

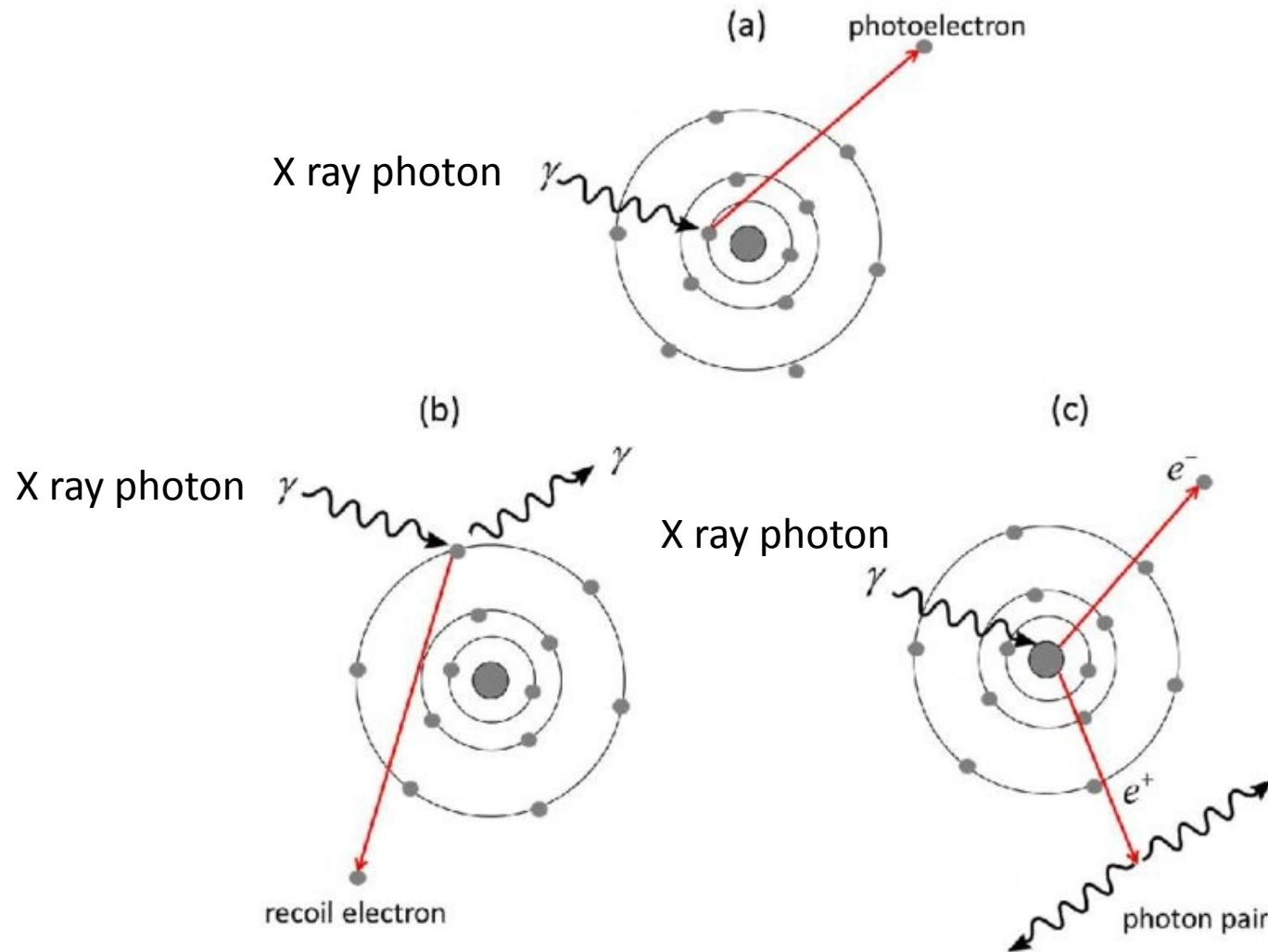
Radiační biofyzika ~ radiobiologie

Přednáška 2

2022



INTERAKCE RTG záření s hmotou



Possible X-ray photon interaction processes with the matter:

- (a) photoelectric absorption (fotoefekt);
- (b) Compton scattering;
- (c) pair production.

INTERAKCE RTG záření s hmotou

- RTG záření integruje s atomy tkáně dvěma procesy: **fotoefekt** a **Comptonův rozptyl** (tvorba *elektron-pozitronových párů* zde nenastává vzhledem k nízké energii fotonů).
- Oba tyto procesy se podílejí na rozdílné absorpci záření v jednotlivých tkáních v závislosti na tloušťce, hustotě látky a protonovém čísle atomů.
- Právě na této rozdílné absorpci RTG záření v různých tkáních jakož i jejich fyziologických či patologických stavech je založena RTG diagnostika.

Vlastnosti RTG záření (paprsky X)

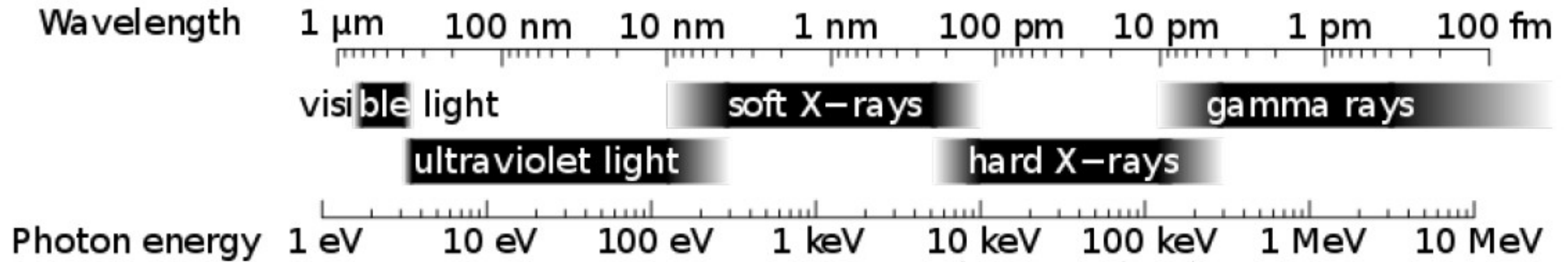
- RTG záření je pronikavé elektromagnetické záření o velmi krátkých vlnových délkách 10^{-11} m to 10^{-8} m (0.01 – 10 nm) a vysokých frekvencích.
- prochází hmotou i vakuem, jeho intenzita **slábne se čtvercem vzdálenosti** od zdroje
- šíří se přímočaře
- **má ionizační účinky** (což znamená, že množství energie, které nese, stačí na uvolnění elektronu z atomu).

Efekty RTG záření:

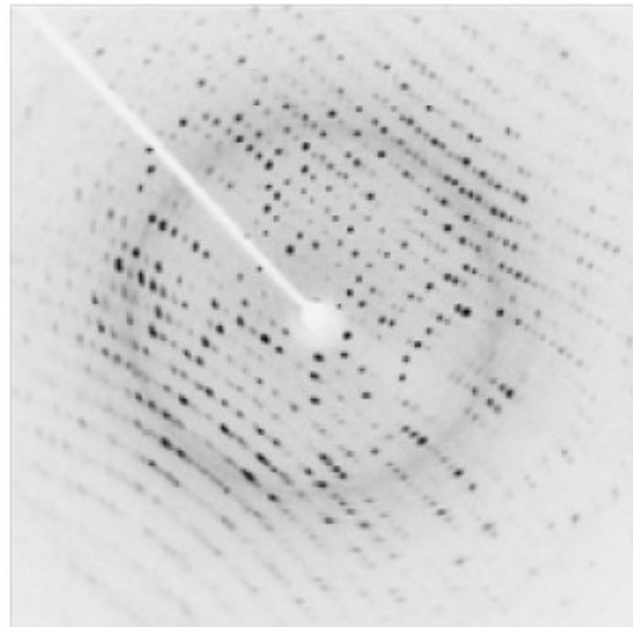
- **Luminiscenční efekt.** Rentgenové záření má schopnost přeměnit se na viditelné záření, ale pouze při interakci s určitými látkami.
- **Fotochemický efekt.** Působením RTG záření na fotografický materiál dochází ke změnám v jeho chemickém složení.
- **Ionizační efekt.** Energie, kterou rentgenové záření nese, je postačující k ionizaci atomů nebo molekul ozářené látky. To znamená, že při působení na elektricky neutrální atomy se z nich stávají elektricky nabitě ionty.

Měkké a tvrdé RTG záření

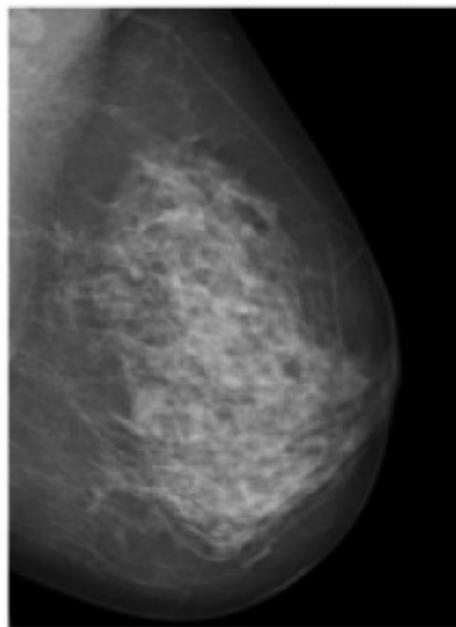
- Roentgenovy trubice mohou být vyčerpány buď více nebo poněkud méně
- v prvním případě **(vysoké vakuum) vzniká tvrdé RTG** záření (<0.1 nm)
- v druhém případě **(nižší vakuum) měkké RTG** záření (>0.1 nm)
- **Měkké RTG trubice**: vydávají paprsky, které jsou hustými tělesy snadno pohlcovány, tak že dávají např. obrázky ruky velmi pěkné, s ostře vyznačenými rozdíly mezi kostmi a masem
- **tvrdé RTG trubice**: vysílají paprsky, které jsou poměrně málo pohlcovány a proto nejsou obrazy lidského těla příliš zřetelné



X-ray crystallography



Mammography



Medical CT



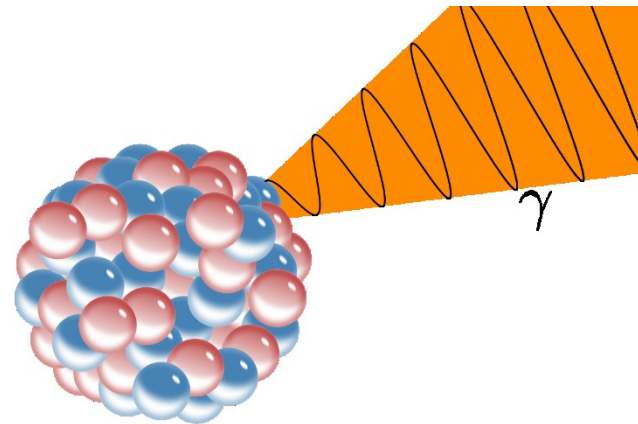
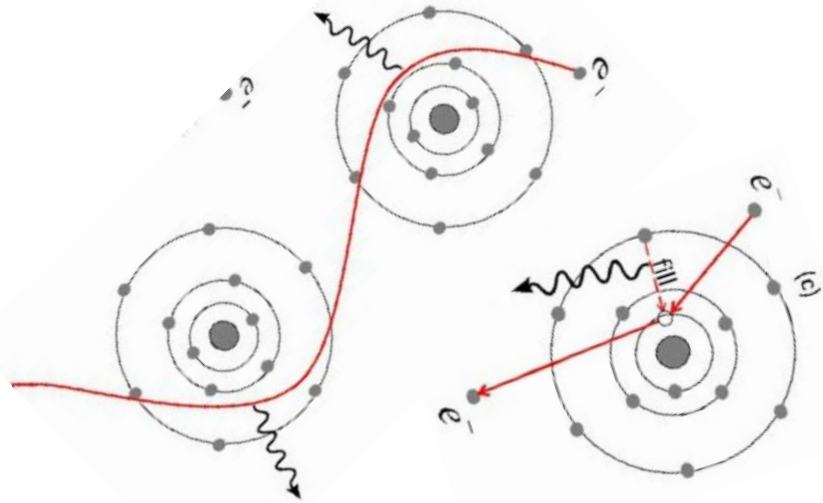
Airport security



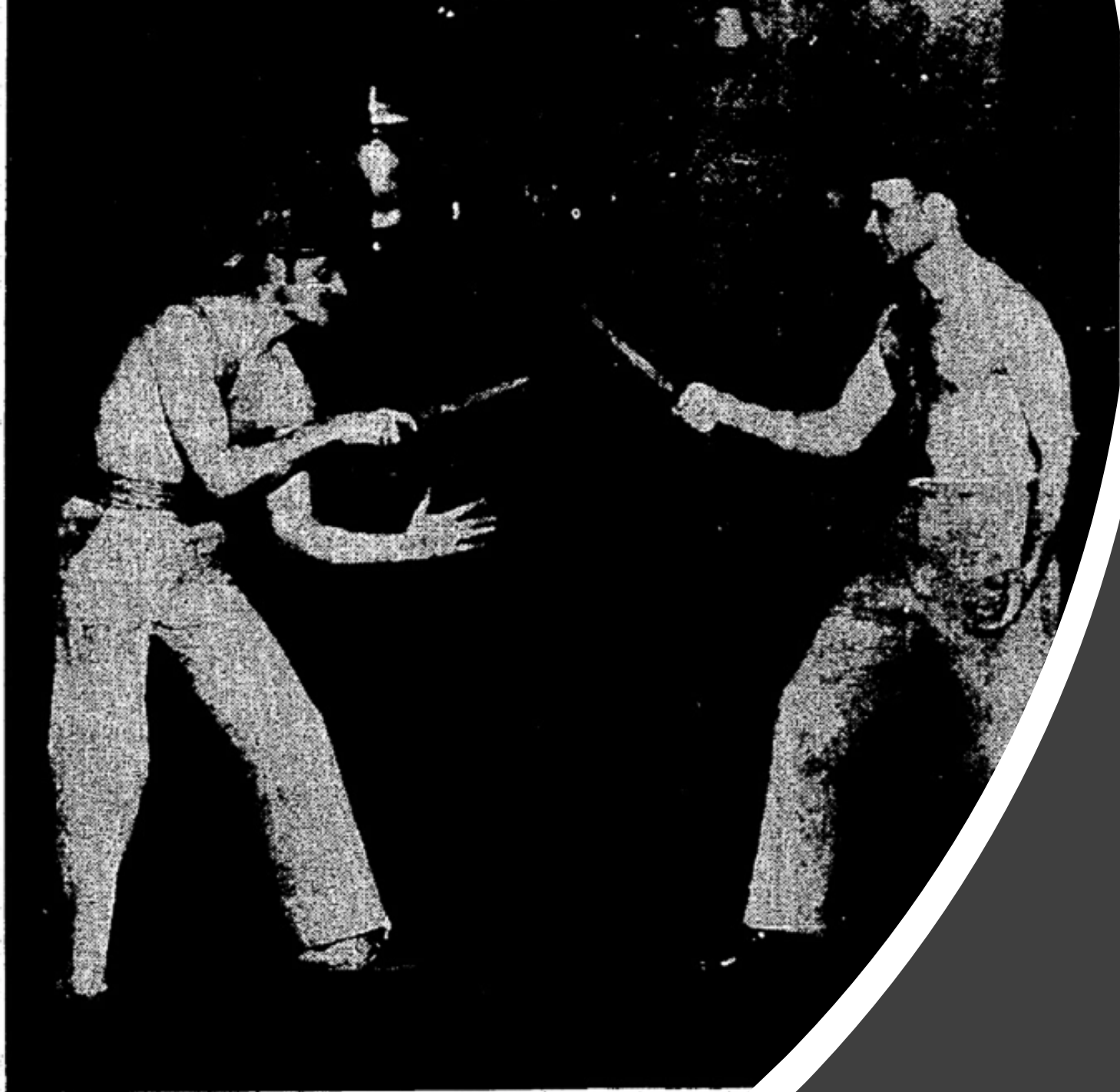
Tvrdé záření RTG vs. záření gama

- Vlnové délky nejenergičtější části RTG záření se částečně překrývají s vlnovými délkami [záření gama](#). RTG a gama záření není rozlišováno podle energie (častá chyba vyučovaná na středních školách)
- **Rozlišujeme je však podle původu:**
- RTG: vzniká v elektronovém obalu atomu (excitace/ionizace → deexcitace s emisí RTG fotonu),
- záření gama: vzniká následkem deexcitace atomového jádra

X



γ



PRVNÍ LÉKAŘSKÁ APLIKACE RTG

- Lancet, 23. ledna 1896
- Roentgenovy paprsky použity pro detekci úlomku nože v páteři opilého námořníka, který byl po rvačce díky tomuto zranění paralyzován, dokud mu nebyl úlomek vyjmut.
- Poté se RTG diagnostika prudce rozvíjí jak v Evropě tak USA

Just Months After Its Discovery, the X-Ray Was in Used in War

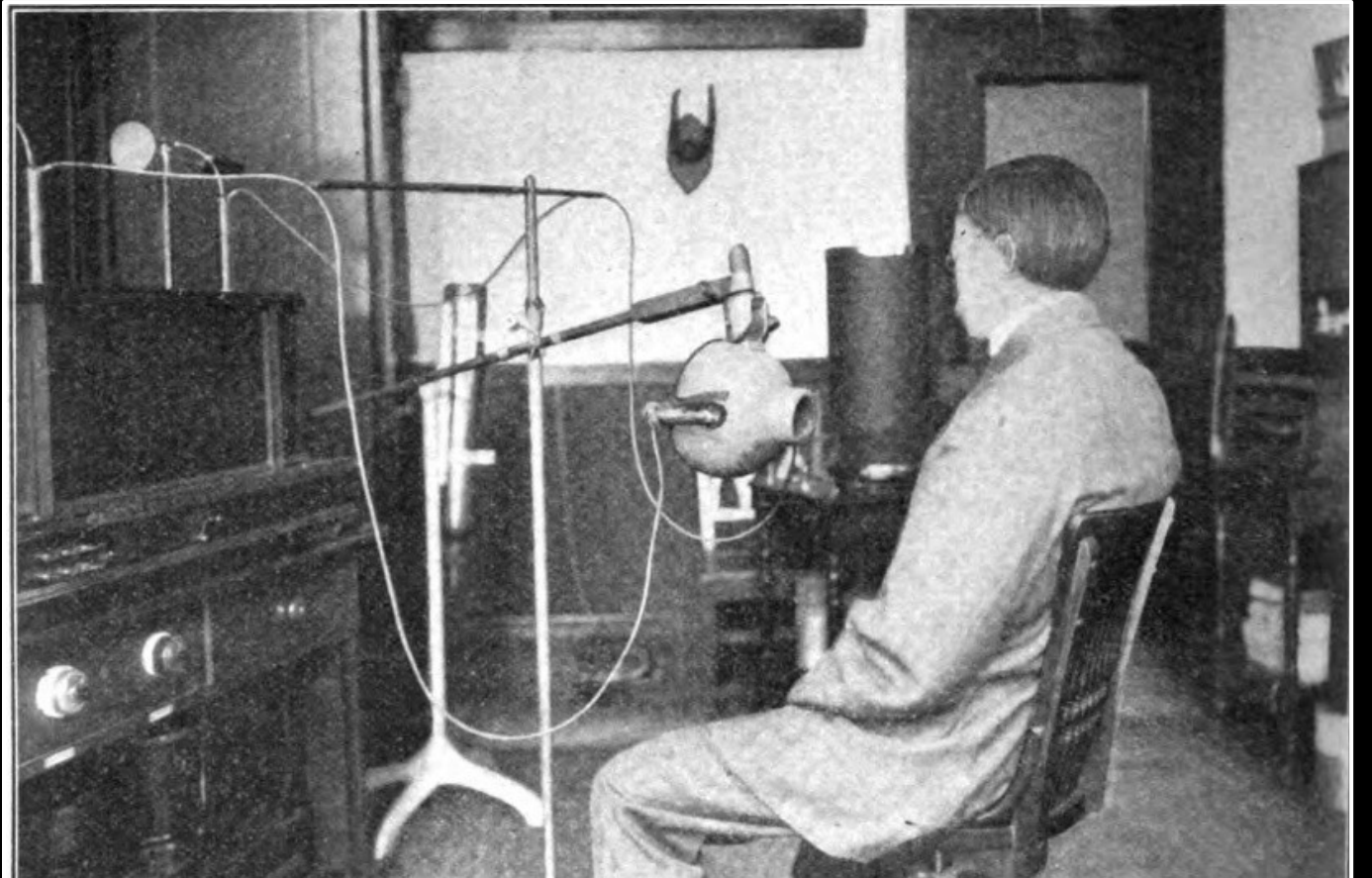


A technician takes **an X-ray fluoroscope** of a female patient. Fluoroscope exams delivered much more radiation exposures than modern X-rays. (National Cancer Institute, public domain)

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

Radiační biofyzika 2

Objev přirozené radioaktivity a další vývoj

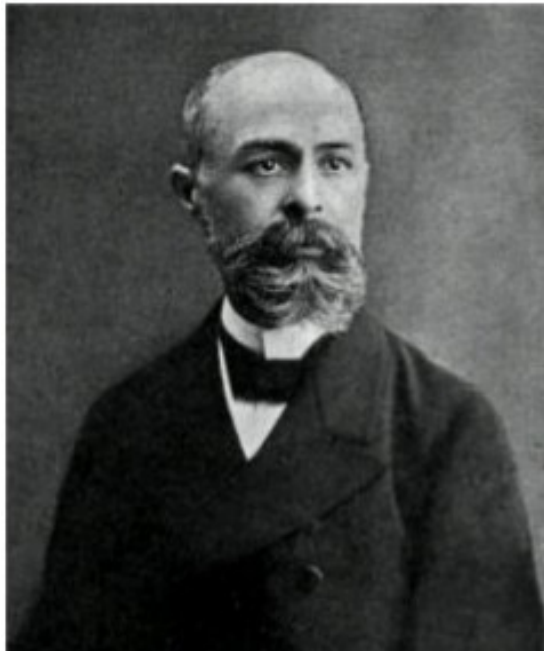
Martin Falk, falk-at-ibp.cz, Biofyzikální ústav AVČR, Brno



10. května 1896, Antoine Henri Becquerel

Objev přirozené radioaktivity

(1852/12/15 - 1908/08/25)



Antoine Henri Becquerel



Inspirace pro Becquerelův objev

1. FASCINACE OBJEVEM „MAGICKÝCH“ PAPRSKŮ X

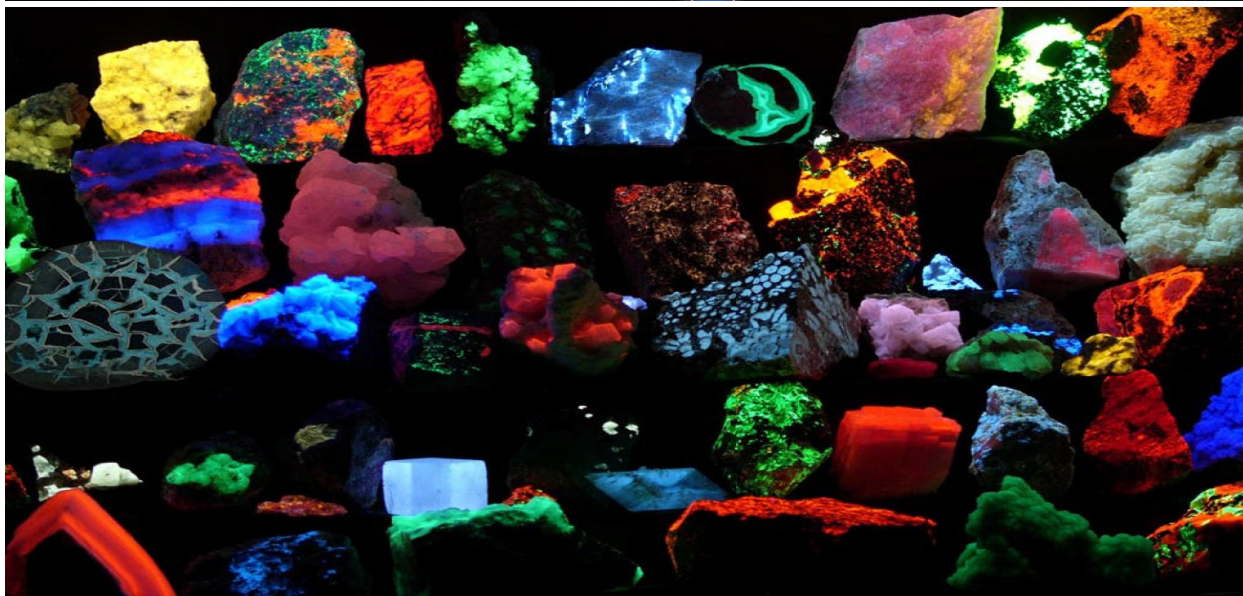
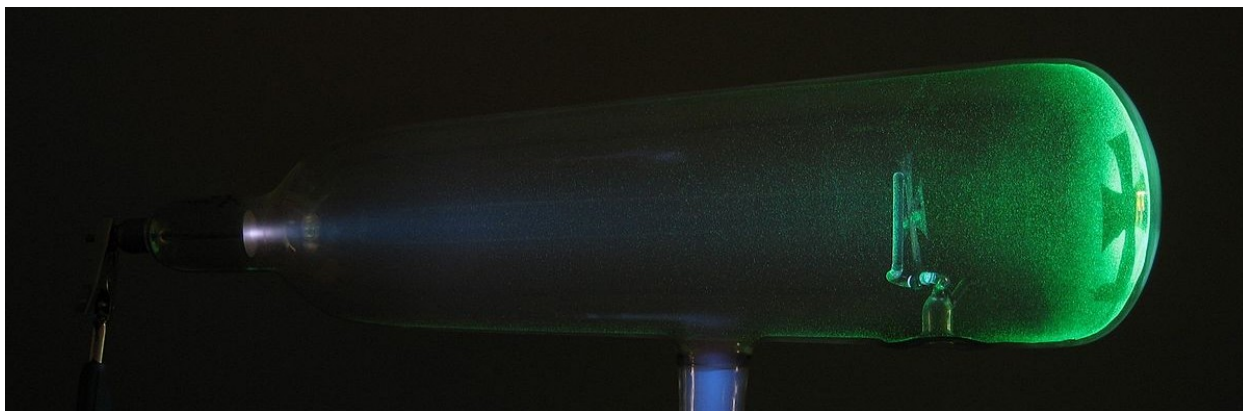
- Wilhelm Conrad Röntgen krátce předtím zjistil, že záření vznikající při průchodu elektronů vakuovou trubicí dokáže pronikat pevnými látkami a zanechávat stopy na fotografické desce, stejně jako obyčejné světlo. Snímek kostí ruky i s kovovým prstenem jeho manželky obletěl svět a uvedl vědce do varu. 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 a přítele jeho otce Henriho Poincarého o Röntgenových pokusech s katodovými paprsky.



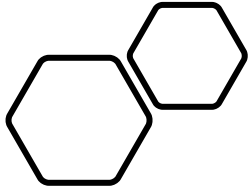
Další inspirace pro Becquerelův objev

EXPERIMENTY světélkování látek ve slunečním světle JEHO OTCE.

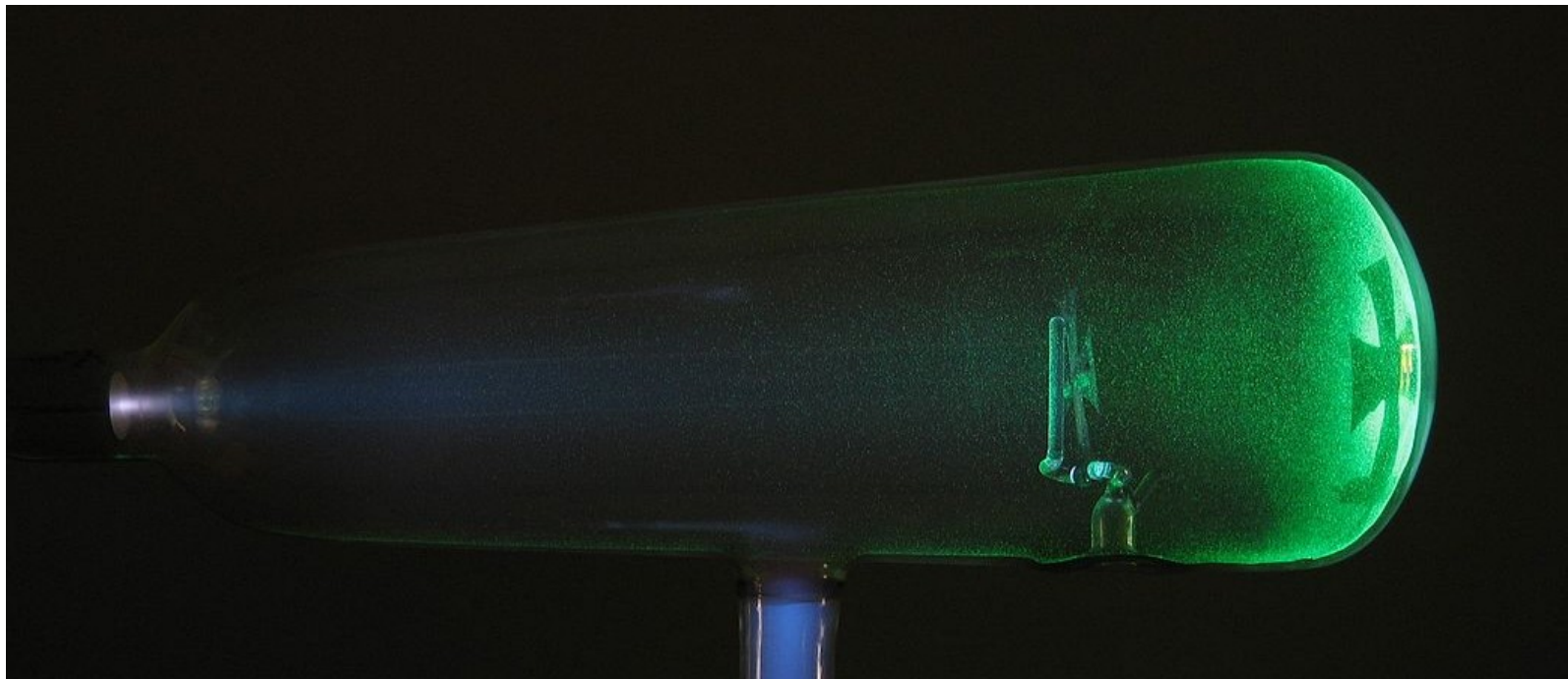
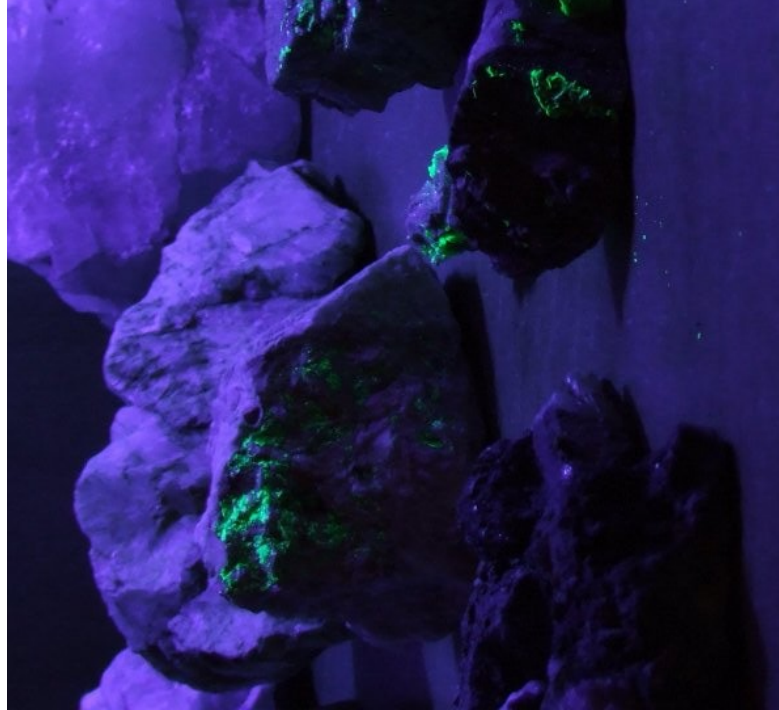
(otcem H.B. byl Alexandre Edmond Becquerel, 1820-1891, též významný fyzik)



Becquerel learned that in Roentgen's tubes the X rays arose from the fluorescent spot where a beam of cathode rays played on the glass wall. Thus a natural, if perhaps not plausible, inference arose that the visible light and invisible X rays might be produced by the same mechanism and that X rays might accompany all luminescence.



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

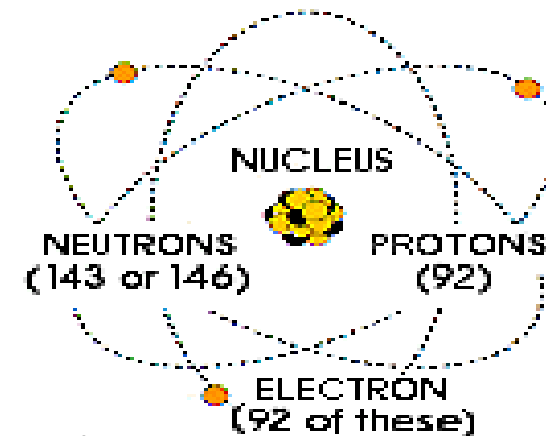


URAN –

Roku 1789 objevil německý chemik a lékárník **Martin Heinrich Klaproth** novou rudu. Vymyslel si pro ni název uran podle planety, objevené právě v tomto desetiletí.

- **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



Izolace URANU

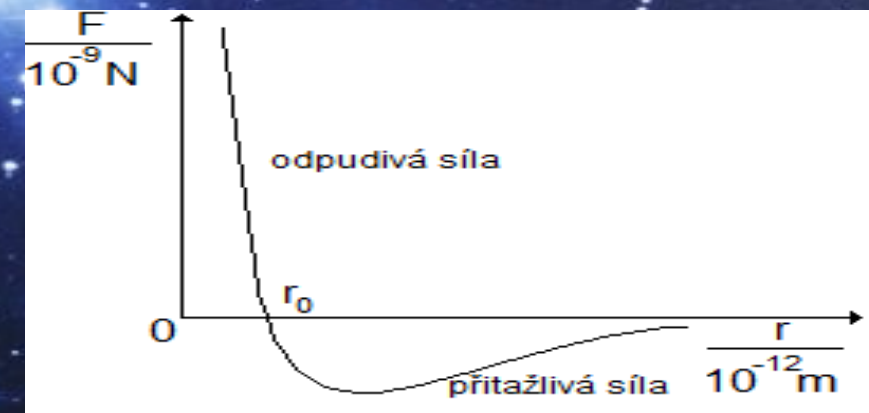
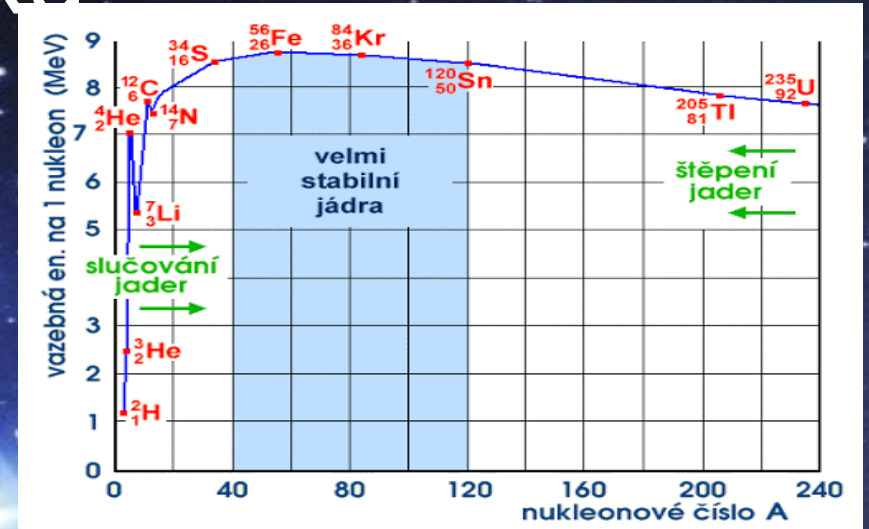


- Eugène-Melchior Péligot (1811–1890, Paříž)
- francouzský chemik
- 1841 jako první izoloval uran a použil termín „uranyl“ (pro označení žlutých solí uranu).
- Uran začal být zajímavý pro barvení skla, stále však trpělivě čekal, až přijde jeho čas...

OBROVSKÁ ENERGIE URANU

→ Vznik lehkých a těžších prvků

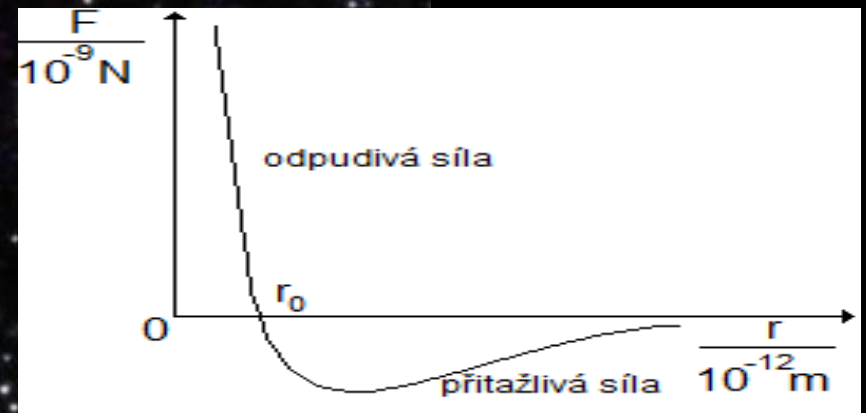
- **H, He, (Li)** – prvotní nukleogeneze (celý vesmír do cca. 3 vteřin po velkém třesku) + jaderná fúze v prvních hvězdách
- **Li, Be, B**: specifický vznik v mezihvězdném prostoru (interakce produktů supernov s kosmickým zářením?)
- **Těžší prvky až po železo**: Obrovský tlak hmoty zažehl v nitrech 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)



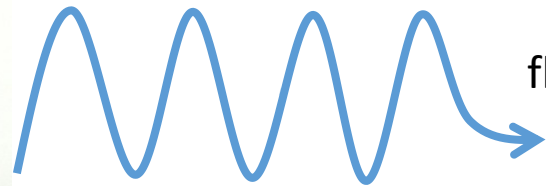
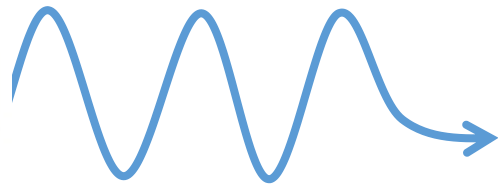
Před 4.5 mld let – vznik Země
z hmoty, jež obsahuje uran
vyprodukovaný erupcemi dávných
supernov

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) →
vulkanická aktivity
→ existence života



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

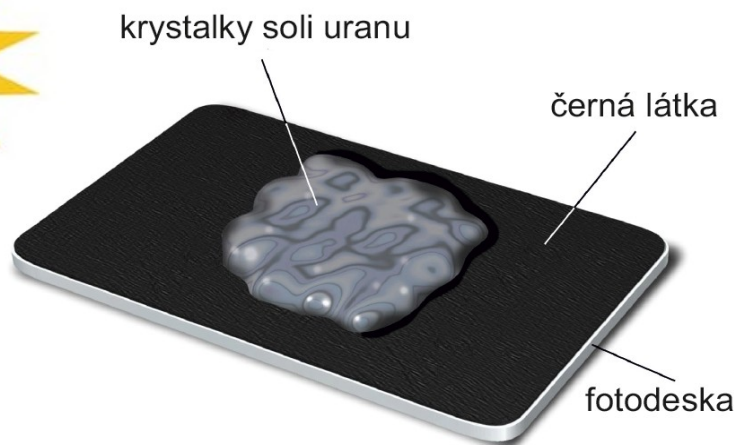
Nejprve si však myslel, že nerosty mohou vydávat tajemné neviditelné záření jen tehdy, když viditelně světélkují.



fluorescence

paprsky-X





Becquerelův experiment. Soli uranu osvitily zakrytou fotografickou desku.



Epochální Becquerelův experiment

- 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**.

Becquerelů v 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!

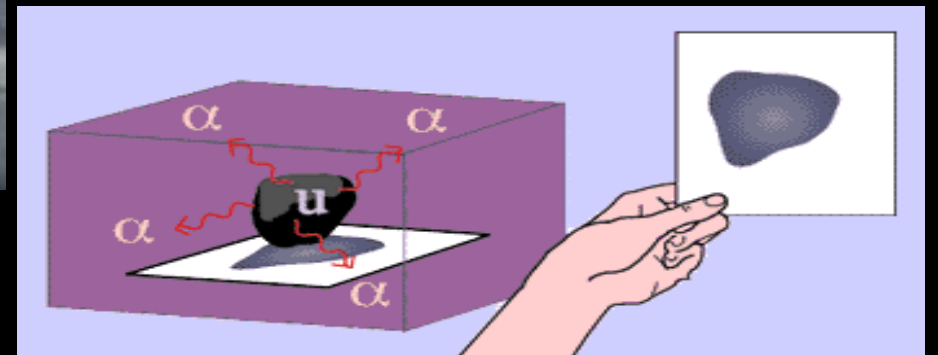
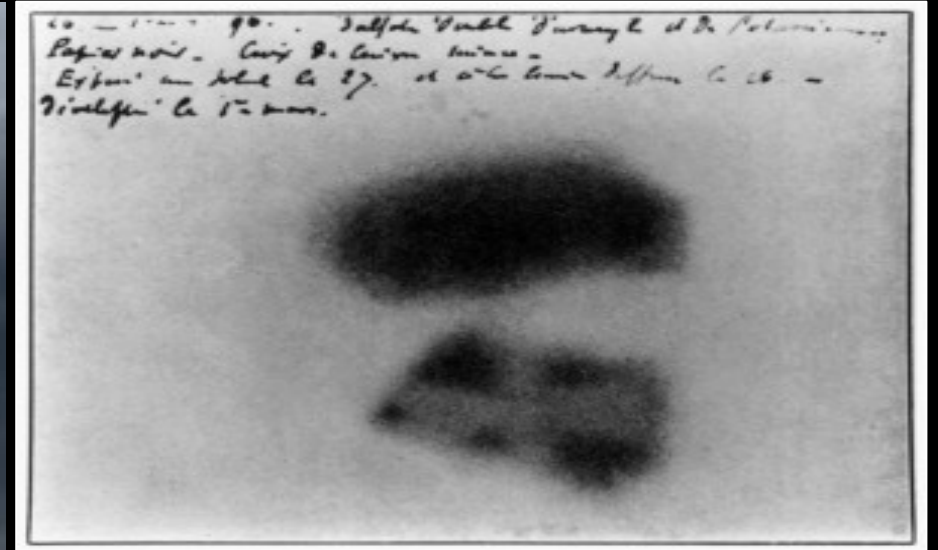
Když chtěl pokus opakovat,

neočekávaně se zatáhlo

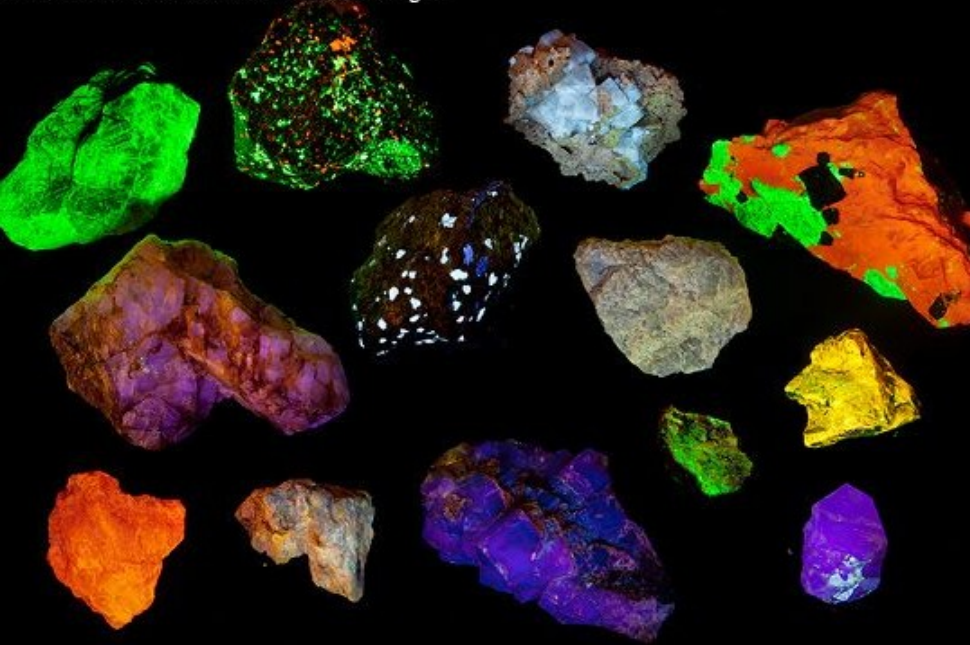
... rozhodl se proto experiment odložit
a neexponované desky i s uranem uklidil na několik
dní do šuplíku

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

Bylo zřejmé, že sluncem vyvolané světélkování nebylo příčinou expozice desek.



irradiation under short wave ultraviolet light



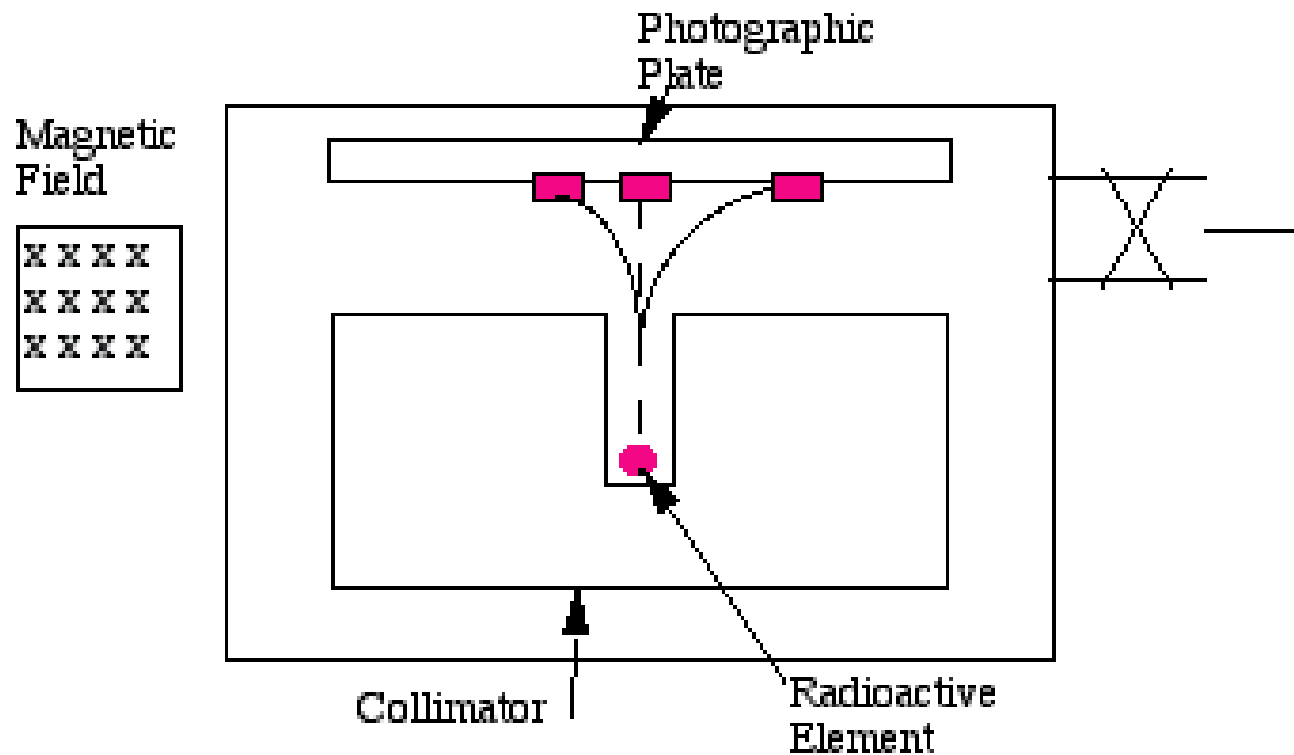
irradiation daylight



Becquerelovo záření

- Becquerel se podivným zářením z nitra uranu dál intenzivně zabýval a zjistil, že:
 - **černání fotografických desek způsobují všechny sloučeniny obsahující uran, zatímco luminescencí se vyznačují jen některé jeho soli**
 - **Luminescenční krystaly solí uranu přitom vydávaly neznámé záření i poté, co následkem rekrystalizace ztratily schopnost fosforeskovat**
 - **Jiné fosforeskující látky naopak neznámé záření nevyzařovaly**
 - 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**
- **Ize 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

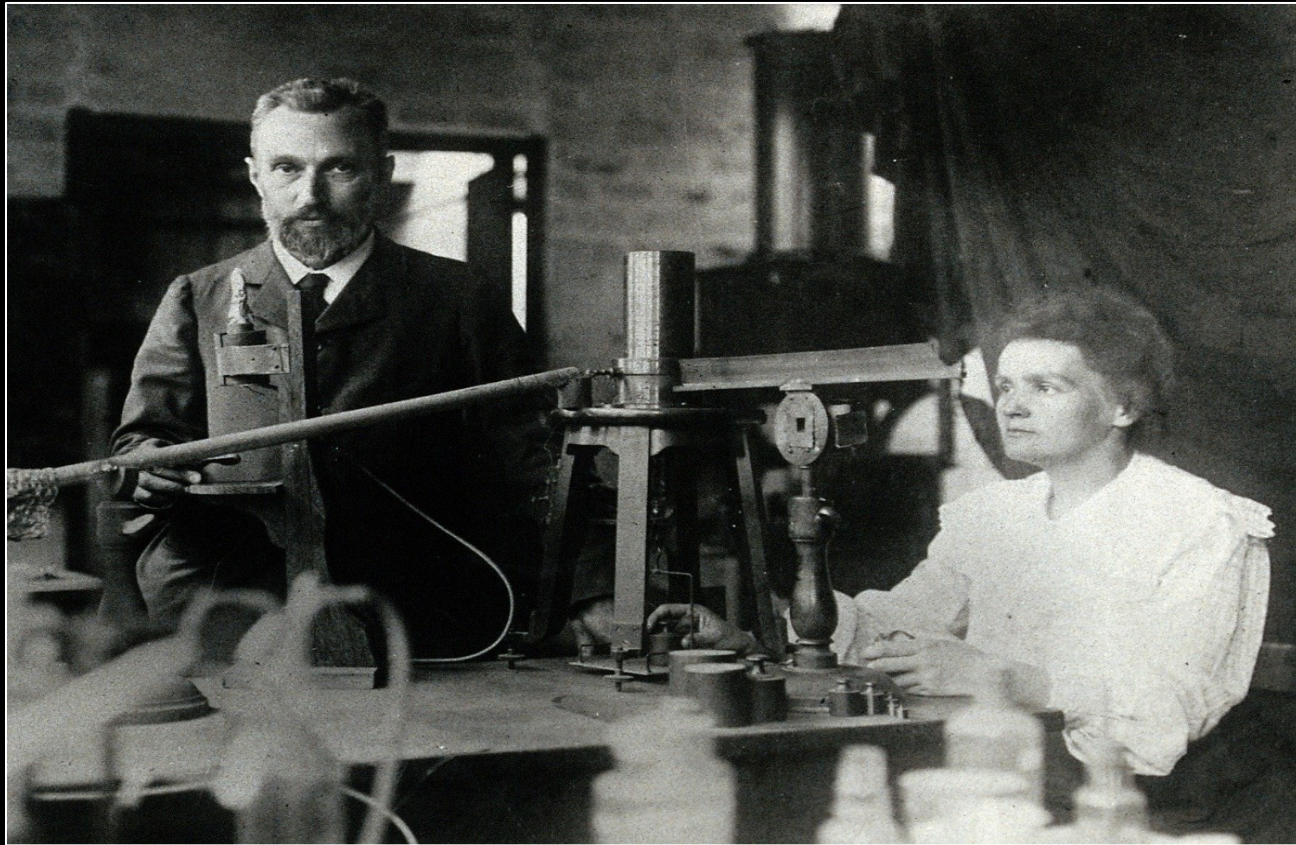
Štafetu od H.B. převzali manželé **Marie a Pierre Curieovi** (byli to spolupracovníci H. Becquerela - Pierre Curie měl pracovnu jen několik kroků chodbou od laboratoře profesora Becquerela a sdílel ji se svou mladou manželkou Marií).

Marie Curie, tehdy ještě Sklodovská, byla polského původu a jednou z Becquerelových studentek a právě se vdala za fyzika Pierra...

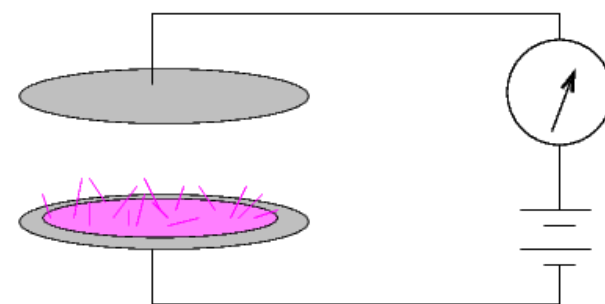
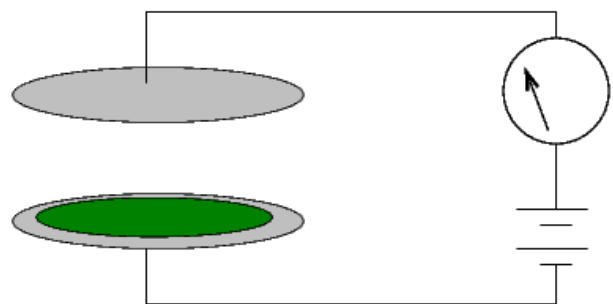
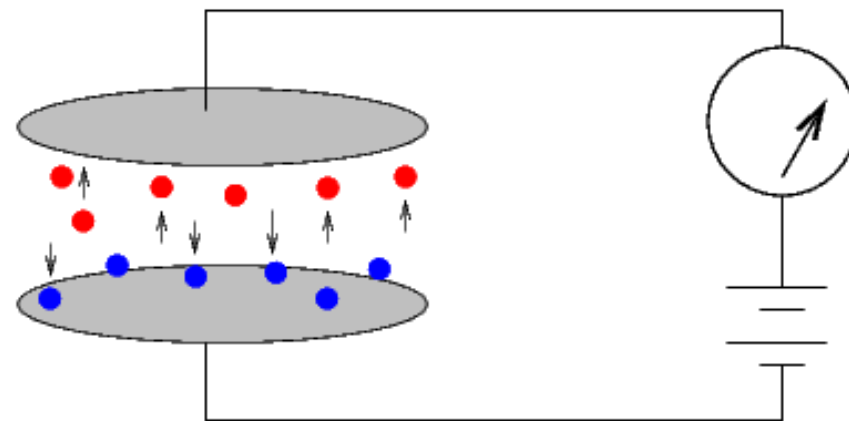
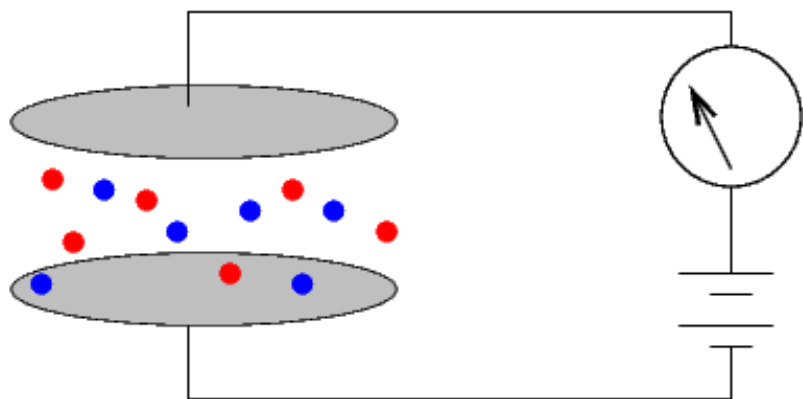
Pierre Curie (1859-1906)

Marie Sklodowska-Curie (1867-1934)

Radioaktivita, Marie a Pierre Curieovi



- Zobecnění Becquerelova objevu:
- Curieovi již v roce 1896 zjistili, že **stejné záření jako uran vydávají také sloučeniny thoria - na světě tedy existuje přinejmenším ještě jeden „zářící“ prvek** (prvenství objevu bylo nicméně přiřknuto Gerhardu Carlemu Schmidtovi)
- 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** (1 Becquerel [1 Bq] vyjadřuje takovou aktivitu zdroje při níž se za 1 sec rozpadne 1 atom)



Material	picoamps
Uranium	24
Black oxide of uranium	27
Hydrated uranic acid	6
Pitchblende from Johanngeorgenstadt	83
Pitchblende from Joachimstahl and from Pzibran	67
Natural chacolite	52
Artificial chacolite	(see below)

A partial copy of the table in *Rayons Emis par les Composes de L'Uranium et du Thorium*

- M a P Curie brzy zjistili, že s horninami a radioaktivitou něco neseďí:

- Radioaktivita nerostů uranitu a chalkolitu byla mnohem vyšší, než by odpovídalo zastoupení uranu a thoria ve vzorcích



>>



???



SMOLINEC



ČISTÝ URAN / URANOVÉ SOLI

- Jediným logickým vysvětlením bylo, že rudy obsahují **další dosud neznámé prvky, jejichž radioaktivita je ještě výrazně vyšší.**

PECHBLENDE (SMOLINEC Z JÁCHYMOVA)



Jáchymov, dnešní ČR, kdysi dávno...

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).



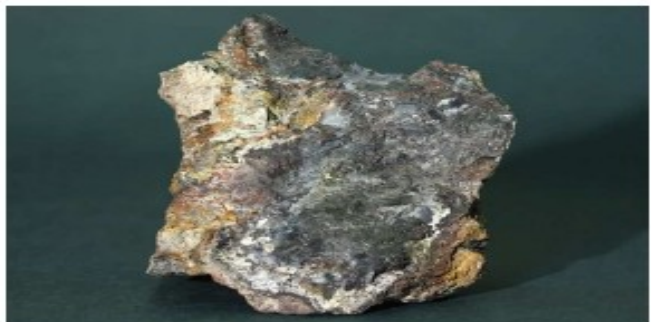
PECHBLENDE (SMOLINEC)

Po roce **1515** se rozvíjí těžba stříbra v Jáchymově
V dolech se těžily nejdříve stříbrné rudy, později rudy kobaltu
a arsenu

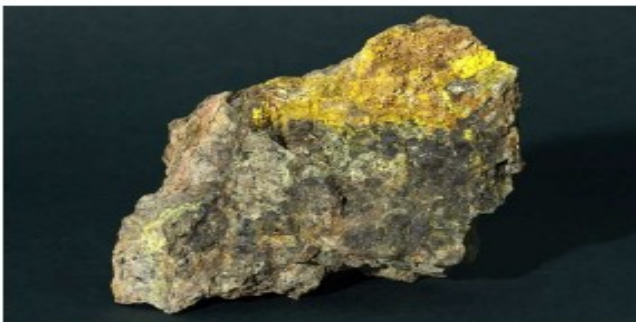
Během těžby někdy horníci narazily na žílu podivné horniny,
jejíž nalezení znamenalo pro horníky „smůlu“

Nazvali ho proto **PECHBLENDE** (pech = smůla, blende = nekov)
z toho **SMOLINEC** (nosící smůlu), později nazýván **URANIT**





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 schröckerit (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)



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

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).

PECHBLENDE (SMOLINEC)

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





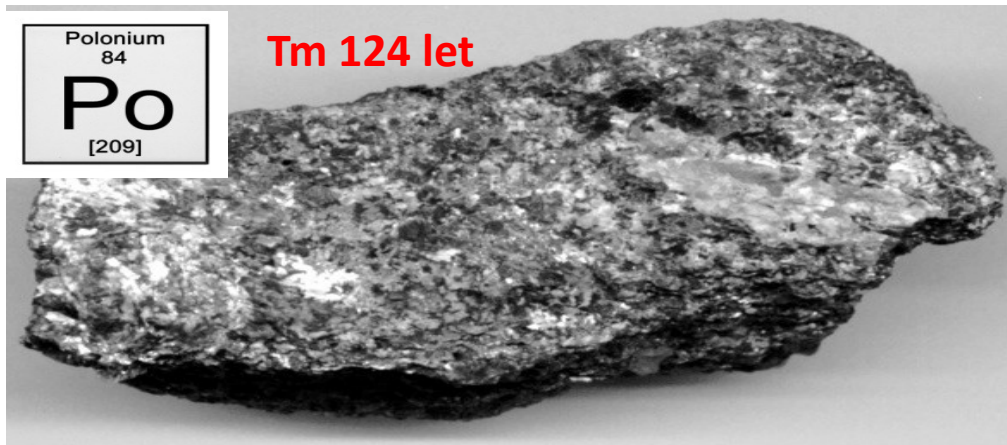
Marie a Pierre Curieovi a smolinec z Jáchymova

- Manželé Curieovi pak prováděli pečlivá měření v různých kornách (uranitu a chalkolitu).
- **Hlavní roli zde hrál SMOLINEC Z JÁCHYMOVA**
- Bádání bylo 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 **0.1 g Po z několika tun smolince**)

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

BOHUSLAV
BRAUNER
Český chemik

- **Spektra smolince → čáry patřící neznámým prvkům**
- Žádá vídeňské ministerstvo školství o zakoupení uranové hlušiny z jáchymovských dolů, ale zamítnuto
- O cca. 25 let později, ta samá žádost, avšak od manželů Curieových a přes jiné ministerstvo je schválena...





Prvenství Marie Curie- Skłodowské, 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.**
- Becquerel na doporučení Pierra nabídl Marii doktorandské studium ve své laboratoři.
- V roce 1903 **jako první žena na světě obdržela i titul doktora fyziky na Sorbonně.**
- Díky své práci byla **jako první žena na světě dvakrát oceněna Nobelovu cenou, navíc ve dvou oborech:**
 - Nejprve v roce 1903 za fyziku (společně s Becquerelem) za zkoumání radiačních jevů
 - Poté v roce 1911 za chemii za objev a izolaci polonia a radia (společně s Pierrem)
- 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.

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 miliony 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

Fenomenální Marie Curie-Sklodowska

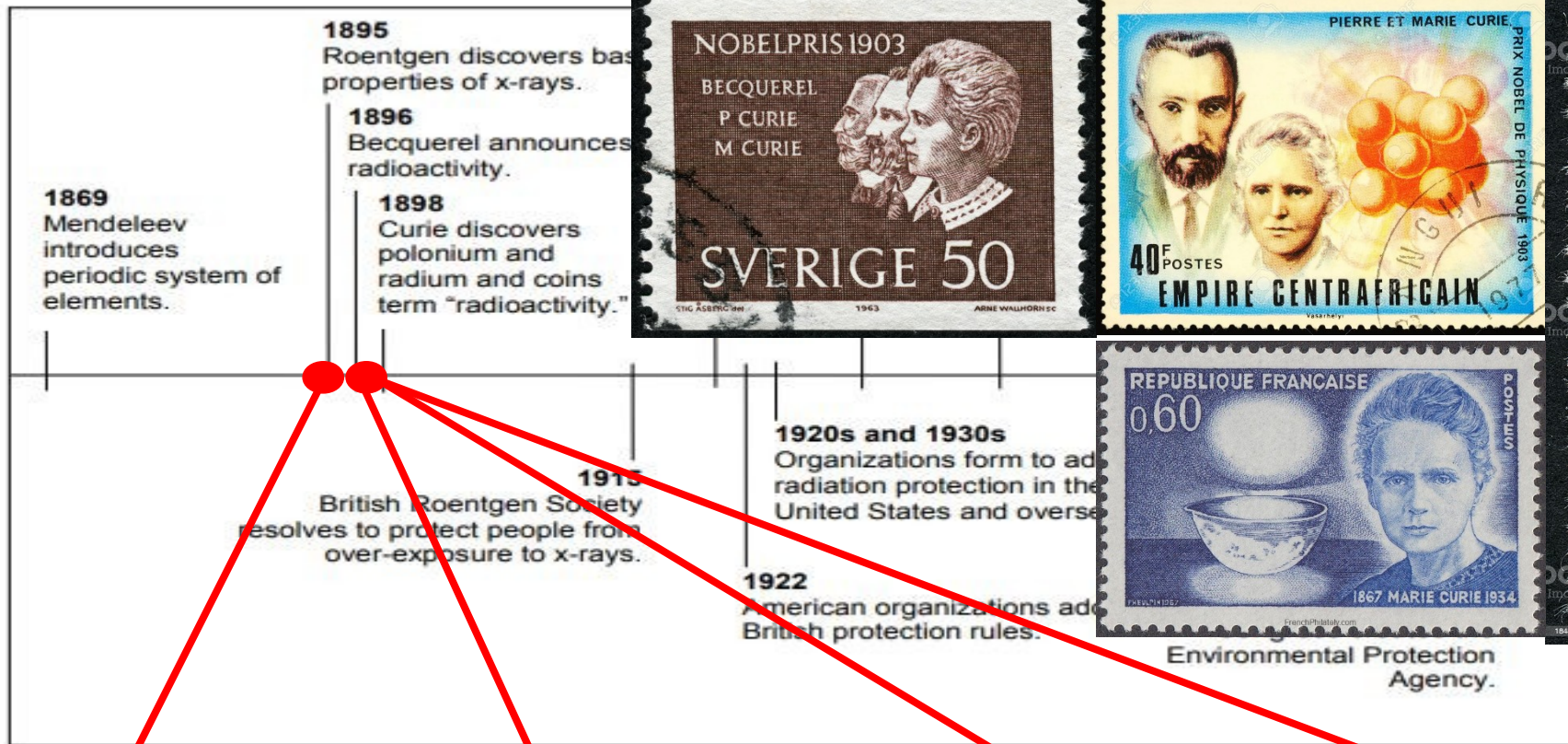


1911: druhá Nobelova cena, nyní za chemii, za izolaci radia a objev polonia, plus další objevy ohledně radioaktivity

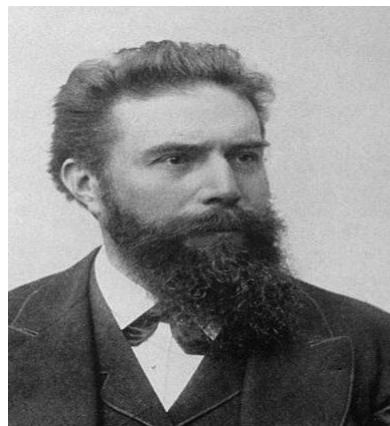


1903: Nobelova cena za fyziku za objev radioaktivity, spolu s Pierrem a A.H. Becquerelem





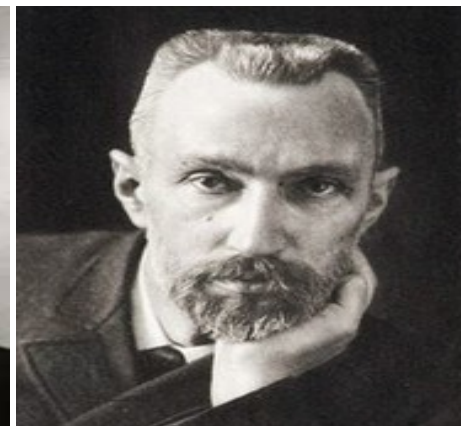
Marie Curie
První žena
oceněná
Nobelovou cenou
Původně měl být
ale oceněn jen
Becquerel a Pierre
Curie!!



1901 vůbec první NB za fyziku



1903 Nobelova cena za fyziku; 1911 NC za chemii



- 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 nezdědká 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 PARIS 1925 and Gold Medal 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. Geysler, 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

THE 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.



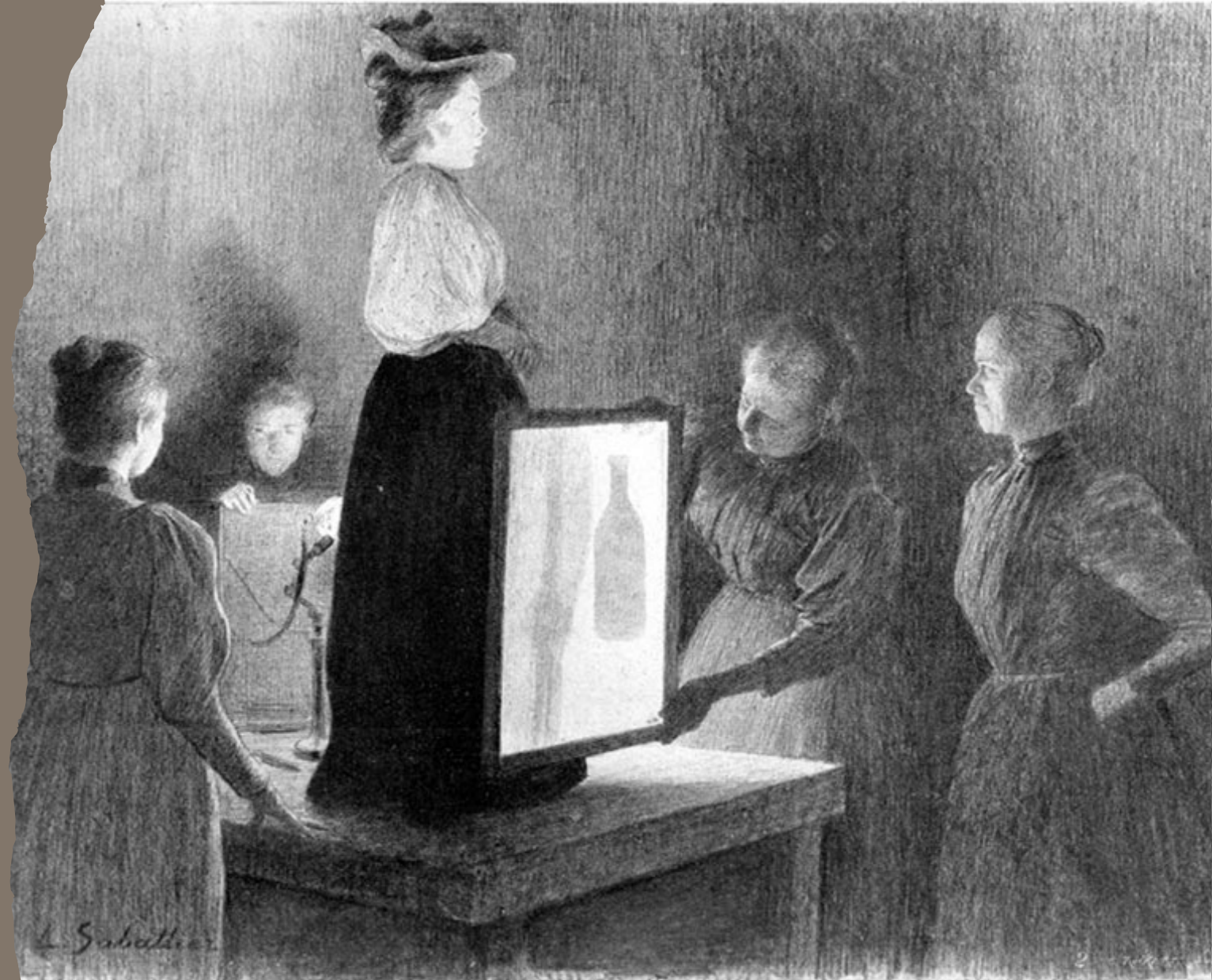
This X-ray photo proved that Miss Judith Allen, young screen actress, had the most perfect back in a contest conducted at California's health show. Dr. Lester V. Donovan is holding the X-ray picture of Miss Allen's back.

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



X-RAY SPECS

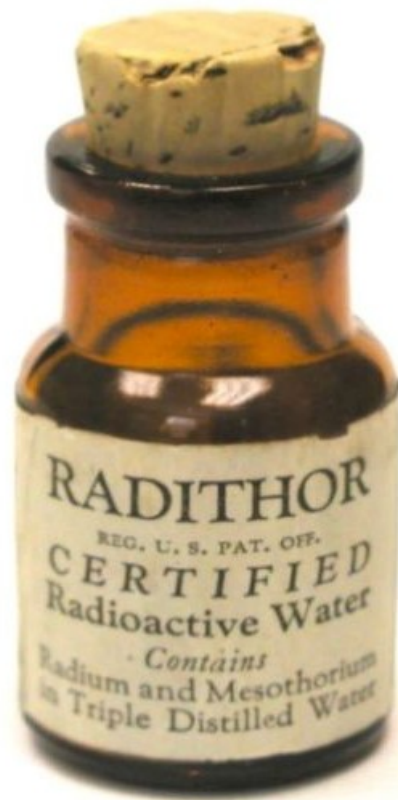
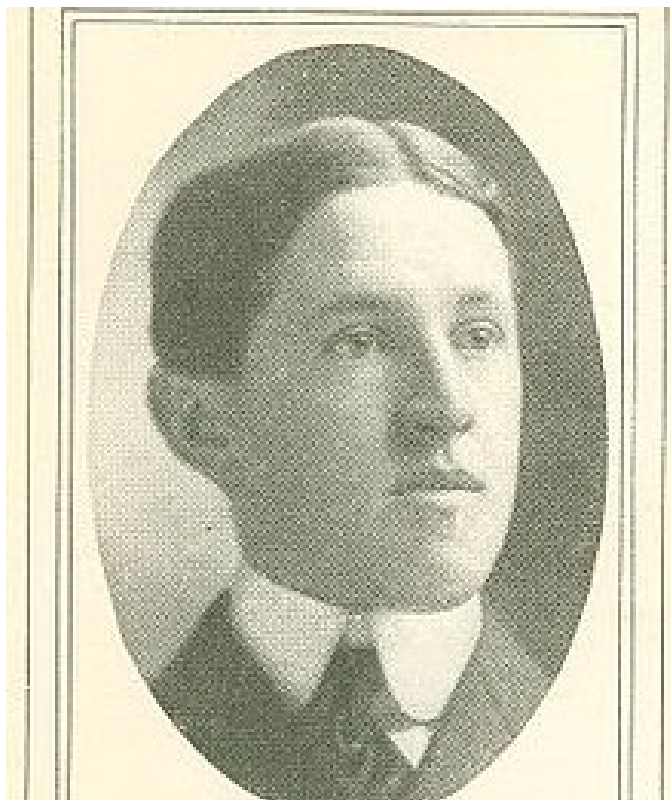
An Hilarious Optical Illusion \$1.00

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. 77XR40

- 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)

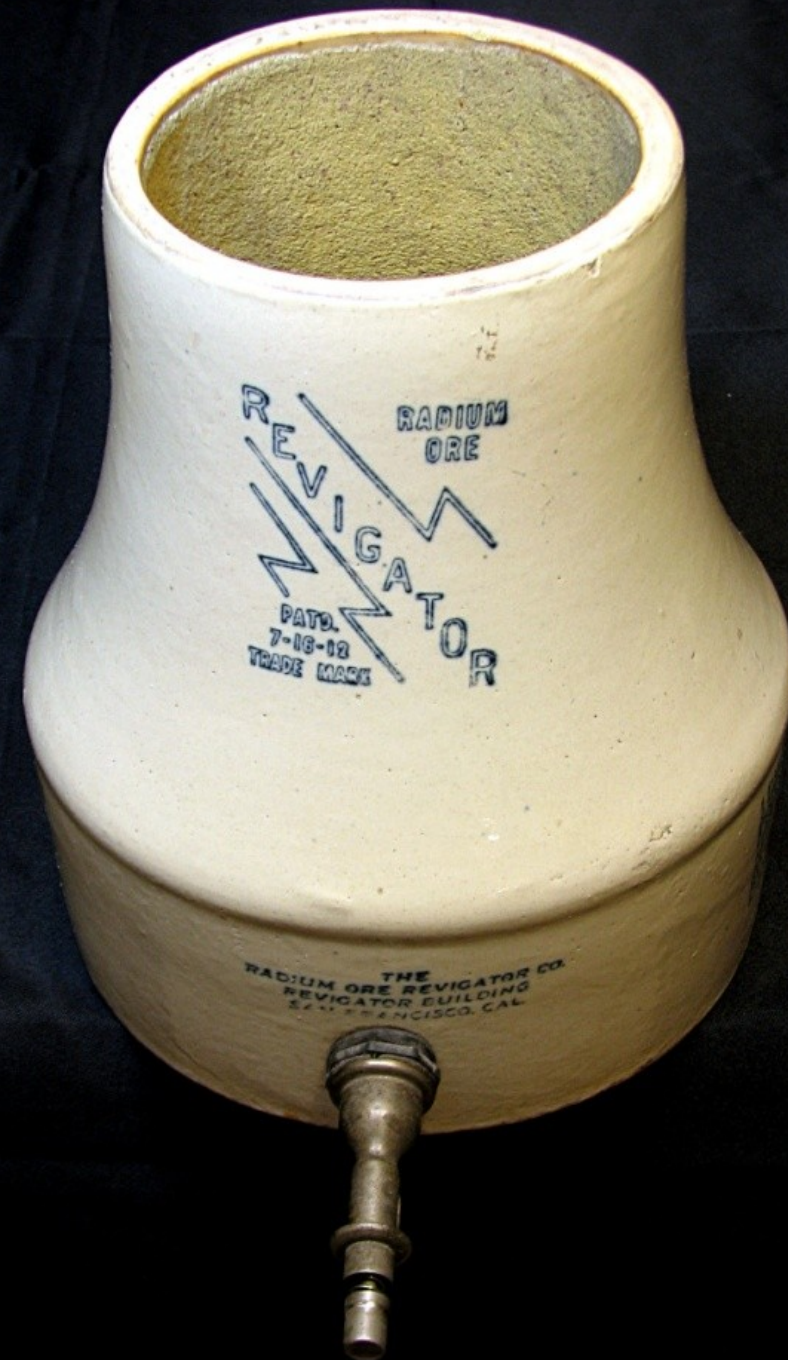
- Malá lahvička prodávaná jakožto lék proti artritidě, revmatismu, mentálním chorobám, rakovině žaludku a impotenci
- Jednalo se o 3x destilovanou vodu s nepatrným přídavkem radia (^{226}Ra a ^{228}Ra ; $1 \text{ mCi} = 37 \text{ kBq}$; aktivita v řádech jednotek Bq až kBq je velice nízká; **radioterapeutika 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!”

TO 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.

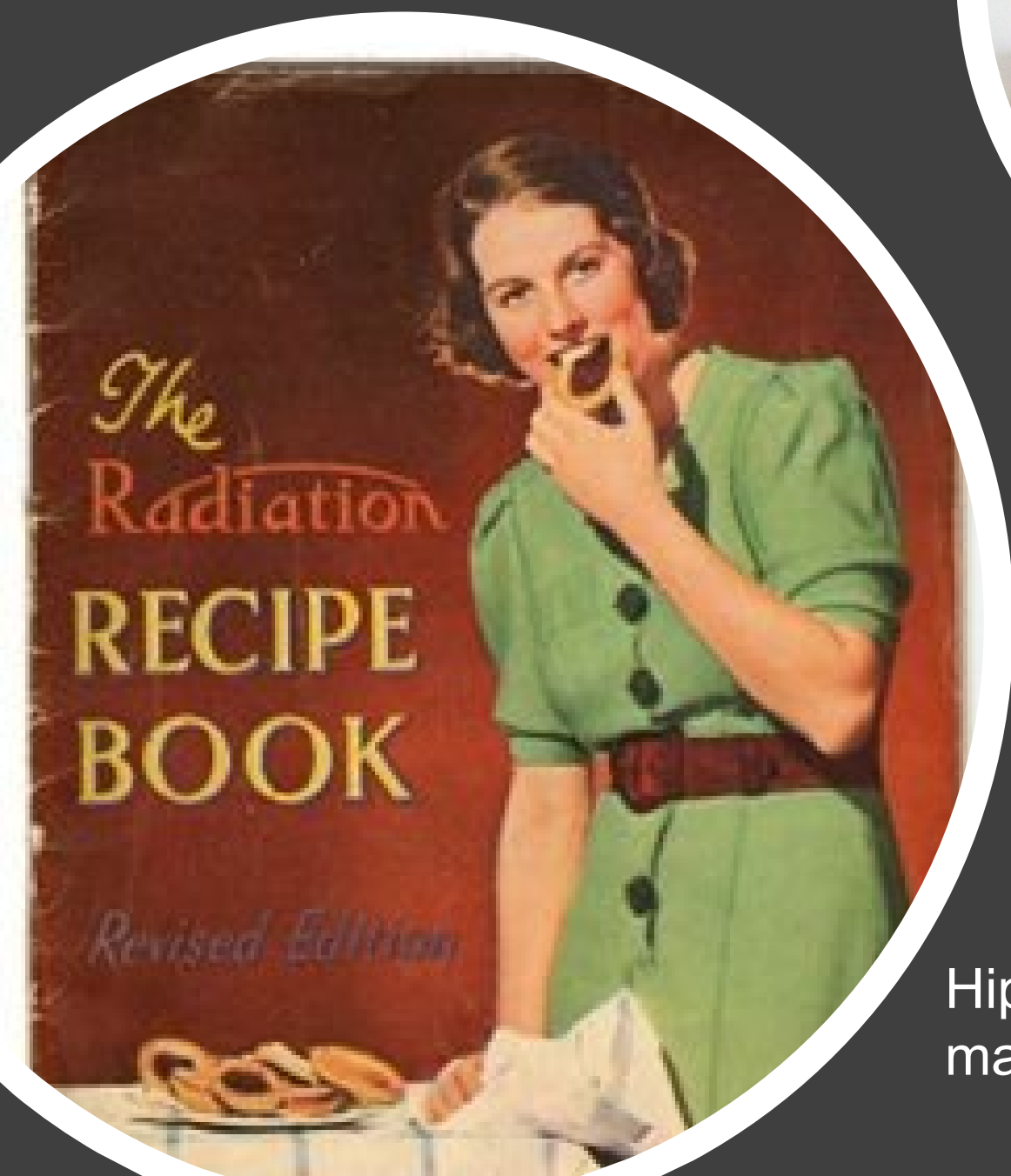
SUPPLIED BY

RADIUM LIMITED,

93, MORTIMER STREET, LONDON, W.

Telephone: 5111 MATFAR.

- 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.



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

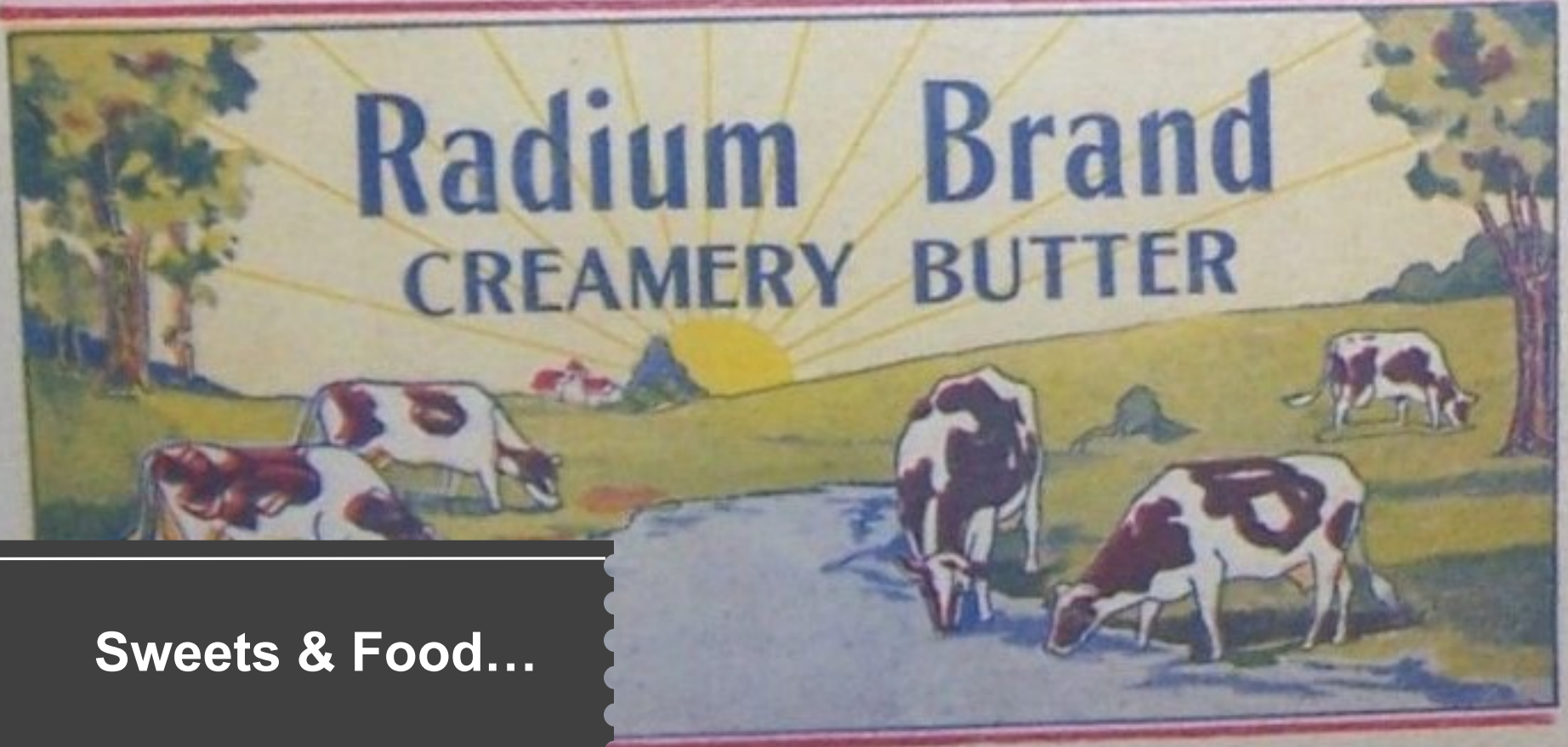
Sweets & Food...

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

We solicit your close inspection and guarantee
Radium Brand Butter

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



OUR 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.

Actual Size of Suppository

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 1073 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 scientific basis is sound and tested on all. Who would have imagined that these few subjects would ever get so hand in hand? Yes, in Radium, Science has discovered a wonderful Beauty Secret.

Every "Radium" Preparation is guaranteed, under Radium's power, to supply a definite amount of Actual Radium, and to retain its radioactivity for at least twenty years. Its Guarantee is iron-clad.

In England, "Radium" Preparations are a national beauty trade standard. They are used by noted women of style and fashion. They are the basis for the leading dress.

No person lives in the United States as the general beauty trade offered to those who perform of complete, finished, finished toilet requisites, a healthy skin and beautiful hair.

Each and every "Radium" Beauty Aid is the result of scientific progress 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.

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 greatest benefits obtained from "Radium" Toilet Requisites would justify an even higher price. The best is always the best and gives further... it may be prove the superiority of "Radium" Preparations. Try them. See for yourself the Trembling Crown.

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

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 **POUDRE**
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

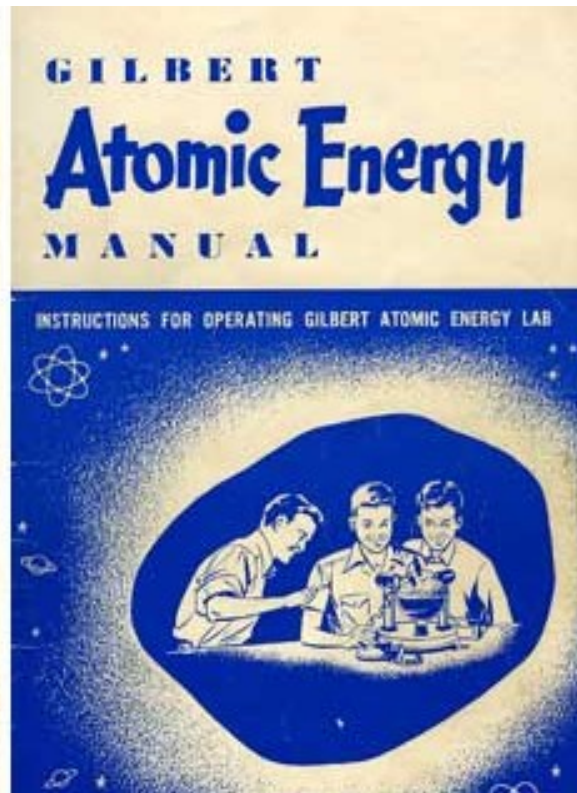
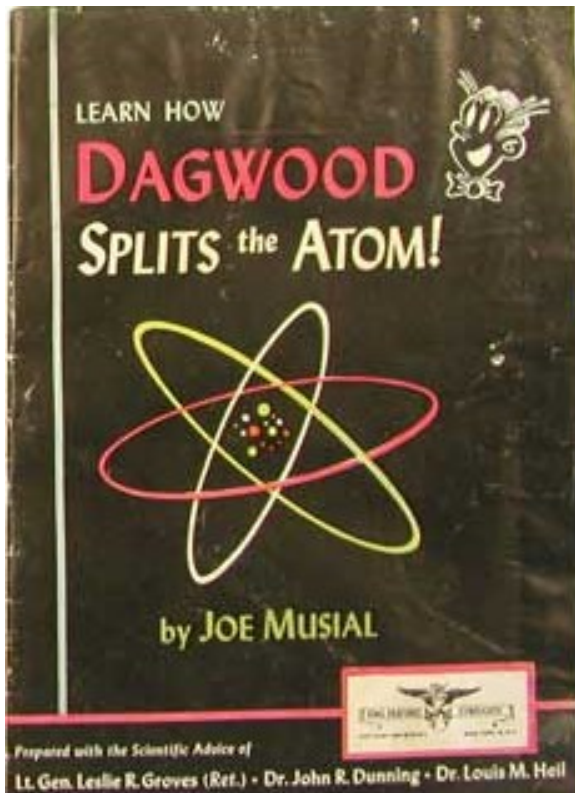
LAINÉ ORADIUM

Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, irrétrécissable, infeu-trable. C'est un Produit de la 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 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}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 α -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

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.orau.org/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

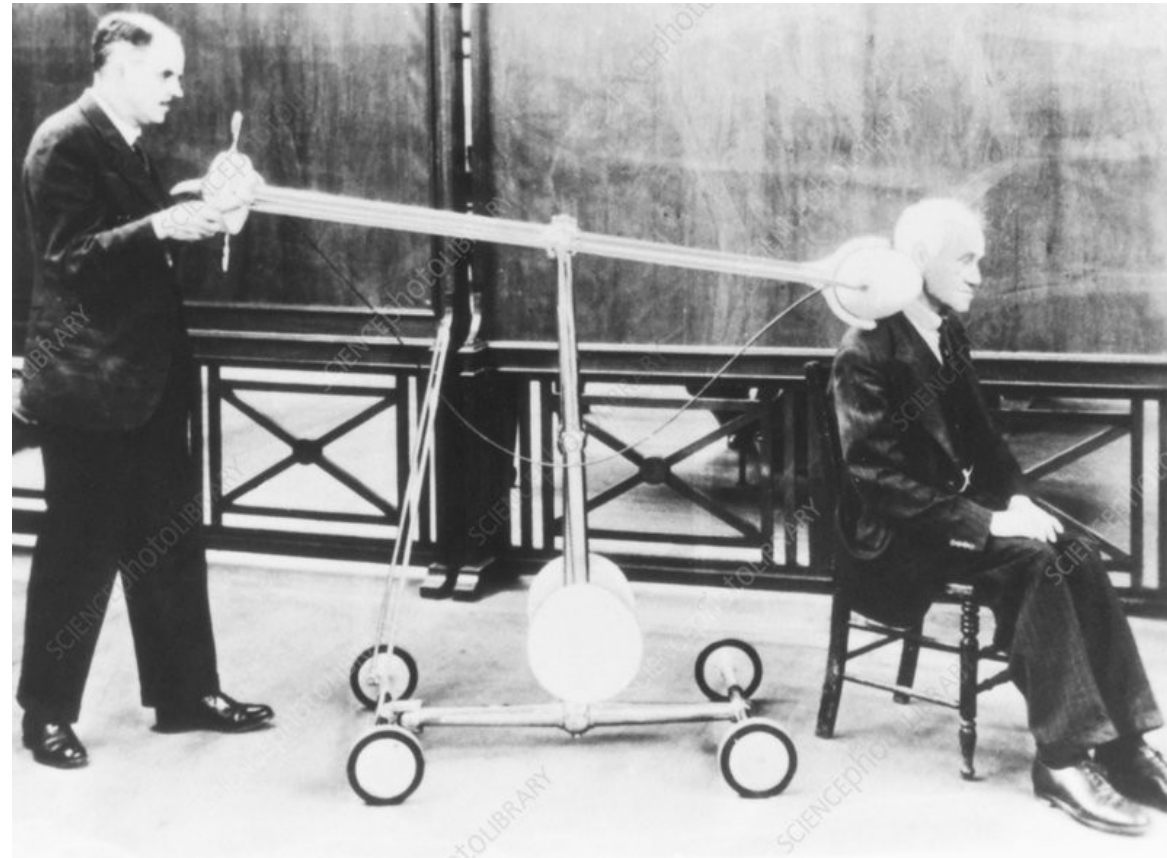
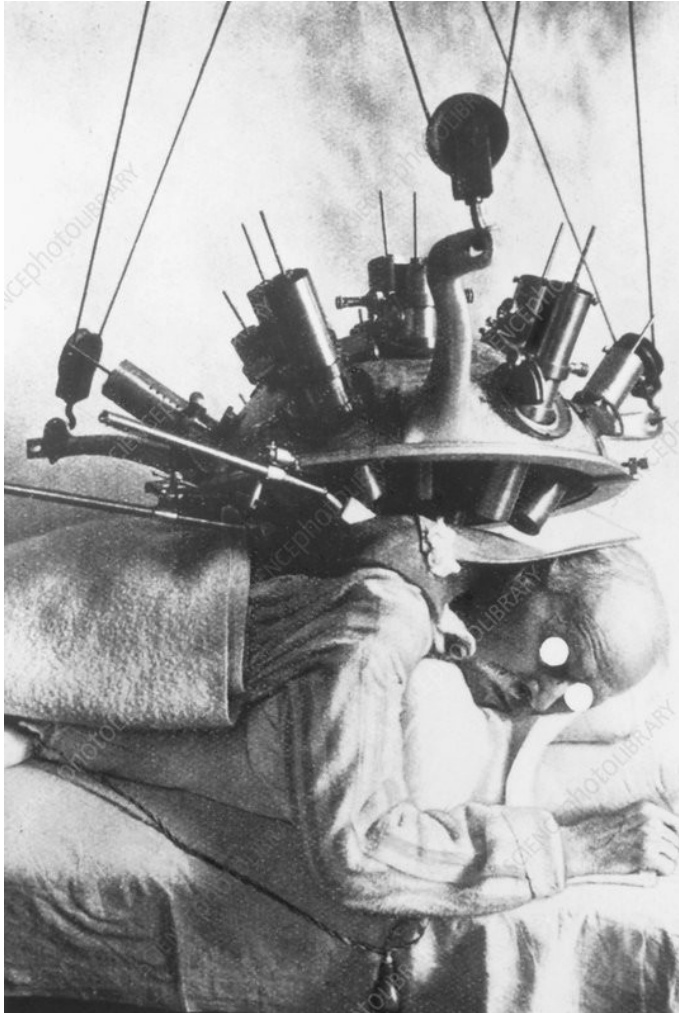
Radium ale velice drahé: 1 g Ra = 7 tun uranové rudy (1908 – 1 g Au = 66 centů, 1 g Ra = 88 tis USD)



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

RADIUM V LÉKAŘSTVÍ

První pokusy o prostorově frakcionovanou terapii

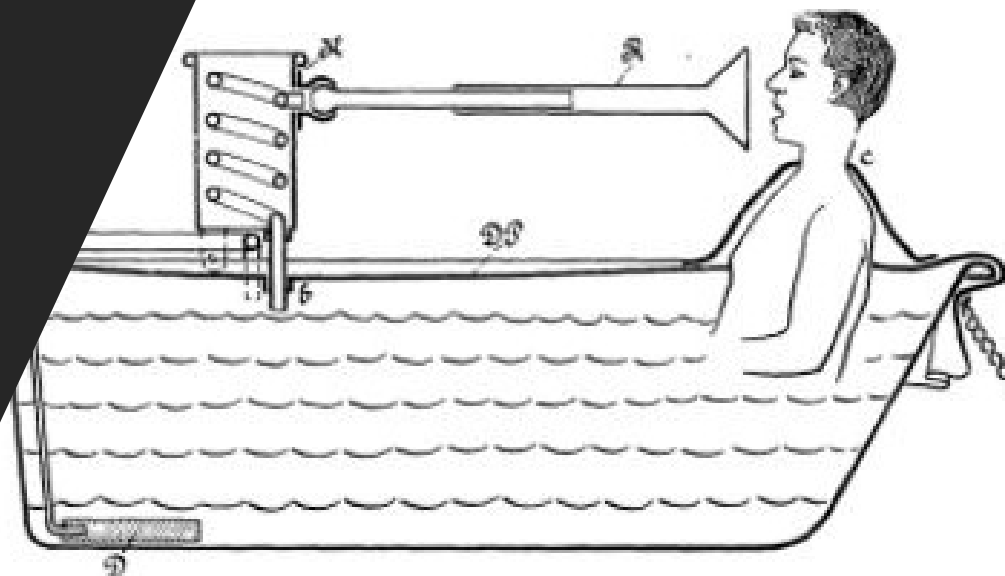


Radium therapy. Man with neck cancer receiving radiotherapy treatment from a Flint radium "bomb", designed in 1934 for four hospitals in London, England. This bomb produced radiation from four radium sources placed close to the patient's skin. Each source focused on the cancer from a different angle, 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

znovuotevívají naučnou stezku

JÁCHYMOVSKÉ PEKLO



První procitnutí – nebezpečí IZ

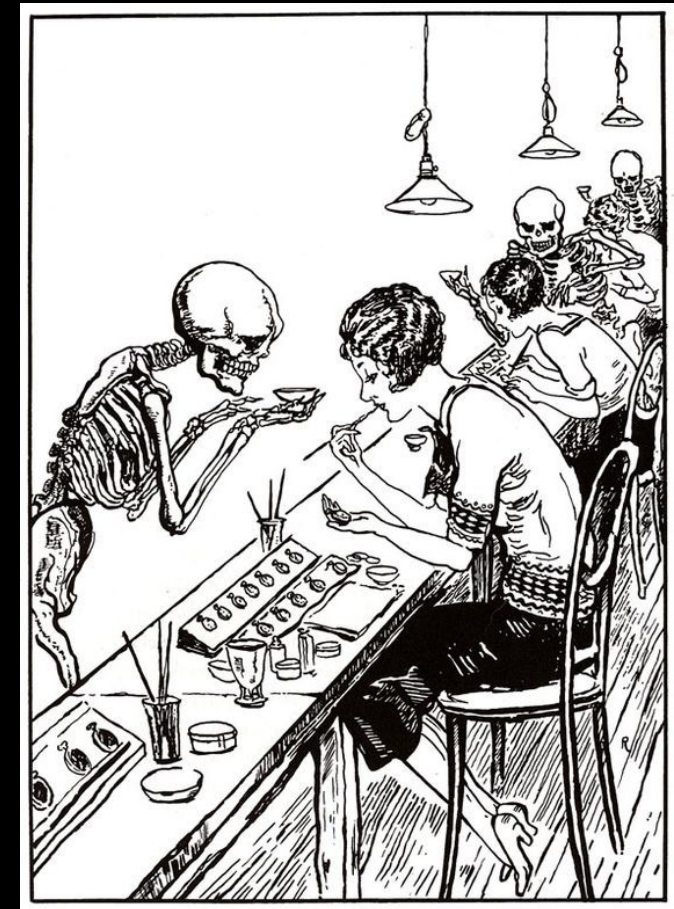
- Už v roce **1901 Becquerel** - patrně jako vůbec **první člověk - doslova na vlastní kůži zjistil, že radioaktivita není jen úžasná ale i zhoubná.** Když v dubnu toho roku nosil nějaký čas vzorek uranové sloučeniny v kapse u vesty, krátce na to se mu v těch místech na těle objevila **spálenina**. Rána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

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

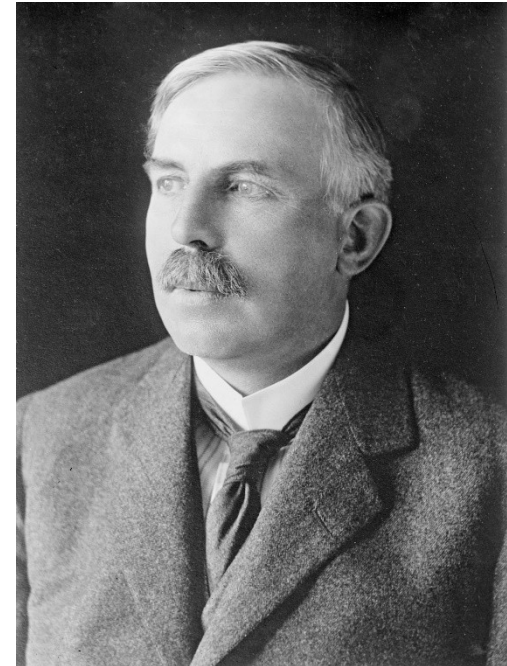




RADIOAKTIVITA = energie uvolněná při přeměně prvků

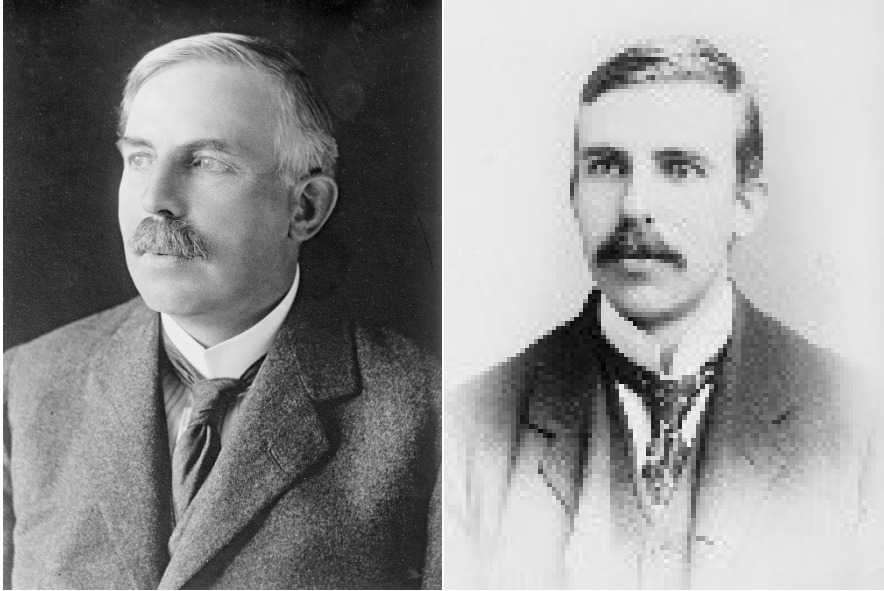
- v roce 1899 Marie Curie objasnila podstatu radioaktivního záření:
- Radioaktivní záření považovala za vedlejší produkt rozpadu atomových jader.
- Usoudila, že jádra těžkých atomů se zbavují vyzařováním svých částí, čímž se tyto prvky mění na jednodušší.

Rutherford + Soddy



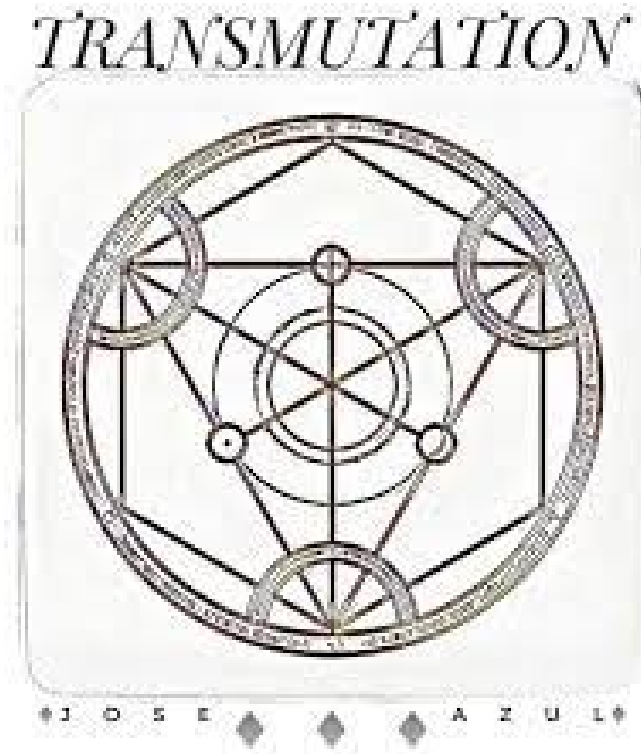
- M + P Curie – na oslavu Nobelovy ceny uspořádali zahradní párty, kde Pierre ukázal lahvičku s radiem - Ernest Rutherford, mezi přítomnými, se podívoval, proč tato látka září
- Ernest Rutherford se „spolčil“ s Frederickem Soddy (chemik) a studovali uran a thorium

Rutherford + Soddy



- 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

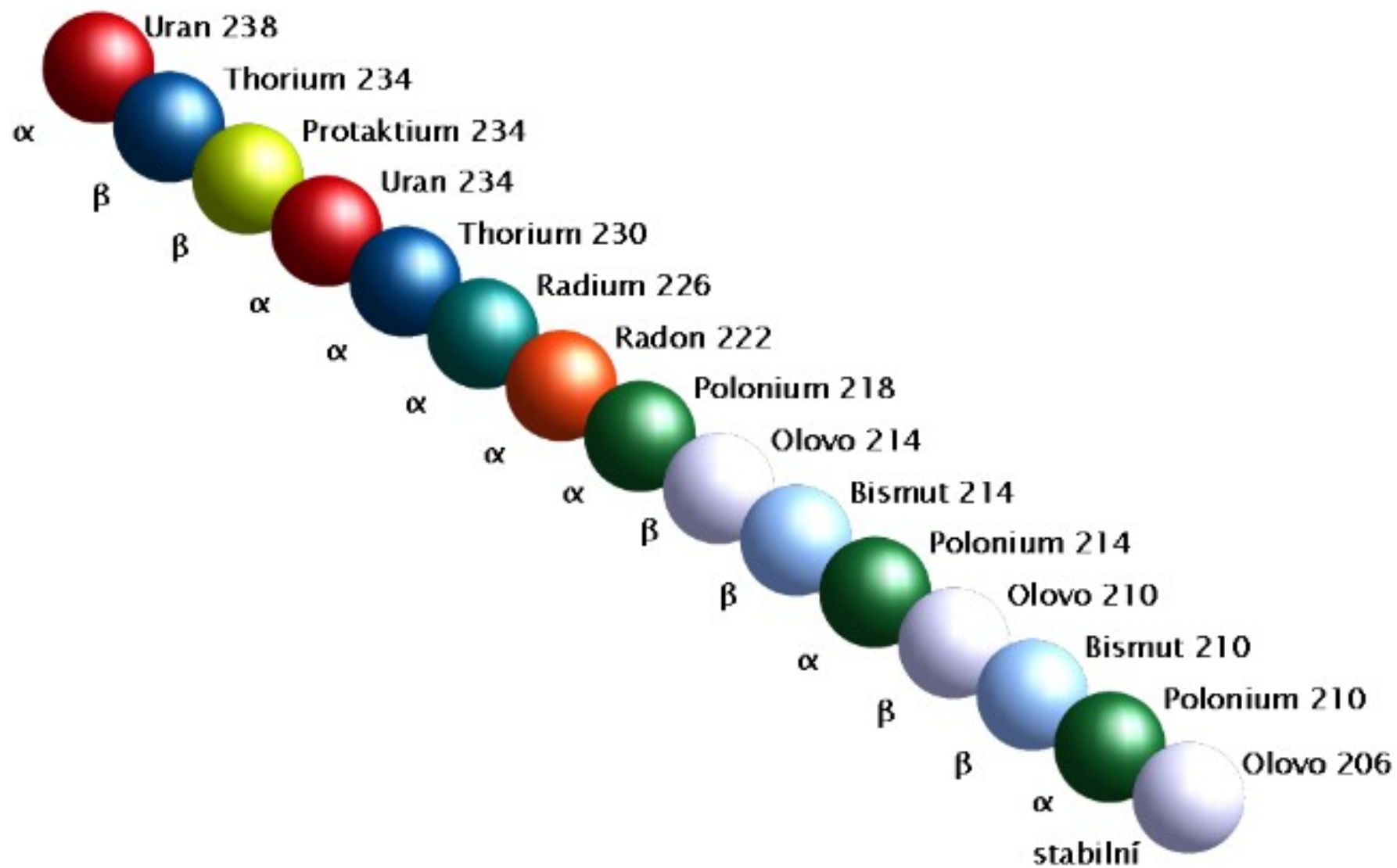
- Soddy: „Rutherforde, tohle je transmutace“
- Rutherford: „Proboha, nenazývej to transmutací. Nebo nám nechají setnout hlavy jako alchymistům“



Rutherford + Soddy

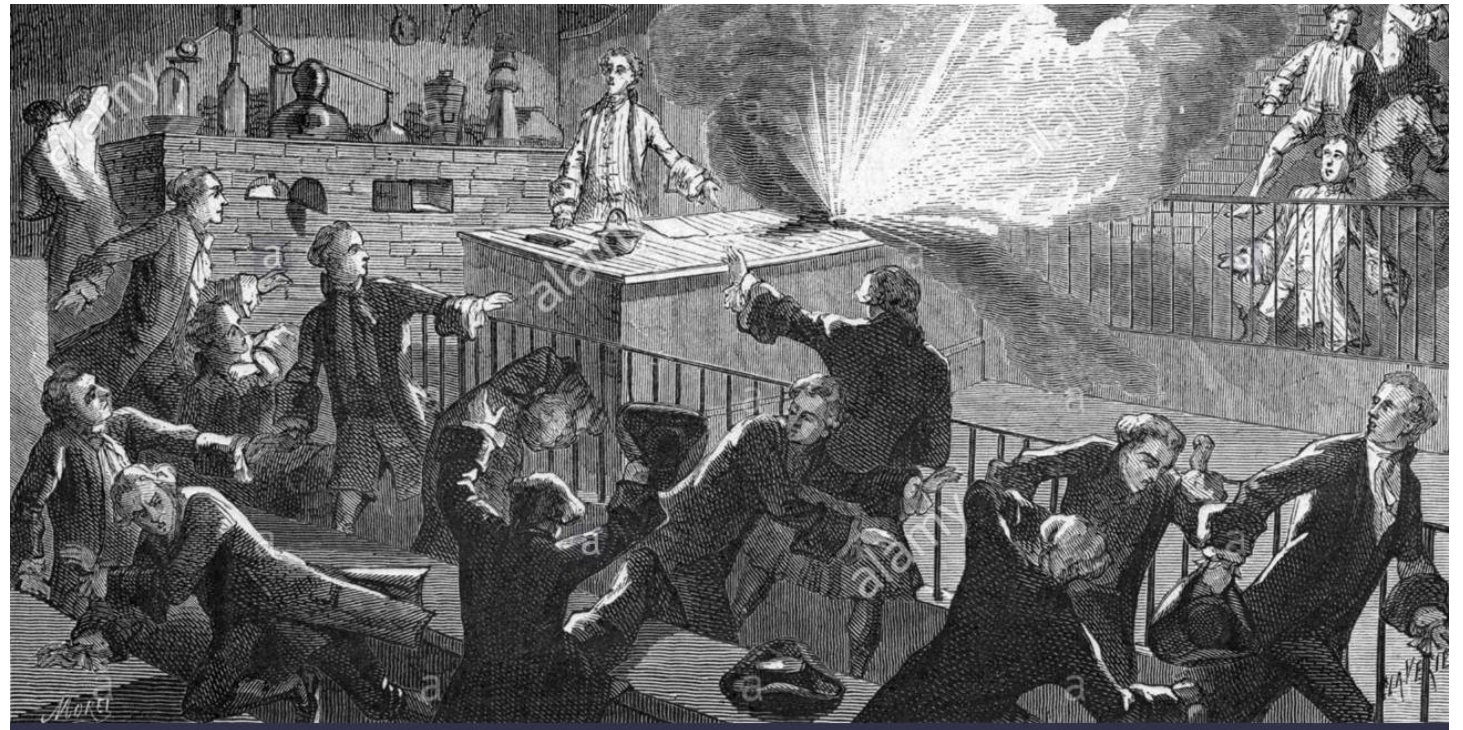
- prvek záleží na počtu protonů v jádře (vodík – 1, ale U – 92!!). U je tak těžký, že tím „trpí“ a zbavuje se proto svých částí (alfa částice), čímž se mění na prvek jiný
- U → Thorium → Protaktinium → ..Radium → Radon → Polonium → celkem 14 generací „dcer“ – poslední je olovo
- systemizoval dosavadní 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**

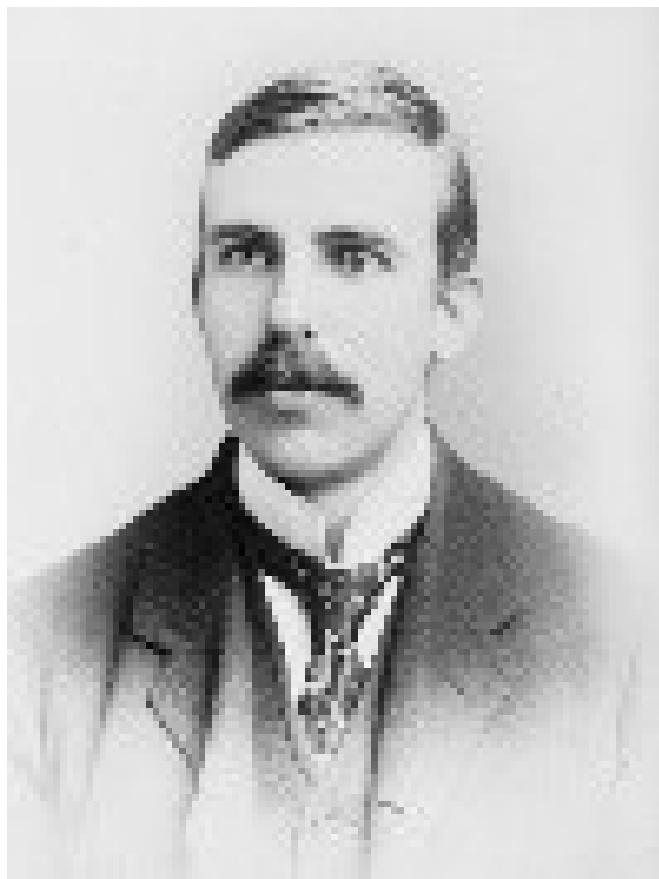
Rozpad uranu 238



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

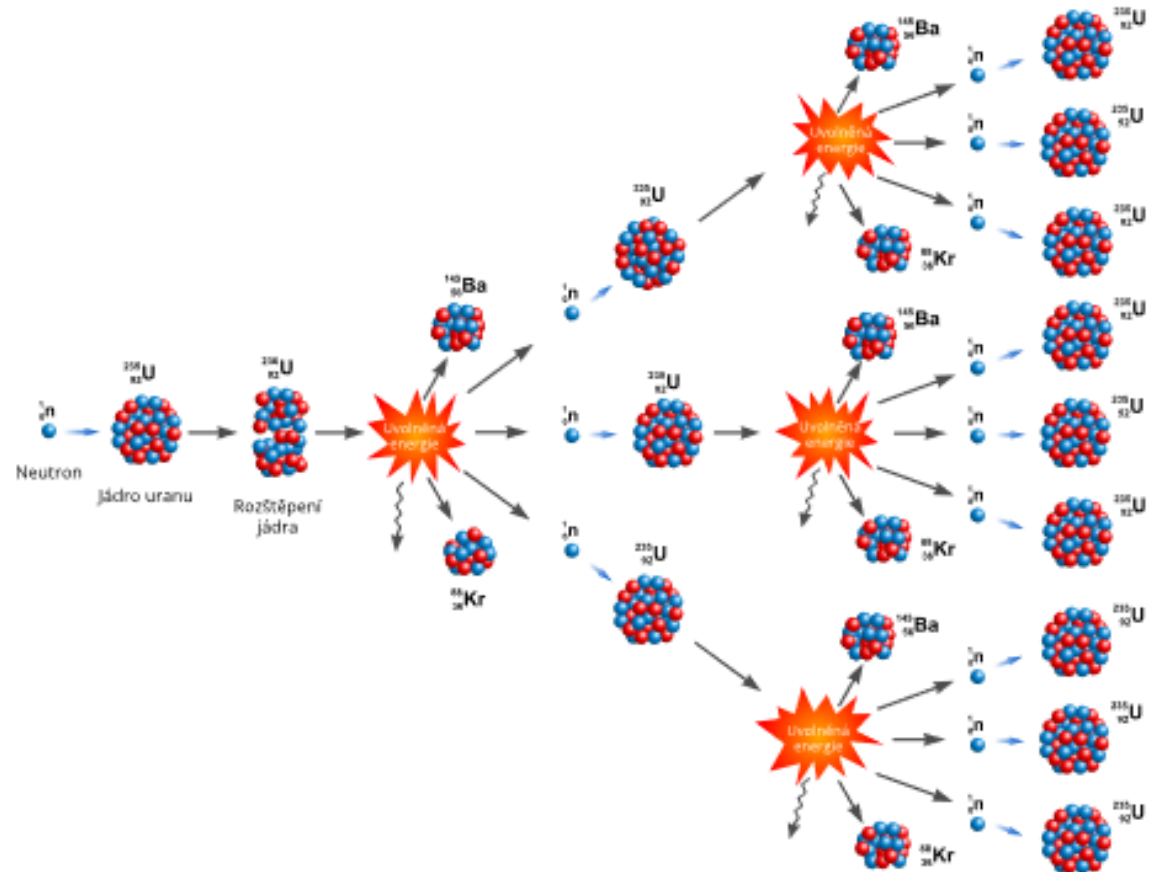
HERBERT GEORGE WELLS

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**

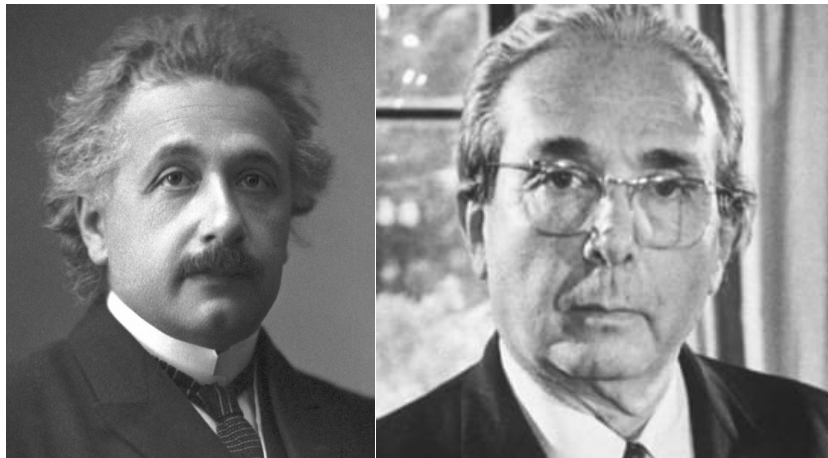
Leo Szilard v kontextu událostí

1933 – Londýn, Leo Szilard – dočetl Osvobozený svět, což mu vnuklo 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

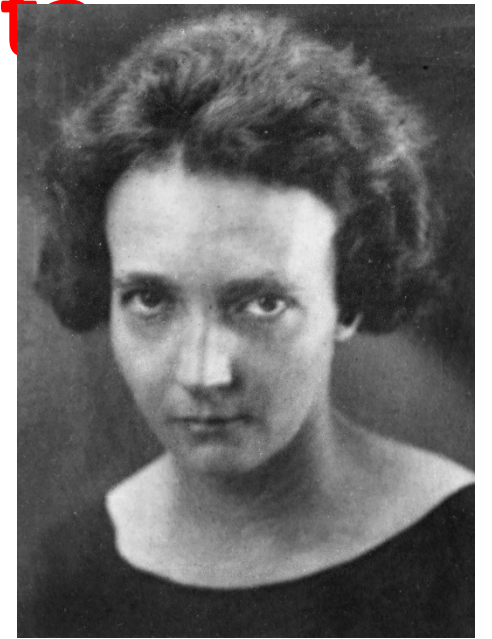


- Szilard věděl, že **Německo má vysokou šanci vyrobit atomovou bombu jako první**
(→ Otto Hahn – Kaiser Wilhelm Institut)



Iréne Joliot-Curie: **umělá radioaktivita**

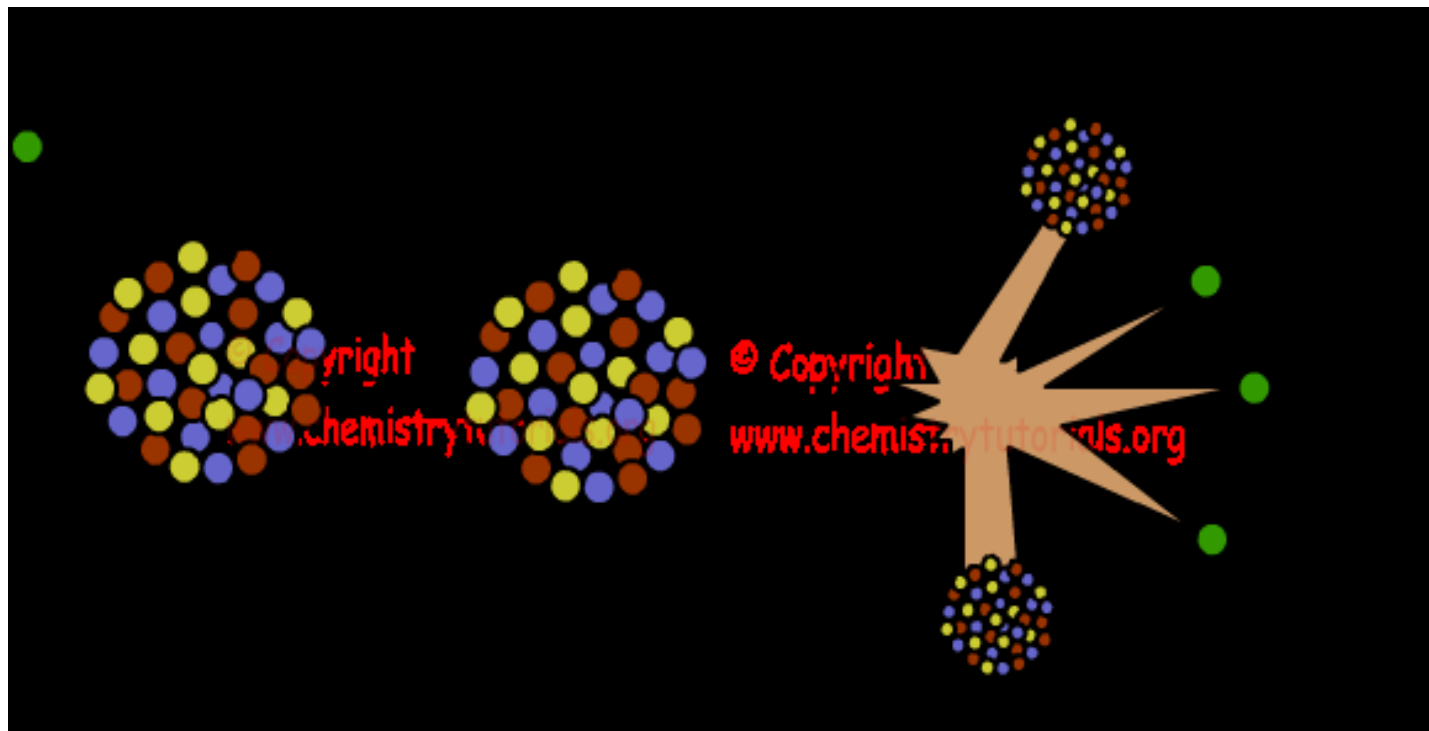
- Ve stopách svých rodičů dále pokračovala **Iréne Joliot-Curie s manželem Frédéricem**,
- Dokázali, že **neutrony mají o něco větší hmotnost než protony**.
- Při výzkumu neutronů **ostřelovali atomy** hliníku, hořčíku a boru **částicemi α** (kladně nabitá jádra helia)
- Zjistili, že **tyto prvky začaly 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 Frédéricem 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.

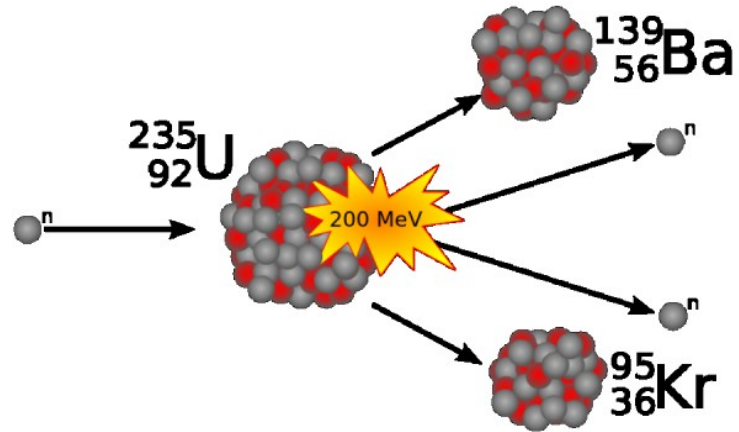


Otto Hahn & Lise Meitner

- **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 (1912–1968)

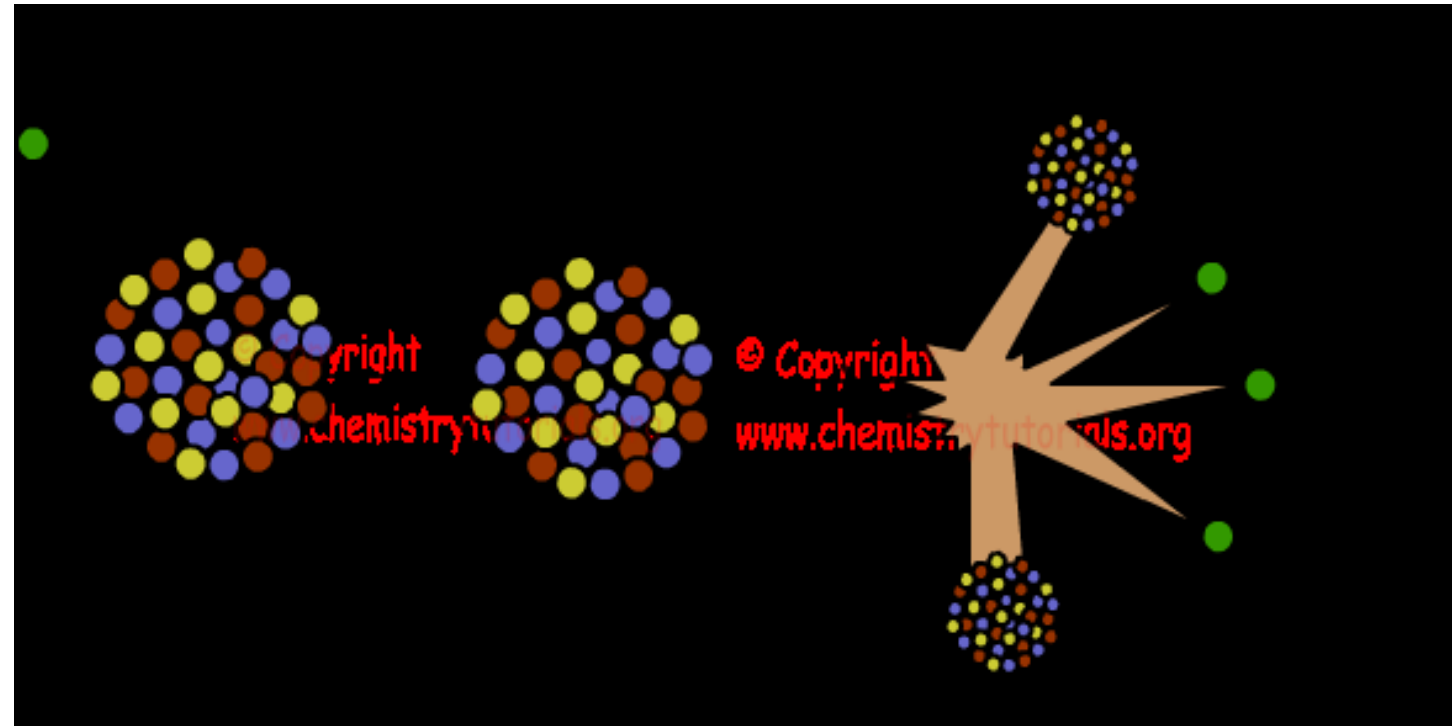
(1878 Vídeň –1968 Cambridge)



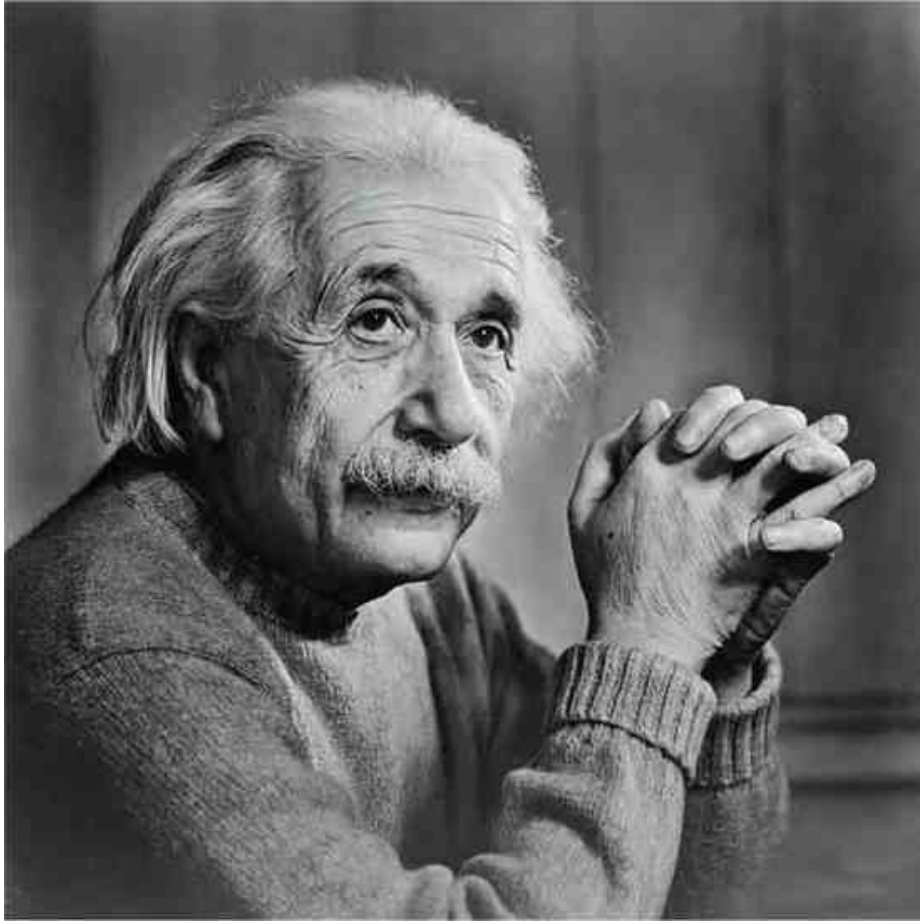
- Zjistila, čeho Otto Hahn dosáhl → **rozštěpil atom uranu**
- To do té doby bylo považováno za nemožné
- **Štěpí se pouze ^{235}U** (92 protonů, 143 neutronů)



- **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

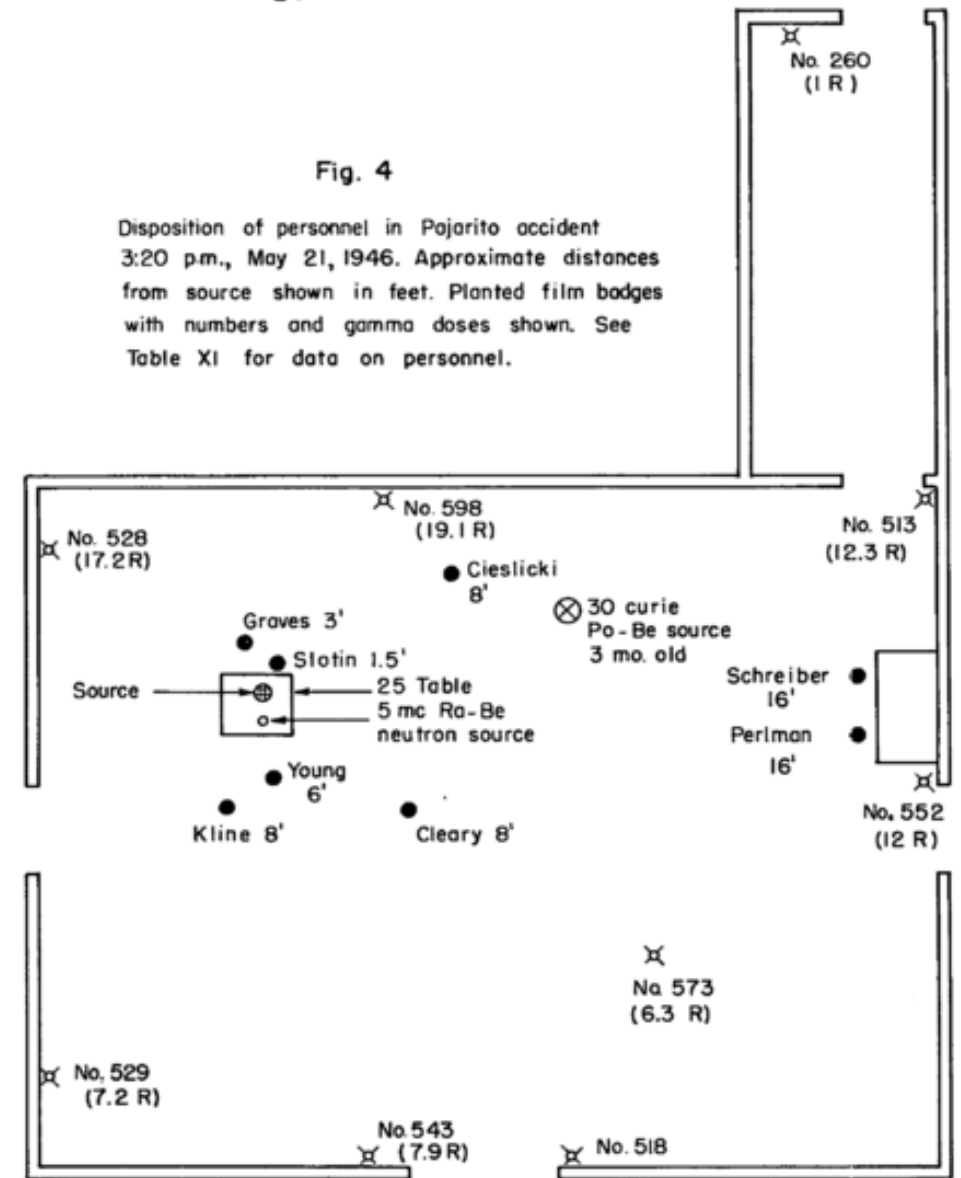
Tahání draka za ocas "tickling the dragon's tail"

- 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

