

Podstawowe pojęcia fizyki jądrowej, atomowej i radiacyjnej

dr inż. Krzysztof Wojciech Fornalski

krzysztof.fornalski@gmail.com

Definicje

- Fizyka jądrowa – zajmuje się właściwościami jądra atomowego
- Fizyka atomowa – zajmuje się właściwościami powłok elektronowych
- Fizyka radiacyjna – zajmuje się właściwościami promieniowania jądrowego i atomowego

Podział promieniowania - miejsce powstawania

- Promieniowanie jądrowe – powstaje wewnątrz jądra atomowego (np. alfa, beta, gamma, neutronowe)
- Promieniowanie atomowe – powstaje na powłokach elektronowych atomu (np. promieniowanie X)
- Ale... co to jest to promieniowanie???

Promieniowanie – wszyscy o nim słyszeli, lecz mało kto wie CO TO JEST...

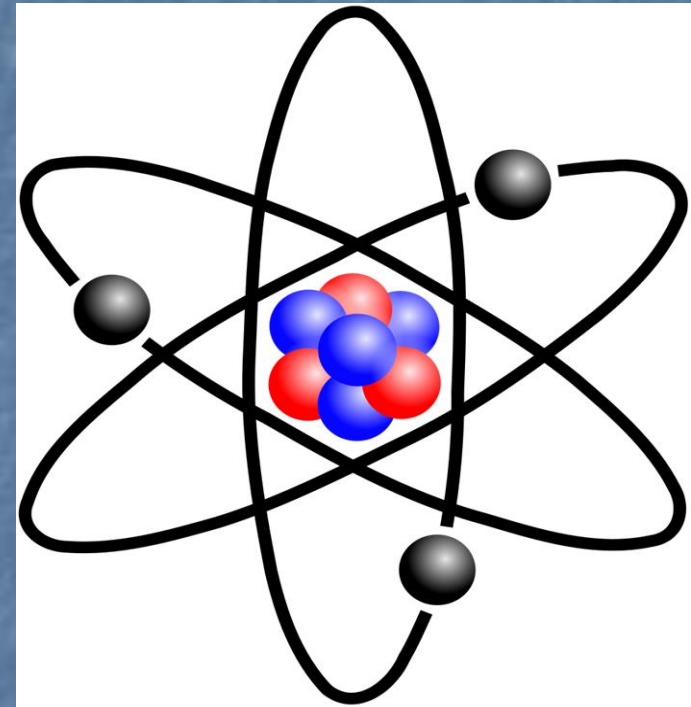


Promieniowanie a budowa atomu

- Promieniowanie = strumień cząstek lub fal elektromagnetycznych
- Lub ogólniej: przekaz energii na odległość
- Zjawisko promieniotwórczości powstaje w wyniku przemian energetycznych w skali atomowej lub jądrowej

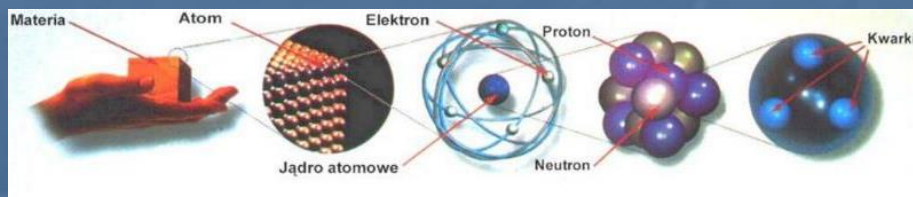
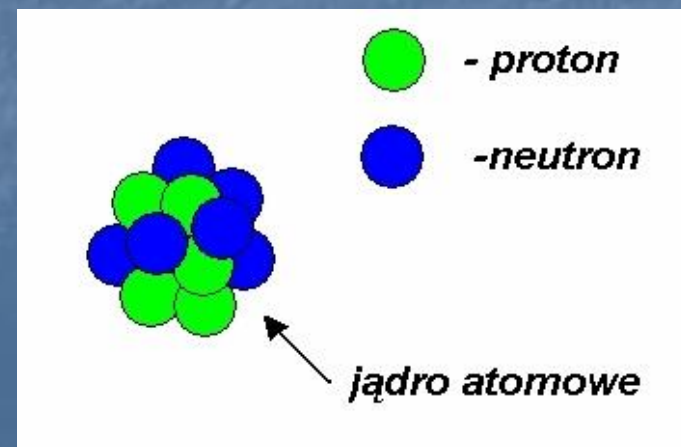
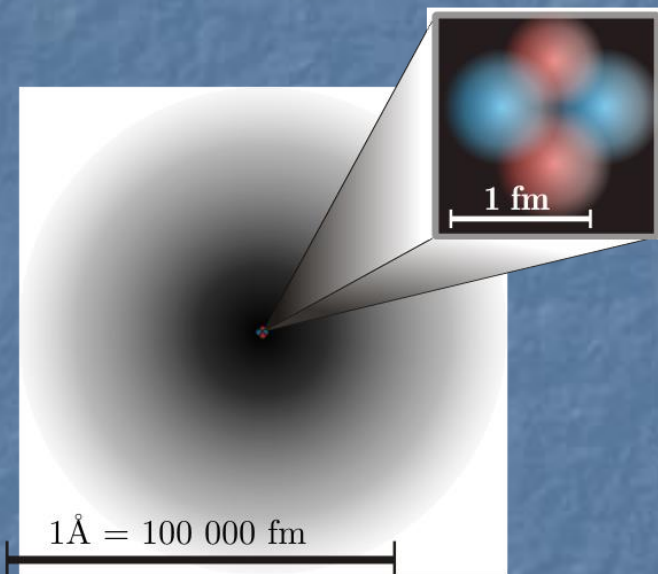
Budowa atomu - historia

- Model Rutherforda
 - Model planetarny
 - Masywne jądro (+)
 - Krążące wokół elektrony (-)
- Model Bohra
 - Rozwinięcie modelu o efekty kwantowe
 - Elektrony na ściśle określonych powłokach



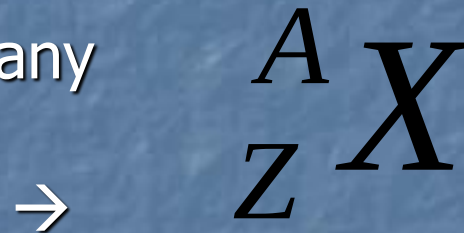
Budowa atomu - współczesność

- rozmyta „chmura” ujemnych elektronów
- w środku jądro atomowe
- jądro składa się z nukleonów
- nukleony to protony i neutrony
- protony są dodatnio naładowane, a neutrony nie posiadają ładunku

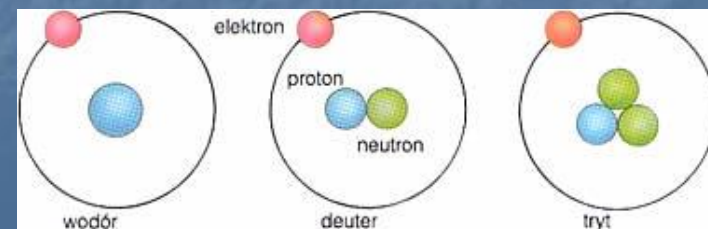
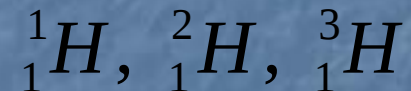
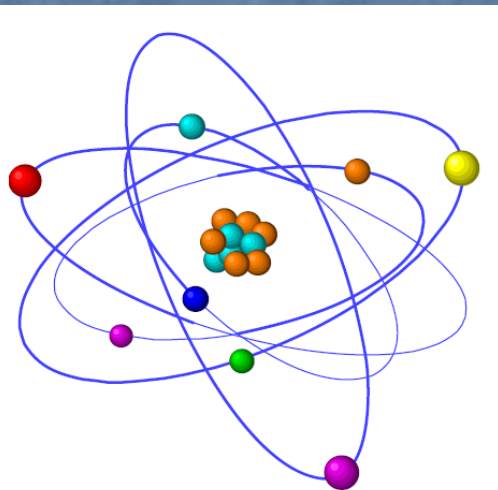


Terminologia atomowa - przypomnienie

- **Nuklid** – atom scharakteryzowany liczbą atomową Z oraz liczbą masową A

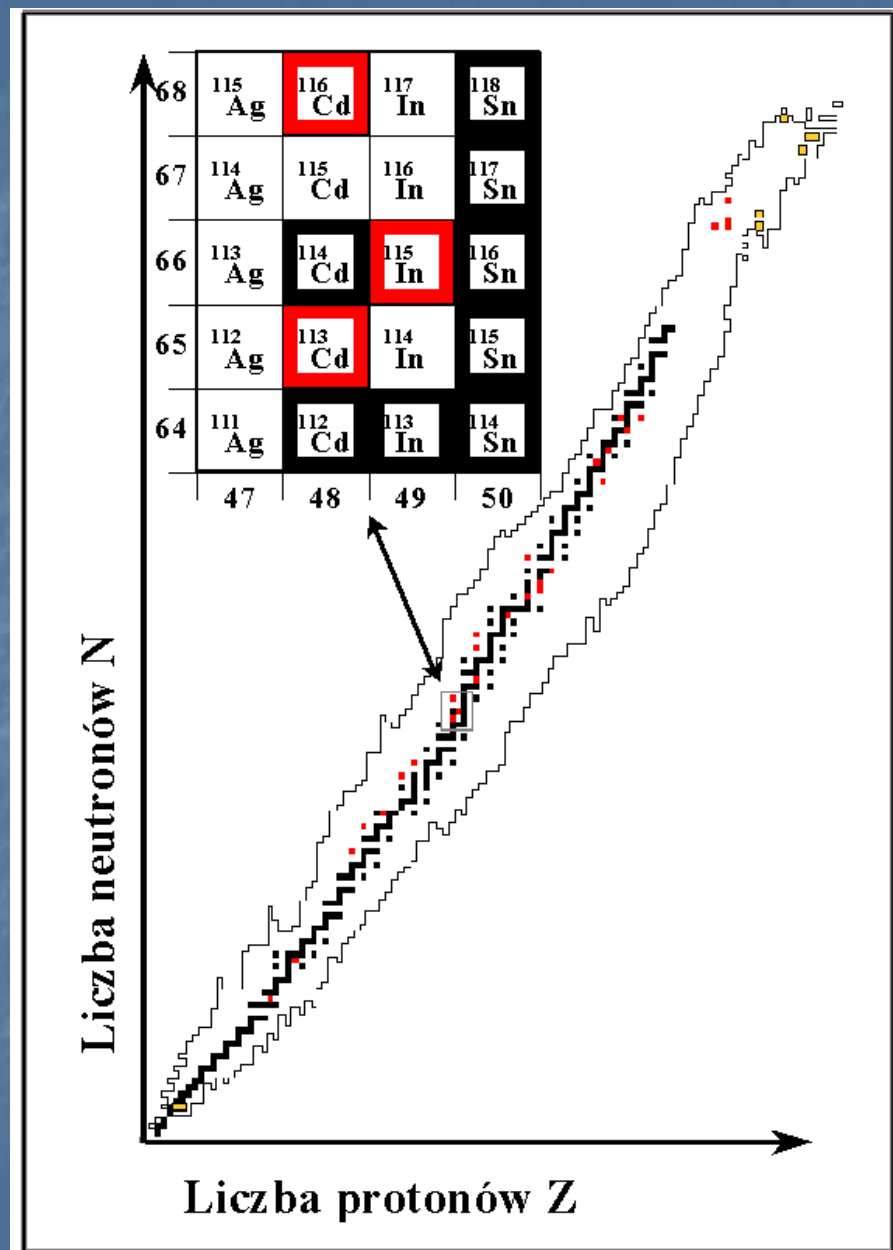


- Z oznacza sumę protonów, a A sumę nukleonów (protonów+neutronów) w jądrze
- **Izotop** – pierwiastek o danej liczbie protonów $Z=\text{const}$ oraz zmiennej liczbie neutronów; np. izotopy wodoru:



Ścieżka stabilności (z prawej) i tablica Mendelejewa (u dołu)

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	* 71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	** 103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
		* 57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
		** 89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		



Dlaczego promieniowanie?

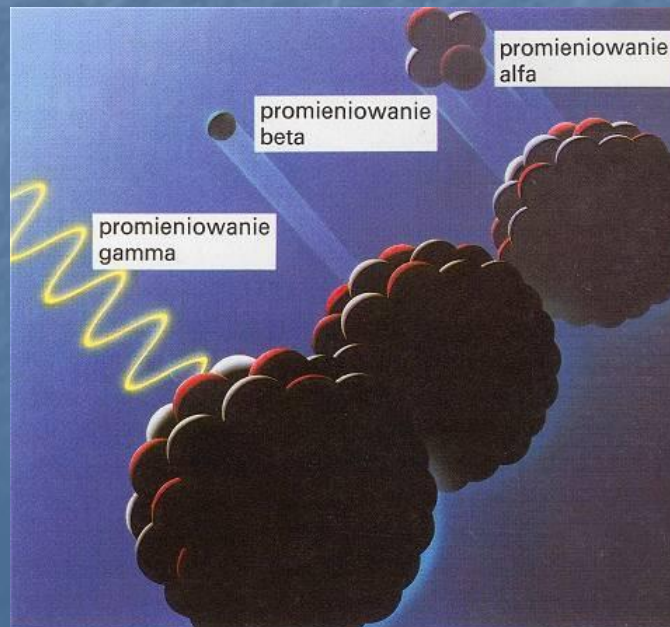
- Atomy oraz jądra atomowe nie są obiektami statycznymi – w ich wnętrzu zachodzi szereg zjawisk fizycznych
- Tym zjawiskom towarzyszy wymiana energii, która może być uwalniana w formie dowolnego typu promieniowania
- **Energia = stan układu fizycznego, zdolność do wykonania pracy**

Emisja promieniowania

- elektrony na powłokach elektronowych (skala atomowa) a nukleony na powłokach jądrowych (skala jądrowa) mogą zmieniać swój **poziom energetyczny**
- różnica w energii między poziomami musi być oddana do otoczenia
- emisja promieniowania jako fala elektromagnetyczna (foton)
- Niekiedy jako cząstka (niestabilność jądra)



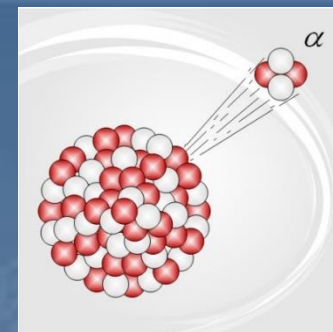
Typy promieniowania



Promieniowanie jonizujące

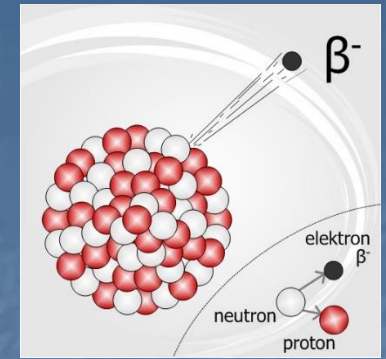
- Promieniowanie jonizuje materię, przez którą przechodzi
- Jonizacja – oddzielenie elektronów od jąder atomowych (częściowa lub całkowita)
- **Podstawowe typy:**
 - Alfa – strumień jąder helu ($2p$ i $2n$)
 - Beta – strumień elektronów
 - Gamma oraz X (Rentgenowskie) – wysokoenergetyczne promieniowanie (fale) elektromagnetyczne

Promieniowanie alfa



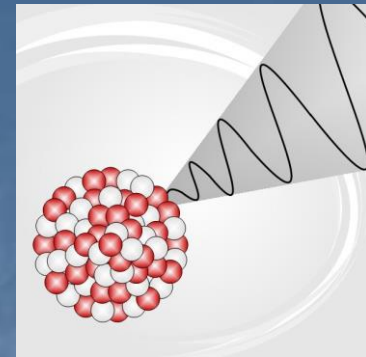
- Strumień cząstek alfa składających się z **2 protonów i 2 neutronów**
- Jest to de facto jądro zwykłego **helu**
- **Jest promieniowaniem jądrowym oraz jonizującym** – powstaje w skutek wewnętrznych przemian w jądrze
- Promieniowanie alfa jest mało przenikliwe, lecz niesie ze sobą dużą energię ze względu na masę i ładunek cząstki
- Promieniowanie alfa jest **krótkozasięgowe** – w powietrzu zanika po kilku centymetrach
- Osłona – prom. alfa zatrzymuje już zwykła kartka papieru
- Jednakże połknięcie izotopu alfa promieniotwórczego może być bardzo niebezpieczne

Promieniowanie beta



- **Strumień elektronów** (promieniowanie beta minus) lub antyelektronów, czyli **pozytonów** (promieniowanie beta plus)
- Promieniowanie jądrowe i jonizujące
- Krótko zasięgowe – zanika po około kilkudziesięciu centymetrach (w zależności od energii)
- Osłona – wystarczy cienka warstwa aluminium lub kilka milimetrów plastiku

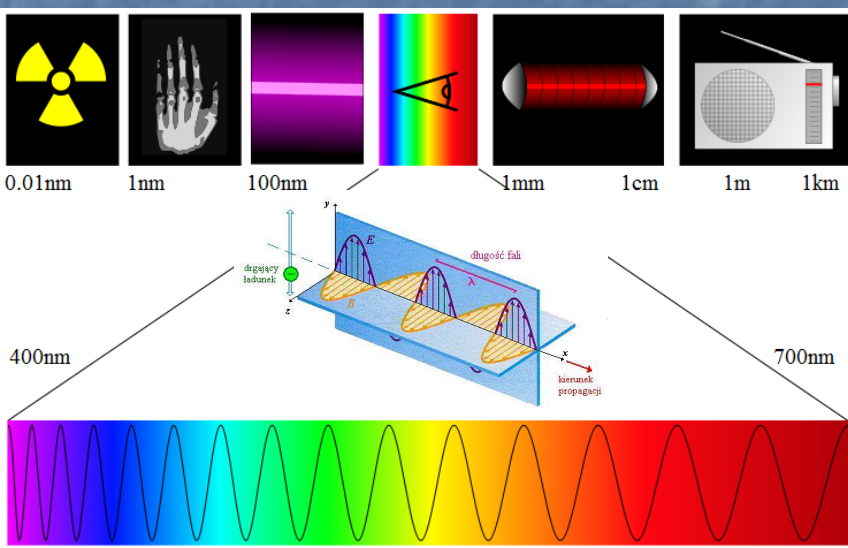
Promieniowanie gamma



- **Strumień fotonów**, czyli fal elektromagnetycznych o dużych energiach
- Jest najczęściej występującym wokół nas typem promieniowania
- Promieniowanie gamma jest niezwykle **przenikliwe** – zatrzymać go może dopiero odpowiednia warstwa ołowiu
- Promieniowanie gamma jest daleko zasięgowe – w próżni porusza się z prędkością światła na nieskończone odległości
- Powstaje w skutek przeskoków nukleonów między powłokami w jądrze atomowym (analogia do drabiny)

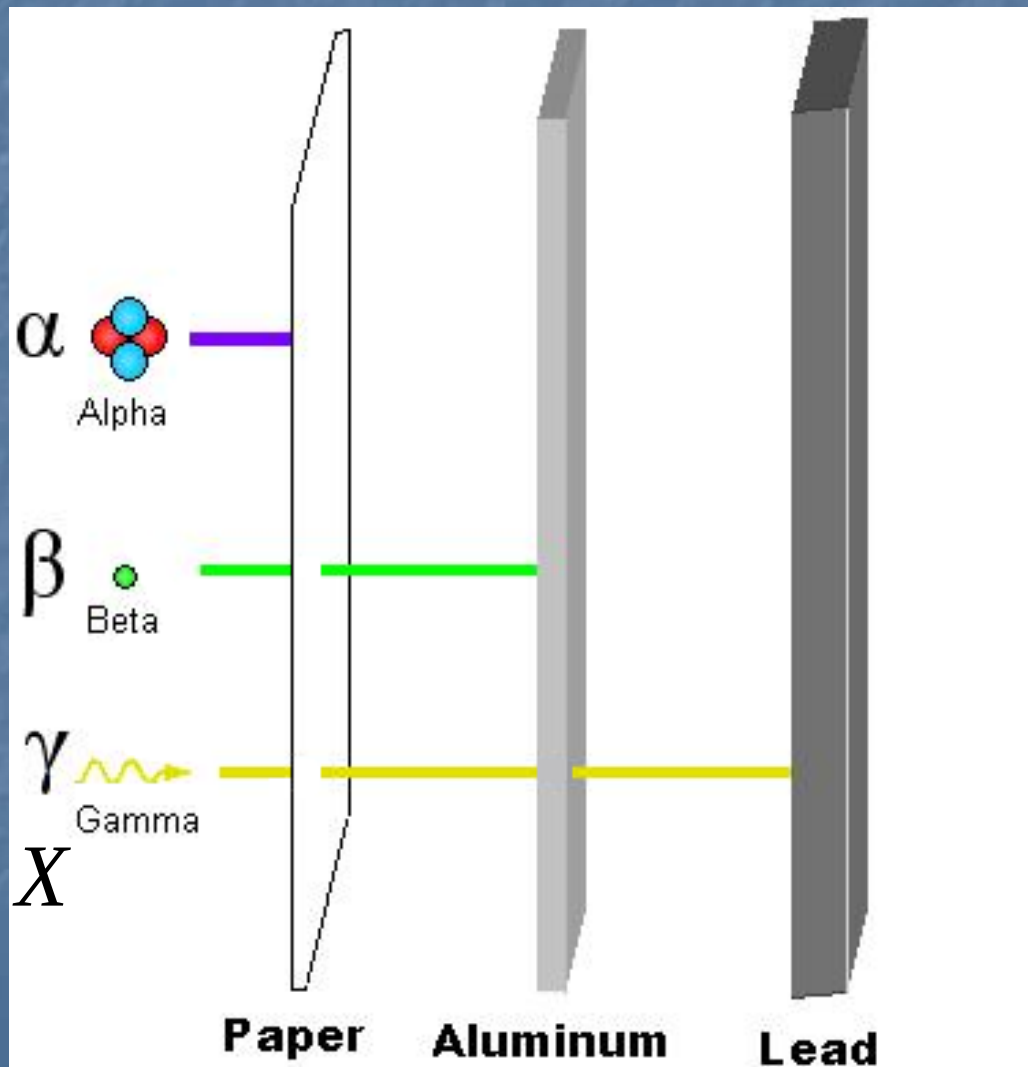
Promieniowanie rentgenowskie (X)

- Także fale elektromagnetyczne (podobne jak gamma), lecz o niższych energiach
- Zastosowanie: **zdjęcia rentgenowskie (RTG) -> promieniowanie X**
- Także w radioterapii (naświetlanie zewnętrzne)



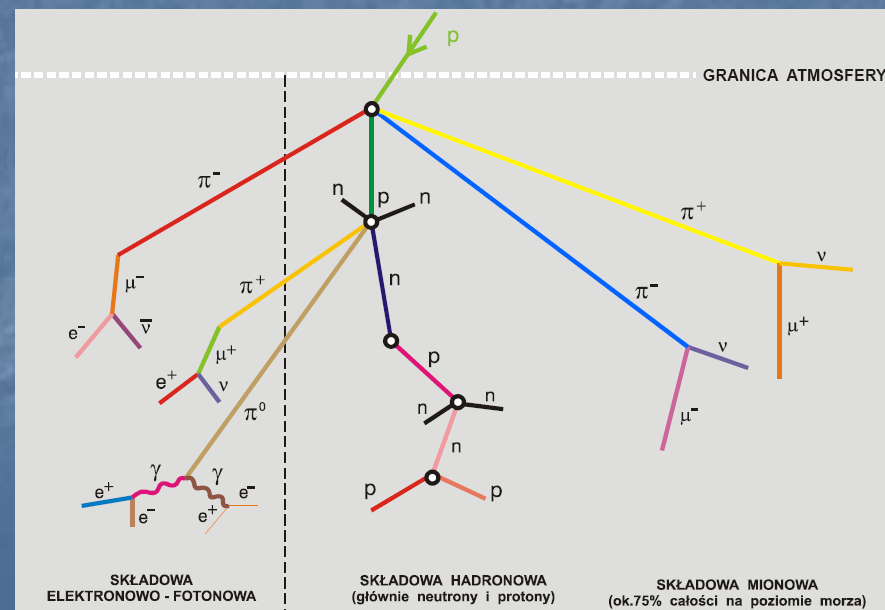
- **promieniowanie X powstaje w wyniku zderzeń elektronów z atomami** (wykorzystują ten efekt lampy rentgenowskie)
- Większość właściwości zbliżona do prom. gamma
- Szczegóły zostaną omówione dalej...

alfa, beta, gamma, X - podsumowanie

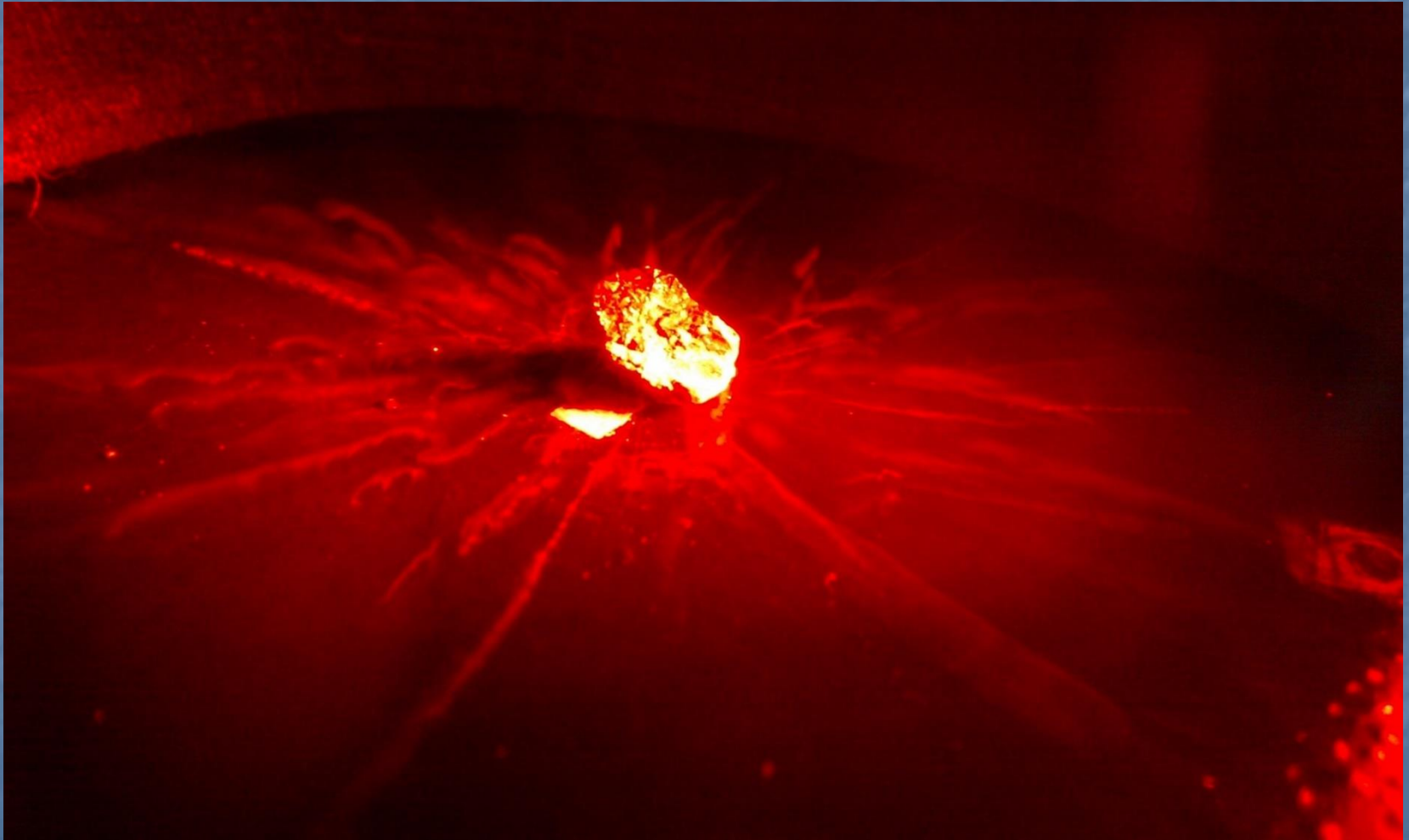


Promieniowanie korpuskularne – pozostałe typy

- Promieniowanie neutronowe
 - strumień obojętnych elektrycznie neutronów → jonizacja nie wprost
 - promieniowanie to występuje m.in. we wnętrzu reaktorów jądrowych
 - skomplikowana osłona: wodór, ale nie ołów!
- Promieniowanie protonowe
- Promieniowanie jonowe
 - np. w akceleratorach
- Promieniowanie mionowe
 - powstaje w górnych warstwach atmosfery
- Promieniowanie neutrinowe
 - praktycznie całkowicie przenikliwe



Jonizacja – na przykładzie komory mgłowej Wilsona



UWAGA końcowa

- Coś napromieniowane nie staje się promieniotwórcze
- Osoba po prześwietleniu rentgenowskim wcale nie „świeci”
- Jedynie doustne podanie substancji promieniotwórczej powoduje, że człowiek emituje więcej promieniowania niż zwykle

Podsumowanie

- Atom składa się z **jądra** (protony i neutrony) oraz krążących wokół niego elektronów
- Jądro posiada wewnętrzną strukturę, nukleony układają się w powłoki jądrowe
- Podstawowe typy promieniowania jonizującego: **alfa** (strumień jąder helu), **beta** (strumień elektronów) oraz **gamma i X** (fale elektromagnetyczne)