

ΠΟΙΟΙ ΚΑΙ ΠΩΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΑΝ ΤΗΝ ΑΤΟΜΙΚΗ ΒΟΜΒΑ

του Δρα Γιώργου Τσαλακού, Φυσικού

1 Εισαγωγή

Στις 6 Αυγούστου 1945, η ιαπωνική πόλη Χιροσίμα δεχόταν τον πρώτο στην ιστορία της ανθρωπότητας βομβαρδισμό με πυρηνικό όπλο. Τη μοίρα της Χιροσίμα είχε τρεις μέρες αργότερα μια δεύτερη ιαπωνική πόλη, το Ναγκασάκι. Και για τις δύο πόλεις ο απολογισμός ήταν τραγικός: Στη Χιροσίμα σκοτώθηκαν άμεσα 70000 άνθρωποι, ενώ μέχρι το τέλος του 1945 ο συνολικός αριθμός των θυμάτων έφθασε τις 140000. Οι αντίστοιχοι αριθμοί για το Ναγκασάκι είναι 40000 και 70000. Τα χρόνια που ακολούθησαν τη ρίψη των βομβών πολλές χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν από ασθένειες που προκλήθηκαν από την ακτινοβολία. Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμη και σήμερα το ποσοστό θανάτων από καρκίνο στις δύο αυτές πόλεις είναι δέκα φορές πιο ψηλό σε σύγκριση με την υπόλοιπη Ιαπωνία.

Το κατά πόσο ήταν αναγκαία η ρίψη των ατομικών βομβών στις δύο ιαπωνικές πόλεις είναι θέμα που συζητήθηκε πολύ. Οι περισσότεροι μελετητές υποστηρίζουν ότι οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με το βομβαρδισμό αυτό δεν επιδίωκαν τη συνθηκολόγηση της Ιαπωνίας για να λήξει οριστικά ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος, αλλά την επίδειξη αυτού του νέου και τρομακτικά ισχυρού όπλου με στόχο τον εκφοβισμό της Σοβιετικής Ένωσης και την επικράτηση των ΗΠΑ στη μεταπολεμική παγκόσμια πολιτική αρένα. Είναι αποδεκτό ότι η Ιαπωνία δεν μπορούσε πια να απειλήσει τις ΗΠΑ. Η Σοβιετική Ένωση είχε κηρύξει τον πόλεμο στην Ιαπωνία και η συνθηκολόγηση της ήταν θέμα μερικών εβδομάδων. Η επίσπευση της λήξης του πολέμου κατά μερικές εβδομάδες δεν μπορεί να δικαιολογήσει την πράξη των Αμερικανών.

Πιο κάτω θα ασχοληθούμε με ένα άλλο θέμα που αφορά την ατομική βόμβα και παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα, θα μας απασχολήσει η ιστορία κατασκευής της ατομικής βόμβας από τους Αμερικανούς επιστήμονες. Ποιοι ήταν αυτοί οι επιστήμονες και πώς αντέδρασαν, όταν αντιλήφθηκαν ότι είχαν κατασκευάσει ένα τρομερό όπλο; Τι σχέση είχε ο Αϊνστάιν με την κατασκευή της ατομικής βόμβας; (Πολλοί πιστεύουν ότι είναι ο Αϊνστάιν που έφτιαξε την ατομική βόμβα για τους Αμερικανούς. Η αλήθεια είναι πολύ διαφορετική.)

Για να παρακολουθήσουμε την πορεία κατασκευής της ατομικής βόμβας θα πρέπει να περιγράψουμε σε γενικές γραμμές τον τρόπο λειτουργίας μιας τέτοιας βόμβας. Αυτό θα μας βοηθήσει να αντιληφθούμε τα κρίσιμα βήματα που έγιναν σ' αυτή την πορεία και το ρόλο που έπαιξε ο κάθε επιστήμονας.

2 Τι είναι η ατομική (πυρηνική) βόμβα;

Η πυρηνική βόμβα που έπεσε στη Χιροσίμα είχε την ισχύ δεκαπέντε χιλιάδων τόνων TNT. Η βόμβα στο Ναγκασάκι είχε ισχύ είκοσι χιλιάδων τόνων TNT. Αυτή η τεράστια ποσότητα ενέργειας που ελευθερώνεται σε κλάσματα δευτερολέπτου προκύπτει από τη σχεδόν ταυτόχρονη διάσπαση των πυρήνων του υλικού μιας ατομικής βόμβας. Το υλικό αυτό μπορεί να είναι το ουράνιο (το πιο βαρύ στοιχείο που συναντούμε στη φύση) ή το πλουτόνιο (τεχνητό στοιχείο που

παρασκευάζεται σε πυρηνικούς αντιδραστήρες).

Ας δούμε, λοιπόν, με ποιο τρόπο μπορεί να διασπαστεί ένας πυρήνας ουρανίου και γιατί παράγεται τόσο μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Στον πυρήνα του ατόμου του ουρανίου υπάρχουν 92 πρωτόνια (ηλεκτρικά θετικά φορτισμένα σωματίδια), ενώ γύρω από τον πυρήνα του περιστρέφονται 92 ηλεκτρόνια (ηλεκτρικά αρνητικά φορτισμένα σωματίδια). Στον πυρήνα υπάρχουν και νετρόνια (ηλεκτρικά ουδέτερα σωματίδια). Ανάλογα με τον αριθμό των νετρονίων που υπάρχουν στον πυρήνα το ουράνιο που συναντούμε στη φύση χωρίζεται σε δύο είδη (δύο ισότοπα): το ουράνιο-238, που αποτελεί το 99,3% του φυσικού ουρανίου και το ουράνιο-235, με ποσοστό 0,7%. Το ουράνιο-238 έχει τρία νετρόνια περισσότερα στον πυρήνα του από το ουράνιο-235. Αν βομβαρδίσουμε ένα πυρήνα ουρανίου με ένα νετρόνιο, σε αρκετές περιπτώσεις ο πυρήνας αυτός θα χωριστεί σε δύο κομμάτια, ενώ ταυτόχρονα θα φύγουν και μερικά νετρόνια (συνήθως 2 ή 3). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **σχάση**. Το παράδοξο σ' αυτό το φαινόμενο είναι ότι η συνολική μάζα αυτών που παίρνουμε από τη σχάση είναι μικρότερη από τη μάζα που είχαμε πριν τη σχάση. Πού έχει «εξαφανιστεί» η υπόλοιπη μάζα; Την απάντηση δίνει ο τύπος του Αϊνστάιν για την ισοδυναμία μάζας—ενέργειας, ο πιο γνωστός τύπος της Φυσικής:

$$E = mc^2$$

(E είναι η ενέργεια, m είναι η μάζα και c είναι η ταχύτητα του φωτός στο κενό. Αν, λοιπόν, μετρήσουμε την ενέργεια που παράγεται κατά τη σχάση ενός πυρήνα ουρανίου θα δούμε ότι η μάζα που λείπει ισοδυναμεί με αυτή την ενέργεια. Το πόσο μεγάλη είναι η ποσότητα της ενέργειας που ελευθερώνεται φαίνεται με την εξής σύγκριση: η ενέργεια που παίρνουμε από τη διάσπαση των πυρήνων σε ένα γραμμάριο ουρανίου είναι ίση με την ενέργεια που καταναλώνει ένα σπίτι (με μέση κατανάλωση 1000 κιλοβατώρες το τρίμηνο) σε 7 χρόνια!

Από τη σχάση, όμως, ενός πυρήνα ουρανίου μέχρι την έκρηξη μιας ατομικής βόμβας υπάρχουν πολλά βήματα. Πιο πάνω αναφέραμε ότι κατά τη σχάση του πυρήνα του ουρανίου ελευθερώνονται και μερικά νετρόνια. Αυτά τα νετρόνια μπορεί να συγκρουστούν με άλλους πυρήνες ουρανίου και να τους διασπάσουν. Οι πυρήνες που θα διασπαστούν θα δώσουν πάλι νετρόνια, τα οποία με τη σειρά τους θα διασπάσουν άλλους πυρήνες και η διαδικασία θα συνεχίζεται. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται αλυσιδωτή αντίδραση και αποτελεί το πιο σημαντικό βήμα για την έκρηξη της ατομικής βόμβας, αλλά και για τη λειτουργία των πυρηνικών αντιδραστήρων. Αν υποθέσουμε ότι κάθε φορά δύο από τα νετρόνια καταφέρνουν να διασπάσουν νέους πυρήνες ουρανίου, τότε ο αριθμός των πυρήνων που διασπώνται σε κάθε στάδιο της αλυσιδωτής αντίδρασης θα είναι διπλάσιος από το προηγούμενο στάδιο. Το κάθε στάδιο της αλυσιδωτής αντίδρασης πραγματοποιείται σε μερικά δεσεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου. Έτσι η αλυσιδωτή αντίδραση που πραγματοποιείται σε μια ατομική βόμβα ελευθερώνει τεράστια ποσότητα ενέργειας σε κλάσματα του δευτερολέπτου.

Η αλυσιδωτή αντίδραση δεν μπορεί να ξεκινήσει σε οποιαδήποτε ποσότητα ουρανίου. Αν η μάζα του ουρανίου είναι μικρή τα περισσότερα νετρόνια που παράγονται κατά τη σχάση φεύγουν από το υλικό χωρίς να συγκρουστούν με άλλους πυρήνες ουρανίου και η αντίδραση σταματά. Υπάρχει, δηλαδή, μια ελάχιστη ποσότητα ουρανίου με την οποία μπορεί να ξεκινήσει η αλυσιδωτή αντίδραση. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από το πόσο εμπλουτισμένο με ουράνιο-235 είναι το ουράνιο. Το θέμα είναι ότι από τα δύο ισότοπα του ουρανίου το ουράνιο-235 παθαίνει σχάση πολύ πιο εύκολα από το ουράνιο-238, στο οποίο δεν μπορεί να ξεκινήσει η αλυσιδωτή αντίδραση. Το ουράνιο που υπάρχει στη φύση, όπως αναφέραμε πιο πάνω, περιέχει μόνο 0,7% ουράνιο-235. Η κρίσιμη μάζα για καθαρό ουράνιο-235 είναι γύρω στα 50 κιλά. Στην ατομική βόμβα που ρίφθηκε στη Χιροσίμα το ουράνιο δεν ήταν καθαρό ουράνιο-235 γι' αυτό η μάζα που χρησιμοποιήθηκε ήταν γύρω στα 100 κιλά.

Μέσα στην ατομική βόμβα το ουράνιο είναι χωρισμένο σε δύο κομμάτια. Αυτό είναι αναγκαίο για την αποφυγή τυχαίας έκρηξης. Στη βόμβα που έπεσε στη Χιροσίμα το ένα κομμάτι είχε τη μορφή σφαίρας, από την οποία έλειπε ένας κώνος. Η μάζα του κομματιού αυτού ήταν μικρότερη από την κρίσιμη μάζα. Ένα δεύτερο κομμάτι με τη μορφή κώνου (που ταίριαζε απόλυτα στο κενό που είχε η σφαίρα) βρισκόταν απέναντι από το κενό αυτό. Με τη βοήθεια κοινών εκρηκτικών το κομμάτι σε σχήμα κώνου εκτοξευόταν και έμπαινε στο κενό που είχε η σφαίρα. Η μάζα της συμπληρωμένης σφαίρας ήταν τώρα μεγαλύτερη από την κρίσιμη μάζα. Ταυτόχρονα λειτουργούσε και η πηγή νετρονίων, η οποία προκάλεσε την αρχική σχάση για να ξεκινήσει η αλυσιδωτή αντίδραση. Τα εκρηκτικά πυροδοτήθηκαν με τη βοήθεια μετρητή ύψους και η έκρηξη έγινε σε ύψος 500 μέτρων πάνω από την πόλη. Είχε υπολογιστεί ότι η έκρηξη σε αυτό το ύψος θα είχε πιο καταστροφικά αποτελέσματα

3 Πώς κατασκευάστηκε η πυρηνική βόμβα

3.1 Τα βήματα της φυσικής

Από τον τρόπο λειτουργίας μιας ατομικής βόμβας διαφαίνονται και τα βασικά επιστημονικά βήματα που έγιναν από τους φυσικούς και τους χημικούς (χωρίς αυτό να σημαίνει ότι τα βήματα αυτά έγιναν ειδικά για την ατομική βόμβα). Ξεχωρίζουμε τις πιο κάτω επιστημονικές ανακαλύψεις που διευκόλυναν την κατασκευή της ατομικής βόμβας:

1. Η ανακάλυψη το 1932 του νετρονίου από τον Άγγλο φυσικό James Chadwick (1891—1974). Αυτή η ανακάλυψη βοήθησε στην κατανόηση της δομής του ατόμου και στην εξερεύνηση του πυρήνα του ατόμου. Επειδή το νετρόνιο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο μπορεί πολύ εύκολα να πλησιάσει και να συγκρουστεί με τον πυρήνα του ατόμου.
2. Η πειραματική ανακάλυψη το 1938 της σχάσης των ατομικών πυρήνων από τους Γερμανούς επιστήμονες Otto Hahn (1879 — 1968) και Fritz Strassmann (1902 — 1980). Βομβαρδίζοντας πυρήνες ουρανίου με νετρόνια παρατήρησαν ότι έπαιρναν πυρήνες πολύ μικρότερους από τον πυρήνα του ουρανίου. Παρόμοια πειράματα είχε πραγματοποιήσει το 1934 και ο Ιταλός φυσικός Enrico Fermi (1901 — 1954), που πίστευε, όμως, ότι οι πυρήνες που προκύπτουν από το βομβαρδισμό του ουρανίου είναι πυρήνες νέων, βαρύτερων από το ουράνιο στοιχείων.
3. Η θεωρητική εξήγηση της σχάσης το 1939 από την αυστριακή φυσικό εβραϊκής καταγωγής Lise Meitner (1878 — 1968) και τον ανεψιό της Otto Frisch (1904 — 1979). Η Lise Meitner εργαζόταν στο Βερολίνο με τον Otto Hahn, αλλά μετά την άνοδο του Χίτλερ στην εξουσία διώχθηκε για την καταγωγή της και αναγκάστηκε να εγκαταλείψει τη Γερμανία και να εγκατασταθεί τελικά στη Σουηδία. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Αϊνστάιν $E=mc^2$ η Lise Meitner και ο Otto Frisch κατάφεραν να εξηγήσουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων των Otto Hahn και Fritz Strassmann και να δικαιολογήσουν την ενέργεια που παράγεται κατά τη διάσπαση του πυρήνα του ουρανίου. Ονόμασαν αυτή τη διαδικασία *σχάση* δανειζόμενοι τον όρο αυτό από τη βιολογία.
4. Η θεωρία της σχάσης του πυρήνα και η επιλογή ως πιθανού σχάσιμου υλικού του ουρανίου-235 και όχι του ουρανίου-238 από το Δανό φυσικό Niels Bohr (1885 — 1962) και τον

Αμερικανό φυσικό John Wheeler (1911 —). Το 1939 ο Niels Bohr εγκατέλειψε τη Δανία και κατέφυγε στις ΗΠΑ για να ξεφύγει από τους ναζιστές. Την ίδια χρονιά σε συνεργασία με τον John Wheeler εξήγησαν θεωρητικά τον τρόπο διάσπασης του πυρήνα του ουρανίου και υπέδειξαν τη θεωρητική δυνατότητα έναρξης της αλυσιδωτής αντίδρασης στο ουράνιο-235. Δύο χρόνια αργότερα ο Αμερικανός χημικός Glenn Seaborg (1912— 1999) ανακάλυψε ένα νέο στοιχείο, το πλουτόνιο-239, το οποίο επίσης μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν σχάσιμο υλικό σε μια ατομική βόμβα.

5. Η πραγματοποίηση το 1942 σε εργαστήριο ελεγχόμενης πυρηνικής αντίδρασης από τον Enrico Fermi και τους συνεργάτες του. Ο Enrico Fermi είχε μεταναστεύσει στις ΗΠΑ από την Ιταλία το 1938 εξαιτίας του φασιστικού καθεστώτος του Μουσολίνι. Εκεί συνέχισε τις έρευνες του στον τομέα της πυρηνικής φυσικής και ειδικότερα στο θέμα της πραγματοποίησης ελεγχόμενης αλυσιδωτής αντίδρασης. Κατασκεύασε τον πρώτο στον κόσμο πυρηνικό αντιδραστήρα και στις 2 Δεκεμβρίου 1942 πέτυχε την ελεγχόμενη αλυσιδωτή αντίδραση. Παράλληλα, με τη λειτουργία του πυρηνικού αντιδραστήρα έγινε δυνατή η παραγωγή του πλουτονίου-239.
6. Η ανακάλυψη μεθόδων διαχωρισμού του ουρανίου-235 από το φυσικό ουράνιο. Για την κατασκευή της ατομικής βόμβας ήταν απαραίτητο το ουράνιο-235. Το φυσικό ουράνιο, όμως, περιείχε 99,3% ουράνιο-238 και μόνο 0,7% ουράνιο-235. Η μεγαλύτερη τεχνική δυσκολία στην κατασκευή της ατομικής βόμβας ήταν ο διαχωρισμός του ουρανίου-235 από το ουράνιο-238. Αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι διαχωρισμού, οι οποίες στηρίζονταν στο ότι το ουράνιο-235 είναι λίγο ελαφρύτερο από το ουράνιο-238 (οι χημικές ιδιότητες των δύο ισοτόπων είναι οι ίδιες και έτσι δεν μπορούσε να γίνει ο διαχωρισμός με χημικές μεθόδους). Μια μέθοδος χρησιμοποιούσε το φαινόμενο της διάχυσης. Αέριες χημικές ενώσεις του ουρανίου περνούσαν μέσα από φίλτρα. Επειδή το άτομο του ουρανίου-235 είναι κάπως ελαφρύτερο από το άτομο του ουρανίου-238 τα μόρια της χημικής ένωσης που περιέχουν ουράνιο-235 είναι πιο ευκίνητα και έτσι μετά από κάθε φίλτρο η περιεκτικότητα σε ουράνιο-235 αυξάνεται. Μετά τη διάχυση μέσα από χιλιάδες φίλτρα μπορεί να επιτευχθεί πολύ ψηλή περιεκτικότητα ουρανίου-235. Μια άλλη μέθοδος είναι η φυγοκέντριση. Οι αέριες χημικές ενώσεις του ουρανίου περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα σε κυλινδρικά δοχεία. Τα μόρια που περιέχουν το ουράνιο-235 σαν ελαφρύτερα που είναι μαζεύονται στο κέντρο του δοχείου. Μια τρίτη μέθοδος χρησιμοποιεί την απόκλιση που θα έχει μια δέσμη φορτισμένων σωματιδίων όταν περνά μέσα από μαγνητικό πεδίο. Όσο πιο μικρή είναι η μάζα του σωματιδίου τόσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση του στο μαγνητικό πεδίο. Έτσι φορτισμένες χημικές ενώσεις του ουρανίου κατευθύνονταν μέσα σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Τα μόρια που περιείχαν ουράνιο-235 απέκλιναν πιο πολύ από τα μόρια που περιείχαν ουράνιο-238 και έτσι γινόταν δυνατός ο διαχωρισμός τους.

Υπήρξαν, φυσικά, και αρκετά άλλα προβλήματα που έπρεπε να λυθούν για να κατασκευαστεί η ατομική βόμβα. Με αυτά ασχολήθηκε το μυστικό στρατιωτικό πρόγραμμα των ΗΠΑ που ονομάστηκε « Σχέδιο Μανχάταν » .

3.2 Το σχέδιο Μανχάταν

Το καλοκαίρι του 1939 δύο φυσικοί ουγγρικής καταγωγής, Ο Leo Szilard (1898 — 1964) και

ο Eugene Wigner (1902 — 1995) επισκέφθηκαν τον Αϊνστάιν για να τον ενημερώσουν για τις επιτυχίες που είχαν οι Γερμανοί επιστήμονες στο θέμα της διαίρεσης του ατόμου του ουρανίου. Με το Χίτλερ στην εξουσία η κατασκευή από τη Γερμανία μιας ατομικής βόμβας θα είχε τραγικές συνέπειες για όλη την ανθρωπότητα. Η Γερμανία είχε στην κατοχή της και τα ορυχεία ουρανίου της Τσεχοσλοβακίας και μάλιστα είχε σταματήσει τις εξαγωγές ουρανίου σε άλλες χώρες. Αυτό δημιουργούσε σοβαρές υποψίες ότι οι Γερμανοί δούλευαν για την κατασκευή της βόμβας. Ο Leo Szilard και ο Eugene Wigner ζήτησαν τη βοήθεια του Αϊνστάιν για να θέσουν μπροστά στην αμερικάνικη κυβέρνηση την ανάγκη να κάνει κάτι για την κατασκευή της βόμβας. Ο Αϊνστάιν ήταν ο επιστήμονας με το μεγαλύτερο κύρος παγκόσμια και μια δική του παρέμβαση θα είχε πολύ μεγαλύτερη βαρύτητα παρά μια παρέμβαση οποιουδήποτε άλλου επιστήμονα. Με βάση ένα προσχέδιο που ετοίμασε ο Leo Szilard ο Αϊνστάιν έστειλε στις 2 Αυγούστου 1939 επιστολή προς τον πρόεδρο των ΗΠΑ Φραγκλίνο Ρούζβελτ. Στην επιστολή αυτή ο Αϊνστάιν πληροφορούσε τον Ρούζβελτ ότι μια ατομική βόμβα θα έχει τρομακτική ισχύ και εξέφραζε τους φόβους του για το ενδεχόμενο μια τέτοια βόμβα να κατασκευαστεί από τους Γερμανούς. Ταυτόχρονα τον καλούσε να ενεργήσει έτσι ώστε οι ΗΠΑ να ξεκινήσουν την προσπάθεια κατασκευής της ατομικής βόμβας. Ο Ρούζβελτ απάντησε στον Αϊνστάιν δύο μήνες αργότερα πληροφορώντας τον ότι έχει συσταθεί μια επιτροπή για να μελετήσει το θέμα. Στην ουσία αυτή η επιτροπή δεν πήρε και πολύ στα σοβαρά τις ανησυχίες του Αϊνστάιν. Μέχρι την είσοδο των ΗΠΑ στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, το Δεκέμβρη του 1941, δεν είχαν γίνει βήματα για την κατασκευή της βόμβας. Οι επιστήμονες συνέχιζαν τις έρευνες τους για να κατανοήσουν το πρόβλημα της σχάσης και της αλυσιδωτής αντίδρασης. Τον Ιανουάριο του 1942, μετά από πληροφορίες ότι οι Γερμανοί συνέχιζαν τις έρευνες τους για την κατασκευή της βόμβας και οι Βρετανοί προσπαθούσαν να αναπτύξουν ένα τέτοιο πρόγραμμα, ο πρόεδρος Ρούζβελτ πήρε την απόφαση για την κατασκευή της βόμβας. Τον Αύγουστο του 1942 ξεκίνησε το μυστικό στρατιωτικό πρόγραμμα για την κατασκευή της ατομικής βόμβας με την κωδική ονομασία « Σχέδιο Μανχάταν » (The Manhattan Project). Επικεφαλής του προγράμματος ήταν ο στρατηγός Leslie Groves (1896 — 1970). Το εργαστήριο, στο οποίο γινόταν ο σχεδιασμός της ατομικής βόμβας, βρισκόταν στο Λος Αλάμος της πολιτείας του Νέου Μεξικού και επιστημονικός επικεφαλής του εργαστηρίου είχε διορισθεί ο Robert Oppenheimer (1904—1967). Στην πολιτεία Τενεσί κατασκευάστηκαν τεράστια εργοστάσια για το διαχωρισμό του ουρανίου-235, ενώ στην πολιτεία Ουάσινγκτον κατασκευάστηκαν πυρηνικοί αντιδραστήρες για την παραγωγή του πλουτωνίου-239. Οι επιστήμονες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα είχαν εγκριθεί και από τον στρατό και από τις μυστικές υπηρεσίες. Κάποιοι από αυτούς ήταν κάτοχοι του βραβείου Νόμπελ Φυσικής ή Χημείας και κάποιοι άλλοι βραβεύτηκαν μετά τον πόλεμο με το βραβείο Νόμπελ . Αυτό δείχνει ότι η κατασκευή της βόμβας απαιτούσε τεράστια θεωρητική και πειραματική έρευνα, η οποία γινόταν ομαδικά από μια πλειάδα ικανών επιστημόνων. Ανάμεσα τους υπήρχαν αρκετοί Ευρωπαίοι φυσικοί που είχαν εγκαταλείψει τις χώρες τους για να γλιτώσουν από τους ναζιστές και τους φασίστες. Από τον Αϊνστάιν, που θεωρείτο ο μεγαλύτερος φυσικός της εποχής και ο οποίος είχε πάρει την αμερικανική υπηκοότητα το 1940, δεν είχε ζητηθεί να συμμετάσχει στο πρόγραμμα. Το γιατί θα το συζητήσουμε στην επόμενη ενότητα.

Αποτέλεσμα του Σχεδίου Μανχάταν ήταν η κατασκευή τριών ατομικών βομβών. Η πρώτη ρίχθηκε για σκοπούς δοκιμής στις 16 Ιουλίου 1945 σε μια ερημική περιοχή του Νέου Μεξικού. Ήταν μια βόμβα πλουτωνίου. Η δεύτερη, με την κωδική ονομασία «Little Boy», ήταν η βόμβα ουρανίου που έπεσε στη Χιροσίμα στις 6 Αυγούστου 1945. Η τρίτη με το όνομα «Fat Man» ήταν η βόμβα πλουτωνίου που κατέστρεψε τη Χιροσίμα στις 9 Αυγούστου. Η απόφαση για το βομβαρδισμό της Ιαπωνίας με τις ατομικές βόμβες ήταν μια καθαρά στρατιωτικοπολιτική απόφαση και η άποψη των επιστημόνων που κατασκεύαζαν τη βόμβα δεν είχε βαρύνουσα σημασία. Αρκετοί από αυτούς (ανάμεσα τους και ο Robert Oppenheimer) εναντιώθηκαν στη

χρησιμοποίηση της βόμβας, αφού ήταν φανερό ότι ο πόλεμος έβαινε προς το τέλος του. Αργότερα ο Robert Oppenheimer εναντιώθηκε στην κατασκευή της βόμβας υδρογόνου, μιας βόμβας πολύ πιο ισχυρής από την ατομική. Τάχθηκε επίσης υπέρ της χρησιμοποίησης της ατομικής ενέργειας για ειρηνικούς σκοπούς. Για τη στάση του αυτή διώχθηκε από τις αμερικανικές αρχές και κατηγορήθηκε (αβάσιμα) ότι ήταν κατάσκοπος της Σοβιετικής Ένωσης.

Αντίθετα, κάποιοι άλλοι επιστήμονες τάχθηκαν υπέρ του βομβαρδισμού της Ιαπωνίας. Ανάμεσα τους και ο Eduard Teller (1908 — 2003), ο οποίος στη συνέχεια τέθηκε επικεφαλής του σχεδίου για την κατασκευή της βόμβας υδρογόνου και ήταν ένας από τους εμπνευστές του «Πολέμου των Άστρων» (δηλαδή, της εγκατάστασης όπλων λέιζερ στο διάστημα για την καταστροφή στόχων στο διάστημα ή στη Γη).

4 Ο Αϊνστάιν και η ατομική βόμβα

Όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή αρκετοί πιστεύουν ότι είναι ο Αϊνστάιν που κατασκεύασε την ατομική βόμβα ή είχε, τουλάχιστον, ενεργό συμμετοχή στην κατασκευή της. Μάλιστα, ένα βιβλίο τον αναφέρει σαν ένα από τους συνεργάτες του Robert Oppenheimer στο Λος Αλάμος, πράγμα εντελώς λανθασμένο. Όπως είδαμε από την ιστορία της κατασκευής της ατομικής βόμβας η μοναδική ανάμειξη που είχε ο Αϊνστάιν στην υπόθεση αυτή ήταν η επιστολή που έστειλε στο Ρούζβελτ το 1939. Κάποιος θα μπορούσε να πει ότι αυτή η επιστολή έδωσε το έναυσμα για να ξεκινήσουν οι προσπάθειες κατασκευής της ατομικής βόμβας. Στην πραγματικότητα η αντίδραση της αμερικάνικης κυβέρνησης στην επιστολή του Αϊνστάιν ήταν υποτονική και μόνο μετά την είσοδο των ΗΠΑ στον πόλεμο ξεκίνησαν οι ουσιαστικές εργασίες για την κατασκευή της βόμβας.

Η ενέργεια του Αϊνστάιν να στείλει την επιστολή στο Ρούζβελτ ήταν μια πράξη που είχε σκοπό την αντιμετώπιση μιας πιθανής παγκόσμιας καταστροφής. Αν ο Χίτλερ κατάφερνε να αποκτήσει την ατομική βόμβα η ανθρωπότητα θα κινδύνευε άμεσα με αφανισμό. Η πιθανότητα να κατασκευάσει η Γερμανία την ατομική βόμβα δεν ήταν και τόσο μικρή όπως αργότερα κάποιοι προσπάθησαν να την παρουσιάσουν. Είχε στην κατοχή της τα πλούσια κοιτάσματα ουρανίου της Τσεχοσλοβακίας και στην ηγεσία της βρίσκονταν οι πολεμοχαρείς Ναζί. Επικεφαλής της προσπάθειας ήταν ο νομπελίστας φυσικός Verner Heisenberg (1901 — 1976), ένας από τους δημιουργούς της κβαντικής μηχανικής και από τους πιο ικανούς θεωρητικούς φυσικούς της εποχής. Ευτυχώς για την ανθρωπότητα δεν κατάφεραν στο τέλος να κατασκευάσουν την ατομική βόμβα, ίσως γιατί δεν πρόλαβαν (ούτε οι Αμερικάνοι κατάφεραν να φτιάξουν τη βόμβα πριν την ουσιαστική λήξη του πολέμου, το Μάιο του 1945).

Θεωρείται σίγουρο ότι ακόμα και αν δεν έστελνε την επιστολή ο Αϊνστάιν οι έρευνες για την κατασκευή της ατομικής βόμβας θα ξεκινούσαν (όπως ξεκίνησαν στη Γερμανία και στη Μεγάλη Βρετανία).

Η άλλη « συμβολή » του Αϊνστάιν στην έρευνα για την ατομική βόμβα ήταν η εξίσωση του: $E = mc^2$. Με τη βοήθεια της έγινε κατορθωτή η κατανόηση του φαινομένου της σχάσης. Η εξίσωση αυτή διατυπώθηκε το 1905 σαν συνέπεια της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας που είχε διατυπώσει τον ίδιο χρόνο ο Αϊνστάιν και πολύ πριν ανακαλυφθεί το φαινόμενο της σχάσης.

Το συμπέρασμα, λοιπόν, είναι ότι ο Αϊνστάιν δεν είχε καμιά ουσιαστική συμβολή στην κατασκευή της ατομικής βόμβας.

Από αυτά που αναφέραμε πιο πάνω γεννιούνται δύο ερωτήματα: Γιατί η Αμερικάνικη κυβέρνηση δεν ζήτησε από τον Αϊνστάιν να συμμετάσχει στο Σχέδιο Μανχάταν και γιατί, μετά τον πόλεμο, παρατηρήθηκε μια προσπάθεια να «φορτωθεί» σ' αυτόν η ηθική ευθύνη για την κατασκευή της βόμβας; Στο πρώτο ερώτημα η απάντηση έχει δύο πτυχές: Πρώτα απ' όλα, ο Αϊνστάιν

δεν είχε ασχοληθεί με την πυρηνική φυσική, ούτε θεωρητικά ούτε πειραματικά. Τα επιστημονικά ενδιαφέροντα του επικεντρώθηκαν από το 1920 στη δημιουργία της ενιαίας θεωρίας του πεδίου. Το δεύτερο «μειονέκτημα» του ήταν οι αριστερές του απόψεις που δεν δίσταζε να εκφράζει με κάθε ευκαιρία. Το FBI παρακολουθούσε τον Αϊνστάιν και τον θεωρούσε επικίνδυνο στοιχείο. Αυτό, ίσως, να είναι και η απάντηση στο δεύτερο ερώτημα. Ο Αϊνστάιν είχε αναπτύξει και πριν και μετά τον πόλεμο ιδιαίτερα έντονη αντιπολεμική δράση. Όντας ο μεγαλύτερος εν ζωή επιστήμονας και γνωστός παγκόσμια η δράση του ενάντια στους εξοπλισμούς θα μπορούσε να γίνει επικίνδυνη για αυτούς που ήθελαν να αναπτύξουν νέα όπλα. Έτσι προσπάθησαν να ρίξουν την ευθύνη για την κατασκευή της βόμβας σ' αυτόν.

5 Επίλογος

Η κατασκευή της ατομικής βόμβας ήταν η αρχή της κούρσας των εξοπλισμών στη διάρκεια του ψυχρού πολέμου. Μετά τις ΗΠΑ η Σοβιετική Ένωση κατασκεύασε τη δική της ατομική βόμβα. Οι ΗΠΑ προχώρησαν το 1952 στη δοκιμή της πρώτης βόμβας υδρογόνου για να τους ακολουθήσουν ένα χρόνο αργότερα οι Σοβιετικοί. Οι δοκιμές που ακολούθησαν είχαν συνεχώς μεγαλύτερη ισχύ φθάνοντας στο ισοδύναμο δεκάδων εκατομμυρίων τόνων TNT (χιλιάδες φορές πιο ισχυρές από τη βόμβα στη Χιροσίμα). Στην κούρσα αυτή σπαταλήθηκαν πολλά υλικά αγαθά και μολύνθηκε το περιβάλλον σε πολλές περιοχές εξαιτίας των πυρηνικών δοκιμών. Σήμερα, αρκετές χώρες κατέχουν πυρηνικά όπλα, μεταξύ των οποίων είναι οι ΗΠΑ, η Ρωσία, η Κίνα, η Γαλλία, η Μεγάλη Βρετανία, η Ινδία, το Πακιστάν, το Ισραήλ.

Παράλληλα με τη στρατιωτική εκμετάλλευση της πυρηνικής ενέργειας αναπτύχθηκε η χρήση της για ειρηνικούς σκοπούς. Το 1954 στη Σοβιετική Ένωση λειτούργησε ο πρώτος ατομικός ηλεκτροπαραγωγός σταθμός. Σήμερα, πολλές χώρες στηρίζουν την παραγωγή σημαντικού ποσοστού της ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζονται στους πυρηνικούς ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς. Ταυτόχρονα, οι πυρηνικοί αντιδραστήρες παράγουν διάφορα ραδιενεργά στοιχεία, τα οποία χρησιμοποιούνται στην ιατρική, στην τεχνολογία και αλλού.

Η θέση των επιστημόνων που έλαβαν μέρος στο πρόγραμμα κατασκευής της βόμβας ήταν ιδιαίτερα δύσκολη. Ο κίνδυνος να κατασκευαστεί από τη Γερμανία ένα τέτοιο όπλο ώθησε αρκετούς από αυτούς να υπερπηδήσουν τους ενδοιασμούς που είχαν και να λάβουν μέρος στο πρόγραμμα. Αργότερα, όταν είδαν ότι η ατομική βόμβα δεν ήταν απαραίτητη πλέον για τον τερματισμό του πολέμου αντιτάχθηκαν έντονα στη χρήση της με αποτέλεσμα να πληγεί η καριέρα τους. Κάποιοι άλλοι δεν είχαν τέτοιους ενδοιασμούς και βοήθησαν στην περαιτέρω ανάπτυξη των πυρηνικών όπλων. Ο κάθε επιστήμονας κρίνεται από τη στάση που τήρησε στις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούσαν και όχι εκ των υστέρων. Για παράδειγμα, ο Robert Oppenheimer και ο Edward Teller συμμετείχαν στο Σχέδιο Μανχάταν. Μετά το τέλος του πολέμου ο Oppenheimer αντιτάχθηκε στην ανάπτυξη των νέων πιο ισχυρών όπλων με αποτέλεσμα να χάσει όλα τα προνόμια που είχε, ενώ ο Teller τάχθηκε υπέρ της κατασκευής της βόμβας υδρογόνου και ήταν ο υπεύθυνος του προγράμματος που έφτιαξε τη βόμβα αυτή. Κατά την άποψη μας, η στάση του Oppenheimer ταιριάζει πιο πολύ με τη στάση ενός ηθικού επιστήμονα. Πολλές κακές χρήσεις της επιστημονικής προόδου θα αποφεύγονταν, αν όλοι οι επιστήμονες ενεργούσαν με τον τρόπο που ενέργησε ο Robert Oppenheimer.

ΠΗΓΕΣ

- Βεργανελάκης, Αντώνης (επιμέλεια), *Εμείς και η ραδιενέργεια*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1989.
- Bodanis, David, *$E=mc^2$. Η βιογραφία της πιο διάσημης εξίσωσης στον κόσμο*, Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνη, Αθήνα, 2003.
- Jerome, Fred, *The Einstein File: J. Edgar Hoover's secret war against the world's most famous scientist*, St. Martin's Griffin, New York, 2003.
- Pais, Abraham, *The science and the life of Albert Einstein*, Oxford University Press, Oxford, 1982.
- Segre, Emilio, *Enrico Fermi. Physicist*, The University of Chicago Press, Chicago, 1970
- Σιβούχιν, Ντ. Β., *Ατομική και πυρηνική φυσική*, Εκδοτικός οίκος Ναούκα, Μόσχα, 1989 (στα ρωσικά).
- <http://www.atomicarchive.com/History/mp/index.shtml>
- http://en.wikipedia.org/wiki/The_Manhattan_Project

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

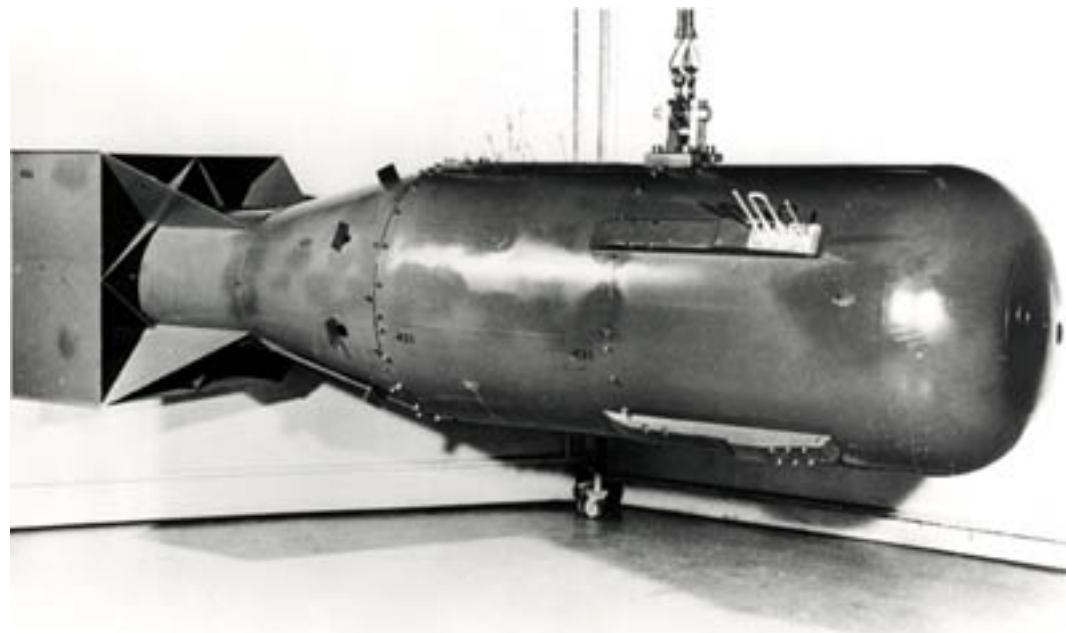
1. Ο επικεφαλής του Σχεδίου Μανχάταν Στρατηγός Leslie Groves



2. Ο επιστημονικός διευθυντής του Σχεδίου Μανχάταν Robert Oppenheimer



3. Η ατομική βόμβα που ρίφθηκε στη Χιροσίμα (η βόμβα Little Boy).



4. Η έκρηξη της ατομικής βόμβας στο Ναγκασάκι.

