Nizer, Marvin Wilkenson.



Αριστερά, η θρυλική φωτογραφία και δεξιά η αναμνηστική πλακέτα που γράφει: «Στις 2 Δεκεμβρίου 1942, ο άνθρωπος κατόρθωσε εδώ, την πρώτη αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση και έκτοτε ξεκίνησε την ελεγχόμενη απελευθέρωση πυρηνικής ενέργειας». Στην φωτογραφία αριστερά ο αρχηγός της ομάδας Ενρίκο Φέρμι, σε στιγμή σοβαρότητας. Στη δεύτερη σειρά προτελευταία η μόνη γυναίκα του project, η Leona Marshall Libby και δεξιά της ο μεγάλος, Leo Szilard.

Την παγωμένη εκείνη ημέρα του 1942, στο γήπεδο Hockey του Πανεπιστημίου του Σικάγου, ο άνθρωπος είχε απελευθερώσει την μεγαλύτερη δύναμη της φύσης, την πυρηνική. Μετά 3 χρόνια, η ίδια ομάδα με μερικούς ακόμα έφτιαχνε την Πυρηνική βόμβα και στη Χιροσίμα και Ναγκασάκι έκλεινε ο επίλογος, που άρχισε στη Ρώμη από τον Φέρμι και κατέληγε στον Φέρμι.

Συνεχίζεται...