

# Radiační biofyzika

Přednáška 3 2023

**Unikátnost doby po objevení  
radioaktivity a další epochální objevy**

**První data o biologických účincích IZ**

**Atomy & Radioaktivita**

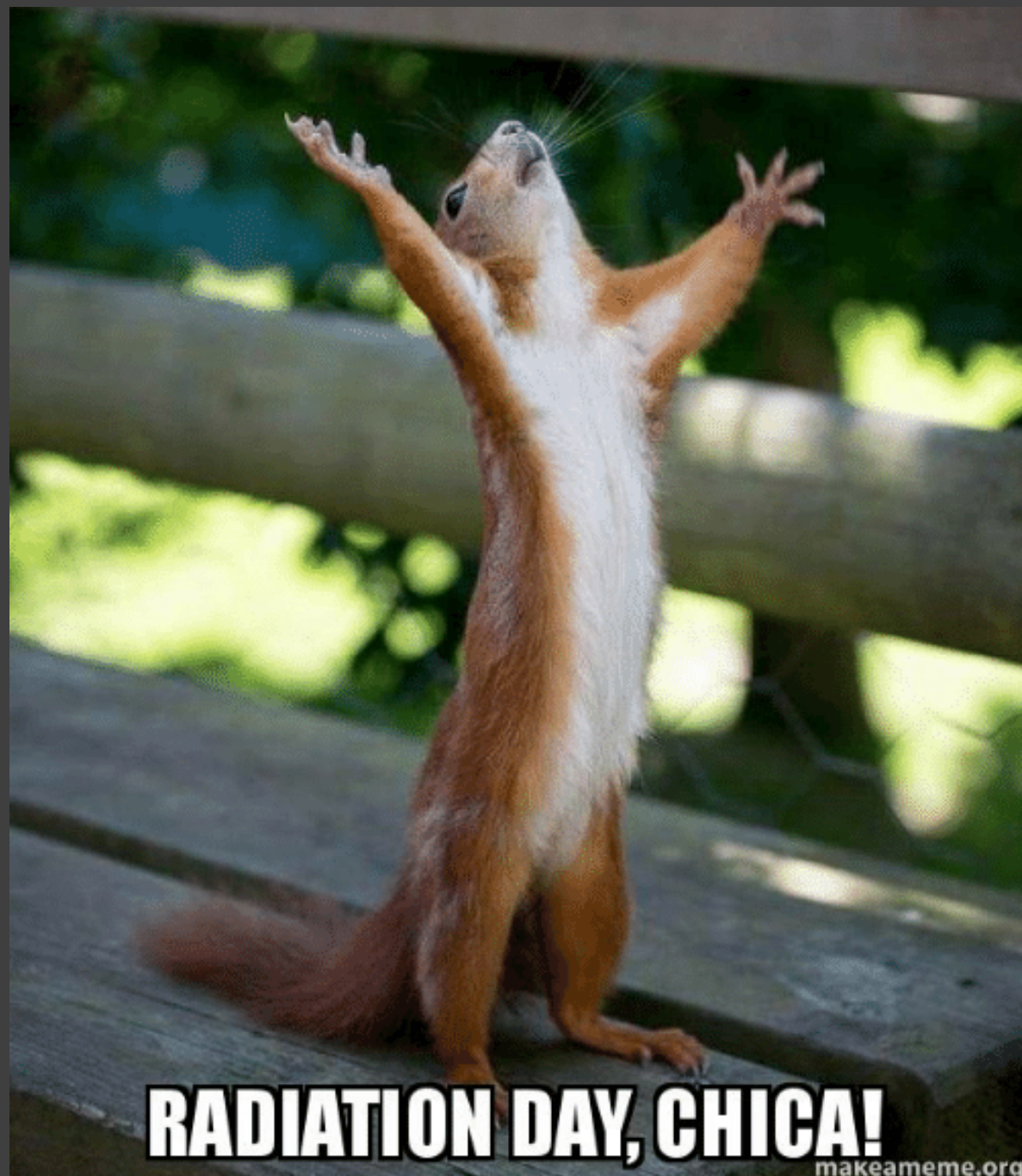
Martin Falk

[falk@ibp.cz](mailto:falk@ibp.cz)

[martin.falk@kip.uni-heidelberg.de](mailto:martin.falk@kip.uni-heidelberg.de)



- Objev paprsků X vedl až k jisté posedlosti
- Zdravotní rizika tehdy ještě neznámá
  - aplikace X paprsků „všude, kde se dalo“





- 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 a radium se přidávalo snad do čehokoliv kam 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

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 „nasycené“ 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



# X-rays: KURIOSITY DOBY



**SUPERFLUOUS  
HAIR  
REMOVED**  
PERMANENTLY  
PAINLESSLY  
HARMLESSLY

Positively will not injure the most delicate skin. Devoid of all sensation.

**THE MODERN METHOD**  
**NO CHEMICALS**  
**NEEDLES**  
**OR WAX**

Grand Prix and Gold Medal  
PARIS 1925 and LIEGE 1926

Consultations Gratis  
Booklet sent on request

**TRICHO  
SYSTEM**

87 REGENT ST.  
LONDON  
W. 1

**Hair Removed Permanently**



Patient receiving treatment on the cheek. No pain or sensation of any kind. The **INFALLIBLE** method successfully used for 16 years by Dr. Albert C. Geyser, late Professor of Electrical Therapeutics at Cornell University and endorsed by many leading physicians.

*No Needle, No Wax, No Chemical*  
*Painless and Harmless—Guaranteed to be Permanent*

**Tricho System**

Central 1010 State-Lake Bldg. 190 N. State St. Free Booklet

## Tricho machine

Advertisement showing a drawing of the **Tricho machine**. “Clients sat at a mahogany cabinet with a small front window for the treatment area. The operators ... threw a switch, and then – nothing happened, save for a faint hum and a whiff of ozone. After a few minutes the machine automatically shut off and the patient booked her next session.” (Collins, 2007)



## **X-rays: KURIOSITY DOBY**

Adrian shoe-fitting fluoroscope used prior to 1950 in shoe stores for testing the fit of shoes. A high-tech sales gimmick, these were phased out due to concerns about unnecessary radiation exposure.



Miss X-Ray

Miss International  
Posture Queen with  
her x-ray, 1957.





## X-ray Photos Find Girl With Perfect Back at Health Show

**T**HE X-ray was the final judge in selecting the girl with the most perfect back at California's health show in Los Angeles.

After examining X-ray photographs of all the girls entered in the contest, Dr. Lester V. Donovan picked Miss Judith Allen, young movie actress, as the winner. An X-ray of Miss Allen's back showed a spine in perfect alignment, unmarred by any curvature.

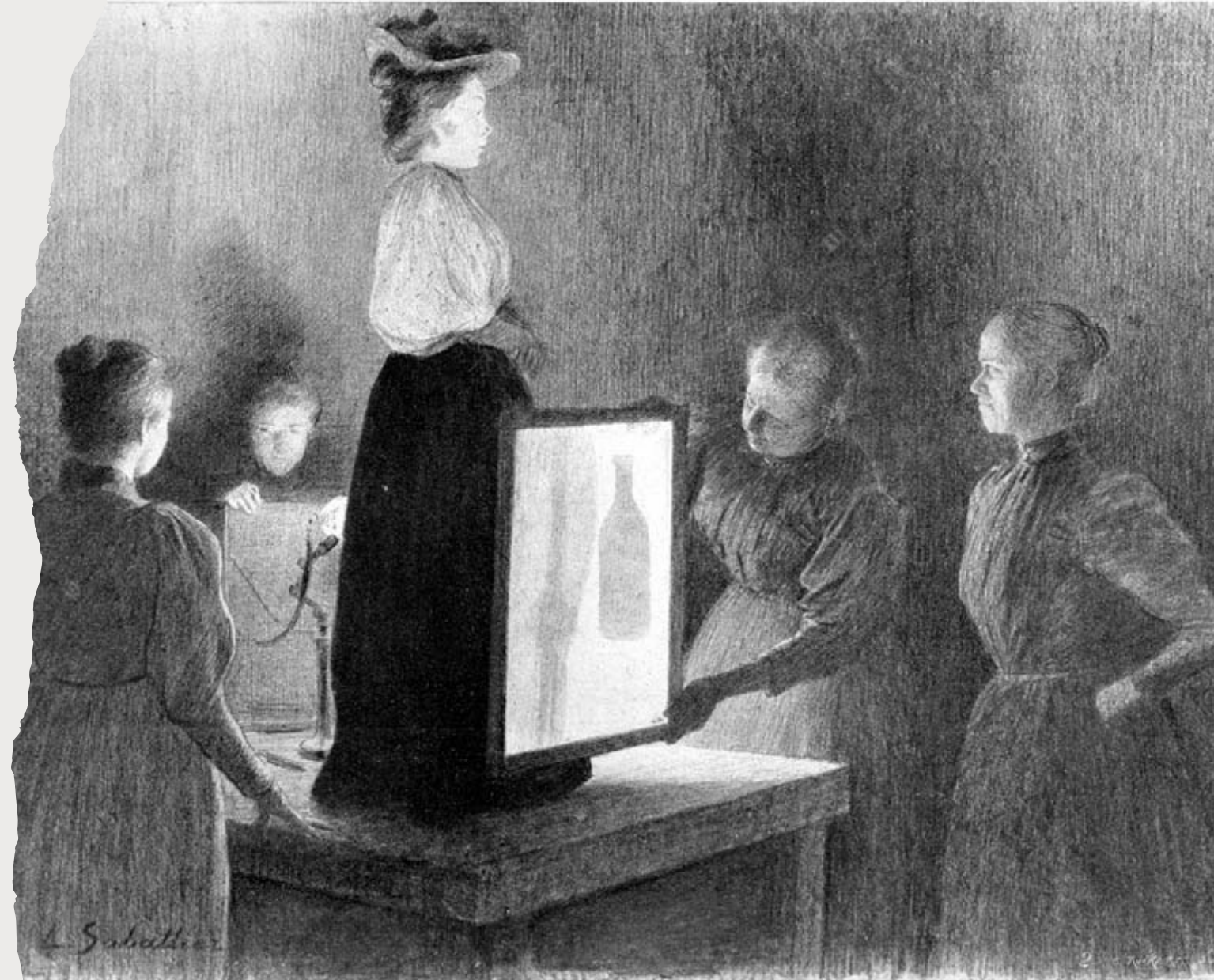
The young lady hails from Boston and is said to have a promising film career ahead. The photo at the right shows attractive Miss Allen and the remarkable X-ray picture held by Dr. Donovan.



This X-ray photo proved that Miss Judith Allen, young screen actress, had the most perfect back in a contest conducted at California's health show. Dr. Lester V. Donovan is holding the X-ray picture of Miss Allen's back.

California's  
health show and  
future Hollywood  
actress selection

- ‘Human Telescopes’ –a crude form of fluoroscope, became fun party toys among the elite, where they offered a new use for those Crooke’s tubes which were ever-so popular novelties back then.
- Carnivals set up displays allowing people to see inside the human body.
- And well-to-do parents even rented x-ray machines for birthday parties.



Fraudeuse dénoncée par les rayons X.



# JAMES BOND X-RAY GLASSES

"I CAN SEE HIS TRUE INTENTIONS!"

## X-RAY FOR GIRLS

FUTURE OF TORMENT AND PAIN

ONLY \$1.00

PREVENT A LIFE OF MISERY

This advertisement features a woman on the left wearing glasses with spiral lenses. She has a speech bubble that says "I CAN SEE HIS TRUE INTENTIONS!". To her right is a man in a suit with his arms outstretched. The text "X-RAY FOR GIRLS" is prominently displayed in the upper right. Below it, the phrase "FUTURE OF TORMENT AND PAIN" is written. At the bottom left, the price "ONLY \$1.00" is shown, and at the bottom right, the slogan "PREVENT A LIFE OF MISERY" is written.

## X-RAY SPECS

An Hilarious Optical Illusion \$1.00

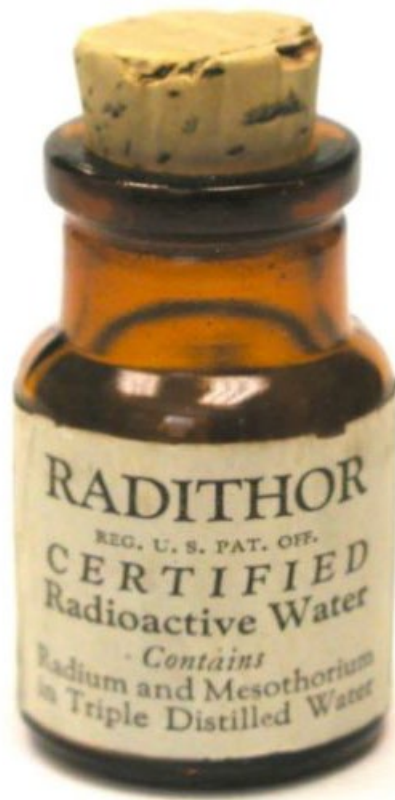
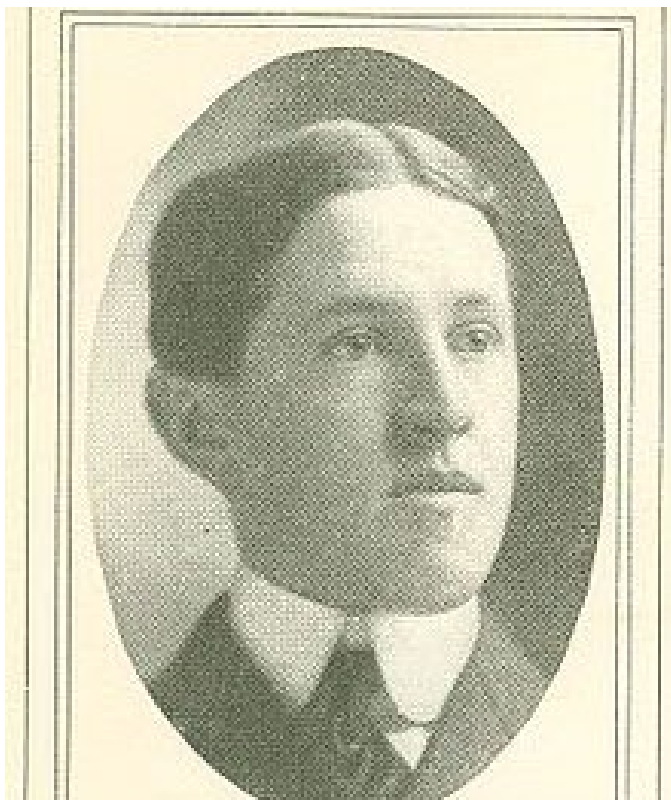
Scientific optical principle really works. Imagine — you put on the "X-Ray" Specs and hold your hand in front of you. You seem to be able to look right through the flesh and see the bones underneath. Look at your friend. Is that really his body you "see" under his clothes? Loads of laughs and fun at parties. Send only \$1 plus 25¢ shipping charges

Money Back Guarantee  
HONOR HOUSE PRODUCTS CORP.  
Lynbrook, N. Y. Dept. 77XR70

This advertisement shows a woman on the left wearing glasses, looking at a hand held in front of her. The hand is held in a way that makes the bones appear to be visible through the skin. The text "X-RAY SPECS" is written in large letters, followed by "An Hilarious Optical Illusion \$1.00". Below this, a paragraph of text describes the product and its use. At the bottom, there is a "Money Back Guarantee" and the company name and address: "HONOR HOUSE PRODUCTS CORP. Lynbrook, N. Y. Dept. 77XR70".

- The ad that stoked every young comic book reader's imagination was the one for X-Ray Specs. These ads offered kids the opportunity to see through everything from fingers, an eggshell, and possibly even clothing all for the cost of a dollar. The fine print in these ads is that they only give the illusion of X-Ray vision and don't actually allow the wearer to see through anything.
- Anyone who sent out for the contraption found that they were actually plastic glasses filled with cardboard that had a depiction of the things you could see if you had x-Ray vision. Sorry kids, this is one product that doesn't work.

# RADITHOR: léčebné radioaktivní kapky



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

- Malá lahvička prodávaná jakožto lék proti artritidě, revmatismu, mentálním chorobám, rakovině žaludku a impotenci
- Jednalo se o 3x destilovanou vodu s nepatrným přídavkem radia ( $^{226}\text{Ra}$  a  $^{228}\text{Ra}$ ;  $1 \text{ mCi} = 37 \text{ kBq}$ ; 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 earned notoriety in the early 1930s when **he died from multiple radiation-induced cancers after consuming Radithor**. (He won the 1906 U.S. Amateur in golf)

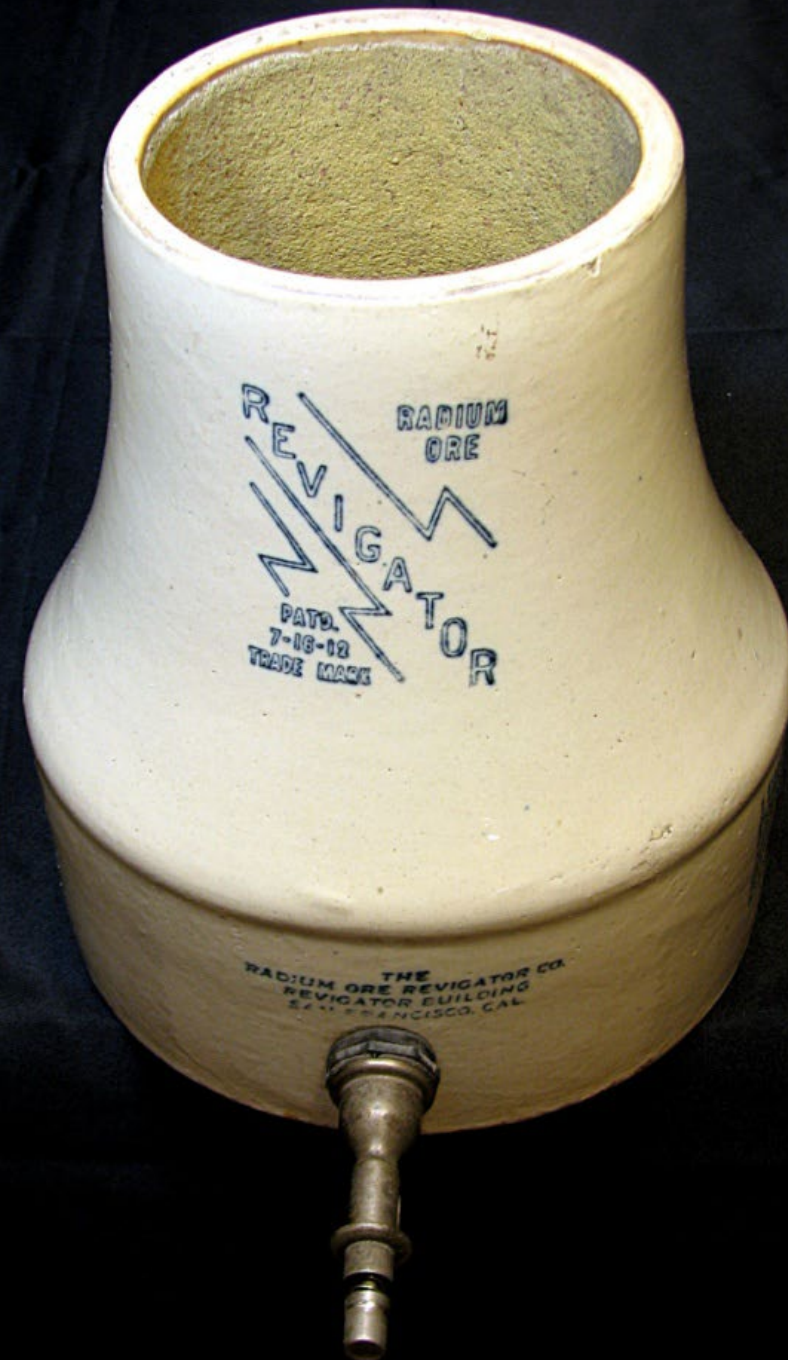


# REVIGATOR: levnější cesta k léčebné radioaktivní vodě



## “Here’s Health!”

**T**O keep that health you must keep Nature’s laws. They are simple and easy to keep; but if they are broken Nature exacts a heavy penalty from each and every one. Get plenty of sleep, exercise and wholesome fun. Avoid overwork, all other excesses, eat fresh, natural foods, breathe fresh air, and drink plenty of fresh, invigorating, natural radioactive water from the Radium-Spa.



# 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.

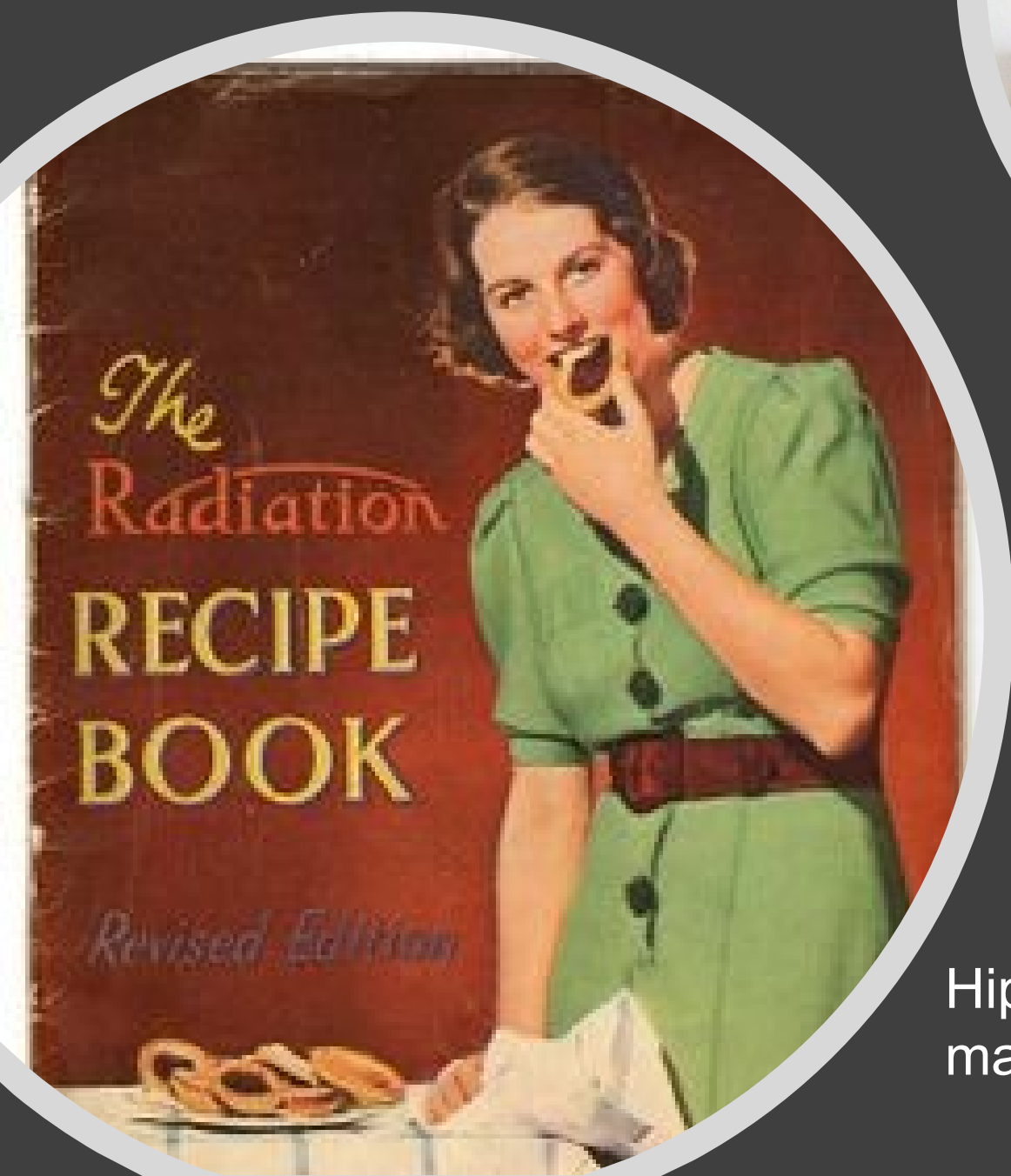
SUPPLIED BY

**RADIUM LIMITED,**

93, MORTIMER STREET, LONDON, W.

Telephone: 674 MATFAIR.

- 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
- Pítí této vody zaručovalo pevné zdraví, například prevenci artritidy, nadýmání a senility.



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

## **Sweets & Food...**

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



We solicit your close inspection and guarantee  
Radium Brand Butter  
The Butler Paper Products Co., Toledo, Ohio



# Radium Brand

## CREAMERY BUTTER

Sweets & Food...

COPYRIGHT 1933, THE BUTLER PAPER PRODUCTS CO., TOLEDO, OHIO





## 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 s 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.





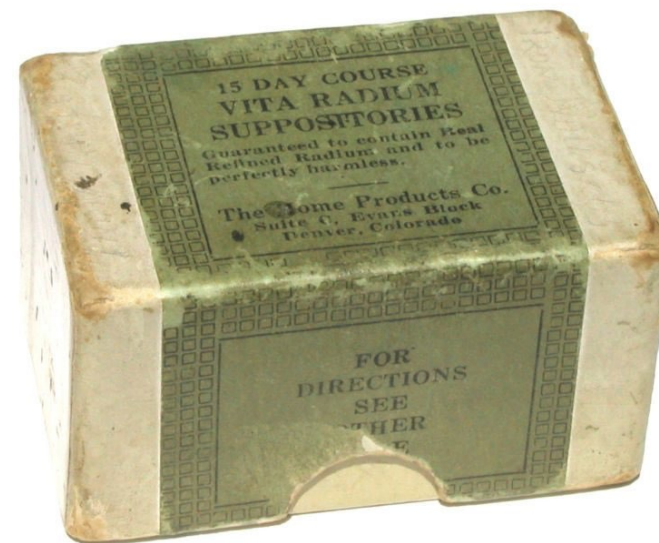
## ZDRAVÍ - Radione energy pills

**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 neprostou neškodnost přípravku
- Doporučovala se kombinace s tabletami NU\_MAN, též na bázi radia



**VITA RADIUM SUPPOSITORIES**



**O**UR VITA RADIUM SUPPOSITORIES (HIGH STRENGTH) are one of the outstanding triumphs of Radium Science. These Suppositories are guaranteed to contain REAL RADIUM—in the exact amount for most beneficial effect. They are inserted per rectum, one each night, this being one of the several practical and successful ways of introducing Radium into the system.

After insertion, the Suppository quickly dissolves and the Radium is absorbed by the walls of the colon; then, within a few minutes, it enters the blood stream and traverses the entire body. Every tissue, every organ of the body is bombarded by its health-giving electric atoms. Thus the use of these Suppositories has an effect on the human body like recharging has on an electric battery.

HISTORY



# Radiendocrinator

Radiendocrinator 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.**





# "Degnen's Radio-Active Eye Applicator"

- The label on the box identifies the item in the above photograph as "Degnen's Radio-Active Eye Applicator" and indicates that it was manufactured by the Radium Appliance Company of Los Angeles, California.
- The lenses were available in three strengths: single (X), double (XX) and triple (XXX). Based on the measured exposure rate at one foot (ca. 10 to 15 uR/hr above background), I would estimate that the Ra-226 activity of the double strength (XX) device shown here is approximately 1 uCi. Not particularly "hot," but definitely cool.
- Quoting the manufacturer's literature: "the Radio-Active lenses will be found helpful in imperfect refraction, MYOPIA or Nearsight, HYPERMETROPIA or Farsight, PRESBYOPIA or Oldsight, HETROPHOBIA or difficulty in focussing."
- "Headaches, caused by eyestrain and other eye disorders, can be quickly relieved by the use of the lenses."



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

- Kolem roku 1910 (to není tak dávno!!!)
- 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.”**

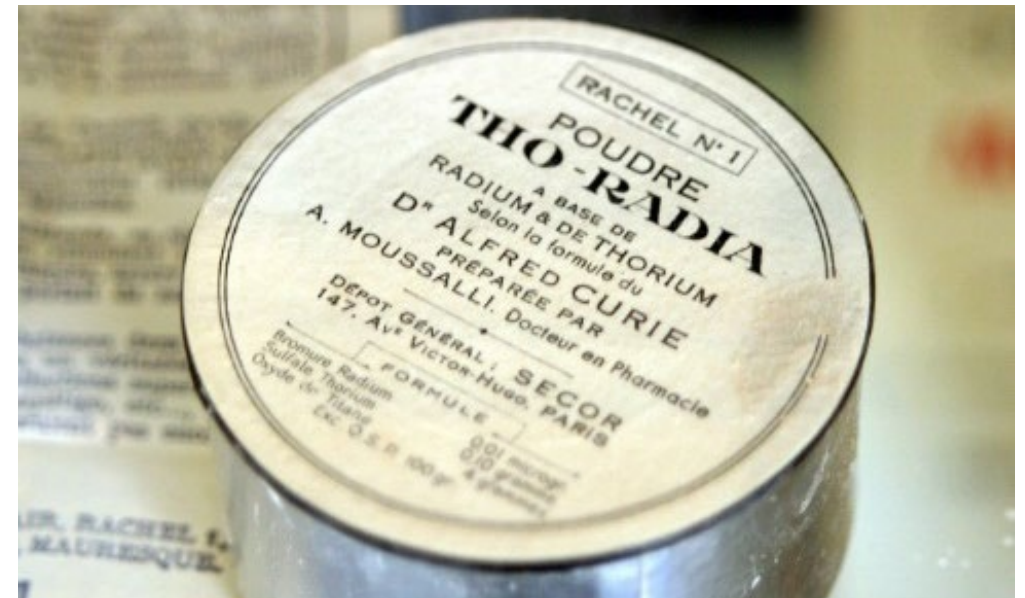


Leštidlo na boty



# Tho-Radia Beauty Products

- 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.



"Tho-radia" pudr



*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 \$36 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 1017 CHICAGO

*Radium and Beauty*



HERE are the first toilet preparations to embody Actual Radium, an astonishing new force for betterment, applied as an additive 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 "Radium" Preparations. Study our \$5,000 guarantee. Then turn to "Radium" 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 beauty in some quiet jungle pool. Ever since Beauty has occupied the world's attention. Radium, though new to the world, is no less of a shining gem. Its search has been arduous and heralded as all. Who would have imagined that this new subject would ever get so high in honor? Yes, in Radium, Science has discovered a woman's Beauty. Beauty is Radium's ally. They will show you that Radium possesses an ever new power for betterment.

The direct particle of Radium liberates a continuous stream of Energy Rays, the Energy waves themselves, when coming in contact with the body. A trace of Radium liberates more and radiates Energy 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-Nature's greatest gift to Beauty.

Every "Radium" Preparation is guaranteed, under Radium's name, to embody a definite amount of Actual Radium, and to retain its radioactivity for at least twenty years. This guarantee is not a mere promise.

In England, "Radium" Preparations are a constant help to the leading dress. They are used by noted women of style and fashion. They are the basis of the leading dress.

No person lives in the United States as the general body care afforded by those who adhere to the use of "Radium" preparations. The perfect complexion, youthful facial features, a healthy skin and beautiful hair.

Each and every "Radium" Beauty Aid is the

**Radium Toilet Requisites**

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

It is easy to prove the superiority of "Radium" Preparations. Try first. See how wonderful the Translucent Cream



**GUARANTEED**

Radium America  
 1733 Irving Park Blvd. Chgo.

# Princess Radium Lingerie & cosmetics

MÉTHODE  
**THO-RADIA**  
 EMBELLISSANTE PARCE QUE CURATIVE

**DENTIFRICE**  
**THO-RADIA**  
 A BASE DE SELS DE THORIUM  
 FORMULE  
 du Docteur Alfred CURIE

Le grand tube : 6 francs

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 joli sourire sans de jolies dents**



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



# Korzety a spodní prádlo s příměsí rádia / thória

Prvně patentováno v Paříži roku 1937

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

(a patrně i oslnit ostatní přítomné ;-))





# Radium (Undark) Girls

Síla rádia pro zábavu, bezpečnější sex  
a účinnější antikoncepci účinnější

# 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**

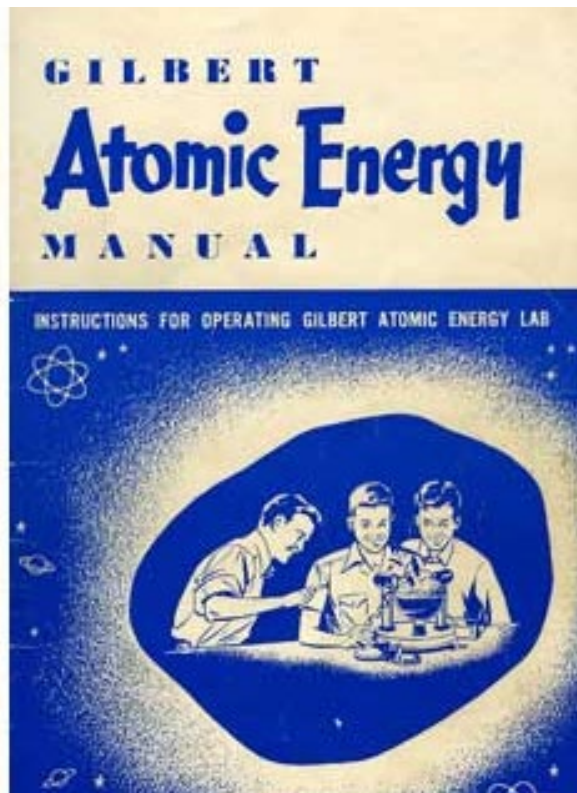
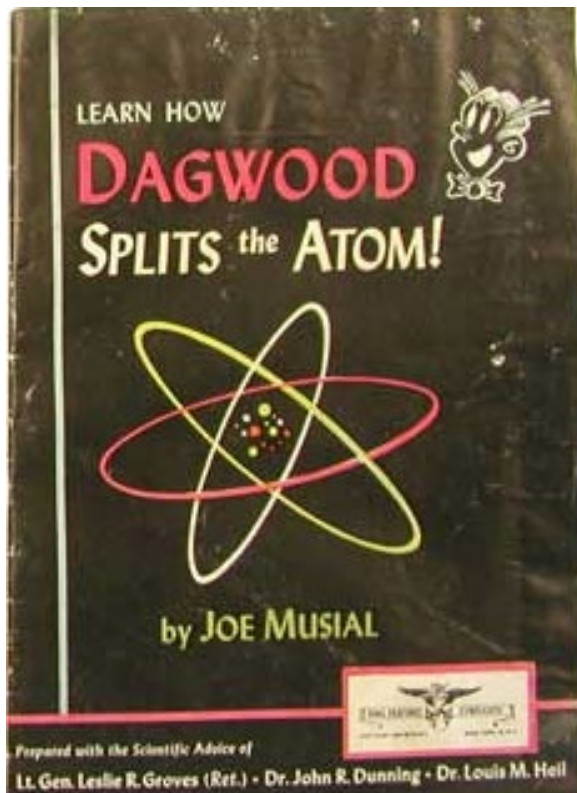
Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, irrétrécissable, infeu-trable. C'est un Produit de la LAINÉ MÉDICALE, 20, rue St-Georges, PARIS - Trud. 07-28

La LAINÉ 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 PHARMACIENS







## 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
- $^{210}\text{Pb}$  ( $\alpha + \beta$  zářič)
- $^{106}\text{Ru}$ ? (čistá  $\beta$ -zářič)
- a  $^{65}\text{Zn}$  ( $\gamma$ -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  $\alpha$ -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 rozprášíť po okolí – žádný problém, rodiče mohli svým ratolestem **doobjednat nové ;-)**





# Batschari Radium Cigarettes

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

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



**Jsou pravé! Iva Kubelková podala důkaz o původu svých čtyřek, které zaujaly i Jardu Jágra**

- <https://www.super.cz/500276-jsou-prave-iva-kubelkova-podala-dukaz-o-puvodu-svych-ctyrek-ktere-zaujaly-i-jardu-jagra.html>



# STAVEBNICE „MLADÝ ROENTGEN“ a další zajímavosti



<https://www.ornl.gov/health-physics-museum/collection/radioactive-quack-cures/index.html>

# Účinky Ra na lidský organismus , 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 vřité 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)

---

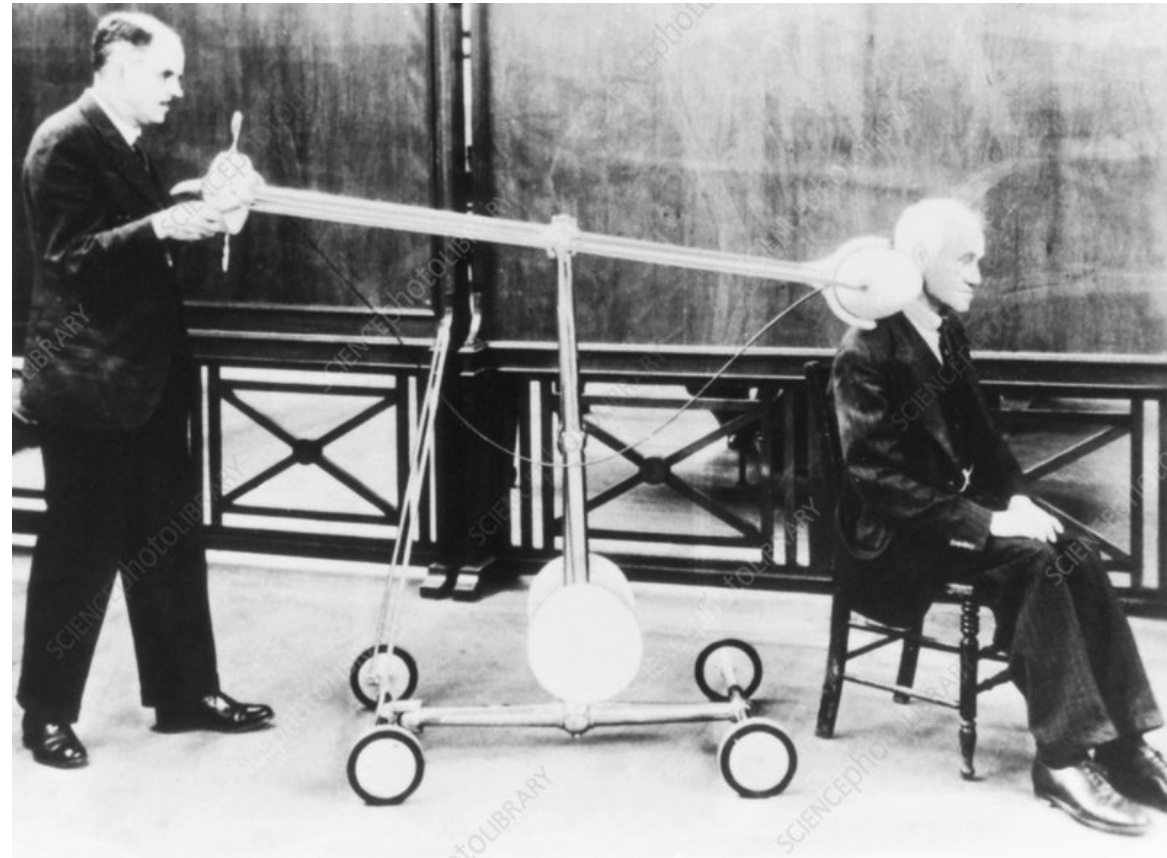
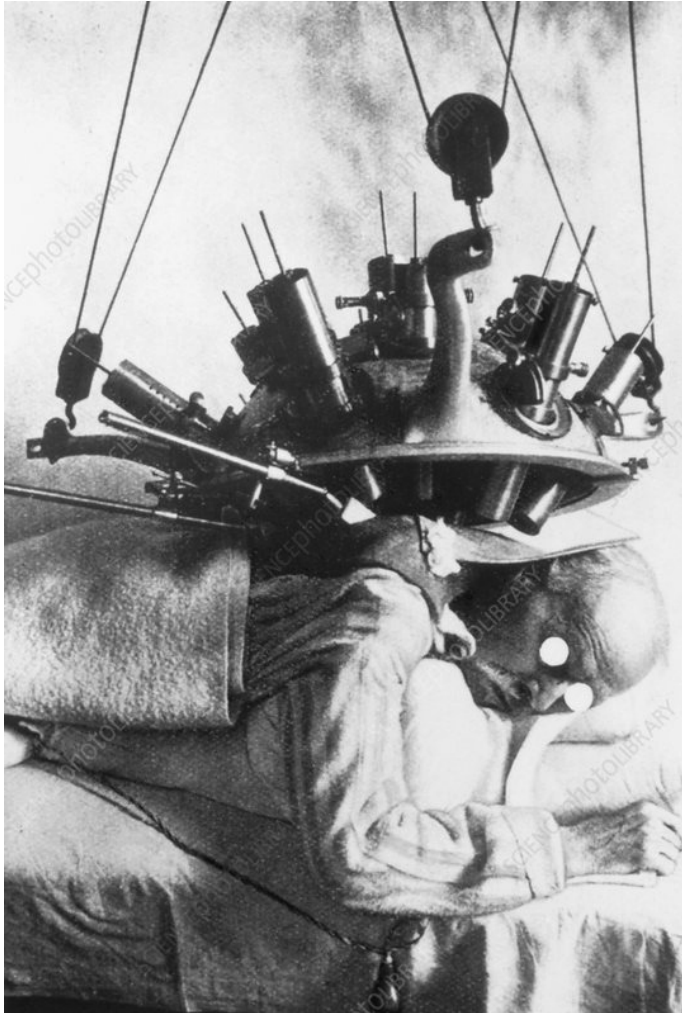


Mask for radium treatment for cancer of the neck and face.  
<http://t.co/Yf52s5yAKE>



# RADIUM V LÉKAŘSTVÍ

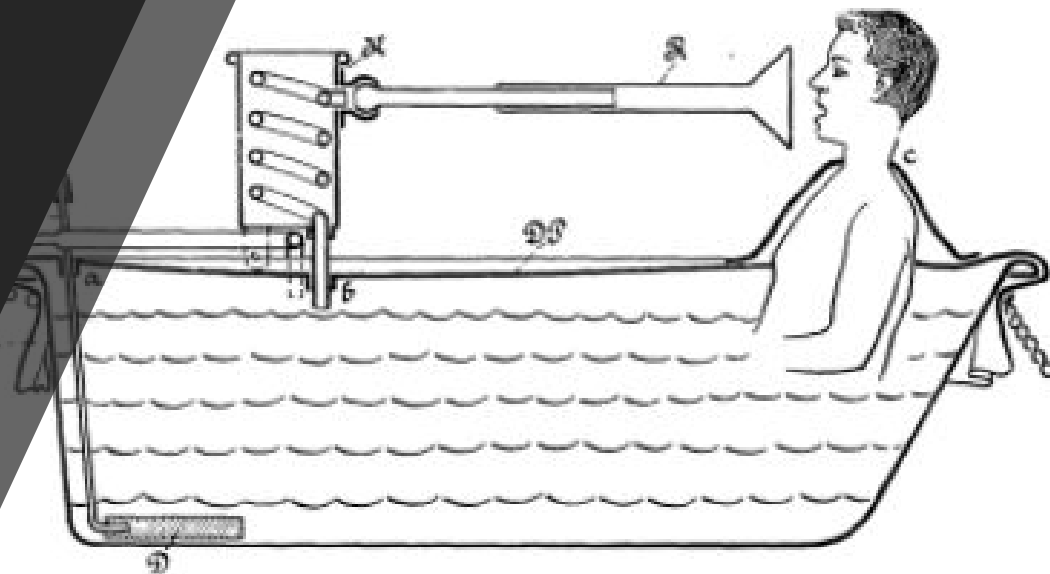
První pokusy o prostorově frakcionovanou terapii



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.

# 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.



**političtí  
vězni.cz**

znovuotevírají naučnou stezku

**JÁCHYMOVSKÉ PEKLO**



# 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.



# První procitnutí (nebezpečí IZ)

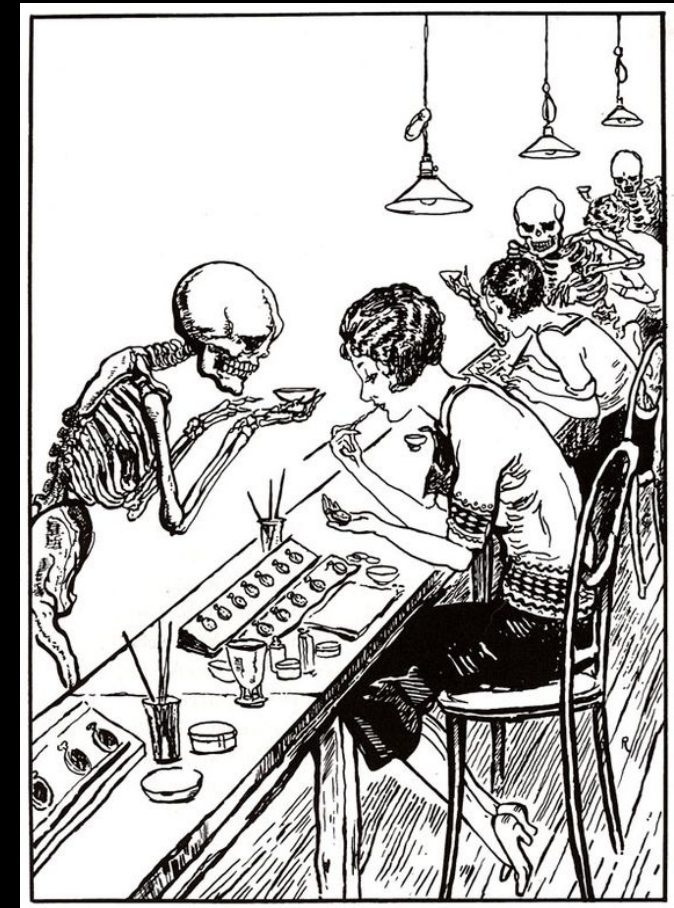
## Předčasná úmrtí prvních badatelů

- **Marie Curie-Skłodowská** – aplastická anémie (selhání krvetvorby), rok 1934, **66 let** (i jedno posmrtné prvenství – jako první žena pohřbena ve francouzském národním mauzoleu Panthéonu, v olověné rakvi)
- **Antoine Henri Becquerel** – popáleniny kůže ale příčina smrti neznámá, rok 1908, **55 let**.
- **Pierre Curie** – zabit spřežením (nepozornost, částečně i již špatnému zdraví v souvislosti s radioaktivitou?), rok 1906, **46 let**
- **Irene Joliot-Curie** – akutní leukémie (accidentally exposed to Po), rok 1956, **58 let**
- **Frederic Joliot** – nemoc jater (těž vlivem radiace), komplikace při chirurgickém zákroku, rok 1958, **58 let** (stejně jako Irene)
- **Wilhelm Roentgen** – rakovina střev, rok 1923, **78 let** (nepracoval s otevřenými zdroji IZ a ne tak intenzivně)



# 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 ...





# RADIUM GIRLS

.... Sometimes they would paint their fingernails and teeth glow-in-the-dark to surprise their boyfriends after work.





# Radium Girls - SARKOMY

- Ra biologicky podobné Ca
- (akumulace v kostech)



# SMRTÍČÍ POLONIUM

- Po = jedna z nejtoxičtějších substancí
- $10^{12}$  times ore toxic than hydrogen cyanide, HCN.
- Alfa emiter → nebezpečné při vnitřní kontaminaci
- **Irène Joliot-Curie (dcera M.C.)** 17. března 1956 (59 let) zemřela na leukémii způsobenou zářením (z velké části díky práci s Po), kterému byla celý život vystavena.
- **Alexander Litvinenko** – ruský agent otrávený Rusy
- **Yasser Arafat** možná též otráven Po (palestinský terorista na kterého měl dlouho spadeno Mosad).

Alexander Litvinenko



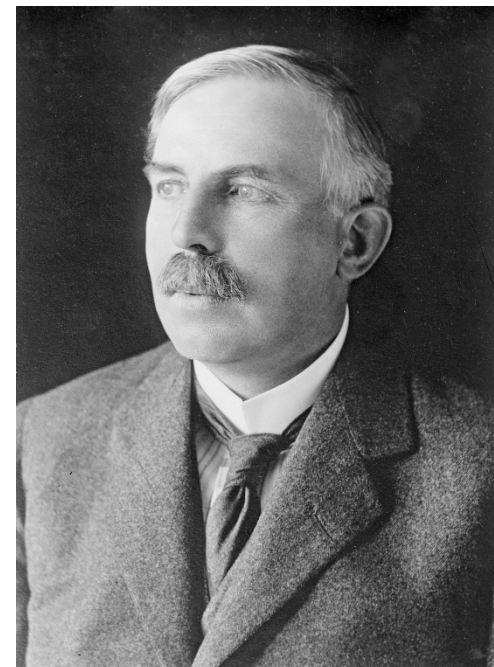
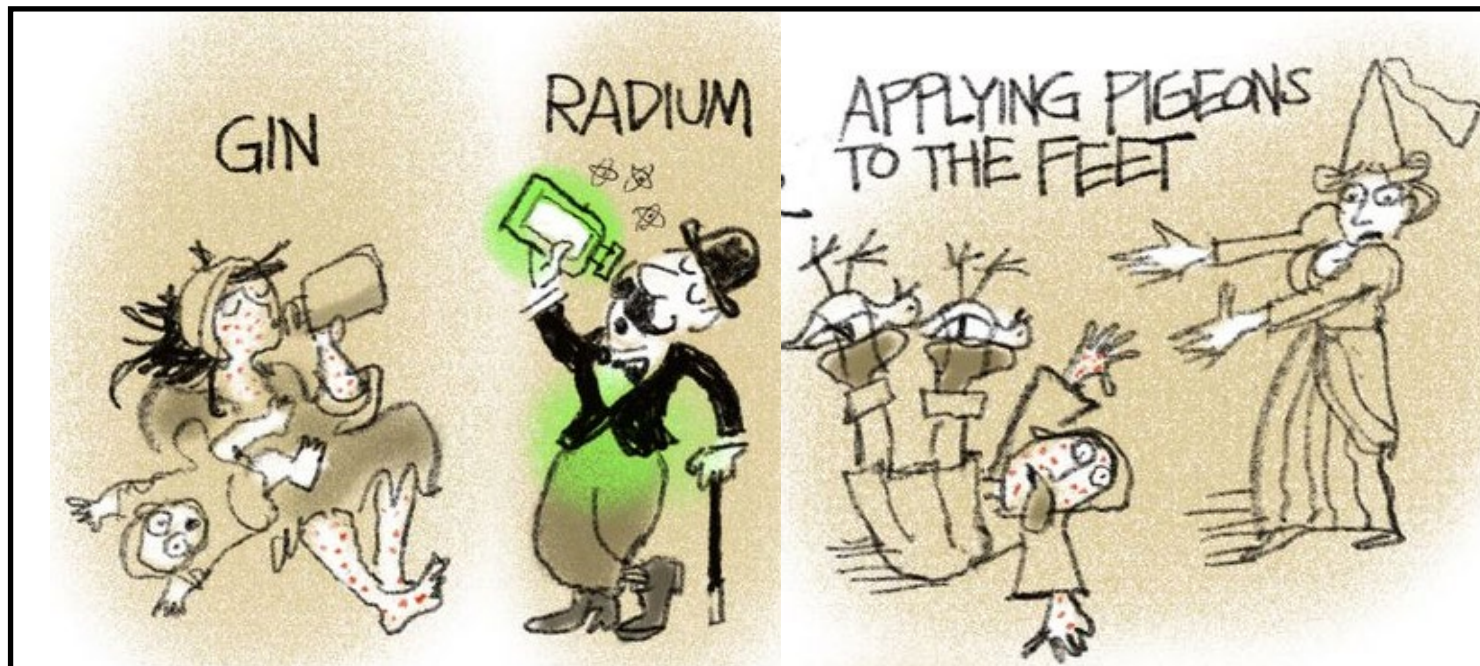


## RADIOAKTIVITA = energie uvolněná při přeměně prvků

- v roce 1899 Marie Curie 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.

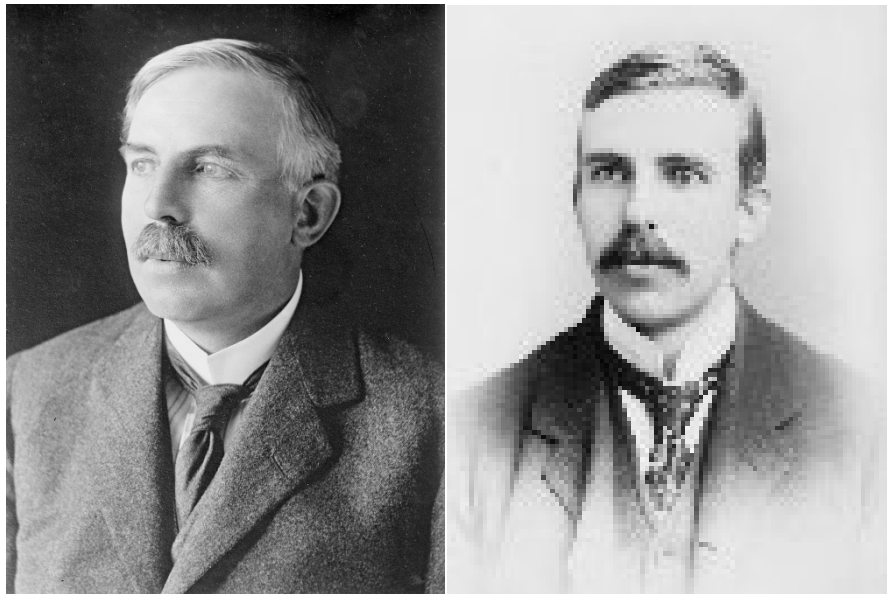


# Rutherford + Soddy



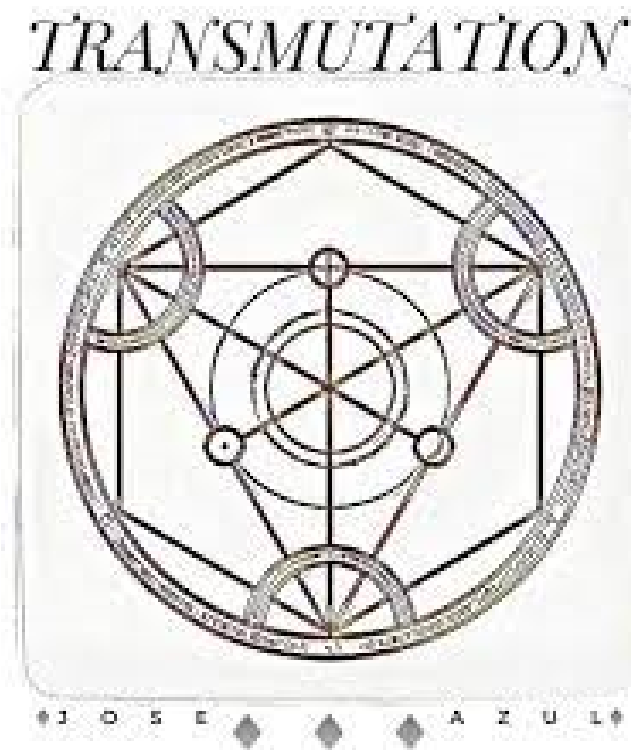
- M + P Curie – na oslavu Nobelovy ceny uspořádali zahradní párty, kde Pierre ukázal lahvičku s radiem - Ernest Rutherford, mezi přítomnými, se podívoval, proč tato látka září
- Ernest Rutherford se „spolčil“ s Frederickem Soddy (chemik) a studovali uran a thorium

# Rutherford + Soddy



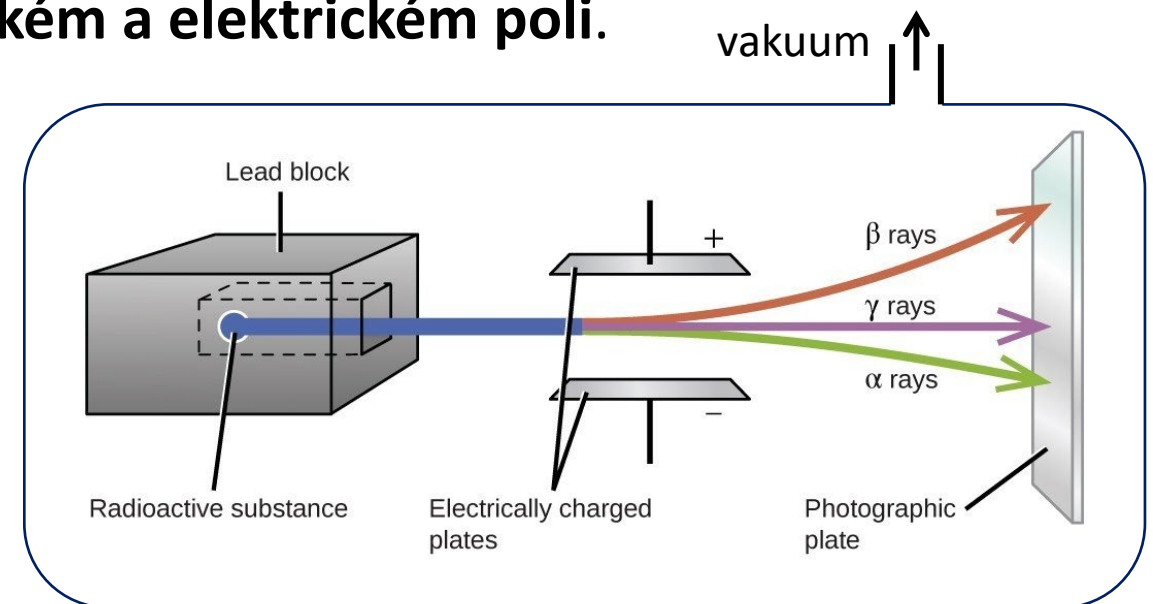
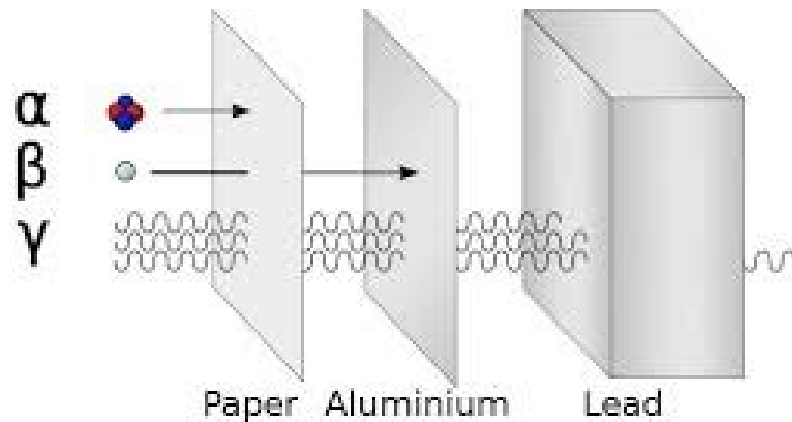
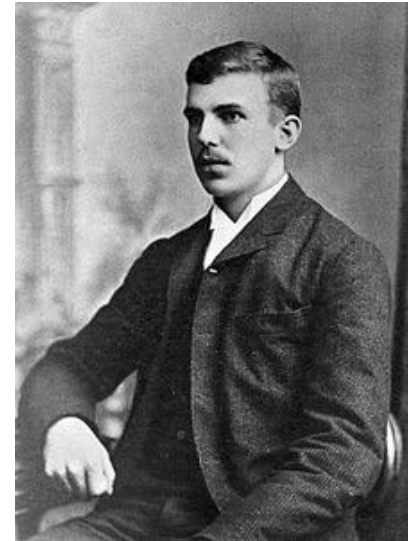
- Soddy: „Rutherforde, tohle je transmutace“
- Rutherford: „Proboha, nenazývej to transmutací. Nebo nám nechají setnout hlavy jako alchymistům“

- 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
- Objev Rn (radonová emanace) jakožto rozpadového produktu Ra (když Ra uzavřeno ve zkumavce, rostla významně radioaktivita, která opět klesla po jejím otevření); mnohé zdroje uvádějí špatného objevitele!



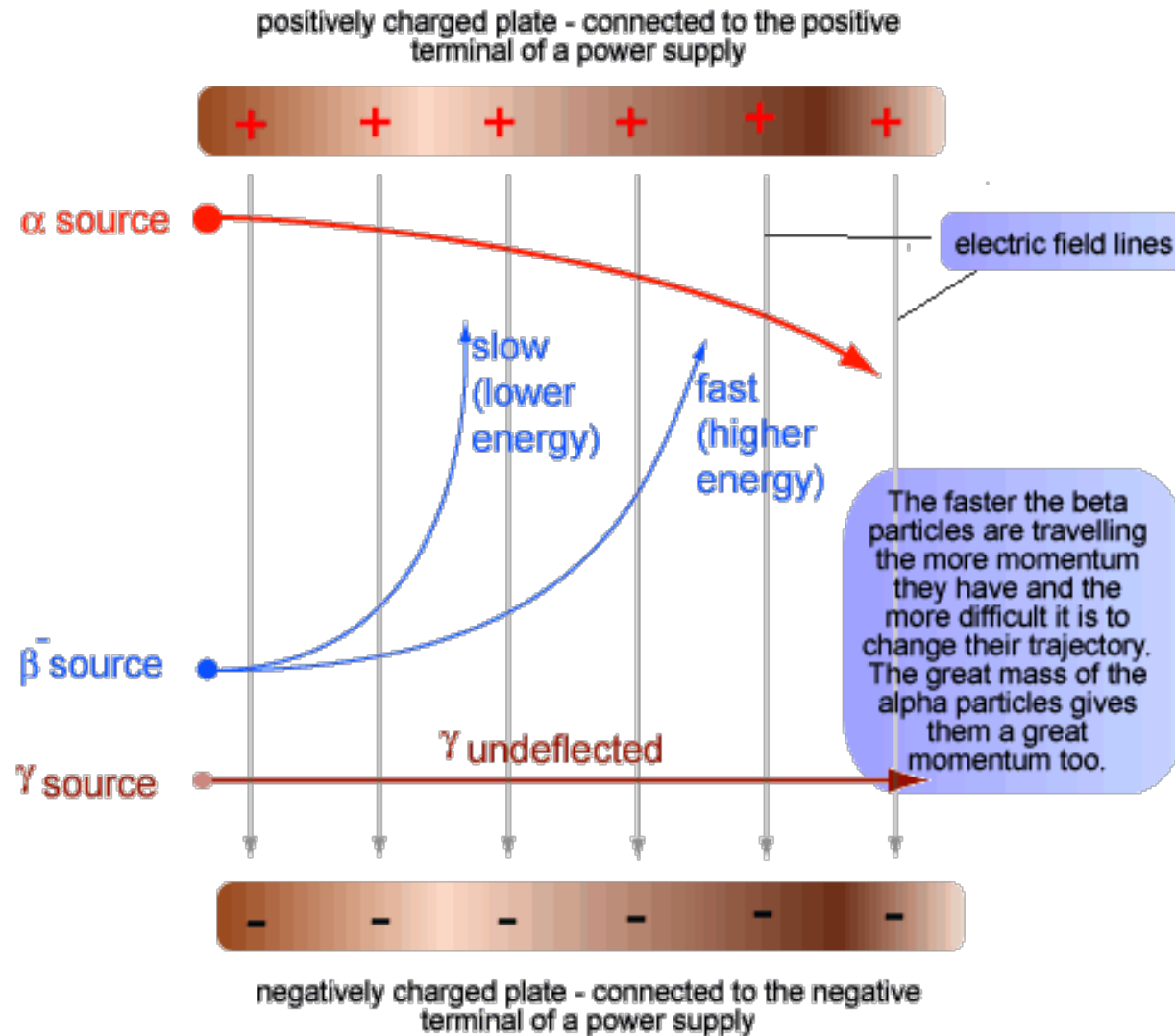
# Další mezníky: objev $p^+$ a $n^0$

- **Ernst Rutherford**, novozélandský fyzik, 1871 – 1937
- 1897/98 rozlišil podle pronikavosti dva druhy radioaktivního záření,
- snadněji absorbovatelné záření **alfa**
- a pronikavější záření **beta**.
- Zjistil odklon záření alfa a beta v magnetickém a elektrickém poli.





## Deflection of nuclear radiation by electric fields

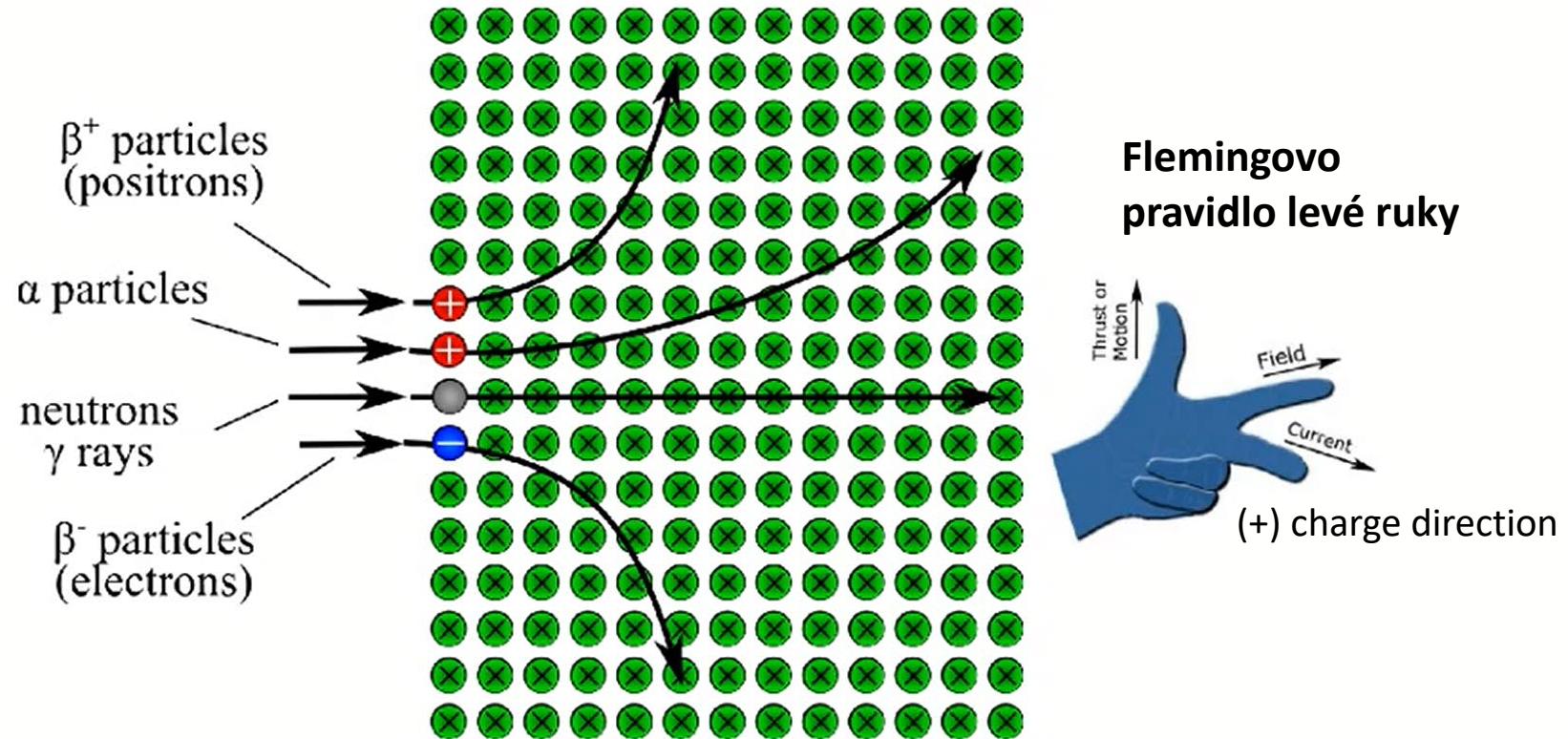


Cyberphysics - LOJ 2007

- Beta Particles in an electric field: Beta particles are attracted to the positively charged plate. This confirms that they are negatively charged.
- A beta- particle ( $\beta^-$ : a high-energy, fast-moving electron) has much less mass than an alpha particle (a helium nucleus) - it has mass of 1/7300 of an alpha particle. A typical velocity for an alpha particle is about 16 km/s, whereas the typical speed of a beta particle is about 270 km/s - about 17 times the speed. But despite the greater speed, the larger mass makes the alpha particle have a lot more momentum than the beta particle. Therefore, an alpha particle is deflected less than a beta particle in a given electric field because of its higher momentum.
- Beta particles are fast moving electrons with a very low mass and so have a high charge to mass density. They are deflected much more than the heavier alpha particles.
- Higher level: A positron ( $\beta^+$ ) would be deflected in a similar manner to the  $\beta^-$  particle but in the opposite direction because it has a positive charge.

# Deflection of Charged particles

In both magnetic and electric fields



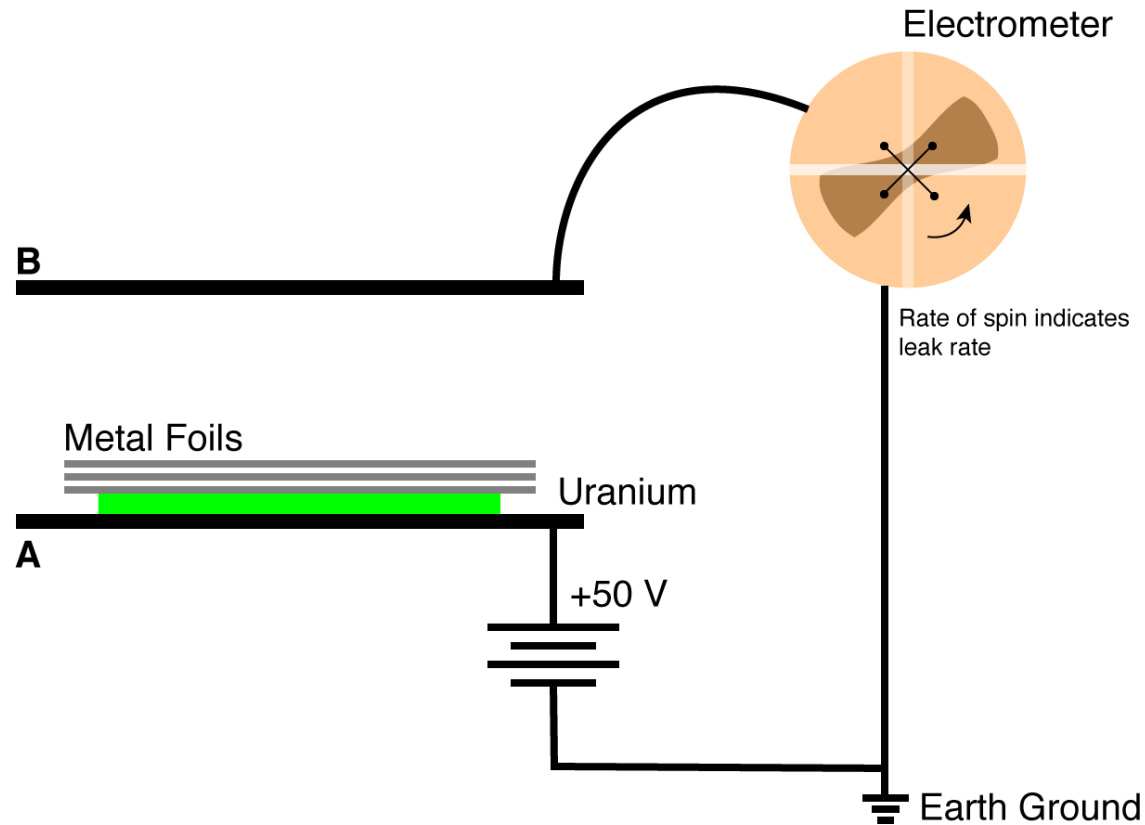
# Aurora borealis



Slunce (nepravidelnosti v jeho magnetickém poli) → vytváří sluneční skvrny → erupce částic (elektronů, protonů...) → sluneční vítr → interakce s magnetickým polem Země (které je nejsilnější v polárních oblastech) → stáčení el. nabitých částic po spirálách k zemské atmosféře → srážky s atomy kyslíku nebo dusíku (v horních vrstvách zemské atmosféry) → excitace nebo ionizace těchto atomů.



# Rutherford's Experiment to Understand $\beta$ -Rays



- This helped to confirm the work of Becquerel, showing that there were two components of the ionizing radiation
- While Becquerel's works suggested the existence of the two types of rays, there was still little understanding of their nature.

# Rutherford – tři druhy radioaktivního záření

V roce 1903 si uvědomil, že typ radiace objevený (ale nepojmenovaný) francouzským chemikem **Paulem Villardem** při pokusech s radiem v roce 1900, nemůže být alfa či beta zářením, protože je mnohem pronikavější → pojmenoval tento nový druh záření jako **paprsky gama**.



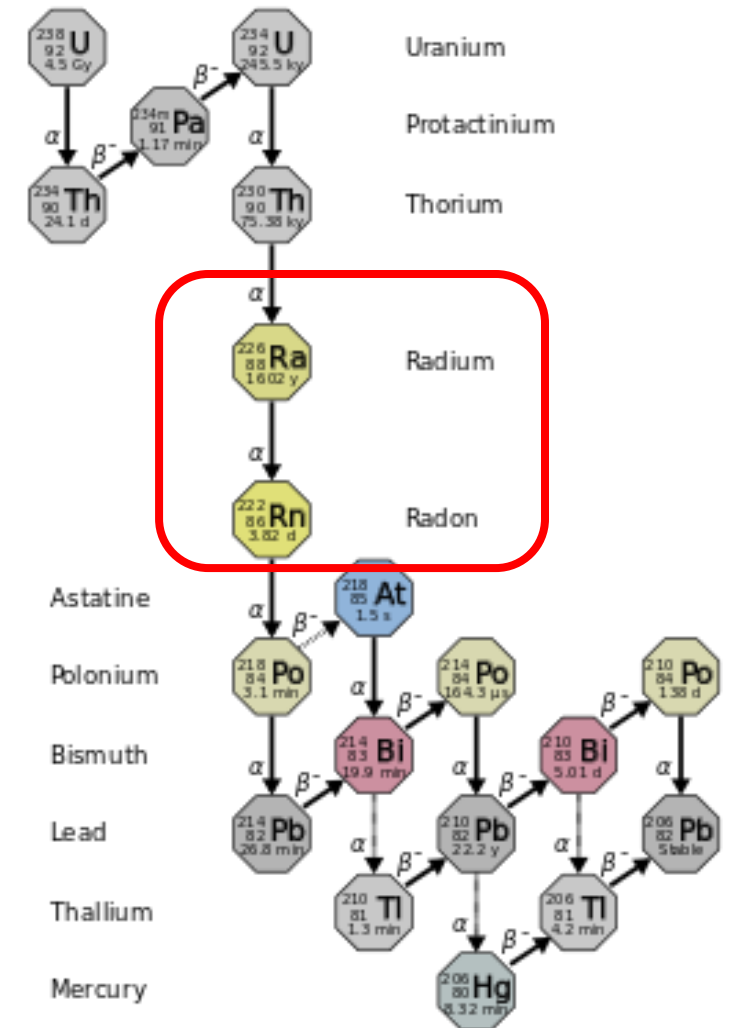
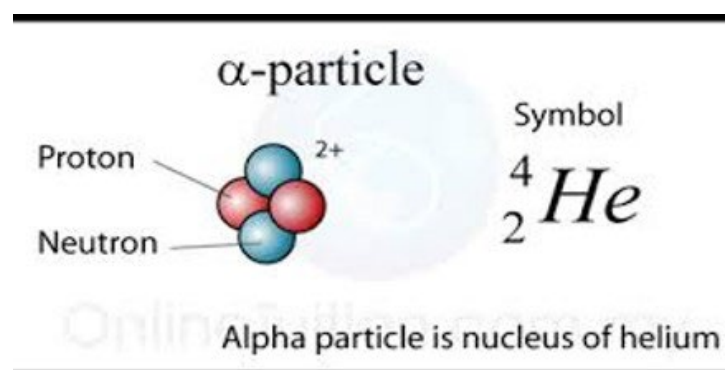
Paulem Villardem, studoval paprsky X

Decay Type	Radiation Emitted	Generic Equation	Model
Alpha decay	${}^4_2\alpha$	${}^A_ZX \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X' + \frac{4}{2}\alpha$	<p>Parent → Daughter + Alpha Particle</p>
Beta decay	${}^0_{-1}\beta$	${}^A_ZX \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}X' + {}^0_{-1}\beta$	<p>Parent → Daughter + Beta Particle</p>
Gamma emission	${}^0_0\gamma$	${}^A_ZX^{*} \xrightarrow{\text{Relaxation}} {}^A_ZX' + {}^0_0\gamma$	<p>Parent (excited nuclear state) → Daughter + Gamma ray</p>

- V roce 1900 Rutherford zjistil, že nej(radio)aktivnější prvek není samotné rádium, ale radioaktivní plyn vznikající v důsledku rozpadu rádia. Spolu s Fredericem Soddy přezkoumali vlastnosti tohoto plynu a zjistili, že se podobá vzácným plynům.

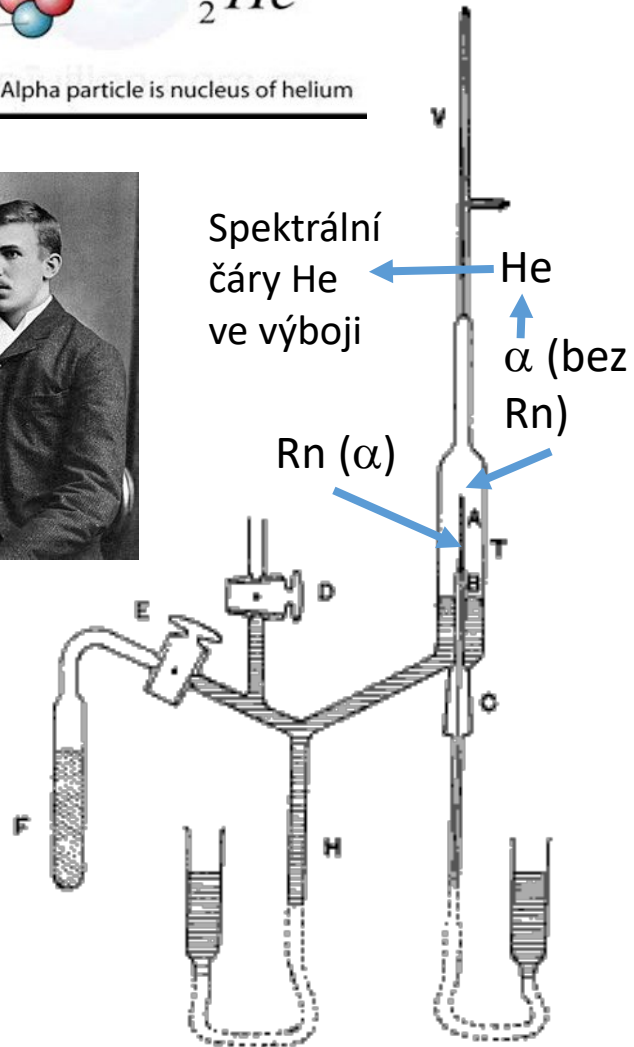
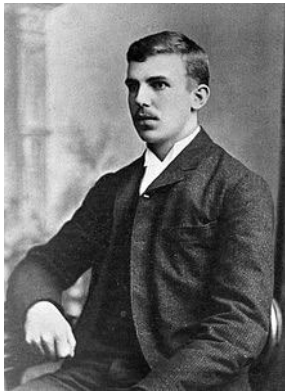
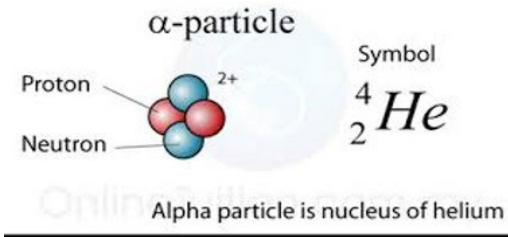
- **Tak byla poprvé objevena samovolná přeměna jednoho chemického prvku v jiný, a byl objeven nestálý prvek radon.**
- Když v roce 1904 William Ramsay a Frederic Soddy zpozorovali nápadný výskyt helia kolem radioaktivních sloučeninách rádia, domnívali se, **že helium se tvoří z rádia**.
- Spolu s **Thomasem Roydsem** provedli pokusy (1909), kterými určili, že hélium v okolí  $\alpha$ -zářičů vzniká z **alfa částic, jež představují jádra hélia**, tedy  ${}^4_2\text{He}^{2+}$

- Dále určil, že elektrický náboj alfa částice je **2+**.





# Záření alfa = jádra hélia



- Skleněnou trubičku (A) z tenkých stěn naplnili radonem, jako zdrojem částic alfa. Tloušťka stěn byla asi 0,01 mm, takže **většina částic alfa jimi prošla**.
- **Naopak atomy radonu s menší kinetickou energií stěnami difundovat nemohly**.
- Trubička A byla obklopena ještě širší trubicí (T), ke které přitavili výbojovou trubicí s elektrodami (V).
- **Částice alfa hromadící se v širší trubicí (případně ve rtuti) (T) se neutralizovaly (přijaly elektrony) na atomy helia**, které difundovaly do evakuovaného prostoru a po stlačení se přemístily do kapilární výbojové trubice (V).
- Po šesti dnech při elektrickém výboji **zjistili spektrální čáry helia**. Tím bylo dokázáno, že částice alfa jsou ionty, tj. jádra helia.

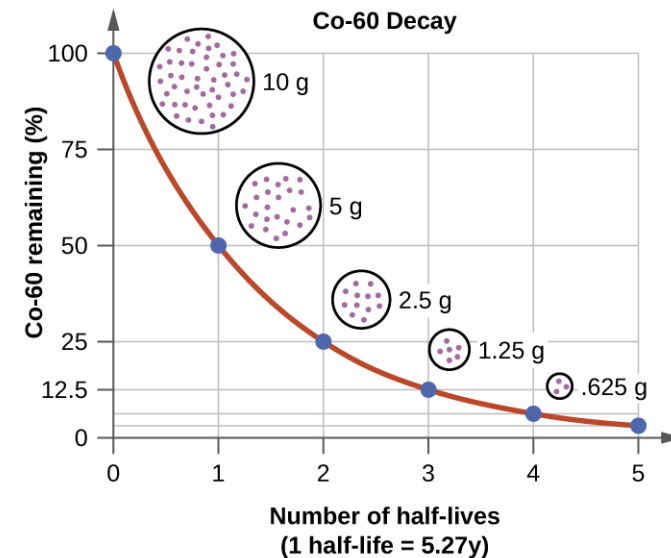
D – ventil pro napojení pumpy pro evakuaci trubice V

F – dřevěné uhlí pro dokončení evakuace trubice V (chlazené vzduchem)

H – zásobník rtuti – rtuť se přiváděla do trubice T až po spodek trubice A

# Rutherford: alpha-particles and radioactive decay half-time ( $T_m$ )

- *Alpha rays are in fact positively charged helium atoms that become true helium when they slow down and their charge is neutralised by picking up electrons.  
Beta rays were later shown to be made up of electrons, and gamma rays to have a shorter wavelength than X-rays.*
- with Frederick Soddy, he showed that over a period of time, half of the atoms of a radioactive substance could disintegrate. During the process the substance spontaneously transmuted to other elements. During radioactive decay, one kind of atom (radium) was ejecting another kind of atom (helium).

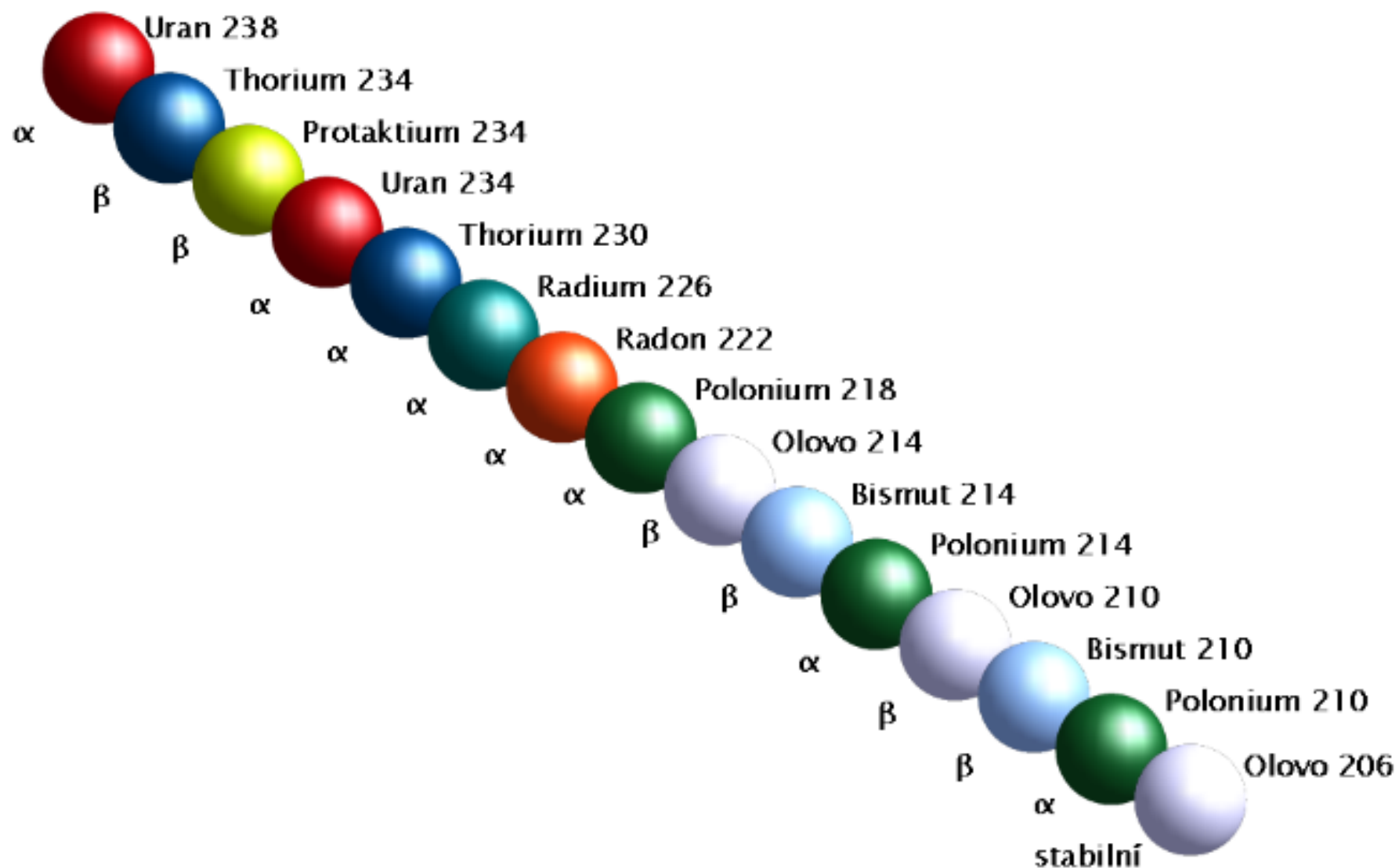


# Rutherford + Soddy

- 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**

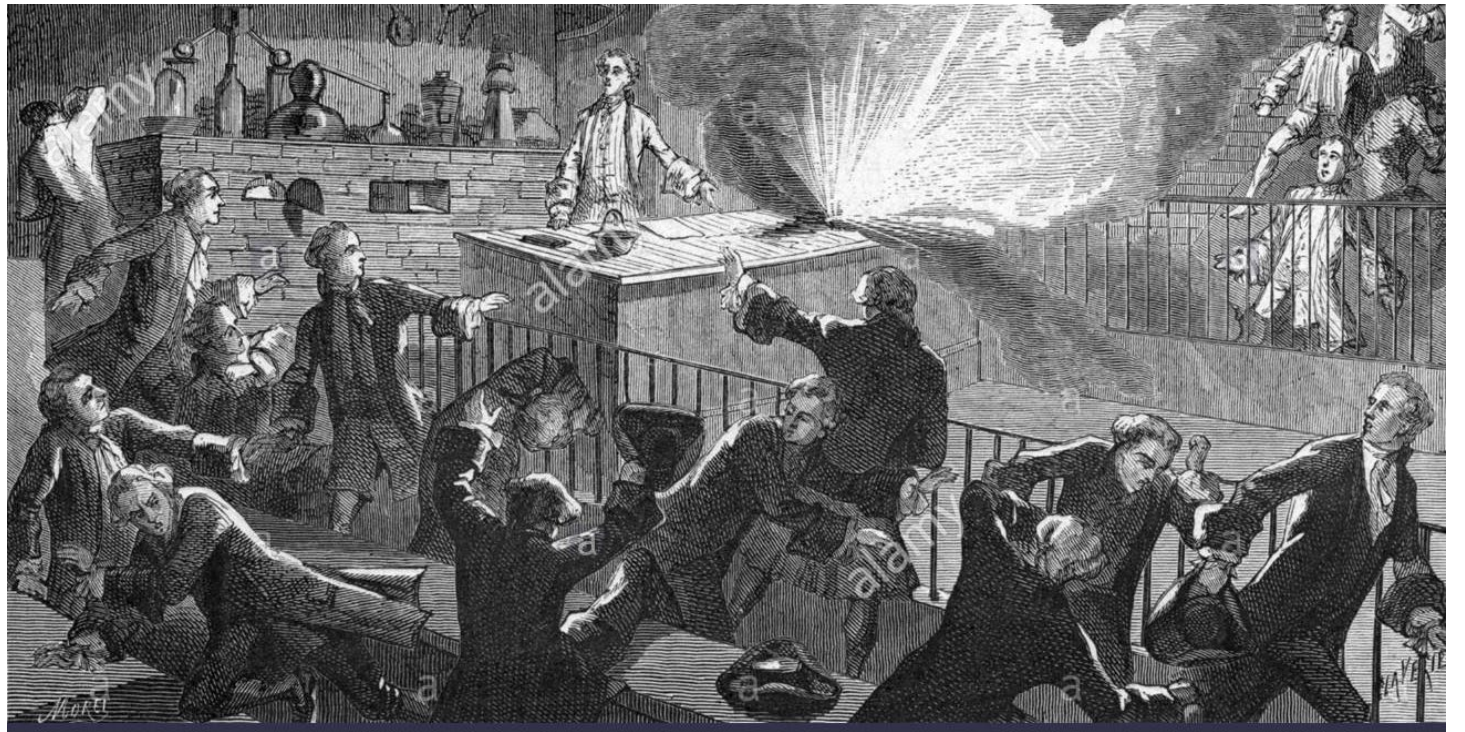


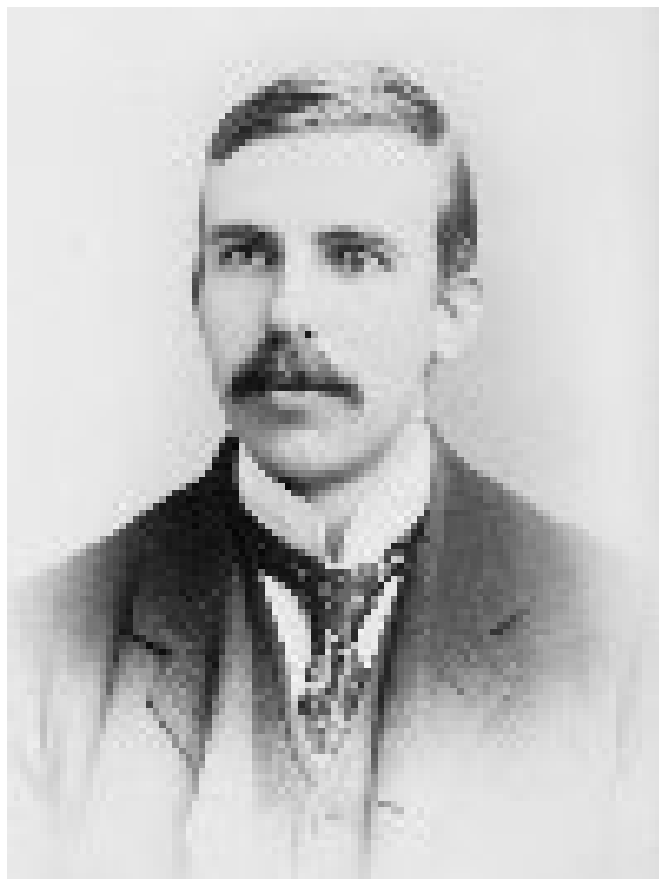
# Rozpad uranu 238



# RADIOAKTIVITA = energie uvolněná při přeměně prvků

- Svým způsobem tak Marie Curie a Rutherford rehabilitovali 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, kdyby chtěl.“





# OSVOBOZENÝ SVĚT

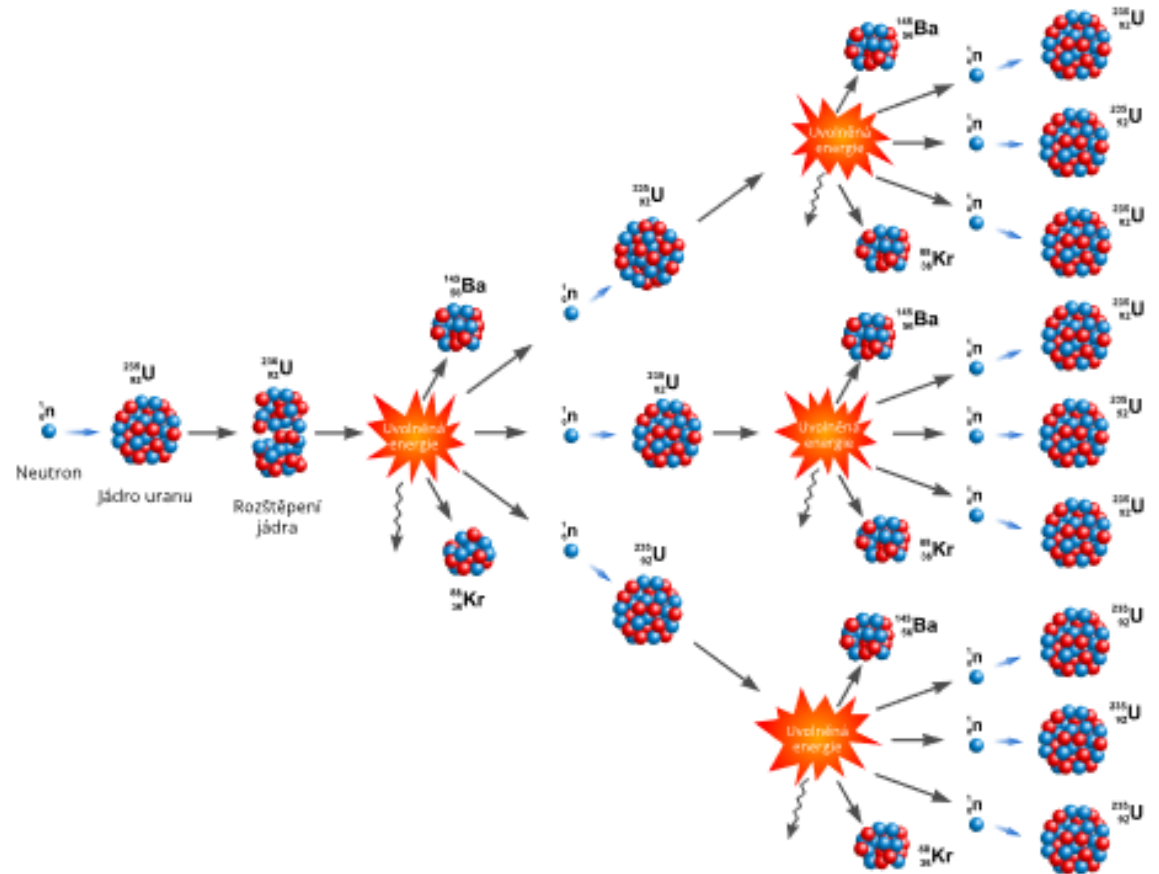
HERBERT GEORGE WELLS

Herbert George  
Wells (Sci Fi  
spisovatel):

- **1914:** – novela **Osvobozený svět**
- kde se lidé naučili ovládnout sílu atomové energie – rok 2036,
- věnoval knihu právě F. Soddymu.
- Poprvé se zde objevuje znepokojivý výraz – **ATOMOVÁ BOMBA**

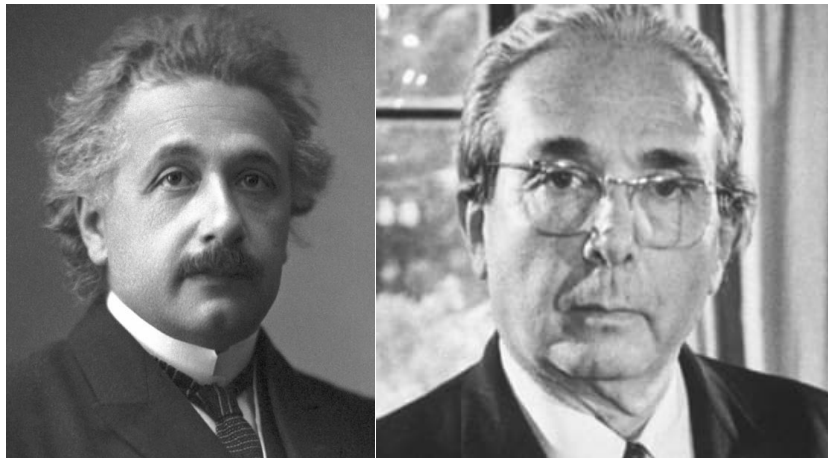
# Leo Szilard v kontextu událostí

1933 – Londýn, Leo Szilard – dočetl Osvobozený svět, což mu vniklo myšlenku – co kdyby šlo přimět atomy uvolnit energii v exponenciální kaskádě – myšlenka **ŘETĚZOVÉ REAKCE** (12. 9. 1933)



# Leo Szilard v kontextu událostí

- 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)





# Iréne Joliot-Curie: **umělá radioaktivita**

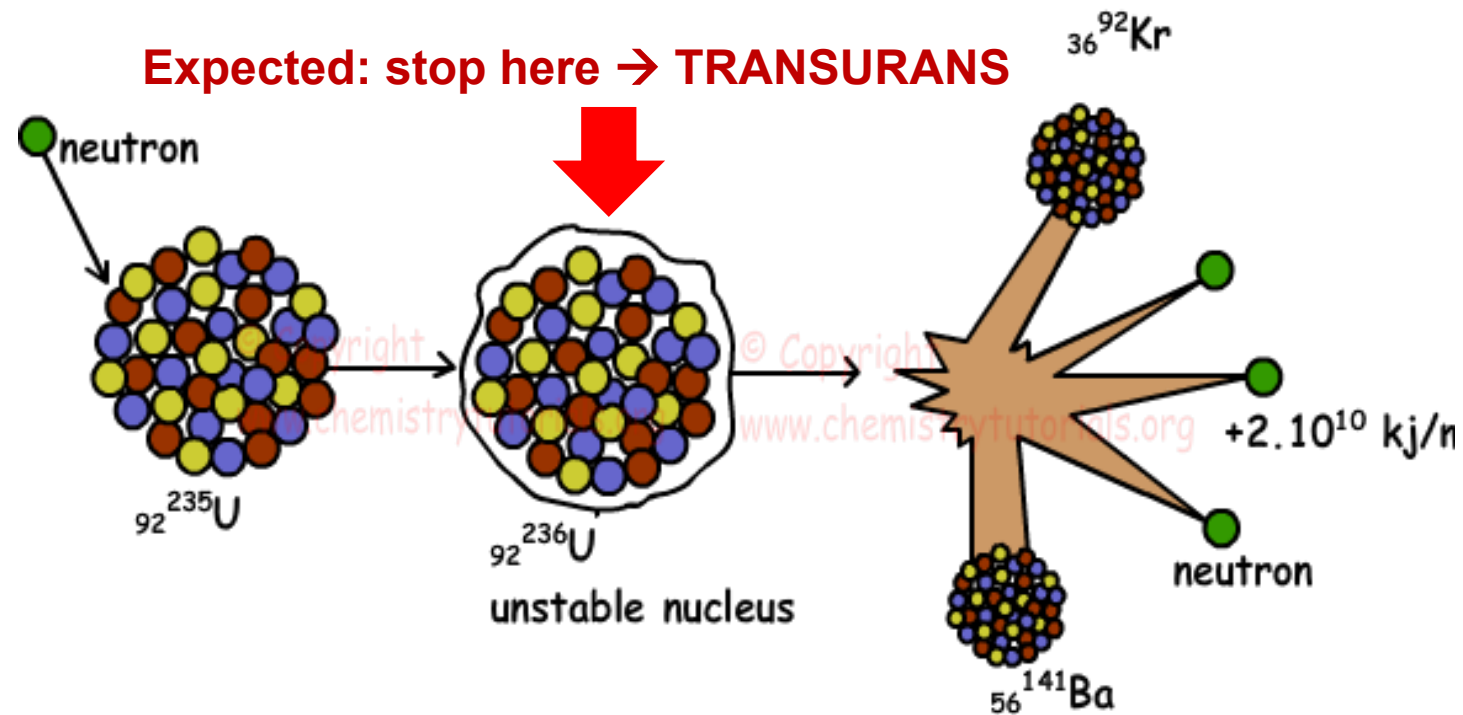
- Ve stopách svých rodičů dále pokračovala **Iréne Joliot-Curie s manželem Frédéricem**,
- Dokázali, že **neutrony mají o něco větší hmotnost než protony**.
- Při výzkumu neutronů **ostřelovali atomy** hliníku, hořčíku a boru **částicemi  $\alpha$**  (kladně nabitá jádra helia)
- Zjistili, že **tyto prvky, PŮVODNĚ NERADIOAKTIVNÍ, 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** (navíc k přirozeným řadám - uranové, thoriové a aktiniové). 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.



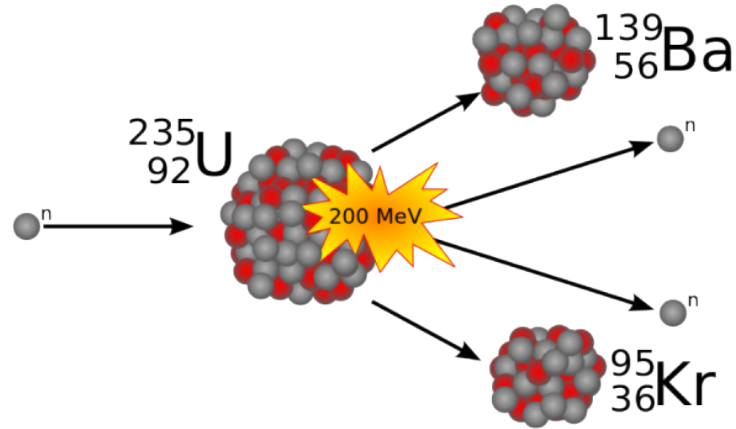


# Otto Hahn & Lise Meitner

- **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** (židovka, dlouho pracovala s O.H., ale po anexi Rakouska musela uprchnout z Německa)

# Lise Meintnerová

(1878 Vídeň –1968 Cambridge)

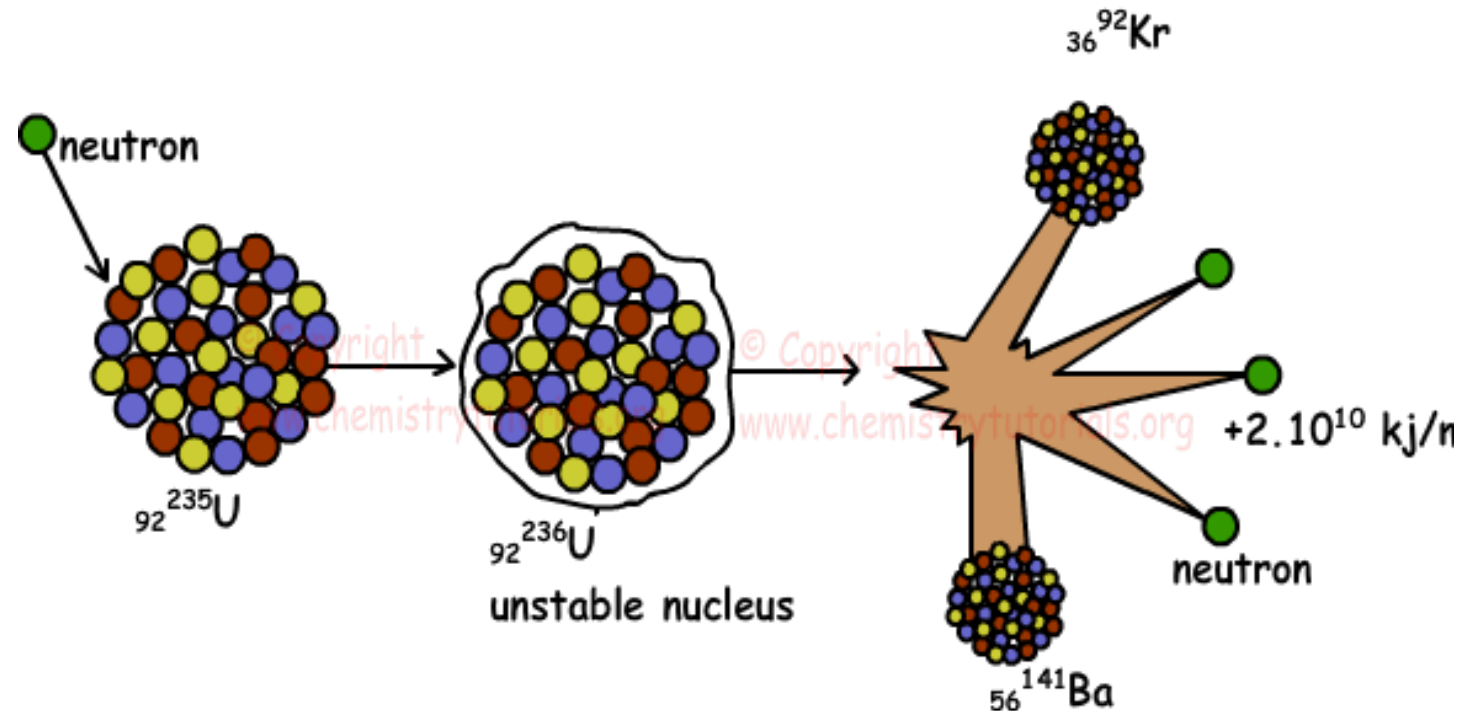


- Zjistila, čeho Otto Hahn dosáhl → **rozštěpil atom uranu**
- To do té doby bylo považováno za nemožné
- **Štěpí se pouze  $^{235}\text{U}$**  (92 protonů, 143 neutronů)



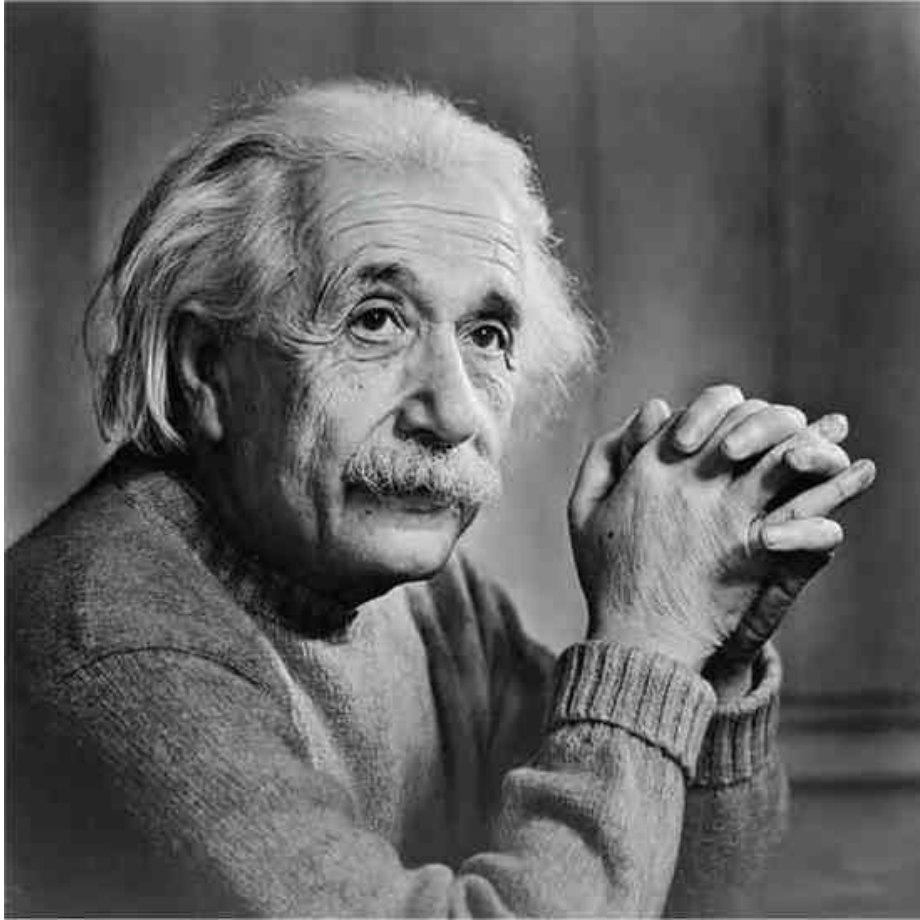
- **Silná jaderná síla** – nejsilnější síla ve vesmíru, drží pohromadě atomová jádra
- **Přesto je jádro uranu tak nestabilní, že pronikne-li do něj další neutron, štěpí se**

- 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)





# 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**
- **→ PROJECT MANHATTAN**



Albert Einstein  
Old Grove Rd.  
Nassau Point  
Peconic, Long Island

August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,  
President of the United States,  
White House  
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,

*A. Einstein*  
(Albert Einstein)



**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 povoláni 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"

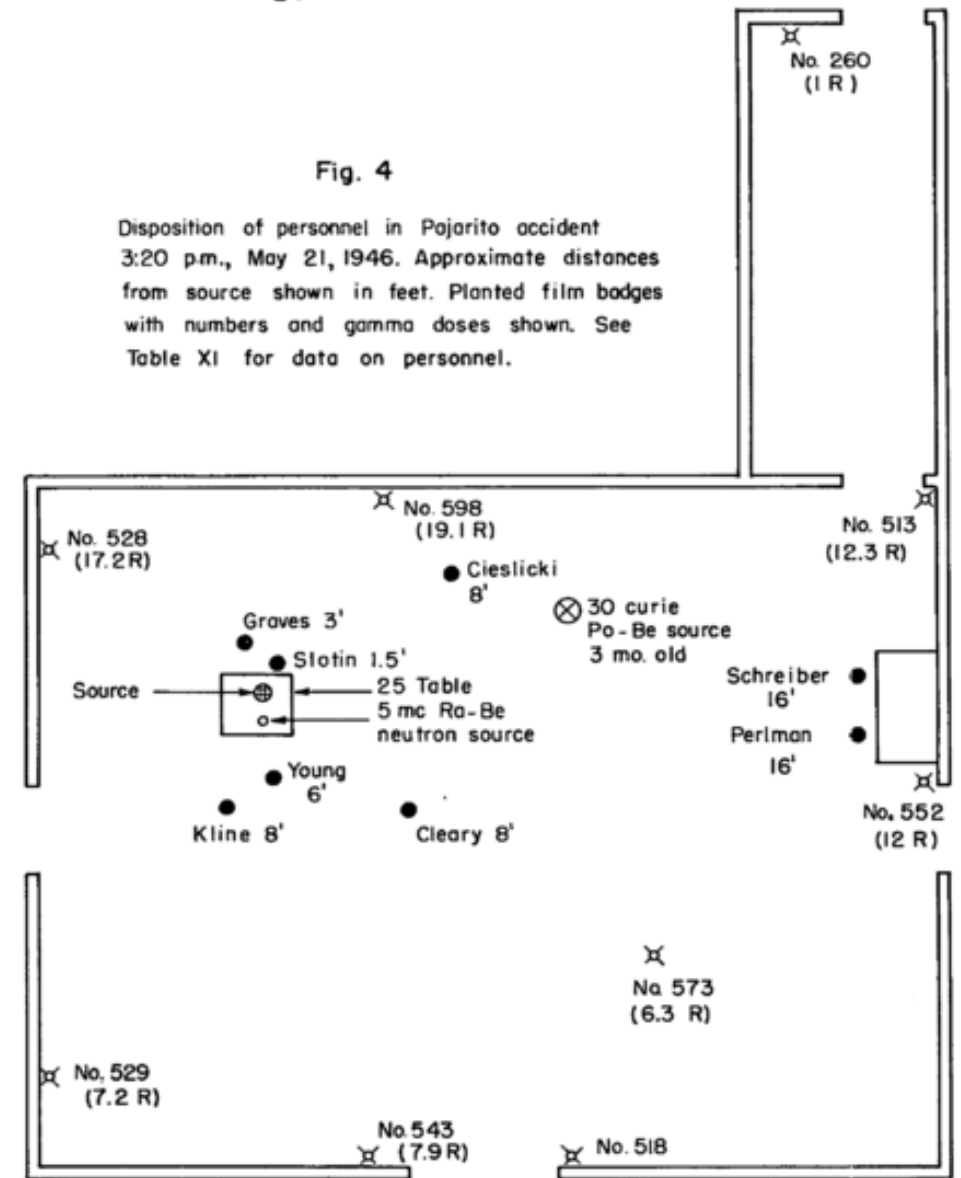
- Na projektu se podílel i mladý vědec **Louis Slotin**. Již předtím pracoval na stavbě prvního funkčního jaderného reaktoru
- Hledání kritického množství jaderného materiálu a studování reakcí přibližováním hemisfér s podkritickým množstvím k sobě s pomocí šroubováku



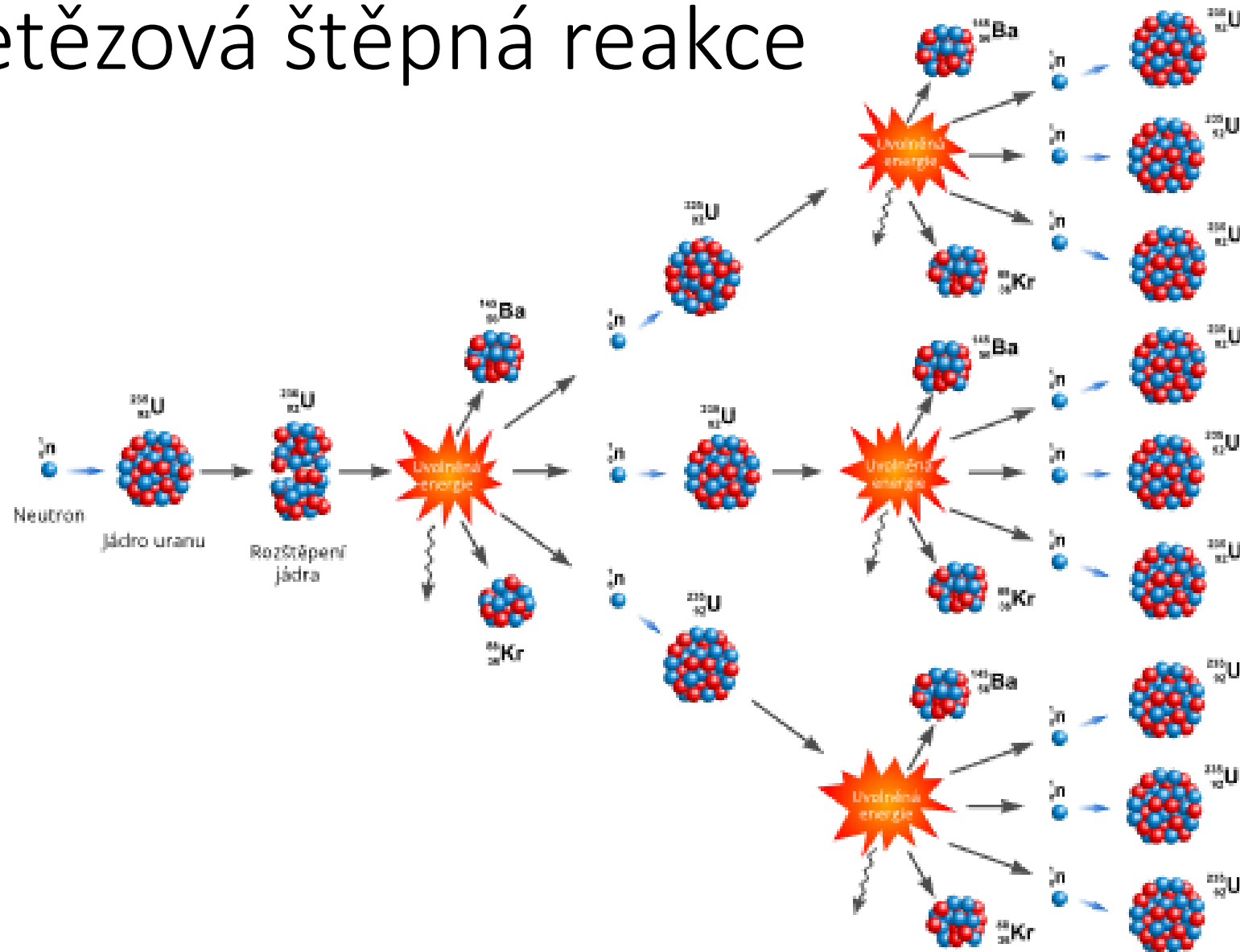
# Louis Slotin

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

- 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
- 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.



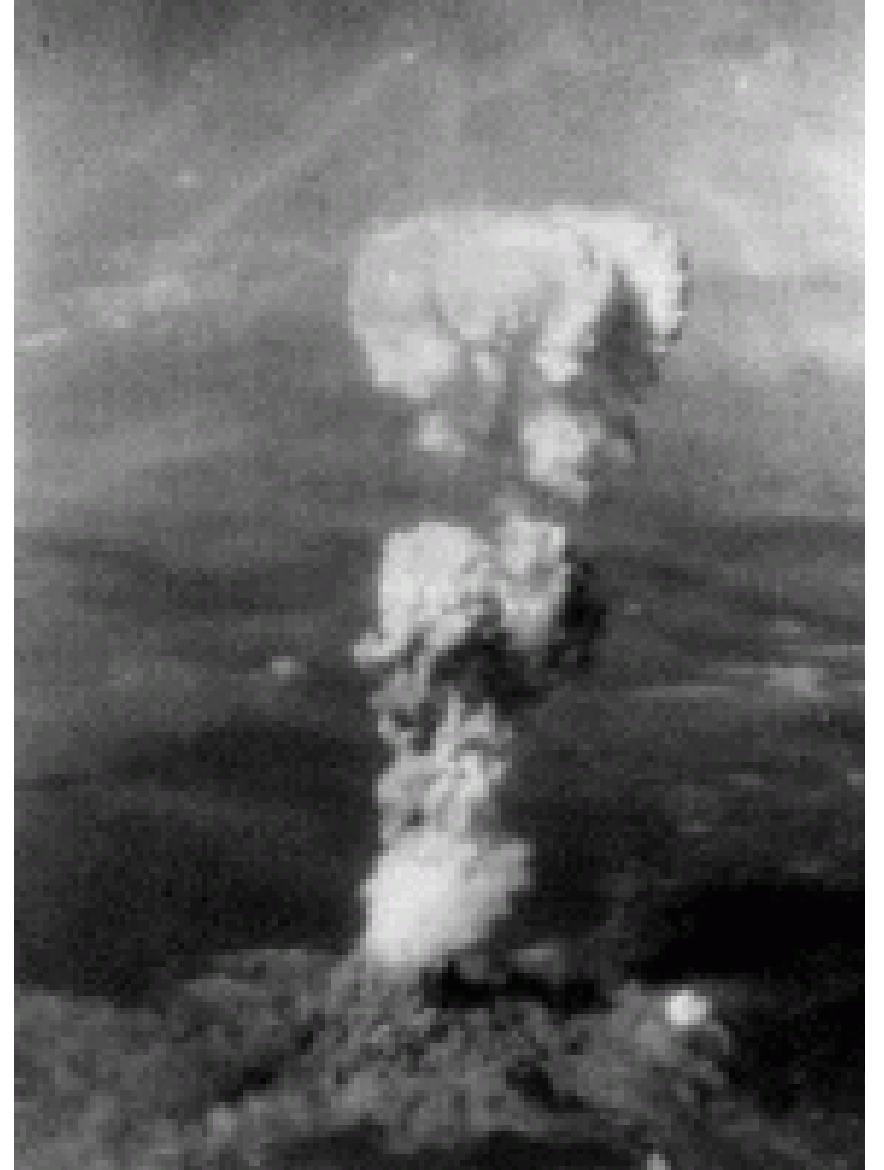
# Řetězová štěpná reakce



# Einstein: A Security Risk

---

- In July 1940, the U.S. Army Intelligence office denied Einstein the security clearance needed to work on the Manhattan Project. The hundreds of scientists on the project were forbidden from consulting with Einstein, because the left-leaning political activist was deemed a potential security risk.
- "Woe is me."—Albert Einstein, upon hearing the news of the Hiroshima bombing





# ŘEČTÍ FILOSOFOVÉ

Vše je dělitelné do nekonečna



earth



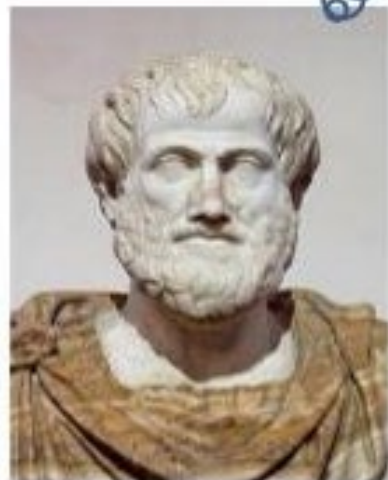
water



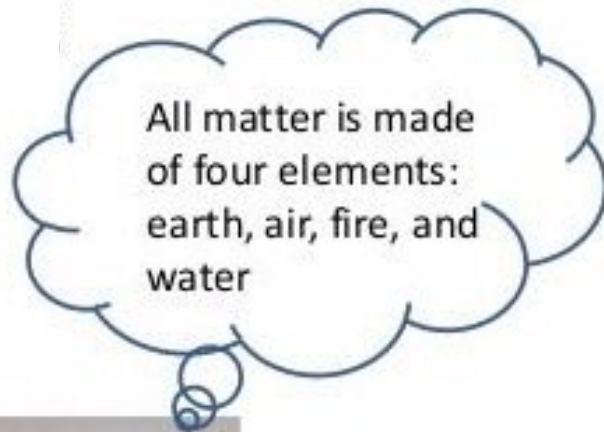
air



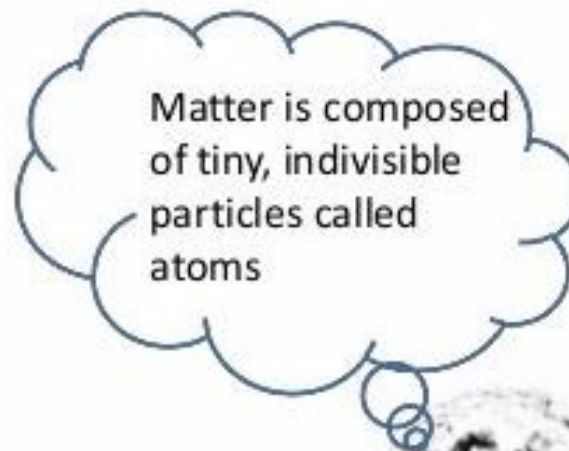
fire



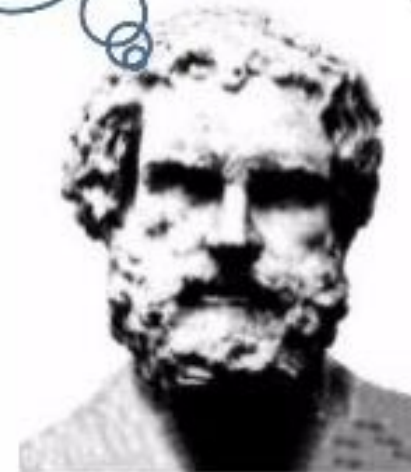
Aristotle



Leukippos + Démokritos



ATOM



Democritus

versus