

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR



# AZ ATOMBOMBA TÖRTÉNETE



SZABÓ RÓBERT

BUDAPEST

2017.

## 0. TARTALOMJEGYZÉK

0. Tartalomjegyzék .....	2.
3. Levél az Elnökhöz .....	12.
4. A Manhattan-terv .....	14.
5. Az amerikai motivációk a bomba elkészítésére és ledobására .....	15.
6. Hiroshima és Nagaszaki .....	16.
7. A szovjet atombomba .....	21.
8. Az amerikai hidrogénbomba .....	22.
9. A szovjet hidrogénbomba .....	24.
10. Az első és második csapás mérésének képessége .....	26.
11. A megtorlási képesség fegyverrendszerei .....	27.
12. Az interkontinentális ballisztikus rakéták és az űrhajózás .....	28.
13. Az elrettentéstől a kölcsönösen biztosított megsemmisítésig .....	31.
14. A MAD problémái .....	33.
15. A nukleáris támadás elleni védekezés nehézségei .....	34.
16. Egy atombomba felrobbantásának fizikai-fiziológiai következményei .....	35.
17. A kísérleti robbantások (céljai, mennyisége, korlátozása) .....	37.
18. Speciális bombák .....	39.
19. Az INF-egyezmény .....	40.

### 3. LEVÉL AZ ELNÖKHÖZ

#### Az Einstein-Szilárd levél

- Einstein aláírásával küldött levél 1939. aug. 2. Roosevelt elnöknek, de nagy részét Szilárd Leó, Teller Ede és Wigner Jenő fogalmazza meg
- 1939. július: Szilárd Leó meglátogatja Einsteint Long Island-i nyaralójában
- lényege: felhívják az elnök figyelmét, hogy Hitler nukleáris programja egy esetleges atombombát kíván készíteni, ezért az USA is kezdjen hasonlóba
- számot adnak az atomenergia eredményeiről és arról, hogy egy ilyen bomba óriási méretű pusztítást okozna (maghasadás, uránérc szükséglet) <-> csak októberben jut az elnök kezébe, aki Lengyelország lerohanásával foglalatoskodik (II. világháború kezdete, 1939. szeptember 1.)
- levél aggasztó értesüléssel zárul: Németország beszüntette a csehországi urán exportját, illetve Weizsäcker helyettes államtitkár fiát, aki jelentős fizikus volt, a berlini Vilmos Császár Intézetbe rendelték <-> németek is nehezen boldogulnak a tervvel ( $^{235}\text{U}$  szeparálása nehézkes) 1942 nyarán lemondanak a bomba előállításáról
- kezdeti lépést ez adja majd az 1942-ben alakuló Manhattan-programnak
- 1952-ben Einstein visszautalt levelére egy japán folyóirat hasábjain, mintha saját felelősségét szeretne volna csökkenteni. Itt azt írja, hogy az elnökhöz írt levelében annak szükségességét hangsúlyozta, hogy nagyszabású kísérletsorozattal kell megvizsgálni az atombomba előállításának lehetőségét. Mindezt azért tette, annak ellenére, hogy jobban szereti a békét, mint a háborút, mert félt, hogy a németek előbb járnak sikerrel e téren (Einstein nem vett részt a bomba megalkotásában, csupán a levelet írta alá)
- Szilárd tartott attól, hogy az atombomba a világalomra törő náci kezébe kerül, ezért azt javasolta tudostársainak: ne publikálják kutatási eredményeiket, nehogy bármely közlemény segítséget nyújtson a németeknek.

#### Német atombomba-program

- 1939. április: német birodalmi hadügyminisztériumba levél érkezett, miszerint esedékes egy hagyományos bombánál sokszoros erővel bíró új fegyver kifejlesztése
  - az ügy kezelésére létrejön az Urán Társaság
  - koordinációs tudományos központ az akadémiai berlini Vilmos Császár Fizikai Intézet lett (ennek volt rektora sokáig Einstein) -> vezetője Werner Heisenberg, aki megkapja az ország legjobb atomfizikusait
- tudósgárda, ipari háttér és pénz megvolt: ezt biztosította Hitler állama
- de kellett még tíz tonna fémes urán és 5 tonna nehézvíz, mint láncreakció-moderátor
  - urán: megszállt Csehszlovákiából és Belgiumból
  - nehézvíz: csak Norvégia
    - 1940. április: Wehrmacht elfoglalja Norvégiát
    - nehézvíz előállítója Rjukan mellett található, szövetséges bombázások és kísérletek, nehogy Hitler kezébe jusson a nehézvíz-telep
    - nehézvíz = deutériumoxid, atomreaktorokban neutronfékező anyagként használják. A vízbontó-üzemekben 5-7 ezer liter közönséges vízből nyerhető egy liter nehézvíz
- 1942-től a háború menete megfordul, a német vezetés reménykedik a csodafegyverek kifejlesztésében – Heisenberg 2-5 éven belül reálisnak tartja a német atomerőmű kifejlesztését
- a program végül nem valósul meg – okok:
  - idő és pénz: a háború menete megfordul, a szovjet közeledés és a hadsereg kimerülése miatt elveszik a csodafegyverekre szánt pénzösszeget

## Az atombomba története

- zsidóüldözés hozzájárul, hogy kiváló német tudósok külföldre emigráljanak (pl. Einstein – USA)
- kritikus tömeg előállítása nem sikerül
- szövetségesek aláaknázzák a nyersanyag-források megszerzését: bombázások, nehézvíz-telepek felrobbantása, stb.
- Ezzel Hitler elveszíti az atomenergiái versenyt, Németország képtelen időben bombát alkotni

## 4. A MANHATTAN-TERV

### Manhattan-project

- levél ad löketet a szervezésnek -> vezető Leslie R. Groves tábornok, aki 1250 t uránércet biztosított
- fejlesztések titokban, fedőnevek alatt zajlanak, 200 ezer ember dolgozik rajta
- először első atomreaktor készül el: 1941. maghasadás vizsgálata (Neumann János, Szilárd Leó, Enrico Fermi, Wigner Jenő)
- 1942. felkérlik J. Oppenheimert, hogy a legritkábban lakott területen létrehozott atomváros, Los Alamos (Új-Mexikó) tudományos irányítója legyen
- uránfeldolgozás Oak Ridge-ban (Tennessee) zajlott, ahol 50-60 ezer lakos élt az odavándorolt munkások miatt (itt állított elő polóniumot Róna Erzsébet, aki előbb a nyomjelzéses Hevesyvel, majd Otto Hahnnal dolgozott együtt, Párizsban Iréne Curie munkatársaként is)
- $^{235}\text{U}$  szeparálását Chien-Shiung Wu kínai kutatónő oldotta meg a Columbia egyetemen, ezt a gázdifúziós eljárást alkalmazták Oak Ridge-ben, ahol 1944-ben kezdték el az üzemek felépítését
- a tömegspektrográfhhoz elektromágnesek kellettek: Lawrence ezt tovább fejlesztve hozta létre a Calutron nevű készülékeket, amely 1 A ionáram mellett 3 g/nap mennyiségű, lényegében tiszta  $^{235}\text{U}$ -t tudott előállítani (urándúsítás)
- új fejlesztésekkel a  $^{238}\text{U}$  izotópból neutronbefogással  $^{239}\text{Pu}$ -t állítottak elő (Hanford, Washington állam) -> első atombomba hasadóanyaga plutónium: Trinity kísérleti robbantás, 1945. július 16. Alamogordo
- Az atombomba működésekor a robbanóanyag egyetlen gömbbé löki össze a hasadóanyagot, ami szupersűrű folyadékká válik, így elérve a kritikus tömeget, ami a láncreakció beindulásához szükséges. Egy berillium gyújtó szerkezet is összeroppan a magban, hogy neutronok áradatával elindítsa a láncreakciót. Az egész hasadási energia robbanásszerűen szabadul fel. A robbanás akkor következik be, amikor elegendő erő szabadul fel, hogy szétörje a bomba burkolatát.
- A mérnökök a bomba szállításához új repülőgépeket terveztek. A szállítási lehetőségre Einstein is utalt a programot elindító, az elnöknek írt levelében. Ő akkor hajón képzelte el a szállítást, illetve kikötőket és környéküket gondolta célpontnak.

### Trinity-robbantás

- Alamogordo, 1945.07.16.: teszt időpontja ~ atomkorszak kezdete
- implóziós szerkezetű plutóniumbomba, Nagaszakihoz hasonló kivitel, 20 kilotonna erő
- Egy szubkritikus tömegű plutónium gömböt helyeztek egy nagyobb, robbanószert tartalmazó üreges gömb középpontjába. A robbanószerekből álló burok felületén elhelyezett számos detonátor egyidőben történő aktiválásával erőteljes, befelé irányuló robbanás keletkezett, ami a plutónium magot összenyomva annak sűrűségét megnövelte, ezáltal szuperkritikus állapotot, következésképpen nukleáris robbanást eredményezett.
- „Gadget”-nek nevezik: gyakorlatban nem bevethető + kerülik a bomba szó használatát
- 30 méter magas bombatorony tetején helyezik el a bombát
- Groves tábornok parancsára egy 214 tonnás acéltartályt készítettek („Jumbo”), az értékes plutónium viszszerelése céljából, arra az esetre, ha az 5 tonna hagyományos robbanószert képtelen lett volna azt a kritikus tömeget összenyomni
- 3 méter mély és 330 m széles radioaktív üvegből álló krátert hagy maga után a robbanás, 1-2 másodpercig a nappali fénynél is erősebb fény világít: „Aznapi kétszer kelt fel a Nap”
- lökéshullámot 160 km távolról is lehet érezni
- A gombafelhő 12 kilométeres magasságot ért el. A kráterben a nagyrészt szilícium-dioxidból álló sivatagi homok megolvadt és enyhén radioaktív világos zöld üveggé alakult; ezt trinititnek nevezték el.

## 5. AZ AMERIKAI MOTIVÁCIÓK A BOMBA ELKÉSZÍTÉSÉRE ÉS LEDOBÁSÁRA

- **Legfőbb motiváció:** félelem a német atombombától – miután ez megszűnik és Berlin kapitulál (1945. május), Szilárd tiltakozik a bevetése ellen: szerinte ez fegyverkezési versenyt váltana ki, ami háborúhoz vezet (de nem tudja meggyőzni Brynes politikust)
- **Ledobás oka:**
  - csökkenteni az amerikai haderő emberveszteségét: USA mindenképp győzött volna, de bomba nélkül nagyobb veszteséggel, hiszen partraszállás kellett volna Japánba a teljes kapitulációhoz
  - erődemonstráció a Szovjetunió felé
  - európai hadszíntér megszűnése után szovjet offenzíva a japánok ellen a megszállt Kínában -> félt, hogy Kína és Japán is a szocialista blokk része lesz
  - bosszúvágy Pearl Harbour miatt?
- **sok USA-ba emigrált tudós félt a német bombától**
  - *Pauli*, bár Európából Princetonba menekült, nem csatlakozott egyetlen háborús terv megvalósításához sem.
  - *Weisskopf*, aki a Manhattan terv Los Alamos-i helyszínén dolgozott, későbbi visszaemlékezéseiben arról ír, hogy a fizika fontosságának megítélése nem egyszerű dolog. Nemcsak az igazság keresése, hanem a természet feletti uralom lehetőségeit is magában hordozza. Ő és társai a háborút akarták lerövidíteni, hogy milliók életét kímélhessék meg
  - *Niels Bohr*: egy deig Los Alamosban elméleti szaktanácsadóként dolgozott. 1944-ben kérte Rooseveltnél, hogy a bombát ne használják fel arra a célra, amire készítették. Figyelmeztette, hogy a bomba ledobása egy olyan fegyverkezési versenyt indítana el, amely világszerte veszélyeztetné a természettudósok jövőbeni együttműködését.
  - *Einstein*: nem vesz részt a megalkotásban, Pugwash konferenciák: ne legyen bomba
- **április: Rooseveltné halála -> új elnök Truman**
  - Július elején, néhány héttel az Alamogordói kísérleti robbantás előtt, kilenc, a programban részt nem vevő magfizikus – James Franck vezetésével – a beadvánnyal fordult a hadügyminisztériumhoz.
  - Ebben felhívták a kormány figyelmét azokra a politikai problémákra, amiket a bomba bevetése okozhat. Az atomfizikusok eredményei minden eddigi természettudományos-technikai fejlesztésnél nagyobb veszélyt hordoznak magukban és a politikusoknak annak tudatában kell cselekedni, hogy az atombomba bevetése a tudósok felelősségével való visszaélést jelent. Ráadásul ezen fegyver ellen semmilyen védekezési lehetőség nincs.
  - Sürgették a nemzetközi konfliktusok nemzetközi együttműködés útján történő megoldását és a magenergia békés felhasználását. Azonban, hogy a rengeteg befektetett munka, erőfeszítés és nem utolsósorban pénz, ne vesszék kárba, elrettentésként az egyesült nemzetek egy-egy küldöttségének lehetne bemutatni a háborút lezáró, jól átgondolt javaslatok serkentőjeként és Japán megadásának elősegítéseként.
  - kísérleti robbantás sikeres (Alamogordó), amiről Truman Potsdamban értesül -> ledobás Japánra: nem ismertetik a megadás feltételeit, csak az első bomba ledobása után
- **miért kellett második bomba is?**
  - Groves tábornok élesben kíváncsi a plutóniumbomba erejére
  - erődemonstráció még egyszer: Amerika bármire képes – Japán és USSR felé is

## 6. HIROSIMA ÉS NAGASZAKI

### Történelmi háttér

- Meghal Roosevelt, amerikai kétségbeesés: ki lesz az új vezető, aki hozzáértő és megbízható. Truman nem olyan, csak kétszer találkozott Roosevelttel, nem tisztelik és nem bíznak meg benne. Nem tudott az atom-bombáról sem.
- „A halott japán a jó japán” – nagy gyűlölet ellenük, kérdés: jogos volt e a ledobás?
  - negatív megítélés: kényszermunkatáborok + óriási amerikai veszteség a japánok makacs ellenállása miatt
- Okinavai partraszállás: 1945. tele-tavasza – óriási veszteség, japánok makacs ellenállása ezt növeli
- 1945 nyara: Japán katonailag összeomlott, nincs flotta és légierő, csak a szárazföld, ami otthoni védelemre jó max. – kapitulációt kér Amerika, nem engedik: japán császár az inváziótól elrémiszt mindenkit, propaganda, féltik hatalmát, a császárságot meg kell menteni -> megoldás: kamikázék
- 1945.március 9. 334 B-29 bombázta Tokiót, 80 ezer japán halott. Hozzájárul a nagy gyűlölethez: nem csak katonai célpont, hanem civilek bombázása (japánok gázfegyvert használtak Kínában)

### Little Boy – Hiroshima

- 4,5 tonna súly; 3 m hosszú és 71 cm átmérőjű
- 64 kg erősen dúsított urán
- Kísérleti fegyver, így nem tudni, működik-e majd
- 13 ezer TNT erejével robban fel!
- Az uránt egylövedékbe és egy céltárgyba osztották szét.
- Bomba úgy működik mint egy ágyú: hagyományos robbanótöltet hozza létre a nyomást, mely előrelöki a lövedéket, hogy a céltárgyba ütközzön.
- Kritikus tömegben másodpercek alatt kialakul a láncreakció, hatalmas energia szabadul fel.

### Tudósok csatározásai

- Szilárd Leó: le akarja beszélni Trumant a ledobásról, de nem engednek: szovjet előrehatolás veszélyes, kell az erőskezű Amerika léte. Azt hiszik, hogy ezzel kezelhető lesz a Szovjetunió
- Szilárd Leó 68 aláírást gyűjt össze atomtudósoktól, hogy ne dobják le. Tömeggyilkosnak tartja magát mindig, miután mégis ledobják.
- James Burnes: Mr. Atombomba, nagy befolyás, nem enged: le kell dobni, Truman embere, szovjetellenes. Később külügyminiszter, nagy hatalom
- Trumannak el kell magát fogadtatni, politikába beleszokni. megy a harc az elnök kegyeiért. engedi hogy ki-vegyék kezéből az irányítást.
- Sokan támogatják, George Marshall nem: azt mondja, ha bevetik, az Amerika imázsát rombolja le. Robbanás után nem hozza szóba többé, letagadja, hogy ilyet mondott volna.
- „Eltakarítjuk a trágyadombot” – Tokiót! Elfogadottá vált a civilek tömegbombázása erkölcsileg. Truman folytatja ezt a szokást.

### Alternatívák

- Vezérkari főnök atombomba nélküli terve: Kyushu 250 ezer halott, 500 ezer sebesült; akár 1 millió is -> terv bomba nélkül, hány amerikai életet lehetne megmenteni?
- Hogyan lehetne elkerülni a véres helyzetet?
  - 1) Katonai: kivárják, míg az oroszok támadnak (3 hónap május 8 után, utána támad Japánra). Japán célja, hogy ne lépjenek hadba, kedvező minőségbe tekintsenek Japánra. Japán többször kéri az USSR-t, hogy közvetítsen békét az USA és közöttük
  - 2) diplomáciai: meghagyni Japán császárságát bizonyos feltételek mellett, „feltétel nélküli megadás feltételeinek módosítása”, magyarul tárgyalás, nem muszáj kapituláció, mert az tovább növeli a vérengzést
  - 3) bomba: sokan támogatják. de nem katonai célpontra dobják le, hanem városra, civilekhez. jún.1. döntés a felhasználásról

(bomba nélkül 1946 végéig folytatódhatott volna a háború, 1 millió sebesülttel. Akkor is beveti, ha kisebb a veszteség lett volna.)

### USA-USSR

- Potsdam: Truman még mindig lemondhatná, de nem teszi: utána akarja, hogy kész a bomba, mert lehet kísérleti bombát nézni, így erőfölény USSR-vel szemben. Atomarzenál, Sztálin félne.
- működik a kísérleti bomba, már nem kell USSR sem és tárgyalás sem Japánnal: ott a bomba! Már nem kell az ultimátumba, hogy megtarthassa a császárt Japán.
- Nincs figyelmeztetés a bombáról. Ultimátum már bombázás után. Truman még 15-e előtt akarja ledobni, hogy demonstráljon a szovjeteknek: nehogy túl sok jusson nekik.
- szovjet kémek Los Alamosban: Sztálin előbb tud a bombáról, mint Truman. de nem tudja, mi lesz a célpont. megdöbben majd Japán ellen. Truman megemlíti Sztálinnak, hogy van egy veszélyes fegyver, de Sztálint nem érdekli.
- csak 2 bomba volt, amit gyorsan egymás után dobtak le: inkább jelzi, hogy szovjetellenes, mint emberáldozat kímélő.
- novemberi invázió volt tervben: csak ez a két bombájuk volt, nem volt 3. és 4.!
- 2 nappal később, 8-án szovjet belépés: japán állások megtámadása Kínában

### Helyszínválasztás

- Grauss stratégiája: katonai bizottság tagjai kijelölnek 4 várost, amit megkímélnék a hagyományos bombázásától, hogy jobban demonstrálják rajta a bombát, későbbi hatásokat felmérjék.
- Kiotó: ősi kultikus főváros, hegyekkel körbe, ideális bombázására katonailag, de inkább pszichológiai tényezők. Magasan képzett emberek élnek, jobban képesek felfogni a bombát
- cél: pszichikai hatás + fegyver visszhangja legyen. nem stratégiai cél, hanem városok földrajzi középpontja a bombázás célja.
- Nem szólnak róla Japánnak, nincs figyelmeztetés, hogy minél nagyobb legyen a pusztítás -> annál nagyobb lesz a világ meghökkenése, megindul az atomverseny



### Ledobás

- 3 cél: ebből a végleges Hirosima kikötővárosa
- Hirosima katonai jelentőséggel bír: távközlési központ, egyik gyülekezőhely (43 ezer katona) + 300 ezer civil
- 07:27. B-29 Enola Gay eléri Japánt: ledobás feltétele, hogy látható fentről, nincs meteorológiai zavar
- T-alakú hídra dobják, városközpont, 3000 méter fentről dobják.
- A bombának előre beállított 580 m-es magasságban kellett felrobbannia, 42 sec elteltével
- emberek meteorológia felderítőnek vélik, nem félnek, megnézik a gépet inkább, nem foglakoznak vele, nem mennek óvóhelyre: ezért sok halott

### Apokalipszis most!

- 1945.08.06. váratlanul felragyog a fény, vakító fehérség: „látta a csontjait a bőrén keresztül, mint egy röntgen”
- 16 km magas, 5 km széles felhő a város 350 ezer lakója felé szétterül
- A bomba mindent pusztasággá változtat: 70 ezer halott azonnal, 70 ezer súlyosan sérült. de a harc folytatódik -> augusztus 9. Nagaszaki: 40 ezer halott

### Működés

- Bombaműködés menete:
  - kis térfogatban robbanásszerűen robban
  - sugárzó gömb, rendkívül forró, nap felszínénél is melegebb
  - gamma és neutronsugárzás, mint láthatatlan sugárzás
  - izzó gömb tágulása megáll, nagynyomású lökéshullám terjed szét 1000 km/h sebességgel: talajrúó visszavert és elindult felfelé egyesül, indul tovább
- Ezért maximalizálják a lent elpusztult dolgokat: ha a földre dobják, akkor talaj nyeri el a zömét, kisebb pusztulás, levegőben viszont lökéshullámot okoz, mely mindent elsöpör

### Pusztítás menete

- első szakasz a hőszugárzás: 4 ezer °C, második a lökéshullám
- acél olvadás x2; elszenesedés azonnal, olyan energia (üveg-gránit megolvad)
- robbanás 240 méteres sugarában mindenki meghal, nyom nélkül tűnnek el és atomárnyék marad utánuk
- hőszugárzás mindent meggyújt, bár magasban robban: tűzvész
- az hogy él vagy hal valaki, attól függ, milyen messze van a robbanástól.
- lökéshullám 10 másodperc alatt eltarol mindent, 60 ezer épületet tönkrever (épületek 67%-a)
- 1 perc múlva a 14,5 km messze, 8880 m magasan repülő Enola Gay is megérzi a lökést, 2 lökéshullám is volt
- lökéshullám eléri a házakat: tető töredezni kezd, lehámozza a tetőt, összeroppan a nagy nyomástól

### Atomárnyék

- Az emberi test tehetetlensége miatt egyfajta "pajzs"-ként felfogta a robbanás erejét: a test atomjai egyszerűen nem képesek elég gyorsan szétrepülni (ezen az elven működik a hidrogénbomba is).
- Így egyfajta árnyékoló mezőként funkcionáltak: ahol ott álltak, megvédték (valamennyire) a mögöttük lévő tárgyakat, falakat.
- Kb. mintha festéket fújnál a falra, és odatennéd a kezed. Ahol takarod, ott "árnyék" keletkezik, vagyis tiszta marad a fal.
- És az alakok magasságából ki lehet számolni, honnan érkezett a robbanás lökéshulláma. Az intenzív hőszugárzásról van szó!

### Következmények

- lóg a bőrük, emberek megpörkölődnek, mindenük fekete: megsülnek
- legnagyobb baj, hogy nincs orvos, aki segítene: meghalnak, megsérülnek. 45 egészségügyi létesítményből 3 maradt épen
- titokzatos X-kór: hajhullás, foltok, hányinger, sugárbetegség.
- Amerikának sincs ismerete a sugárzás embertérő teljes hatásairól, eddig is csak nyulakon végezték
- első ezredmásodpercekben gamma, neutron és röntgensugárzás formájában elektromágneses sugárzás terjed szét 3 km sugarú körben
- Sejtkárosítás, 800 méteren belül a sugárzás halálos
- túlélők ezrei ma is vesznek részt ebben az orvosi vizsgálatokban, hosszúak, több nap, régen is volt
- nem hozzák nyilvánosságra nagyon, titkolózás, titkosítás: amerikai nép megtudná otthon, nem tetszene neki – elégedetlenség
- korabeli hatásokat később kísérleti robbantásokkal kívánták szimulálni
- Truman jelentést kér néhány héttel Hiroshima után a bomba fizikájáról: különböző kutatók adatokat gyűjtenek a romok között, amerikaiak és japánok is

### Fat Man – Nagaszaki

- A történelem első atomrobbantása, a Trinity-teszt 1945. július 16-án igazolta a bomba működőképességét.
- 1945. augusztus 9-én délelőtt 11:02-kor az amerikai Bockscar nevű B-29-es bombázó ledobta a bombát Nagaszakira.
- A bomba a Mitsubishi gyár fölött 550 méterrel robbant. A robbanás ereje körülbelül 21 kilotonna TNT erejének felelt meg.
- Tömege 4670 kg, hossza 3,66 m, átmérője 1,52 m volt.
- Kövér ember / Fat man: plutóniumbomba kipróbálása, Nagaszaki
- vitatkoznak Tokióban, mert a keményvonalas háborúpártiakat is békére kényszeríti a szovjet belépés, de közben második bomba
- Truman nem akarja, hogy legyen harmadik is -> aug.15. császár bejelenti a kapitulációt a rádión. Császár hatalma fennmarad, nem teljesen feltétel nélküli megadás.

**Ledobáshoz való egyéni hozzáállás:**

- *Harry L. Stimson* hadügyminiszter: kételkedik a ledobás helyességében, bombázás ellen van, kísérlete – hogy figyelmeztesse a japánokat – nem sikerül
- *William Leahy* admirális: tárgyalni akar, szerinte kapituláció nem fontos
- *tudósok*: figyelmeztetni akarják a japánokat
  - ellene van: Szilárd, Urey
  - mellette: Oppenheimer és a többség
- *Albert Einstein*: megdöbben a bomba ledobásán, megbánta Roosevelthez írt levelét
- *Otto Hahn*: ugyancsak megveti a ledobást, de megdöbben, hogy USA-nak sikerült az atombomba

**Utóélet**

- A 3. bomba ledobását Truman elnök megakadályozta.
- 1945. augusztus 15-i rádióbeszédében a császár bejelentette a japánok megadását, ami mégsem volt teljes kapituláció: Hirohito császár látszólagos uralmát megtarthatta
- A megadási nyilatkozatot szeptember 2-án írták alá, ami a második világháború végét jelentette.
- Hirosima nagyon gyorsan újjáépült, a villamos közlekedés 3 nappal a bombatámadás után helyreállt és azóta is az ottani közlekedés ikonikus elemei.
- A város jelképe a leander, mely elsőként hozott virágot a pusztítás után.
- Békekonferenciák és atomellenes rendezvények helyszínévé vált.
- 1964-től ég a „béke lángja” mely arra emlékeztet, hogy az atomfegyverrel rendelkező országok nem szerelték le tömegpusztító arzenáljukat.
- A Hirosima Béke Emlékmű, melynek nyugati szárnya a támadásban legépebben maradt épület, a kereskedelmi központ, 1996-tól szerepel az UNESCO világörökségi listáján.

## 7. A SZOVJET ATOMBOMBA

- Joszif Visszarionovics Sztálin először 1942-ben hozott döntést arról, hogy a vörös birodalomnak ki kell fejlesztenie az új fegyvert, miután egy fiatal tudós, **Georgij Flerov** egy neki írt levélben tájékoztatta a rendelkezésre álló lehetőségektől + Berija értesítést kap, hogy nyugaton már megkezdődtek az első munkálatok
- **Potsdam:** Truman említést tesz egy amerikai csodafegyverről <-> Sztálin valószínűleg ekkor már tud a részletekről, s utasításba adja a szovjet program felgyorsítását
- első szovjet nukleáris fegyver, 1949. aug. 29. mai Szemej közelében robbantanak
- fejlesztése 1946-tól zajlott: Szarov melletti Arzamasz-16 telepen, Julij Hariton vezetésével -> 1946 közepére 2 bomba terve készült el:
  - RDSZ-1: plutónium töltet, Fat Man másolata
  - RDSZ-2: saját szovjet konstrukció
- atombombához először reaktort kell létrehozni: 1947, Csernjabinszk
- 22 kilotonna erő, „**Első villám**” becenév -> ledobás = amerikai atombomba-monopólium véget ér, USA fokozott erővel lát hozzá a saját hidrogénbomba kifejlesztéséhez (USA: 1952 <-> USSR: 1953)
- **fő vezéralakok:**
  - fontos szerepe volt Igor Kurcsatov orosz fizikusnak, akit Sztálin kér fel az USA-ból szerzett információk és műszaki ismeretek értelmezésére és a bomba összeállítására – orosz magfizika egyik alapszemélye
  - politikai felügyeletet Berija látja el
- RDSZ-2: 1951. szeptemberében próbálják ki, 38 kilotonna erő: sikeres robbantás, de az USSR hivatalosan nem jelenti be a robbantást („**Második villám**”)
- **elősegíti a gyors és hatékony szovjet bombagyártást:**
  - német dokumentumok és tudósok, akiket a világháború után raboltak össze
  - Manhattan-program információit kikémkedik, esetleg onnan érkeznek információk (Flusch)
  - sajátos szocialista módszerek: megfélemlítés, börtönszerű munkavégzés
  - USSR megijed, hogy Japán után őrájuk dob majd Amerika atombombát

## 8. AZ AMERIKAI HIDROGÉNBOOMBA

### Története

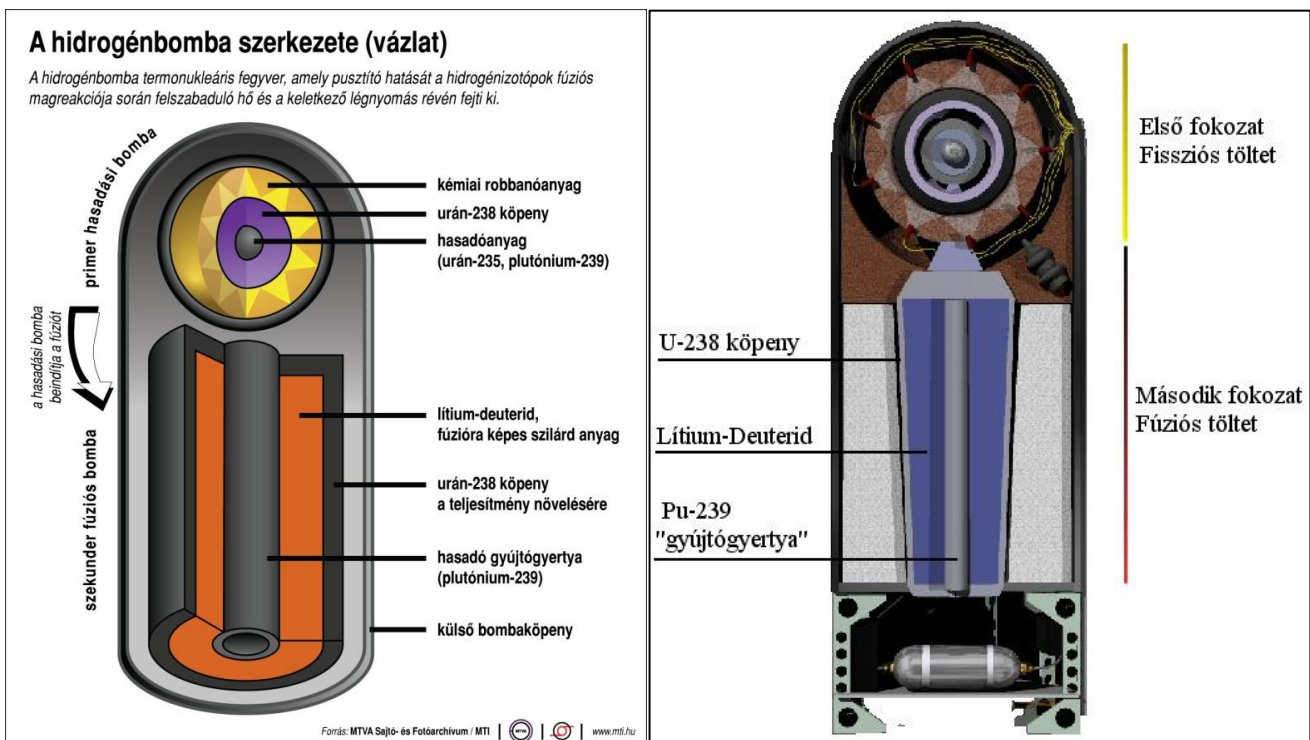
- 1949. szovjet atombomba híre -> Teller tárgyal Trumannal: új bomba kell, erősebb és nagyobb, megelőzni a szovjeteket; megindul a hidegháborús nukleáris verseny
- cél: fúziós bomba, vagyis elemek szuperkritikus tömeggé sűrítése, ami a hidrogént fúzióra készíti
- Enrico Fermi számításai ellenőrzik ezt, Neumann János Princetoni első nagy digitális számítógépével (ENIAC): ehhez az energiához a hasadási energia kell
- Los Alamos-i kutatóbázisban zajlanak a kutatások
- Teller terve:
  - hasadó anyag sugárzásával oldotta meg az összenyomást
  - Másik ötlete az volt, hogyha a bomba hidrogén részén plutóniumot helyeznek el, akkor a maximálisan összesűrített anyagban egy olyan másik maghasadási folyamat is beindul, mely az ellenkező irányba hat, így a hidrogén még jobban összenyomódik.
- Ivy Mike próbaeszköz: (Borostyán-hadművelet)
  - 2 emelet magas, 82 tonnás acélhenger
  - benne koncentrikusan sorakozó hópalackok, melyeket szuperhideg deutérium-hidrogén üzemanyag töltött ki
  - óriási tömege és üzemanyaga miatt nem volt bevethető
  - Teller nem vett részt a próbarobbantáson, hanem a Berkeley egyetem alagsorában várta a szeizmikus mérés eredményeit: lökéshullám elérkezik, Teller távirata: „It is boy!” (Megszületett a fiú!) <-> egész folyamatot lassítja Teller és a lengyel Stanislaw Ulam rivalizálása
  - 1952. nov. 1. robbantás: 500-700x akkora erő mint Hiroshima; Enewetok-atoll
  - hatóerő:
    - Hatóerejének 77 százaléka a deutériumtartályt körülvevő, mintegy 4,5 tonna urán hasadástól származott.
    - Az 5,2 kilométer átmérőjű tűzlabdából kialakult gombafelhő alig 2 és fél perc alatt 33 km magasra emelkedett, majd 37 km-en stabilizálódott, a gomba teteje 160 km széles területre szét, a szára 32 km széles volt. A robbantással az Enewetok korallzátonyhoz tartozó Elugelab sziget eltűnt a Föld színéről, helyén egy 1,9 km átmérőjű, 50 méter mély kráter maradt.
    - A légnyomás és a hat méteresre emelkedő hullámok letarolták a tesztszigetek teljes növényzetét. A robbanástól 50 kilométer távolságban tartózkodó hajókra radioaktív koralltörmelék hullott, az atoll egész környéke sugárszennyezett lett. (A tisztítás hozadékaként két mesterséges elem keletkezett: az einsteinium és a fermium.)
  - 1953. nyara: elkészül a szovjet hidrogénbomba, amely egyszerűbb, mint az amerikai
- 1954. március 1. Castle Bravo akció: újabb amerikai robbantás a Bikini atollon
  - 10,7 tonna; 1,5x hatóerő; deutérium-trícium helyett lítiumdeuterid üzemanyag
  - vártnál nagyobb hatás: nem csak  ${}^6\text{Li}$  nyelt el neutron, hanem  ${}^7\text{Li}$  is -> több trícium és neutron
  - nagyobb a hatása, több radioaktív anyag messzebbre jut el -> Szerencsés Sárkány nevű japán halászhajó legénysége nagy sugárdózist kap, később meghalnak

### Hidrogénbomba és szerkezete

- H-bomba / termonukleáris bomba
- lehetne „kétfázisú atombomba” elnevezése is: atomhasadás biztosítja a fúzió energiáját
- termonukleáris fegyver: beindításhoz rendkívül magas hőmérséklet kell, akár 10-20, sőt 50 millió °C

## Az atombomba története

- normál sűrűsége nem indul meg a fúzió, csak ha a fúziós anyagot erősen összepréseljük, de előtte a hasadás ereje már szétvetné a fúziós köpenyt is -> megoldás: Teller-Ulam-konfiguráció
  - Ha a gyutacsaként szolgáló hasadási bombát egy nehézfém (volfrám, urán, stb.) anyagú, forgási ellipszoid alakú tükör egyik fókuszpontjába helyezük, akkor a robbanás pillanatában keletkező hőmérsékleti sugárzást a tükör a másik fókuszba gyűjti össze, ebben a fókuszpontban foglal helyet a fúziós mag.
  - Mivel  $10\,000\text{ °C}$  hőmérséklet megfelel kb.  $1\text{ eV}$  energiának, a robbanás néhány száz tízmillió fokos hőmérsékletén néhány száz tíz keV energiájú sugárzás, azaz röntgensugárzás keletkezik. Ezt a röntgensugárzást a tükör addig koncentrálja, amíg anyaga a sugárnyomás hatására szét nem repül. (A sugárzás nyomása több millió atmoszféra is lehet.)
  - Valamivel a sugárzás után érik el a tükröt a robbanás neutronjai, majd a lökéshullám, ezek befejezik a rombolást. A tükör atomjai azonban - tehetetlenségüknél fogva - képesek ellenállni a sugárnyomásnak annyi ideig, amennyi elég a fúziós reakció megindulásához, illetve lefolyásához.
  - Az a tény közismert, hogy a "hidrogén" mindig nehézhidrogént (deutériumot vagy tríciumot) jelent a bomba esetében, azonban deutérium-trícium keverékből nem lehetne gyakorlatilag használható (harctéren bevethető) bombát készíteni. A D- és T-gáz csak akkor érheti el a megkívánt sűrűséget, ha cseppfolyós halmazállapotban van. A folyékony nitrogénnel és folyékony héliummal működő cseppfolyósító berendezések eleve lehetetlenné tennék a szállítható bomba megalkotását.
  - A megoldás: a "száraz hidrogénbomba" megalkotása, ugyanúgy, mint a robbanás fókuszálásának a megoldása, Teller Ede, továbbá - tőle függetlenül - Dmitrij Szaharov nevéhez fűződik. Ha a fúziós töltetet lítium-deuteridből (LiD) készítik, akkor a hasadási gyutacs neutronsugárzása hatására a lítium tríciummá alakul. A keletkező trícium a deutériummal reakcióba lépve neutronot termel, így a lítium-trícium átalakulás igen gyorsan és jó hatásfokkal végbemehet.
- Teller Ede: hidrogénbomba atyja
- ereje többszöröse az atombombáénak: atombomba 15-20 kilotonna <-> hidrogénbomba: 10 ezer kilotonna



## 9. A SZOVJET HIDROGÉNBOOMBA

### RDSZ-6sz

- 1953. aug. 12. első szovjet hidrogénbomba
- hatóereje 400 kilotonna
- egyszerűbb megoldás: robbanó repeszlővédékben deutérium-trícium elegyet rétegekben helyezik el, így hatóereje kisebb Ivy Mike-tól
- 10 ezer embert telepítenek ki előtte

### További robbantások

- 1954. szeptember 14-én Tockojei járás területén a Dél-Ural és a Volga folyó között robbantották fel az atombomba tökéletesített példányát.
- Az 1955. november végén repülőgépről ledobott hidrogénbomba már elérte az Ivy Mike hatóerejének tizedét. Töltetének egy részét semleges anyaggal helyettesítették. Egy inverziós réteg miatt a lökéshullám visszaverődött a felszínre, ami miatt 3 ember meghalt.
- Egyes kutatások szerint az 1953-as szovjet hidrogénbomba még nem volt valódi hidrogénbomba, csak az 1955-ös: ekkor jöhettek rá a szovjetek a Teller-Ulam szerkezet lényegére, avagy szerezték meg a pontos információkat az elkészítés módjáról
- Klaus Fusch: kiszivárogtatja a szovjeteknek az amerikai információkat?, német származás

### Cár-bomba

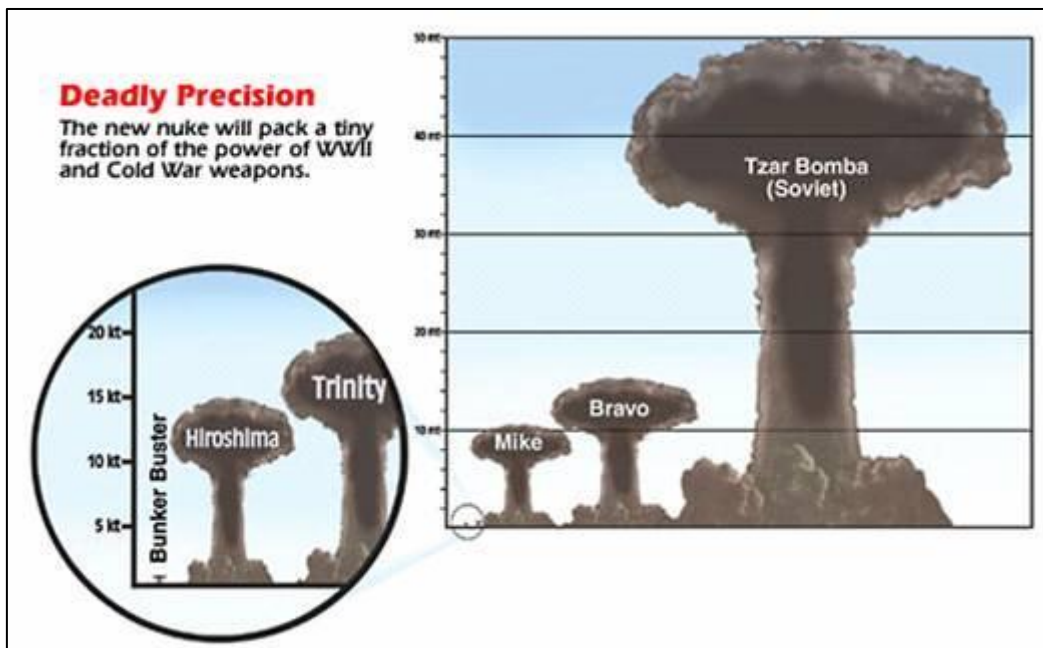
- világ legnagyobb hatóerejű bombája: 27 tonna, 8 m hosszú, 2 m vastag
- 1961. okt. 30. Novaja Zemlj, 50 megatonna hatóerő = 60 millió TNT hatóereje, 400x Hiroshima atombomba
- 10 ezer m magasságból dobják le, ejtőernyővel zuhan, így a repülő még időben el tudott menekülni a helyszínről
- cél erődemonstráció Amerika felé, hiszen katonailag nincs értelme: robbanás energiájának nagyobbik részét a világűrbe sugározza ki
- nukleáris fegyverek hatóerejének növeléséért folytatott verseny csúcspontja, innentől a bombaméret csökkentése és célbajuttatás pontosságának növelése a cél
- Eredetileg háromfokozatúra és kb. 100 Mt hatóerejűre tervezték, de ekkor igen jelentős radioaktív csapadék keletkezett volna. Ennek csökkentése érdekében a harmadik fokozatban az urán-238 köpenyt ólommal helyettesítették. A kialakításnak köszönhetően a felszabaduló energia 97%-a a magfúzióból származott, így a radioaktív szennyezés kismértékű volt – a bomba tehát igen nagy hatóereje ellenére az egyik "legtisztább" atomfegyver.
- A Cár-bomba ugyan az 1950-es évek végére készen volt, de a hidegháborús helyzet átmeneti javulása miatt akkor nem került sor a kísérleti robbantásra. Csak 1961-ben, a keleti és a nyugati szembenállás erősödésekor (1961-ben az első berlini fal, 1962-ben a kubai rakétaválság) vált időszerűvé a fegyver képességeinek demonstrálása.
- A robbanás tűzgömbje elérte a földfelszínt és kis híján a bombát kioldó repülőgépet is. A fényhatás még 1000 km távolságból, így Finnországból is látható volt. A hőhatás akkora volt, hogy még 100 km-es távolságban is harmadfokú égési sérüléseket okozott volna. A robbanáskor kialakult gombafelhő 64 km magasra emelkedett és 30–40 km széles volt. A szeizmikus lökéshullámok háromszor kerültek meg a Földet.

## Az atombomba története

- A bomba robbanásakor 39 nanoszekundum ( $3,9 \cdot 10^{-8}$  másodperc) alatt  $2,1 \cdot 10^{17}$  joule energia szabadult fel, ez  $5,3 \cdot 10^{24}$  watt teljesítményt jelent. A Cár-bomba felrobbantása volt ezidáig az emberiség történetében mesterségesen felszabadított legnagyobb energia, amely nagyjából megegyezik a Nap ugyanennyi idő (39 nanoszekundum) alatt kibocsátott energiájának 1%-ával. (Összehasonlításképpen, az Amerikai Egyesült Államok által épített legnagyobb nukleáris fegyver, a B41-es bomba hatóereje 25 Mt, a legnagyobb felrobbantott amerikai atomfegyver, a Castle Bravo kísérlet hatóereje pedig 15 Mt volt.)

### Kurcsatov-Szaharov

- Szaharov: tokamak berendezés kitalálója, = tóruszkamra mágneses tekerccsel, lényegében mágneses összetartású fúziós berendezés
- Kurcsatov: kiáll az atomenergia békés jellegű felhasználása mellett, tudósok együttműködését támogatja; 1958-ban támogatja Szaharovot a kísérleti robbantások felfüggesztéséért való kiállításában
- Szaharov 1970-es években a szerveződő emberi jogi mozgalmak tagja lett, 1975. béke Nobel-díjat kapott, 1980-1986. száműzik Gorkijba, 1989. halála: nemzeti hősként temetik el





## 10. AZ ELSŐ ÉS MÁSODIK CSAPÁS MÉRÉSÉNEK KÉPESSÉGE

- MAD = Mutual(ly) Assured Destruction mozaikszó
- „kölcsonösen biztosított megsemmisítés elve”: atomháború esetén mindkét fél elpusztul, így nem lesz győztes se -> nincs értelme megindítani
- egyik fél sem fog az első csapás lehetőségével élni, mivel a válaszlépések hasonló vagy még erősebb pusztulást hoznának
- európai lerohanás esetén USA atomtöltettel támad, mire USSR atomcsapást mér -> USA válasz atomcsapása USSR-re, teljes káosz
- valószínűleg a hagyományos háború is nukleáris háborúba torkollna, viszont ha háború nem is, nukleáris fenyegetés érzése kell: ahhoz pedig sok pénz az arzenálbővítésre, újabb és újabb fejlesztések
- USA „masszív ellenállása”, ha USSR lerohaná Európat = egyet jelent az atomháborúval
- csupán a George Washington osztályú rakétahordozó tengeralattjárók 1959-es megjelenésével született meg az atomhadsereg létrehozásának gondolata: túléli az első csapást és második csapás lehetősége
- 1960-as évek: Robert McNamara amerikai hadügyminiszter
  - atomhatalmaknak vagy első csapásos vagy második csapásos képességei vannak
  - elsőcsapásos képesség: elpusztítja egy ellenséges ország teljes nukleáris arzenálját és így elejét veti bármiféle ellenállásnak
  - második csapásos képesség: egy ilyen ország az atomtámadásra olyan jelentős válaszcsoapással tud reagálni, hogy az első csapás értelmét az jelentősen megkérdőjelezi
  - szerinte fegyverkezési verseny lényege hogy egyik ország megakadályozza, hogy a másik első csapásos legyen
  - rakétahordozó tengeralattjárók: lopakodó képesség, nagy mennyiség miatt másodcsapásos lehetőség, jól rejtőzik + nagy hatótávolság, számos rakéta fenyegető ereje -> 1962. Kuba: USSR ekkor érti meg ezek hatékonyságát, saját flottát állít fel
- 1980. július 25. Jimmy Carter elnök 59-es számú elnöki irányelve: ellentételező stratégia
  - nincs teljes atomháború
  - hanem USA először szovjet kormányt, majd katonai célpontokat semmisíti meg -> USSR még azelőtt megadja magát, mielőtt válaszcsoapás lehetséges -> atomháború megnyerhetővé válik, egyik fél megsemmisül
  - Reagan továbbfejleszti: Csillagháborús terv – orosz rakétákat még azelőtt megsemmisítik az űrbe telepített védelmi rendszerrel, mielőtt azok elérik Amerikát -> USSR rengeteget költ erre, összeomlás egyik oka
- lényeg: ha békét akarsz, készülj a háborúra – atomfegyverek hozták el a békét
- **1. (meglepetésszerű) csapás képessége**
  - igényei: pontosabb fegyver, jobb vezetési rendszer, hogy ne csak politikai és gazdasági, hanem katonai célpontok ellen is használható legyen
  - következménye: szélsőségesen instabil helyzet, különösen politikai feszültség idején
- **2. (megtorló) csapás képessége**
  - igényei: elegendő megtorló fegyver élje túl az első csapást
  - következménye: nagymértékű stabilitás
  - miattuk van készenlétben a nukleáris triád: interkontinentális rakéták, stratégiai bombázók, tengeralattjárók

## 11. A MEGTORLÁSI KÉPESSÉG FEGYVERRENDSZEREI

MAD doktrína működéséhez három dologra van szükség (nukleáris triád):

- stratégiai bombázókra,
  - interkontinentális ballisztikus rakétákra (ICBM),
  - és nukleáris rakétákat indító tengeralattjárókra (SLBM).
- 
- A **stratégiai bombázók** fejlesztése már az első atombombák kifejlesztése után megkezdődött. A Peacemaker és a Tupoljev-95 már ellenséges területre is berepülhettek, és atomcsapást intézhettek katonai és civil célpontok ellen, de a légvédelem és a radarok elől még ők sem bújhattak el – az első lopakodó bombázót, az F-117 Nighthawkot csak 1983-ban rendszeresítették. Nagy hatótávolságú csapásmérő repülőgépek, stratégiai célpontok támadására, mint például hidak, gyárak, erőművek stb. Példák: B-17 Flying Fortress, Lancaster, B-52 Stratofortress, Tu-95.
  - Az **interkontinentális ballisztikus rakéták** fejlesztésével a bombázóknál hatékonyabban lehetett atomtöltetet célba juttatni: a rakéta gyors volt, és ha az elhárító rakéták le is szedték őket, ez még mindig nem követelt emberéletet, mint egy bombázó kilövése. Az ICBM-ek hatalmas pusztítást végezhettek, különösen totális nukleáris háború esetén, de a rakétasilók sebezhető célpontok voltak.
    - olyan rakétafegyver, amelynek hasznos terhe röppályájának nagy részén ballisztikus pályán repül, majd visszatér a földi célpontjába
    - nagy sebesség: 7,5 km/s; nagy hatótávolság 10 ezer km; nagy repülési magasság: 1000 km, viszonylag kis sebezhetőség, célmegsemmisítés nagy pontossága
    - indítás: hajóról, szárazföldi indítóállásból = silókból, tengeralattjáróról, levegőből
    - lehet szerkezete egy- vagy többfokozatú, hajtóanyag folyékony vagy szilárd
    - ballisztikus rakéták hatótávolság szerint:
      - 1. 300-500 km hatótávolságú: tüzérségi
      - 2. 500-1000 km hatótávolságú: hadszíntéri
      - 3. 1000-5500 km hatótávolságú: közepes – IRBM
      - 4. 5500 km hatótávolságtól fölfelé: interkontinentális – ICBM  
(1000 km hatótávolság fölött már hadászati rakétákról beszélünk)
  - A **tengeralattjáró-kérdés** kulcsfontosságú volt a hidegháború idején, mivel ezek biztosíthatták a második lépcsős támadást. A tengeralattjárókat nem lehetett egyszerre kiiktatni, mint az ICBM-ek rakétasilóit, viszont közepes és nagy hatótávolságú rakétákat hordozhattak, és szinte láthatatlanok voltak. Ezért nemcsak akárhonnán támadhattak, de nem is lehetett megsemmisíteni őket.

## 12. AZ INTERKONTINENTÁLIS BALLISZTIKUS RAKÉTÁK ÉS AZ ŰRHAJÓZÁS

### Űrverseny – az új katonai hadszíntér

- Jelentése: hidegháborús fegyverkezési verseny az űr, mint hadszíntér meghódításáért
- Forrása: második világháborús német katonai fejlesztések
- Korszakolás: 1957-1975
  - 1957. Szputnyik-1 fellövése
  - 1975. közös USA-USSR Szojuz-Apollo program
- Werner von Braun:
  - német mérnök, kinek csapata kifejleszti a V-2-t, minden rakéta ősatyját (célja nem a háború, nem az űr meghódítása)
  - Megalkuvásból lesz nemzetszocialista: német hadiállam képes megfizetni az űrtervet
  - V-2: náci megtorlófegyver, alkalmazás Nagy-Britannia polgári és katonai célpontjai ellen
- Világháború vége: USA kezébe kerül a V-2 tervrajza + sok német mérnök <-> USSR megszerzi: több tucat alkatrész és félkész rakéták
- USA azonban nem akar alkalmazni németeket <-> Szergej Koroljov fejleszt, cél rakétával célbajuttatni az atombomba fegyvereit: megnyújtott törzs + nagyobb hajtómű, új irányítás
- Töblépcsős interkontinentális rakéta:
  - áttörést jelent
  - 5 rakéta egyben: törzset 4 indítórakéta fogja össze, ezek tépik le a rakétát a Föld gravitációs pórázáról, majd hagyják célbaérni a fő rakétát
- Braun parkoló pályán: médiának ír, más nem hallgatja meg -> ír Walt Disney rajzfilmgyárosnak
  - „Futuro Land”: űrtéma-park
  - Reméli, hogy ez majd felkelti Amerika érdeklődését
- R-7 kilövése: sikerül a szovjet rakéta fellövése, 6500 km távolra lőnek – siker: USSR képes, hogy atomcsapást mérjen Amerikára
- Eisenhower lépni akar, de az amerikai űrprogram még gyerekcipőben jár <-> nem akar politikailag konfrontálódni a német Braunnal
- Ezalatt: USSR hozzálát műholdja megépítéséhez -> Szputnyik-1 sikere rémületet kelt Amerikában

### Szputnyik-1

- Föld első műholdja, első űrbe juttatott űreszköz
- Feljuttatáshoz az első interkontinentális ballisztikus rakéta módosított változatát, az R-7-et használták
- Alacsony pályája miatt 3 hónap után megsemmisült a légkörben
- USSR már ez évben felküldi a Szputnyik-2-őt
- Tömege mindössze 83,6 kg volt; minél kevesebb, hogy sikerüljön az első kozmikus sebességet elérni
- 58 cm átmérőjű alumíniumgömb, amelynek egyik oldalán 4 darab, 2,4 m-es antenna nyúlt hátra
- Két rádióadót vitt magával (20 és 40 MHz), bip-bip-bip csipegéssel, melyet az amatőrök is fogni tudtak
- Eredmény: mérni lehetett a földpályán mozgást + ionoszféra elektronsűrűségének adatomérése
- meredek pálya: Föld lassan elfordult alatta, így rövid idő alatt elrepült a Föld egésze felett -> bizonyítja a világnak, hogy fellőtték
- műholdat belülről nitrogéngáz töltötte ki, melyet hőmérséklet-és nyomásmérőkkel egészítettek ki -> ezek mérték, ha egy esetleges meteorütközés lépne fel (fontos lesz, hogy milyen eséllyel éli túl egy űreszköz a küldetést az emberfellövések végett)

## Az atombomba története

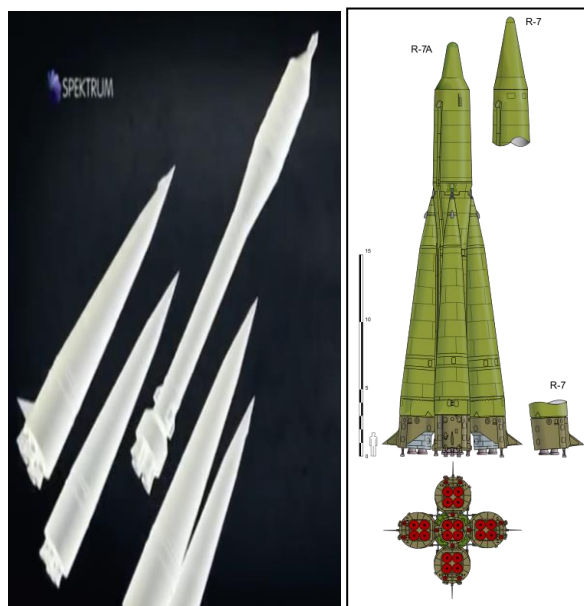
- 1440 keringést teljesített, mely során 70 millió km-t tett meg

### Amerika válasza

- Vengar-misszió:
  - Amerika lép, de Braun nélkül épít rakétát: nem sikerül fellőni a műholdat
  - Rakéta felrobban, USA totálisan le van maradva
- Braun hozzájárul a Jupiter-C hordozórakéta megépítéséhez -> siker: Amerika belép az űrversenybe, fellövi műholdját, Braun aktív taggá válik (Holdra-szállásban óriási részvétel)
- Folytatás:
  - 1957. Szputnyik-2, fedélzetén Lajka kutya
  - 1958. első amerikai űrrakéta, az ATLAS
  - 1958. első amerikai műhold, az Explorer-1
  - 1959. első amerikai katonai felderítő műhold, a Discoverer-1
- Mindeközben: USSR már emberfellövést próbálgatja, Gagarin útja (1961)
- Holdra-szállás: 1969, USA sikere

### Technikai adatok

- Interkontinentális ballisztikus rakéták kifejlesztése:
  - USSR: 1947-től
  - USA: 1954-től
- NATO-kód rakétái:
  - SS: surface Surface to surface, föld föld rakéta
  - SA: surface to air, föld-levegő rakéta
- R-7 Szemjorka:
  - legelső szovjet interkontinentális ballisztikus rakéta, melyet Szergej Koroljov tervezett
  - továbbfejlesztésével hozták létre a szovjet űrrakéta-típusok többségét, többek között a világ első műholdját (Szputnyik-1) pályára állító Szputnyik űrhajót
  - A rakéta alapvető felépítése különbözik a többfokozatú rakéták többségétől: a két rakétafokozat nem egymás mögött van, hanem a rakéta második fokozatát fogja közre az első fokozatként szolgáló négy gyorsítórakéta.



## Az atombomba története

**SZERGEJ KOROLJOV (1907-1966):** ukrán nemzetiségű szovjet mérnök, rakétatervező.

A Szovjetunió rakétafejlesztéseinek egyik fő irányítója, a Szputnyik-1, a világ első műholdjának és a Vosztok-1, a világ első űrhajósát szállító űrhajójának felbocsátásával írta be a nevét a történelembe. A szovjet rakéta és űrprogramok első vezetőjeként rendkívül sikeres mérnök – nem annyira repülési- vagy rakétaszakértőként, mint inkább szervezősenként juttatta hazáját vezető pozícióba a kezdeti idők űr kutatásában, az űrversenyben. Koroljov a sztálini terror áldozataként megjárta a Gulágot is, ami nagy mértékben járult hozzá korai halálához. Amikor elhunyt, a szovjet űrprogram elvesztette a hajtóerejét és a Szovjetunió elvesztette a Holdért vívott versenyt, de a világ vezető űrhatalmának szerepét is át kellett engednie az Egyesült Államoknak.

**WERHNER VON BRAUN (1912-1977):** német tudós, a náci megtorlófegyverek szakértője és megalkotója, később amerikai űrrakéta-fejlesztés egyik vezető alakja. Apja német mágnás, a család Berlinbe költözik, miután az államminiszter lesz. Fiatal korában érdeklődése a rakéták felé irányult; s amikor Hitler 1933-ban hatalomra került, elfogadta a német hadsereg finanszírozási programját. 1936-ban részt vett a Wehrmacht kísérleti rakéta program telepének megszervezésében (Balti-tenger melletti Peenemünde). A hosszú fejlesztés Hitler tetszését bár nem nyerte el, az eredmények ellenben magukért beszéltek: az 1944. szeptember 8-án fellőtt A-4 rakéta (V-2) tömeggyártására a Führer is rábólintott. A háború végén Amerikának adta meg magát, majd 1958-tól műholdak, rakéták, többlépcsős rakéták megépítésében vállalt kiemelkedő szerepet; s az űrutazás atyjává vált. Az 1969-es amerikai holdra szállást saját koncepciója alapján valószínűsítették meg, de az űrverseny győzelme után a kormány nem volt hajlandó több pénzt szánni az űrprogramra. Csalódva és félrevonulva, rákban halt meg 1972-ben.

## 13. AZ ELRETTENTÉSTŐL A KÖLCSÖNÖSEN BIZTOSÍTOTT MEGSEMISÍTÉSIG

### Történelmi háttér

- 1945. Második világháború vége
- 1946. Churchill fultoni beszéde
- 1947. Marshall-terv Európának
- 1948. Kelet-Európában baloldali hatalomrakerülések
- 1949. Megalakul a NATO, szovjet kísérletek Nyugat-Berlin blokádjára

### A korai nukleáris elrettentés és problémái

- nem akadályozza meg a hagyományos hódító háborút
- nem alkalmas polgárháború, forradalom esetén
- a monopólium kétséges és rövid életű

### 1949-től:

- az első bombák után: a kevés (a hagyományos fegyverek romboló hatásának nagyságrendjébe eső, de jóval hatékonyabb fegyvert) csak városra érdemes ledobni → feladata a megfélemlítés lehet (1945-)
- a monopóliumnak vége (1949)
- a hidrogénbomba megjelenése → a rombolóerő korlátlanul növelhető (1954-)
- a berlini helyzet és a koreai háború eltérő amerikai értékelései
  - a meglévő nukleáris fegyverek árnyékában hagyományos fegyverkezésre van szükség (-1953)
  - a költségek csökkentése érdekében a nukleáris fegyvereket kell fejleszteni (1953-)
- a masszív megtorlás stratégiája (A. F. Dulles, 1954): a hagyományos agressziót szabadon választott helyen és eszközzel toroljuk meg
- 1955. Nyugat-Németország felvétele a NATO-ba, Varsói Szerződés megalakítása
- 1956. Szezei válság
- 1957. Angol hidrogénbomba

### 1950/60-as évek

A '60-as évekre világossá vált, hogy a két szuperhatalom birtokában lévő több száz, majd több ezer nukleáris robbanófej gyökeresen új stratégiát követel.

Az új doktrína a kölcsönös elrettentés stratégiája lett: az atomhatalmak azért tartottak atomfegyvereket, hogy elrettentsék a többieket az ellenük irányuló csapástól. Ezek nyomán 1962-ben megszületett az **atomcsend-egyezmény**, amely kimondta, hogy csak a föld alatt végezhető rakétakísérlet, 1968-ban pedig az atomsorompó-egyezmény, amely tiltotta az atomtitkok át-és eladását.

Az '50-es években Nasszer egyiptomi elnök szovjetbarát politikát hirdetett meg, s mikor államosítani akarta a Szezei-csatornát ellenfelei összefogtak ellene. 1956. október 29-én brit, francia és izraeli csapatok támadták meg Egyiptomot. A támadók szétverték az egyiptomi főerőket, de politikai sikereket nem tudtak elérni, mert a szovjetek és az amerikaiak utasították őket a visszavonulásra. 1956 februárjában történt a **Szezei-Budapesti ikerválság** is. A lengyel tüntetések mellett Magyarországon, Budapesten 1956. október 23-án kitört a forradalom. Azonban ezt a szovjet csapatok leverték bevonulásukkal.

A két szuperhatalom 1962-ben, az ún. **karibi-válság** idején került a legközelebb az atomháborúhoz. Kubába szovjet rakétákat telepítettek (1959-62), egyensúlyozva az amerikaiak Törökországba telepített rakétáit. Az USA a szovjet

rakéták visszavonását követelve blokádot alá veszi Kubát. A két elnök (Kennedy és Hruscsov) találkozója után megszületik az egyezség a rakéták és a blokádot visszavonásáról. A találkozás az ENSZ főtitkár közvetítésével jött létre. A hidegháború alatt lezajló két legnagyobb háborúnak (regionális háborúk) a **koreai és a vietnami háború** bizonyult. 1950-ben Észak-Korea kommunista diktátora megtámadta Dél-Koreát. Az USA katonákat küldött Dél-Korea megsegítésére. A váltakozó sikeres harcok után végül a panmindszoni fegyverszünet visszaállította a tényleges határokat.

### Stratégiák

- egyezmény a föld-feletti nukleáris kísérletek tilalmáról, forró drót (1958-1963)
- a kínai bomba (1964. október 16., Lop Nor)
- a rugalmas válasz stratégiája és a korlátozott nukleáris háború illúziója Európában (1967-)
- üregegyezmény az atom- és más tömegpusztító fegyverek tilalmáról Föld körüli pályán és a Holdon (1967)
- az amerikai nukleáris arzenál csúcspontja: 30 fajta, összesen 33.000 robbanófej (1967)
- a kínai hidrogénbomba (1967)
- francia hidrogénbomba (1968)
- a kölcsönösen biztosított megsemmisítés (a lakosság 25, az ipar 50%-a) stratégiája (R. McNamara) a stabilitásért
- SALT-I egyezmény a nukleáris stratégiai rakéták (5 éves) és az ellenrakéták telepítésének (két – majd az 1974-es kiegészítés szerint egy – helyre történő) korlátozásáról (1969-1972)
- a szelektív csapások stratégiája (J. Schlesinger 1974)
- az indiai bomba (1974. május 18.)
- SALT-II egyezmény a stratégiai hordozók számának 2.400-as felső korlátjáról – nem ratifikálták (1972-1979)
- a kiegyensúlyozott válaszcsapás stratégiája (H. Brown 1980)

## 14. A MAD PROBLÉMÁI

### Bevezetés: MAD

- MAD = Mutual(ly) Assured Destruction mozaikszó
- „kölcsonösen biztosított megsemmisítés elve”: atomháború esetén mindkét fél elpusztul, így nem lesz győztes se -> nincs értelme megindítani
- egyik fél sem fog az első csapás lehetőségével élni, mivel a válaszlépések hasonló vagy még erősebb pusztulást hoznának
- európai lerohanás esetén USA atomtöltettel támad, mire USSR atomcsapást mér -> USA válasz atomcsapása USSR-re, teljes káosz
- valószínűleg a hagyományos háború is nukleáris háborúba torkollna, viszont ha háború nem is, nukleáris fenyegetés érzése kell: ahhoz pedig sok pénz az arzenálbővítésre, újabb és újabb fejlesztések
- USA „masszív ellenállása”, ha USSR lerohanna Európát = egyet jelent az atomháborúval
- csupán a George Washington osztályú rakétahordozó tengeralattjárók 1959-es megjelenésével született meg az atomhadsereg létrehozásának gondolata: túléli az első csapást és második csapás lehetősége

### MAD problémái

- ha mégis kitör a háború, akkor az népirtás lesz:
  - civil célpontok, egész városok elpusztítása
  - talán nincs is közvetlen háború, csak a hátország pusztítása = népirtás
- hagyományos agresszió ellen nem használható:
  - elkerülhetetlen az atomháború
  - mozgó hadseregek kisebb szerepe, nem is olyan fontos, inkább hátország tönkretétele
- az új szovjet rakéták (SS-18, SS-19) mérete és pontossága lehetővé teszi a kizárólag katonai célpontok bombázását, de az USA-nak városok bombázásával kell válaszolnia
  - USA katonai lemaradása jellemző kb. 1957-1967
  - USSR jóval nagyobb, nehezebb célzás, pontatlanabb rakéták



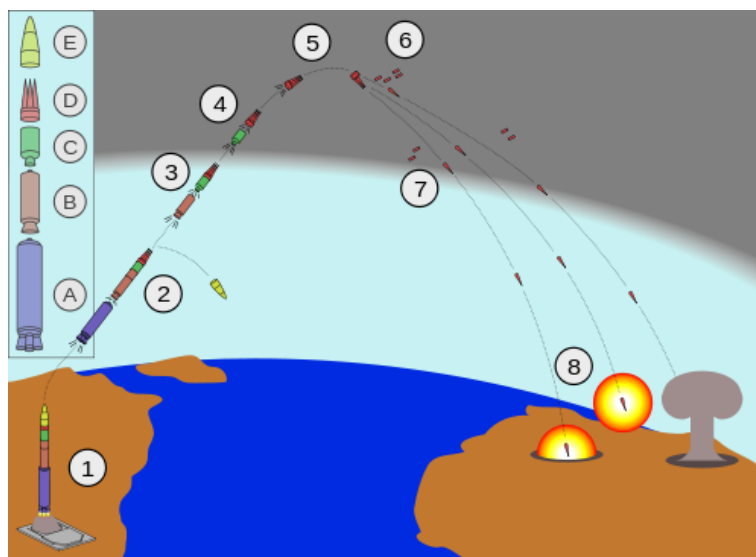
## 15. A NUKLEÁRIS TÁMADÁS ELLENI VÉDEKEZÉS NEHÉZSÉGEI

### A védekezés problémái

- föld-levegő rakéták (SAM) a bombázók, de nem az ICBM-ek ellen
- radar előrejelző rendszerek és nagy hatótávolságú SAM-ek (-1970)
- több robbanófejű rakéták – MIRV: Minuteman III. ill. SS-17 (1970-)
- a felhalmozott potenciál következtében az emberek megmentése (a robbanástól, a kihullástól stb.) szintén lehetetlen

### MIRV rakéták

- önállóan célra irányítható robbanófej; ICBM vagy tengeralattjáróról indított rakéta helyett több robbanófejet hordoz, amelyeket több különböző célpontra lehet vezetni
- fontossága: egy nukleáris robbanófej hatása kisebb, mint több kisebb fej hatása
  - részecskesugárzás és hősugárzás is a távolság négyzetével,
  - lökéshullám ereje pedig a távolság köbével csökken
- előnye:
  - több célpontot tud egyszerre támadni
  - mivel több robbanófejet tartalmaz + csalifejeket is, ezért sokkal több ellenrakéta kell a megsemmisítéséhez, mint egy egyszerű rakéta esetén
  - Amerika alkalmazza először, de itt a mennyiség számít, ami USSR előny: USA inkább kevesebbet, de a tengeralattjárókon alkalmaz belőlük
- működés:
  - A robbanófejeket hordozó MIRV-buszt egy rakéta juttatja szuborbitális röppályára.
  - Az utolsó lépcső kiégése után a buszt saját, kis teljesítményű rakétái juttatják a tehetetlenségi navigációs rendszer által megadott új röppályákra.
  - A busz egy nukleáris fegyvert tartalmazó robbanófejet indít ballisztikus pályán, majd a következő indításokhoz új röppályákra áll.
  - több száz km pontossággal célbatalál



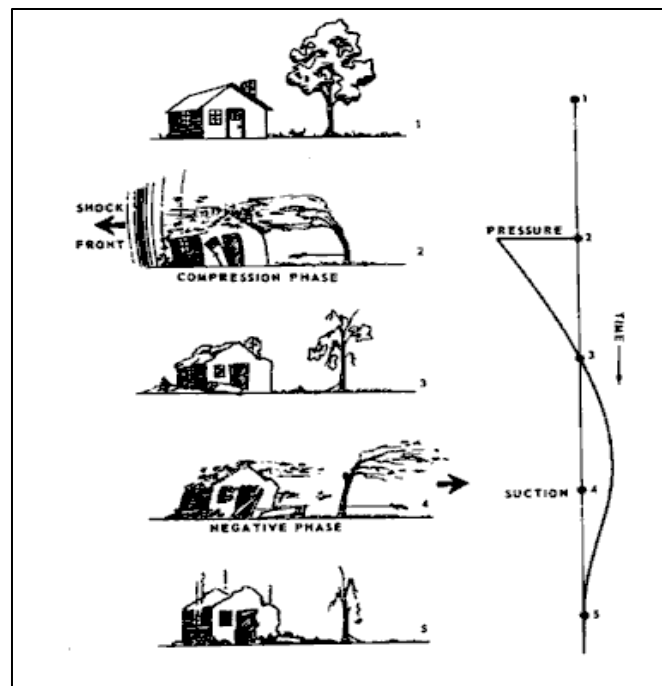
## 16. EGY ATOMBOMBA FELROBBANTÁSÁNAK FIZIKAI-FIZIOLÓGIAI KÖVETKEZMÉNYEI

Maghasadásból származó energia több formában nyilvánul meg

- **lökéshullám:**
  - kb. 40-60%
  - energia egy része hőenergia lesz: sugaras távolodás kezdődik a robbanás középpontjától, maga előtt tolva a hideg levegőt
  - klasszikus akusztikus hullám: késik a tűzgömbhöz képest, de gyorsabb, mint a hang; majd a hangsebesség elérése után sebessége csökken
  - több száz  $\text{km/h}$  sebesség, épületek megrongálódnak, összedőlnek
  - 100 kilotonnás bomba esetén 3,2 km; 10 megatonnás bomba: 15 km lökéshullám nagysága
- **elektromágneses impulzus:**
  - 40-60%
  - elektromágneses sugárzás hőszugárzásként pusztít: éget, tüzet okoz + keletkező ultraibolya sugárzás ideiglenes vagy végleges vaktságot okoz
  - fénytől röntgensugarakig minden frekvencia megvan a spektrumában
- **radioaktív sugárzás:**
  - 10-20%
  - két részből áll: azonnali / prompt sugárzás a sugárzásból + évtizedekkel utána is jelenlévő bomlás
  - főként neutron-és gamma sugárzás
  - ide tartozik a radioaktív kihullás is
- **diszkusszió:**
  - 2,5 kilotonna esetén a három tényező egyenrangúan erős; 1 megatonna esetén viszont már szinte csak a hőhatás felelős
  - ezért hasonló a klasszikus bombához: lényegében csak a lökéshullám és hőszugárzás pusztít, de milliószor annyi energiát szabadít fel, mint egy hagyományos kémiai alapú
  - kilotonna = 1000 tonna, megatonna = millió tonna (Hiroshima: 15 kt, Cár-bomba: 50 Mt)
  - folyamat:
    - robbanás
    - óriási hőmérséklet: több tíz millió kelvin
    - ilyenkor atomok röntgensugárzás formájában adják le energiájukat: levegő elnyeli ezt és felmelegszik
    - tűzgömb alakul ki, ami tágul és emelkedik, kb. 2,2 km maximális átmérő 10 s után
    - tűzgömb hirtelen tágulása összenyomja a szélén lévő hideg levegőt, akusztikus hangrobbanás-hullámot hozva létre
    - egy perc után az emelkedés megáll, jellegzetes gomba forma jön létre = kicsapódott vízgőz, vagy por

## Összegzés

- röntgensugárzás → tűzgömb
- robbanás (hőmérséklet- és nyomásemelkedés) → lökéshullám (nyomásnövekedés és szél)
- fény → időleges vagy végleges vaklás
- hő → tűzvihar, megégés
- ionizáció → szélessávú rádiósugárzás (EMP)
- neutron- és gammasugárzás → közvetlen hatások és radioaktív anyagok
- kihullás (fallout)
  - bolygó méretű a sztratoszférán át, hosszú felezési idejű izotópokkal (stroncium-90, cezium-137) → esetleg károsítja az ózonréteget, nukleáris tél
  - helyi → sugárfertőzés



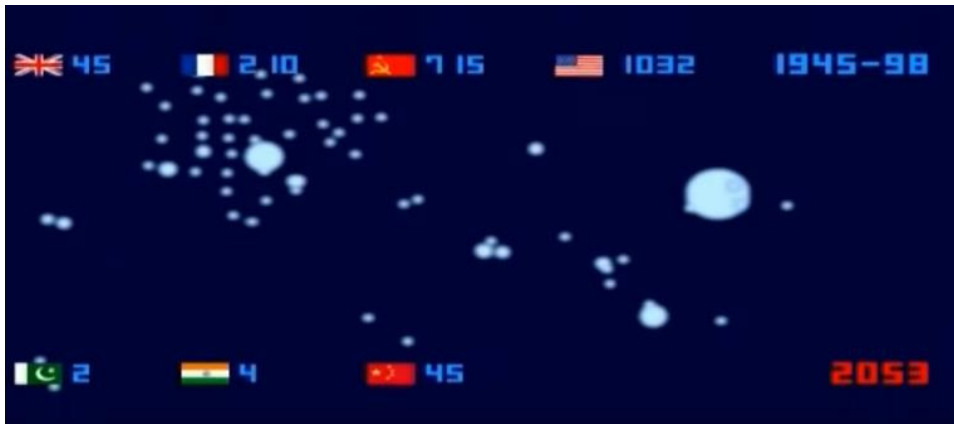
## Nukleáris tél

- nagy kiterjedésű nukleáris háború lehetséges következménye
- lényege: rendkívül hideg időjárás köszönt be, ha a nukleáris fegyvert gyűlékony célpontok (pl. városok) ellen vetik be, ugyanis így sok füst és korom jut a Föld sztratoszférájába
- részecskekeréteg csökkenti a földfelszínre elérő napfény mennyiségét, és hetekig / évekig is fennmaradhat -> felszíni hőmérséklet akár 30°C-kal is csökkenhet
- sötétség, fagy, kihullás sugárzása -> növényzet, állatok pusztulása, éhínség és megbetegedések -> tömeges néppusztulás
- hasonló oka lehet: nagy méretű kozmikus tárgy becsapódása / szupervulkán kitörése

## 17. A KÍSÉRLETI ROBBANTÁSOK (CÉLJAI, MENNYISÉGE, KORLÁTOZÁSA)

### Bevezetés

- kísérleti robbantás: új bombatípus kipróbálása, első alkalmazása különböző célokból
- célja:
  - új típus minőségét, alkalmazhatóságát megállapítani, hibákat észlelni, majd javítani
  - erődemonstráció
- mennyisége: USA 1945-1992 között 1054 robbantást hajtott végre
- Biniki-atoll:
  - Csendes-óceán, Marshall-szigetek egy atollja
  - 1944. japánok elűzése után a Bikini sziget lett az atombombák hatásának tanulmányozására használt terület, katonai támaszpont
  - Amerika 23 hidrogén-és atombombát robbantott itt fel 1946 és 1958 között
  - terület a robbantások előtt lakott volt, lakosait áttelepítették: visszaköltözés mai napig lehetetlen az óriási radioaktivitás miatt
  - próbák:
    - 1946.07.01. 20 kilotonnás atombomba robbantása, levegőben robbant
    - 1946.07.25. első víz alatti atomrobbantás, ami hatalmas radioaktív vízoszlopot dob fel
    - 1956. Bikini: első hidrogénbomba itt robban fel, amerikai gépről dobják



### Kísérleti robbantások

- egyezmény a föld-feletti nukleáris kísérletek tilalmáról, forró drót (1958-1963)
- a kínai bomba (1964. október 16., Lop Nor)
- a rugalmas válasz stratégiája és a korlátozott nukleáris háború illúziója Európában (1967-)
- új egyezmény az atom- és más tömegpusztító fegyverek tilalmáról Föld körüli pályán és a Holdon (1967)
- az amerikai nukleáris arzenál csúcspontja: 30 fajta, összesen 33.000 robbanófej (1967)
- a kínai hidrogénbomba (1967)
- francia hidrogénbomba (1968)
- a kölcsönösen biztosított megsemmisítés (a lakosság 25, az ipar 50%-a) stratégiája (R. McNamara) a stabilitásért
- SALT-I egyezmény a nukleáris stratégiai rakéták (5 éves) és az ellenrakéták telepítésének (két – majd az 1974-es kiegészítés szerint egy – helyre történő) korlátozásáról (1969-1972)
- a szelektív csapások stratégiája (J. Schlesinger 1974)

## Az atombomba története

- az indiai bomba (1974. május 18.)
- SALT-II egyezmény a stratégiai hordozók számának 2.400-as felső korlátjáról – nem ratifikálták (1972-1979)
- a kiegyensúlyozott válaszcsapás stratégiája (H. Brown 1980)

### Leszerelési tárgyalások

- a Stratégiai védelmi kezdeményezés: „csillagháborús” tervek az „ördög birodalma” ellen (1983-)
- szovjet kísérleti robbantási moratórium (1985)
- INF egyezmény a rövid- és középhatótávolságú (500-5500 km) földről indítható nukleáris rakéták (Pershing II., Tomahawk ill. SS-20) megsemmisítéséről (1985-1987)
- a szovjet nukleáris arzenál csúcspontja: 32.000 robbanófej (1988)
- a hidegháború vége (1989-1991)
- START I egyezmény a stratégiai fegyverek – nukleáris robbanófejek – számának 15-25%-os csökkentéséről (1985-1991)
- a szovjet utódállamok megsemmisítik vagy Oroszországnak adják atomfegyvereiket, megkezdik a taktikai atomfegyverek megsemmisítését (1992)
- START II informális egyezmény a stratégiai nukleáris erők jövőbeni további jelentős csökkentéséről
- ENSZ közgyűlési határozat a nukleáris kísérletek és robbantások teljes tilalmáról (1996)
- a pakisztáni bomba (1998. május 28.)
- START III. keretegyezmény a fegyverzet további csökkentéséről
- minibombák a „lator államok”, bunkerek stb. ellen (USA program 2003)

## 18. SPECIÁLIS BOMBÁK

### Alaptípusok

- kis bombák:
  - nukleáris tüzéség (1953-1992)
  - táskabomba (pl. 1944. Walkűr-hadművelet: Hitler elleni merénylet)
- nagy bomba: a Cár bomba – 58 mt (1961)
- ipari bomba
  - Sedan amerikai ipari bomba – föld alatti robbantás 104 kt (1962)
  - Sagan szovjet ipari bomba – föld alatti robbantás 140 kt (1965)
- nagy radioaktivitású bomba: a kobalt-bomba
- kis robbanás-erős sugárzás a páncélzat ellen: a neutronbomba (Sam Cohen, 1958-1962-1978-1981)

### Háromfázisú bombák

- A fúzió során nagy mennyiségben keletkeznek neutronok, amelyek lehetővé teszik az urán 238-as izotóp-jának a hasadását.
- A háromfázisú bombákban a fúziós magot urán-238 köpenyvel veszik körül. A robbanás erejéhez mind a fúziós, mind a fissziós reakció jelentős részben hozzájárul.

### Neutronbomba

- = megnövelt sugárzású nukleáris fegyver (10-15% neutronsugárzás helyett akár 50%)
- fissziós-fúziós bomba, keletkező neutronok szabadon távoznak a környezetbe, így kisebb a hatásfoka, mint a hagyományos nukleáris fegyvereknek
- célja: neutronok átjutnak a páncélosokon is, páncélzat ugyanis kivédi a hagyományos nukleáris fegyverek hőhatását és lökéshullámát is -> nem fizikai, hanem biológiai károkozó
- a szovjet haderő nyugat-európai inváziója ellen tervezték bevetni, hogy ne kelljen egész Európát lerombolni egy szovjet invázió esetén (mai korszerű harckocsik: neutronsugárzás elleni védelem adott)
- 1963. Nevada: próbarobbanás, majd 1980. franciák is

### Kobaltbomba

- = „Végítélet-gép”, nem készült ilyen sose
- Szilárd Leó vetette fel az ötletét: amennyiben az atomfegyver külső burkolata kobalt, az a robbanás során neutronbefogással kobalt 60-ná alakul át, amely erős gamma-sugárzó
- 5,27 éves felezési idővel a terület tartósan lakhatatlan lenne, több ilyen bomba = teljes Föld lakhatatlanná tétele

### Piszkos bomba

- nem nukleáris fegyver, nincs benne magreakció: alapja hagyományos kémiai bomba, amelynek hatását valamely sugárzó izotóp hozzáadásával növelik meg, ami szétszóródik a robbanás után
- bizonyos kutatások szerint a német tudósok álltak legközelebb megalkotásához: lehetséges, hogy kísérleti robbantás is volt, a megmaradt készleteket a németek Japánba menekítették, ahonnan az USA foglalta le
- = tömegpusztító fegyver, radiológiai fegyver: célja az ellenség sugárzással való támadása, ellenség életterének sugárzással való tönkretétele (terroristák számára lehet vonzó fegyver)

## 19. AZ INF-EGYEZMÉNY

### INF-szerződés

- = közepes hatótávolságú nukleáris erők szerződése
- katonai szerződés USA és USSR között, amit Washingtonban írt alá Reagan amerikai elnök és Gorbacsov szovjet főtitkár 1987-ben
- 1988. jún. 1. életbelép
- szerződés lényege:
  - földi indítású hagyományos és nukleáris robbanófejekkel felszerelt közepes hatótávolságú ballisztikus rakétákról és robotrepülőgépekről rendelkezett
  - A hatótávolságot 500–5500 km-ben (300–3400 mérföldben) határozták meg.
  - 1991. június 1-ig 2692 reaktív hajtású fegyver semmisítenek meg, 846 darabot az amerikai, 1846 darabot a szovjet arzenálból
  - mindkét szerződő fél engedélyt kapott a másik fél ezen kategóriájú fegyvereinek rendszeres ellenőrzéseihez is
- Oroszország igyekszik visszaszerezni régi pozícióját: fegyverarzenált bővíti -> USA is, mire Putyin bejelenti (2007): INF-szerződés nem lesz hatályos Moszkvára nézve, ha USA folytatja ezen politikáját

### Jelen

- feltételezett bombák:
  - Izrael
  - Irán
  - Koreai Népi Demokratikus Köztársaság
  - Líbia
- gyártási kísérletek:
  - Argentína
  - Brazília
  - Irak
  - Dél-Afrikai Köztársaság
  - Koreai Demokratikus Köztársaság
  - Svédország
  - Svájc
  - Tajvan
  - Algéria
  - Ukrajna
  - Kazahsztán
  - Fehéroroszország
- képes lenne bombát előállítani:
  - Ausztrália
  - Kanada
  - Németország
  - Japán
  - Hollandia