

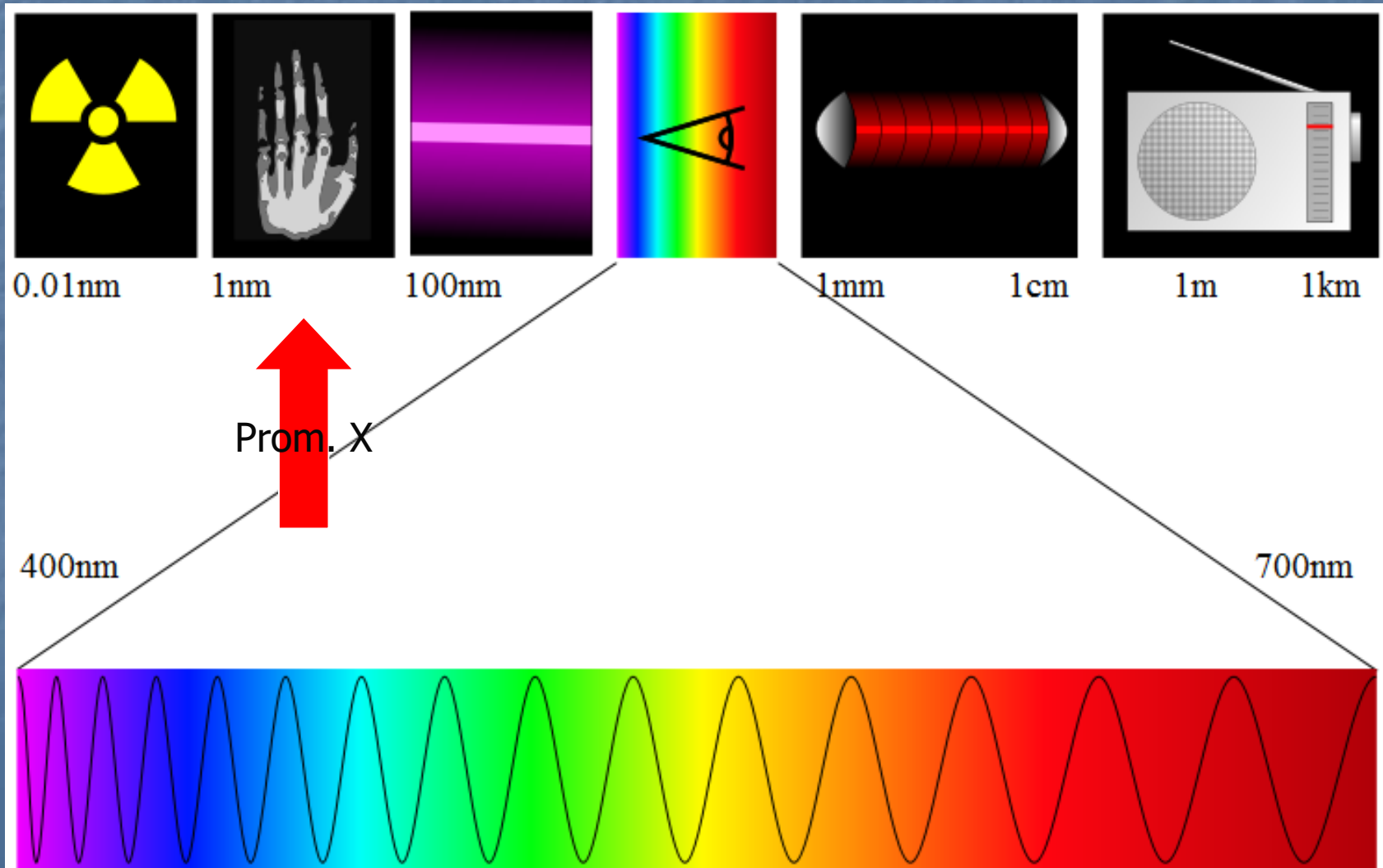
Fizyczne właściwości urządzeń radiologicznych stosowanych w danej dziedzinie

dr inż. Krzysztof Wojciech Fornalski

krzysztof.fornalski@gmail.com

Urządzenia wytwarzające promieniowanie X

Spektrum (widmo) fal elektromagnetycznych



Cechy promieniowania X

- Zbliżone do promieniowania gamma, lecz posiadające niższą energię
- Różne nazwy: rentgenowskie, X, RTG
- W zależności od długości fali (czyli energii) wyróżniamy dwa typy promieni X:
 - Od 5 do 100 pm – twarde prom. X
 - Od 0,1 do 10 nm – miękkie prom. X

Z Ustawy Prawo atomowe

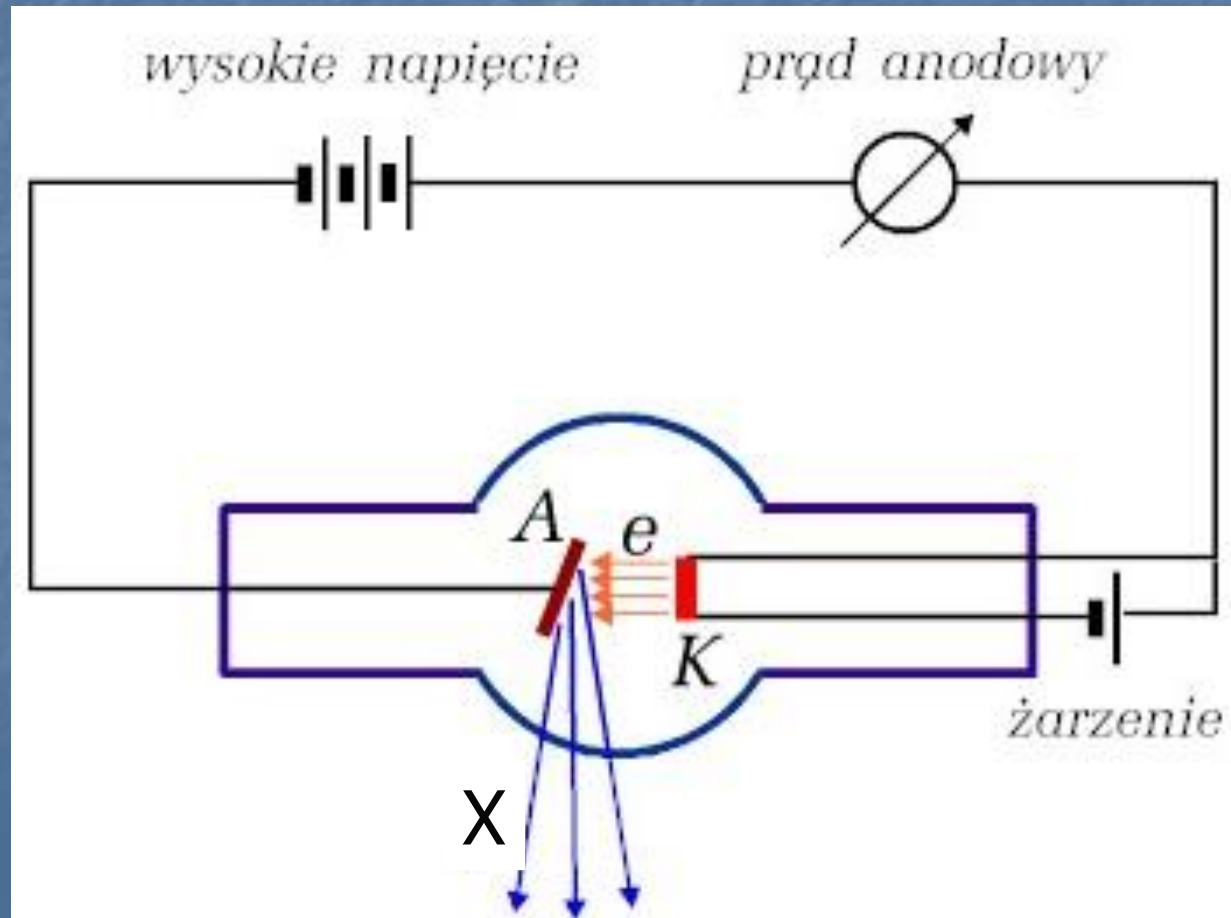
- art. 3 – definicje

- szkoda dla zdrowia człowieka – oszacowane ryzyko skrócenia długości i pogorszenia jakości życia ludzi w następstwie narażenia na promieniowanie jonizujące; obejmuje straty wynikające ze skutków somatycznych, nowotworów i poważnych zaburzeń genetycznych;
- **urządzenia radiologiczne – źródła promieniowania jonizującego lub urządzenia służące do detekcji promieniowania jonizującego, wykorzystywane do celów leczniczych lub diagnostycznych;**
- zagrożenie (narażenie potencjalne) – narażenie, które może nastąpić, przy czym prawdopodobieństwo jego wystąpienia może być wcześniej oszacowane;
- zdarzenie radiacyjne – sytuację związaną z zagrożeniem, wymagającą podjęcia pilnych działań w celu ochrony pracowników lub ludności;
- **źródło promieniowania jonizującego – źródło promieniotwórcze, urządzenie zawierające takie źródło, urządzenie wytwarzające promieniowanie jonizujące [np. lampa RTG] lub urządzenie emitujące substancje promieniotwórcze; [nie mylić ze źródłem promienioTWÓRCZYM!]**

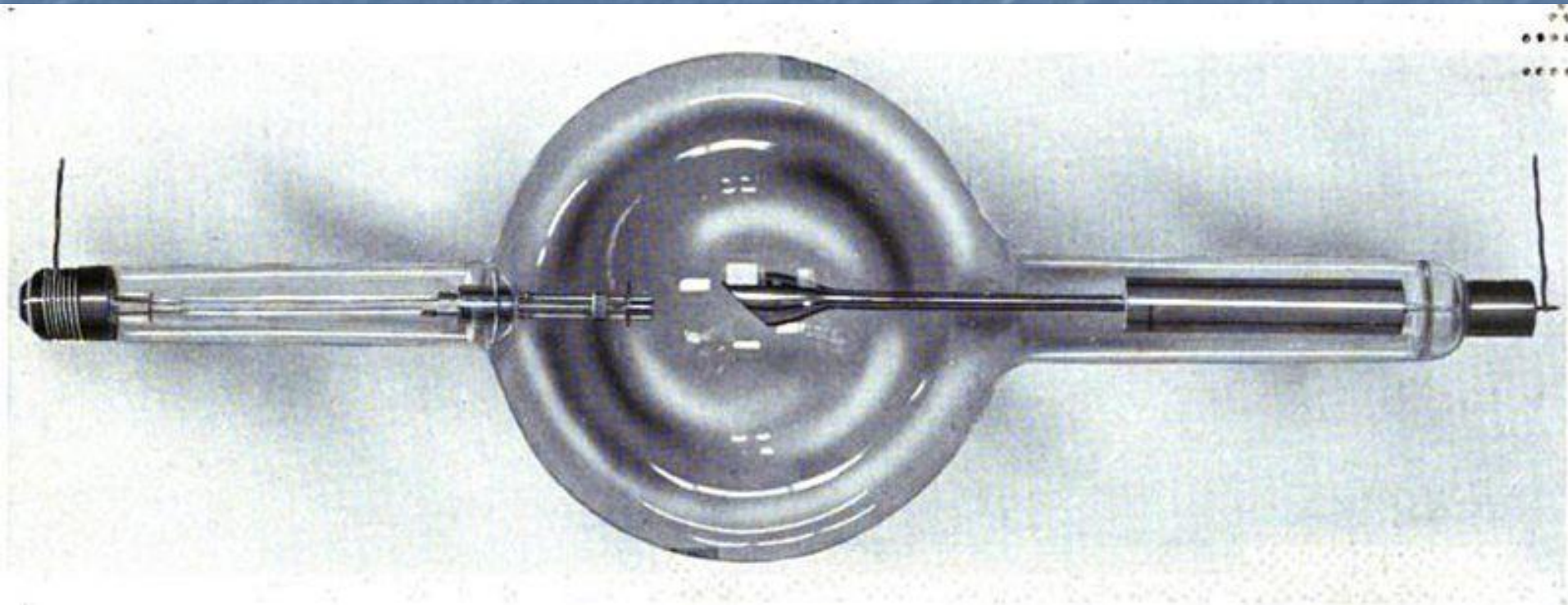
Lampa rentgenowska - idea działania

Lampa rentgenowska

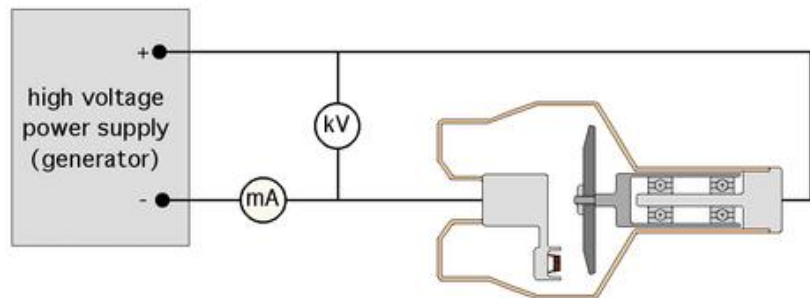
- **A – anoda (+); K – katoda (-)**
- Pod wpływem dużego napięcia istnieje różnica potencjałów między A oraz K
- Dodatkowo żarzenie K ułatwia uwalnianie elektronów, które biegną do A, gdzie emitują promieniowanie X



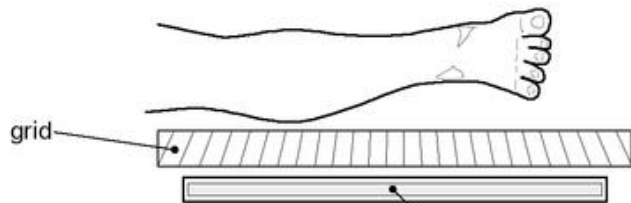
Lampa rentgenowska - anoda nieruchoma



Lampa rentgenowska - anoda obrotowa



filter
collimator



Photostimulable Storage Phosphor



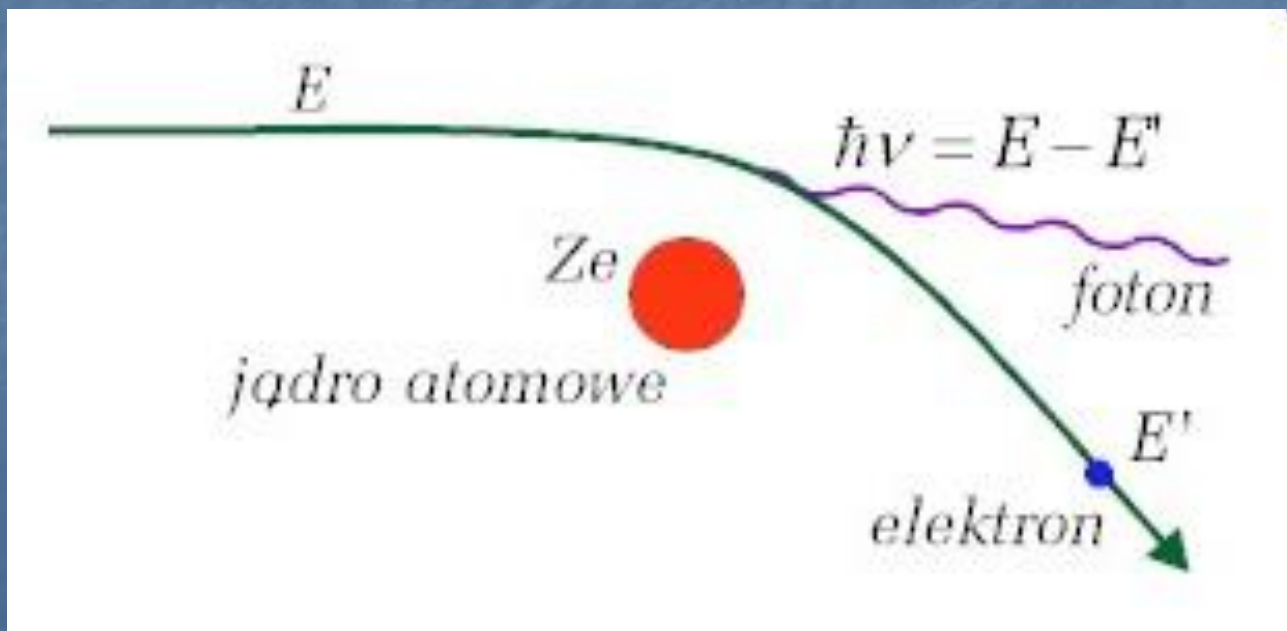
Powstawanie promieniowania X w lampie rentgenowskiej

Lampa rentgenowska

- Lampa rentgenowska emituje promieniowanie X na dwa sposoby:
- Tzw. **promieniowanie hamowania**
- Tzw. **promieniowanie charakterystyczne**

Promieniowanie hamowania

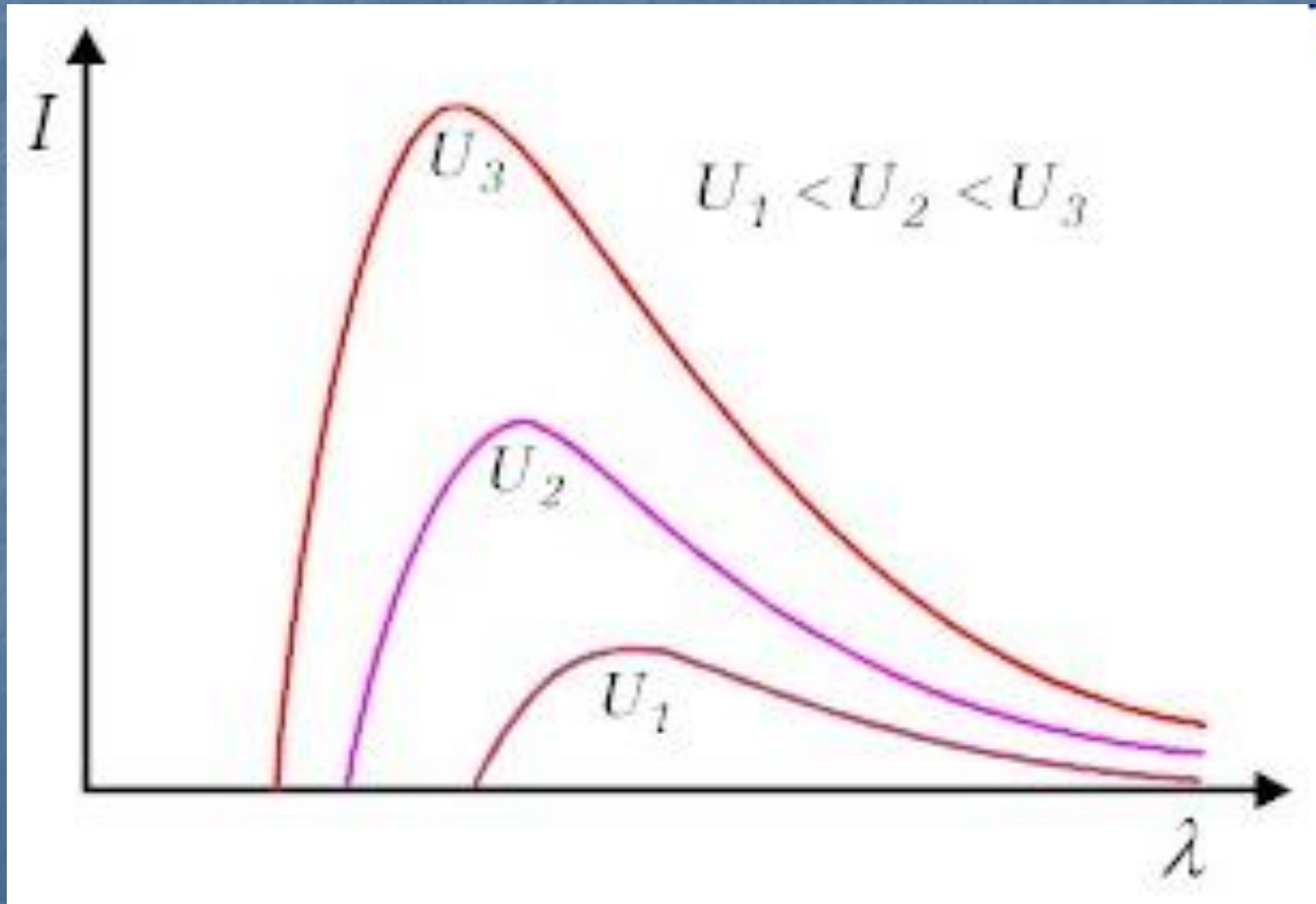
- Niem. Bremsstrahlung
- Powstaje w wyniku hamowania rozpędzonej naładowanej cząstki (np. elektronu) w polu jądra atomowego



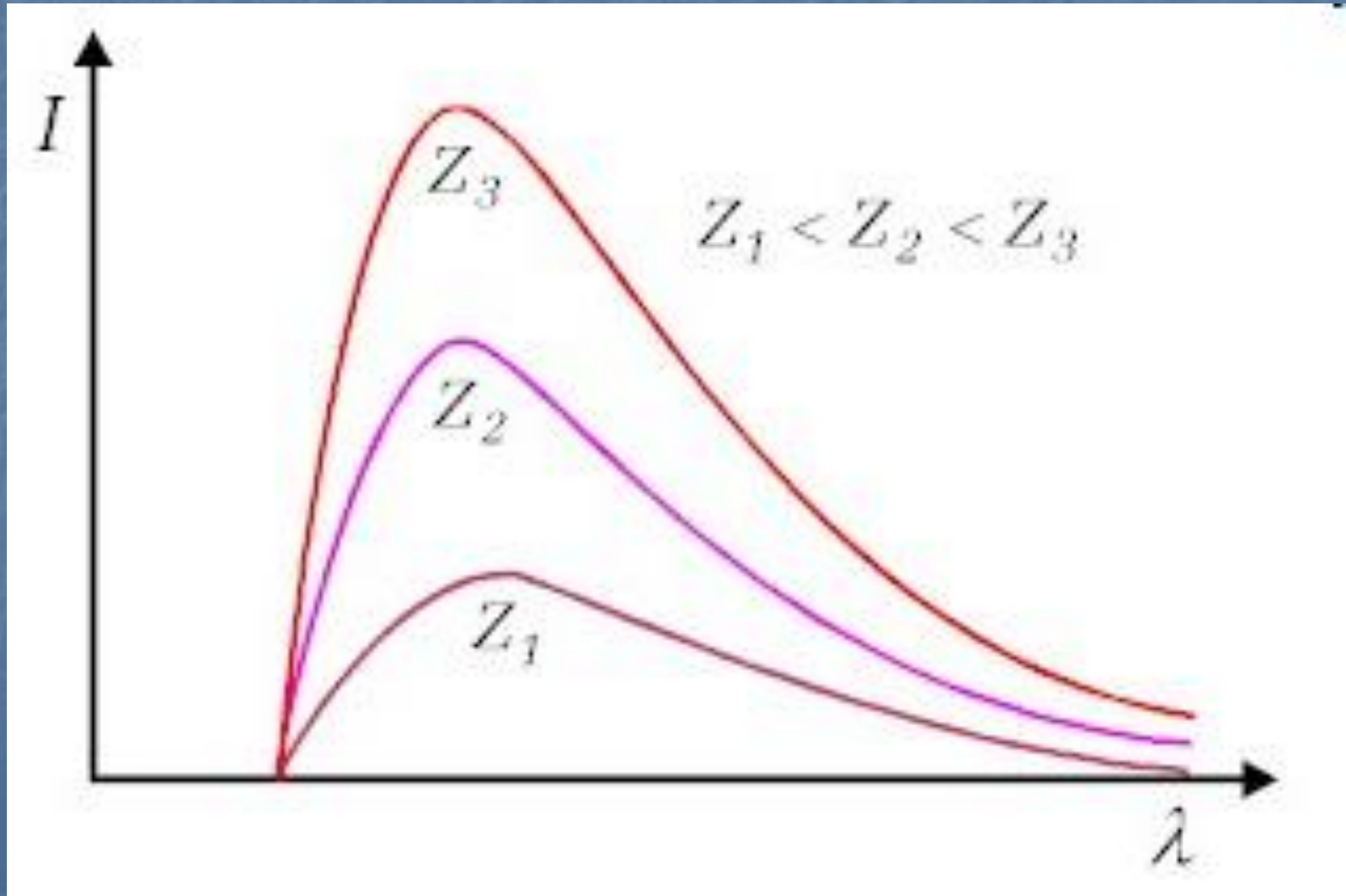
Promieniowanie hamowania

- W lampie rentgenowskiej powstaje w wyniku oddziaływania elektronów z anodą
- Jest głównym źródłem promieniowania X w aparatach RTG
- Posiada **ciągły rozkład energii** emitowanych fotonów
- Promienie X mają tym większą energię, im większą energię mają hamowane elektrony

Widmo intensywności fotonów w zależności od napięcia



Widmo intensywności fotonów w zależności od liczby atomowej anody

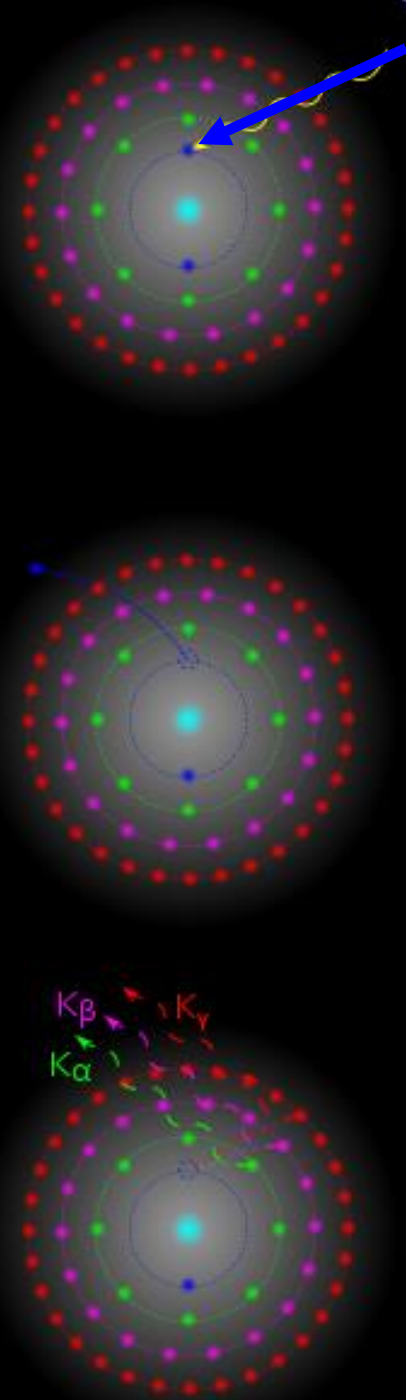


Promieniowanie charakterystyczne

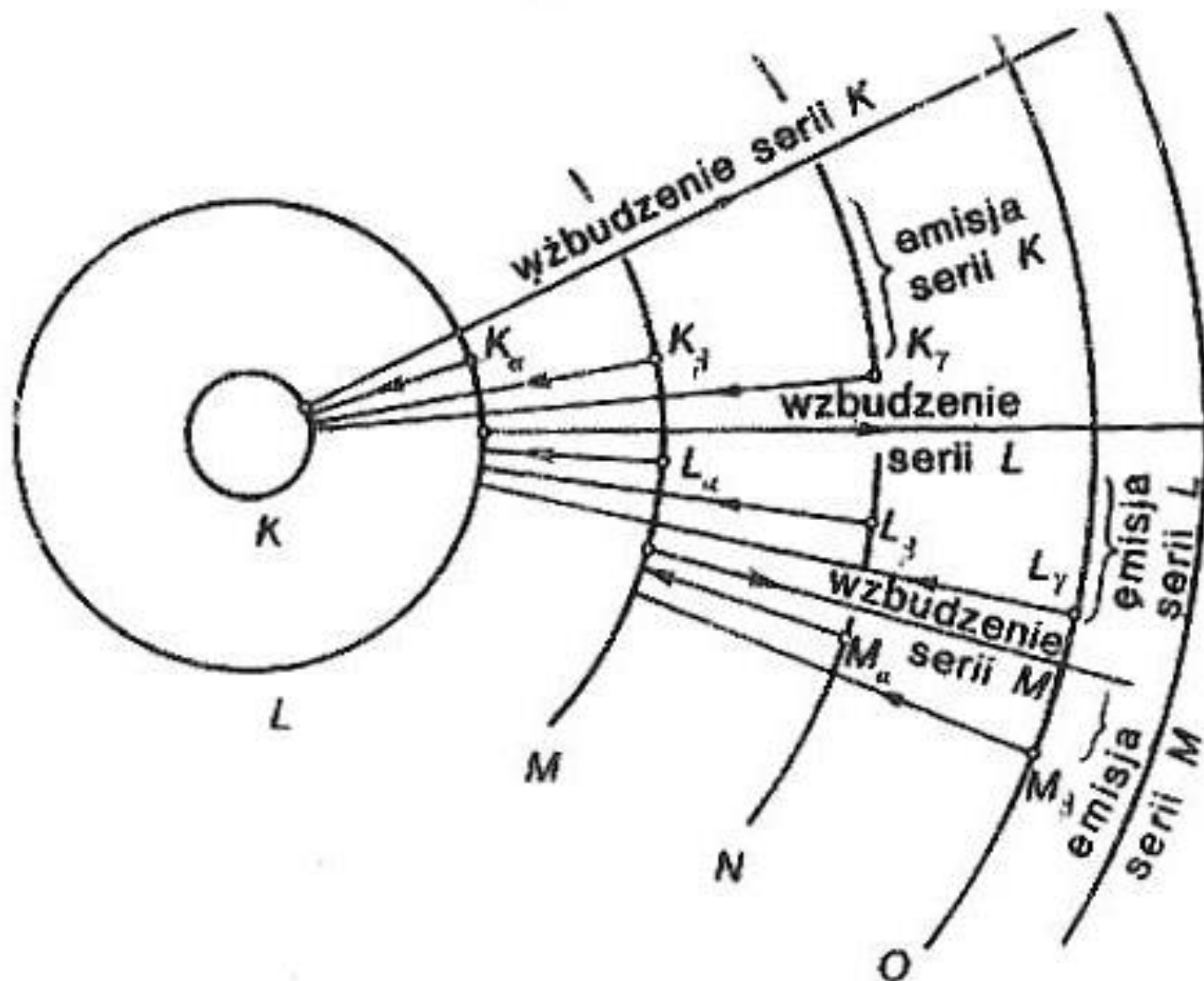
- Drugi sposób powstawania prom. X
- Fotony X emitowane są na skutek przejścia elektronu z wyższej powłoki atomowej na niższą, skąd był wcześniej wybity
- Widmo jest dyskretne, emitowane fotony posiadają ściśle określone energie

Promieniowanie charakterystyczne

- 1 krok – następuje wzbudzenie atomu anody (przekazanie energii) np. przez padający elektron z katody
- 2 krok – z atomu może być wybity elektron z jednej z niskich powłok
- 3 krok – na puste miejsce przechodzą elektrony z wyższych powłok (o wyższych energiach) emitując nadmiar energii w postaci fotonu (np. promieniowania X)

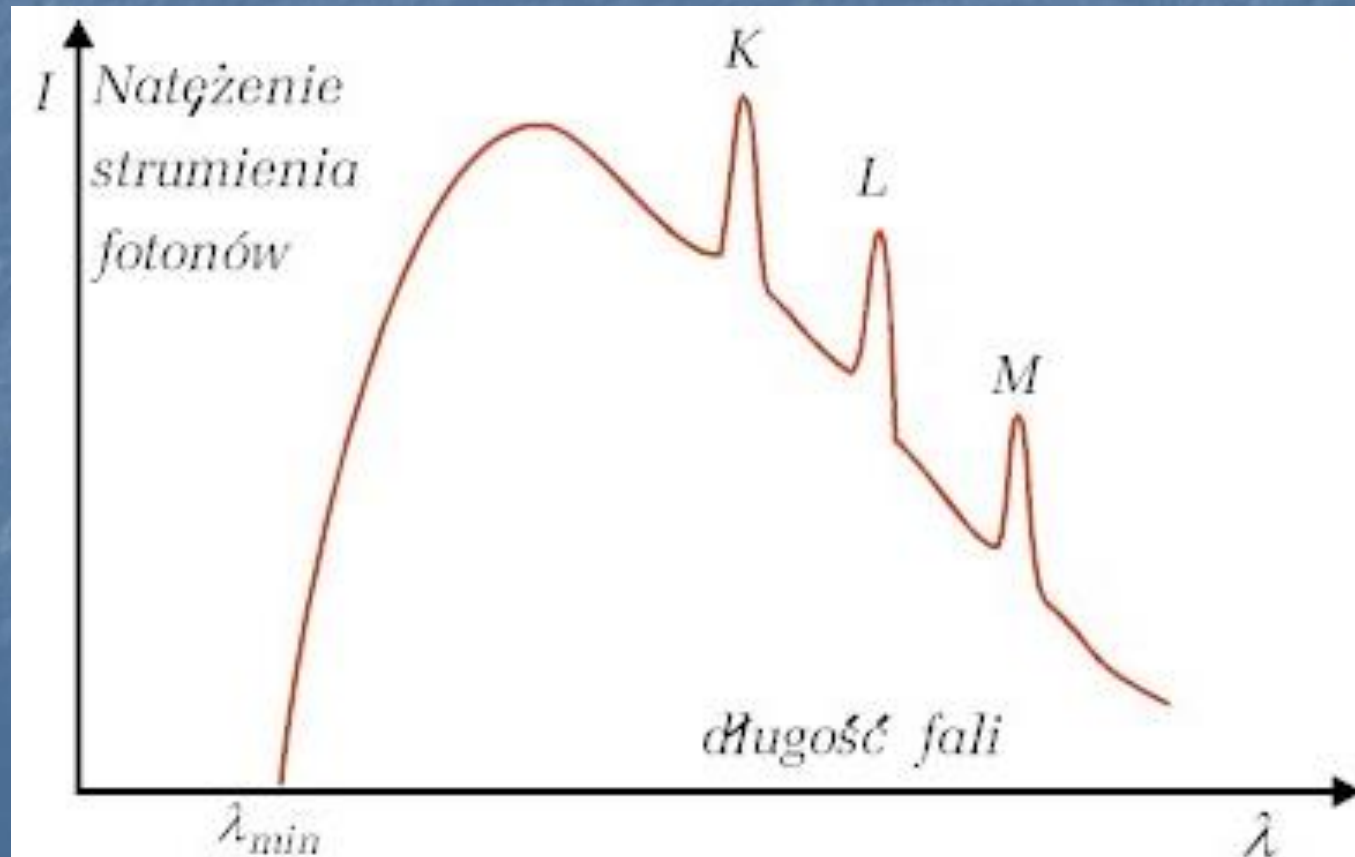


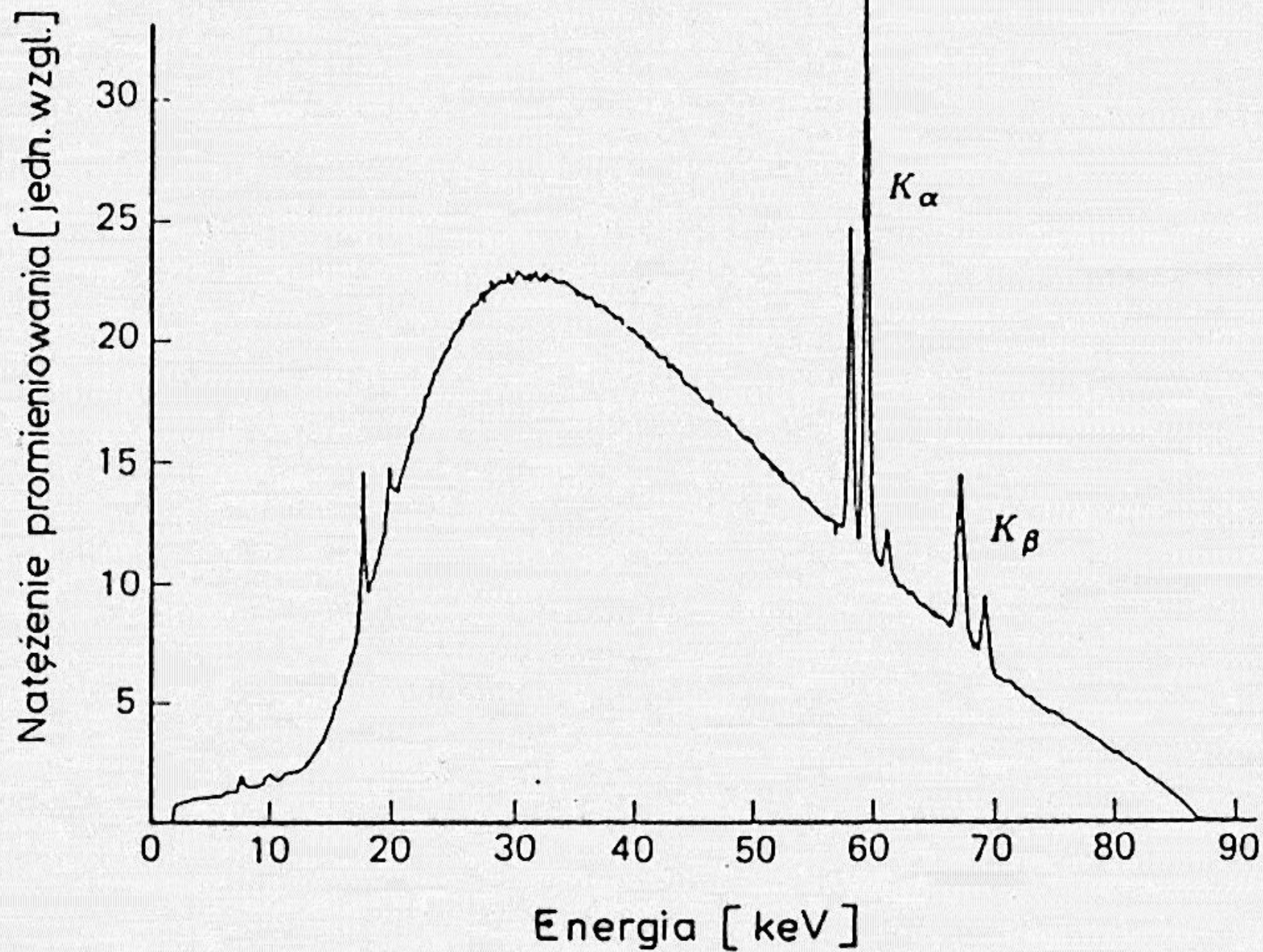
Serie widmowe



Widmo promieniowania X

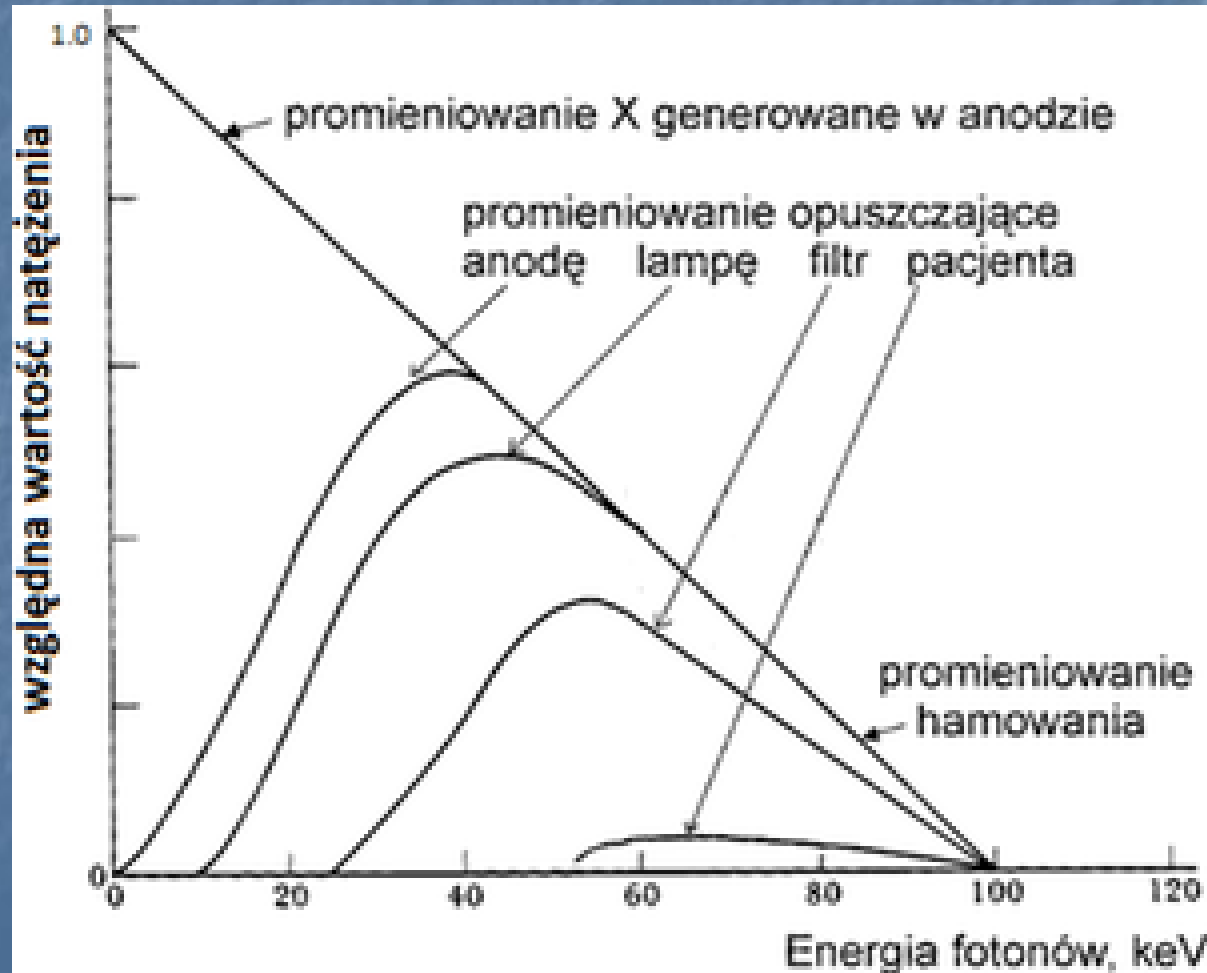
- Ostateczne widmo promieni X pochodzące z lampy rentgenowskiej jest sumą widma promieniowania hamowania (ciągłe) i charakterystycznego (dyskretne piki)





Ciekawostka

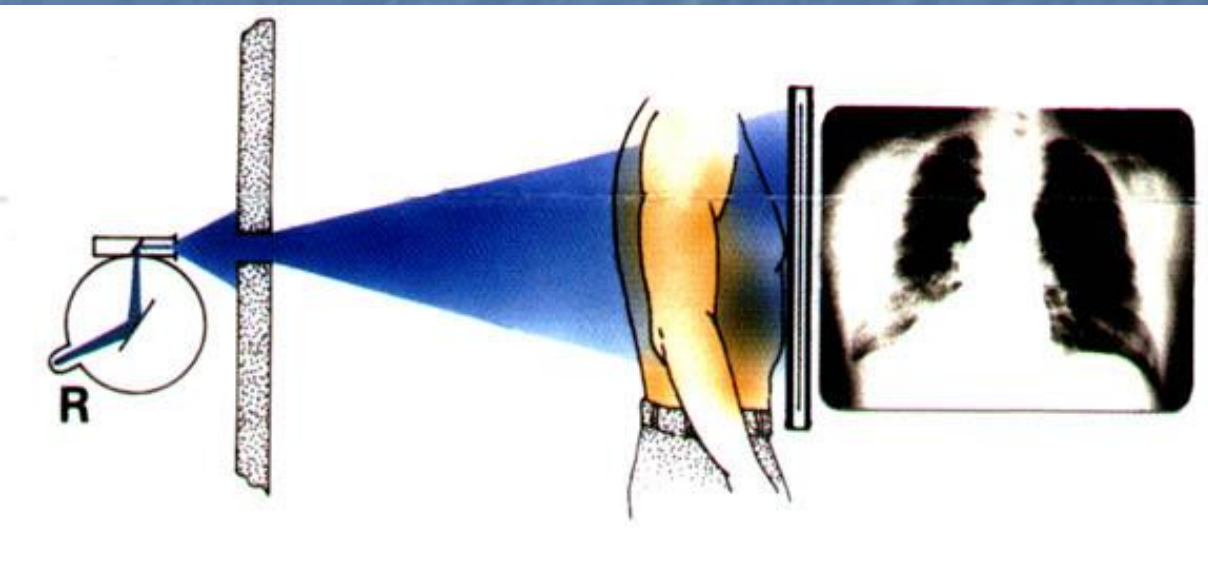
– widmo promieniowania hamowania



Krzysztof W. Fornalski

Rzeczywiste
widmo
generowane w
anodzie jest
linią prostą

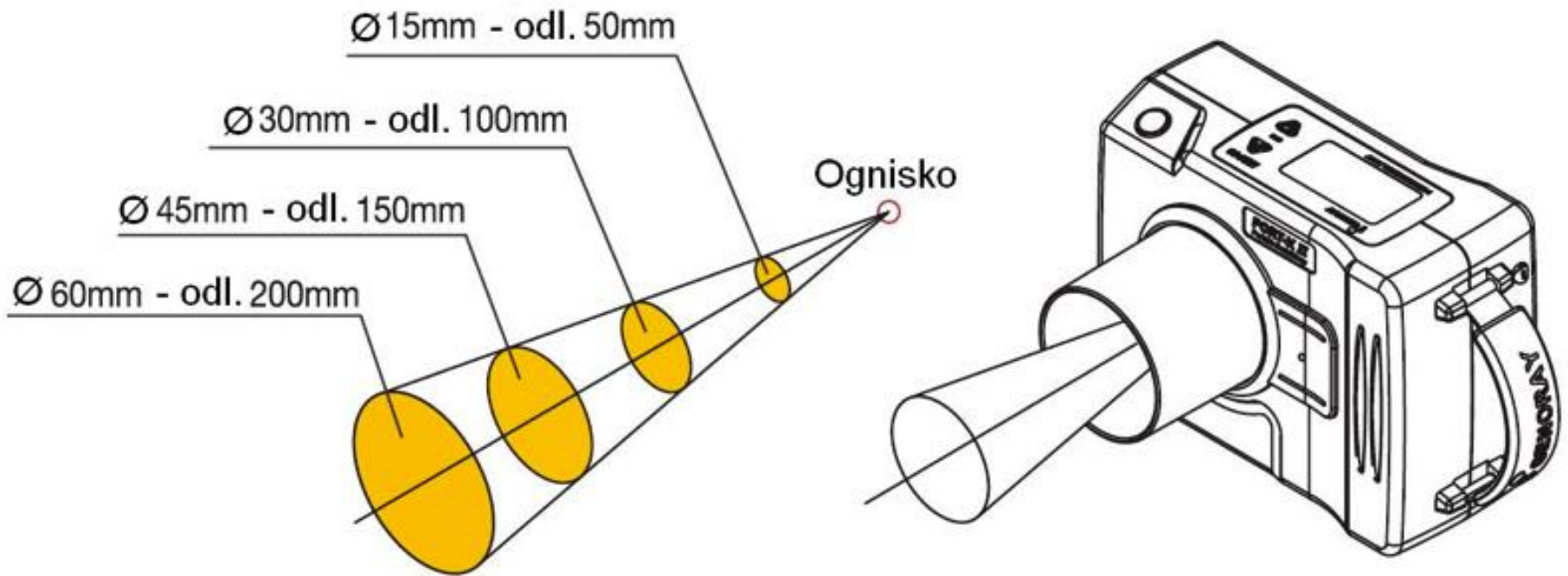
Powstawanie obrazu na kliszy



Rozpraszanie wiązki

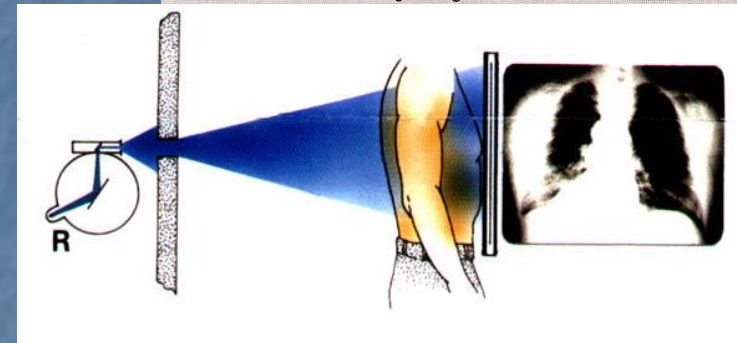
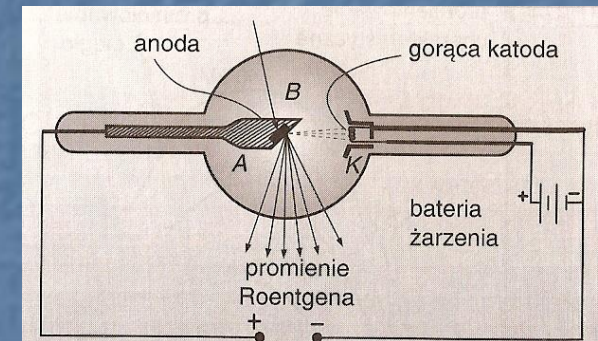
Mały aparat RTG

- przykład wiązki rozbieżnej

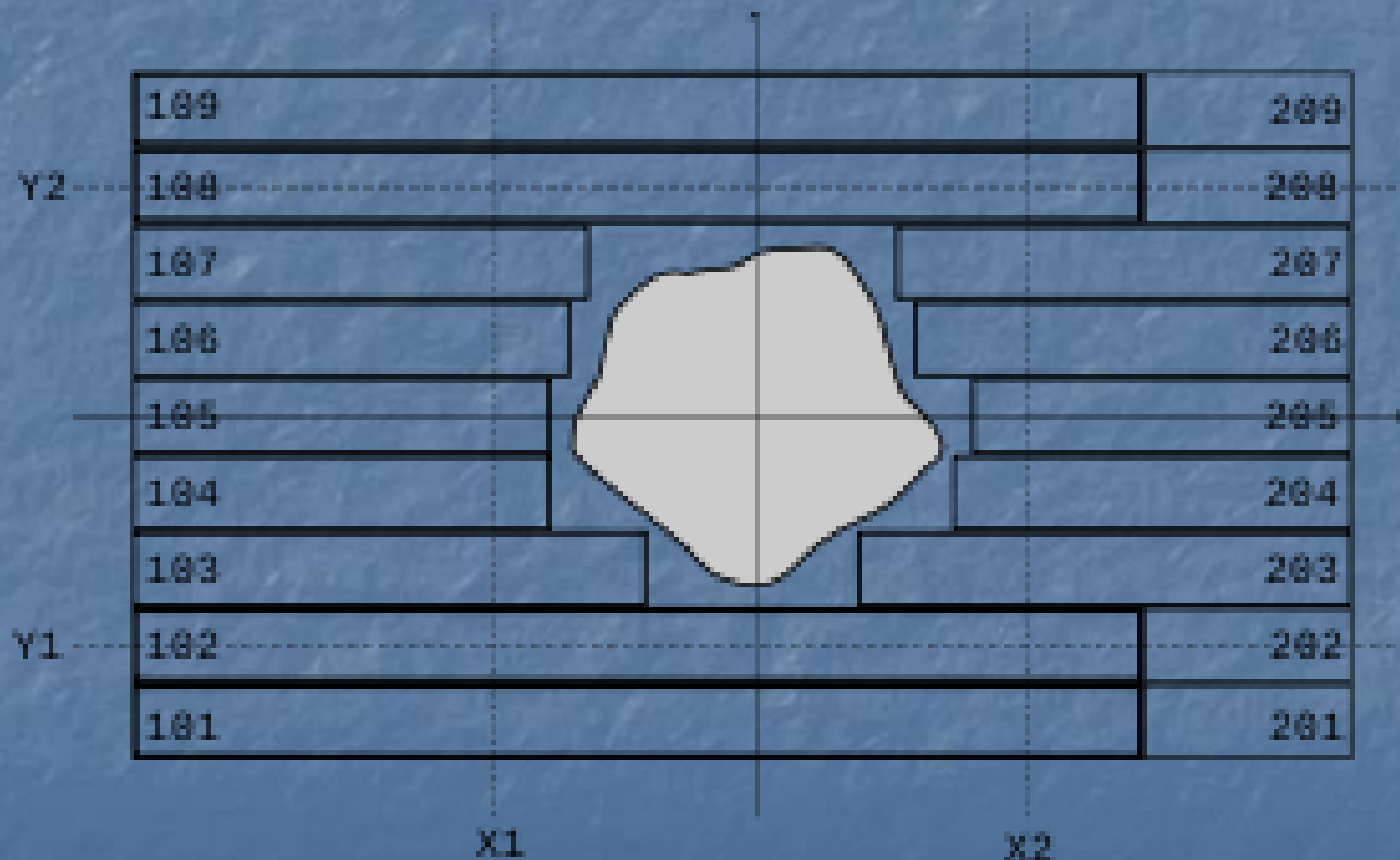


Wiązka zawsze jest rozbieżna

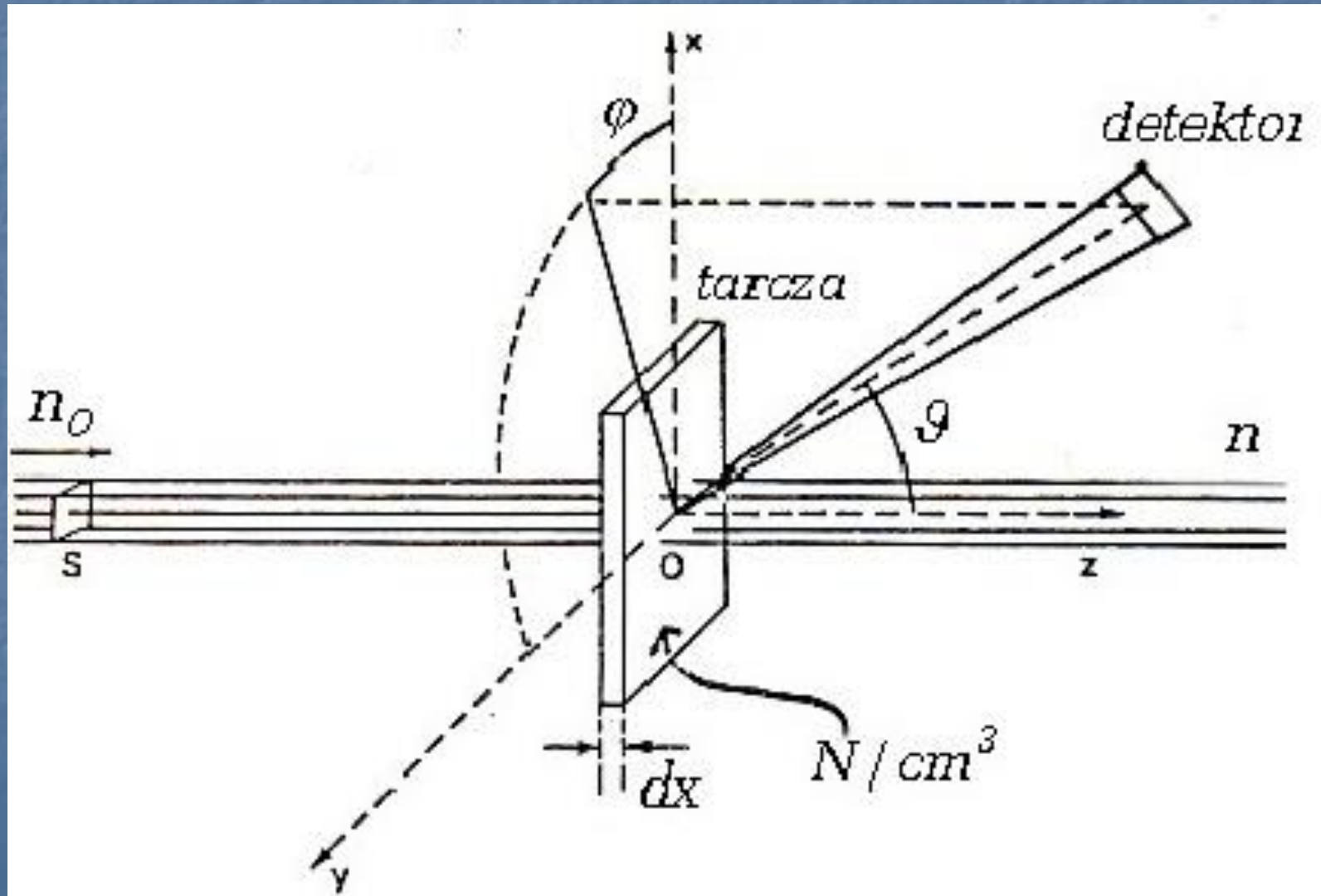
- Pomimo użycia **kolimatora** – chociaż dzięki niemu można otrzymać dobre przybliżenie zbieżności wiązki
- ALE często potrzebujemy rozbieżnej wiązki!



Kolimator w radioterapii

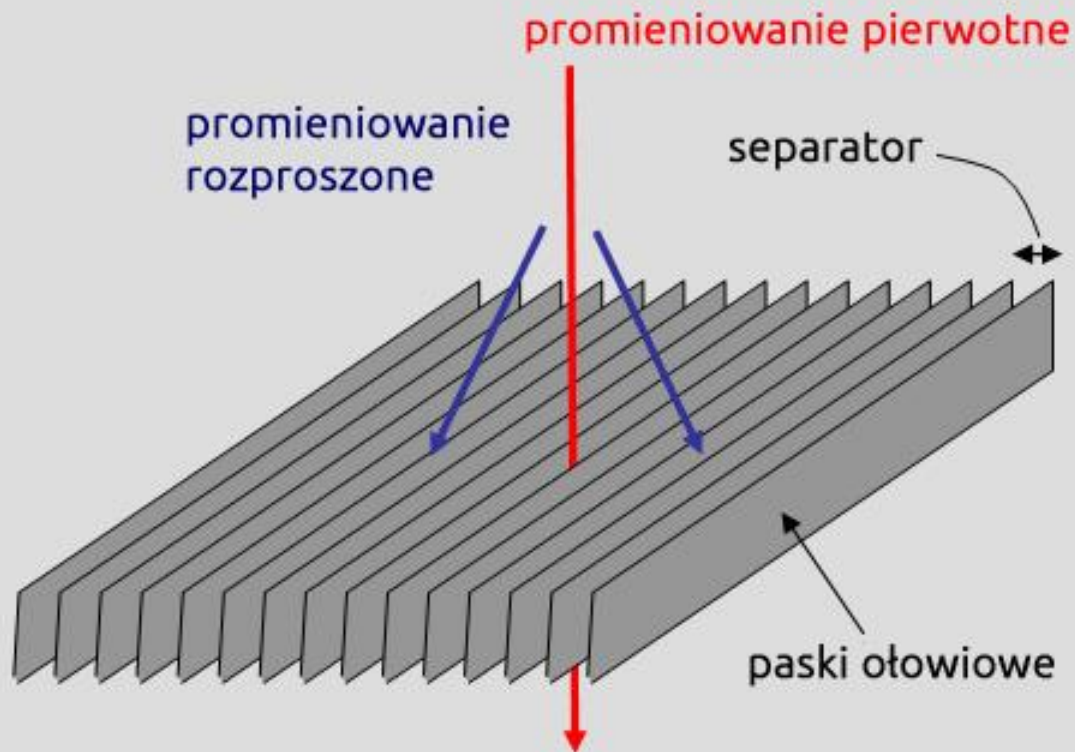


Rozproszenie kątowe wiązki w wyniku oddziaływania z materią



Kratka przeciwróżproszeniowa

Budowa kratki przeciwróżproszeniowej



Kratka przeciwróżproszeniowa
– minimalizuje dawkę dla personelu

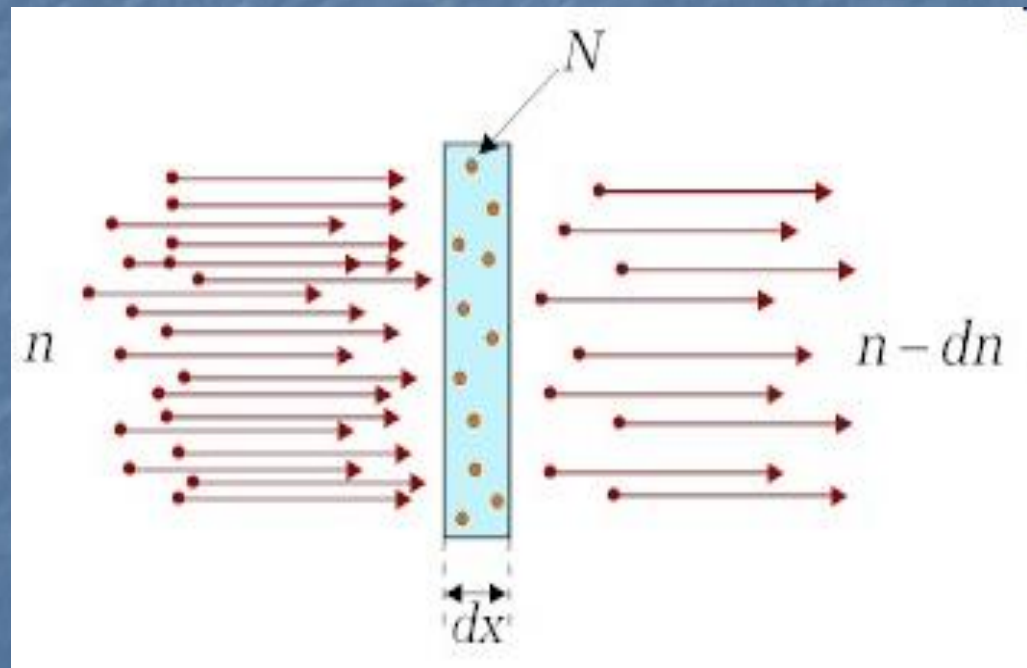


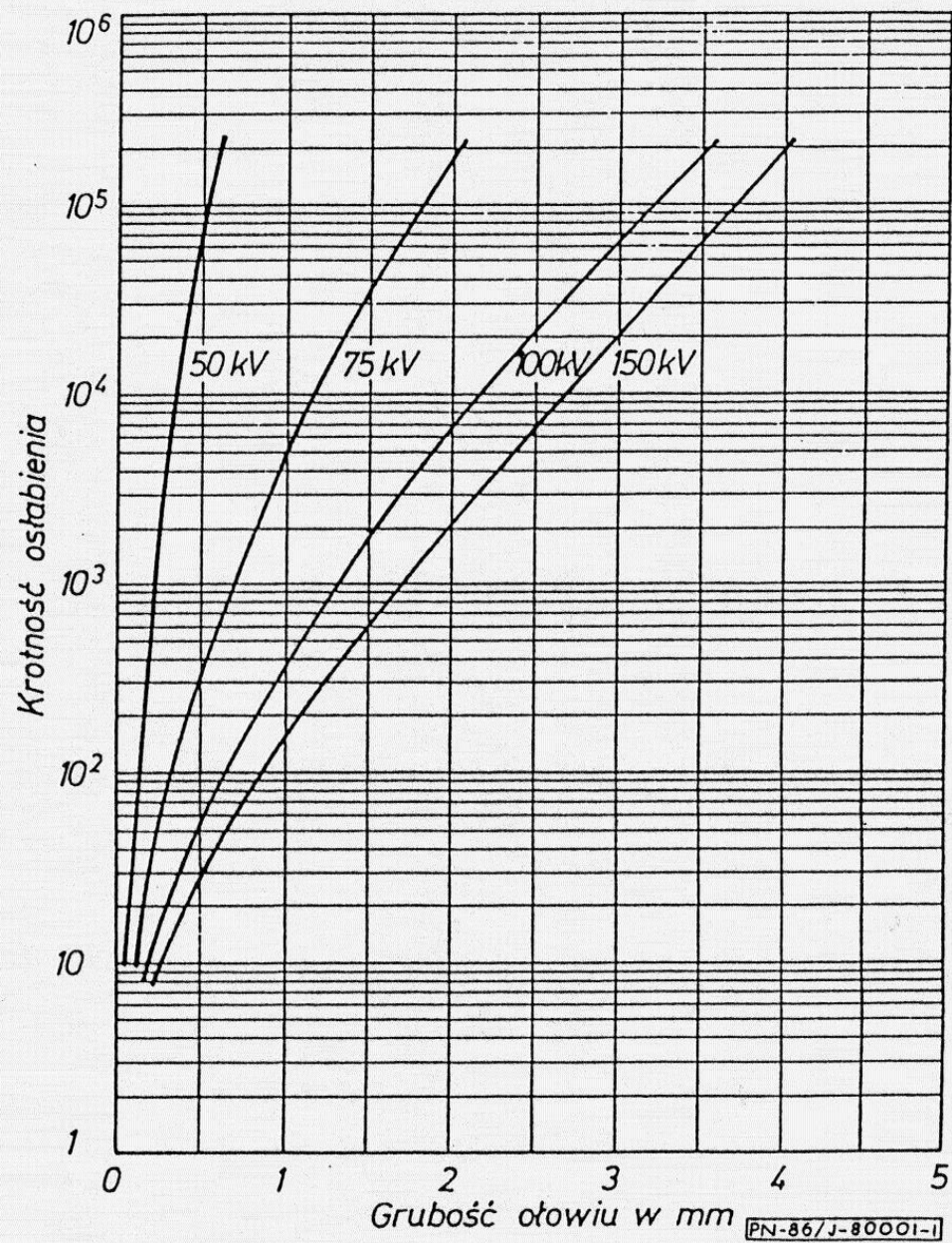
Filtracja lampy rentgenowskiej

Prawo osłabienia promieniowania

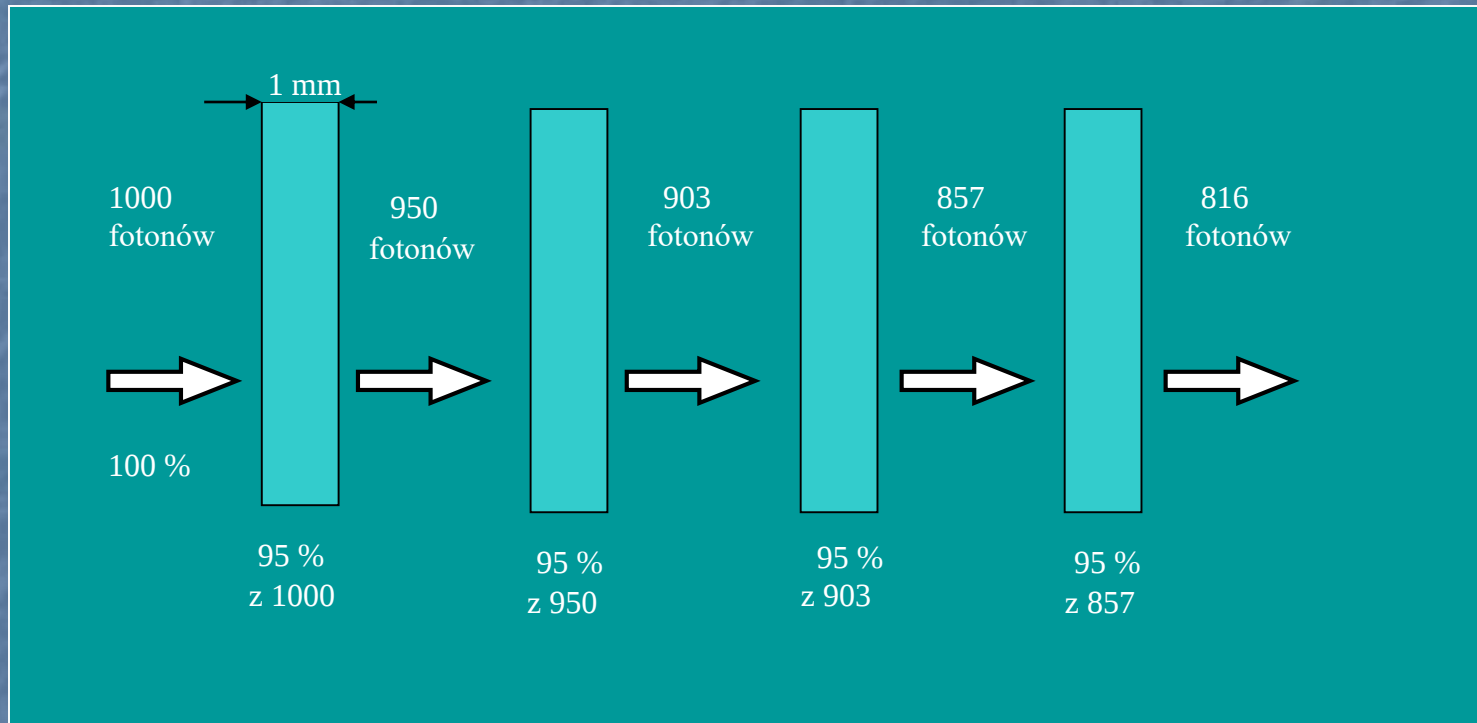
$$n = n_0 \cdot e^{-\mu_x \cdot X}$$

gdzie n_0 oznacza liczbę cząstek przed absorbentem, n liczbę cząstek po przejściu przez absorbent o grubości x z liniowym współczynnikiem osłabienia wiązki μ





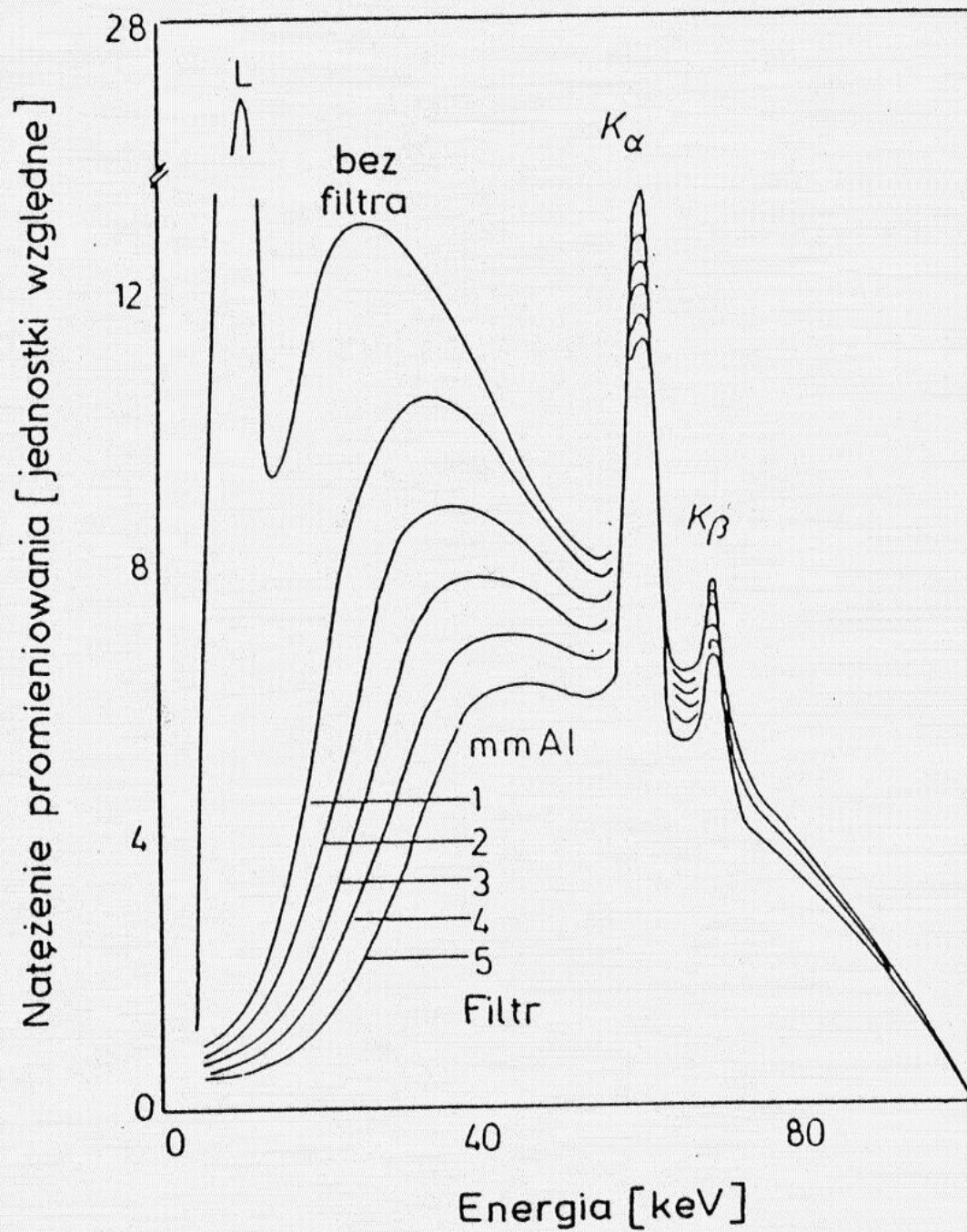
Przechodzenie fotonów przez materię



- Po każdym kolejnym przejściu widmo fotonów jest coraz bardziej „twarde” – pochłaniane są przede wszystkim fotony niskoenergetyczne

Filtracja

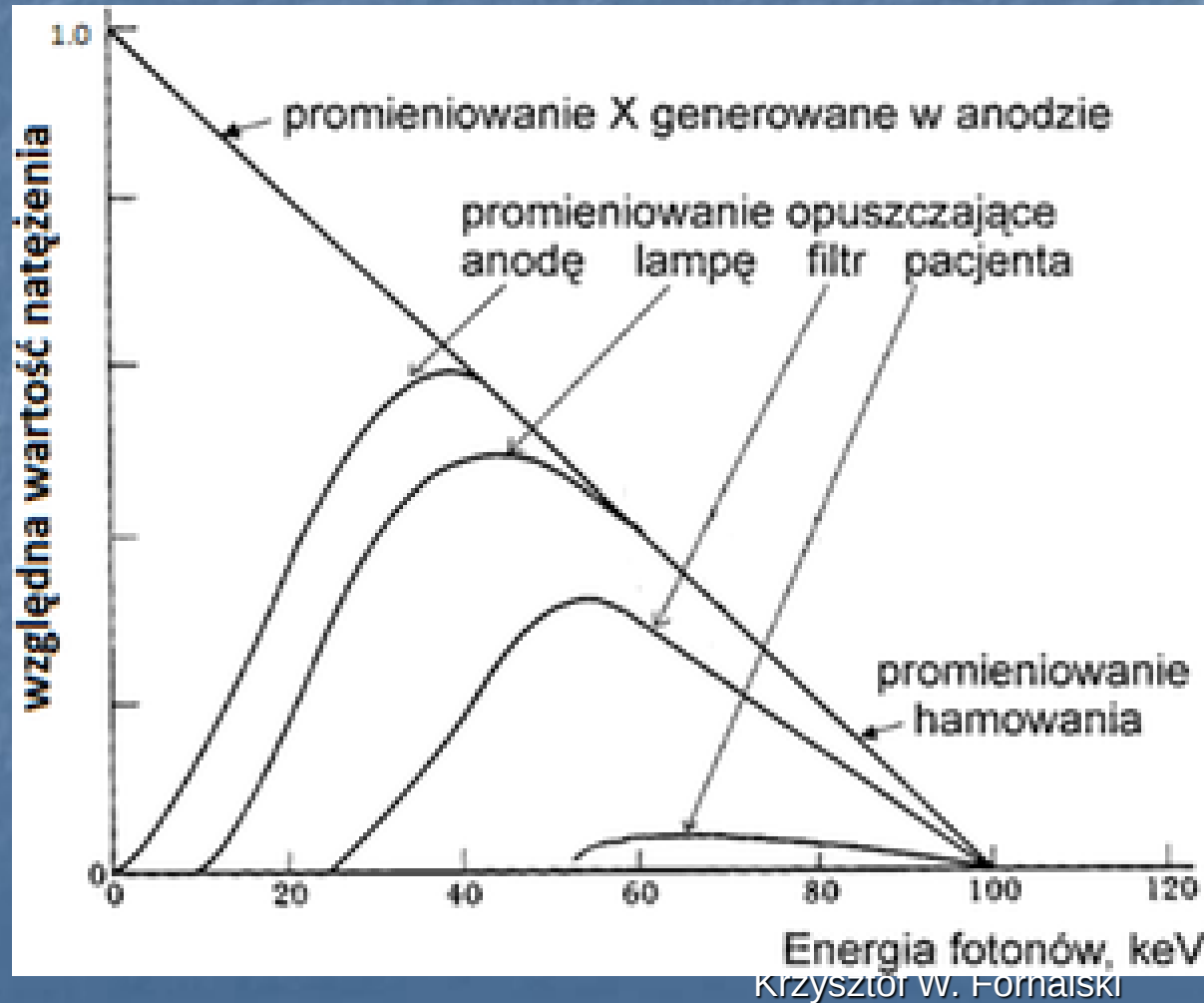
- Stosując odpowiedni filtr z miedzi lub aluminium istnieje możliwość dopasowywania kształtu widma promieni X do oczekiwanego
- Ilość pochłoniętych lub osłabionych fotonów zależy od grubości filtru
- W zastosowaniach medycznych zaleca się używanie filtra aluminiowego o grubości od 0,5 do 5mm
- Usuwane jest przede wszystkim prom. miękkie



Filtracja własna (pierwotna)

- Promieniowanie X wychodzące z lampy rentgenowskiej jest osłabiane w wyniku oddziaływania z tzw. okienkiem wyjściowym (np. ze szkła)
- Dzięki temu osłabieniu ulegają fotony o najniższych energiach, które nie są przydatne a nie potrzebnie zwiększają dawkę u pacjenta

Wszystko filtruje promieniowanie



Rzeczywiste
widmo
generowane w
anodzie jest
linią prostą

Zestaw rentgenowski - podsumowanie

