«Αθηνά»
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΟΠΛΩΝ
Δ/νση: Θ. Χατζίκου 11, Θεσσαλονίκη 56122, Τηλ/Fax: 2310-904794 / 6944165341, www.armscontrol.info

ΣΧΕΔΙΑ ΠΡΩΤΟΓΟΝΩΝ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ ΟΠΛΩΝ

Θεόδωρος Ε. Λιόλιος [1,2]
[1] Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων, Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών
Τομέας Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογών, Εργαστήριο Πυρηνικής-Ατομικής Φυσικής
Βάρη Αττικής, 16673

[2] Ελληνικό Κέντρο Ελέγχου Όπλων, Θ.Χατζίκου 11, Θεσσαλονίκη 56122

Πέμπτη 4 Μαΐου 2006

Εισαγωγή

Η παγκόσμια κοινότητα ανησυχεί για το ενδεχόμενο κατασκευής πυρηνικών όπλων από το Ιράν ενώ πλήθος σεναρίων βλέπουν τη δημοσιότητα. Σε πρόσφατη ανακοίνωση της Διεθνούς Υπηρεσίας Ατομικής Ενέργειας (ΔΥΑΕ) έγινε γνωστό ότι ανάμεσα στα διάφορα έγγραφα που εξέτασαν οι επιθεωρητές εντοπίστηκε ένα κρίσιμο έγγραφο που αφορά «ημισφαιρικούς θύλακες σχάσιμου υλικού» κάνοντας έναν σαφή υπαινιγμό για τον εντοπισμό ίχνους οπλικής τεχνολογίας και τεχνογνωσίας στο Ιράν. Ακόμη, αλγεινή εντύπωση είχε προκαλέσει στους οπλικούς πυρηνικούς επιστήμονες η προ ετών ανακοίνωση ότι βρέθηκαν στο Αφγανιστάν (στα πρωτόγονα οχυρά των Ταλεμπάν!) σχέδια «θερμοπυρηνικών αντιδράσεων σύντηξης». Οι πληροφορίες αυτές φυσικά υπάρχουν στα πανεπιστημιακά βιβλία πυρηνικής φυσικής εδώ και δεκαετίες αλλά το μήνυμα που πέρασε στην παγκόσμια κοινότητα ήταν ότι «κάτι βρέθηκε».
Είναι προφανές λοιπόν ότι το κατηγορητήριο (δίκαιο η άδικο) εναντίον του Ιράν θα στηριχθεί σε κάποιες τεχνικές λεπτομέρειες που φυσικά θα είναι δύσκολο να αξιολογηθούν χωρίς κάποιες βασικές γνώσεις. Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Ελέγχου Όπλων «Αθηνά» θεωρεί ότι πρέπει να δοθούν στη δημοσιότητα αυτές οι βασικές γνώσεις σχεδιασμού πυρηνικών όπλων που θα βοηθήσουν την Ελληνική κοινή γνώμη να αξιολογήσει το κατηγορητήριο.
Θα περιγράψουμε λοιπόν στην παρούσα μελέτη μερικές βασικές διατάξεις πυρηνικών όπλων στηριζόμενοι πάντα στα στοιχεία της ανοιχτής βιβλιογραφίας. Ο σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι να δώσουμε μια απλοϊκή εικόνα της δομής τους αποφεύγοντας τις λεπτομέρειες έτσι ώστε να μη θεωρηθεί ότι δίνουμε κρίσιμη τεχνογνωσία στη δημοσιότητα.

www.armscontrol.info

Διάταξη θαλάμης[1]

Το σχέδιο Manhattan στο Λος Άλαμος οδήγησε στην κατασκευή των δύο πρώτων πυρηνικών όπλων. Το πρώτο ονομάστηκε Little Boy (παιδάκι) και χρησιμοποιούσε ως πυρηνικό εκρηκτικό το Ουράνιο-235[2]. Το δεύτερο ονομάστηκε Fat Man (χονδρός) και έκανε χρήση του Πλουτωνίου-239[3], ενός υλικού πρωτόγνωρου για την εποχή εκείνη. Η χρήση όμως του Ουρανίου-235 εγκαταλείφθηκε και σήμερα όλα τα πυρηνικά όπλα των δεδηλωμένων πυρηνικών δυνάμεων χρησιμοποιούν Πλουτώνιο-239 το οποίο συνδυάζεται με Τρίτιο και Δευτέριο στις σύγχρονες βόμβες σύντηξης (βόμβες Υδρογόνου). Αξίζει να σημειώσουμε ότι εδώ και δεκαετίες οι μεγάλες πυρηνικές δυνάμεις (ΗΠΑ, ΕΣΣΔ/ΡΩΣΙΑ, ΑΓΓΛΙΑ, ΓΑΛΛΙΑ, ΚΙΝΑ) έχουν αποκλειστικά πια μόνο βόμβες Υδρογόνου ενώ οι νεότευκτες πυρηνικές δυνάμεις ΙΝΔΙΑ και ΠΑΚΙΣΤΑΝ έχουν μόνο πρωτόγονες βόμβες σχάσης.

Η διαδικασία η οποία προκαλεί μία πυρηνική έκρηξη σε βόμβα Ουρανίου είναι σχετικά απλή: Δύο υποκρίσιμες μάζες Ουρανίου οπλικής βαθμίδας (Weapons Grade Uranium:WgU), που στο σύνολό τους όμως αποτελούν περισσότερο από μια κρίσιμη μάζα[4] όταν ενωθούν, ωθούνται ταχύτατα από μία χημική

---

[1] Gun type assembly

[2] Πριν τη χρήση του σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και πυρηνικά όπλα το Ουράνιο πρέπει να «εμπλουτιστεί», που σημαίνει να αυξηθεί η συγκέντρωση κατά βάρος στο ισότοπο $^{235}_{92}U$. Ειδικότερα το Ουράνιο που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο των αντιδραστήρων (εργοστασιακής βαθμίδας) πρέπει να έχει 2%-5% κατά βάρος $^{235}_{92}U$ ενώ αντίστοιχα το Ουράνιο των πυρηνικών όπλων (οπλικής βαθμίδας) έχει υψηλή καθαρότητα σε $^{235}_{92}U$, της τάξης των 97% κ.β. Η διαδικασία εμπλουτισμού θα δώσει ως προϊόν ένα υλικό που προσεγγιστικά θα περιέχει $^{238}_{92}U$ σε αναλογία 97% (πυρηνικά καύσιμα) και 5% (πυρηνικά όπλα), ενώ θα προκύψει και ένα υποπροϊόν που θα περιέχει 0.2% $^{235}_{92}U$ και 99.8% $^{238}_{92}U$ που ονομάζεται εκφυλισμένο Ουράνιο (Depleted Uranium η απλά DU)

[3] Το Πλουτώνιο-239 (^{239}Pu) πήρε το όνομά του από τον πλανήτη Πλούτωνα. Το όνομα αυτό σε συνδυασμό με τα ονόματα που δόθηκαν στους πυρήνες Ουράνιο-238 (^{238}U) και Ποσειδώνιο-239 (^{239}Np) μας θυμίζουν την γενεαλογία των πυρήνων αυτών αφού η παράγωγή τους στον αντιδραστήρα ακολουθεί τη σειρά των πλανητών αυτών σε σχέση με τον ήλιο (Ουρανός – Ποσειδώνας - Πλούτωνας), δηλαδή ένα νετρόνιο συλλαμβάνεται από ένα πυρήνα Ουρανίου για να προκύψει Ποσειδώνιο το οποίο με τη σειρά του μετατρέπεται με β-διάσπαση σε Πλουτώνιο: $n + {}^{238}U \rightarrow {}^{239}U \xrightarrow[24m]{\beta} {}^{239}Np \xrightarrow[2.4d]{\beta} {}^{239}Pu$

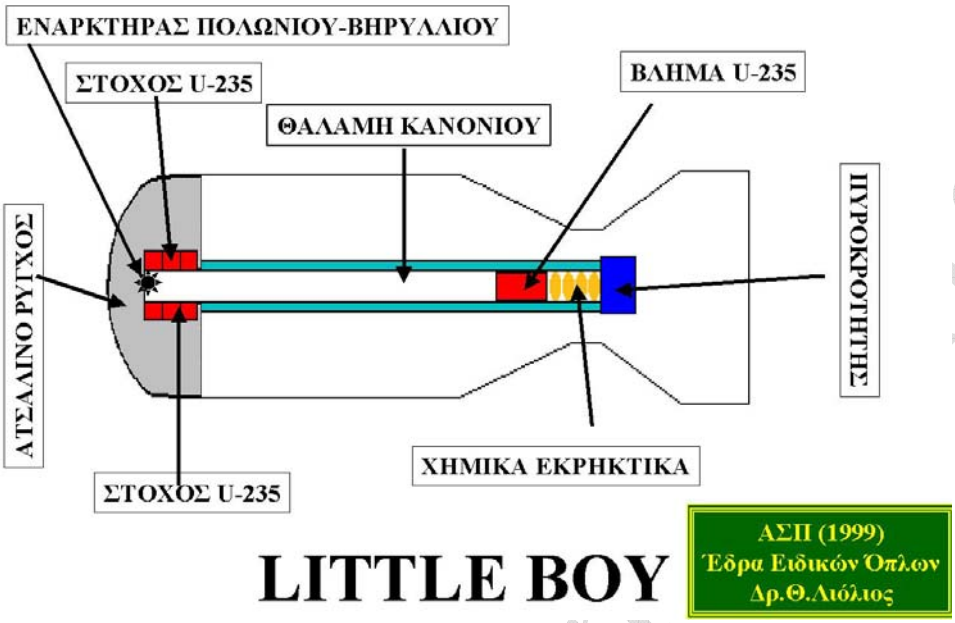
[4] Στις αρχές του 1940 βρέθηκε πειραματικά ότι τουλάχιστον μερικά από τα νετρόνια που εκπέμπονται από τη σχάση των πυρήνων Ουρανίου ήταν αρκετά ενεργητικά για να σχάσουν νέους πυρήνες Ουρανίου. Σκέφθηκαν λοιπόν ότι μια αυτοσυντηρούμενη αλυσιδωτή αντίδραση σε μια μάζα Ουρανίου (κατά τη διάρκεια της οποίας δυο η περισσότερα νετρόνια θα παράγονταν σε κάθε σχάση με αρκετή ενέργεια και ταχύτητα ώστε να διασπάσουν νέους πυρήνες Ουρανίου σε μικρό χρονικό διάστημα) θα απελευθέρωναν ένα ολοένα αυξανόμενο ποσό ενέργειας (με εκθετικό ρυθμό), τόσο γρήγορα ώστε να προκληθεί μία εκρηκτική έκλυση ενέργειας.
Το αν μια τέτοια αλυσιδωτή αντίδραση μπορεί να συντηρηθεί εξαρτάται από τη μοίρα των νετρονίων που γεννιούνται από τη σχάση των πυρήνων του Ουρανίου. Ένα νετρόνιο μπορεί είτε να διαφύγει από τη μάζα του Ουρανίου χωρίς αλληλεπίδραση, ή να συλληφθεί από έναν πυρήνα χωρίς να προκαλέσει σχάση ή να σκεδαστεί ελαστικά ή ανελαστικά ή τέλος να σχάσει ένα πυρήνα δημιουργώντας δύο η περισσότερα νέα νετρόνια εκλύοντας παράλληλα ενέργεια. Η σχετική πιθανότητα αυτών των αντιδράσεων καθορίζει την εφικτότητα της αλυσιδωτής αντίδρασης.
Η πιθανότητα αλληλεπίδρασης των νετρονίων με τους πυρήνες μπορεί να περιγραφεί ποσοτικά με την έννοια της "ενεργού διατομής", η οποία είναι ένα μέτρο της πιθανότητας να συμβεί μια δεδομένη αντίδραση μεταξύ ενός νετρονίου δεδομένης ενέργειας και ενός πυρήνα. Η ενεργός διατομή $\sigma(E)$ είναι συνάρτηση της ενέργειας του νετρονίου-βλήματος καθώς και της εσωτερικής δομής του πυρήνα-στόχου. Με δεδομένες τις ενεργές διατομές της σύλληψης, ανελαστικής και ελαστικής

έκρηξη και συγκρούονται μέσα σε ένα ισχυρό κύλινδρο, για παράδειγμα μία θαλάμη κανονιού. Στην κατάλληλη χρονική στιγμή, η υπερκρίσιμη μάζα Ουρανίου βομβαρδίζεται με νετρόνια από μια ηλεκτρονική πηγή[5] (πχ Πολώνιο η Βηρύλλιο), τα οποία πυροδοτούν την αλυσιδωτή αντίδραση. Η μηχανική ισχύς του κυλίνδρου καθυστερεί τη διασπορά του πυρηνικού υλικού αυξάνοντας έτσι την απόδοση της συσκευής.
Η βόμβα της Hiroshima[6] κατασκευάστηκε με αυτό τον τρόπο και περιείχε 64,1 κιλά ουρανίου οπλικής βαθμίδας με ένα μέσο εμπλουτισμό 80%. Η απόδοσή της ήταν ισοδύναμη με 15 κιλοτόνους TNT. Τα πρώτα πυρηνικά όπλα είχαν εξαιρετικά μικρή απόδοση [7] [8] σύντομα όμως η τεχνολογία αναπτύχθηκε και σήμερα οι αποδόσεις είναι τόσο υψηλές ώστε (θεωρητικά τουλάχιστον) αρκεί ένα μόνο κιλό[9] Πλουτωνίου για να κατασκευαστεί ένα πυρηνικό όπλο αν και τα περισσότερα βιβλία αναφέρουν μια μέση ποσότητα 4-6 κιλά Πλουτωνίου.

www.armscontrol.info

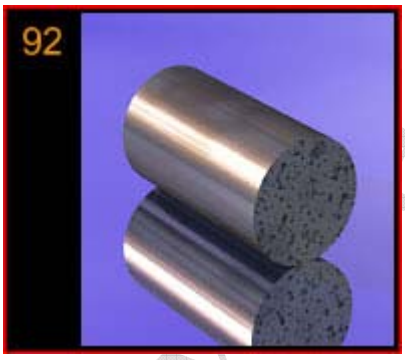
σκέδασης, σχάσης ή απλής διαφυγής νετρονίων από ένα πυρήνα, υπάρχει μια ποσότητα μάζας αρκετά μεγάλη ώστε να συντηρήσει μία αλυσιδωτή αντίδραση. Αυτή η ποσότητα ονομάζεται **"κρίσιμη μάζα"**. Οποιαδήποτε μικρότερη ποσότητα δεν θα συντηρήσει μια αλυσιδωτή αντίδραση (και φυσικά δεν μπορεί να εκραγεί). Οποιαδήποτε μεγαλύτερη ποσότητα αρχίζει αυθόρμητα μια αλυσιδωτή αντίδραση (και φυσικά μπορεί να εκραγεί αυθόρμητα).

[5] Η Νότιος Αμερική στις πυρηνικές βόμβες που κατασκεύασε παλαιότερα απλώς χρησιμοποίησε τα νετρόνια του φυσικού υπόβαθρου.
[6] Το κανόνι ζύγιζε 500 κιλά και είχε μήκος 2 μέτρα ενώ το συνολικό μήκος της ήταν 3,5 μέτρα.
[7] Ο Serber στο βιβλίο του (The Los Alamos Primer) δίνει μια απόδοση 2% για την βόμβα σχάσης ουρανίου της Χιροσίμα (γνωστή ως «Little Boy») ενώ για τη δοκιμή «Trinity» της βόμβας Πλουτωνίου (γνωστή ως «Gadget» δηλαδή μαραφέτι) δίνει απόδοση 20% με μια ισχύ 18,6 κιλοτόνων.
[8] Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι έχουμε μια ποσότητα 64,1 κιλά WgU (εμπλουτισμού 80%) από το οποίο 51,28 κιλά είναι Ουράνιο-235 το οποίο θα σχασθεί και θα δώσει εκρηκτική ενέργεια ενώ το υπόλοιπο θα είναι Ουράνιο-238 μαζί με κάποια ίχνη άλλων σχάσιμων ισοτόπων Ουρανίου τα οποία μπορούμε να αγνοήσουμε σε πρώτη προσέγγιση. Αφού σύμφωνα με τις αναφορές η συνολική εκρηκτική απόδοση ήταν περίπου 15.000 τόνοι νιτρογλυκερίνης (TNT) μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους υπολογισμούς του παραρτήματος σύμφωνα με τους οποίους η συνολική ισοδύναμη μάζα (TNT) θα είναι $M_{TNT(g)}$=17.000.000 $M_{(g)}$ ε, όπου ε ο συντελεστής απόδοσης του πυρηνικού όπλου και $M_{(g)}$ η ποσότητα του ουρανίου που σχάται. Αντικαθιστώντας τις τιμές M_{TNT}=15.000.000.000 g και $M_{(g)}$=51.280 g βρίσκουμε ότι ε=0,017, δηλαδή απόδοση 1,7% που είναι εξαιρετικά μικρή (nominal) αφού προφανώς περίπου το 98% του συνολικού πυρηνικού εκρηκτικού στη βόμβα της Χιροσίμα «πήγε χαμένο»
[9] Αν υποθέσουμε ότι το πυρηνικό όπλο ενός κιλού Πλουτωνίου είναι τόσο υψηλής τεχνολογίας ώστε να έχει απόδοση 89% τότε σύμφωνα με τον τύπο της παραπάνω σημείωσης θα έχουμε μια ισχύ ίση με αυτή της βόμβας της Χιροσίμα που χρησιμοποίησε 64 κιλά Ουρανίου οπλικής βαθμίδας.



Απλοϊκό σχήμα μιας πυρηνικής βόμβας «Διάταξης Θαλάμης» τύπου Χιροσίμα.

Η διάταξη θαλάμης είναι τόσο σίγουρο ότι θα προκαλέσει πυρηνική έκρηξη ώστε η ομάδα του Los Alamos που εργαζόταν στο σχέδιο Manhattan δεν τη δοκίμασε καν πριν τη χρησιμοποιήσει εναντίον της Χιροσίμα στις 6 Αυγούστου του 1945.



ΟΥΡΑΝΙΟ

ΠΟΛΩΝΙΟ

ΠΛΟΥΤΩΝΙΟ

Διάταξη είσρηξης[10]

Η ίδια διαδικασία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση βομβών Πλουτωνίου εξ' αιτίας της μικρής ταχύτητας των δύο βλημάτων μέσα στη θαλάμη του κανονιού. Οι βαρείς πυρήνες ^{240}Pu, ^{241}Pu

[10] Implosion assembly

κλπ, οι οποίοι είναι αναμεμιγμένοι με πυρήνες ^{239}Pu, υφίστανται συχνές αυθόρμητες σχάσεις με ταυτόχρονη εκπομπή νετρονίων. Συνεπώς στο χρόνο (χιλιοστά του δευτερολέπτου) που απαιτείται για να ενωθούν τα υποκρίσιμα τμήματα Πλουτωνίου μέσα στη θαλάμη του κανονιού, αδέσποτα νετρόνια της αυθόρμητης σχάσης των ισοτόπων Πλουτωνίου-240,241, 242 κλπ, θα μπορούσαν να προκαλέσουν αρκετές σχάσεις και να ελευθερώσουν έτσι αρκετή ενέργεια ώστε να ανατινάξουν τη συσκευή και να σταματήσουν την αλυσιδωτή αντίδραση πριν την έκλυση ικανών ποσοτήτων ενέργειας από αυτή.

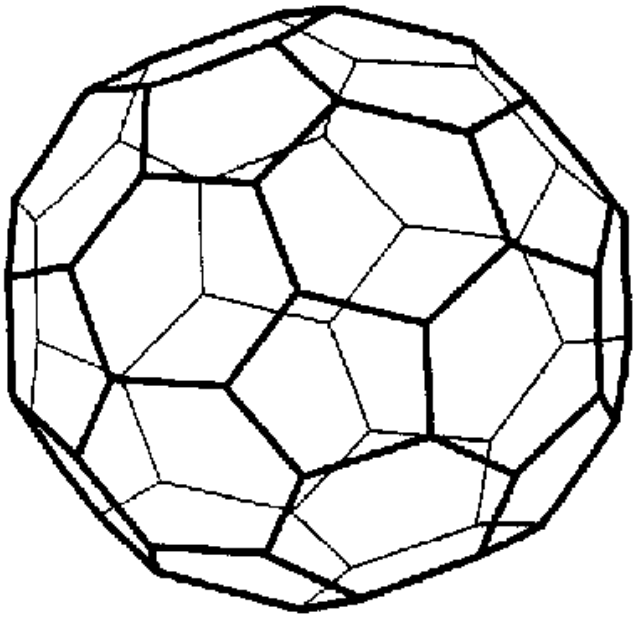
Μία επιτυχής εναλλακτική προσέγγιση είναι να δημιουργηθεί ένας σφαιρικός θύλακας Πλουτωνίου[11], ο οποίος σε κανονική πυκνότητα δεν αποτελεί κρίσιμη μάζα και να περιβληθεί από ένα κέλυφος ενός ανθεκτικού μετάλλου (Βολφράμιο, Ουράνιο-238) το οποίο θα δράσει ως ανακλαστήρας. Στη συνέχεια με τη χρήση **χημικών εκρηκτικών (HE)[12]** προκαλείται μια ταχύτατη συμπίεση του ανακλαστήρα ο οποίος με τη σειρά του θα προκαλέσει την κατάρρευση του θύλακα και την αύξηση της πυκνότητας του σε τέτοιο βαθμό ώστε το υλικό να καταστεί υπερκρίσιμο. Την κατάλληλη χρονική στιγμή μια πηγή νετρονίων **(εναρκτήρας)[13]** Πολωνίου-Βηρυλλίου[14] θα δώσει μια ριπή νετρονίων η οποία θα αρχίσει την αλυσιδωτή αντίδραση της πυρηνικής έκρηξης

Το μέγεθος του θύλακα Πλουτωνίου στην πυρηνική βόμβα Πλουτωνίου (τύπου Ναγκασάκι)

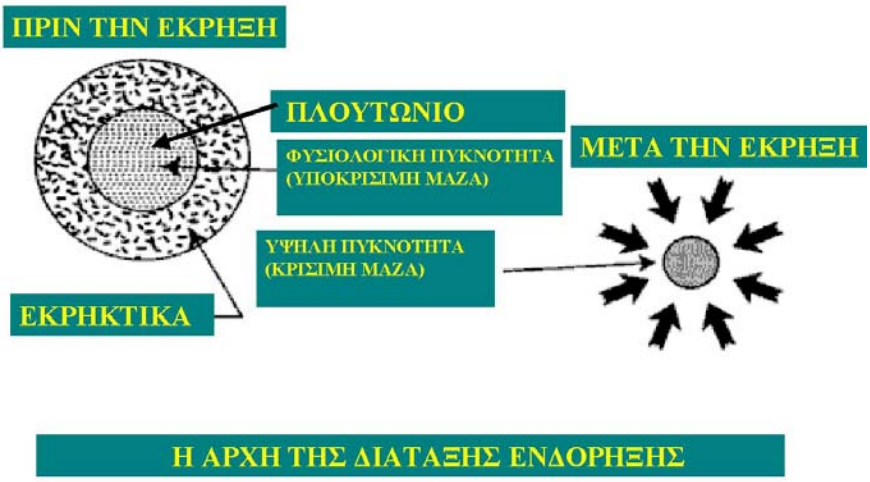
Κατά την κατασκευή της βόμβας «Fat Man» οι χημικοί και οι μηχανικοί του Los Alamos δημιούργησαν 32 συγκλίνοντες εκρηκτικούς φακούς με τη μορφή πολυγωνικών δοκίδων οι οποίες περιέβαλαν την κοίλη

[11] Γνωστός και ως "Plutonium Pit". Η βόμβα «Fat Man», σύμφωνα με τον Serber, περιείχε 6,1 κιλά WgPu (Oralloy) και είχε μια εκρηκτική απόδοση 22 κιλοτόνους TNT δηλαδή η απόδοσή του ήταν 22%
[12] High Explosives
[13] Initiator
[14] Το Βηρύλλιο, όπως και άλλο ελαφροί πυρήνες, ελευθερώνει νετρόνια όταν βομβαρδίζεται με α-σωμάτια σύμφωνα με την πυρηνική αντίδραση $^{9}_{3}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{9}_{3}Be + n + ^{4}_{2}He$. Χρειάζεται συνεπώς ένα ισχυρό α-ραδιενεργό υλικό όπως το Πολώνιο-210 το οποίο θα δώσει την κατάλληλη πηγή σωματίων άλφα. Τα δύο αυτά υλικά του εναρκτήρα παραμένουν απομονωμένα μέχρι την στιγμή της έναρξης της αλυσιδωτής αντίδρασης.

σφαίρα Πλουτωνίου με τον ίδιο τρόπο που οι πολυγωνικές δοκίδες της μπάλας ποδοσφαίρου συγκλίνουν στο κέντρο της.

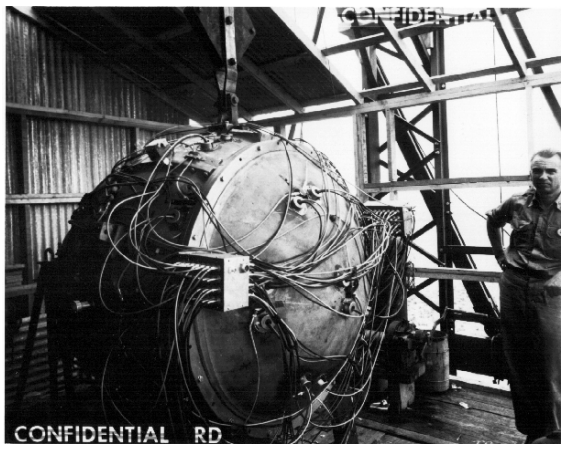


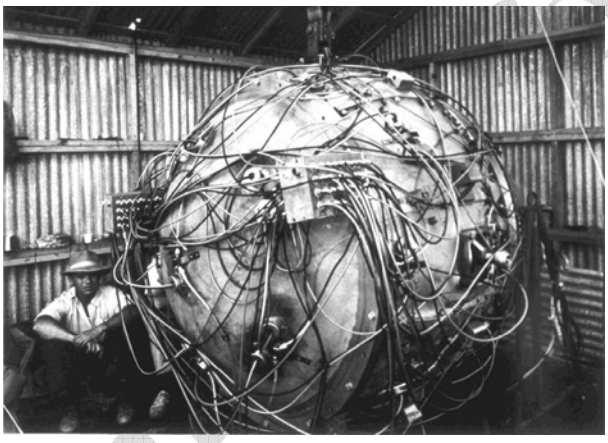
Η διάταξη των πολυγωνικών δοκίδων που περιβάλλουν τον θύλακα Πλουτωνίου στην πυρηνική κεφαλή.



Οι δοκίδες συνδέονται με ένα πολυσημειακό πυροκροτητή ο οποίος τις πυροδοτεί ταυτόχρονα έτσι ώστε τα εκρηκτικά ωστικά κύματα να καθίστανται συγκλίνοντα και να προσκρούουν ταυτόχρονα στην επιφάνεια του ανακλαστήρα (και κατά συνέπεια στην επιφάνεια της σφαίρας Πλουτωνίου). Κατ'αυτόν

τον τρόπο εξασκούνται πιέσεις χιλιάδων τόνων ανά τετραγωνικό εκατοστό της επιφάνειας της σφαίρας, ελαττώνοντας έτσι τον όγκο της υποκρίσιμης σφαίρας Πλουτωνίου και καθιστώντας την υπερκρίσιμη. Μετά την έναρξη της αλυσιδωτής αντίδρασης, μέσω του εναρκτήρα-πυροκροτητή, το κέλυφος Ουρανίου-238 συγκρατεί το Πλουτώνιο όσο γίνεται περισσότερο αυξάνοντας την απόδοση της συσκευής.





Η εξωτερική μορφή της πρωτόγονης βόμβας Πλουτωνίου (τύπου Ναγκασάκι). Παρατηρείστε τα καλώδια που συνδέονται με βύσματα με τις εκρηκτικές δοκίδες. Τα καλώδια αυτά συνδέονται όλα με ένα σημειακό πυροκροτητή που τις πυροδοτεί ταυτόχρονα προκειμένου να ξεκινήσει η αλυσιδωτή αντίδραση.

Διάταξη ενισχυμένης σχάσης[15]

Για να αυξήσουν την απόδοση της διάταξης είσρηξης, οι σχεδιαστές όπλων εισήγαγαν μικρά ποσά Δευτερίου και Τριτίου στον θύλακα της σφαίρας Πλουτωνίου-239. Ποσότητα 8-10 γραμμαρίων Τριτίου αρκούν για να αυξήσουν την απόδοση της διαδικασίας σχάσης.

Και πάλι η διαδικασία της έκρηξης είναι η ίδια με αυτήν την διάταξης είσρηξης μόνο που τώρα η υψηλότατη πίεση που δημιουργείται από όλη τη διαδικασία έκρηξης υπερθερμαίνει το μίγμα Δευτερίου-Τριτίου στο κέντρο της σχάσιμης σφαίρας του Πλουτωνίου, προκαλώντας τη σύντηξή[16] τους και συνεπώς την εκπομπή ενός μεγάλου αριθμού ταχέων νετρονίων που ενισχύουν τη σχάση του Πλουτωνίου-239. Οι ανακλαστήρες Βηρυλλίου και Ουρανίου-238 συμβάλλουν στη συγκράτηση του συστήματος για όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο και ενισχύουν την απόδοση των νετρονίων με τους εξής δύο τρόπους

[15] Boosted fission weapon

[16] Η θερμοπυρηνική αντίδραση σύντηξης Δευτερίου-Τριτίου είναι ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + n + 17,6\,MeV$ και πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες της τάξης του ενός εκατομμυρίου βαθμών Κελσίου. Το πρόβλημα όμως που υπάρχει είναι ότι σε κανονικές συνθήκες το Δευτέριο και Τρίτιο είναι αέρια ενώ για να αποθηκευτούν πρέπει να είναι σε υγρή κατάσταση. Όπως χαρακτηριστικά λέει στο βιβλίο του ο Κώστας Τσίπης «θα χρειαζόταν ένα τεράστιο ψυγείο πάνω στην πυρηνική βόμβα» για την ψύξη των υλικών αυτών. Το πρόβλημα όμως ξεπερνιέται με την χρήση ενός μίγματος Λιθίου-Δευτερίου (LiD) που είναι σε στερεά μορφή. Τα νετρόνια που παράγονται από τη σχάση του Πλουτωνίου βομβαρδίζουν το LiD και παράγουν Τρίτιο σύμφωνα με την αντίδραση ${}^{6}_{3}Li + n \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{3}_{1}H + 4,6\,MeV$. Στην συνέχεια το Τρίτιο που παράγεται με τον τρόπο αυτό κάτω από την υψηλή θερμοκρασία της πυρηνικής έκρηξης αντιδρά με το Δευτέριο του LiD και έτσι επιτυγχάνεται η σύντηξη.

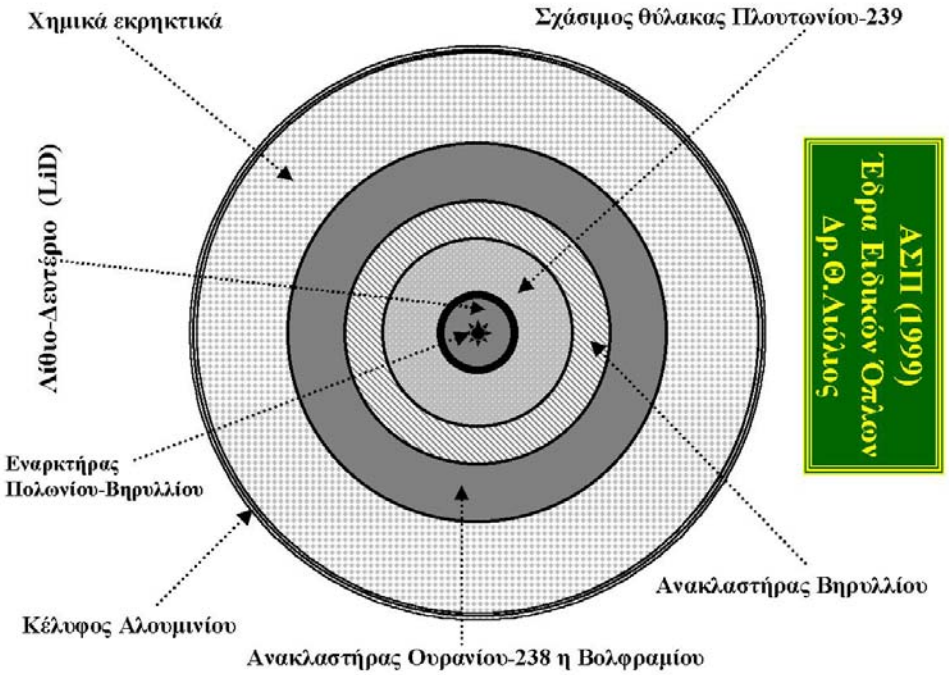
Αντανακλούν μερικά από τα εκπεμπόμενα κατά τη σχάση ταχέα νετρόνια πίσω στον πυρήνα της διάταξης μέσω ελαστικών σκεδάσεων

Οι πυρήνες του Ουρανίου-238 του ανακλαστήρα σχώνται από τα ταχέα νετρόνια[17] εκλύοντας ενέργεια και παράγοντας νέα νετρόνια.

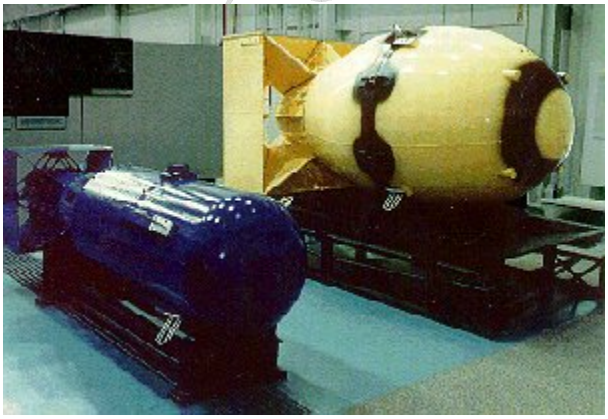
Τα πρόσθετα νετρόνια που παράγονται από την αντίδραση σύντηξης και τη σχάση του Ουρανίου-238 συνεισφέρουν στη διάσπαση μεγάλου ποσοστού πυρήνων Πλουτωνίου και Ουρανίου, ώστε ένα μοντέρνο όπλο ενισχυμένης σχάσης μπορεί να έχει απόδοση σχάσης μέχρι και 80%.

Το «μαραφέτι» (βόμβα σχάσης Πλουτωνίου τύπου Ναγκασάκι) λίγο πριν τη δοκιμή του στο Αλαμογκόρντο του Λος Άλαμος. Η βόμβα σχάσης Πλουτωνίου δοκιμάστηκε πριν τη χρήση της σε αντίθεση με την βόμβα σχάσης ουρανίου (Χιροσίμα) που δεν δοκιμάστηκε ποτέ διότι ήταν απολύτως σίγουρο ότι «δούλευε».

[17] Είδαμε ότι οι πυρήνες Ουρανίου-238 σχώνται μόνο από ταχέα νετρόνια και ο μόνος τρόπος να παραχθούν αυτά είναι μέσω άλλων σχάσεων η σύντηξης.



Απλοϊκό σχήμα μιας πυρηνικής βόμβας ενισχυμένης σχάσης



Ομοιώματα των πρώτων πυρηνικών όπλων, η διάτάξη θαλάμης τύπου Χιροσίμα (αριστερά) και η διάταξη είσρηξης τύπου Ναγκασάκι (δεξιά). Το ίδιο μέγεθος αναμένεται να έχουν τα πρώτα πυρηνικά όπλα σχάσης των επίτοκων πυρηνικών χωρών .

Οι βόμβες Υδρογόνου και οι βόμβες Νετρονίων δεν θα αναλυθούν εδώ[18] (αν και η τεχνολογία τους είναι γνωστή στο Ευρωπαϊκό Κέντρο Ελέγχου Όπλων) διότι εξ' αιτίας του εξαιρετικά υψηλού τεχνολογικού τους επιπέδου είναι μάλλον αδύνατο να κατασκευαστούν σήμερα από την Ινδία, το Πακιστάν η το Ιράν.

[18] Για επιπλέον πληροφορίες οι αναγνώστες μπορούν να επισκέπτονται την ιστοσελίδα της «Αθηνάς» όπου η παρούσα μελέτη υπάρχει έγχρωμη με εικόνες υψηλής ανάλυσης.