

Napromieniowani

– promieniowanie jonizujące wokół nas i w nas

Odcinek 1



Wspierają nas:

„Zobaczyłam własną śmierć!”

Annę Berthę, żonę Wilhelma, niemieckiego fizyka, przeraził widok na fotografii. Patrzyła na kompletny szkielet swojej dłoni, choć zarówno dłoń, jak i ona sama miały się całkiem nieźle. Mąż poprosił ją o pomoc w pracy – od kilku tygodni nieprzerwanie pracował w laboratorium-ciemni, badając nowy rodzaj promieniowania. Testował, czy i w jaki sposób różne dostępne materiały je zatrzymują. Niewyraźny obraz jego



Anna Bertha i Wilhelm Röntgenowie/ TEYLERS MUSEUM

sylwetki na płycie z platynocyjanku baru, który powstał podczas ustawiania aparatury rzucającej promienie nowego rodzaju, poddał mu pomysł. Prawdopodobnie ludzkie ciało stanowiło dla promieniowania skuteczną barierę. Był 22 grudnia 1895 roku, a państwo Anna Bertha i Wilhelm Röntgenowie oglądali pierwszy na świecie rentgenogram – niewyraźne jeszcze zdjęcie zarysu dłoni kobiety, kości i pierścionka na palcu serdecznym.



Zdjęcie rentgenowskie dłoni Anny Röntgen/ TEYLERS MUSEUM

Rozpoczynała się epoka badań nad promieniowaniem i promieniotwórczością – rok później Antoine Henri Bequerel, francuski chemik i fizyk, przypadkowo odkrył, że bryłka soli uranu owinięta w kliszę fotograficzną i pozostawiona w szufladzie zaczernia kliszę, czyli...”świeci”. A mówiąc precyzyjniej – wypromieniowuje energię wystarczającą, aby wejść w reakcję ze światłoczułym materiałem kliszy. Czym **jest** promieniowanie jonizujące i promieniotwórczość? Kiedy powstaje i jakie są jego rodzaje? Na te pytania odpowie pierwsza część niniejszego tekstu.

Coś się kończy, coś się zaczyna

Dobrze już wiemy, że atom buduje bardzo gęste, dodatnie naładowane jądro złożone z dodatnich elektrycznie protonów i pozbawionych ładunku neutronów oraz otaczająca go chmura elektronowa, w której szybko poruszają się naładowane ujemnie elektrony. **Liczbą masową** nazywa się łączną liczbę protonów i neutronów w jądrze, razem nazywanych **nukleonami**. **Liczba atomowa** to liczba samych protonów, a więc także liczba elektronów. Atom jest obojętny elektrycznie dzięki równoważeniu się ładunków elementarnych protonów i elektronów, może jednak zyskać ładunek dodatni – gdy liczba protonów będzie wyższa niż elektronów, lub ujemny – gdy to elektronów będzie więcej. Atom, w którym liczba elektronów jest inna niż protonów, staje się **jonem**.

Nie wszystkie jednak formy materii są tak samo stabilne. **Izotopy** natomiast to atomy mające w jądrze tę samą liczbę protonów, ale różną neutronów. Izotop trwały nie ulega samorzutnej przemianie na inny izotop, natomiast **izotop nietrwały** – **promieniotwórczy** – samorzutnie zmienia się w inny izotop, najczęściej innego

pierwiastka, z towarzyszącym wypromieniowaniem energii. Taka samorzutna przemiana jądra atomowego, której towarzyszy emisja promieniowania jądrowego i wydzielanie energii, tzw. energii rozpadu, to **rozpad promieniotwórczy**. Każdy izotop charakteryzuje się własnym **okresem półtrwania**, czyli czasem, w którym połowa początkowej ilości jąder ulegnie rozpadowi. Okres ten może się wahać od milisekund (dla bardzo niestabilnych jąder) do miliardów lat! Znajomość tej wartości ma duże znaczenie praktyczne w metodach badawczych, ale i przy określaniu potencjalnego zagrożenia stwarzanego przez pierwiastki promieniotwórcze.



Symbol promieniowania jonizującego

Wyróżniamy także **reakcje jądrowe** - przemiany jąder atomowych wywołane ich wzajemnym oddziaływaniem na siebie – jeśli tylko są w odległości odpowiadającej zasięgowi sił jądrowych. Reakcje jądrowe są wywoływane także przez oddziaływanie jądra atomowego z cząstkami elementarnymi lub fotonami. **Energia, która utrzymuje protony i neutrony w jądrze oraz cząstki elementarne, które traci jądro atomowe podczas przemian, musi się „gdzieś podzielić” – może więc stanowić promieniowanie.**

Kwestia energii

Wszechświat składa się nie tylko z dostrzegalnej przez nas materii, a jego stan zależy od wzajemnego wpływu wielu rodzajów energii i zjawisk. **Promieniowaniem** nazywamy formę energii wysyłaną przez ciało w postaci strumienia cząstek lub fal (każda fala jest z kolei zaburzeniem w swoim ośrodku, tak jak fala akustyczna zaburza drgania cząsteczek powietrza i może być odebrana przez ucho jako dźwięk). Dużą część ze zjawisk w naszym Wszechświecie stanowią zjawiska o naturze elektromagnetycznej, czyli te zachodzące między cząstkami obdarzonymi ładunkiem elektrycznym. **Promieniowanie elektromagnetyczne** to rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego, czyli przestrzeni, w której na naładowane ciało działają siły elektromagnetyczne. Z kolei **promieniowanie korpuskularne** to promieniowanie w postaci strumienia cząstek (elementarnych – jak kwarki, lub złożonych – jak atomy). Oba rodzaje promieniowania mogą stanowić **promieniowanie jonizujące**, przenikające przez materię i powodujące powstawanie w niej **ładunków elektrycznych**, czyli jonizację – wybicie przynajmniej jednego elektronu.

Potrafimy wyróżnić wiele rodzajów promieniowania o różnych właściwościach, najczęściej jednak w kontekście promieniowania, zwłaszcza „atomowego” słyszymy o promieniowaniu jonizującym. Jakie są jego rodzaje i kiedy powstają?

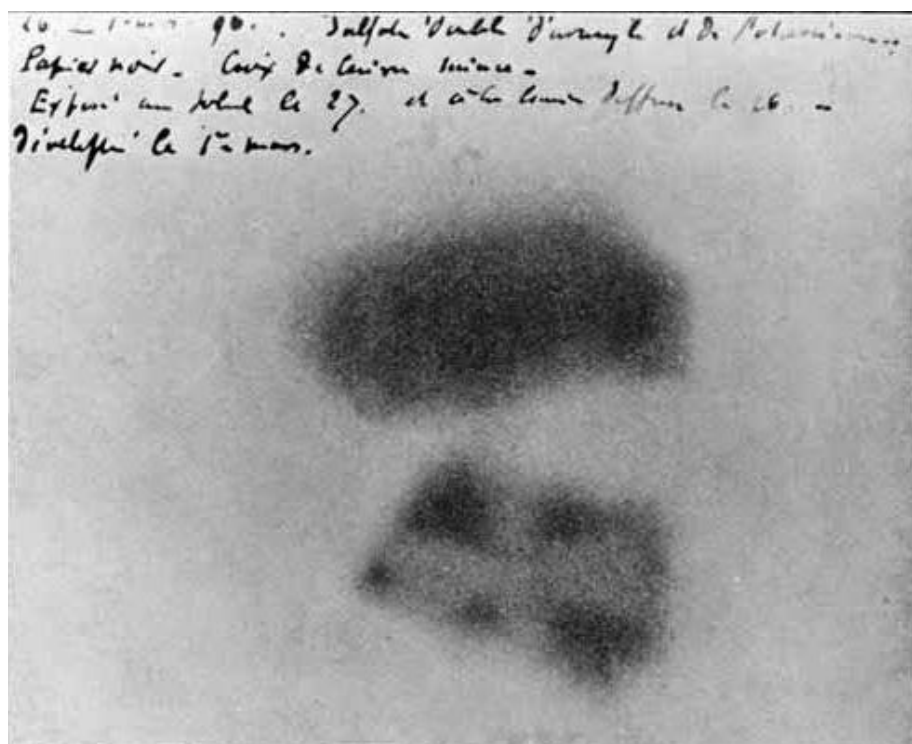
Promieniowanie α (alfa)

Ten rodzaj promieniowania powstaje w wyniku przemiany jądrowej (czyli spontanicznie, nie jest „wynalazkiem” fizyki jądrowej) jąder o liczbie atomowej $Z \geq 84$. Jest promieniowaniem korpuskularnym, strumieniem wyrzuconych z rozpadającego się jądra stabilnych jąder złożonych z dwóch protonów i dwóch neutronów. Takie jądra są identyczne z jądrem helu izotopu ^4He . Każde z nich ma dwudodatni ładunek elektryczny, ponieważ nie orbitują wokół nich żadne elektrony, których ujemny ładunek mógłby równoważyć ten dodatni, pochodzący z protonów.

Efektem rozpadu α jest powstanie jądra atomu helu oraz nowego jądra atomowego „przesuniętego” o dwa miejsca w lewo w układzie okresowym – liczba atomowa

zmniejsza się o 2 (utrata dwóch protonów), a masowa o 4 (utrata 2 protonów i 2 neutronów). Fanów Harry’ego Pottera, alchemicznych poszukiwań szybkiego sposobu na wzbogacenie oraz łaciny ucieszy fakt, że przemianę jednego pierwiastka w drugi nazywa się **transmutacją** („trans” – „poza”, „przez”, „za” oraz „mutatio” – „zamiana”).

Chociaż promieniowanie α wywołuje silną jonizację materii, z którą się styka – przekazuje jej dużą ilość energii – ma bardzo mały zasięg: duża masa cząstek α sprzyja ich pochłanianiu przez materię. Przeszkodą dla promieniowania α jest już kilka centymetrów powietrza, a zatrzymuje je już kartka papieru. Chociaż szybko pochłaniane i łatwe do zatrzymania – promieniowanie α może być niebezpieczne przy bezpośredniej styczności z jego źródłem. Znacznie częściej jednak pomaga nam w dbaniu o bezpieczeństwo – o czym później.



Kliska Henri Becquerela/ Posner Collection

Promieniowanie β (beta)

Zarówno promieniowanie α , jak i β , zostały opisane przez odkrywcę naturalnej promieniotwórczości, Antoine Henriego Bequerela, w latach 1896-97. Promieniowanie β jest strumieniem cząstek (promieniowaniem korpuskularnym) –

elektronów lub pozytonów, czyli cząstek o ładunku odpowiednio ujemnym i dodatnim. **Pozyton** jest **antycząstką elektronu**, a kontakt tych dwóch cząstek skutkuje **anihilacją**, czyli zniszczeniem cząstek obdarzonych masą z wydzielaniem energii. Wypromieniowanie pozytonu lub elektronu jest wynikiem **przemiany β** , podczas której jeden nuklid ulega przemianie w drugi – czyli proton w neutron lub na odwrót. Przemiana β^- obejmuje przemianę neutronu w proton przy jednoczesnym wypromieniowaniu elektronu, a β^+ - przemianę protonu w neutron i wypromieniowanie pozytonu. Przemiana β^+ zachodzi w naturze bardzo rzadko, a najczęściej jest wynikiem ingerencji człowieka.

Skutkiem przemiany β^- jest emisja elektronu i powstanie nowego jądra atomowego „przesuniętego” o jedno miejsce w prawo w układzie okresowym. Nowe jądro ma liczbę atomową większą o jeden (ponieważ powstaje nowy proton), ale tę samą liczbę masową (gdy neutron zamienia się w proton, zmienia się skład, a nie łączna liczba nuklidów). Utrata elektronu nie wpływa ani na liczbę masową, ani na liczbę atomową – te pojęcia odnoszą się tylko do ilości protonów i neutronów w jądrze. Emisja pozytonu związana z przemianą β^- i przemiana protonu w neutron powodują, odwrotnie – zmniejszenie liczby atomowej o jeden oraz „przesunięcie” jądra o jedno miejsce w lewo w układzie okresowym.

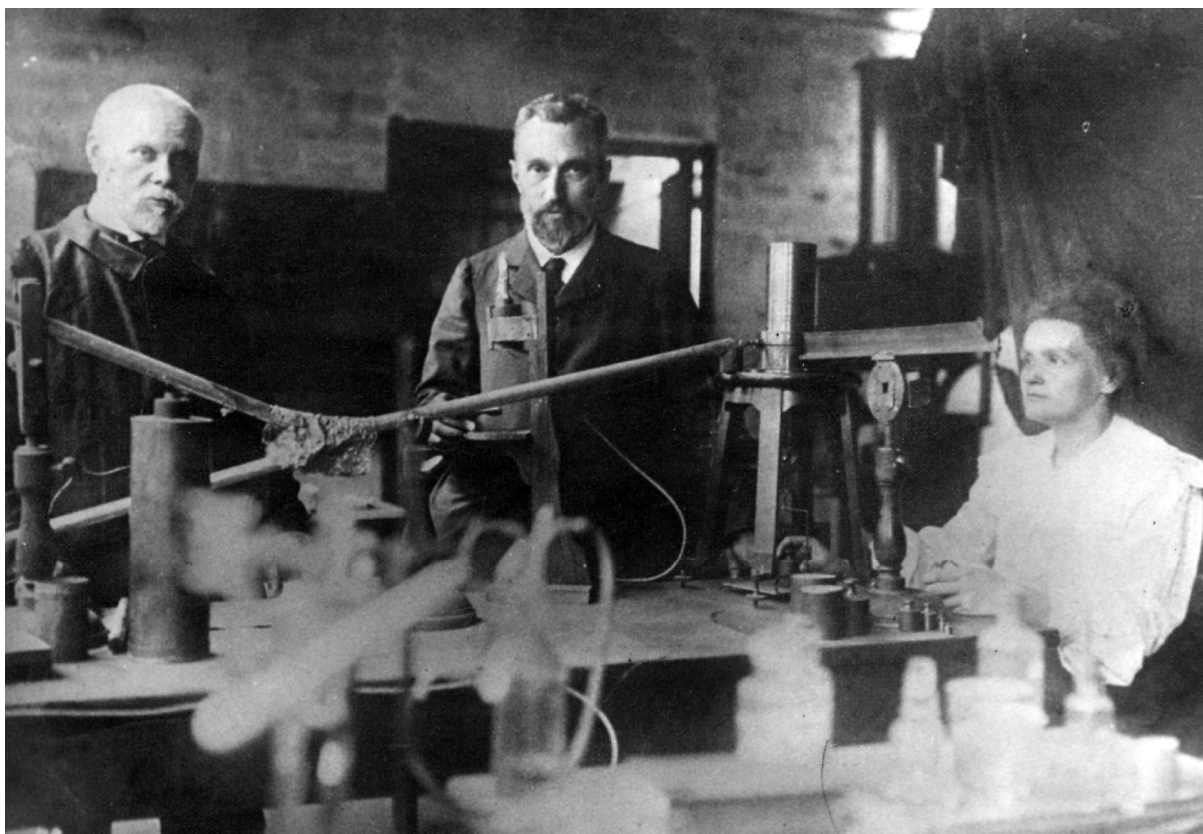
Promieniowanie β jest więc strumieniem cząstek wielokrotnie mniejszych i lżejszych niż α . Z tego względu wykazuje się dużo większą przenikliwością i zasięgiem rozchodzenia w powietrzu niż promieniowanie α . Może być zatrzymane jednak przez cienką warstwę folii aluminiowej lub szkła. Jak promieniowanie α , promieniowanie β ma właściwości jonizujące, czyli przechodząc przez jakieś ciało nadaje jego cząsteczkom ładunek elektryczny.

Promieniowanie γ (gamma) i promieniowanie X

Te rodzaje promieniowania mają naturę fali – to rozchodzące się w przestrzeni zaburzenia pola elektromagnetycznego. Ich powstawanie nie jest związane z przemianą nuklidów (protonów lub neutronów), jak w przypadku promieniowania α i β , a ze zmianą stanu energetycznego jądra: przejściem od stanu wzbudzonego do

stanu o niższej energii lub podstawowego – najbardziej stabilnego, „najmniej energetycznego”.

Promieniowanie X i gamma powstają w inny sposób i mają różną energię, ale mają tę samą naturę. **Promieniowanie gamma** jest generowane podczas przemiany jąder atomów promieniotwórczych, gdy wzbudzone elektrony wracają do stanu podstawowego (czyli przechodzą do stabilniejszego stanu, tracąc nadaną im energię). Jego emisja następuje zwykle po rozpadzie typu α lub β , ponieważ powstanie tego typu promieniowania wymaga wzbudzonego jądra (który to stan utrzymuje się jakiś czas po rozpadzie α lub β). Jest od nich dalece bardziej przenikliwe i ma wielokrotnie dalszy zasięg rozchodzenia się w powietrzu. Aby zatrzymać promieniowanie γ , potrzebna jest warstwa ołowiu lub betonu.



Henri Becquerel, Pierre Curie i Maria Skłodowska- Curie / Linda Hall Library

Promieniowanie X (zwane także czasem rentgenowskim) jest generowane, gdy rozpędzone elektrony wyhamowują po zderzeniu się z przeszkodą – energia jest rozpraszana właśnie w postaci promieniowania. To właśnie ten rodzaj promieniowania odkrył Wilhelm Röntgen. Prawdopodobnie badanie radiologiczne –

zwykle prześwietlenie części ciała z uzyskaniem charakterystycznego „plastikowego” zdjęcia – jest dla większości z nas pierwszym świadomym kontaktem z promieniowaniem. Jak wszystkie omawiane tu rodzaje promieniowania, także promieniowanie γ i X mają właściwości jonizujące.

Skąd to się bierze? Czy wszyscy zginiemy?

Kontaktu z promieniowaniem nie możemy uniknąć, bo... jego pierwotnym źródłem jest sam Wszechświat. Jednak niepokój wywoływany przez hasło „promieniowanie” mało ma wspólnego z wybuchami supernowych czy znajomością składu pierwiastkowego skorupy ziemskiej – na myśl przychodzą raczej czarnobylska Zona i próby broni nuklearnej.

Jakie są źródła promieniowania jonizującego, czemu właściwie bywa ono niebezpieczne i co niezwykłego potrafi bakteria, która mogłaby pomóc dekontaminować reaktory atomowe? Zapraszamy do zapoznania się z kolejnym odcinkiem tego tekstu!

Źródła:

- 1) Krystkowiak, E. 2012. Uwaga promieniowanie. Skrypt do ćwiczeń z chemii jądrowej i ochrony radiologicznej. Wydawnictwo Naukowe UAM.
- 2) Nagi, Ł., i P. Schneider. 2013. „Wykorzystanie środowiska MATLAB w analizie promieniowania jonizującego wynikającego z wyładowań niezupełnych”. *Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering* No. 74.
- 3) <https://www.ifj.edu.pl/przygoda/frameless/npe.html>
- 4) <https://epodreczniki.pl/a/promieniowanie-jadowe---i/DKUi7Boju>

