

# Techniki Jądrowe w Diagnostyce i Terapii Medycznej

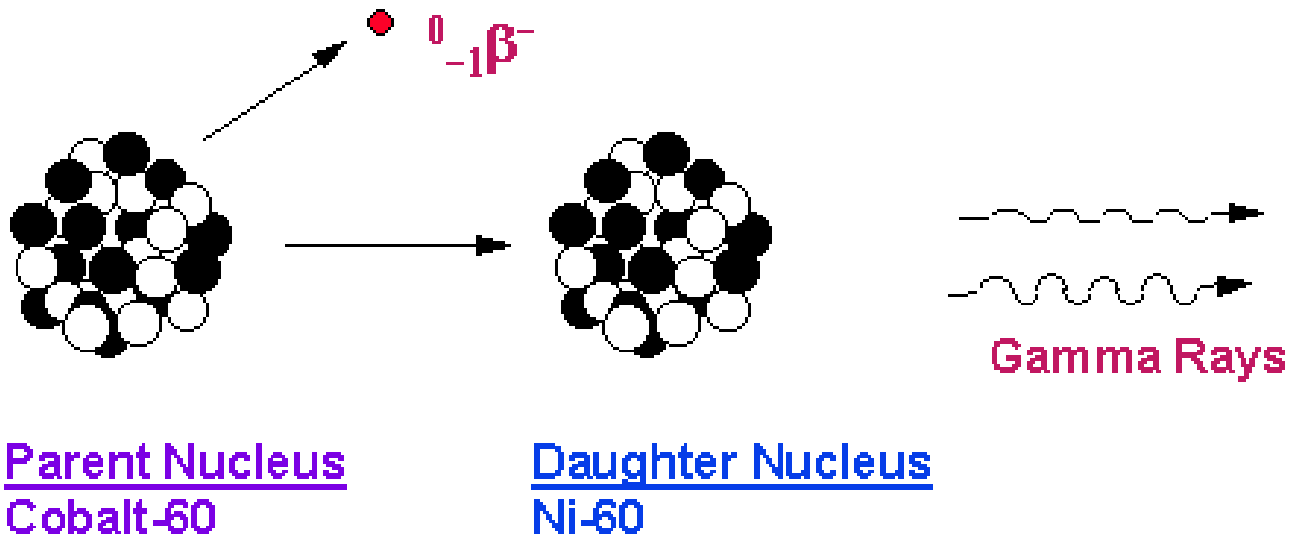
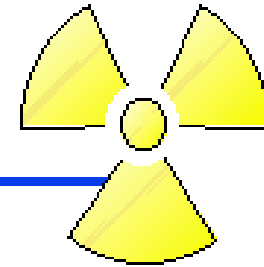
Wykład 2 - 8 marca 2022

Zygmunt Szefliński  
Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów  
[szef@fuw.edu.pl](mailto:szef@fuw.edu.pl)  
<http://www.fuw.edu.pl/~szef/>

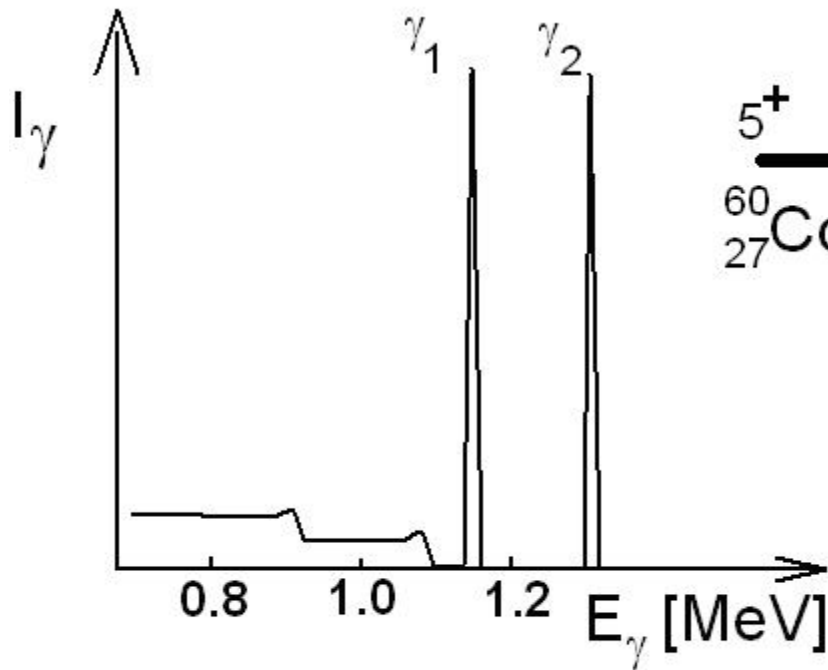
# Rozpad $\gamma$

## Gamma-Ray Radiation

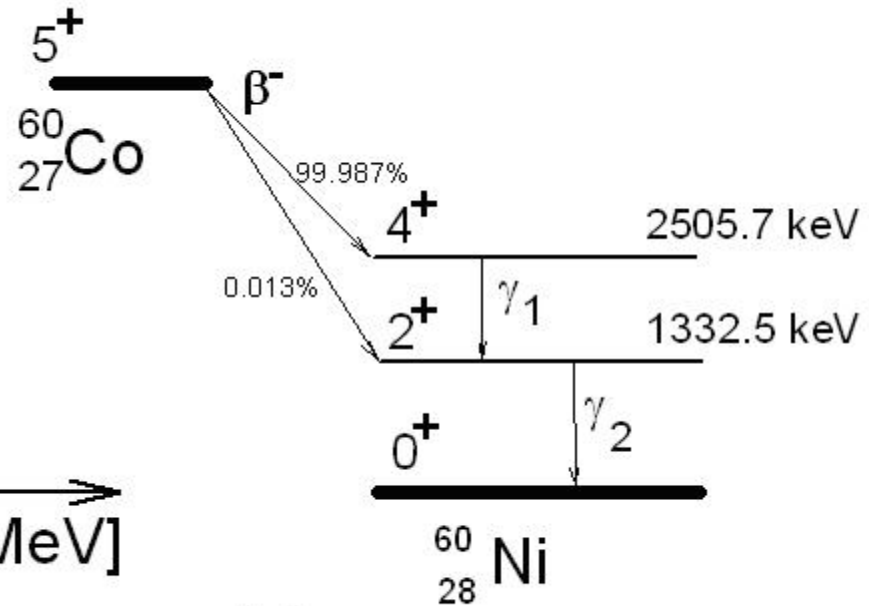
---



# Przemiana $\gamma$



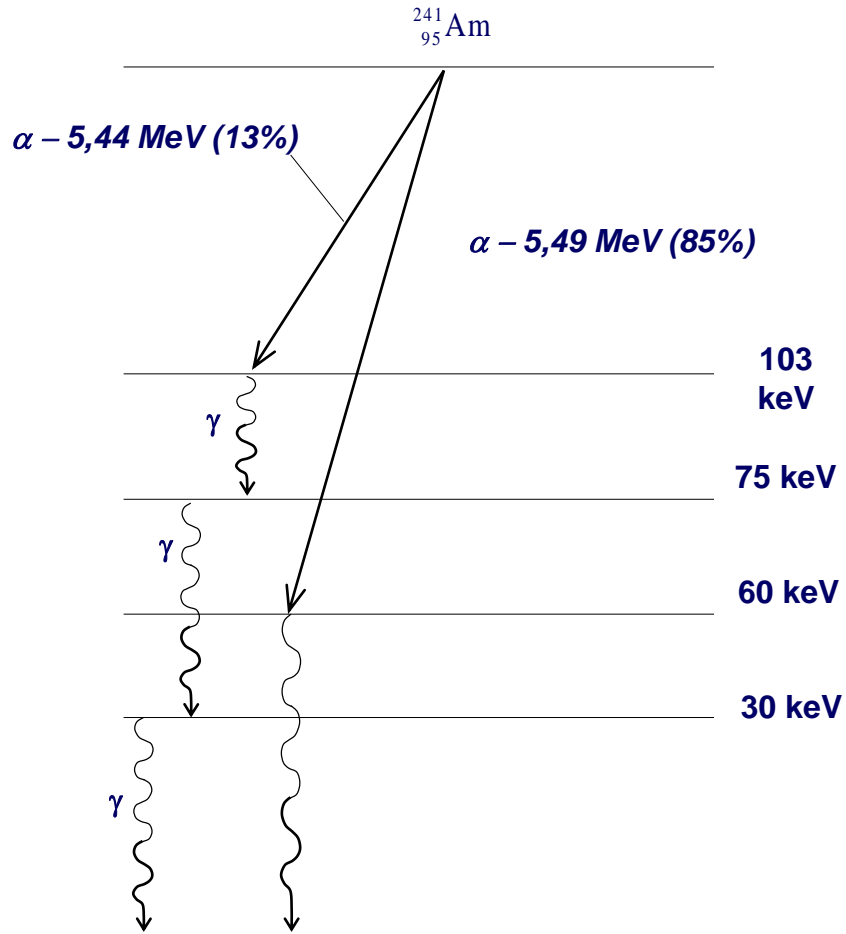
a)



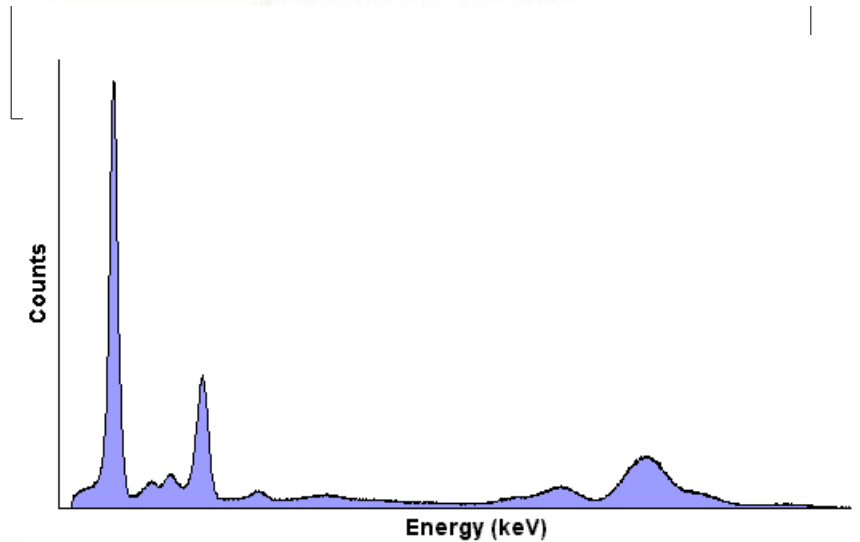
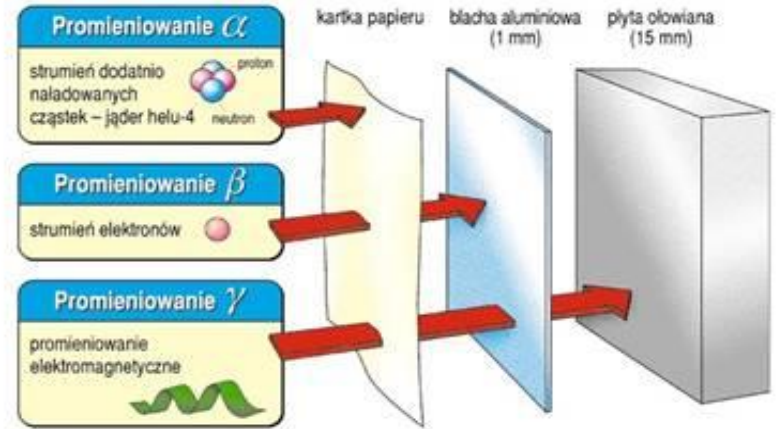
b)

**Widmo promieniowania emitowanego w rozpadzie z nuklidu  $^{60}\text{Co}$ , obserwowane w detektorze  $\text{Ge}(\text{Li})$**

# PROMIENIOWANIE GAMMA ( $\gamma$ )

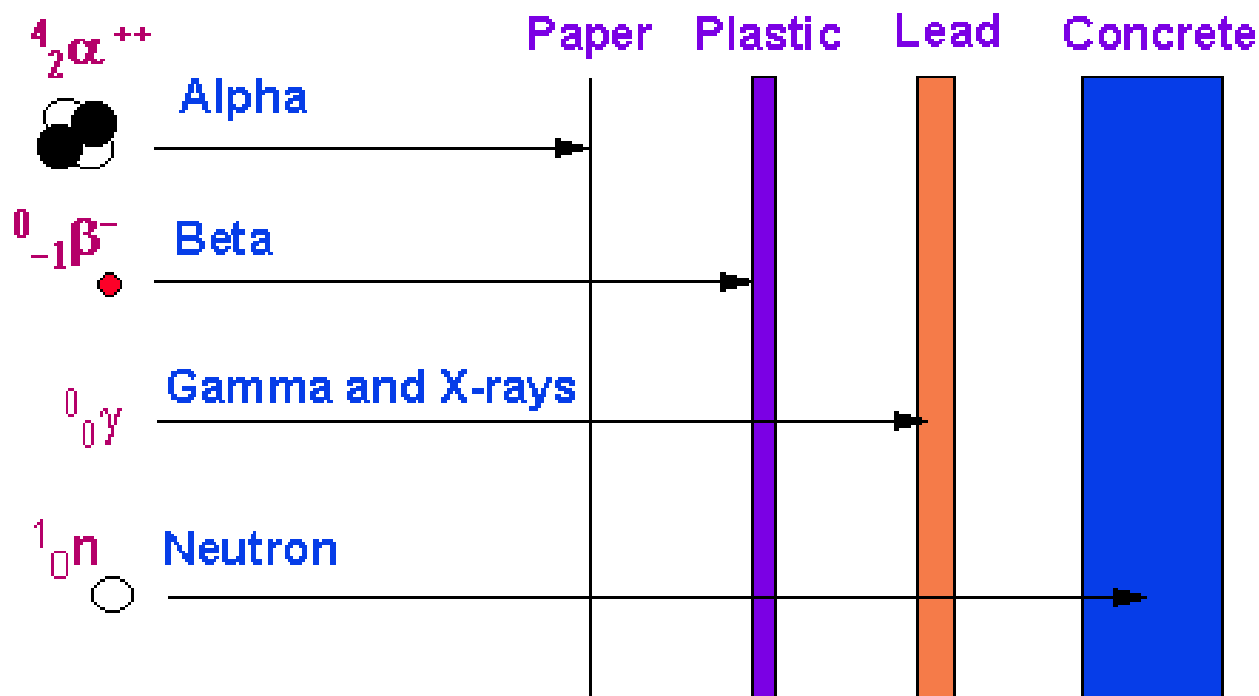
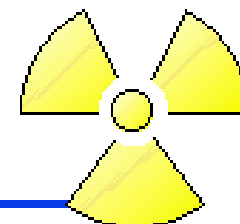


## PRZENIKLIWOŚĆ PROMIENIOWANIA

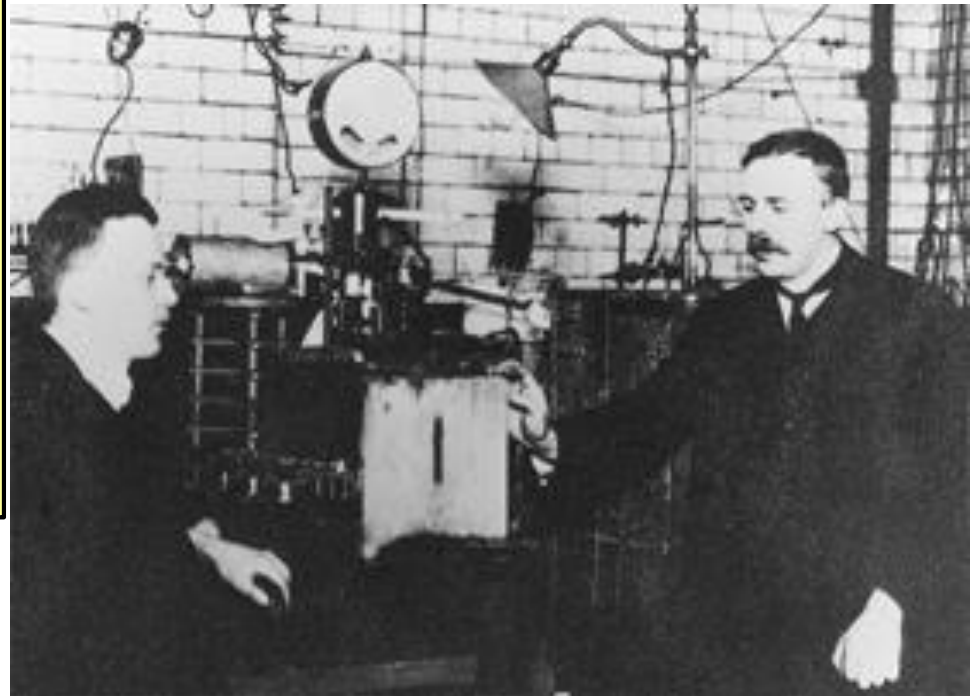
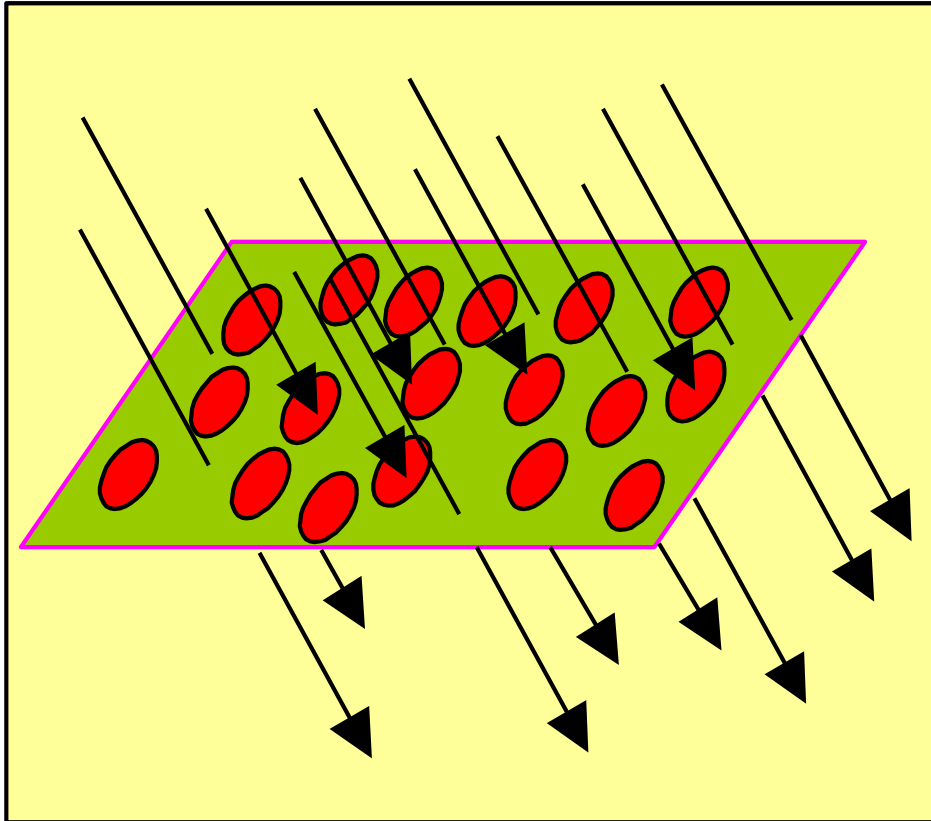


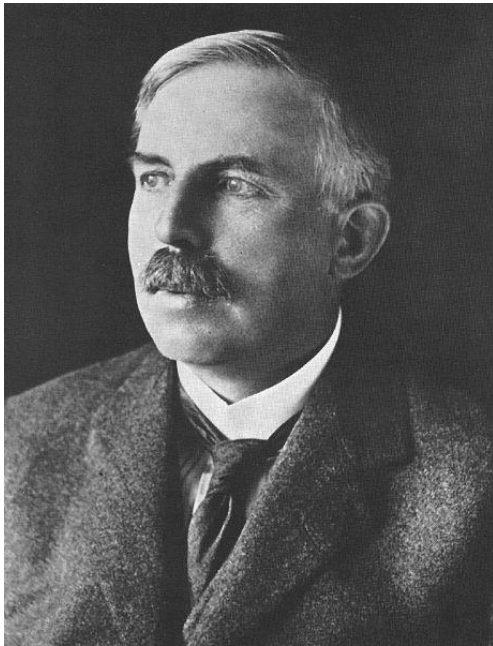
# Własności promieniowania jądrowego

## Penetrating Distances

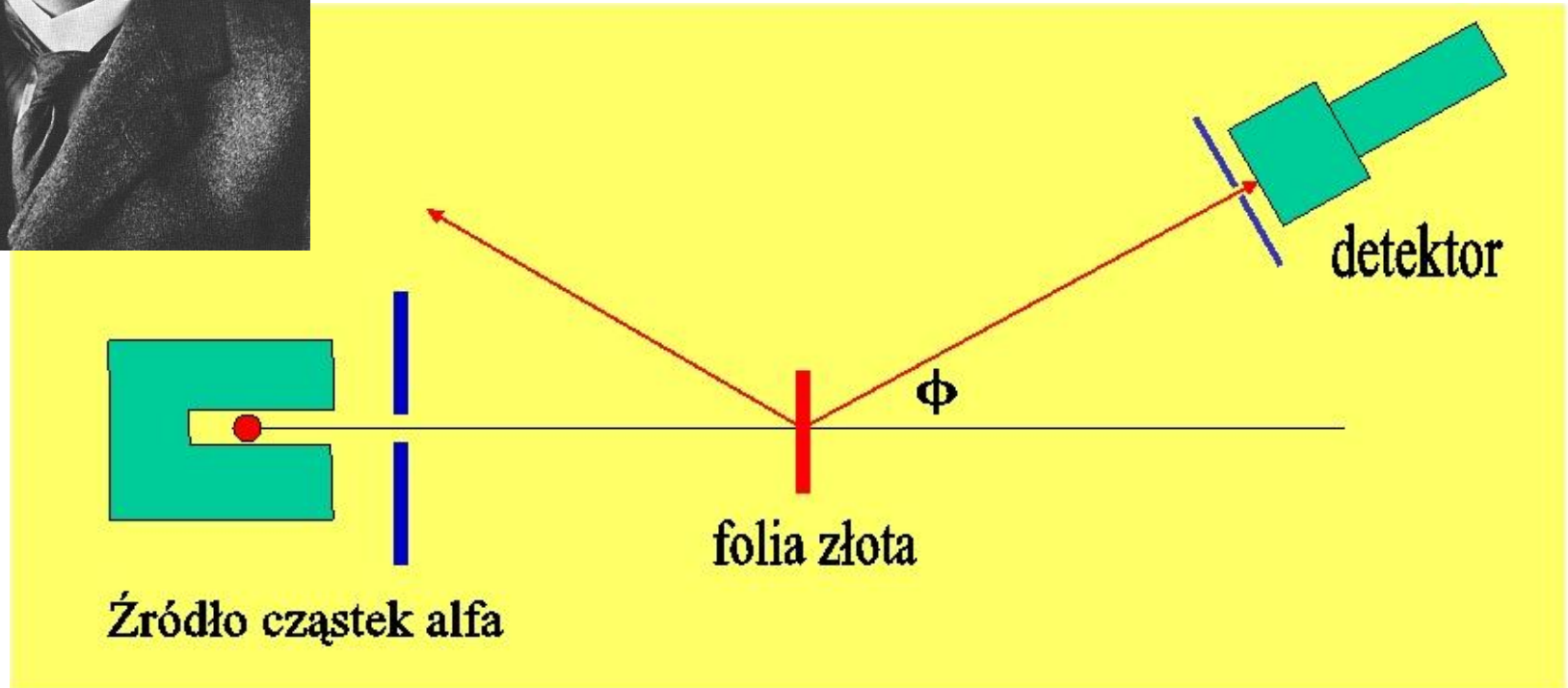


# Odkrycie jądra atomowego



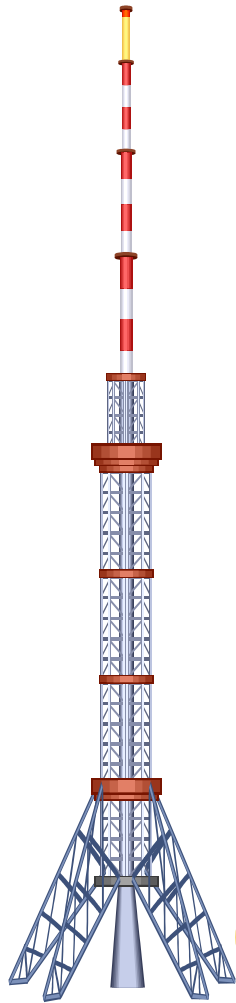


# Odkrycie jądra atomowego



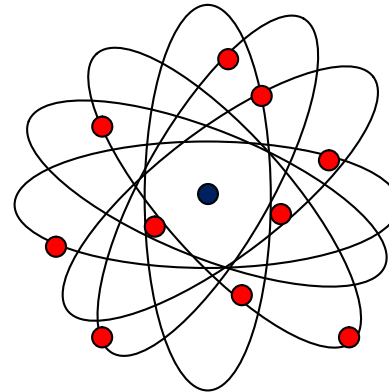
Przykładowe bezwzględne wartości promieni jąder atomowych to:  $R(\text{He})=2 \text{ fm}$ ,  $R(\text{Mg})= 4 \text{ fm}$ , ,  $R(\text{U}) = 7,5 \text{ fm}$ ,  $\text{fm}=10^{-15} \text{ m}$ .

# Rozmiary atomów i jąder

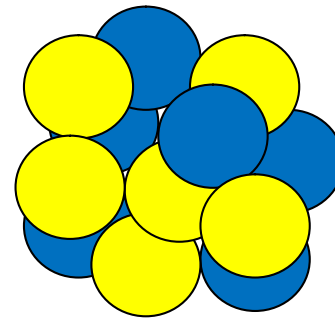


$\sim 10^2 m$

$\sim 10^{-2} m$

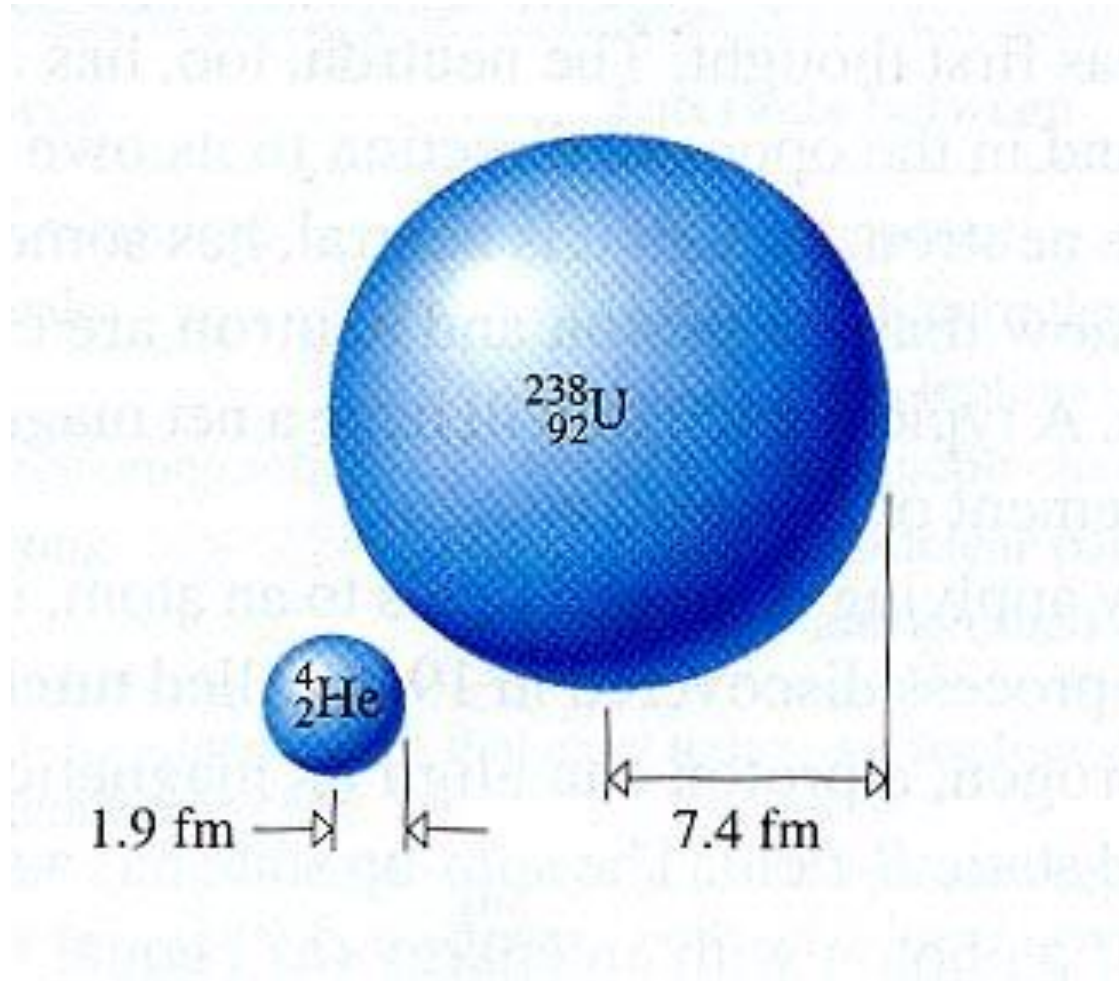


$\sim 10^{-10} m$

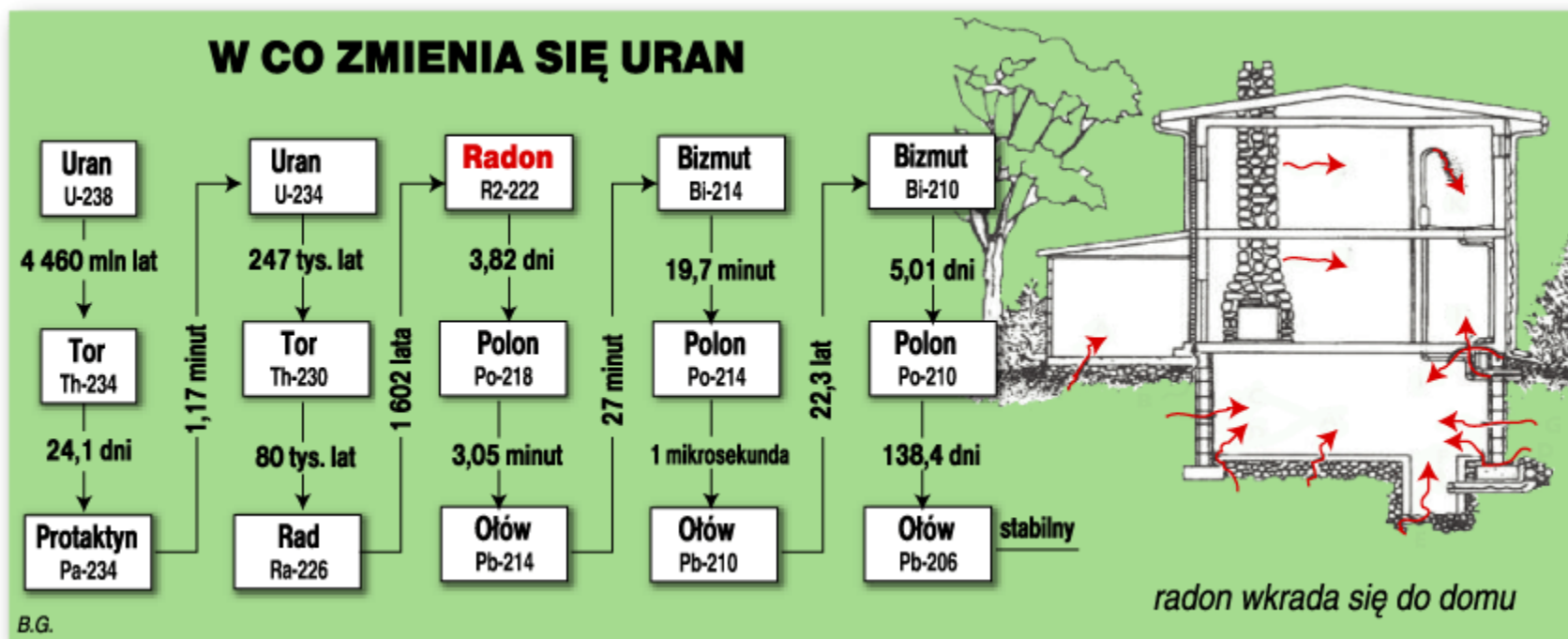


$\sim 10^{-14} m$

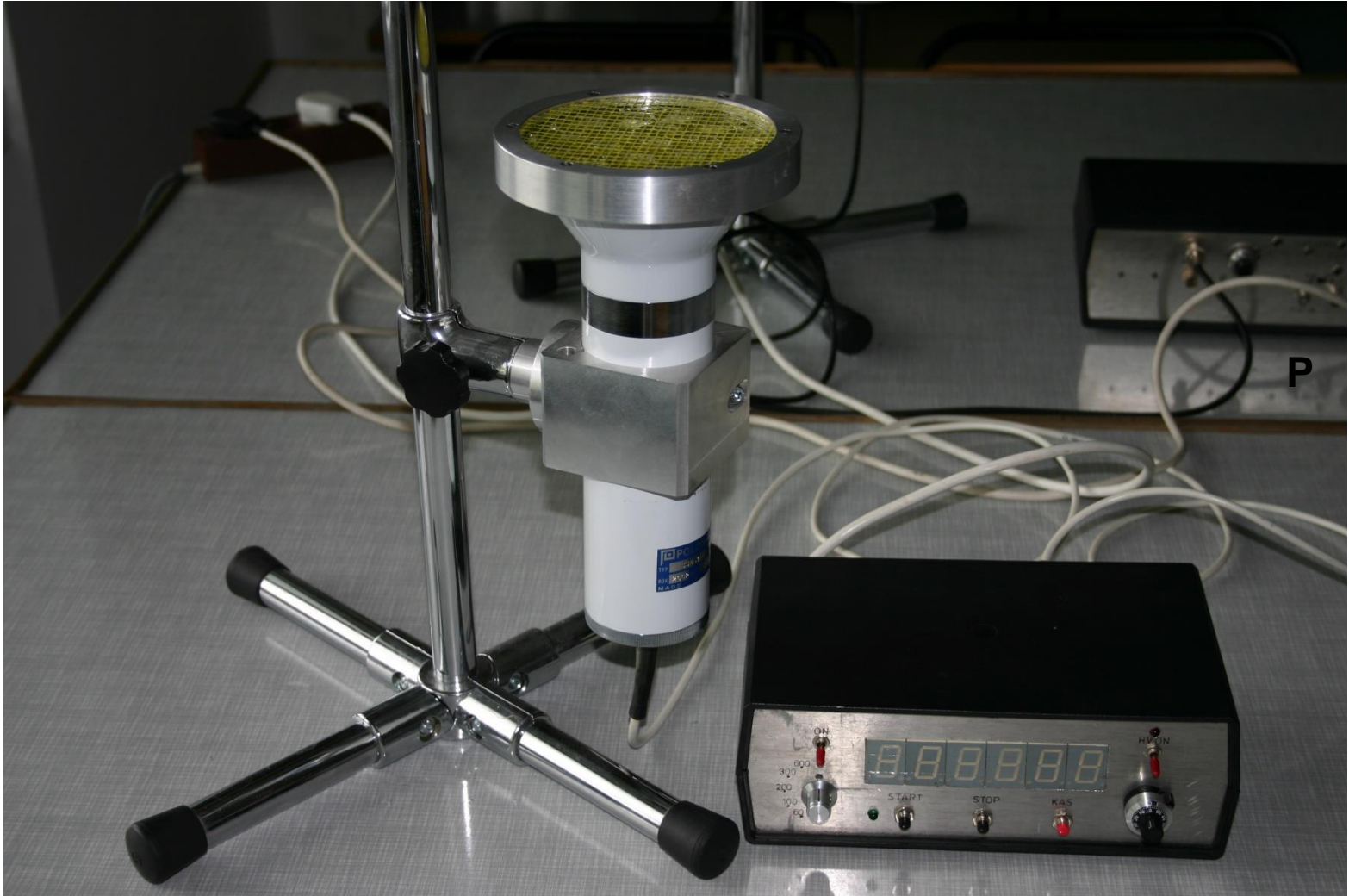
# Przykład rozmiarów



# Radon - element szeregu rozpadu promieniotwórczego uranu

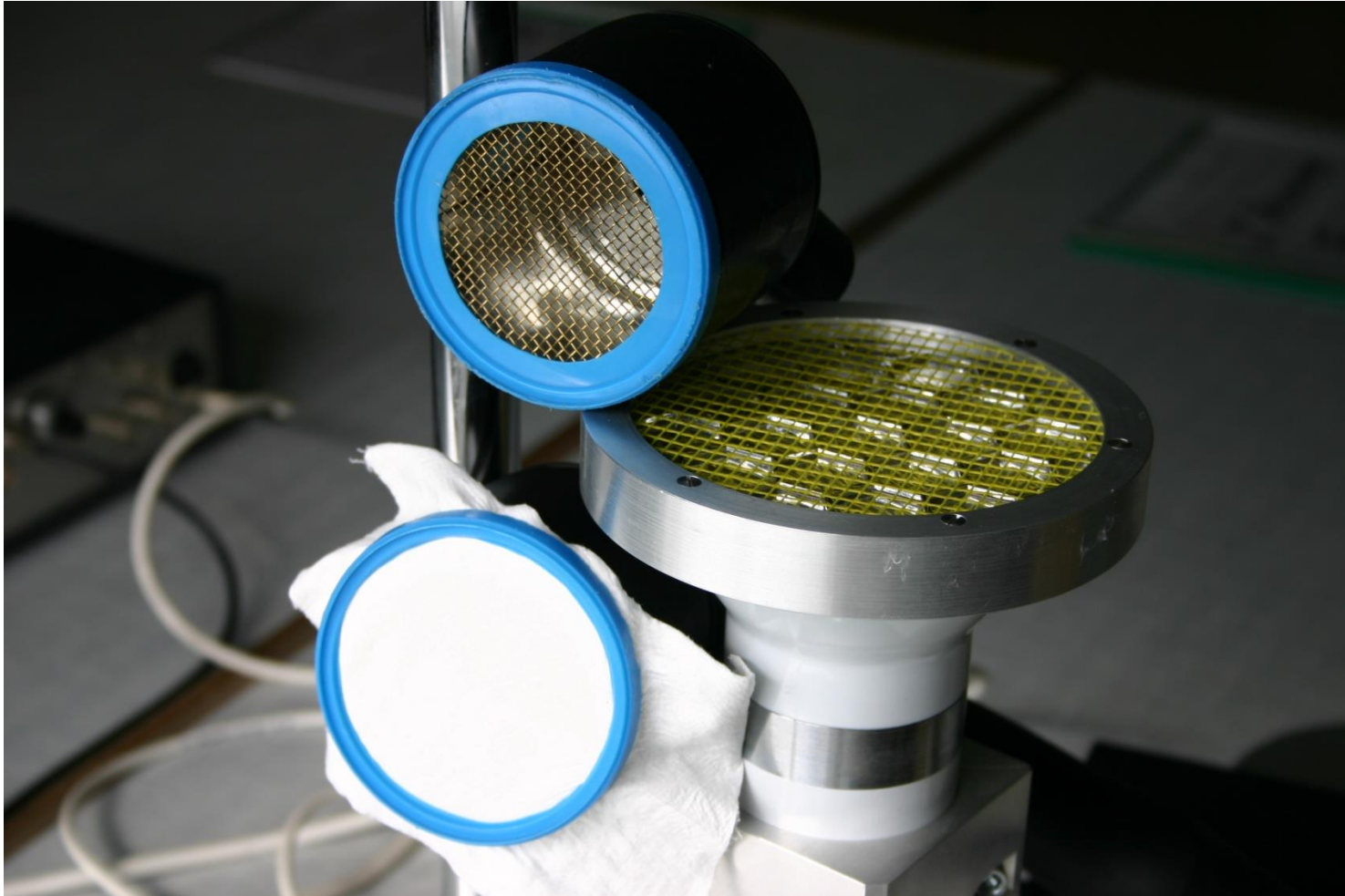


# Aparatura



14-03 2019

# Aparatura



# **Czy bać się awarii elektrowni atomowej?**

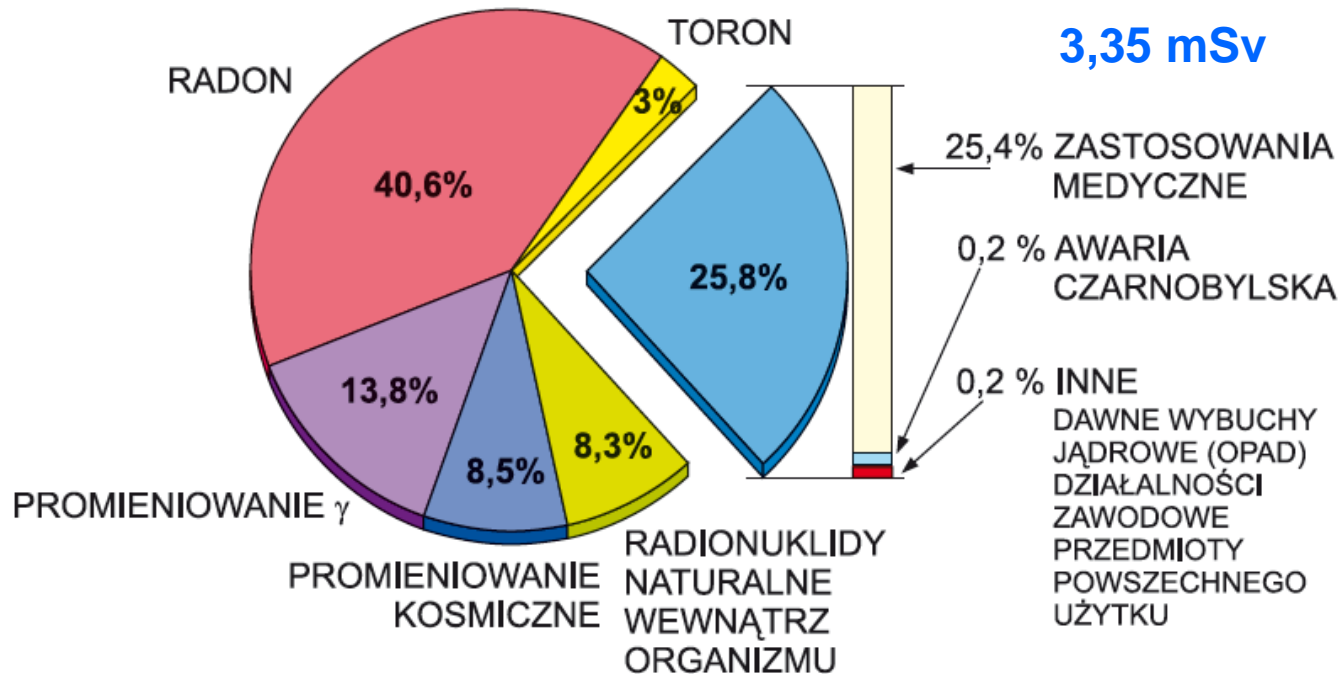
**Niczego w życiu nie należy się  
bać, należy to tylko zrozumieć.**



**Maria Skłodowska-Curie  
(1867-1934)**

# Źródła i wielkość narażenia w Polsce

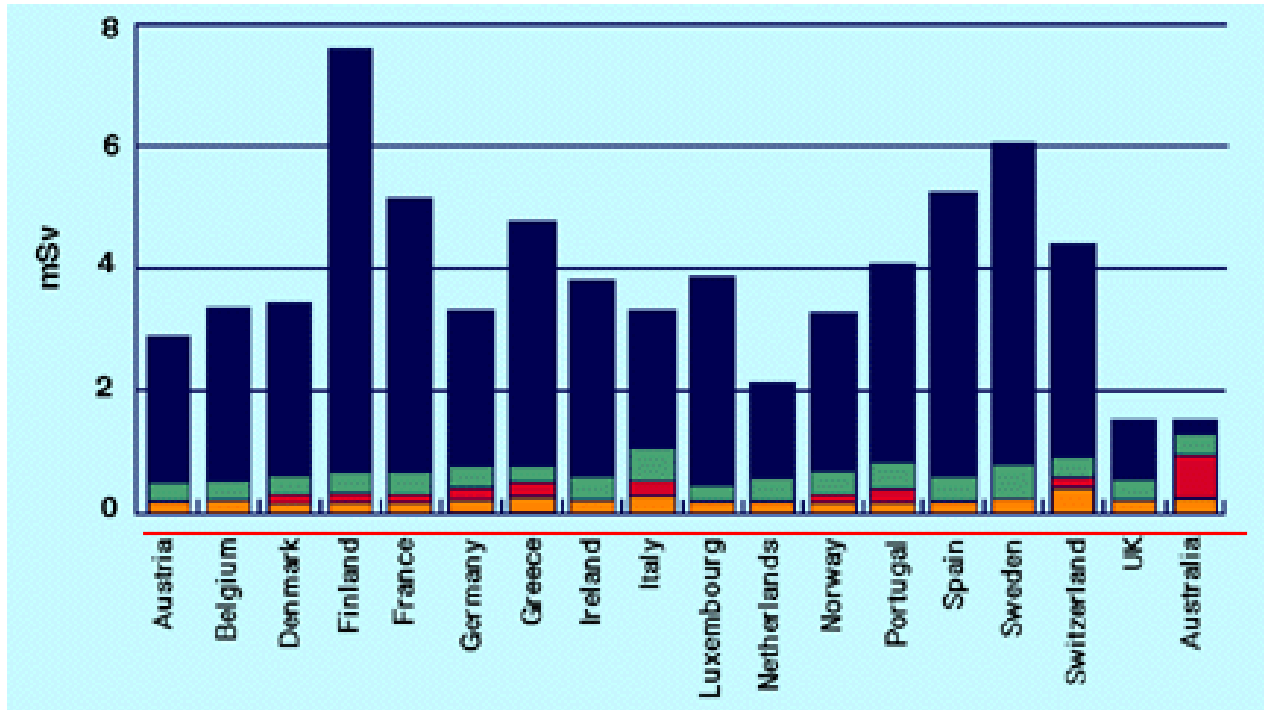
ŹRÓDŁA NATURALNE **74,2%** (2,486 mSv)  
PROMIENIOWANIE OD ŹRÓDEŁ SZTUCZNYCH  
(W TYM W MEDYCYNIE) **25,8%** (0,866 mSv)



**0,25  $\mu$ Sv/h**

**Źródło: Raport PAA, Warszawa 2015**

# Wielkość narażenia na świecie



■ promieniowanie kosmiczne

■ promieniowanie gamma w pomieszczeniach

■ promieniowanie gamma „na powietrzu”

■ radon

# Radon

- symbol Rn,  $Z=86$ ;
- bezbarwny i bezwonny gaz;
- główne źródło promieniowania jonizującego na Ziemi;
- izotopy  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  i  $^{219}\text{Rn}$ ;
- izotop  $^{222}\text{Rn}$  i produkty jego rozpadu są źródłem 40% promieniowania jonizującego, na jakie jesteśmy narażeni

# Gdzie jest radon?

Aktywność radonu (w Bq/m<sup>3</sup>) w naszym otoczeniu - dane orientacyjne .

Miejsce pomiaru	Aktywność [Bq/m <sup>3</sup> ]
powietrze przy gruncie	10
wietrzony pokój	40
pokój zamknięty	80
piwnica	400
pieczara	10000

# Co czytać?

<http://archiwum.wiz.p>

ZBIGNIEW P. ZAGÓRSKI, BAĆ SIĘ RADONU?  
Artykuł pochodzi z "Wiedzy i Życia" nr 8/1997

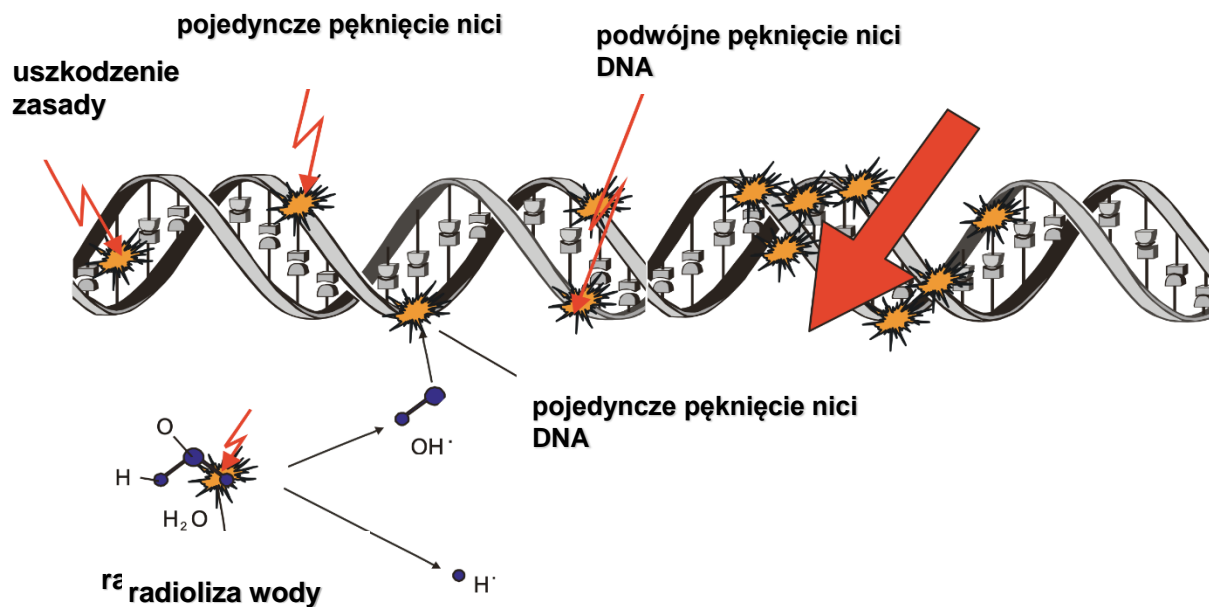
ZBIGNIEW JAWOROWSKI,  
DOBROczynne PROMIENIOWANIE  
Artykuł pochodzi z "Wiedzy i Życia" nr 3/1997

ZBIGNIEW JAWOROWSKI, RADON I RAK  
Artykuł pochodzi z "Wiedzy i Życia" nr 4/1998

# Uszkodzenie DNA

promieniowanie X, gamma, beta

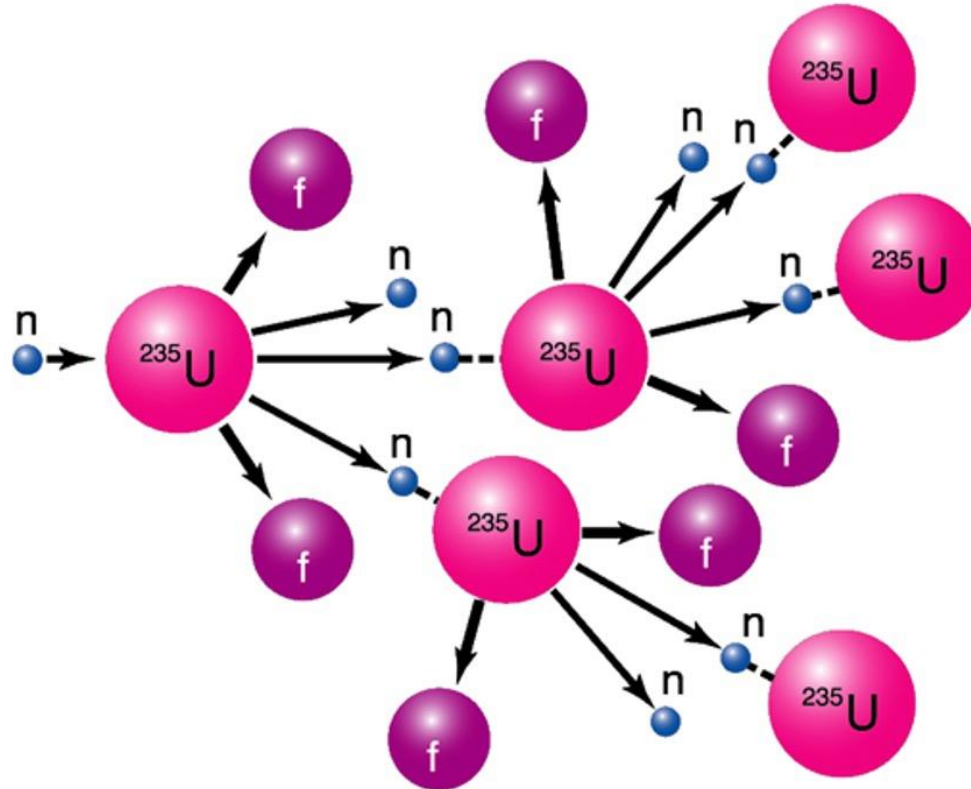
cząstki alfa, protony, neutrony, itp.



# Częstość uszkodzeń DNA

Rodzaj uszkodzenia	Liczba uszkodzeń spontanicznych powstających w komórce w ciągu 1 godziny	Liczba uszkodzeń indukowanych w komórce przez dawkę 1 Gy
Pęknięcie obu nici DNA (DSB)	mniej niż 1	40
Pęknięcie jednej nici DNA (SSB)	5000	1000

# Łańcuchowa reakcja rozszczenia



Źródło: Encyklopedia powszechna PWN

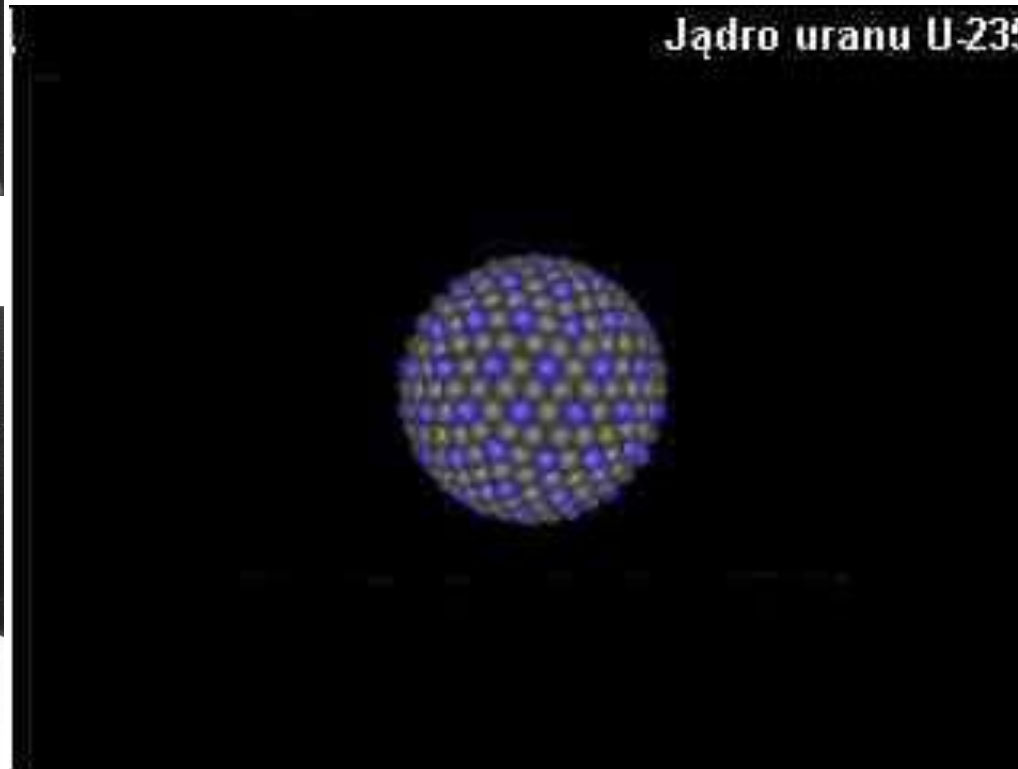
# Odkrycie reakcji rozszczepienia uranu-235 - rok 1938



Otto Hahn

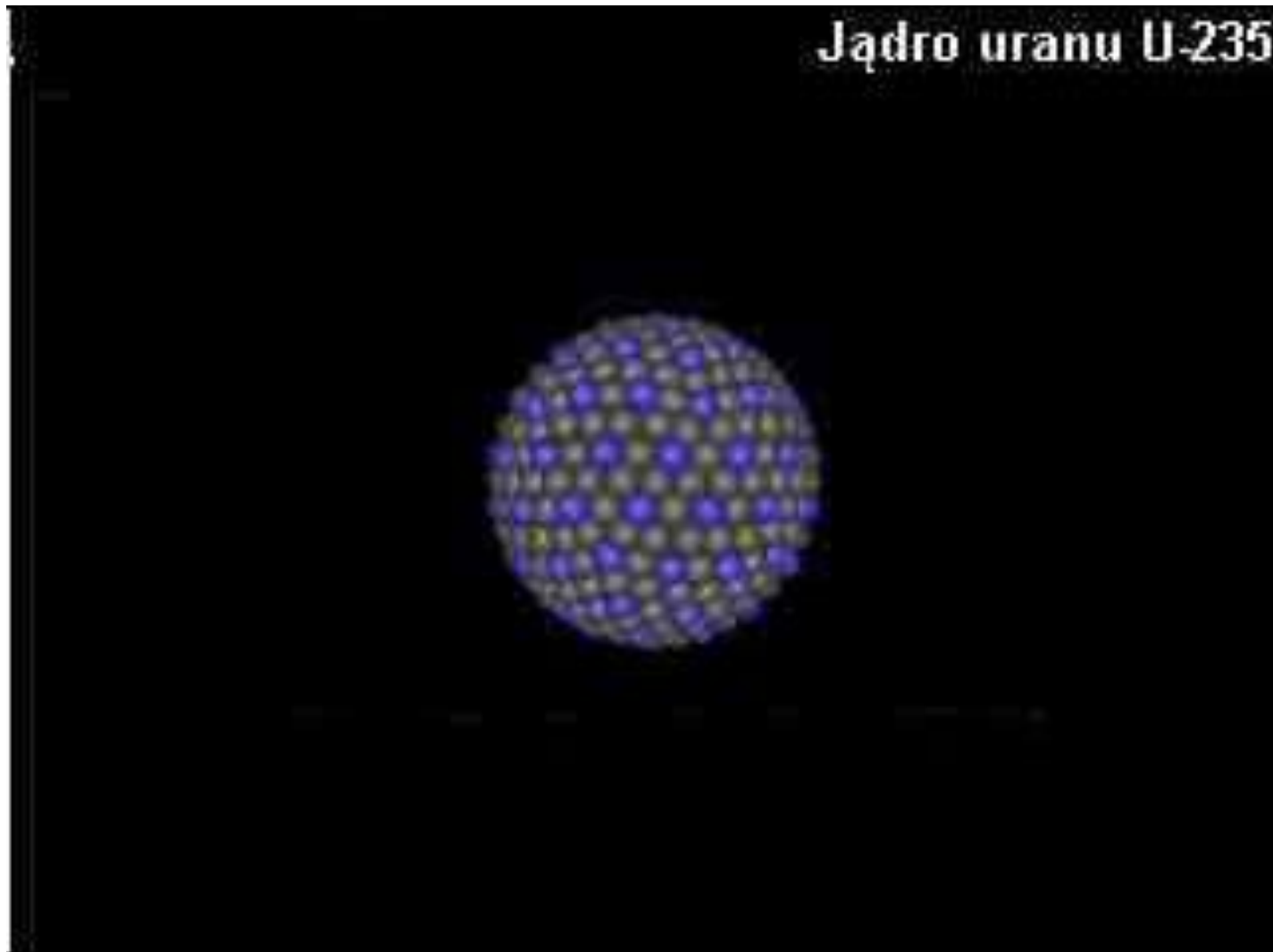


Fritz Strassmann



Lise Meitner

# Reakcja rozszczepienia



# Spowalniacze i odbiór ciepła

<b>Woda</b>	– $H_2O$	(pochłanianie na H)
<b>Ciężka woda</b>	– $D_2O$	(O.K. – koszty)
<b>Grafit</b>	– C	(ciężki, tani)
<b>Beryl</b>	– Be	(drogi)

# **Pierwszy prąd z energii jądrowej**

**W sierpniu 1951 roku uruchomiono Experimental Breeder Reactor Number One EBR-1, do produkcji plutonu oraz do badań fizycznych. W grudniu 1951 roku podłączona do obiegu chłodzenia turbina wytworzyła prąd z paliwa jądrowego. Reaktor ten był zlokalizowany w USA w stanie Idaho około miejscowości Arco**



# Energetyka jądrowa

## Jądrowy blok energetyczny

– reaktor jądrowy z turbiną i generatorem



## Elektrownia jądrowa

– jeden lub kilka jądrowych bloków energetycznych umiejscowionych na wydzielonym obszarze ze wspólną infrastrukturą techniczną.



**Elektrownia jądrowa  
Zaporoże**

# Jak działa reaktor jądrowy?

Wszystkie pracujące obecnie na świecie reaktory jądrowe wykorzystują energię rozszczepienia jądrowego.

Aby produkować energię elektryczną, reaktor jądrowy musi:

- utrzymywać łańcuchową reakcję rozszczepienia;
- odprowadzać ciepło powstające w tej reakcji, za pomocą płynu zwanego chłodziwem;
- ciepło napędza turbinę połączoną z generatorem;
- generator wytwarza energię elektryczną.

# Jak napędzamy turbinę

Dwie możliwości:

1. Chłodziwo może bezpośrednio napędzać turbinę. Dotyczy to, między innymi, reaktorów z wrzącą wodą (**BWR**). Chłodziwem jest woda. Pod wpływem ciepła z rozszczepień jądrowych woda zamienia się w parę, która napędza turbinę;
2. Ciepło przenoszone przez chłodziwo można przekazywać innej cieczy w wymienniku ciepła, nazywanym wytwornicą pary. W praktyce, tą drugą cieczą zawsze jest woda. Woda ta, zamieniona w parę w wymienniku ciepła, napędza turbinę. Takie rozwiązanie przyjęto w ciśnieniowych reaktorach wodnych (**PWR**). Wszystkie reaktory energetyczne eksploatowane we Francji należą do tego typu.

# Uran naturalny a paliwo

0,71 % - U-235,  $T_{1/2}=0,72$  mld lat

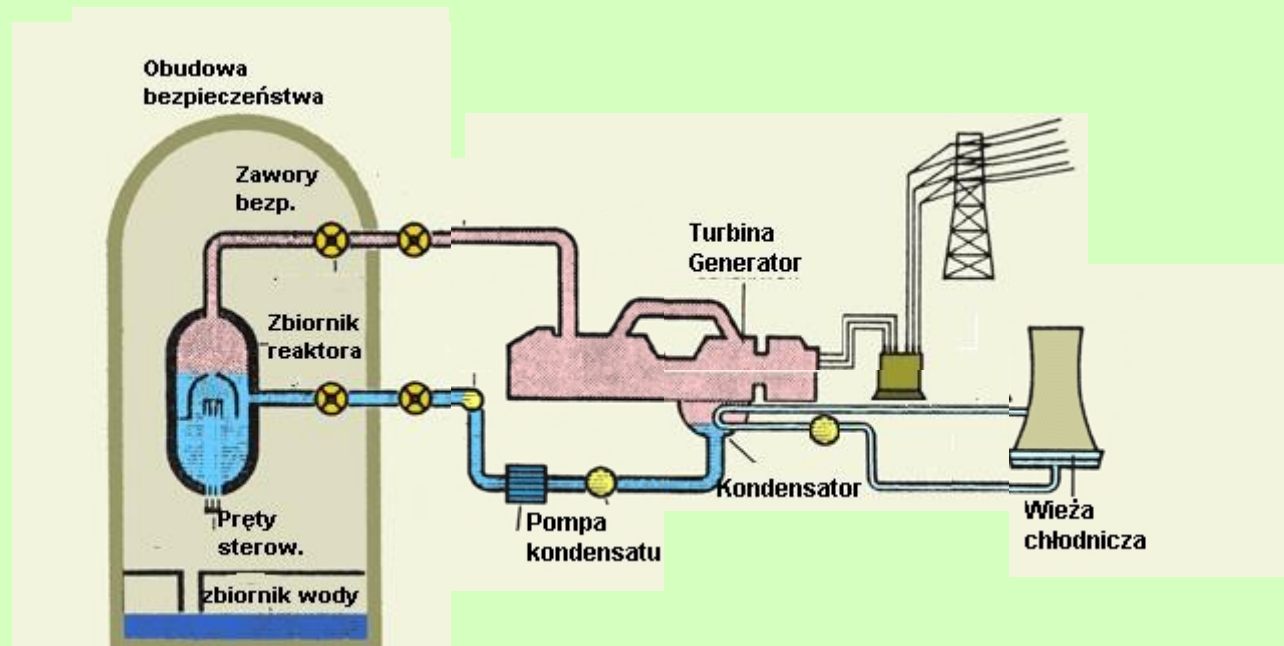
99,29 % - U-238,  $T_{1/2}=4,5$  mld lat

0,0055% - U-234 produkt rozpadu U-238

W reaktorze PWR paliwem jest przede wszystkim uran w postaci tlenku, wzbogacony w izotop rozszczepialny U 235 do poziomu 3-5 %. Paliwo umieszczone w zbiorniku reaktora tworzy jego rdzeń.

# Elementy jądrowego bloku energetycznego (LWR)

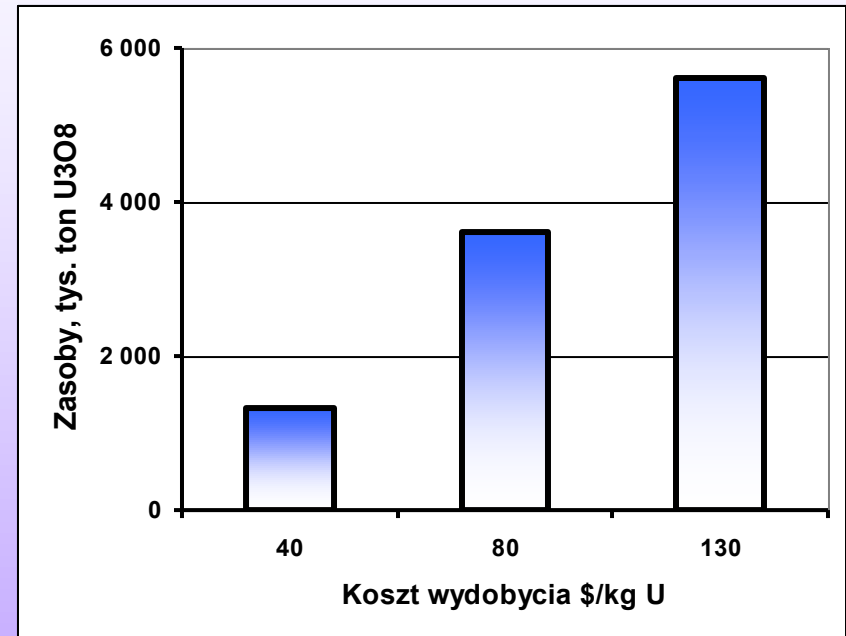
- Turbina parowa i generator;
- Kondensator i układ chłodzenia obiegu wtórnego (skraplacz) ;
- Układ zasilania kondensatem;
- Jądrowy układ wytwarzania pary - reaktor PWR;
- Jądrowy układ wytwarzania pary - reaktor BWR



# Wydobycie uranu

Światowe rozpoznane zasoby uranu - mln ton  $U_3O_8$

	<80 \$/kgU	<130 \$/kgU
Australia	1,074	1,910
Kazachstan	0,662	0,957
Kanada	0,439	0,532
Poł. Afryka	0,298	0,369
Namibia	0,213	0,287
Rosja	0,158	0,218
Brazylia	0,143	0,309
USA	0,102	0,355
Uzbekistan	0,093	0,153
Pozostali	0,480	0,526
Ogółem	3,622	5,834

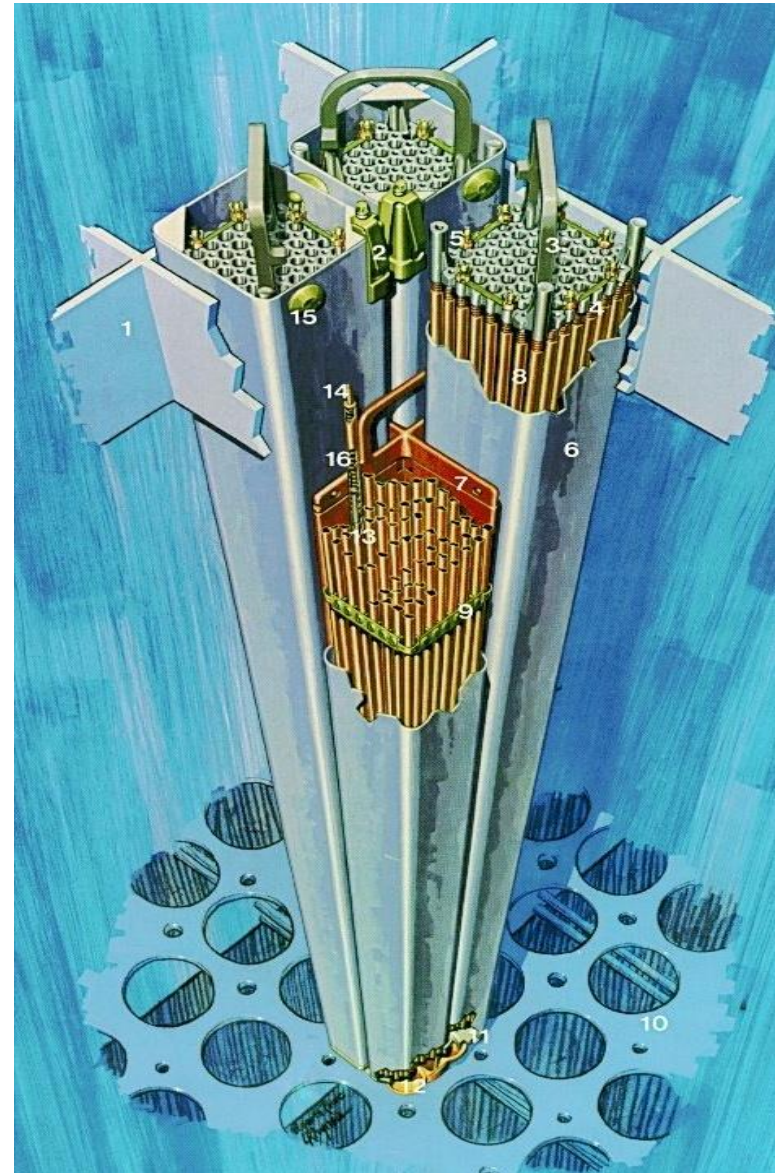
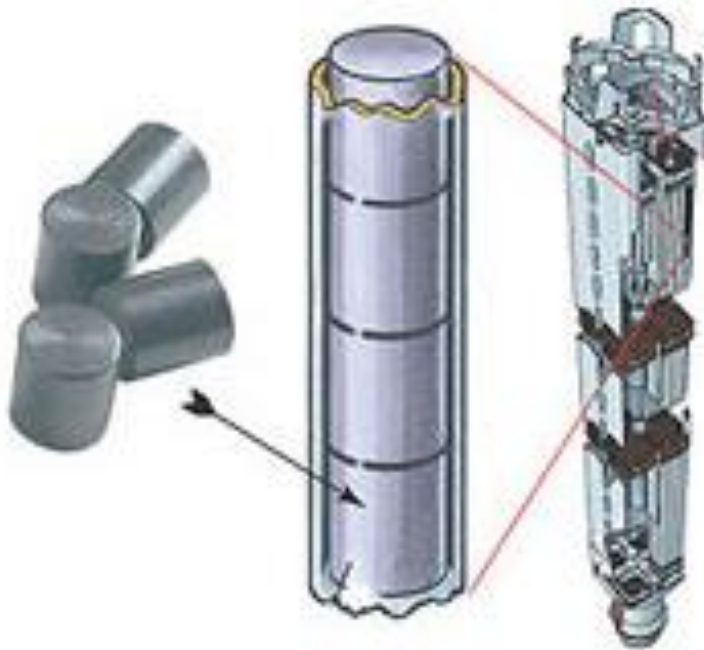




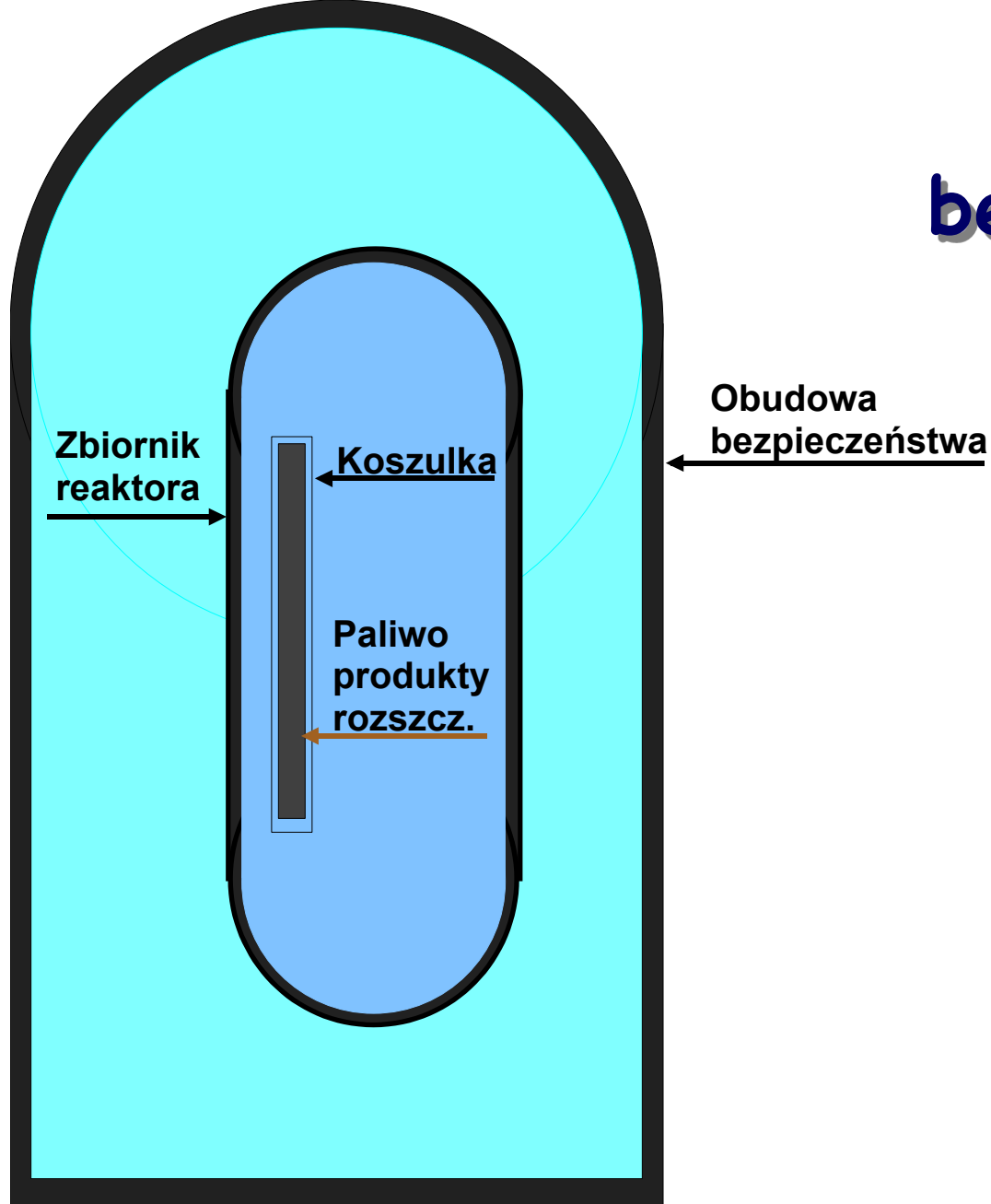
# Kasety paliwowe

Temperatura topnienia  
Cyrkonu  $T=1900^{\circ}\text{C}$

Pręty paliwowe



# Bariery bezpieczeństwa



# Zbiornik reaktora



**Montaż zbiornika reaktora nr 1 w elektrowni jądrowej w Civaux (Francja).  
Copyright AREVA / L. Godart.**

# Fakt

12.03.2011

## Atomowy strach przed chmurą



22.1.2019

EKOJ - Wykład 14

# TVP-INFO 4 marca 2022

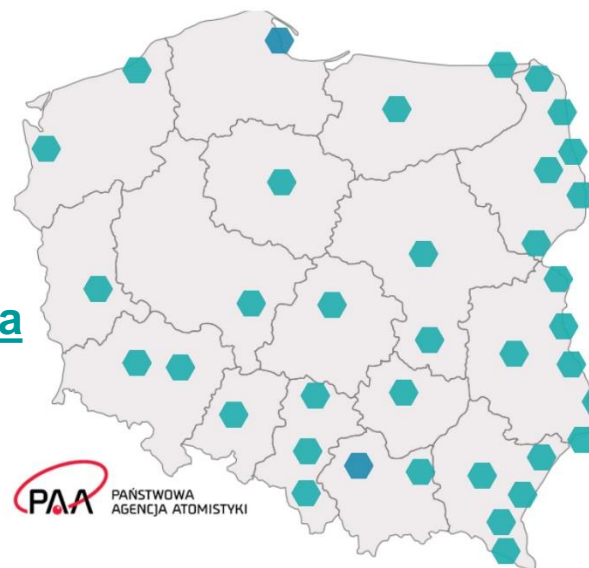


**W rzeczywistości: ostrzał elektrowni jądrowej na Zaporozżu**

# Sytuacja radiacyjna w Polsce

Państwowa Agencja Atomistyki (PAA)

<https://www.gov.pl/web/paa/sytuacja-radiacyjna>



## LEGENDA

Moc dawki promieniowania gamma w  $\mu\text{Sv/h}$

