

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

Γράφει ο Κώστας Πάππας

8η 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.

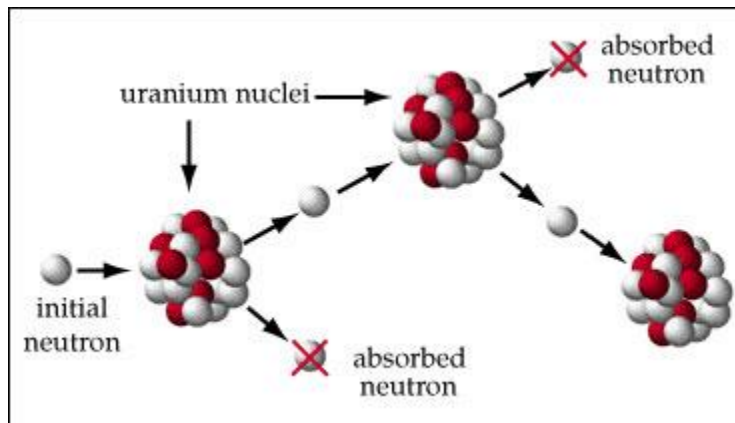


Στο προηγούμενο άρθρο αν θυμάστε, ορίσαμε ότι η συσσώρευση σχάσιμου υλικού σε τέτοια ποσότητα που να μπορεί να αρχίσει και να συντηρήσει μια αλυσιδωτή αντίδραση, ονομάζεται κρίσιμη μάζα.

Εάν είχαμε μια μικρή ποσότητα U-235 και αρχίζαμε μια αντίδραση σχάσεως, πολλά από τα ουδετερόνια (νετρόνια) θα έφευγαν από το υλικό με την μεγάλη τους αρχική ταχύτητα, πριν προλάβουν να δημιουργήσουν άλλες σχάσεις. Με άλλα λόγια η αλυσιδωτή αντίδραση θα εξέπνεε στην γέννησή της.

Όσο όμως προσθέτουμε περισσότερο U-235 στην μάζα, τόσο λιγότερα νετρόνια θα ξεφύγουν, προτού δημιουργήσουν άλλες σχάσεις και σε κάποια φάση, η συσσωρευμένη μάζα θα ξεκινήσει μια αλυσιδωτή αντίδραση. Μια μάζα τέτοιου μεγέθους αποτελεί την κρίσιμη μάζα του U-235.

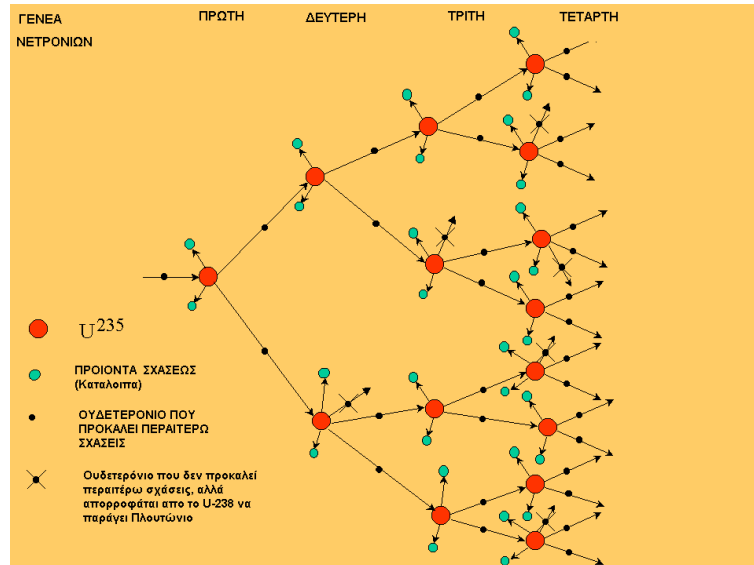
Μια τέτοια αλυσιδωτή αντίδραση, όπου 1 μόνο νετρόνιο κατά μέσο όρο επιζεί, για να συνεχίσει την αντίδραση με σταθερή ενέργεια, λέγεται ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση και συμβαίνει στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.



Ελεγχόμενη πυρηνική αντίδραση, όπου 1 ουδετερόνιο επιζεί να συνεχίσει την αντίδραση. Πυρηνικοί αντιδραστήρες

Όπως είπαμε στην περίπτωση της κρίσιμης μάζας, δεν υπάρχει πολλαπλασιασμός νετρονίων και για κάθε ένα νετρόνιο που κτυπά ένα πυρήνα, ένα άλλο νετρόνιο επιζεί. Ο χρόνος από την γέννηση ενός νετρονίου μέσα σε μια μάζα καυσίμου (ουράνιο ή πλουτώνιο), μέχρι την επόμενη σύγκρουση και απορρόφηση του από κάποιο πυρήνα, λέγεται γενεά του νετρονίου.

Αρκεί τώρα να αυξήσουμε την μάζα του σχάσιμου υλικού λίγο ακόμη, έτσι ώστε περισσότερα από ένα νετρόνια επιζήσουν και δημιουργήσουν σχάση, πριν βγουν από την μάζα στον εξωτερικό χώρο, τότε έχουμε υπερκρίσιμη μάζα και η ενέργεια αυξάνεται χωρίς όρια. Η αντίδραση αυτή λέγεται μη ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση. Αυτή είναι η Ατομική βόμβα (A-bomb).



Στο σχήμα, απεικονίζεται η αλυσιδωτή αντίδραση με πολλαπλασιασμό νετρονίων όταν έχουμε υπερκρισμή μάζα. Καθώς βλέπει ο αναγνώστης οι σχάσεις λαβαίνουν χώρα με αύξουσα γεωμετρική πρόοδο. Εάν υποθέσουμε, ότι σε κάθε σχάση δύο από τα τρία νετρόνια επιζούν (υπερ-κρισιμότητας), για να δημιουργήσουν περαιτέρω σχάσεις, τότε οι πυρήνες που διασπώνται αυξάνονται με διπλάσιο ρυθμό.

Στην εικόνα, βλέπουμε από αριστερά 1 ουδετερόνιο-βλήμα κτυπάει ένα πυρήνα U-235, ο πυρήνας κόβεται στα δύο (πυρηνική σχάση). Παράγει δύο θραύσματα που είναι πολύ ραδιενεργά και λέγονται προϊόντα σχάσης ή ραδιενεργά κατάλοιπα. Άχρηστα για περαιτέρω χρήση. Ταυτόχρονα, παράγει θερμική ενέργεια. Παράγονται επίσης 2 - 3 ουδετερόνια. Το μεσαίο χάνεται (δεν χτυπά πυρήνα U-235), τα άλλα δύο κτυπούν δύο άλλους πυρήνες, παράγουν κατάλοιπα, περισσότερη θερμική ενέργεια και 4 ουδετερόνια. Η αλυσιδωτή συνεχίζεται. Τα 4 ουδετερόνια δημιουργούν 8, 16, 32... έως ότου θεωρητικά διασπαστούν όλοι οι πυρήνες που αποτελούν την μάζα.

Πόσοι πυρήνες τελικά θα διασπαστούν. Εύλογη η ερώτηση. Ας κάνουμε ένα υπολογισμό και θα σας πιάσει πανικός. Όταν τον έκανα για πρώτη φορά, σαν σπουδαστής, με έπιασε ναυτία. Αυτόν τον απλό υπολογισμό έκανε πριν από όλους εμάς, η εβραία Λίζα Μάϊτνερ, την οποία ο Χίτλερ ετοίμαζε να μαντρώσει σε στρατόπεδο εξόντωσης. Αυτή τον έκανε, ο Αδόλφος όμως, δεν ήξερε Φυσική και Μαθηματικά να τον κάνει.

Από την φυσικοχημεία γνωρίζουμε, ότι ο αριθμός των πυρήνων μέσα σε μια δεδομένη μάζα υλικού, ίση σε γραμμάρια με τον μαζικό αριθμό του στοιχείου, είναι σταθερός και ίσος με  $6 \times 10^{23}$  πυρήνες (6 ακολουθούμενο από 23 μηδενικά, το εξηγήσαμε σε προηγούμενο άρθρο). Ο αριθμός αυτός των πυρήνων λέγεται σταθερά του Avogadro (όλοι οι πρωτοετείς σπουδαστές στο πανεπιστήμιο, γνωρίζουν τον αριθμό αυτό).

Για να μην σας κουράσω, σύμφωνα με την πάνω παράγραφο, μία ποσότητα 235 γραμμάρια U-235 περιέχει 600 εξάκις εκατομμύρια πυρήνες. Σε κάθε διάσπαση πυρήνα εκλύεται ενέργεια ίση περίπου με 200 εκατομμύρια ηλεκτρόνια βολτ (MeV, μονάδα μέτρησης ενεργείας), που και αυτό, όχι μόνο το αναφέραμε, αλλά και το υπολογίσαμε στο άρθρο 7, που στην ουσία σε μακροσκοπική κλίμακα είναι ποσότητα αμελητέα.

Με βάση την εκλυόμενη ενέργεια σε κάθε σχάση = με 200 MeV / πυρήνα, από 235 γραμμάρια U-235, εάν διασπαστούν όλοι οι πυρήνες, τότε η ενέργεια που θα απελευθερωθεί θα είναι:

$$6.02 \times 10^{23} \text{ πυρήνες (Avogadro)} \times 200 \text{ MeV ανά πυρήνα} = 1.2 \times 10^{26} \text{ MeV} \times 1.6 \times 10^{-13} \frac{\text{J}}{\text{MeV}} \sim 2 \times 10^{13} \text{ J}$$

Με άλλα λόγια,  $20 \times 10^{12} \text{ J}$ , δηλαδή 20 τρις εκατομμύρια Joule ενέργεια, από 235 γραμμάρια Ουρανίου-235. Ποσότητα φανταστικά κολοσσιαία για να εξαφανίσει μια μικρή πόλη από τόσο μικρή μάζα γύρω στο ένα round.

Η μονάδα μέτρησης καταστροφής μιας A-bomb, μετριέται σε χιλιάδες τόνους Τρινιτροτολουόλης (TNT). Σαν παράδειγμα, 57 γραμμάρια U-235 όταν διασπαστεί, παράγει ενέργεια ισοδύναμη με 1000 τόνους TNT. Στις ημέρες μας κατασκευάζονται βόμβες ισχύος μερικών μεγατόνων (1 μεγατόνος είναι ίσος με 1 εκατομμύριο τόνους).

Στην ουσία δεν διασπώνται όλοι οι πυρήνες μέσα σε μια μάζα, αλλά ένα πολύ ελάχιστο ποσοστό. Μία Ατομική βόμβα έχει μια πολύ σημαντική διαφορά από μία συνηθισμένη βόμβα.

Η συμβατική βόμβα, μεταφέρεται στον προορισμό της και το μόνο που απομένει, είναι να μπει σε λειτουργία ο μηχανισμός πυροδότησης για να εκραγεί.

Η Ατομική βόμβα και αυτό πρέπει να το εννοήσει κανείς καλά, δεν έχει ανάγκη πυροδότησης, αλλά ενεργοποίησης. Εάν κάπου αφεθεί μία υπερκρίσιμη μάζα U-235, τότε η πυροδότηση είναι ακαριαία. Ένα οποιοδήποτε περιφερόμενο ουδετερόνιο από το άμεσο περιβάλλον, είναι αρκετό για να ξεκινήσει την αλυσιδωτή αντίδραση. Σε πολεμική χρήση βέβαια, δεν περιμένουν το περιφερόμενο ουδετερόνιο, αλλά κατά την ρίψη της, συμβατικά εκρηκτικά πίσω από τις υπό-κρίσιμες μάζες, τις συναρμολογούν με την έκρηξή τους την κατάλληλη στιγμή και μια πηγή νετρονίων στο κέντρο εκπέμπει τα ουδετερόνια για να αρχίσει η αλυσιδωτή.

Ποτέ λοιπόν, δεν πρέπει να συν αρμολογείται ή να αποθηκεύεται U-235 ή Πλουτώνιο-239, σε ποσότητα ίση ή μεγαλύτερη από την κρίσιμη μάζα.

Συμπέρασμα πρώτο λοιπόν, ο μόνος τρόπος για να εμποδιστεί μία πρόωρη πυρηνική έκρηξη είναι να διατηρήσουμε τον μηχανισμό της βόμβας σε διαστάσεις μικρότερες από τις κρίσιμες μέχρι την ώρα μηδέν της έκρηξης.

Ο τρόπος είναι πολύ απλός, κατασκευάζουμε εκ των προτέρων την υπερκρίσιμη μάζα σε δύο μικρότερα υπό-κρίσιμα κομμάτια, που κανένα χωριστά δεν μπορεί να συντηρήσει αλυσιδωτή αντίδραση.

Αρκεί λοιπόν κατά την στιγμή της έκρηξης, η απλή πράξη της συνένωσης των δύο υπό-κρίσιμων τεμαχίων. Τόσο απλό; Αυτό είναι λοιπόν το μυστικό της Ατομικής βόμβας, που φυλάγεται σαν κόρη οφθαλμού από τις κυβερνήσεις και τις μυστικές υπηρεσίες; Και ναι και όχι.

Ναι, διότι εάν δύο υπό-κρίσιμα κομμάτια ενωθούν να σχηματίσουν ένα υπερ-κρίσιμο, είναι γεγονός αποδεδειγμένο, ότι θα επέλθει έκρηξη. Όποιος λοιπόν διαθέτει δύο τέτοια κομμάτια, φτιάχνει μία βόμβα. Υπάρχει και ένα όχι, και εδώ είναι το μυστικό, που κατά κάποιο τρόπο δια φυλάγεται. Το πόσο μυστικό είναι το αμφισβητώ, άσχετα αν μερικοί ισχυρίζονται, ότι η βόμβα είναι το μυστικό των ολίγων.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να κάνω έμφαση, στην λεπτομέρεια, ότι η απλή συνένωση που ανάφερα πάρα πάνω, ναι μεν θα προκαλέσει έκρηξη, αλλά θα συμβεί, αυτό που λίγο πολύ όλοι μας υποπτευόμαστε.

Η πίεση της έκρηξης, που θα δημιουργηθεί στο κέντρο των δύο μαζών κατά την συνένωση, θα τις θρυμματίσει και θα τις τινάξει προς τα έξω, προτού να γίνει η ολοκληρωτική σχάση όλων των πυρήνων της ύλης.

Το αποτέλεσμα είναι, ότι οι μάζες θα ξαναγίνουν υπό-κρίσιμες και η αλυσιδωτή θα τερματίσει άδοξα, εφ' όσον μερικοί μόνο πυρήνες, θα έχουν διασπαστεί και ένα κάποιο ποσό θερμότητας και ραδιενέργειας θα έχει εξαπλωθεί στον περιβάλλοντα χώρο, ανίκανο να προξενήσει μεγάλες ζημιές.

Συμπέρασμα. Η απλή συνένωση δεν κάνει μία ικανοποιητική Α-βόμβα. Αλλά μια dirty bomb (βρώμικη βόμβα) όπως λέμε.

Εδώ βρίσκεται το μυστικό. Το πως θα κρατήσουμε τα δύο υπό-κρίσιμα κομμάτια σε επαφή για αρκετό χρόνο, πριν η δύναμη της έκρηξης τα αποσυναρμολογήσει. Το θέμα αυτό, θα το θίξουμε σε γενικότητες στο προσεχές άρθρο. Προς το παρόν, η εκρηκτική δύναμη μιας Α-βόμβας εξαρτάται:

1. Από το ποσοστό καθαρού U-235 μέσα στη μάζα του καύσιμου ουρανίου και από την κατασκευαστική μέθοδο διάχυσης του ουρανίου.
2. Από τον αριθμό των γενεών των ουδετερονίων, δηλαδή τον τελικό αριθμό των σχάσεων. Περισσότερες σχάσεις μεγαλύτερη ενέργεια.

*Συνεχίζεται...*

