

Radiační biofyzika 2

Martin Falk

Radiační biofyzika 2

Objev přirozené radioaktivity a další vývoj

Martin Falk, falk-at-ibp.cz, Biofyzikální ústav AVČR, Brno

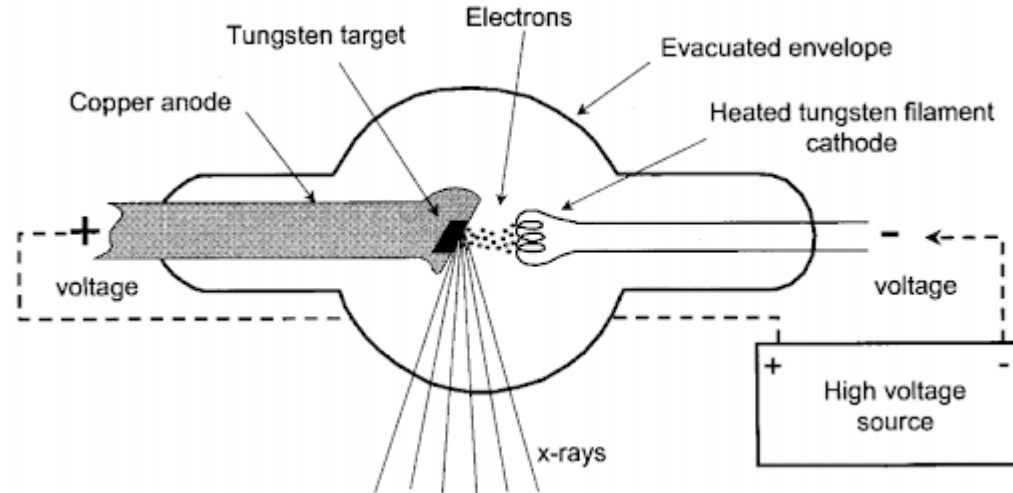


1985 - OBJEV PAPRSKŮ X

Wilhelm Conrad Röntgen

8. listopadu 1895

„To, co vidíme, jsou kosti vaší ruky...“



**18. května 1896, Antoine Henri Becquerel
Objev přirozené radioaktivity**



Inspirace pro Becquerelův objev

1. FASCINACE OBJEVEM „MAGICKÝCH“ PAPRSKŮ X

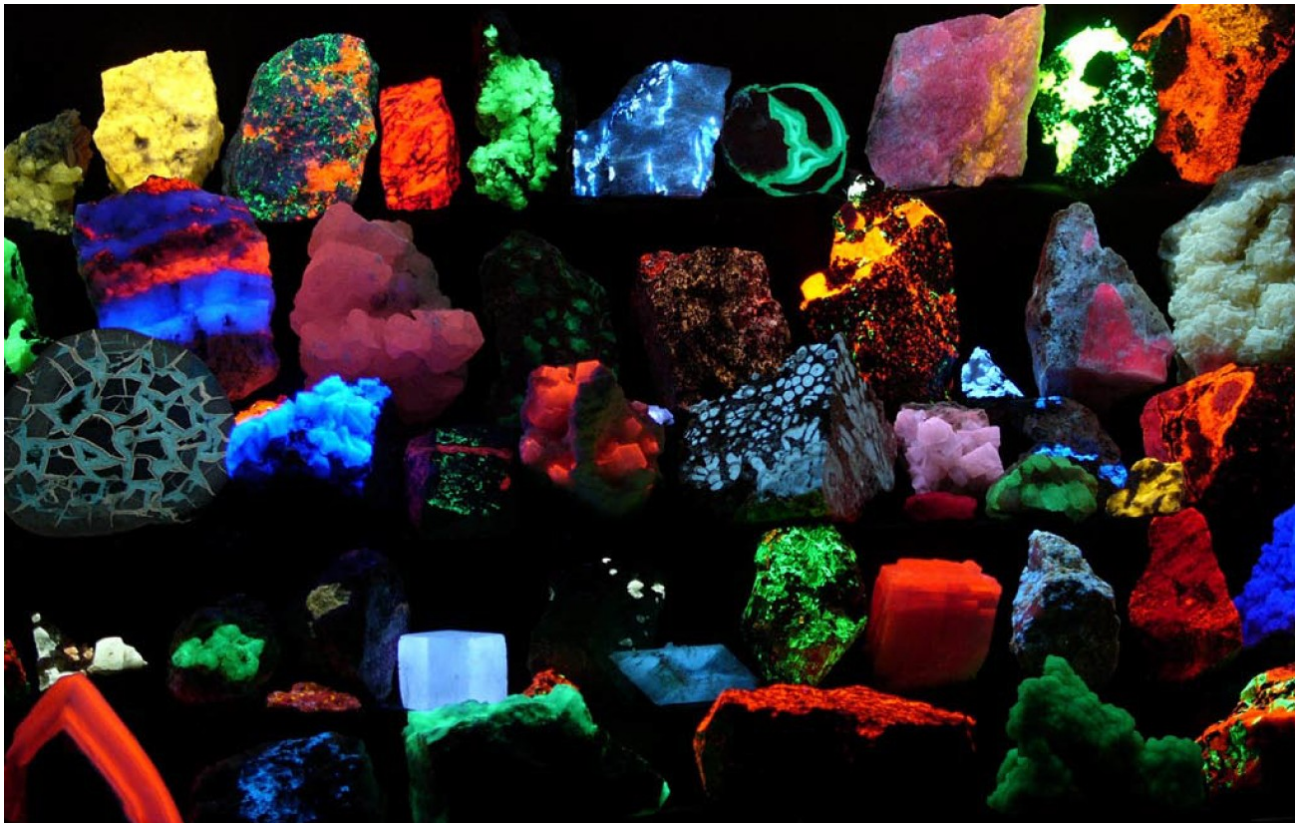
Wilhelm Conrad Röntgen krátce předtím zjistil, že záření vznikající při průchodu elektronů vakuovou trubicí dokáže pronikat pevnými látkami a zanechávat stopy na fotografické desce, stejně jako obyčejné světlo. Snímek kostí ruky i s kovovým prstenem jeho manželky obletěl svět a uvedl vědce do varu. Záření, které dokáže zobrazovat věci dosud neviditelné!

20. února 1895. Jako řádný člen francouzské Akademie věd se Becquerel spořádaně dostavil na zasedání této ctihodné instituce, aby tu **vyslechl přednášku svého kolegy Henriho Poincarého o Röntgenových pokusech s katodovými paprsky**



Inspirace pro Becquerelův objev

2. **INSPIRACE EXPERIMENTY SVÉHO OTCE.** Otec H.B. (Alexandre Edmond Becquerel, 1820-1891), též významný fyzik, **studoval světélkování látek ve slunečním světle.**

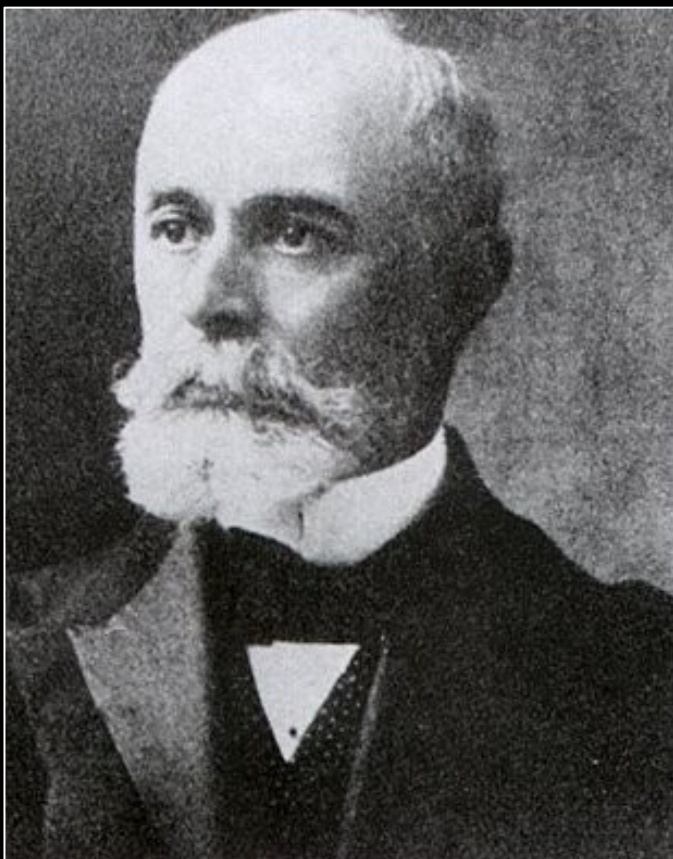


H. Becquerela tak napadlo, zdali světélkující nerosty také nevydávají paprsky X.

Nejprve si však myslel, že nerosty mohou vydávat tajemné neviditelné záření jen tehdy, když viditelně světélkují.



Paříž, Francie, Antoine Henri Becquerel



Antoine Henri Becquerel

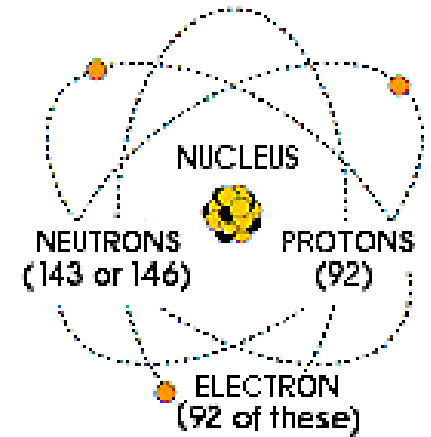
1852, Paříž –1908, Le Croisic, francouzský fyzik



Uranové soli a sklo pod UV-světlem světélkují podobně jako katodová konec trubice emitující paprsky X, to H. B. fascinovalo a dovedlo ho to k vykonání převratného experimentu...

URAN –

- nejtěžší přirozeně se vyskytující prvek na Zemi (Z=92)
- prvek s „nakumulovanou silou supernov“
- objev U změnil svět od základu



Protonové číslo: 92

Teplota tání: 1 130 °C

Teplota varu: 3 900 °C

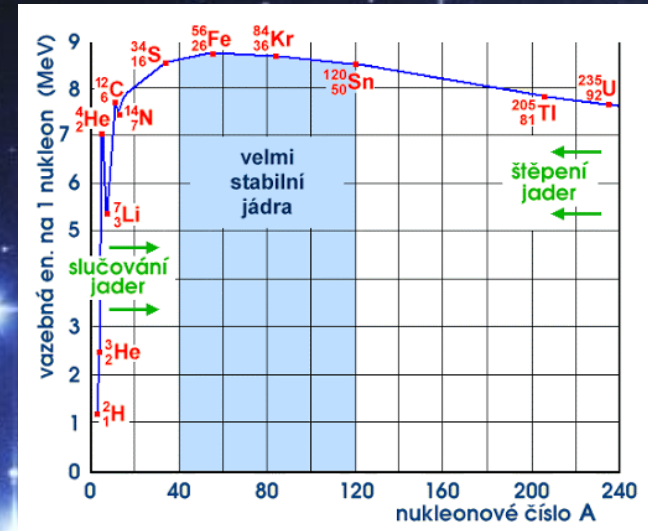
Molární hmotnost: 238,03 g·mol⁻¹

Hustota: 19 050 kg·m⁻³



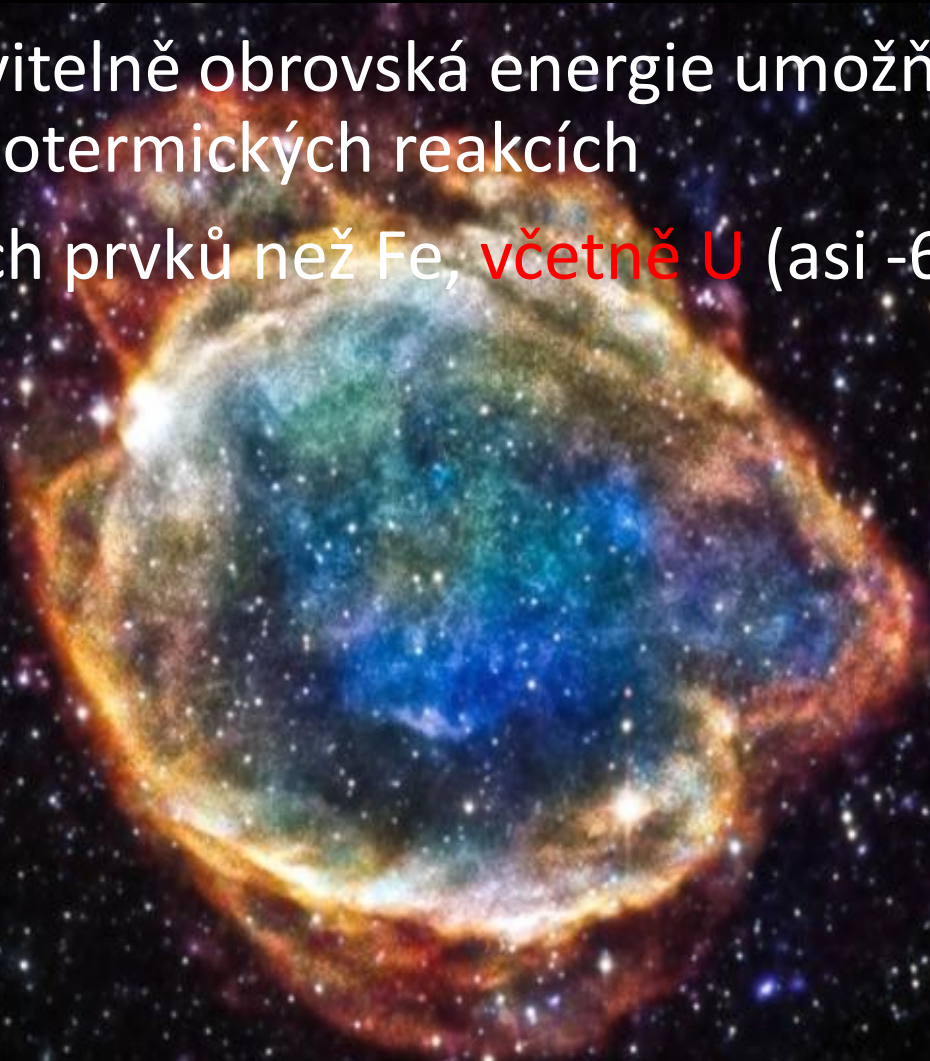
Vznik lehkých a těžších prvků

- **H, He, (Li)** – prvotní nukleogeneze (celý vesmír do cca. 3 vteřin po velkém třesku) + jaderná fúze v prvních hvězdách
- **Li, Be, B**: specifický znik v mezihvězdném prostoru (interakce produktů supernov s kosmickým zářením?)
- **Těžší prvky až po železo**: Obrovský tlak hmoty zažehl v nitrech hvězd termojadernou fúzi, jež po spotřebování H „spaluje“ hélium... následkem postupně vznikají těžší prvky až po železo
- ANI JADERNÁ FÚZE OVŠEM NESTAČÍ K PRODUKCI PRVKŮ $>Fe$



Vznik nejtěžších prvků → URAN

- **Prvky těžší než Fe:** Exploze prvních supernov
- Nepředstavitelně obrovská energie umožňující vznik jader v endotermických reakcích
- Vznik těžších prvků než Fe, **včetně U** (asi -6.6 mld. let)



- Před 4.5 mld let – vznik Země z hmoty, jež obsahuje uran vyprodukovaný erupcemi dávných supernov
- Dnes je již U ve Sluneční soustavě vzácný
- Nicméně, jeho pomalý rozpad je hlavním zdrojem zahřívání kůry Země, zodpovídá za kontinentální drift (asi ale i participace dalších fenoménů)



Jáchymov, dnešní ČR, kdysi dávno...



Quelle: Deutsche Fotothek

Stříbrné doly

Na začátku byly stříbrné mince, které byly raženy v Jáchymově v Krušných horách. Německý název pro Jáchymov byl **Joachimstal** a ta mince, která se tam razila, se nazývala **joachimstaler**. A protože to bylo dlouhé slovo, bylo zkracováno na **taler**. Z toho se pak vyvinulo české **tolar**. To se šířilo do různých zemí Evropy, protože *tyto mince měly dobrý zvuk, a dostaly se i do Anglie, kde byly přijaty v podobě **dollar***. Když v 18. století hledaly Spojené státy získaly nezávislost, hledaly vhodný název pro svoje oficiální platidlo, protože se chtěly odlišit od Francie, Anglie atd., a sáhly po tomto pojmenování dollar, které od 16. století v Anglii žilo, ale nebylo prakticky využíváno. *Takže v původu amerického dolaru je český tolar, který vznikl z jáchymovské mince na počátku 16. století.*" (etymolog z Ústavu českého jazyka a komunikace Filosofické fakulty UK PhDr. Jiří Rejsek).



PECHBLENDE (SMOLINEC)



PECHBLENDE (SMOLINEC)

Po roce 1515 těžba stříbra v Jachymově

V dolech se těžily nejdříve stříbrné rudy, později rudy kobaltu a arsenu

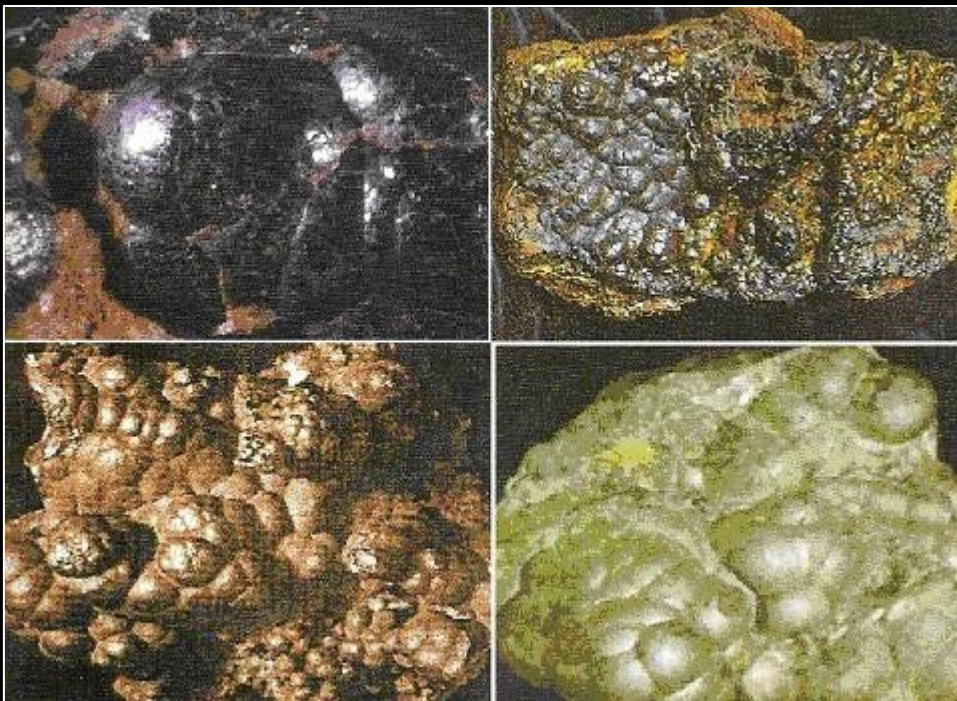
Během těžby někdy horníci narazily na žílu podivné horniny, **jejíž nalezení znamenalo pro horníky smůlu – znamenalo to totiž, že zásoby stříbra byly vyčerpány**

Nazvali ho proto **PECHBLENDE**

pech = smůla, blende = nekov

z toho **SMOLINEC** (nosící smůlu)

Později **URANIT**



PROČ „SMOLINEC“ ?

- jednak vypadá jako pryskyřice (smůla),
- pak ho mohli takto označit horníci ve stříbrných dolech, protože se vyskytuje tam, kde se nevyskytuje stříbro, a mohl jim tak přinášet smůlu v těžbě.
- Jako třetí původ smolného označení se nabízí možnost, že si horníci spojili jeho nálezy se zvýšenou úmrtností kolegů, i když se v té době ještě nevědělo o rakovině plic a její spojitosti s touto horninou (a jejími štěpnými produkty).



„smolné blejno“

(typická jáchymovská uranová ruda –
ledvinitý smolinec v žíle s růžovým
dolomitem a tmavě fialovým fluoritem)



počátek větrání
smolince



směs síranů a uhličitánů
(uranopilit, zippeit, zellerit)



uranové karbonáty
(světle žlutý zellerit s liebigitem)



uranové sírany
(zelený johannit, žlutý zippeit)



tmavě zelený andersonit a světle
žlutý schröckingerit (karbonáty)



uranophan,
(silikát uranu)



metatorbernit
(fosforečnan uranu)



žlutý autunit
(fosforečnan uranu)



metazeunerit
(arzeničnan uranu)

zvětráváním jáchymovského smolince vzniká pestrá škála nápadně barevných druhotných uranových minerálů, okrů a slíd, kterých si mj. povšimli i skláři

(Jáchymov, 2010)

PECHBLENDE (SMOLINEC)

Smolinec proto nejprve končil na haldách kolem dolů
jakožto naprosto bezcenný materiál...



SMOLINEC → Uranit

- jako první na světě uvádí popis smolince **Brückmann (1727)**, a to z Jáchymova.
- O poznání vlastností smolince se významně zasloužil **M. H. Klaproth (1743-1817)**, který r. 1789 zkoumal smolinec z Johannegeorgenstadtu a došel k názoru, že je to „samostatná polokovová látka“ pro kterou navrhl název Uranit podle tehdy Herschelem objevené planety (1781).
- Vlastní smolinec pokládal za sloučeninu tohoto „polokovu“ se sírou. Klaprothovi se ale podařilo připravit pouze oxid uraničitý, který pokládal za samostatný prvek. Stanovil i některé jeho vlastnosti, poznal jeho rozpustnost v kyselině dusičné i lučavce královské, připravil jeho nitrát, fosfát a acetát.
- Uvedl i důležitou vlastnost uranových sloučenin **barvit sklovinu žlutě a zeleně a sloužit i jako barva na porcelán.**
- Roku 1790 doporučil změnit název uranit na uranin.
- Klaprothova práce se stala základem pro další studium uranových minerálů.



Izolace URANU

U

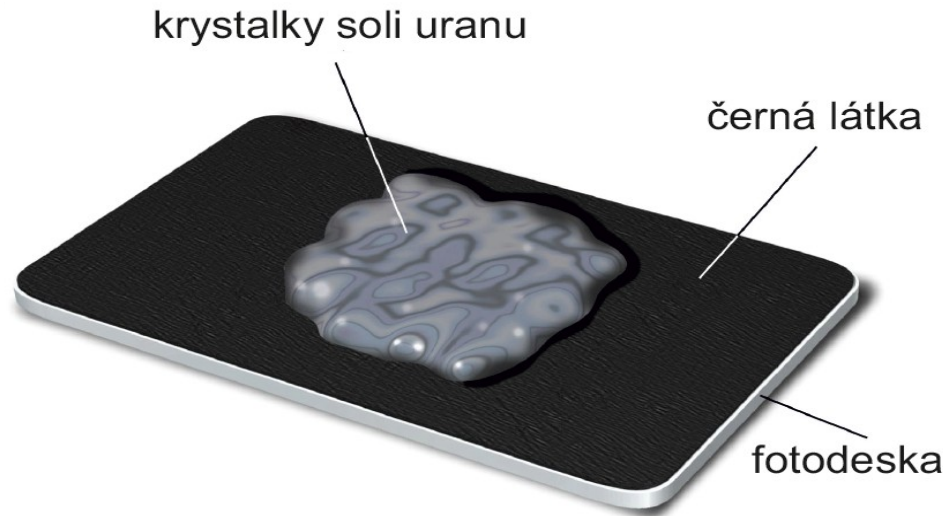


92
238.03

- Eugène-Melchior Péligot
(1811–1890 Paříž)
- francouzský chemik
- 1841 jako první izoloval uran a použil termín „uranyl“ (pro označení žlutých solí uranu).
- Uran začal být zajímavý pro barvení skla, stále však trpělivě čekal, až přijde jeho čas...



Becquerelův experiment



Becquerelův experiment. Soli uranu osvítily zakrytou fotografickou desku.

Dal vybrané kameny z otcovy sbírky na slunce, a když se dostatečně "nasmítily" a začaly samy pěkně zářit, **položil je na světlotěsně zabalené fotografické desky** a po čase je vyvolal

Poté se nestačil divit: Většina desek zůstala naprosto nezměněná, **jen pod několika vzorky zčernaly**

Ukázalo se, že jde o fluoreskující **soli uranu**.

Becquerelův experiment

Rok po Poincarého přednášce (24. února 1896)

Becquerel informoval Akademii o svém objevu:

"Uran vydává záření pronikající hmotou i bez vysokého napětí katodové trubice."

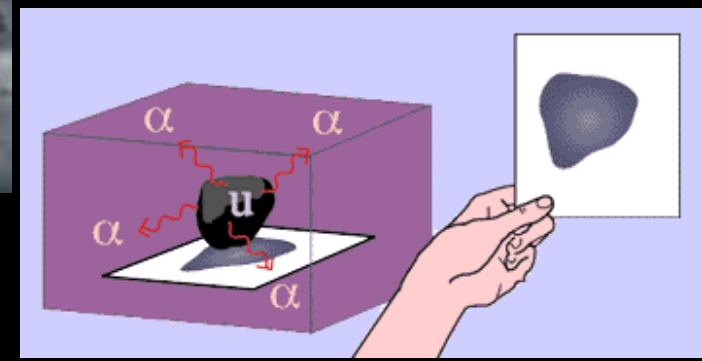
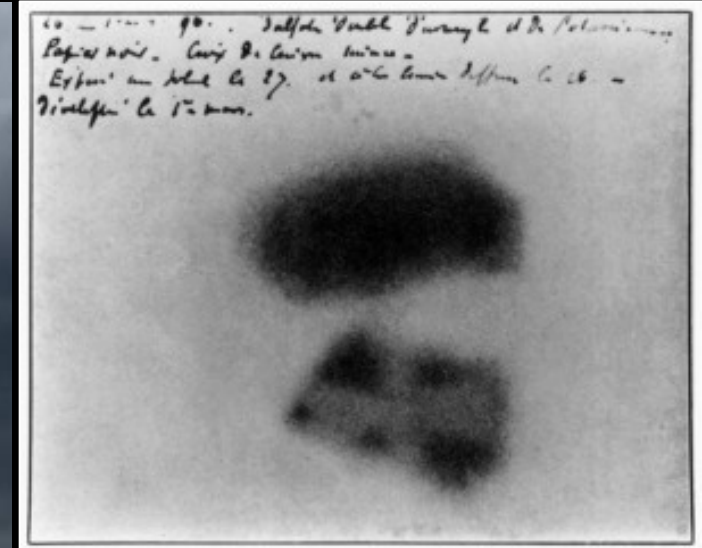
To byl nepochybně významný poznatek, ale k objevu přirozené radioaktivity stále ještě nesměřoval.

Becquerel se totiž stále ještě domníval, že záření souvisí s luminiscencí uranových solí.

Becquerelův experiment – A ZASE TA NÁHODA!

Když chtěl pokus opakovat,
neočekávaně se zatáhlo

... rozhodl se proto experiment odložit
a neexponované desky i s uranem
uklidil na několik dní do šuplíku

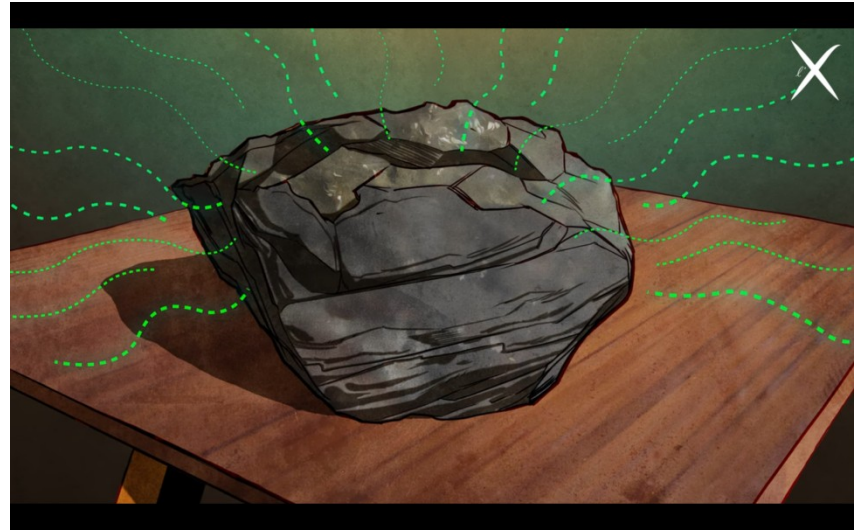


Posléze desky ale přesto z nejasných
pohnutek vyvolal, a byl udiven ještě více:
opět ztmavly!

Bylo zřejmé, že sluncem vyvolané světélkování nebylo příčinou
expozi ce desek.

Becquerelov o záření

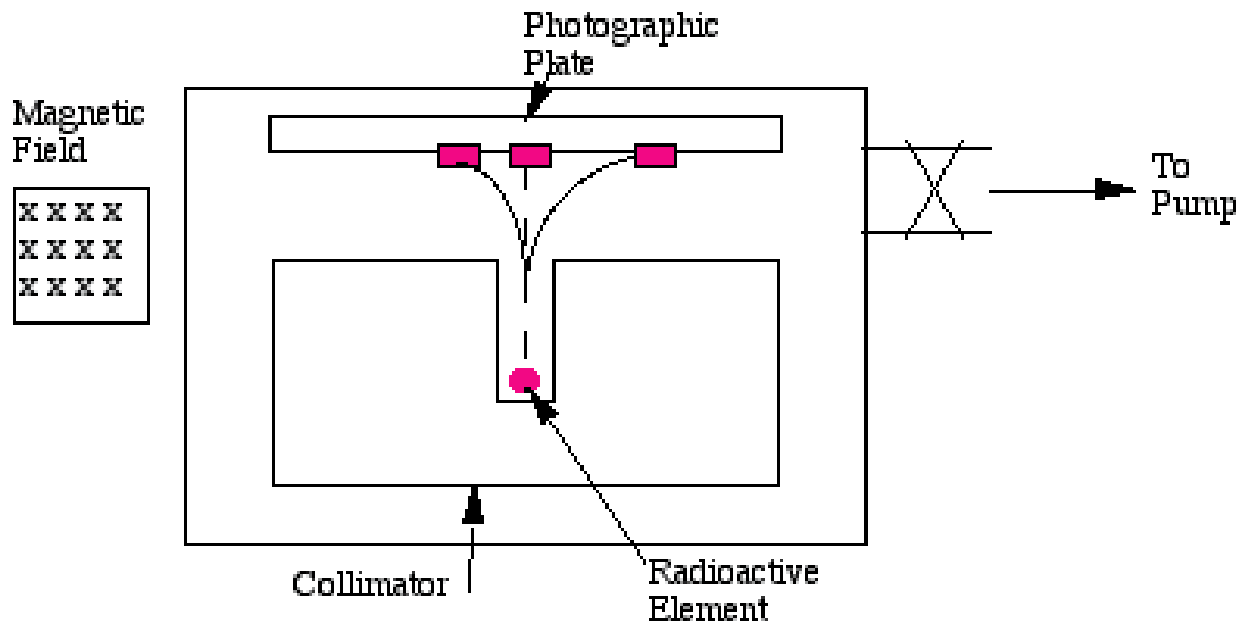
- Becquerel se podivným zářením z nitra uranu dál intenzivně zabýval:



- **Zjistil že černání fotografických desek způsobují všechny sloučeniny obsahující uran, zatímco luminiscencí se vyznačují jen některé jeho soli**
- 18. května 1896 konstatoval: "Pronikavá zářivost je vlastností samotného uranu bez ohledu na jeho fyzikální či chemickou formu.,,
- **PRÁVĚ TAK OBJEVIL PŘIROZENOU RADIOAKTIVITU, nejprve nazývanou jako Becquerelovo záření**

Becquerel zjistil některé další zajímavé charakteristiky záření vycházejícího z uranu:

- ionizuje vzduch
- lze jej odklonit pomocí magnetického pole.
- Tento poznatek zveřejnil v roce 1899. **Vyplývalo z něj, že se neznámé záření (přinejmenším z určité části) skládá z elektricky nabitých částic. Na jeho podstatu však přijít nedokázal.**



RADIOAKTIVITA, Marie a Pierre Curieovi

Štafetu od H.B. převzali manželé **Marie a Pierre Curieovi** (byli to spolupracovníci H. Becquerela - Pierre Curie měl pracovnu jen několik kroků chodbou od laboratoře profesora Becquerela a sdílel ji se svou mladou manželkou Marií).

mladá žena polského původu, **Marie Curie, tehdy ještě Sklodowská**, byla jednou z Becquerelových studentek a právě vdala za fyzika Pierra...



Pierre Curie (1859-1906)

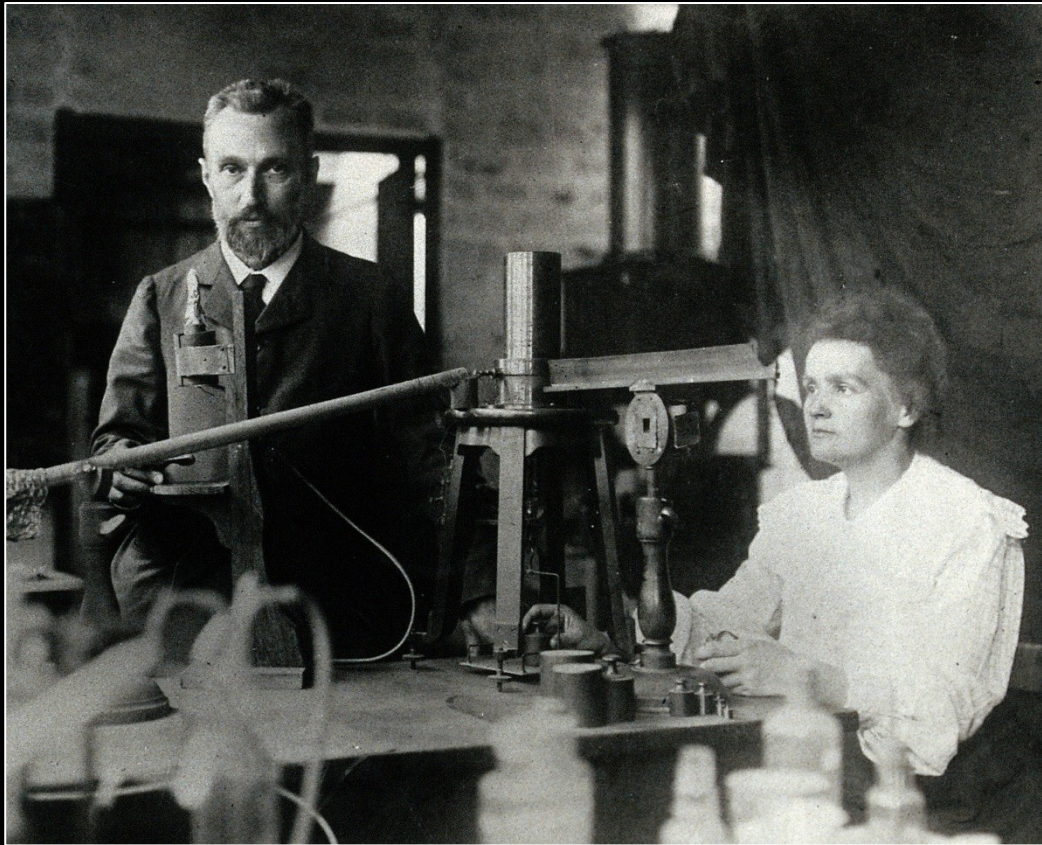
Marie Sklodowska-Curie (1867-1934)

Maria Curie-Skłodowska, 7. 11. 1867 - 4. 7. 1934

- Z Polska odešla do Francie, kde v roce 1891 složila **jako první žena v historii přijímací zkoušky na fakultu fyziky a chemie pařížské Sorbonny.**
- Pierra Curie. Ten pracoval jako doktorand u prof. Becquerela. Sňatek uzavřeli o rok později.
- Becquerel na doporučení Pierra nabídl Marii doktorandské studium ve své laboratoři.
- Díky své práci byla jako první žena na světě dvakrát oceněna Nobelovo cenou, navíc ve dvou oborech. **Nejprve v roce 1903 obdržela společně s Becquerelem Nobelovo cenu za fyziku za zkoumání radioaktivních jevů a v roce 1911**
- **za objev a izolaci polonia a radia obdržela společně s Pierrem Curie Nobelovo cenu za chemii.**
- V roce 1903 jako první žena na světě obdržela i titul doktora fyziky na Sorbonně.
- jmenována na místo svého zesnulého manžela a stala se tak historicky první **profesorkou na Sorbonně.**
- V roce 1925 navštívila Jáchymov a některé její připomínky k lázeňským procedurám se používají dodnes. Dnes její jméno nese lázeňský hotel Curie.



Radioaktivita, Marie a Pierre Curieovi



- Curieovi již v roce 1896 zjistili, že stejné záření jako uran vydávají také sloučeniny **thoria** (prvenství objevu bylo nicméně přiřknuto Gerhardu Carlemu Schmidtovi) - na světě tedy existoval přinejmenším ještě jeden radioaktivní prvek
- Tehdy Marie Curie pro tuto vlastnost (které se zpočátku říkalo **Becquerelovy paprsky**) poprvé použila název **radioaktivita**.
- Objevitel záření (H.B.) však o fyzikální zvěčnění svého jména nakonec přece jen nepřišel: byla po něm pojmenována **jednotka radioaktivity**:
- Jeden Becquerel [1 Bq] vyjadřuje takovou aktivitu zdroje při níž se za 1 sec rozpadne 1 atom

Radioaktivita, Marie a Pierre Curieovi

- Manželé Curieovi pak prováděli pečlivá měření v různých horninách (uranitu a chalkolitu).
- Hlavní roli zde hrál SMOLINEC Z JÁCHYMOVA
- Bádání bylo totiž nesmírně náročné na množství výchozího materiálu
- M.C. proto požádala vídeňského ministra orby, hraběte Buquoye, o zaslání vzorku smolince z Jáchymova. Ten jí nechal poslat **několik tun odpadu z továrny na uranové barvy v Jáchymově.**
- (nakonec M-C. získala **0.1g Po** z několika tun smolince)



- M a P Curie brzy zjistili, že něco s horninami a radioaktivitou nesedí:
- **Radioaktivita nerostů uranitu a chalkolitu byla mnohem vyšší, než by odpovídalo zastoupení uranu a thoria ve vzorcích.**
- Jediným logickým vysvětlením bylo, že **rudy obsahují další dosud neznámé prvky, jejichž radioaktivita je ještě výrazně vyšší.**
- V červenci 1898 oznamují: "Domníváme se, že látka, kterou jsme vyloučili ze smolince, obsahuje dosud neobjevený kov... Navrhujeme, aby byl nazván **polonium**, na počest její rodné vlasti.



>>



SMOLINEC

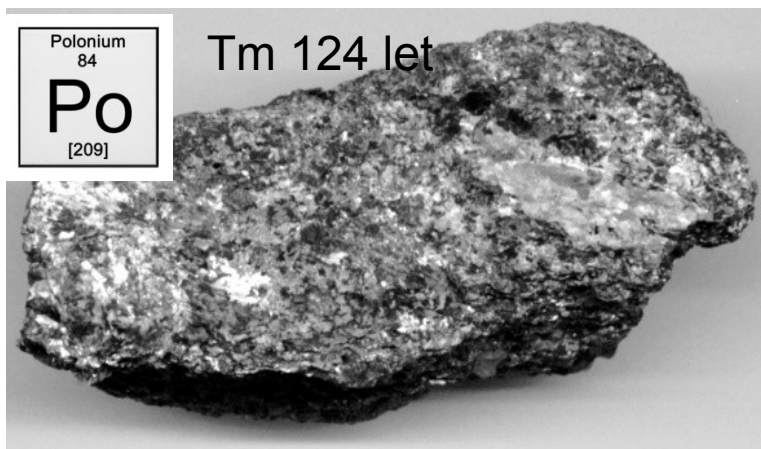


ČISTÝ URAN / URANOVÉ SOLI

Marie a Pierre Curieovi – objev nových radioaktivních prvků, polonia a radia

Nejprve identifikovali **polonium**, které bylo **150x radioaktivnější** než uran.

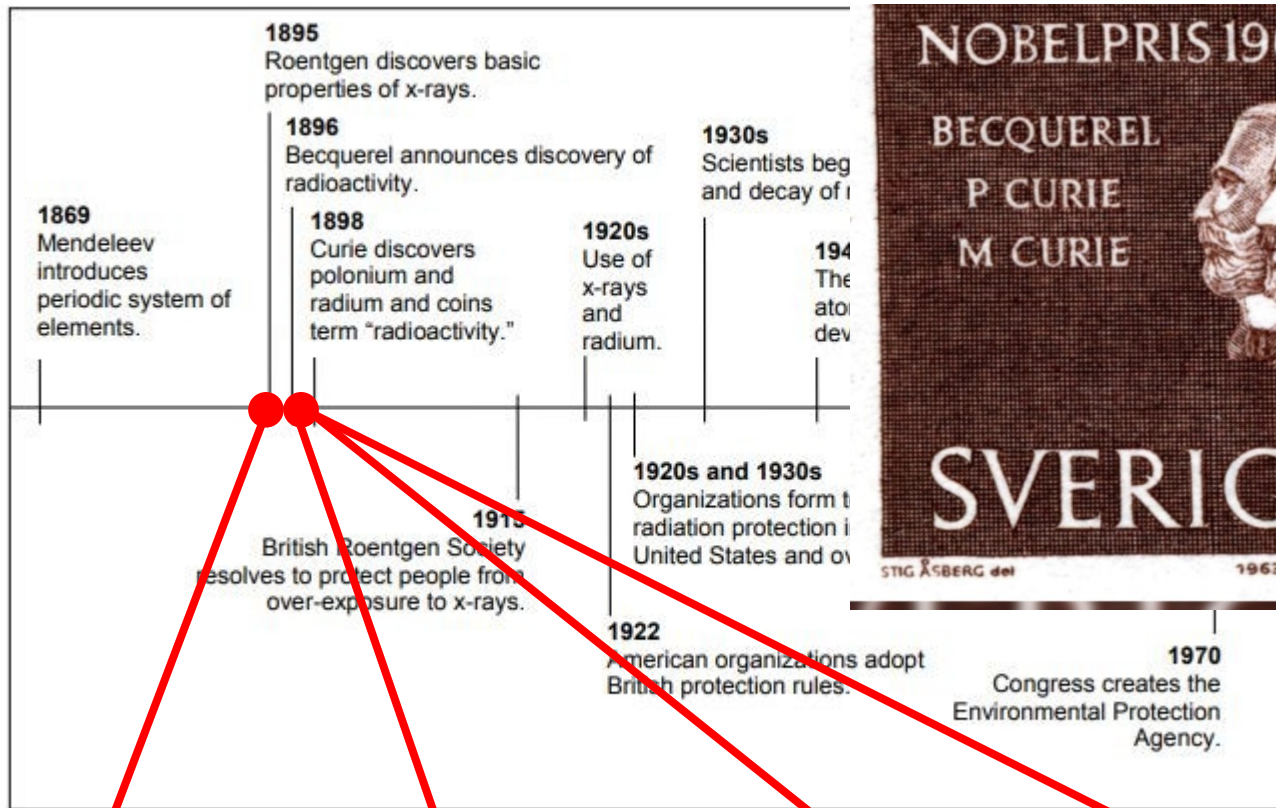
Později ještě objevili **radium**, jehož aktivita byla **dokonce 900x** vyšší než u uranu. Proto ho také pojmenovali „radium“ = zářící



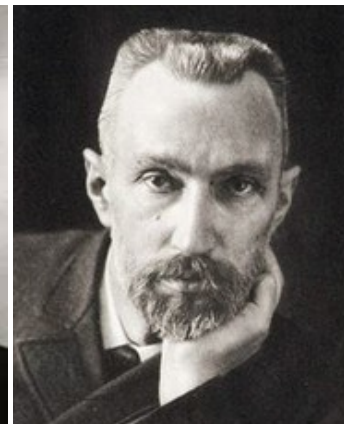
POLONIUM (Po)
stříbřitě bílý, silně radioaktivní kov
Existuje 42 izotopů polonia
s atomovou hmotností 194 až 218
(izotopy = liší se počtem neutronů)



34 známých radioaktivních izotopů,
s nukleonovými čísly 201 až 234



Marie Curie
První žena
oceněná
Nobelovou
cenou
Původně měl
být ale
oceněn jen
Becquerel a
Pierre Curie!!



1901 vůbec první NB za fyziku 1903 Nobelova cena za fyziku

Fenomenální Marie Curie-Sklodowska



1903: Nobelova cena za fyziku za objev radioaktivity, spolu s Pierrem a A.H. Becquerelem



1911: druhá Nobelova cena, nyní za chemii, za izolaci radia a objev polonia, plus další objevy ohledně radioaktivity



DOBA BEZUZDNÉHO OPOJENÍ RADIOADTIVITOU

Částečně tomu napomohla přímo Marie Curie:

- Sama totiž před smrtí navrhla, jak by lidstvo mohlo v budoucnu profitovat z IR
- nastínila i možné medicínské využití IR – kromě radioterapie nádorů předpokládala, že významné zdravotní benefity může přinést mj.:
- **pití vody „nasyčené“ radonem** (vznikajícím následkem rozpadu thoria a uranu),
- **injekční vstřikování ozářeného/radioaktivního fyziologického roztoku** přímo do krevního oběhu, svalů a kloubů,
- **inhalování radonem obohaceného vzduchu,**
- **a také koupele v radioaktivní vodě**
- Jelikož však byla vědkyně, upozorňovala zároveň, že vědecké podklady pro tato tvrzení jsou zatím nedostatečné a převažuje jen empirická zkušenost
- I přesto lékaři v té době předepisují radium proti artritidě, dně, hypertenzi, ischiasu, bolestem v kříži a celé řadě dalších obtíží
- Ještě v roce 1916 lékařský časopis Radium ubezpečuje, že radium nemá absolutně žádné toxické účinky a je harmonicky přijato tělem jako rostliny přijímají světlo

Maria Curie-Skłodowska

- Během I. sv. války prosadila zřízení **polních rentgenologických stanic**, které z pozice vedoucího vojenské lékařské buňky organizovala a řídila. Tyto stanice vyšetřily více než 3.000.000 milionů případů zranění vojáků.
- Po válce cestovala po světě a **iniciovala zakládání Ústavů pro léčbu rakoviny**. V této době patří mezi její žáky **František Běhounek** – zakladatel československé atomové fyziky. V roce **1925** Marie Curie-Skłodovská **navštěvuje město, které stálo na počátku její vědecké kariéry – Jáchymov**. Zde sfárala do dolu Svornost a navštívila i lázně. Zde prokázala neúčinnost pitných kúr a naopak vhodnost koupelí v radiové vodě.

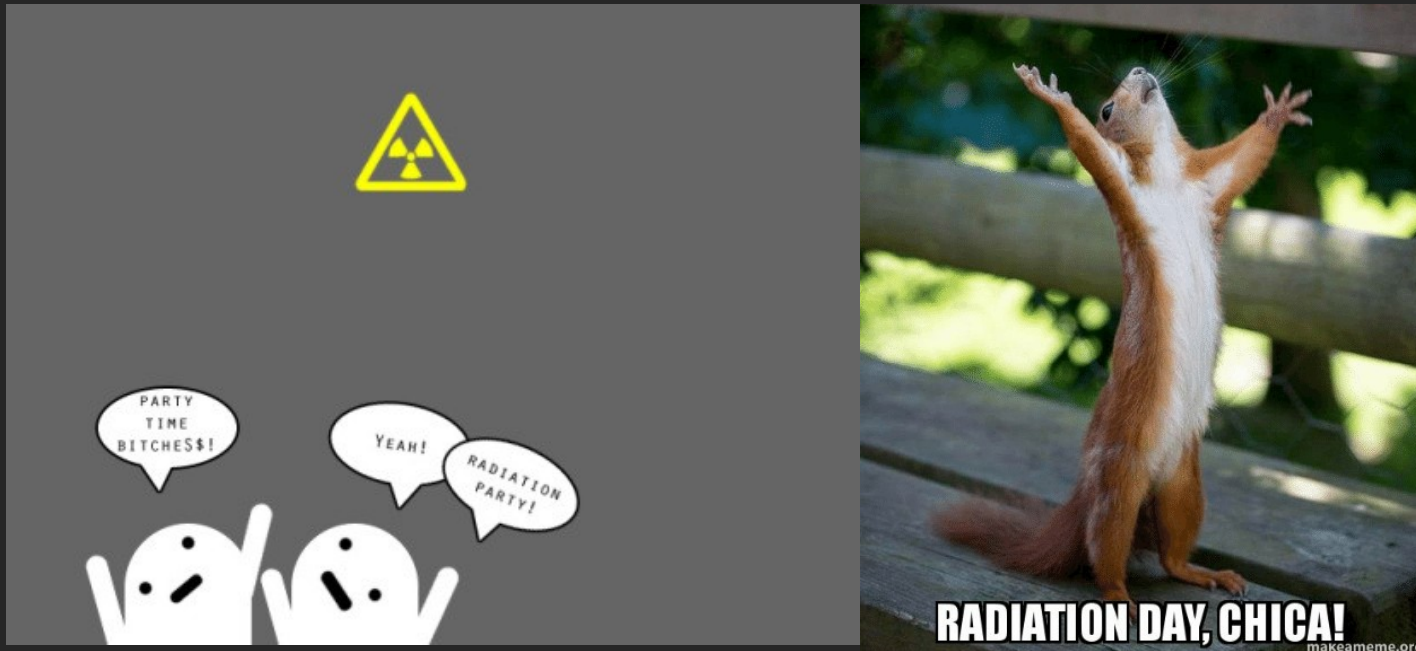
- Zemřela v nemocnici Sallanches v Savoy u Paříže (1934, 67 let) na **aplastickou anémii, kterou si pravděpodobně přivodila absolutní absencí ochranných opatření při práci s radioaktivními látkami**.
- Pro zásluhy na poli vědy byly její ostatky v roce 1995 slavnostně přeneseny do pařížského Panteonu.



Marie Curie driving the Renault car that she converted into a radiological unit during the first World War, 1917

Radium se následně začalo v USA vyrábět uměle a než se poznalo nebezpečí ionizujícího záření, **propuklo doslova období bezuzdného opojení radioaktivitou**

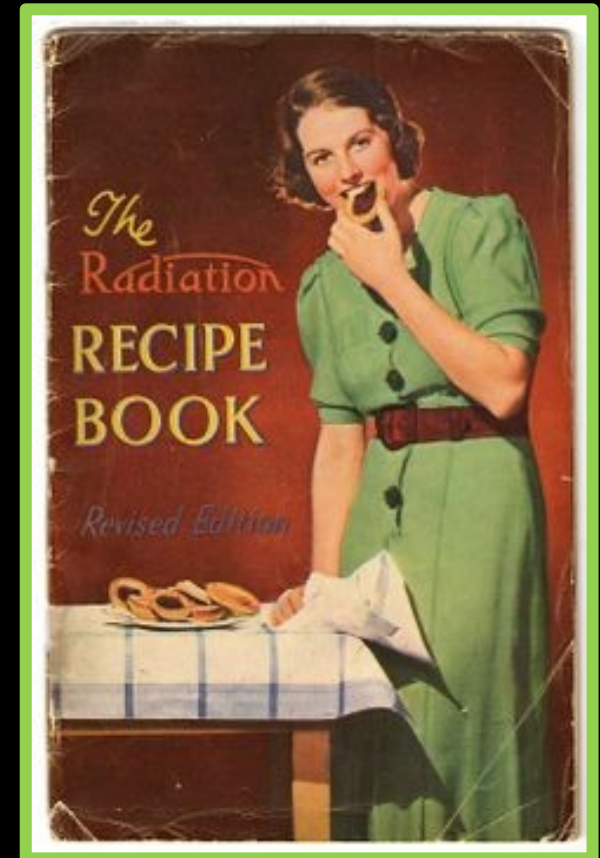
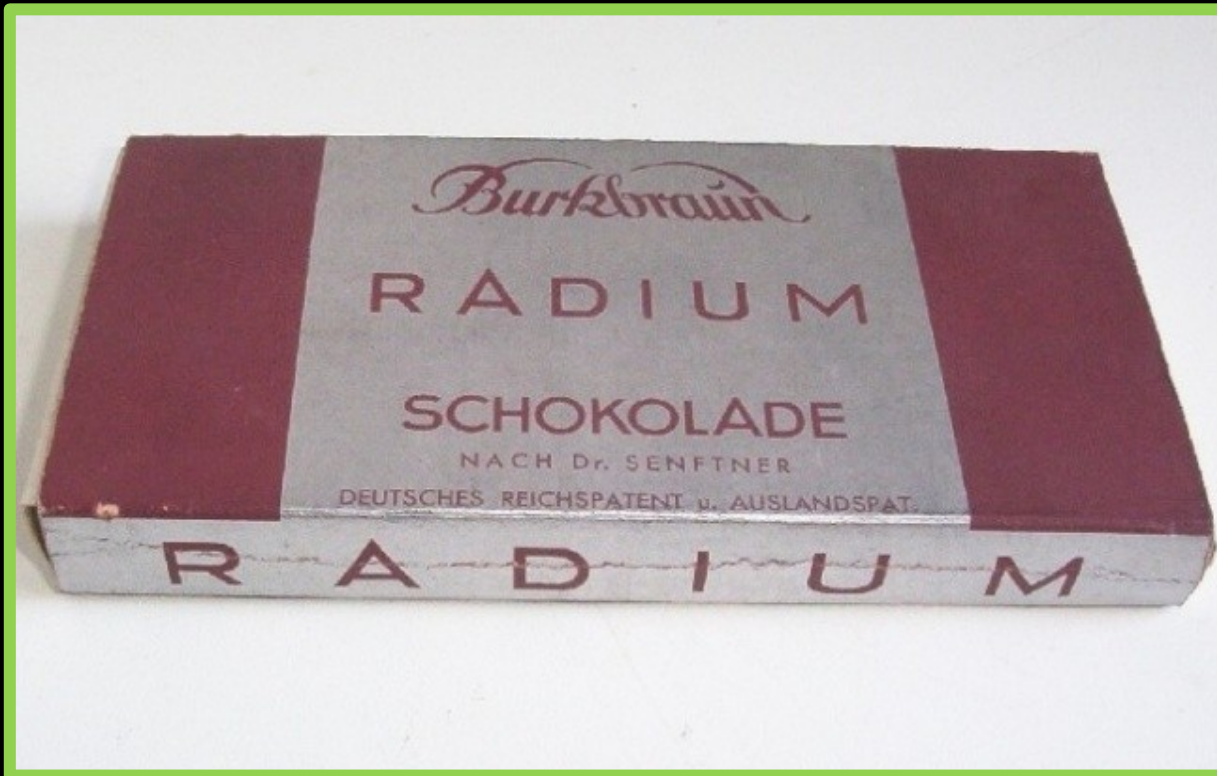
Paprsky X se používaly nezdědka ke zcela nepatřičným účelům (viz přednáška č. 1) a radium se přidávalo snad do čehokoliv to jen bylo možné - prodávaly se nejrůznější magické kosmetické a léčebné přípravky, ale také technické výrobky a výrobky pro zábavu (glow-in-the-dark).



➔ DOBA BEZUZDNÉHO OPOJENÍ RADIOADTIVITOU

Sweets & Food...

Hippman-Blach bakery's Radium Bread, made with that amazing radium water.



Radioactive Chocolate Bar - to make you look and feel younger (vyráběna v Německu)

REVIGATOR: levnější cesta k léčebné radioaktivní vodě

- Kdo neměl finance na drahé léčivé radioaktivní kapky, mohl si připravit radioaktivní vodu sám doma pomocí Revigatoru.
- Jednalo se o keramickou nádobu s vložkou s příměsí uranu a radia
- Revigator se přes noc naplnil vodou, která byla během noci ozářena a patrně i nepatrně „obohacena“ přítomným uranem a radiem
- Následující den byla voda připravena ke konzumaci
- Pití této vody zaručovalo pevné zdraví, například prevenci artritidy, nadýmání a senility.



Sweets & Food...



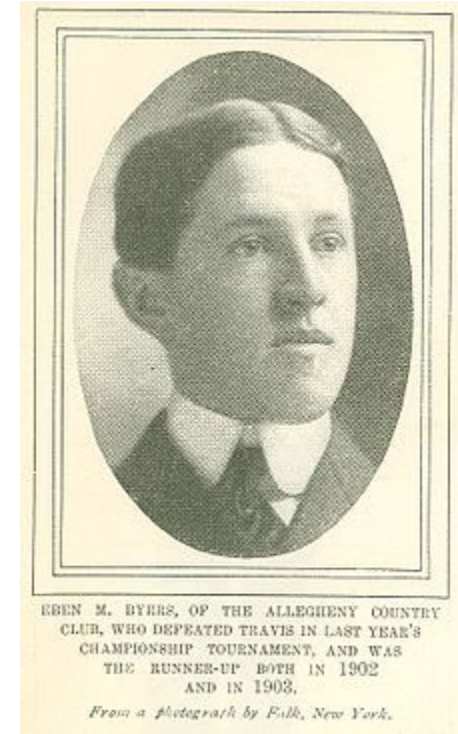
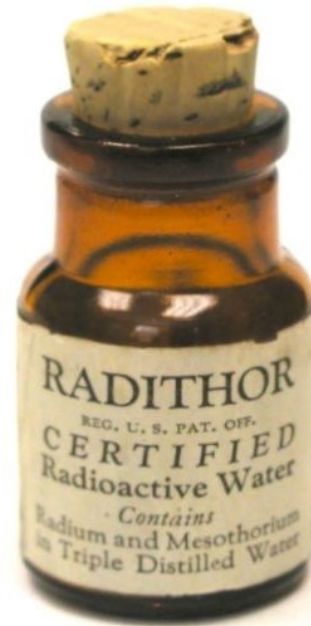
RADITHOR: léčebné radioaktivní kapky

Malá lahvička prodávaná jakožto lék proti artritidě, revmatismu, mentálním chorobám, rakovině žaludku a impotenci

Jednalo se o 3x destilovanou vodu s nepatrným přídavkem radia (^{226}Ra a ^{228}Ra ; $1 \mu\text{Ci} = 37 \text{ kBq}$; aktivita v řádech jednotek Bq až kBq je velice nízká; radioterapeutika MBq-GBq).

Existovaly však i přípravky určené přímo pro intravenózní (injekční) aplikaci

Ebenezer McBurney Byers
(April 12, 1880 – March 31, 1932)



He won the 1906 [U.S. Amateur](#) in golf. He earned notoriety in the early 1930s when **he died from multiple radiation-induced cancers after consuming Radithor.**

RADIUM THERAPY

The only scientific apparatus for the preparation of radio-active water in the hospital or in the patient's own home.

This apparatus gives a high and measured dosage of radio-active drinking water for the treatment of gout, rheumatism, arthritis, neuralgia, sciatica, tabes dorsalis, catarrh of the antrum and frontal sinus, arterio-sclerosis, diabetes and glycosuria, and nephritis, as described in

Dr. Saubermann's lecture before the Roentgen Society, printed in this number of the "Archives."

DESCRIPTION.

The perforated earthenware "activator" in the glass jar contains an insoluble preparation impregnated with radium. It continuously emits radium emanation at a fixed rate, and keeps the water in the jar always charged to a fixed and measurable strength, from 5,000 to 10,000 Maché units per litre per diem.



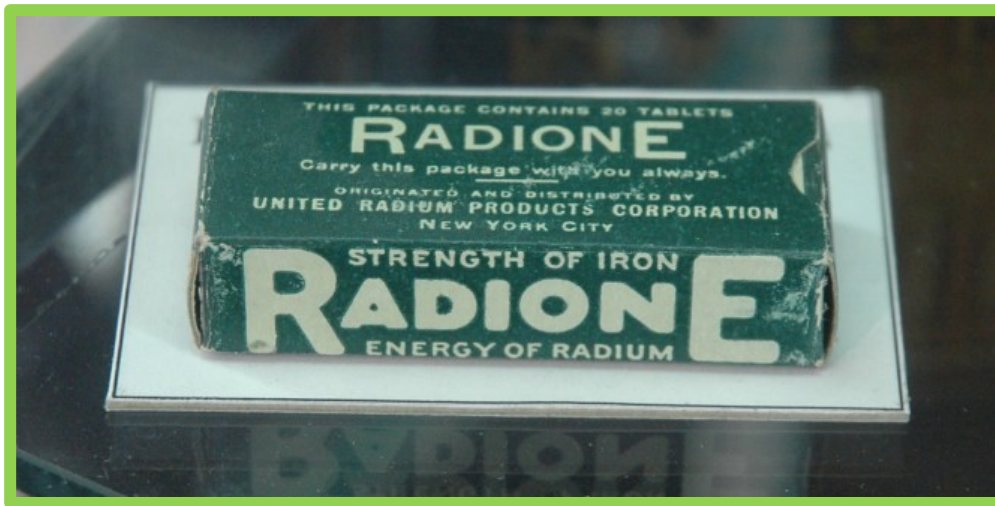
SUPPLIED BY

RADIUM LIMITED,

93, MORTIMER STREET, LONDON, W.

Telephone: 674 MAYFAIR.

ZDRAVÍ - Radione energy pills



Některé směsi „dokázaly léčit“ až **150 chorob**, například malátnost / letargii / únavu, impotenci atd.

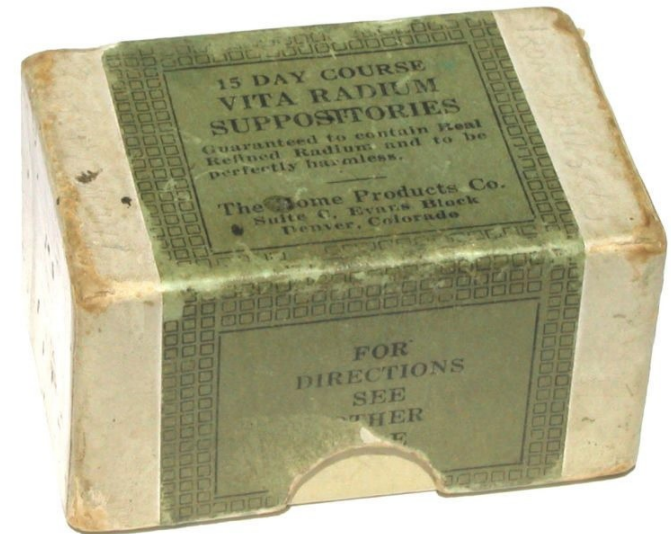
V tomto směru vynikaly např.

Radione energy pills, jakýsi předchůdce dnešní Viagry a obdobných medikamentů



Vita Radium Suppositories – Radioaktivní čípky

- Zlepšení sexuálních funkcí
- Celková energizace nervového systému, krevního oběhu a sekrečních žláz
- Účinnou látkou bylo vysoce přečištěné RADIUM v kakaovém másle jako nosiči
- Radium se mělo vstřebat v tlustém střevě, prostoupit takto do krevního oběhu, a následně distribuováno do celého těla – tedy oslabených orgánů, které potřebují vitalizovat. Po zajištění dlouhodobých zdravotních benefitů mělo být radium postupně vyloučeno během asi tří dnů
- Výrobce garantoval neprostopu neškodnost přípravku
- Doručovala se kombinace s tabletami NU_MAN, též na bázi radia



Radiendocrinator



- Radiendocrinator a provided you with a **stack of radioactive cards**
- Sleeping every night with radium **pressed against your gonads** was supposedly a sure way to reinject that lost vigor into your days.
- **Its inventor, a regular user of the device, died of bladder cancer.**

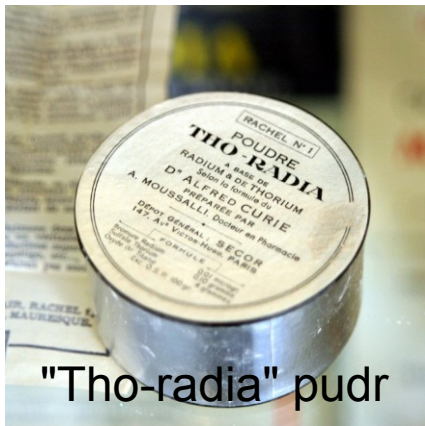
Radium Hand Cleaner – všemocná léčící a čistící pasta na vše živé i neživé

- Kolem roku 1910
- Pasta rychle odstraňuje maz, barvu, asfalt, korozi atd., bez iritace kůže
- Kůži naopak čistí a léčí
- Doporučováno pro “kotlíky, pánve, vědra, grily, čajové konvice, atd.”



Leštadlo na boty

Tho-Radia Beauty Products



"Tho-radia" pudr



- Po bezprecedentně dokonalém vyčištění pokožky čistícími přípravky s příměsí rádia / thória bylo možné postoupit k dalšímu ošetření pleti a zkrášlování pomocí celé Tho-Rádiové řady produktů: parfémů, krémů, obličejových pudrů, rtěnek a dalších výrobků.
- Produkty zaručovaly omlazení a projasnění pokožky, a vůbec všechny benefity, co si jen lze představit.
- Tho-Rádiové produkty byly pyšně propagovány pod záštitou dr. Alfreda Curie. Tento doktor překvapivě skutečně existoval a takto se jmenoval, neměl však žádný vztah k manželům Curie, jak se snažila reklama navodit dojem.

Doramad – radioaktivní zubní pasta s příměsí thoria



Úrovně radioaktivity velmi nízké, nicméně deklarováno, že tato pasta:
“Its radioactive radiation increases the defenses of the teeth and gums. The cells are loaded with a new energy of life, the destructive effect of bacteria is hampered. That explains the excellent prophylaxis and the healing process of gum disease ... ” ...its radioactive qualities gently polishes the dental enamel so it turns white and shiny.”

Vyráběla a prodávala se v Německu v letech 1940 až 1945, tedy během 2. světové války. Ještě štěstí, že německé vědce tehdy více zajímali aplikace radioaktivních materiálů v kosmetice než ve vývoj atomových zbraní.

Korzety a spodní prádlo s příměsí rádia / thória



1st — 6th
NOVEMBER

demonstration

Silhouette Radiante
RADIO-ACTIVE CORSETRY

Let all your social functions go by the board — but don't let anything stop you seeing our demonstrations of this thrilling new corsets. Next week, a contour expert from Corsets Silhouette, London—Paris, will explain the wonders of these dainty fashion creations, and the many beneficial effects which accrue to their wearers—apart from their unquestionable perfection as—just corsets!

HANDLEYS LTD.
SOUTHSEA
Telephone 2241

Advertisement for 'Silhouette Radiante Radio-Active Corsetry' featuring a woman in a corset and a sign that says '1st — 6th NOVEMBER demonstration'. The text below describes the corsetry and provides contact information for Handleys Ltd. in Southsea.

Prvně patentováno v Paříži roku 1937

Radioaktivní materiály měly zajistit stimulující, posilující, léčebné, antibakteriální, ...

Účinky

(a patrně i oslnit ostatní přítomné ;-))



Une saine et douce chaleur, **radio-active...**

Une laine, souple, élastique, résistante, épaisse et confortable, qu'un traitement physico-chimique a doué d'un remarquable pouvoir : la radio-activité. Chacun connaît les extraordinaires effets de stimulation organique, d'excitation cellulaire, transmis par le radium. Une laine ainsi traitée allie aux avantages propres du textile une indéniable valeur hygiénique. Pour tricoter la layette de Bébé, les lainages des enfants, vos sous-vêtements et vos pull-over, utilisez la

LAINÉ ORADIUM

Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, irrétrécissable, infeu-trable. C'est un Produit de la LAINE MÉDICALE, 20, rue St-Georges, PARIS - Trud. 07-28

La LAINE ORADIUM est vendue chez votre pharmacien au prix imposé de **frs 1 8.50** la pelote de 50 grammes.

DEMANDEZ LA BROCHURE ET LA CARTE DES COULEURS

Si votre pharmacien habituel n'est pas encore approvisionné ou n'a pas en stock le coloris que vous désirez, veuillez nous en aviser en nous donnant son adresse et nous nous ferons un plaisir de vous faire parvenir les pelotes de LAINE ORADIUM par nos intermédiaires.



Princess Radium Lingerie & cosmetics

I want to **Pay You**
\$85 a week

Man or Woman
 Send for my proposition, I pay men and women \$85.00 weekly to as high as \$36.00 per day for either all or spare time help. No experience necessary.

Sell **PRINCESS RADIUM LINGERIE**

Charming ladies lingerie and hosiery, pretty, low priced, sells on sight, actually. Miss Grace James averaged \$38 a day, spare time; R. G. Thompson earned \$38 in one day. You can do as well, we tell you how.

Profits in Advance
 Your profits in advance, we ship and collect. You show goods and mail us the orders. Nothing in any store compares in beauty and value to "Princess Radium" lingerie and hosiery.

High Grade-Steady
 Unusual opportunity for big cash quick, write for plan and exclusive territory, build a steady income for life. District managers wanted. Territorial rights going fast, don't delay, write now.

Free
 Handsome photos from actual models and samples of genuine "Princess Radium" silk, free.

ROBERTS-FRANK & CO
 1733 Irving Park Blvd
 DEPT E283 CHICAGO

MÉTODE
THO-RADIA
 EMBELLISSANTE PARCE QUE CURATIVE

DENTIFRICE
THO-RADIA
 A BASE DE SELS DE THORIUM

FORMULE
 du Docteur Alfred CURIE

Astringent et bactéricide, il stérilise la cavité buccale, évite et combat les gingivites, prévient la carie et les pyorrhées alvéolaires. Il assainit les dents, laisse dans la bouche une délicieuse impression de fraîcheur, conserve l'éclat, la blancheur et l'intégrité de la dentition.

Pas de jolii sourire sans de jolies dents

Le grand tube: 6 francs

CRÈME **POUDRE**
THO-RADIA
 EMBELLISSANTES PARCE QUE CURATIVES
 à base de Thorium et de radium selon la formule du DOCTEUR ALFRED CURIE

Radium and Beauty

Rador
 Toilet Requisites

HERE are the first toilet preparations to embody Actual Radium, an astonishing new force for betterment, applied as an aid to Beauty. Learn how the amazing Energy of Radium has proved a boon to the human skin. Learn what Radium actually means to Beauty and how its power is employed in "Rador" Preparations. Study our \$5,000 guarantee. Then turn to "Rador" Toilet Requisites. When you have used, enjoyed and tested them you will adopt them as your own first aid to Beauty.

PREHISTORIC woman first discovered her image in some quiet jungle pool. Ever since Beauty has engaged the world's attention. Radium, though new to the world, is no less of a shining mirror. Its mirror has amazed and thrilled us all. Who would have imagined that this new light would ever be put to use? Yes, Radium, indeed, has discovered a wonderful beauty secret. It is called Radium Beauty. It is called Radium. Any one who uses it will see the Radium power at once made manifest. The first particle of Radium shows off a wonderful power of Energy Rays, the Energy never dimming, never missing, day or night, ever to your aid. A Ray's softness never ends and exclusive Radium all their own, a perfume not for sale in any market. They are the first and only preparations for the toilet to contain Actual Radium-226's power and its beauty.

Every "Rador" Preparation is guaranteed, under Radium Beauty, to contain a definite amount of Actual Radium and to retain its Radioactivity for at least ten years. In England, "Rador" Preparations are a matter of great public pride. They are used by noted women of style and fashion. They are the best used articles in the world.

We present them to the United States as the greatest beauty and health aid to the whole population of complexion, rounded, youthful facial features, a healthy skin and beautiful hair. Each and every "Rador" Beauty aid is the

"Rador" Toilet Requisites are necessarily lighter in price. This must be expected in preparations containing the finest ingredients only, plus a definite quantity of Actual Radium. But the greater benefits obtained from "Rador" Preparations would justify an even higher price. The best is always the cheapest and gives further:

It is easy to prove the superiority of "Rador" Preparations. Try them. See how smoothly the "Yankee" Cream

GUARANTEED

Rador Articles
 1733 Irving Park Blvd. Chicago



Miss X-Ray

Radium (Undark) Girls



**PAPPY'S
UNDARK
GIRLS**

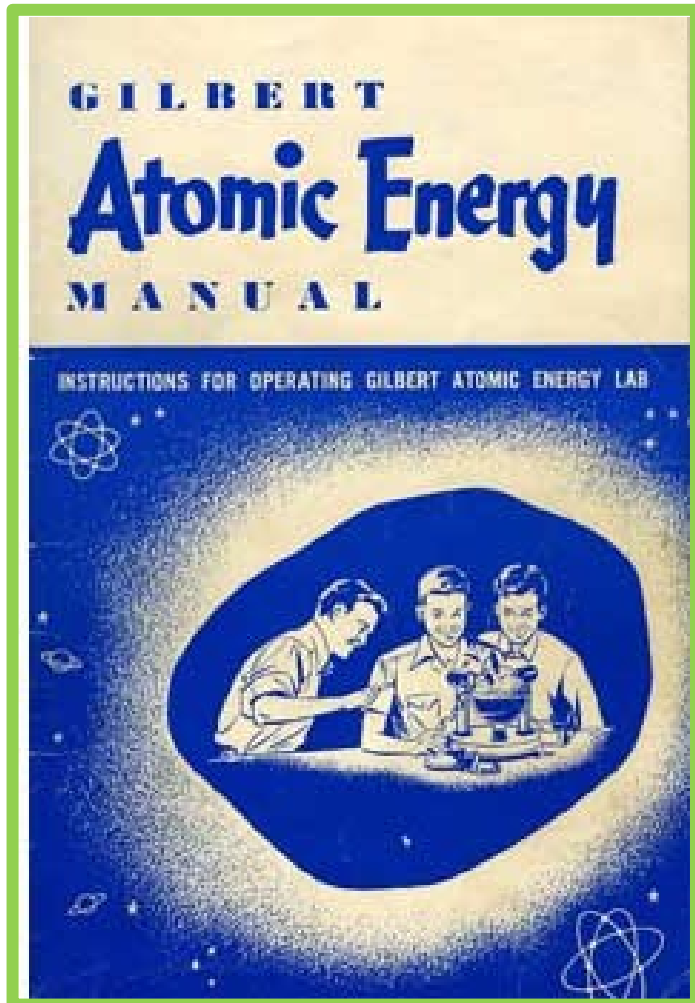


"Hey, baby, you're looking radioactive!"

Síla rádia pro bezpečnější sex a účinnější antikoncepci účinnější



Children toys...



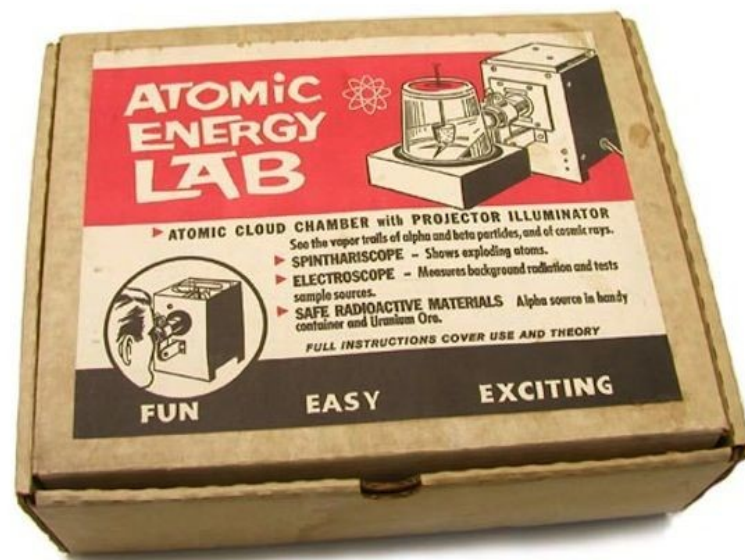
The Gilbert Atomic Energy Lab –
Patrně nejnebezpečnější dětská hračka
Prodávána pouze : 1950-51
Prodejnost však malá – ne kvůli této
nebezpečnosti, ale pro svou enormní cenu,
tehdy \$50 (dnes cca. \$400)

The Gilbert Atomic Energy Lab - pokračování

Mezi ingredience „stavebnice“ patily např.:

- Uranová ruda
- ^{210}Pb ($\alpha + \beta$ zářič)
- ^{106}Ru ? (čistá β -zářič)
- a ^{65}Zn (γ -zářič),
- spintariscop (pro počítání záblesků vznikajících při dopadu ionizujících částic na povrch materiálu; záblesky je možno pozorovat na stínítku zařízení lupou-okulárem)
- mlžnou komoru pro detekci a-částic
- Electroscop
- Geigerův počítač (který asi zejména umožňoval rodičům změřit kontaminaci jejich dětí ;-))
- manuál,
- Komixovou knihu Dagwood Splits the Atom
- A vládní manuál “Prospecting for Uranium.”

Pokud se stavebnice osvědčila, avšak děti stihly radioaktivní zdroje rozprášit po okolí – žádný problém, rodiče mohli svým ratolestem doobjednat nové ;-)



Batschari Radium Cigarettes

A mezitím, co si děti spokojeně hrají a září úsměvem, rodiče si mohou dopřát trochu relaxace s povzbudivými, omlazujícími, léčivými,... CIGARETAMI S RADIEM



the Batschari tobacco company in Baden-Baden, Germany made radium cigarettes between 1910 and 1915.

Radium v lékařství, radioterapie

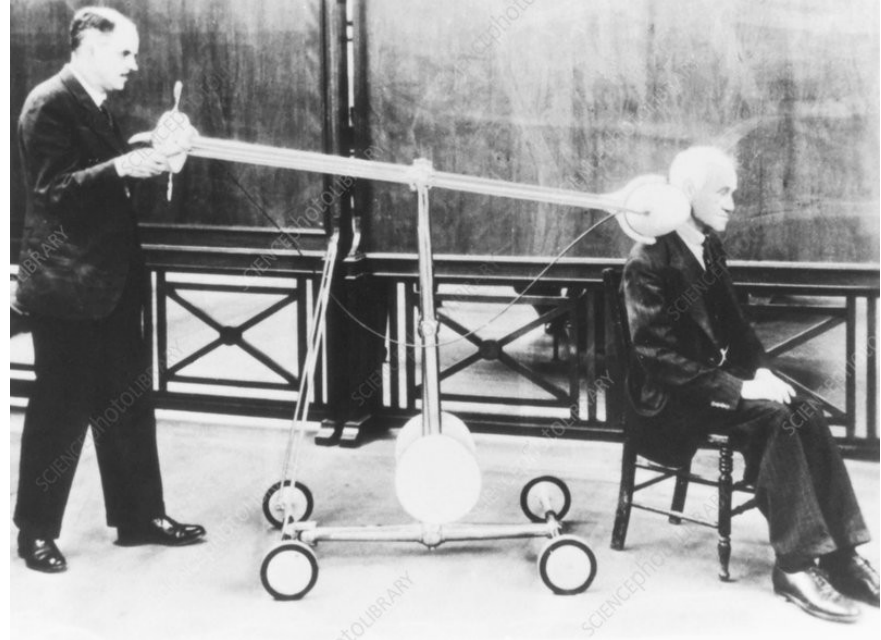
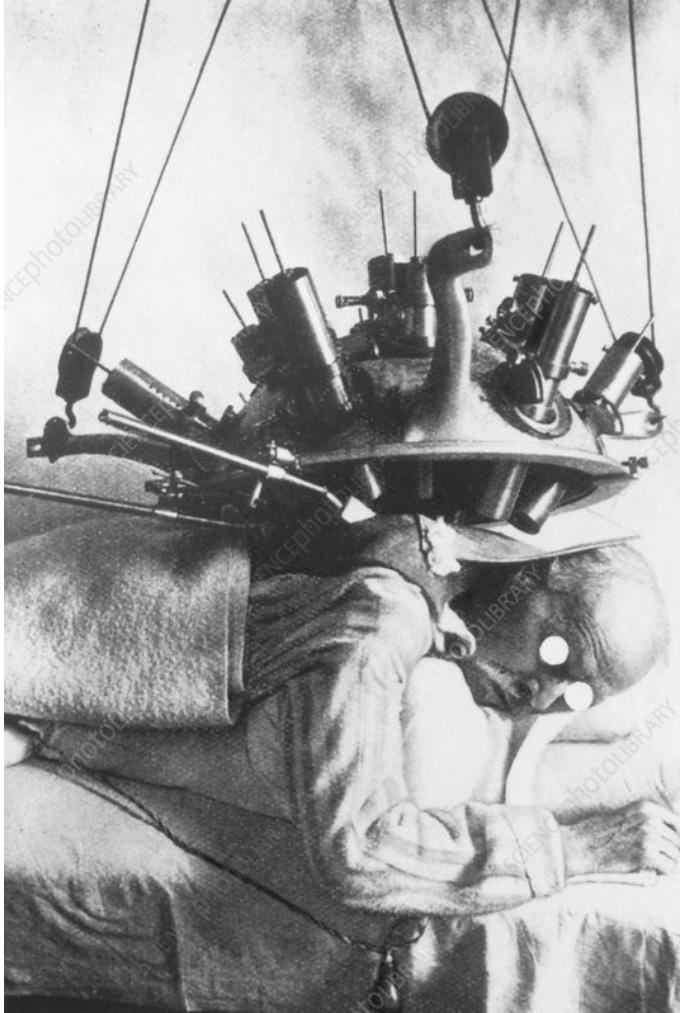
- Henri Becquerel i Pierre a Marie Curie i někteří další si postupně povšimli, že když si chtěně či nechtěně přiložili skleněnou rádiu ke kůži, pocítili pálení a došlo k těžce a dlouho se hojícímu spálení podobnému silnému spálení od slunce
- Tehdy se nádory léčily vypalováním, a tak zde byl jen krůček k nápadu využít rádiu pro terapii nádorů
- Skleněné nádoby s rádiem všité do bandáží se přímo přikládaly k nádorům
- Radium ale velice drahé: 1 g Ra = 7 tun uranové rudy (1908 – 1 g Au = 66 centů, 1 g Ra = 88 tis USD)



Mask for radium treatment for cancer of the neck and face.
<http://t.co/Yf52s5yAKE>

RADIUM V LÉKAŘSTVÍ

První pokusy o prostorově frakcionovanou terapii

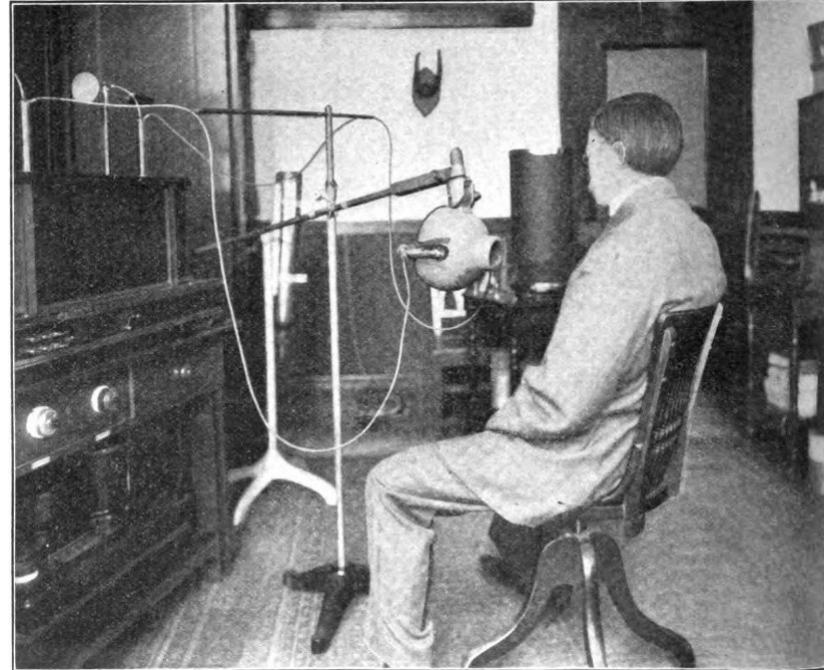


Radium therapy. Man with neck cancer receiving radiotherapy treatment from a Flint radium "bomb", designed in 1934 for four hospitals in London, England. This bomb produced radiation from four radium sources placed close to the patient's skin. Each source focused on the cancer from a different angle, so that this was the only tissue that received radiation from all four. At left, the doctor can be seen adjusting the bomb. In radiotherapy, ionising radiation is targeted on cancerous tissue, destroying the cells or stopping further development of the cancer. Radium was discovered by the French scientists Marie and Pierre Curie in 1898.

Radioterapie paprsky X

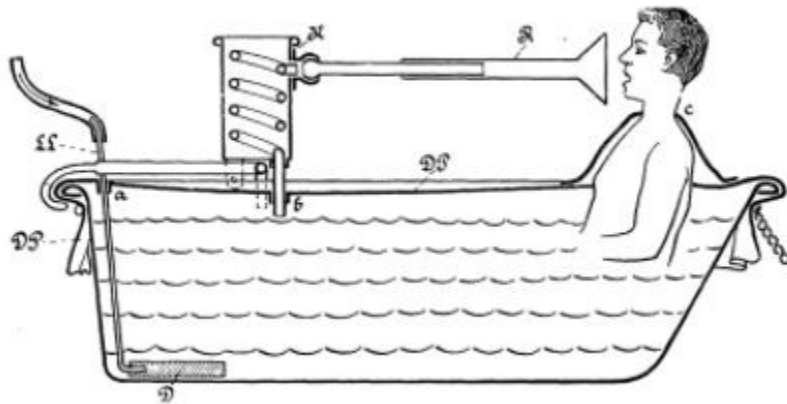


X-ray apparatus used for treatment of epithelioma of the face, 1915. The tube is in a localizing shield, and a perforated sheet of metal is securely fashioned to the surface by adhesive plaster



X-ray treatment of tuberculosis in 1910

Jáchymov – radioaktivní koupele



- *Becquerelův objev znamenal pro Jáchymov nový rozkvět.*
- *Už v roce 1909 tu byly zřízeny první radioaktivní lázně na světě.*
- *V lázeňském paláci Radium se léčily nemoci pohybového ústrojí, nervové i cévní.*
- *V 50. letech našeho století se náhle stal uran nejhledanější surovinou světa. Světa, ve kterém hlavním trumfem byla atomová bomba.*
- *Do Jáchymova opět plynuly obrovské částky peněz, zároveň se tu však rodila smrt, bolest, strach a zoufalství.*
- *V uranových dolech byli v nepředstavitelně krutých podmínkách nuceni dobývat strategickou surovinu pro Sovětský svaz českoslovenští političtí vězni.*
- *Tisíce jich to zaplatilo životem nebo poškozeným zdravím. Veškerá těžba byla odvážena do Sovětského svazu, aby z ní byl vyroben jaderný arzenál. Po vyrabování zásob skončila již podruhé (tentokrát poněkud pochmurná) sláva města, které mimoděk stálo na začátku nové epochy - epochy atomové energie.*

První procitnutí – nebezpečí

IZ

- Už v roce **1901 Becquerel** - patrně jako vůbec první člověk - doslova na vlastní kůži zjistil, že radioaktivita není jen úžasná ale i zhoubná. Když v dubnu toho roku nosil nějaký čas vzorek uranové sloučeniny v kapse u vesty, krátce na to se mu v těch místech na těle objevila spálenina. Rána se nehojila a nakonec pomohl jen radikální chirurgický zákrok.



- Pravděpodobně i proto **se Antoine Henri Becquerel** ze svých úspěchů příliš dlouho netěšil. **Zemřel** v Le Croisic 25. srpna roku 1908 **ve věku pouhých 55 let**. Mnohé nasvědčuje tomu, že na jeho předčasné smrti se podepsala především radioaktivita - jako ďábel, který za úpis zařídí úspěch, ale nikdy nezapomene na řádné splacení dluhu.
- Marie Curie-Skłodovská kvůli dlouhodobému styku s radioaktivními prvky zemřela na anémii roku 1934.



Radium Girls



Between 1917 and 1926, the US Radium Corporation hired women to paint the faces of watches with **Undark**, a revolutionary luminescent paint made from radium salt.

...they **shape and clean the tips with their tongues and lips**. They repeated this mechanical action several hundred times a day, ..., unaware of the extreme toxicity of the radium Sometimes **they would paint their fingernails and teeth glow-in-the-dark** to surprise their boyfriends after work.



Ra biologicky podobné
Ca (akumulace v
kostech)

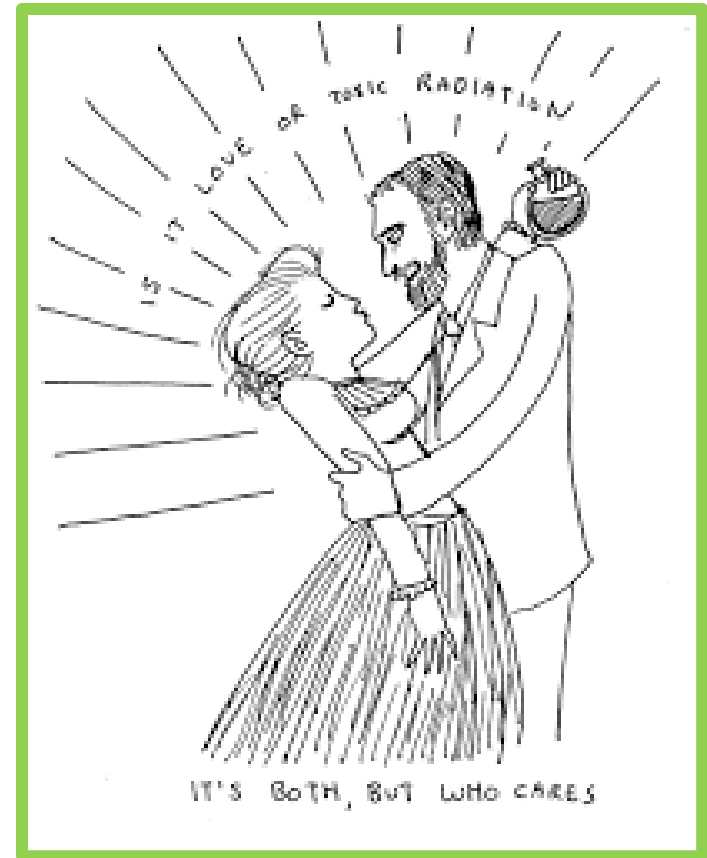
SMRTÍČÍ POLONIUM

- Polonium is one of the [most toxic substances](#) known.
- According to some sources, it is up to a [trillion times](#) more toxic than hydrogen cyanide.
- It is radioactive because it emits alpha particles (helium ions). Because these are easily absorbed by other materials, even by a few thin sheets of paper or by a few centimetres of air, polonium has to be inside your body to damage you.
- Alexander Litvinenko is not the first casualty of polonium. In 1956, Marie Curie's scientist daughter **Irène Joliot-Curie** died of leukaemia that she is believed to have contracted through exposure to polonium years before.
- 17. března 1956 zemřela na leukémii způsobenou zářením, kterému byla celý život vystavena.
- There [have also been claims](#) that Palestinian leader Yasser Arafat may have been exposed to it in a similar way to which Litvinenko was.



RADIOAKTIVITA = energie uvolněná při přeměně prvků

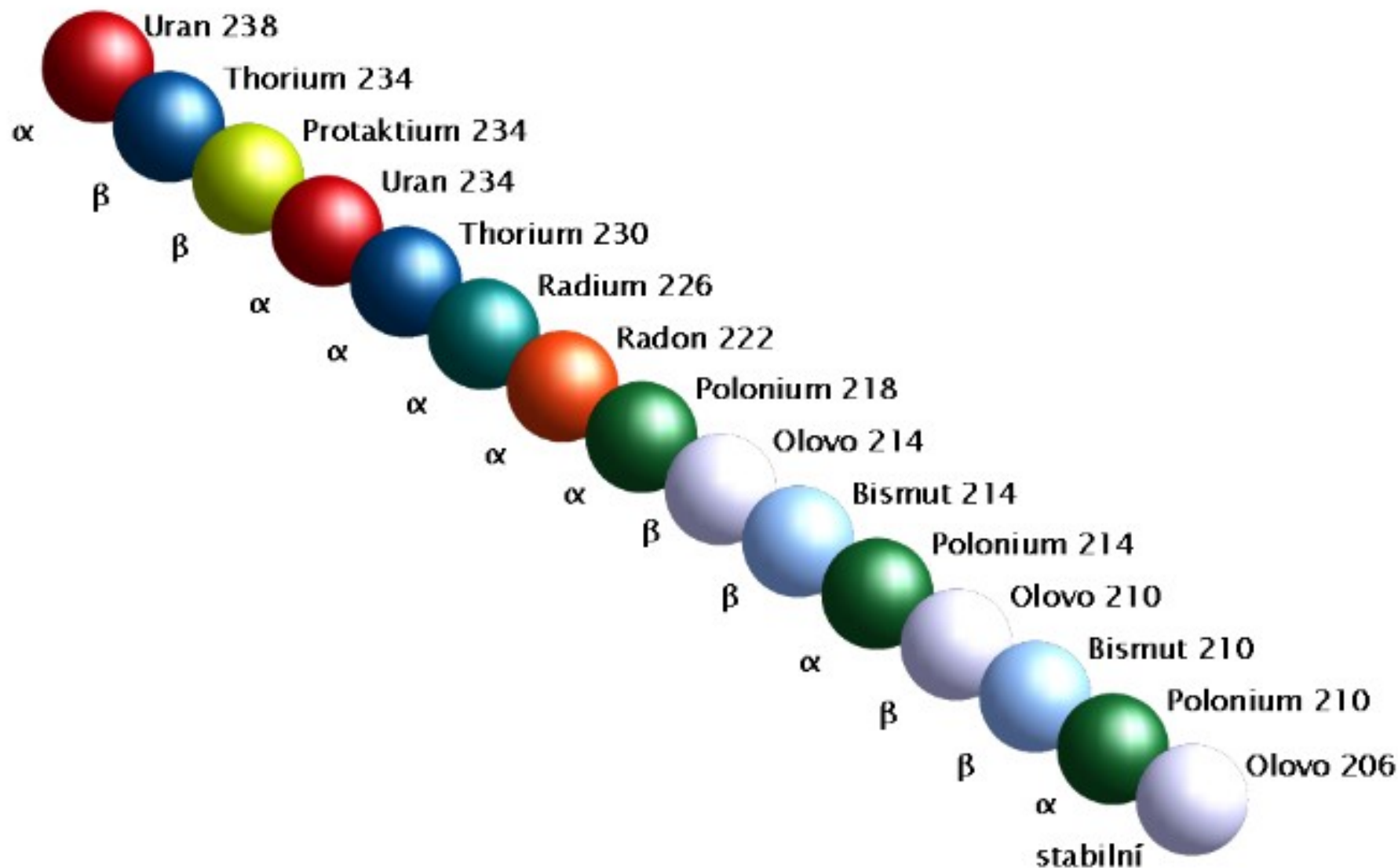
- v roce 1899 Marie Curieová objasnila podstatu radioaktivního záření:
- Radioaktivní záření považovala za vedlejší produkt rozpadu atomových jader.
- Usoudila, že jádra těžkých atomů se zbavují vyzařováním svých částí, čímž se tyto prvky mění na jednodušší.



Rutherford + Soddy

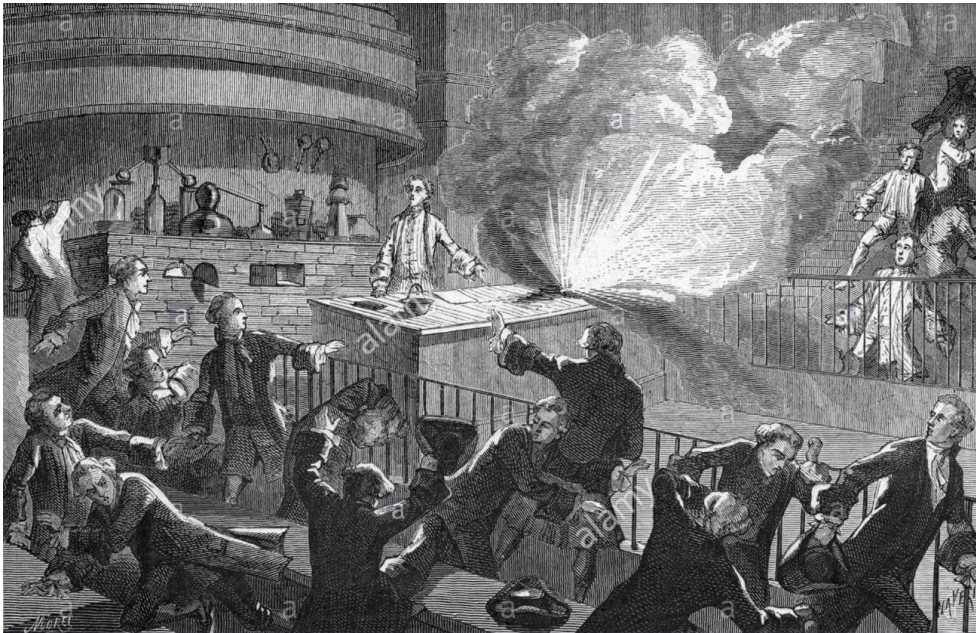
- M + P Curie – na oslavu Nobelovy ceny uspořádali zahradní párty, kde Pierre ukázal lahvičku s radiem - Ernest Rutherford, mezi přítomnými, se podívoval, proč tato látka září
- Ernest Rutherford se „spolčil“ s Frederickem Soddy (chemik) a studovali uran a thorium
- **dospěli k převratnému závěru, že radioaktivita je atomárním jevem, jehož podstatou je nestabilita atomů některých chemických prvků, jež se samovolně přeměňují v atomy prvků jiných za současné emise (radioaktivního) záření**
- **Soddy: „Rutherforde, tohle je transmutace“**
- Rutherford: „*Proboha, nenazývej to transmutací. Nebo nám nechají setnout hlavy jako alchymistům*“
- prvek záleží na počtu protonů v jádře (vodík – 1, ale U – 92!!). U je tak těžký, že tím „trpí“ a zbavuje se proto svých částí (alfa částice), čímž se mění na prvek jiný
- U → Thorium → Protaktinium → ..Radium → Radon → Polonium → celkem 14 generací „dcer“ – poslední je olovo
- systemizoval dosavadní poznatky a **uspořádal radioelementy do skupin**, jejichž členy byly vzájemně svázány radioaktivními přeměnami. Dospěl ke konečnému výsledku, jímž je **detailní popis tří rozpadových řad: uranové, thoriové a aktiniové** (velmi významně přispěl Bertram Boltwood, 1870 – 1927)
- Rozpadem U se postupně uvolňuje energie – kdyby ji někdo dokázal z atomu dostat najednou, měl by v rukách ohromnou moc
- Postulování exponenciálního rozpadového zákona a poločasu rozpadu
- Rutherford navrhl využít měření aktuálního množství výchozího a koncového elementu rozpadového procesu ke stanovení délky jeho trvání, t.j. k určení stáří vzorku. Tímto postupem, jenž **je ideovým základem současné metodiky radioaktivního datování**

Rozpad uranu 238



RADIOAKTIVITA = energie uvolněná při přeměně prvků

- Svým způsobem tak Marie Curie rehabilitovala dávné alchymisty, kteří usilovali o transmutaci prvků - jen poněkud nestandardními metodami.



Opět Frederick Soddy

- Prvním, kdo spekuloval o využití jaderné energie byl Frederick Soddy:
- „Člověk, který dostane do rukou tuto energii, jako by vlastnil zbraň, kterou by mohl zničit Zemi, kyby chtěl.“
- Herbert George Wells (Sci Fi spisovatel): **1914: Osvobozený svět** – novela, kde se lidé naučili ovládnout sílu atomové energie – rok 2036, věnoval knihu právě F. Soddymu. Poprvé se zde objevuje znepokojivý výraz – **ATOMOVÁ BOMBA**

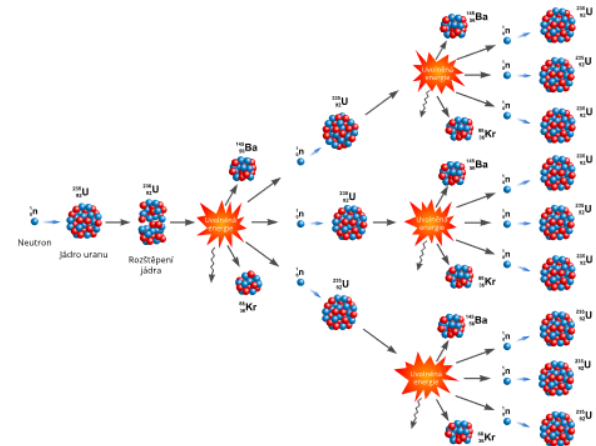


OSVOBOZENÝ
SVĚT

HERBERT GEORGE WELLS

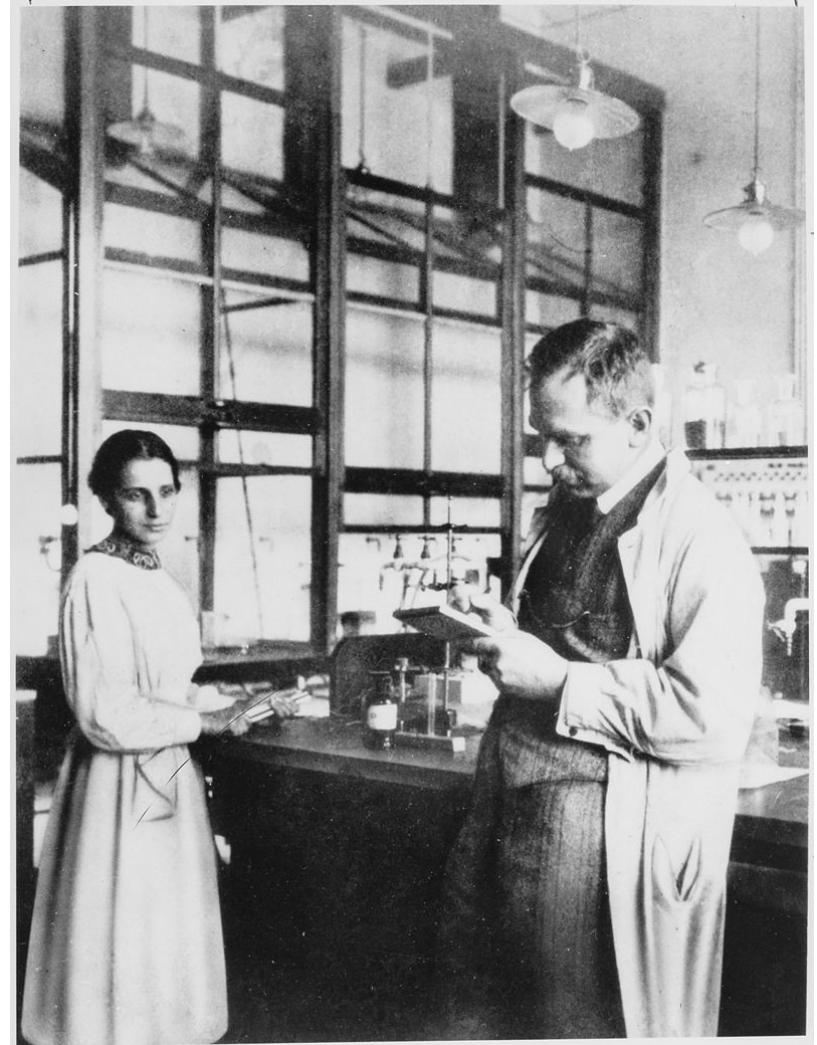
Leo Szilard v kontextu událostí

- 1933 – Londýn, Leo Szilard – dočetl Osvobozený svět, což mu vnuklo myšlenku – co kdyby šlo přimět atomy uvolnit energii v exponenciální kaskádě – myšlenka **ŘETĚZOVÉ REAKCE** (12. 9. 1933)
- V Německu byl toho času kancléřem **Adolf Hitler** a Německo bylo vědeckou mocností
- Albert Einstein a Leo Szilard (maďarský žid) prchají do USA
- Szilard věděl, že Německo má vysokou šanci vyrobit atomovou bombu jako první (Otto Hahn – Kaiser Wilhelm Institut)



Otto Hahn & Lise Meitner

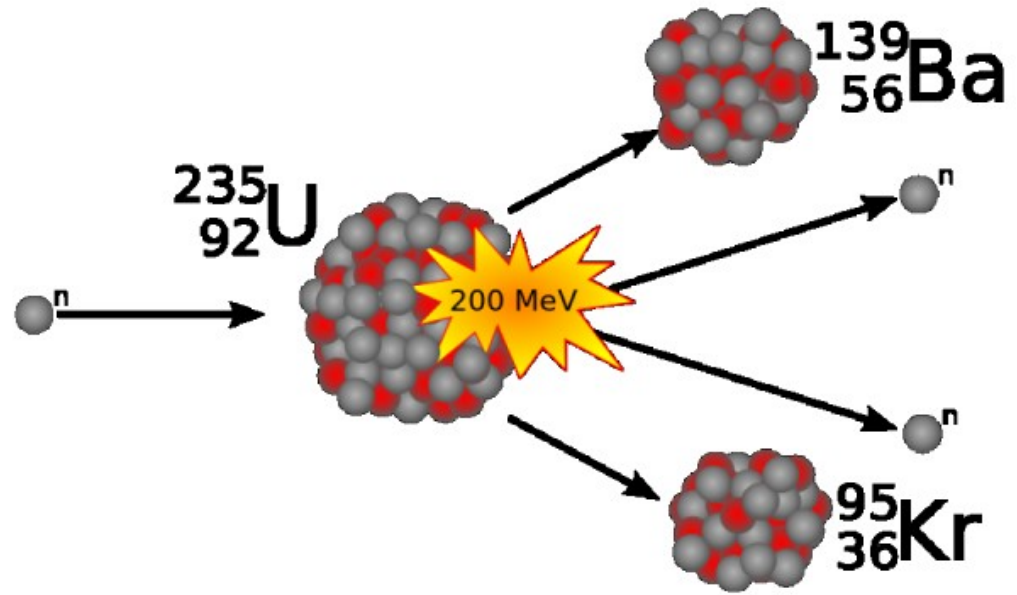
- Otto Hahn – brilantní německý chemik, který studoval u Rutherforda, právě v době, kdy se Soddy zjistil, že uran se štěpí
- Snažil se uran **uměle přimět ke štěpení** s nejasnými výsledky → poslal je své kolegyni Lise Meitnerové (též židovka, musela uprchnout z Německa)



Lise Meintnerová

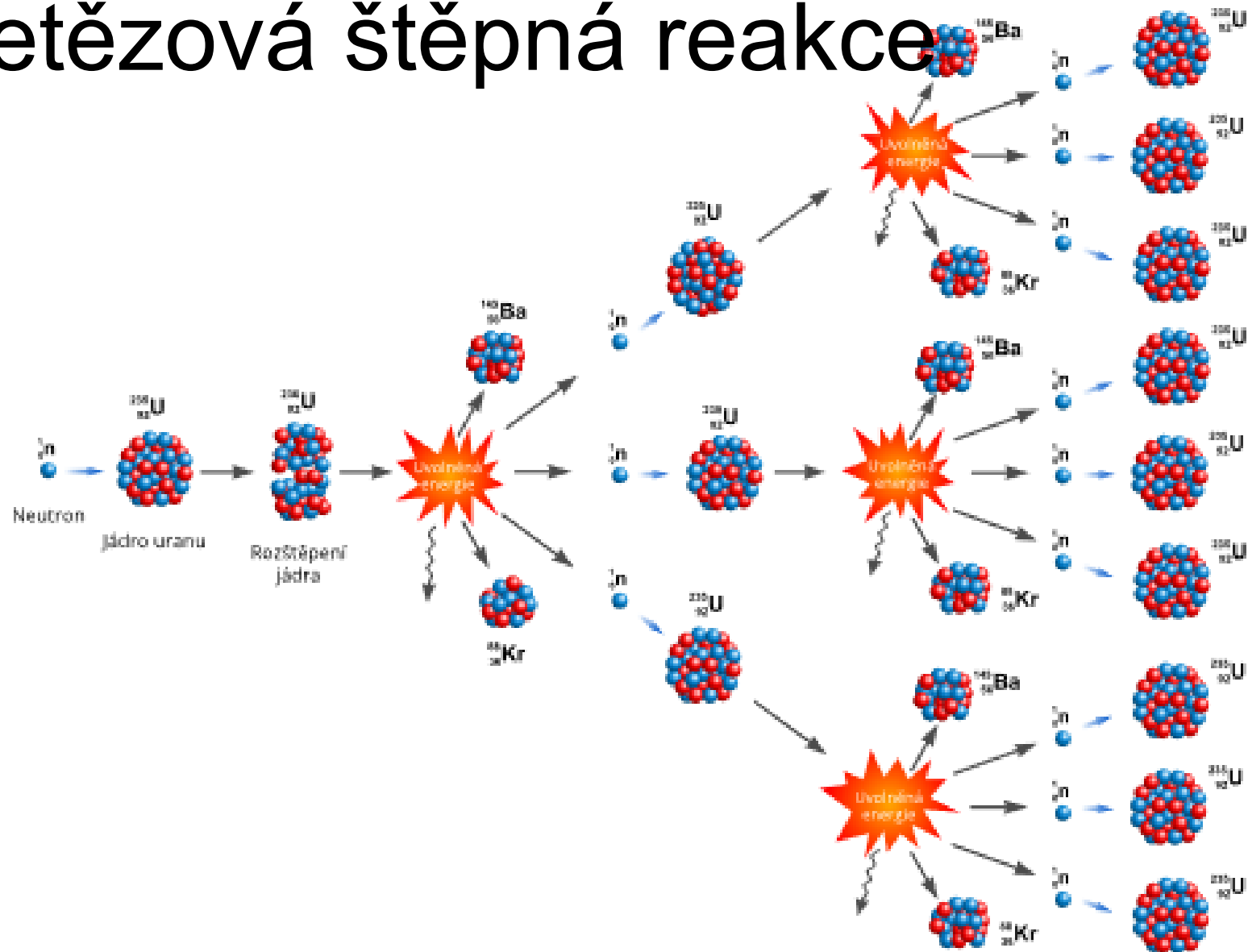
(1878 Vídeň – 1968 Cambridge)

- Zjistila, čeho Otto Hahn dosáhl → rozštěpil atom uranu
- To do té doby bylo považováno za nemožné
- Štěpí se pouze $^{235}_{92}\text{U}$ (92 protonů 143 neutronů)



- **Silná jaderná síla** – nejsilnější síla ve vesmíru, drží pohromadě atomová jádra
- **Přesto je jádro uranu tak nestabilní, že pronikne-li do něj další neutron, štěpí se**
- Hmotu uvolněných (rozštěpených) částí uranu je silnou jadernou interakcí více zhušťována než v původním jádru uranu → jejich celková hmota je proto menší → **rozdíl se uvolní ve formě (obrovské) energie**
- **Zároveň se uvolňují další 2 až 3 neutrony,** ty mohou štěpit dále (Szilard → řetězová reakce)

Řetězová štěpná reakce

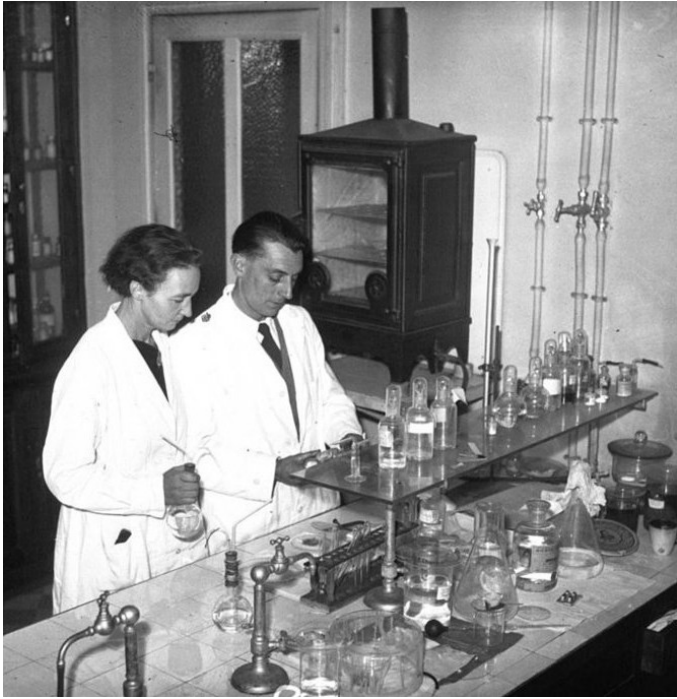


Iréne Joliot-Curie

- Ve stopách svých rodičů dále pokračovala **Iréne Joliot-Curie s manželem Frédéricem**,
- Dokázali, že **neutrony mají o něco větší hmotnost než protony.**
- Při výzkumu neutronů ostřelovali atomy hliníku, hořčíku a boru částicemi α (kladně nabitá jádra helia)
- Zjistili, že tyto prvky začaly vyzařovat neviditelné radioaktivní záření až na základě jejich ostřelování. Tento jev byl označen jako **umělá radioaktivita (1934)**, neboť byl vznik radioaktivního záření uměle vyvolán.



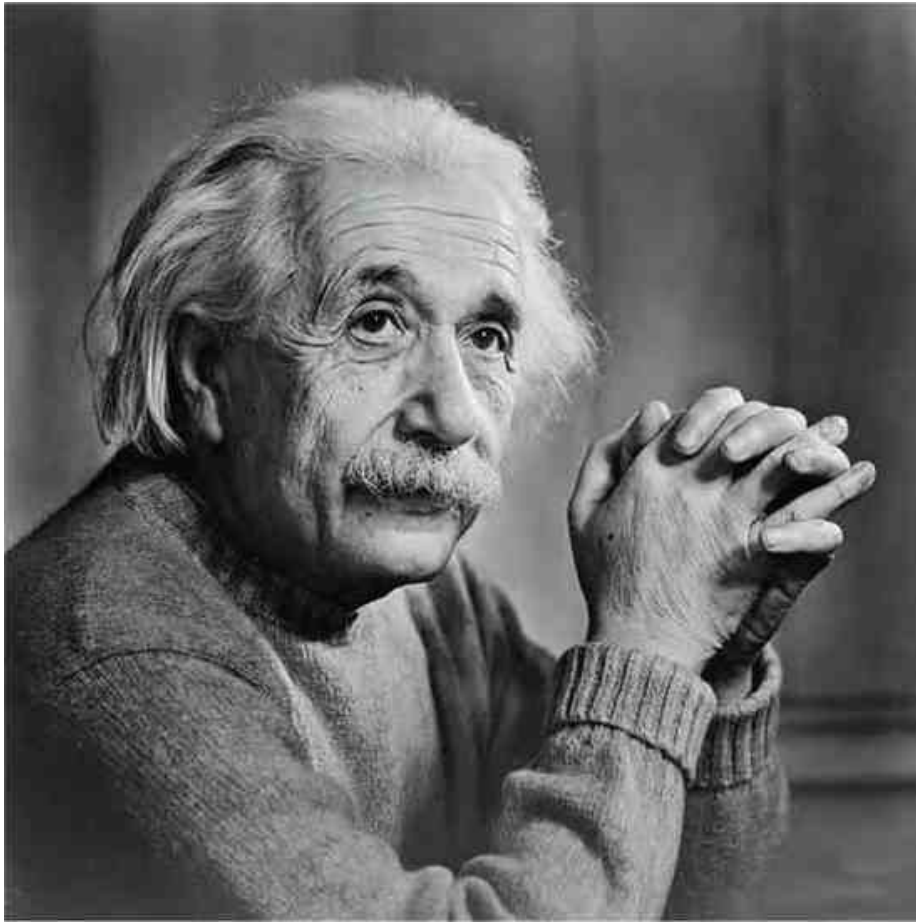
Irène Joliot-Curie



- V roce 1935 společně se svým manželem Frédericem obdržela **Nobelovu cenu za chemii za společné práce na syntéze nových radioaktivních prvků**.
- ve stejném roce objevila také **neptuniovou radioaktivní řadu**. Kompletně byla ale tato rozpadová řada prozkoumána až v roce 1947.
- V roce 1938 Irene Joliot–Curie a Pavel Savic zjistili, že jeden z produktů vytvořených při ozáření uranu neutrony nebyl transuran, jak se očekávalo, ale prvek ze skupiny vzácných zemin. Znamenalo to, že **objevili nový druh jaderných reakcí**.

- Tento výsledek byl v říjnu 1938 na Solvayovském kongresu přijat s velkým skepticismem. Bylo oběma doporučeno experimenty zopakovat s větší přesností a důkladností, protože takový výsledek nebyl podle teorie možný. Proto prvenství objevu štěpení uranu bylo přiznáno až Otto Hahnovi, Fritzi Strassmanovi a Lise Meitner na základě jejich prací publikovaných v roce 1939.

Albert Einstein



$$E = mc^2$$

- Hmota a energie jsou zaměnitelné!
- Nebo též: malé množství hmoty nám dá (protože c^2) obrovské množství energie

CESTA K ATOMOVÉ BOMBĚ

- Szilard nyní ví, že uran může vytvořit bombu a Němci vědí, jak to udělat
- Okupace Československa – **nyní má Hitler přístup k jedinému nalezišti uranu v Evropě** (U je ještě více i v Německu, tenkrát ale nebyl objeven)
- Kdyby Němci měli atomovou bombu první, vyhráli by válku. Szilard proto přes Alberta Einsteina apeluje na presidenta Franklina Roosevelta, aby USA začaly s vývojem atomové bomby
- Albert Einstein byl v té době nejznámějším vědcem na světě, ale myšlenka na atomovou bombu ho nikdy předtím nenapadla. Nyní měl však také ihned jasno a byl vyděšen. Podepsal proto Szilardův dopis Rooseveltovi, kde ho varovali, že Německo patrně vyvíjí uranovou bombu
- **Roosevelt ihned nařídil aby USA začaly urychleně pracovat na uranové bombě**

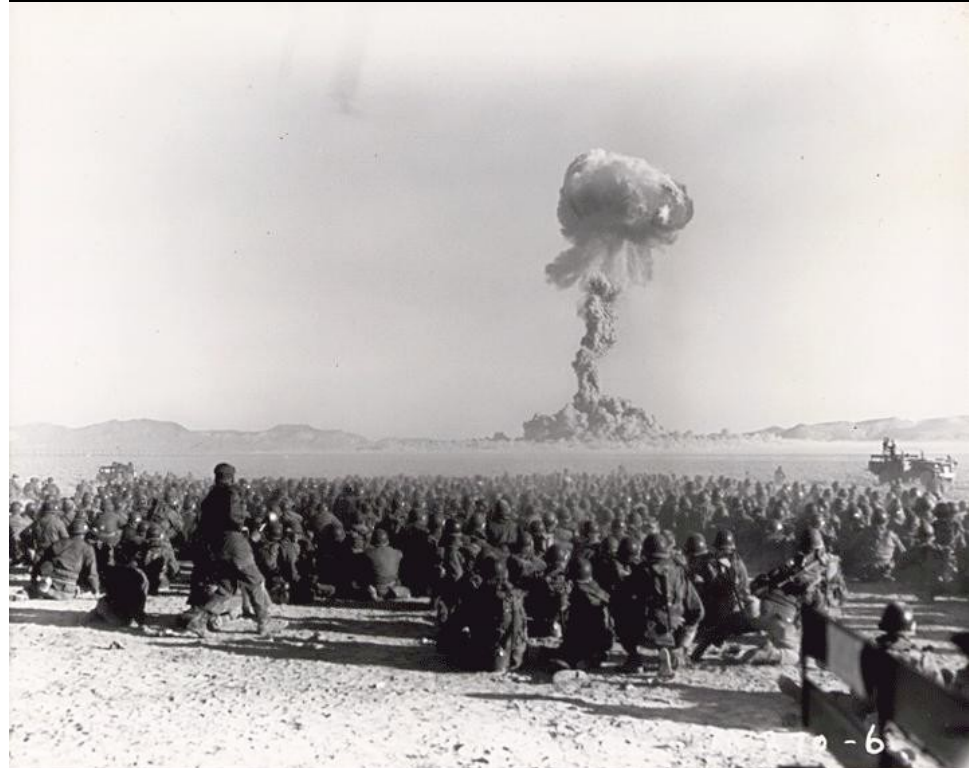
ATOMOVÝ DŽIN BYL VYPUŠTĚN Z LÁHVE a už se do ní nikdy nevrátí...

Radioaktivita,
není z těch
džinů, které
jde snadno
vyvolat a
stejně snadno
také zapudit
zpět do láhve.



Project Manhattan

- Vybudováno městečko v poušti v Novém Mexiku - Los Alamos
- Vynaloženy 2 mld USD a povolání nejvýznamnější vědci. Tenkrát zde největší koncentrace nositelů Nobelovy ceny.
- **1921 Robert Oppenheimer** – navštívil Jáchymovské lázně, fascinovala ho uranová ruda
- O 21 let (1942) později učinil z uranu nejděsivější horninu na světě – udělal z něj atomovou bombu
- Byl to fyzik se slabostí pro Martini, ženy a dávnou indickou poezii
- Německo kapitulovalo ještě před dokončením bomby – USA zadržely německé fyziky – též Otto Hahna.
- Zjistilo se, že Německo s vývojem bomby vlastně nikam nepokročilo



Louis Slotin

Tahání draka za ocas "tickling the dragon's tail"

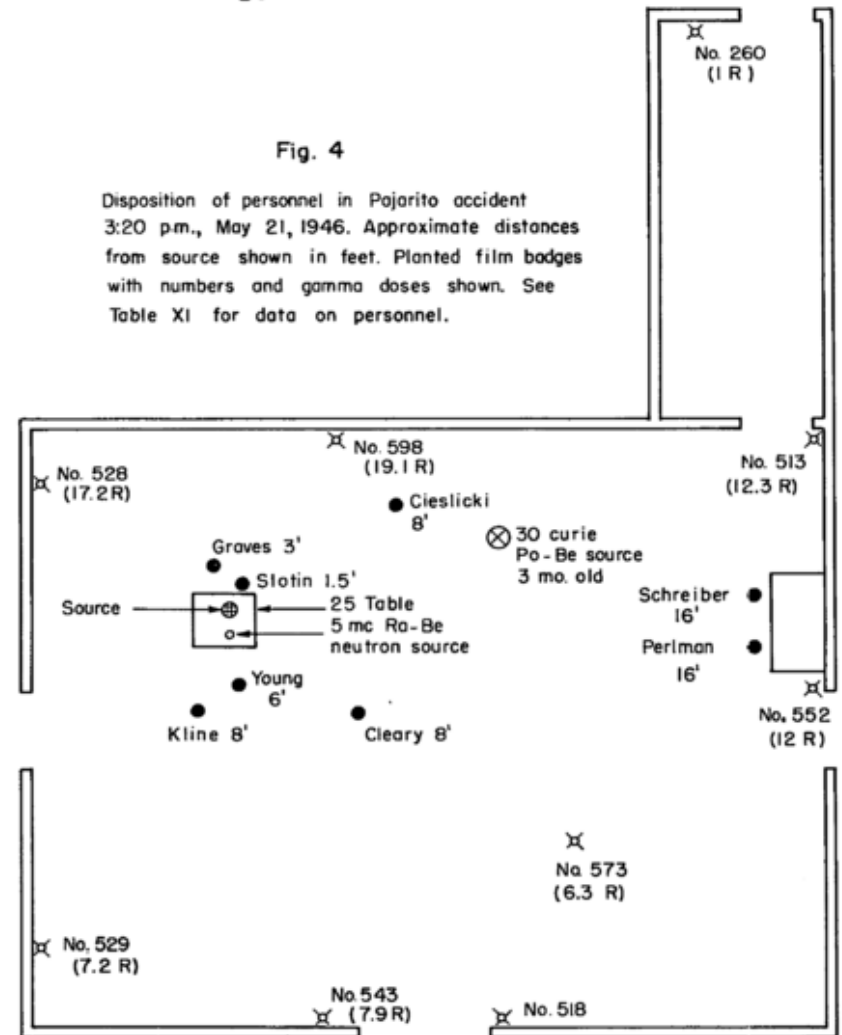


Hledání kritického množství jaderného materiálu a studování reakcí přibližováním hemisfér s podkritickým množstvím k sobě s pomocí šroubováku
Jednou Louisovi Slotinovi šroubovák sklouzl a obě hemisféry se na chvíli zcela spojily, než je Slotin rychle odtrhl. Tím zachránil spoustu lidí, sám byl však exponován smrtelné dávce neutronů a záření gama

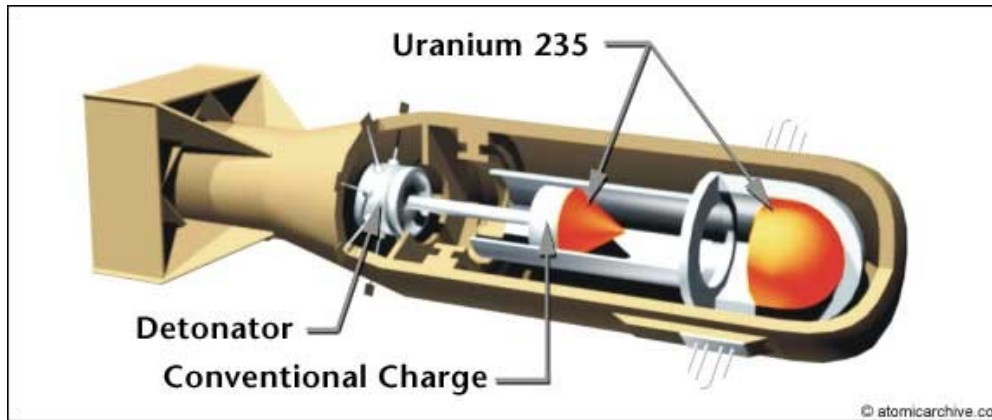
Louis Slotin

Tahání draka za ocas "tickling the dragon's tail"

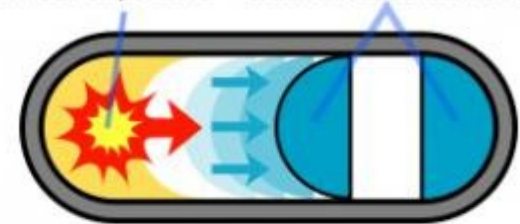
- Na projektu se podílel i mladý vědec **Louis Slotin**. Již předtím pracoval na stavbě prvního funkčního jaderného reaktoru a přes své mládí byl v oblasti jaderné fyziky považován za experta. Zvláště byl ceněn pro své schopnosti montáže odpalovacích zařízení.
- Po přílišném přiblížení kovových hemisfér v jejichž středu byla umístěna podkritická množství plutonia došlo ke krátké řetězové reakci
- Laboratoř osvítil modrý záblesk a radiace vystoupala nad kritické hodnoty.
- Slotin následně zakreslil pozice jednotlivých pracovníků pro odhad jejich ozáření
- „Vy budete O. K., ale já jsem nejspíš vyřízený,“ řekl obraceje se k ostatním vyděšeným vědcům. Měl bohužel pravdu, za pouhých devět dní v nemocnici zemřel.



Little Boy a Fat Man

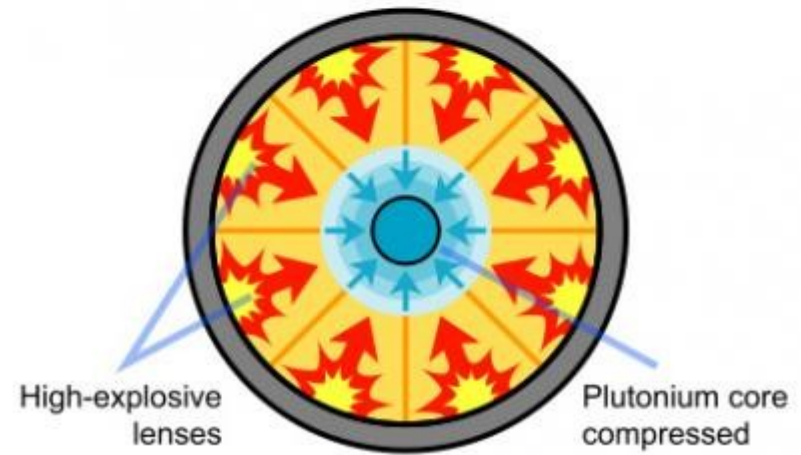
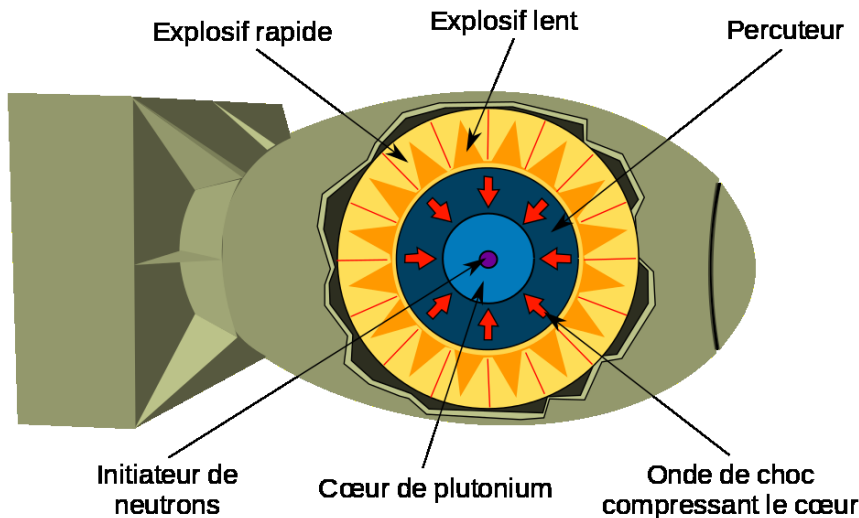


Conventional chemical explosive Sub-critical pieces of uranium-235 combined



Gun-type assembly method

Little Boy: A Gun-Type Bomb



Implosion assembly method

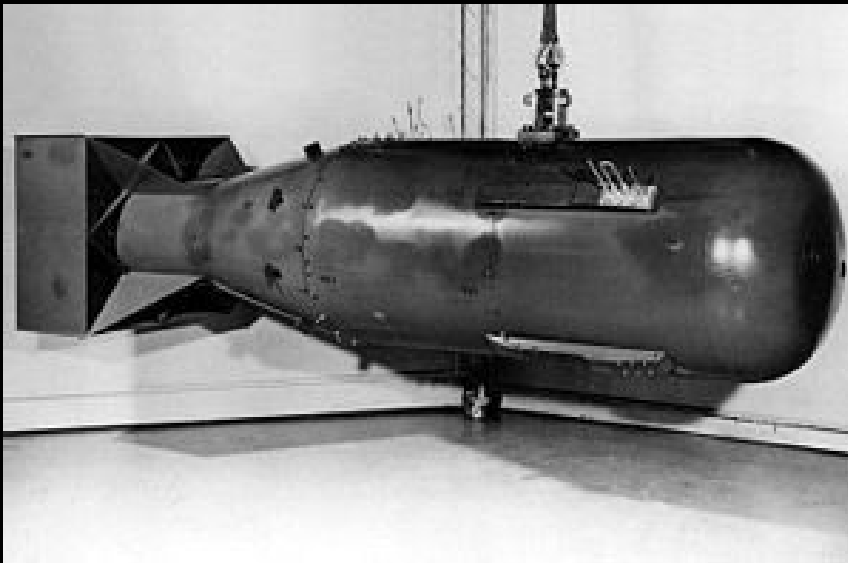
Fat Man: Implosion Nuclear weapon

The Bombs

Little Boy

Little Boy was the bomb used on **Hiroshima**. It used a different detonation method, that did not result in large amounts of radioactive fallout.

It exploded with a force of **16 Kilotonnes** of TNT. Or the equivalent of 200 bombing runs. The blast radius was about 3 kilometers wide and had an impact which caused fires 6 and a half kilometres away. It was regarded as being inefficient and not powerful enough.



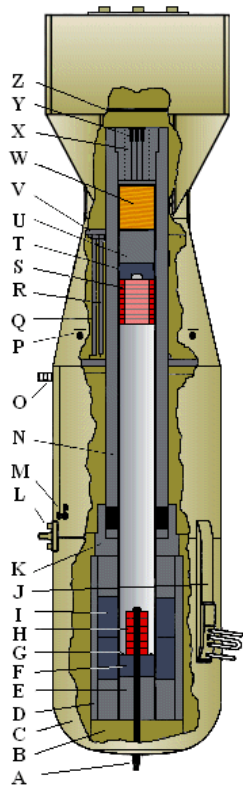
Fat Man

Fat Man was the bomb used on **Nagasaki**. It used a detonation method that resulted in a larger explosion from a similar amount of radioactive material. It resulted in **large amounts of radioactive fallout**.

It exploded with the force of **21 Kilotonnes** of TNT. It had a blast radius of about 5 kilometers. It “missed” its target zone, but still managed to wipe out 70% of the industrial zone.



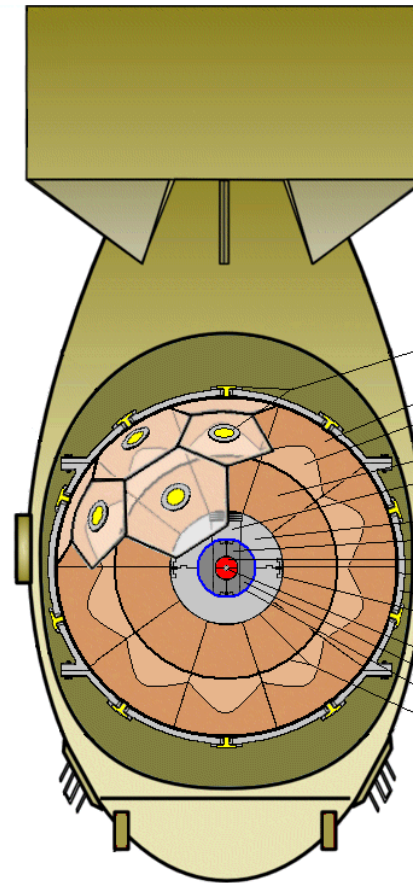
Little Boy a Fat Man



Cross-section drawing of Y-1852 Little Boy showing major mechanical component placement. Drawing is shown to scale. Numbers in () indicate quantity of identical components. Not shown are the APS-13 radar units, clock box with pullout wires, baro switches and tubing, batteries, and electrical wiring. (John Coster-Mullen)

- Z) Armor Plate
- Y) Mark XV electric gun primers (3)
- X) Gun breech with removable inner plug
- W) Cordite powder bags (4)
- V) Gun tube reinforcing sleeve
- U) Projectile steel back
- T) Projectile Tungsten-Carbide disk
- S) U-235 projectile rings (9)
- R) Alignment rod (3)
- Q) Armored tube containing primer wiring (3)
- P) Baro ports (8)
- O) Electrical plugs (3)
- N) 6.5" bore gun tube
- M) Safing/arming plugs (3)
- L) Lift lug
- K) Target case gun tube adapter
- J) Yagi antenna assembly (4)
- I) Four-section 13" diameter Tungsten-Carbide tamper cylinder sleeve
- H) U-235 target rings (6)
- G) Polonium-Beryllium initiators (4)
- F) Tungsten-Carbide tamper plug
- E) Impact absorbing anvil
- D) K-46 steel target liner sleeve
- C) Target case forging
- B) 15" diameter steel nose plug forging
- A) Front nose locknut attached to 1" diameter main steel rod holding target components

"Atom Bombs: The Top Secret Inside Story of Little Boy and Fat Man," 2003, p 112. John Coster-Mullen drawing used with permission

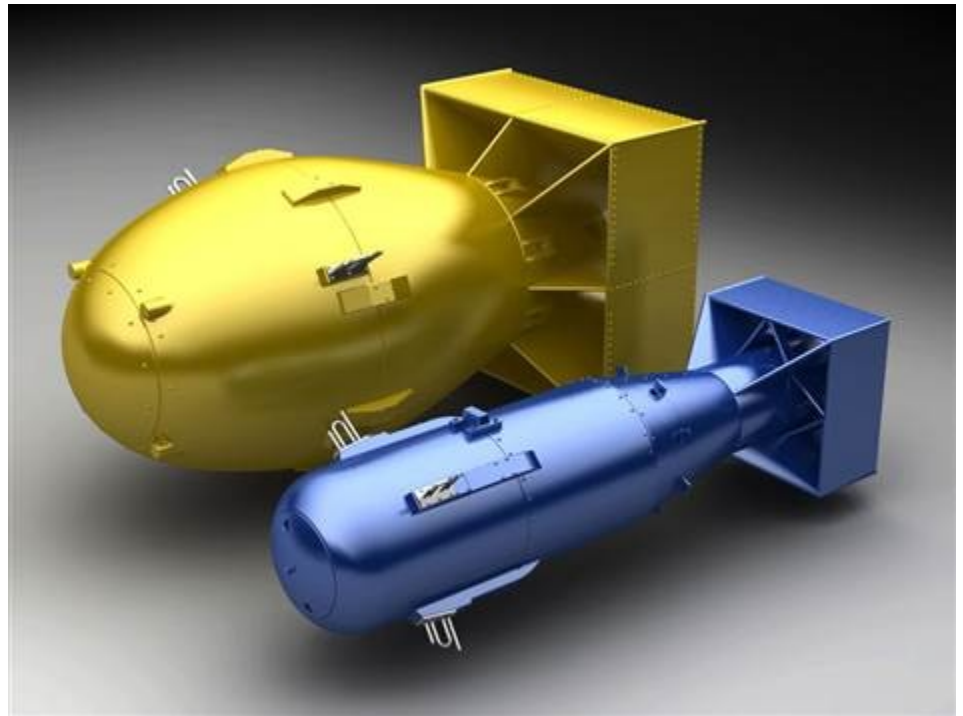
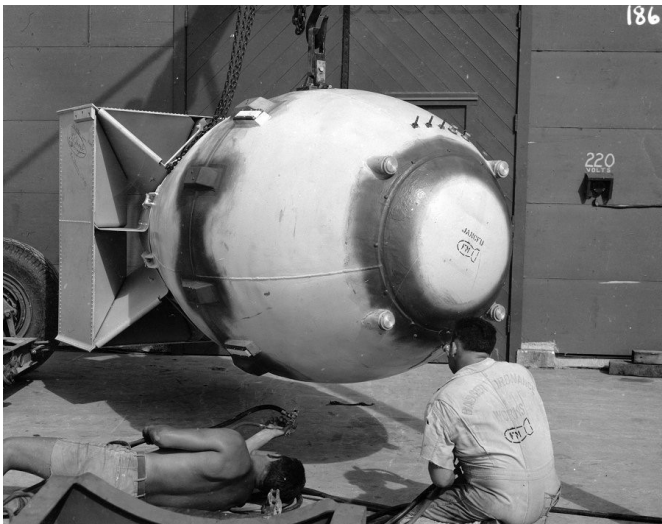
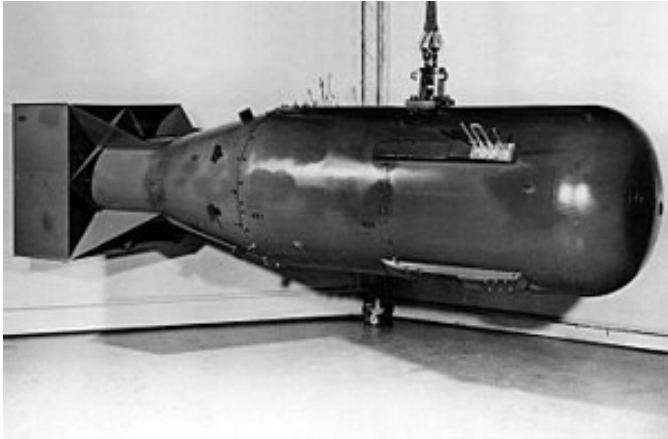


Cross-section drawing of the Y-1561 implosion sphere showing component placement. Numbers in () indicate quantity of identical components. Drawing is shown to scale. (Author)

- A) 1773 EBW detonators inserted into brass chimney sleeves (32)
- B) Comp B component of outer lens (32)
- C) Cone-shaped Baratol component of outer lens (32)
- D) Comp B inner charge (32)
- E) Removable aluminum pusher trap-door plug screwed into upper pusher hemisphere
- F) Aluminum pusher hemispheres (2)
- G) Tuballoy (U-238) two-piece tamper plug
- H) Pu-239 hemispheres (2)
- I) Cork lining
- J) 7-piece Duralumin sphere
- K) Aluminum cups holding pusher hemispheres together (4)
- L) Polonium-Beryllium initiator
- M) Tuballoy (U-238) tamper sphere
- N) Boron plastic shell
- O) Felt padding layer under lenses and inner charges

"Atom Bombs: The Top Secret Inside Story of Little Boy and Fat Man," 2003, p 140. John Coster-Mullen drawing used with permission.

Little Boy a Fat Man



Approval To Bomb

18 June 1945
No objection to declassification by AFSWP [Signature] [Signature]

SECRET

WAR DEPARTMENT
OFFICE OF THE CHIEF OF STAFF
WASHINGTON 25, D. C.

SAVE

25 July 1945

SECRET
1-DEC-1945

TO: General Carl Spaatz
Commanding General
United States Army Strategic Air Forces

1. The 509 Composite Group, 20th Air Force will deliver its first special bomb as soon as weather will permit visual bombing after about 3 August 1945 on one of the targets: Hiroshima, Kokura, Niigata and Nagasaki. To carry military and civilian scientific personnel from the War Department to observe and record the effects of the explosion of the bomb, additional aircraft will accompany the airplane carrying the bomb. The observing planes will stay several miles distant from the point of impact of the bomb.
2. Additional bombs will be delivered on the above targets as soon as made ready by the project staff. Further instructions will be issued concerning targets other than those listed above.
3. Dissemination of any and all information concerning the use of the weapon against Japan is reserved to the Secretary of War and the President of the United States. No communique on the subject or releases of information will be issued by commanders in the field without specific prior authority. Any news stories will be sent to the War Department for special clearance.
4. The foregoing directive is issued to you by direction and with the approval of the Secretary of War and of the Chief of Staff, USA. It is desired that you personally deliver one copy of this directive to General MacArthur and one copy to Admiral Nimitz for their information.

This Handy
THOS. T. HANDY
General, G.S.C.
Acting Chief of Staff

End #1

CONFIDENTIAL

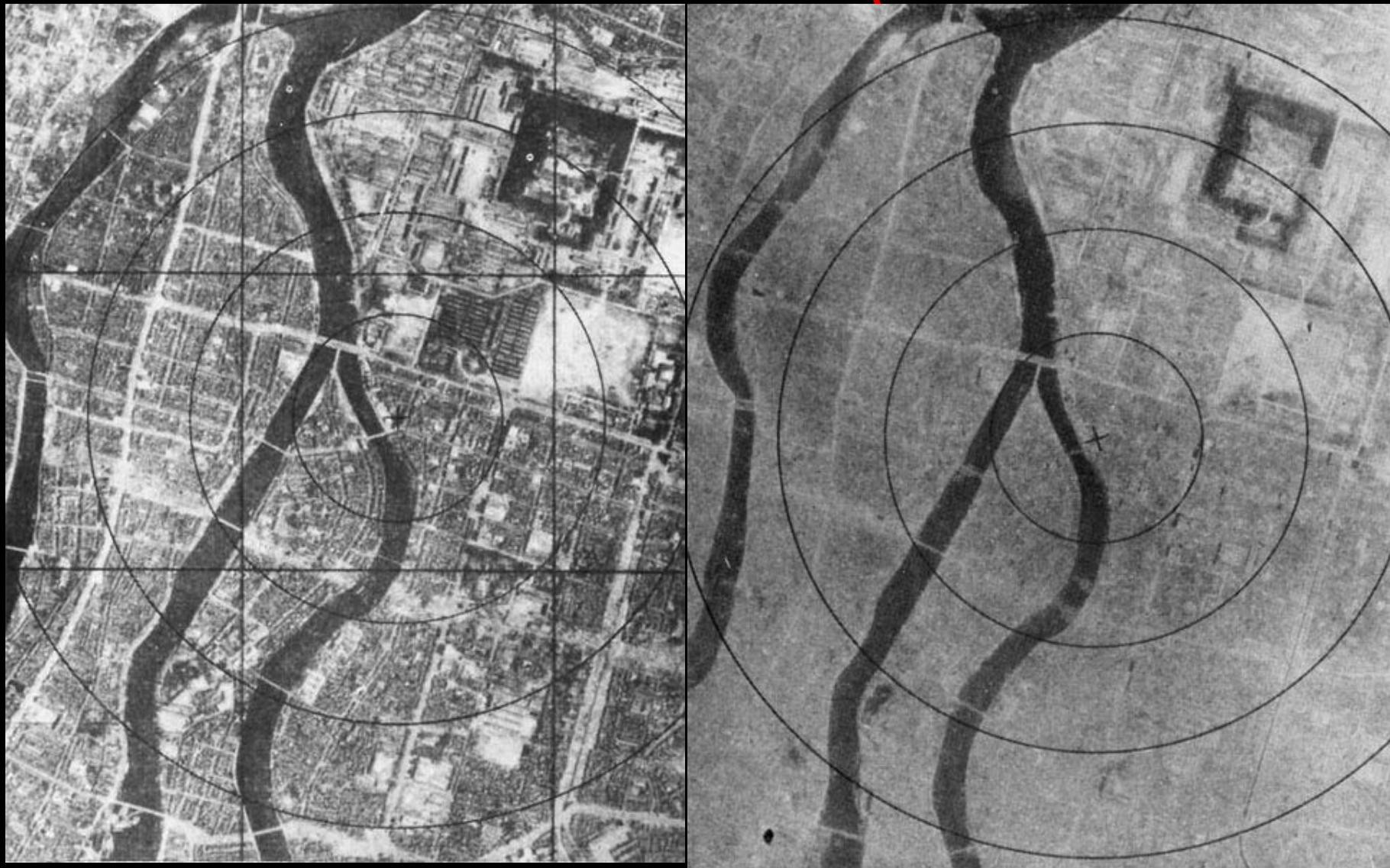
SECRET

UNCLASSIFIED
DECLASSIFIED
BY TAG MKR
8 F 324
LE
CONFIDENTIAL

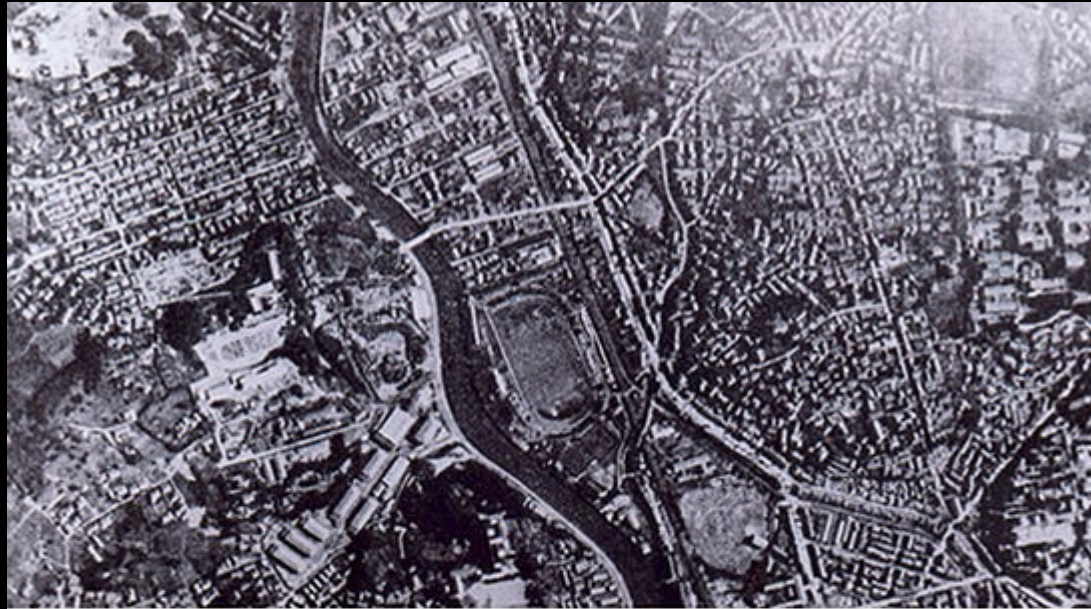
70226A.C

- On July 25, 1945, the use of a “special bomb” was approved.
- The criteria for targets were:
 - 3 Mile target zone
 - Large Urban zone
 - Unlikely to be reached via an “Island Hopping” campaign before August 1945
- The selected targets were Kokura, Hiroshima, Yokohama, Niigata and Nagasaki
- There was discussion about warning the Japanese about the bomb, however it was decided that would make the psychological impact of the weapon inefficient and would reduce the chance of a Japanese surrender.

Hiroshima Before\After

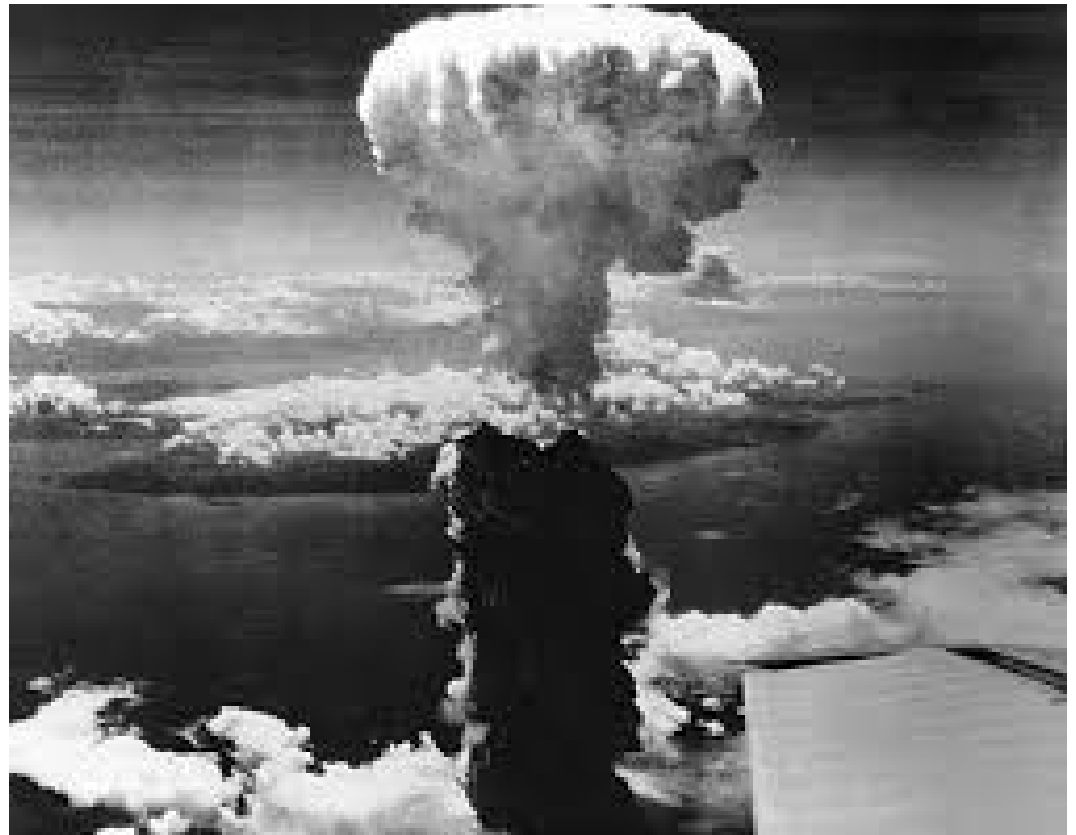


Nagasaki Before\After



Hirošima, 6. srpna 1945

V prvních dvou až čtyřech měsících po shození bomb zemřelo v Hirošimě 90 000 – 166 000 lidí, ½ v prvním dni





Nagasaki, 9. srpna 1945

V prvních dvou až čtyřech měsících po shoení bomb zemřelo v Nagasaki 60 000 – 80 000 lidí, ½ v prvním dni



- Původně měla být cílem Kokura – ale bylo zataženo, takže by shoení bomby bylo problematické, Nagasaki vybráno jako náhradní cíl. (Stejně jako u objevu H Bcquerela se tak ukazuje, že zataženo má své kouzlo)

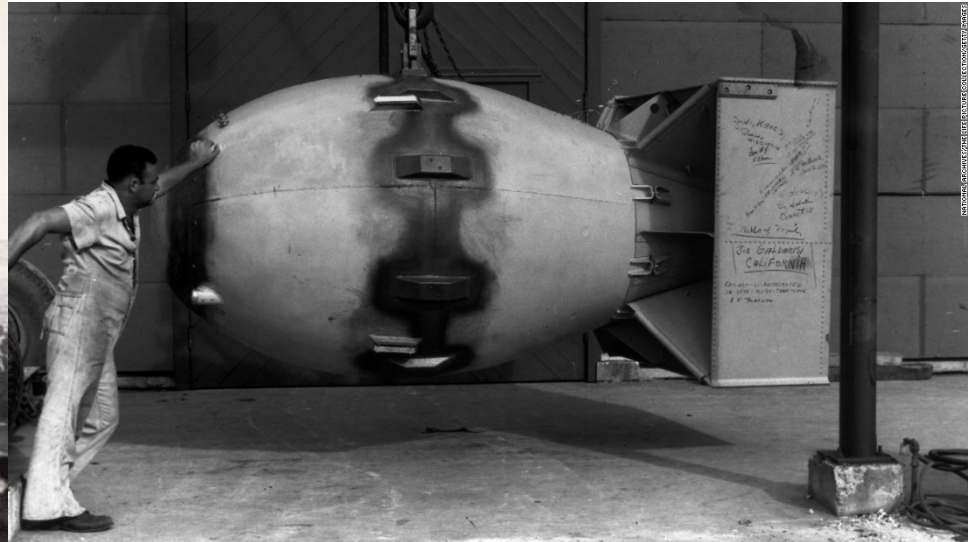
Strom na obrázku (japonská borovice bílá) byl zasazen v roce 1625. V roce 1945 se nacházel nedaleko epicentra výbuchu atomové bomby v japonské Hirošimě, ale přežil. Jako dar putoval před 40 lety do Amerického národního arboreta ve Washingtonu. K radosti všech tato unikátní bonsaj nevyčísitelné hodnoty pořád roste.



Projekt Manhattan



II. SV. VÁLKA a STUDENÁ VÁLKA



Ridiculous Dimensions



Biggest US bomb:
1MT TNT MARK-17



Biggest Soviet Bomb:
50 MT Tsar Bomb

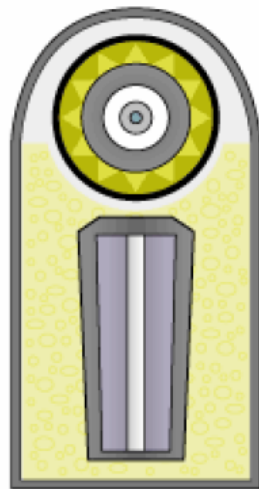
The big bomb never had any military significance. It was a demonstration of force, part of the superpower game of mutual intimidation. This was the main goal of the unprecedented test. Super-weapons are rejected by contemporary military doctrine, and the proposition that “now we have even more powerful warheads” is simply ridiculous.

Generace jaderných zbraní

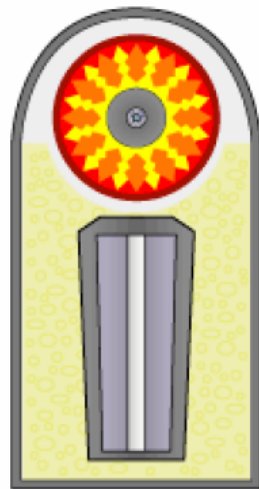
- **1. generace**
- Jednalo se o zbraně určené výhradně pro letectvo. Znakem těchto zbraní byla vysoká hmotnost a velké rozměry. Velkým problémem byly neutronové iniciátory, které byly tvořeny poloniem 210. To mělo poločas rozpadu pouhých 140 dnů, což obnášelo jejich obměnu. Zbraně byly skladovány v rozloženém stavu a jejich smontování vyžadovalo vždy alespoň 72 hodin. Tyto jaderné zbraně se přestaly používat v roce 1961 a **fungovaly na principu štěpení těžkého jádra**.
- **2. generace**
- Prioritou zbraní této generace bylo efektivnější využití štěpných materiálů, ale i snížení hmotnosti a rozměrů. Jaderné zbraně druhé generace se označují jako **termonukleární a byly vyráběny od roku 1952**. Díky snížení velikosti bylo možné tyto zbraně rozšířit i do jiných typů vojsk, než jen letectva. Místo neutronového iniciátoru se začal používat neutronový generátor. Zbraně musely být stále skladovány v rozloženém stavu, což prodlužovalo dobu jejich přípravy. Princip jaderných zbraní druhé generace je založen na **slučování atomů vodíku v hélium**, což je proces probíhající ve hvězdách. Tato reakce je daleko efektivnější než štěpení. Pro její zahájení je ale nutná obrovská energie, kterou lze získat pouze jaderným výbuchem. Termonukleární hlavice tedy potřebuje malou štěpnou nálož jako „spoušť“.

Event Sequence

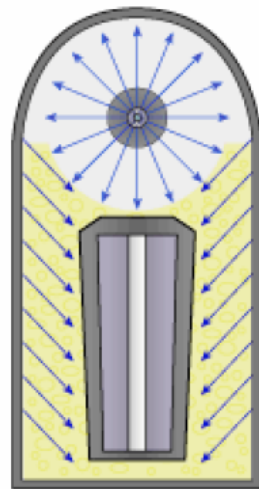
The two devices are surrounded by radiation case to contain (temporarily) the energy released in primary fission driven explosion for efficient conversion into compression shock



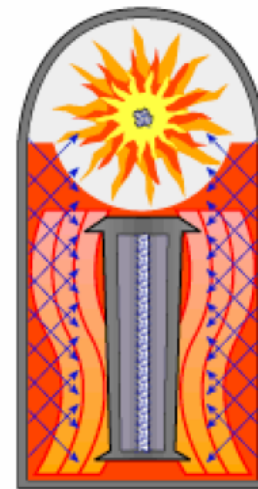
1. Warhead before firing; primary (fission bomb) at top, secondary (fusion fuel) at bottom, all suspended in polystyrene foam.



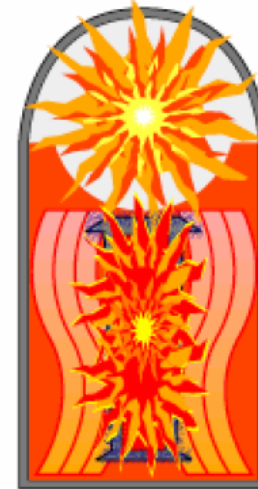
2. HE fires in primary, compressing plutonium core into supercriticality and beginning a fission reaction.



3. Fissioning primary emits X-rays which reflect along the inside of the casing, irradiating the polystyrene foam.



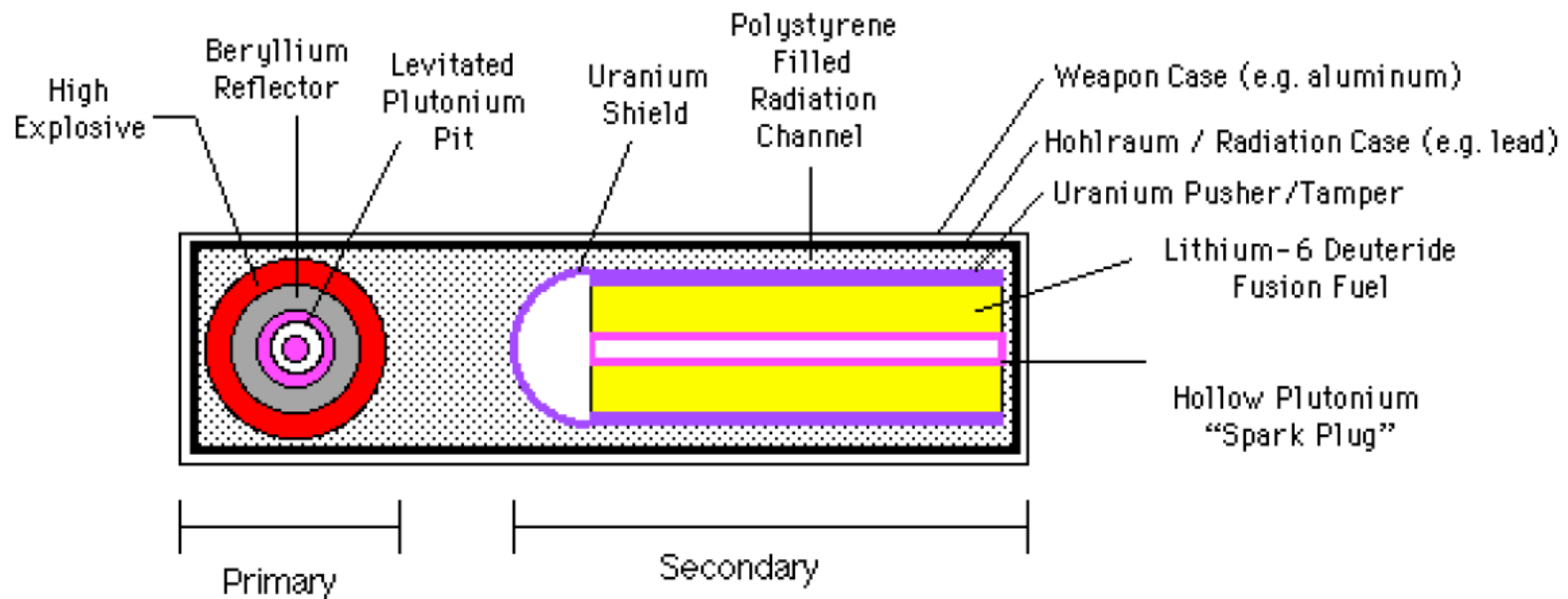
4. Polystyrene foam becomes plasma, compressing secondary, and plutonium sparkplug begins to fission.



5. Compressed and heated, lithium-6 deuteride fuel begins fusion reaction, neutron flux causes tamper to fission. A fireball is starting to form...

Additional pressure from recoil of exploding shell (ablation)!

Modern Thermonuclear Warhead



The bomb design is based on a bomb casing containing implosion fission bomb and a cylinder casing of ^{238}U (tamper). Within the tamper is the ^6LiD (fuel) and a hollow rod of ^{239}Pu in the center of the cylinder. Separating the cylinder from the implosion bomb is a shield of ^{238}U and plastic foam that fills the remaining space in the bomb casing.

3. Generace jaderných zbraní

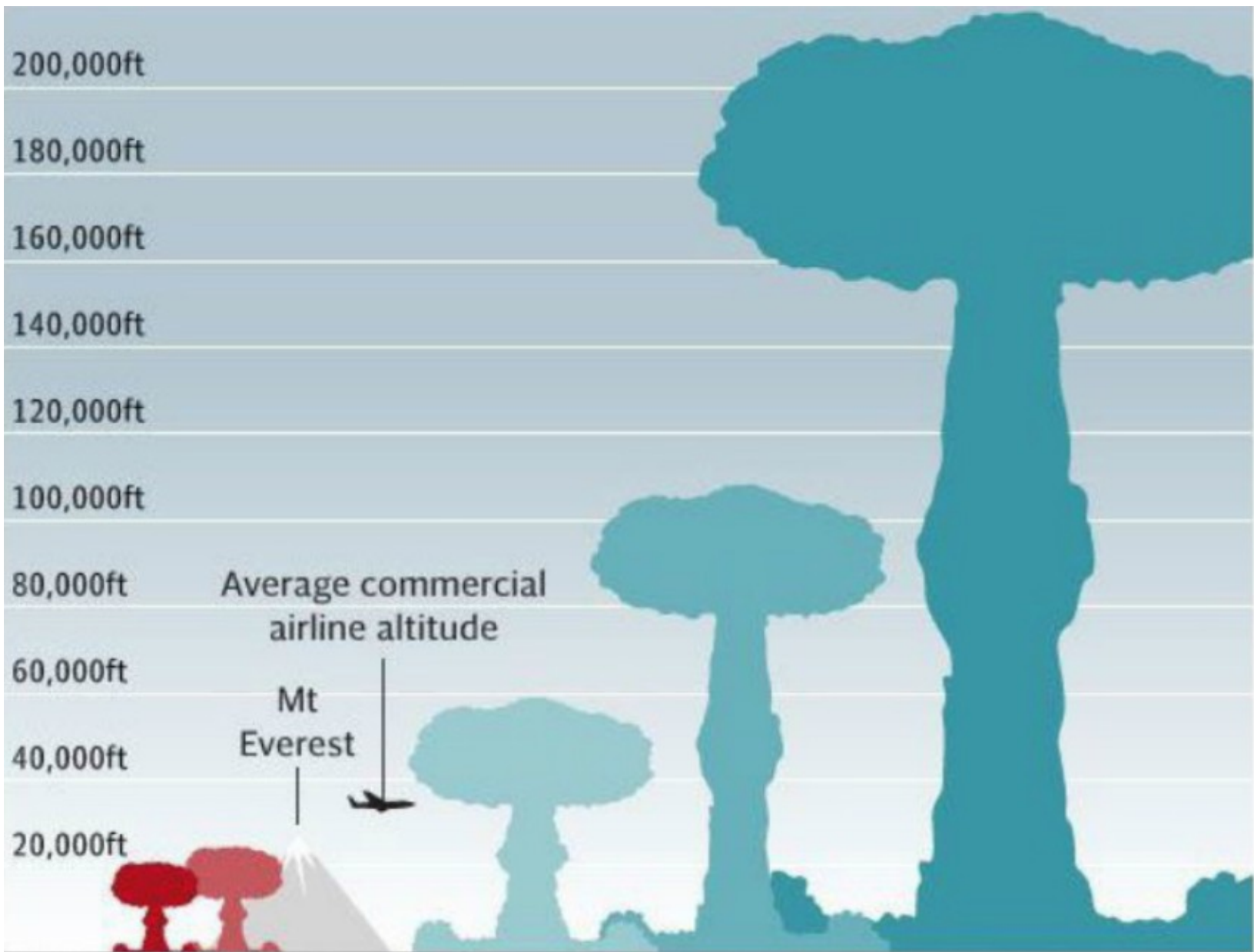
- Jednalo se vlastně o **modifikované termonukleární zbraně**. Zbraně bylo možno skladovat zkompletované, stačilo pouze vložit neutronovou trubici a připojit elektronické obvody hlavice na baterie. Za pomoci různých úprav bylo taktéž možné využít nebo naopak potlačit účinky jaderné zbraně. Tyto zbraně se začaly vyrábět od roku 1961 a známé jsou **tři základní typy**.
- **Neutronová bomba** – Jde o dvofázovou termonukleární zbraň, u níž asi 90 % energie připadá na druhou fázi (slučování).
- Neutronová puma **využívá neutrony s vysokou energií, které vznikají při tomto slučování a vysokou rychlostí se šíří do okolí a dobře proniká i do kovových předmětů**.
- Uvádí se, neutronová hlavice o síle 1 kilotuny zlikviduje osádku tanku T-72 ještě 690 metrů od místa výbuchu, kdežto klasická štěpná hlavice to dokáže jen na 360 m.
- Dávka záření 600 radů se považuje za normálně smrtelnou (tj. usmrtí nejméně polovinu zasažených osob), ovšem příznaky nemoci z ozáření se projeví až za několik hodin. Neutronové bomby jsou však **schopné způsobit ozáření až 8000 radů, což znamená vyřazení z boje v několika sekundách a smrt do několika minut**.

3. Generace jaderných zbraní

- Zbraně se zesíleným zamořením – **mají obaly zhotovené z kovů, které se vlivem rychlých neutronů mění v radioaktivní izotopy a zamořují terén.**
- Takovým kovem je především **kobalt (odtud název „kobaltová puma“)**, který může učinit oblast neobyvatelnou na desítky let.
- Pro střednědobé zamoření (týdny až měsíce) lze použít zinek nebo tantal, pro krátkodobé (dny) je nejvhodnější zlato a pro velmi krátké (pouze hodiny) sodík.
- **Zbraně s potlačeným radioaktivním zamořením** – vycházejí ze stejné úvahy jako předchozí typ, ale **jejich obaly jsou vyrobeny naopak z kovů, které neutrony pohlcují a přitom se samy nestávají radioaktivními** (např. **bór**).
- Navíc je první fáze (štěpná) co nejslabší, aby se omezilo její radioaktivní působení. Výsledkem je podstatné snížení zamoření okolí exploze. Uvádí se, že USA mají k dispozici hlavice, jejichž místo výbuchu přestává být nebezpečné už za několik desítek hodin.

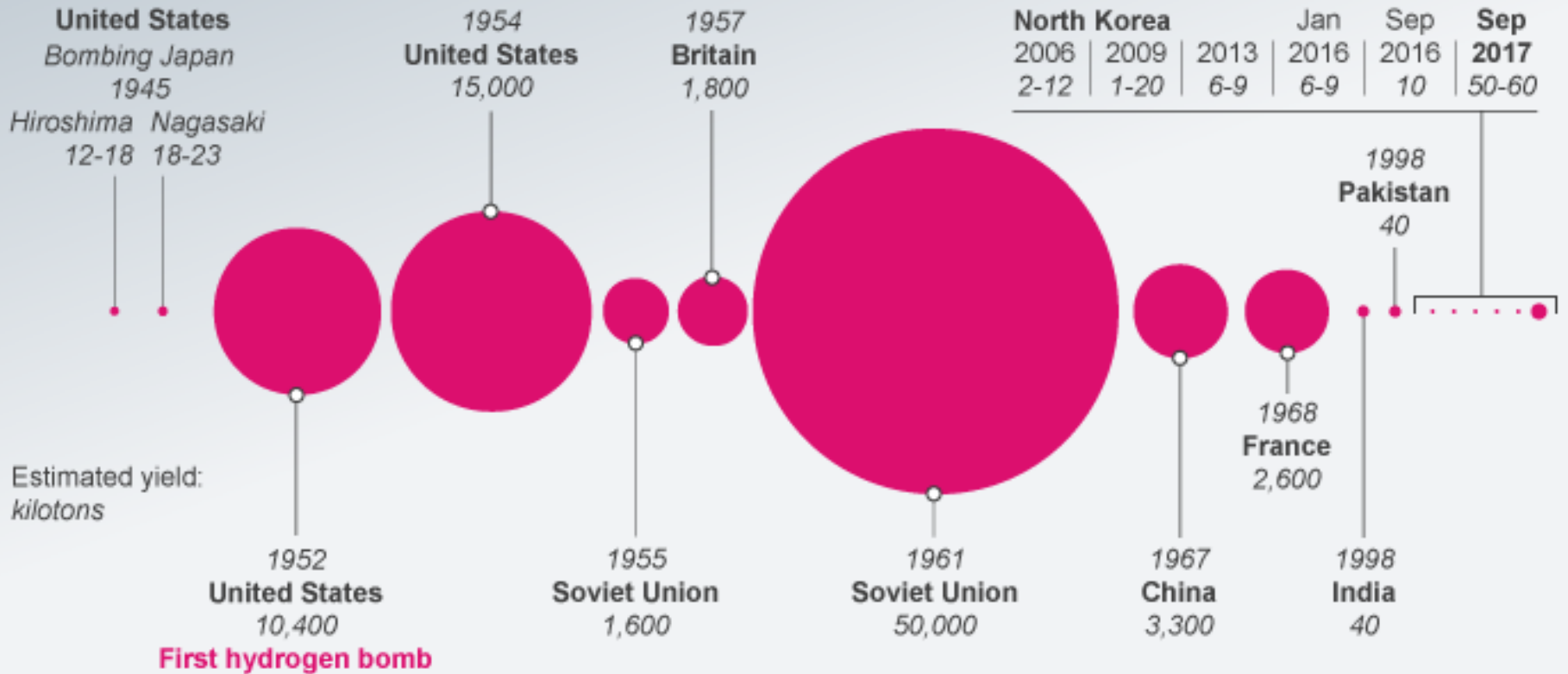
4. Generace jaderných zbraní

- Všechny nukleární zbraně 3. generace však mají jednu společnou nevýhodu. Obsahují malou štěpnou bombu jako „spoušť“ pro zahájení termonukleární reakce.
- Štěpné zařízení je rozměrné, těžké, složité, křehké a velice drahé. Vědci se tedy od 80. let snažili přijít na způsob, jak štěpnou nálož nahradit. Znamenalo by to další snížení hmotnosti a velikosti celé bomby.
- Objevené způsoby se ovšem nikdy neuplatnily. Buďto byly velmi neekonomické nebo nebyl účinek 100%. **To však po roce 1991 změnil nález červené rtuti**, která se vyrábí chemickou syntézou a následným ozařováním v jaderném reaktoru.
- Tento prvek se dokáže nabíjet a kumulovat energii např. z rentgenového záření. Bylo by tedy možné z něj vyrobit vysoce precizní rozbušku, která by zařídila současnou iniciaci celé zásoby uranu nebo plutonia, zatímco v termonukleární zbraní by dokázala spustit vodíkovou fúzi.
- Jisté je, že červené rtuti se bojí i samotní vědci. Jeden z tvůrců termonukleární bomby Sam Cohen tvrdí, že po rozpadu Sovětského svazu se červená rtuť dostala na černý trh se zbraněmi, a také varoval, že pomocí ní by bylo možné vyrobit neutronovou pumu o velikosti baseballového míčku, jejíž výbuch by usmrtil vše živé v okruhu nejméně 600 metrů



15 kiloton **Hiroshima** Japan, 1945
 21 kiloton **Nagasaki** Japan, 1945
 1 megaton **Licorne** France, 1970
 15 megaton **Castle Bravo** USA, 1951
 50 megaton **Tsar Bomb** Russia, 1961

Nuclear explosions compared



Source: CTBTO/nuclearweaponarchive.org/Army/Technology.com/FAS

© DW

The Cold War and Nuclear Arms Race

I remember President Kennedy once stated... that the United States had the nuclear missile capacity to wipe out the Soviet Union two times over, while the Soviet Union had enough atomic weapons to wipe out the United States only once... When journalists asked me to comment... I responded, "Yes, I know what Kennedy claims, and he's quite right. But I'm not complaining... We're satisfied to be able to finish off the United States first time round. Once is quite enough. What good does it do to annihilate a country twice? We're not a bloodthirsty people."

Nikita Khrushchev - 1974

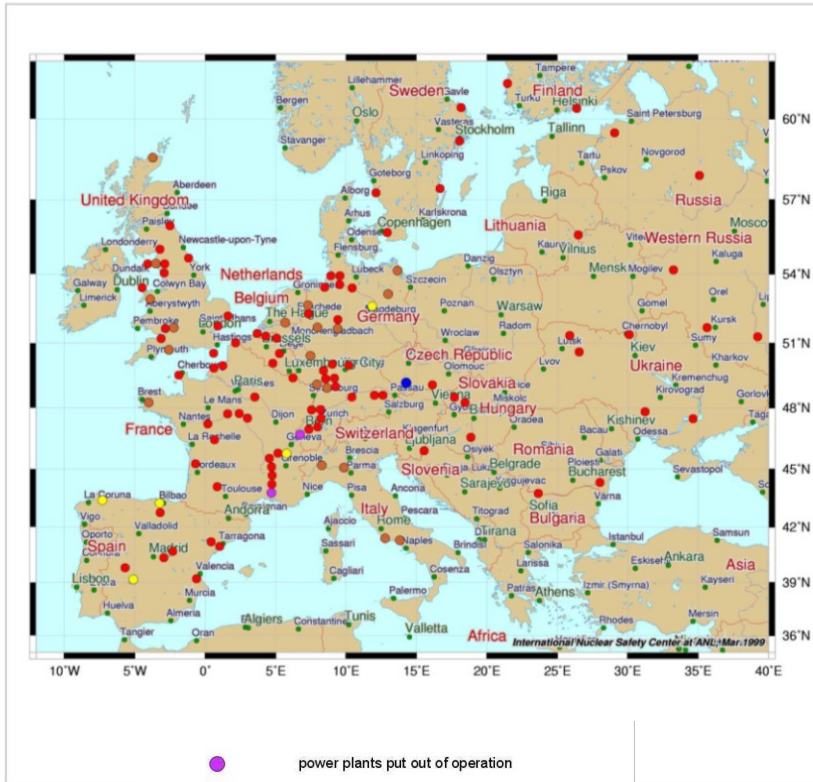
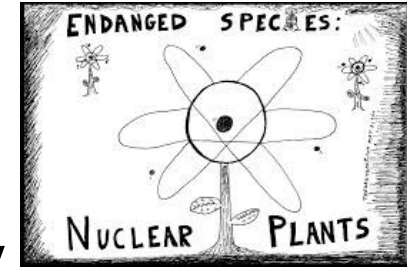
MY BUTTON



IS BIGGER THAN YOUR BUTTON.



Mírový rozvoj jaderné energetiky

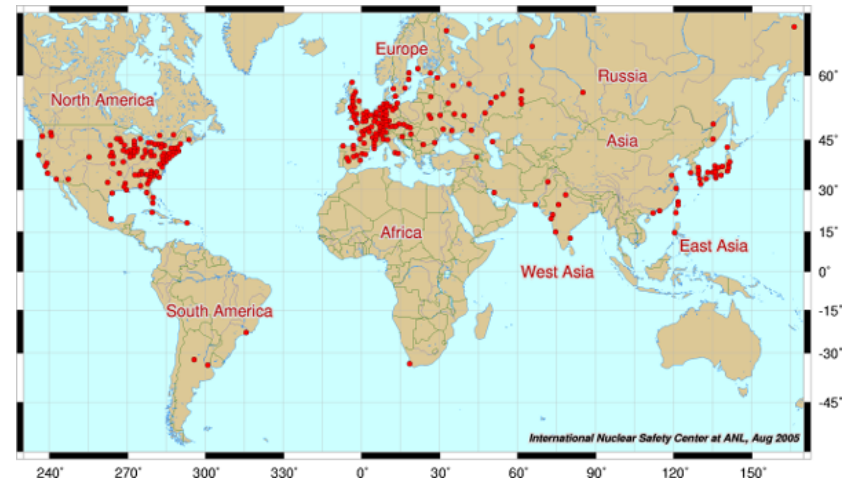


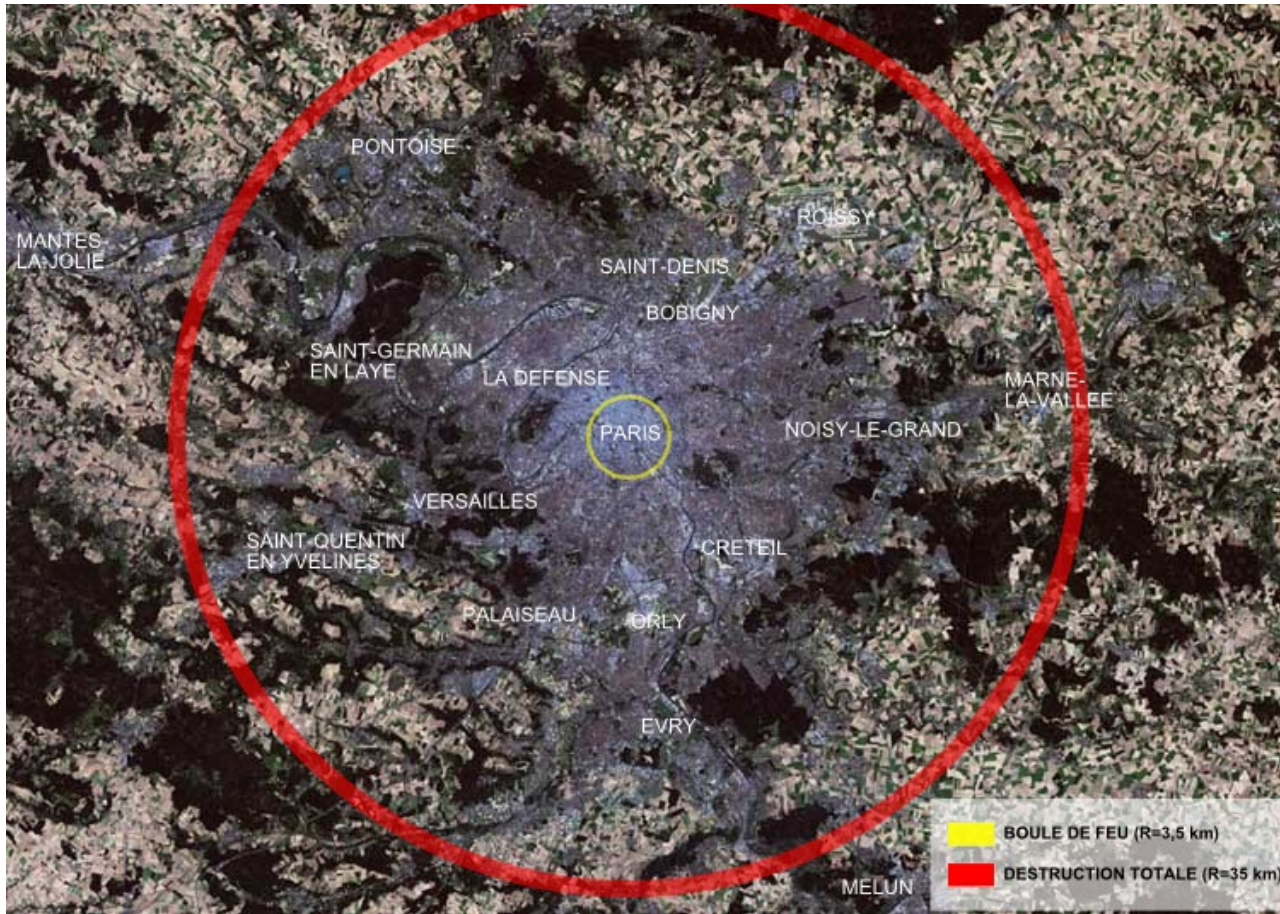
- power plants put out of operation
- power plants designed, and temporarily stopped
- power plants permanently stopped
- power plants operated
- Temelin power plant

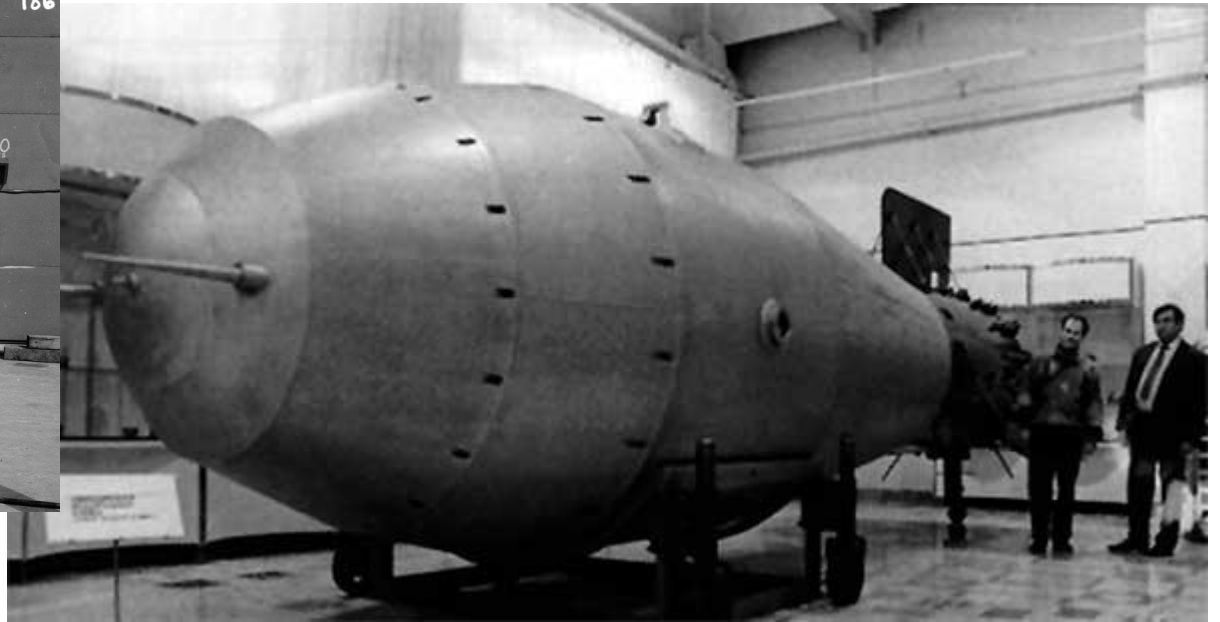
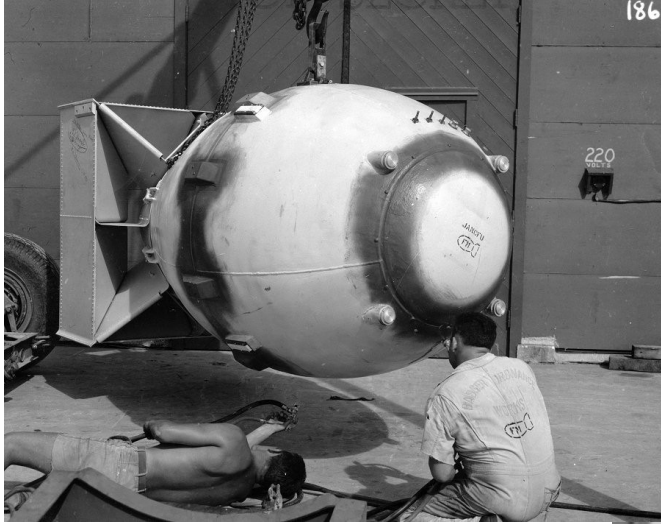
Note: This overview is only for general information, and focussed on the locations of the power plants, not on the individual power generation blocks.

NO SCALE

Appendix 8.1 NUCLEAR POWER PLANTS IN EUROPE









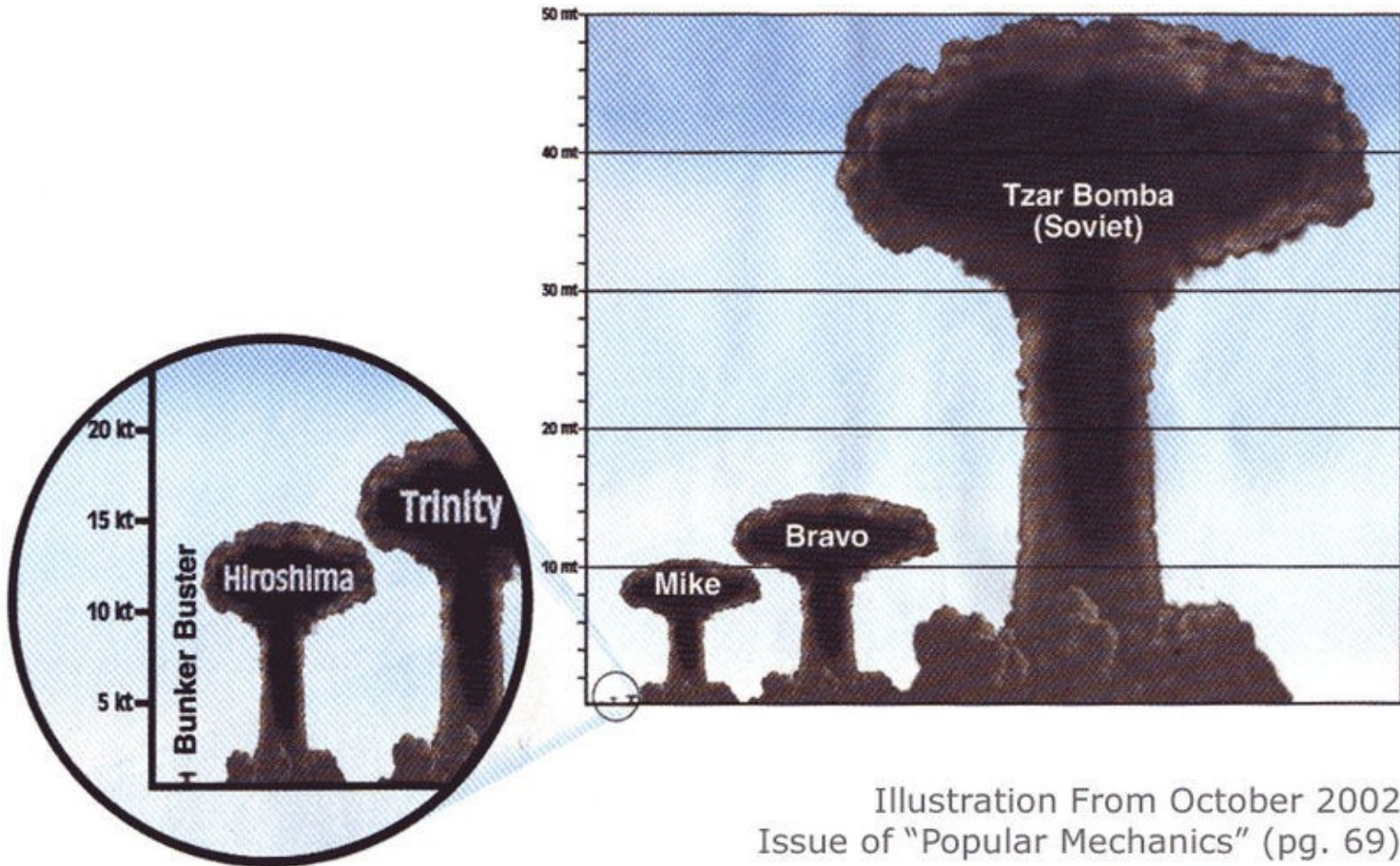


Illustration From October 2002 Issue of "Popular Mechanics" (pg. 69)