

Fúziós reakciók és nukleáris fegyverek

Csige András

BME NTI

2017 Fúziós Plazmafizika Téli Iskola

Budapest, 2017.02.11.

Come to the dark side...



...We have cookies

“Akkor inkább győzzön a náci Németország...”

- Fermi ötlete, 1941: az (akkor még nem létező) atombomba hőjével fúziós reakciók létrehozása deutériumban
- Berkley konferencia az atombomba fejlesztéséről, 1942: Teller “eltéríti” a témát a fúzió felé, mert az A-bomba nem tűnik tudományos kihívásnak
- Bethe: inverz Compton-effektus miatti energiaveszteségek
- Konopinski: tríciummal csökkenteni a szükséges hőmérsékletet
- Teller: Mi van, ha az atombomba hője tovaterjedő fúziós reakciókat indít be a bolygó légkörében?

1a - 602

This  ss

August 14, 1946

This document contains 23 pages.

IGNITION OF THE ATMOSPHERE WITH NUCLEAR BOMBS

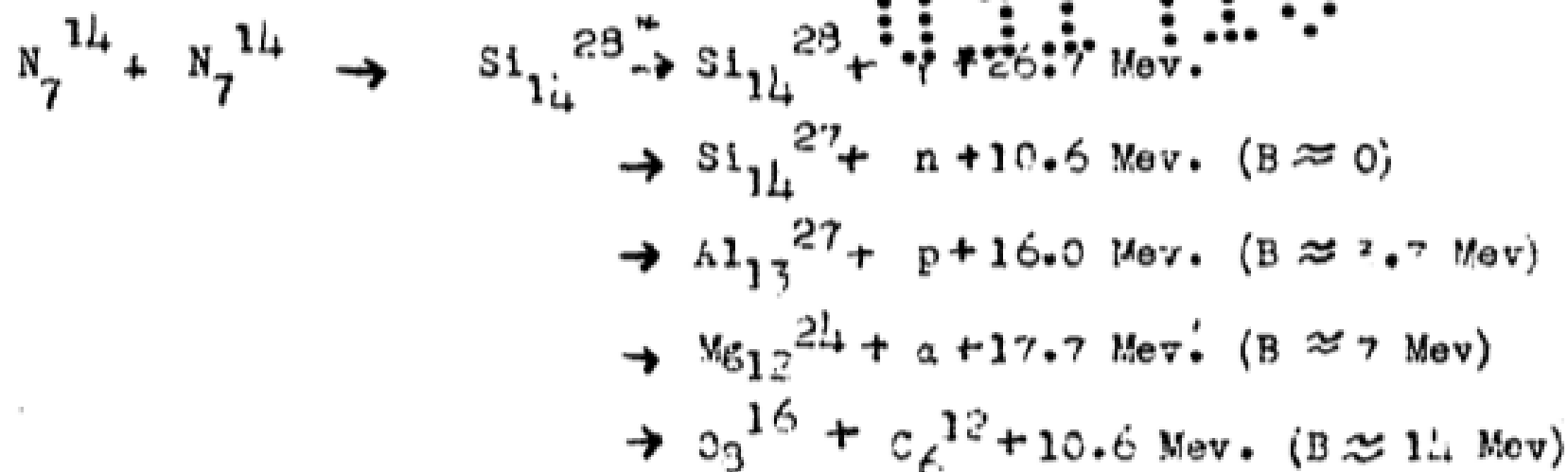
WORK DONE BY:

REPORT WRITTEN BY:

E. v. Kincinski
C. Marvin
E. Teller

UNCLASSIFIED

-5-



In parenthesis following the reactions are given the heights of the Coulomb barriers of the product particles. In accord with the policy of adopting the most dangerous assumptions, it will be assumed that 17.7 Mev per reaction is released, as is characteristic of the alpha emission. (The capture of nitrogen by nitrogen, the first reaction listed, is certainly infrequent compared to particle emission, as reactions of this type always are. Moreover, energy in the form of γ -rays will be unavailable for carrying on the chain.)

The cross section for nitrogen encounters is not known from observa-

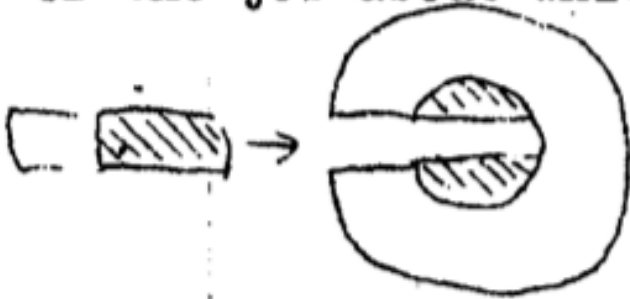
ABSTRACT

It is shown that, whatever the temperature to which a section of the atmosphere may be heated, no self-propagating chain of nuclear reactions is likely to be started. The energy losses to radiation always overcompensate the gains due to the reactions. This is true even with rather extravagant assumptions concerning the reactivity of the nitrogen nuclei of the air. The only disquieting feature is that the "safety factor", i.e. the ratio of losses to gains of energy, decreases rapidly with initial temperature, and descends to a value of only about 1.6 just beyond a 10-Mev temperature. It is impossible to reach such temperatures unless fission bombs or thermonuclear bombs are used which greatly exceed the bombs now under consideration. But even if bombs of the required volume (i.e., greater than 1000 cubic meters) are employed, energy transfer from electrons to light quanta by Compton scattering will provide a further safety factor and will make a chain reaction in air impossible.

Manhattan Project

- 1943 áprilisában induló katonai célú kutatás, célja a bevethető, maghasadáson alapuló bomba létrehozása
- Plutónium ágyú fejlesztése (^{239}Pu)

We now consider briefly the problem of the actual mechanics of shooting so that the pieces are brought together with a relative velocity of the order of 10^5 cm/sec or more. This is the part of the job about which we know least at present.



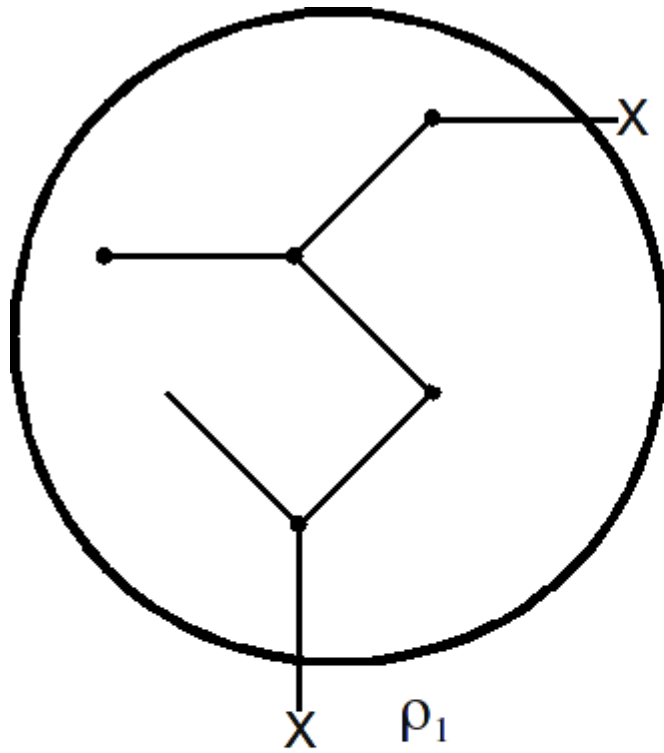
One way is to use a sphere and to shoot into it a cylindrical plug made of some active material and some tamper, as in the sketch. This avoids fancy shapes and gives the

most favorable shape, for shooting; to the projected piece whose mass would be of the order of 100 lbs.

The highest muzzle velocity available in U. S. Army guns

- Probléma: a reaktorban gyártott plutóniumban megjelenik a ^{240}Pu , aminek spontán hasadása ellehetetleníti az ágyú működését (1944 nyár)

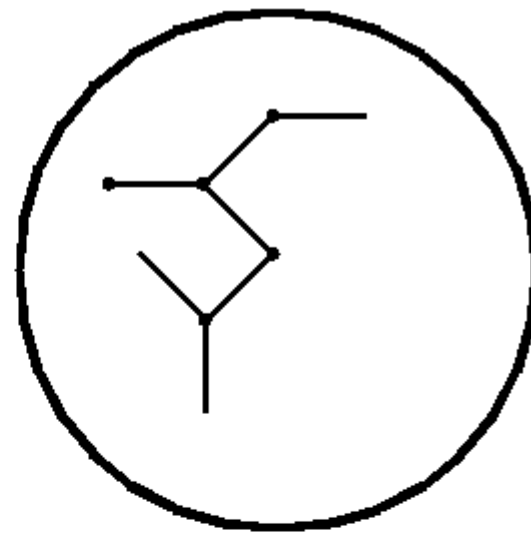
Implózió



X ρ_1
 V_1

r_1

l_1



$$\rho_2 = 2 \cdot \rho_1$$

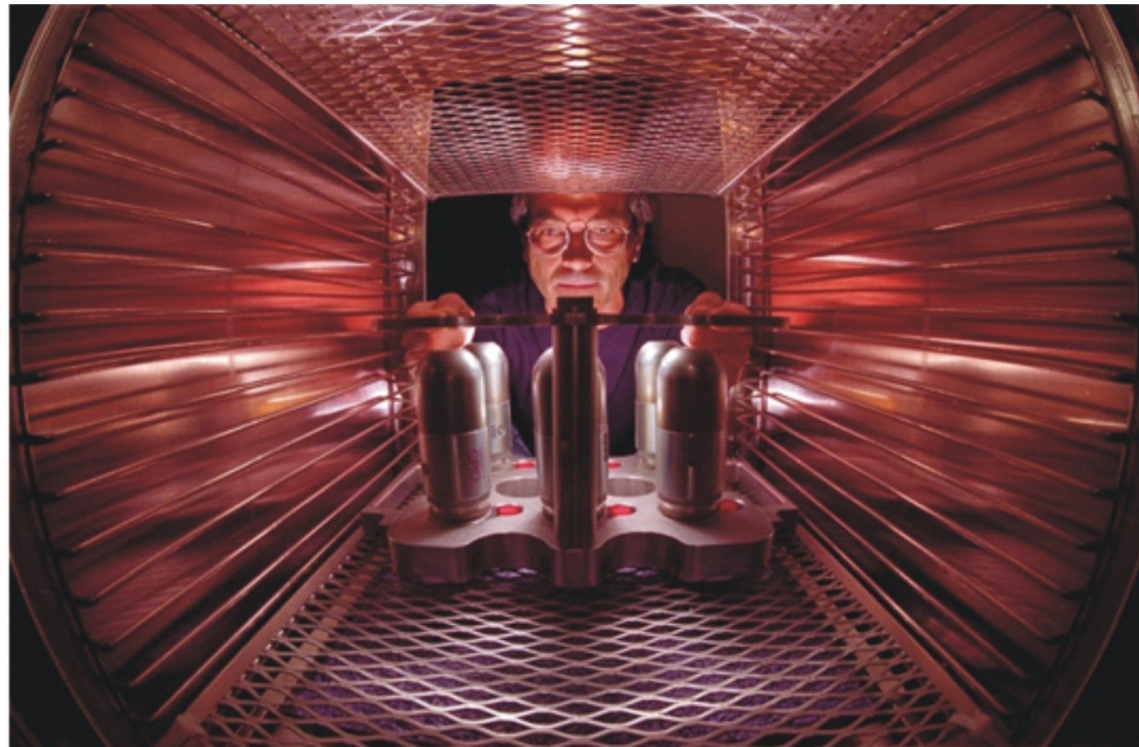
$$V_2 = \frac{V_1}{2}$$

$$r_2 = \frac{r_1}{\sqrt[3]{2}} \approx 0.794 \cdot r_1$$

$$l_2 = \frac{l_1}{2} = 0.5 \cdot l_1$$

Indító neutronforrások

- Reakció: ${}^2_1D + {}^3_1T \Rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ (3,5 MeV + 14,1 MeV)
- Az implóziós bombában a hasadási láncreakciót jól időzítve kell indítani (“fizzle” veszélye).
- Korai megoldás: ${}^{210}\text{Po}$ (α, n) forrás, amit a plutónium geometria megváltozása “kapcsol be”.
- Modernebb módszer: egyszer használatos miniatűr gyorsító, D ionok lövése T targetba.



Boosting

- Reakció: ${}^2_1D + {}^3_1T \Rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ (3,5 MeV + 14,1 MeV)
- Cél: nagy energiájú neutronok generálása a hasadóanyag belsejében:
 - Nagyobb hasadási hatáskeresztmetszet
 - Átlagosan több hasadási neutron
 - „Látszólag” rövidebb generációs idő
- Eredmény: jobb hatásfok
 - Kevesebb hasadóanyag szükséges
 - Kritikussági biztonság (one-point safety)
 - Változtatható hatóerő (?)
- A fúziós reakciók által felszabadított energia elhanyagolható!

Trícium gyártás

- Reakció: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} \Rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_1\text{T} \quad (+4,78 \text{ MeV})$
- A trícium radioaktív izotóp, folyamatosan fogy.
- A természetben nem található meg a szükséges mennyiségben, gyártani kell lítium neutronbesugárzásával.
- A trícium és plutónium gyártás konkurrens folyamatok!
- A trícium előállításnak üzemanyagként nincs értelme (17,6 MeV vs. 200 MeV).
- A lítium besugárzásnak nincs időkorlátja, polgári célú könnyűvízes reaktor is felhasználható az előállításához (az USA ezt teszi, mióta leállította katonai reaktorait).

Fizikai folyamatok a hidrogénbombában

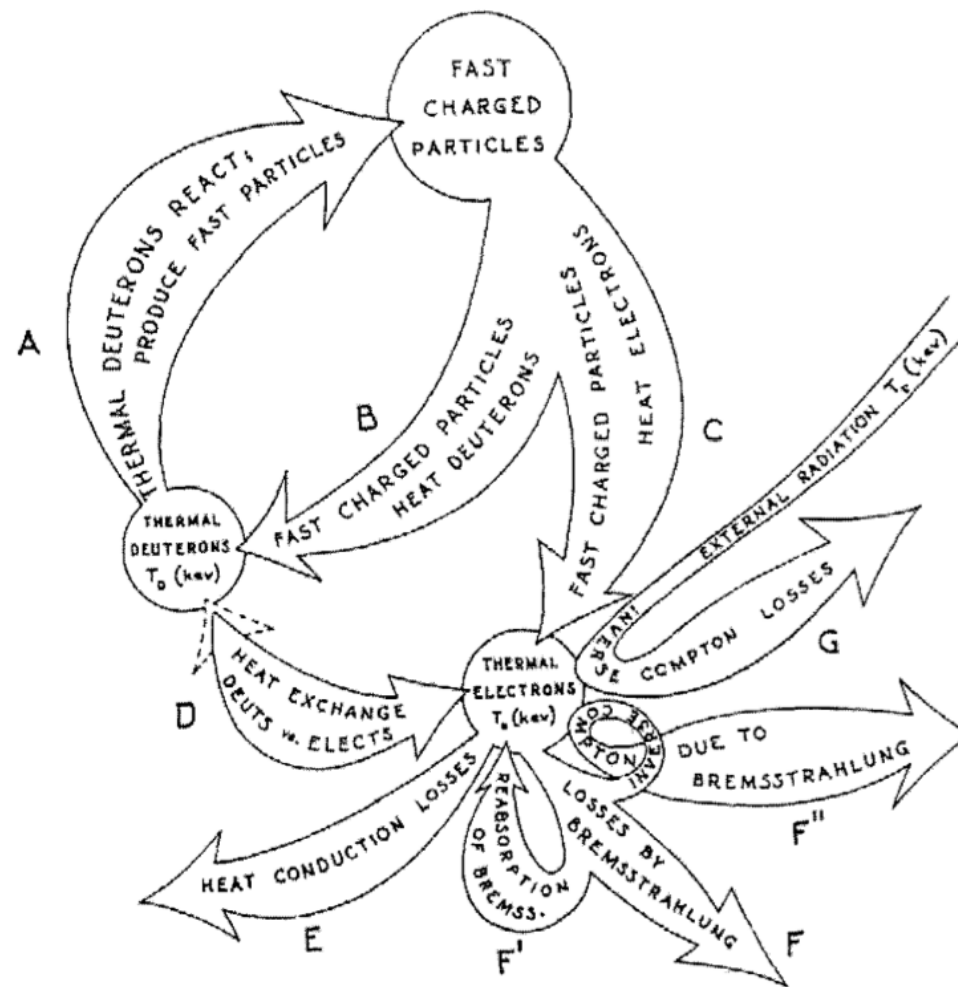
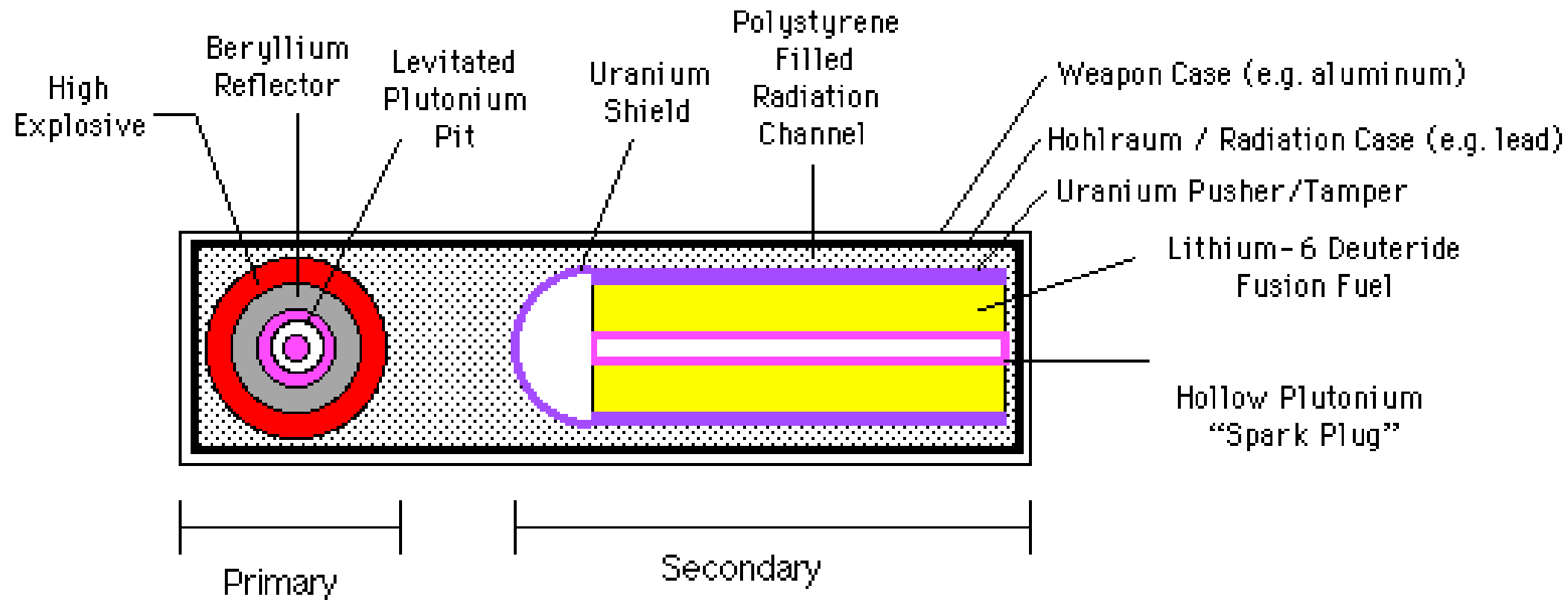


Figure 1: Drawing by George Gamow. Harris Mayer, LAMS-1066, "Daddy Pocketbook: A Summary of Lectures by Edward Teller," January 25, 1950. [This Document is Secret-RD]. Drawing is declassified.

Super

- Reakciók:
$$\begin{aligned} {}^2_1D + {}^2_1D &\Rightarrow {}^3_2He + {}^1_0n \quad (+3,27 \text{ MeV}) \\ {}^2_1D + {}^2_1D &\Rightarrow {}^3_1T + {}^1_1p \quad (+3,27 \text{ MeV}) \\ {}^3_2He + {}^2_1D &\Rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n \quad (+18,34 \text{ MeV}) \\ {}^2_1D + {}^3_1T &\Rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n \quad (3,5 \text{ MeV} + 14,1 \text{ MeV}) \end{aligned}$$
- Probléma: az elektronok felveszik, majd szétsugározzák a hőt.
- Runaway Super: cél, hogy az energiatermelés “megszaladjon”, és elég hosszú időre meghaladja a veszteségeket. Nem működik.
- Equilibrium Super: nagy sűrűségű anyagban a fotonok szabad úthossza elég kicsi ahhoz, hogy nem okoz gondot a termikus egyensúly kialakulása.

Teller-Ulam koncepció

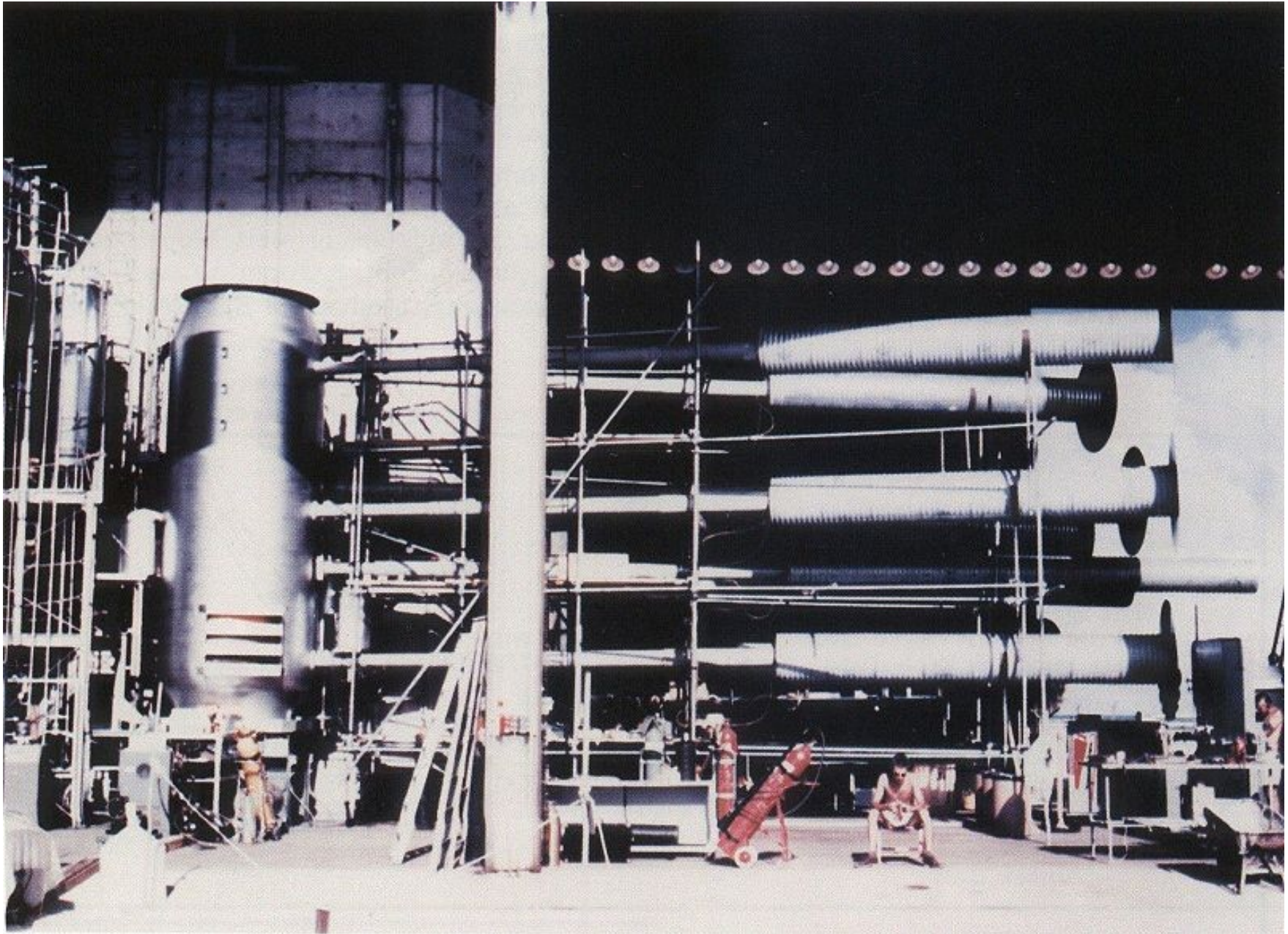


Teller-Ulam koncepció

- Vita az USA-ban a H-bomba kísérletről:
 - Politikai
 - Etikai
 - Tudományos
- Mind az öt atomhatalom kifejlesztette és rendszerbe állította:
 - Franciaország: 8 év az első sikeres A- és H-bomba kísérlet között.
 - Kínai Népköztársaság: 32 hónap.

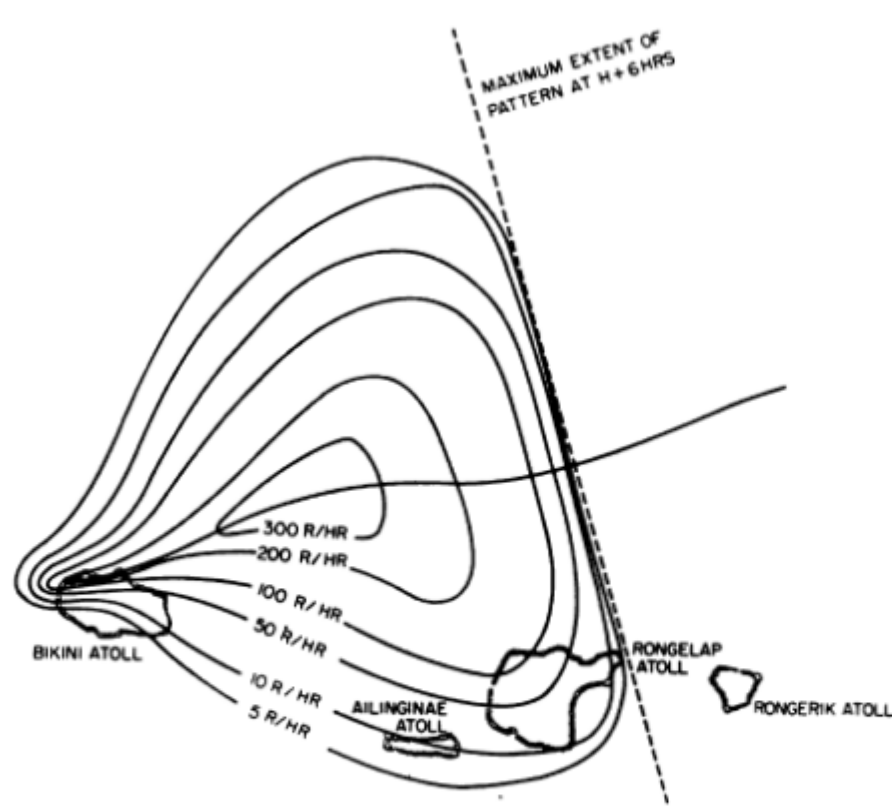
Ivy Mike / Sausage / EC-16

1952. november 1., 10 MT, folyékony deutérium.



Castle Bravo

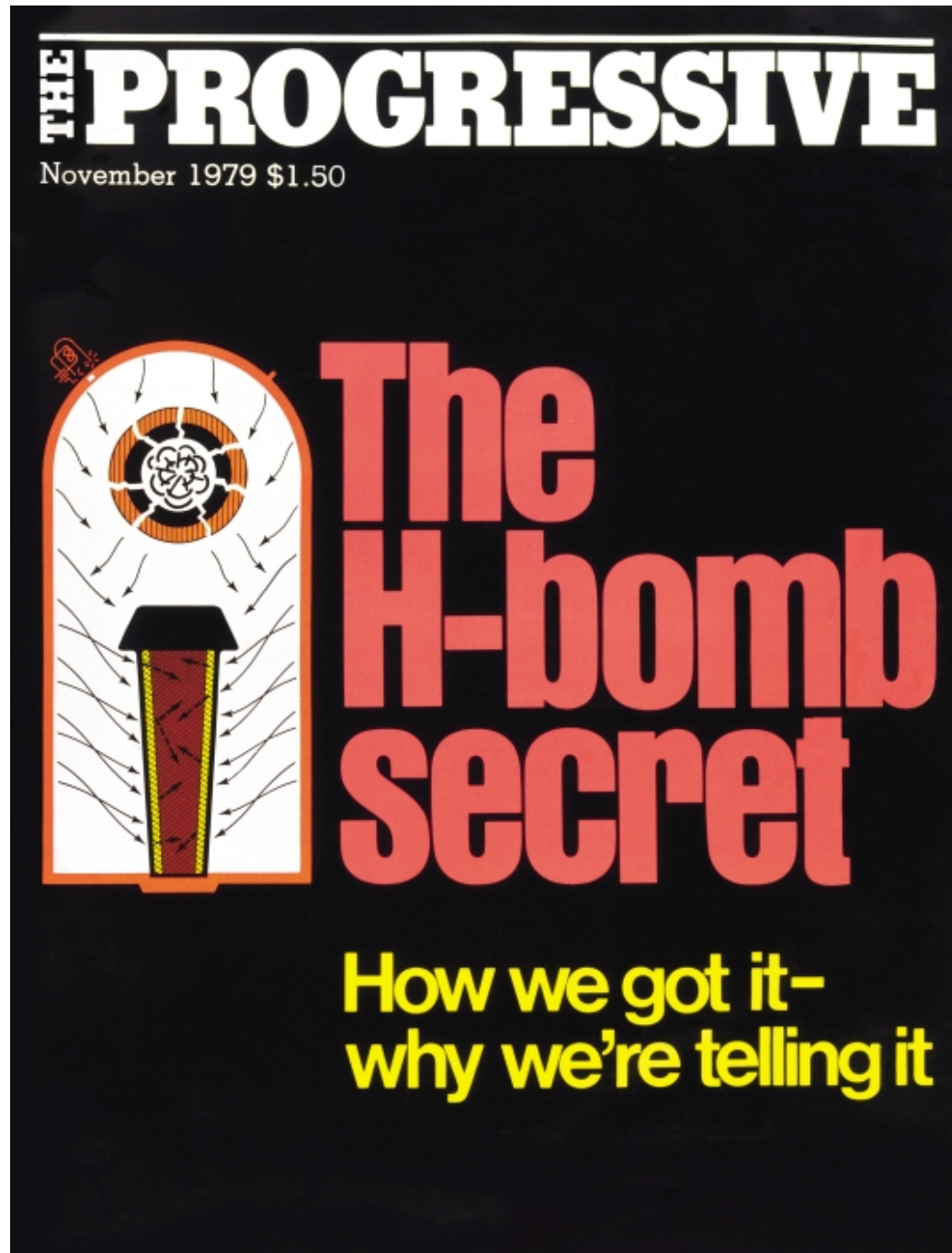
- 1954. március 1., 15 MT.
- LiD (40% ^6Li , nem volt több).
- Új reakció: $^7_3\text{Li} + ^1_0\text{n} \Rightarrow ^4_2\text{He} + ^3_1\text{T} + ^1_0\text{n} \quad (-2,47 \text{ MeV})$
- Drasztikusan alultervezett hatóerő (5 MT).
- Radiológiai vészhelyzet.



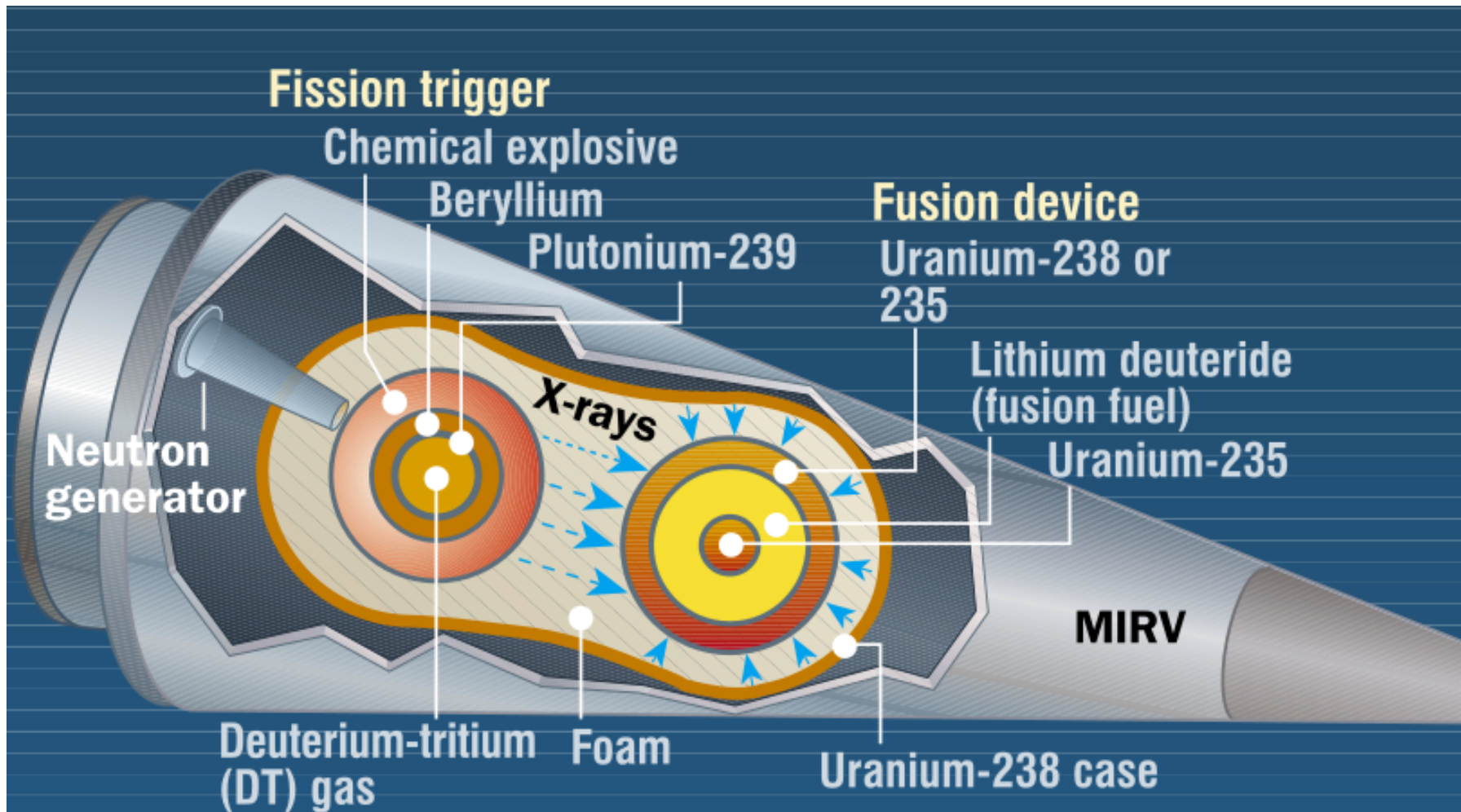
Mit lehet hivatalosan tudni?

- The fact that in thermonuclear (TN) weapons, a fission “primary” is used to trigger a TN reaction in thermonuclear fuel referred to as a “secondary.” (1972)
- The fact that, in thermonuclear weapons, radiation from a fission explosive can be contained and used to transfer energy to compress and ignite a physically separate component containing thermonuclear fuel. (1979) *Note: Any elaboration of this statement will be classified.*
- Fact that fissile and/or fissionable materials are present in some secondaries, material unidentified, location unspecified, use unspecified, and weapons undesignated. (1991)

United States of America v. Progressive, Inc., Erwin
Knoll, Samuel Day, Jr., and Howard Morland



Cox Report, 1999. (U.S. House of Representatives)



MIRV length: **5.7 feet** MIRV base diameter: **1.8 feet**
Explosive power: **300,000 tons of TNT**

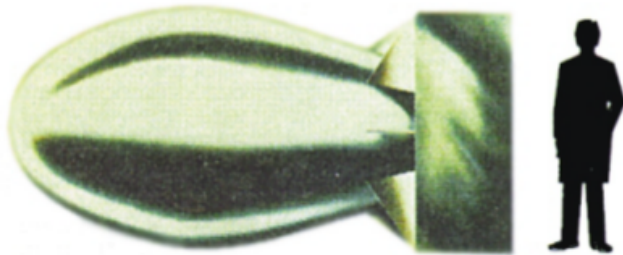
Explosion process: The compression of plutonium with a chemical explosive (above, left) starts a fission explosion that, in turn, is boosted by the fusion of DT gas. X-rays then compress the second component, causing a larger fission/fusion.

Cox Report, 1999. (U.S. House of Representatives)

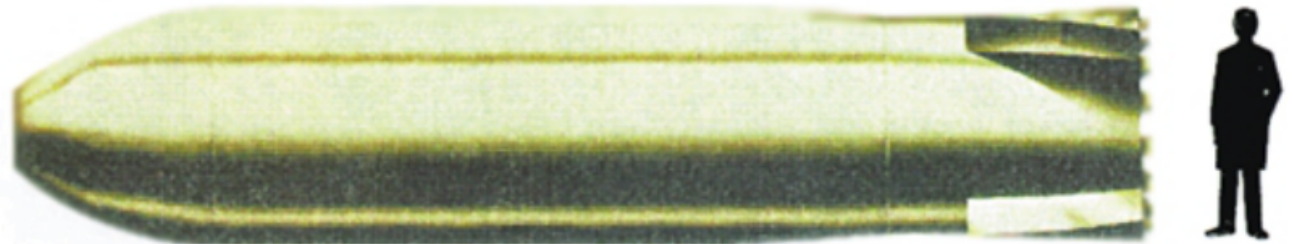
Size Comparison of U.S. Nuclear Warheads

Early Development

Fatman and Littleboy



B-17



Single Warhead Development



SINGLE WARHEADS

W58 Polaris
W56 Minuteman II
W47 Polaris

Multiple Independent Reentry Vehicle (MIRV) Development



MIRV WARHEADS

W88 Trident
W87 Pershing
W78 Minuteman III

W76 Trident C-4
W68 Posiedon
W62 Minuteman III

Ami (szerencsére) nem sikerült:

Information on the DOE's pure fusion program:

- (1) The mere fact that the AEC is doing research on pure-fusion weapons (1967)
- (2) Explosively driven flux-compression generators, per se (1967)
- (3) Design of explosively driven flux-compression generators when the method of application to the production of nuclear energy is not revealed (1967)
- (4) The fact that explosively driven flux-compression generators are of interest in pure-fusion weapon research. (1967)
- (5) Fact that the DOE made a substantial investment in the past to develop a pure fusion weapon (1998)
- (6) That the U.S. does not have and is not developing a pure fusion weapon; and (1998)
- (7) That no credible design for a pure fusion weapon resulted from the DOE investment. (1998)

Források

- Wikipédia.^[*citation needed*]
- <http://nuclearweaponarchive.org>
- <http://nuclearsecrecy.com>
- <http://armscontrolwonk.com>
- Robert Serber: Los Alamos Primer
- RDD-8 (RESTRICTED DATA
DECLASSIFICATION DECISIONS 1946 TO
THE PRESENT)
- Report of the Select Committee on U.S.
National Security and Military/Commercial
Concerns with the People's Republic of China