

## KRONIKA NAUKOWA.

**C. T. R. Wilson.** O aparacie umożliwiającym śledzenie biegu promieni jonizujących w gazach\*). (On an Expansion Apparatus for making visible the Tracks of Ionising Particles in Gases and some results obtained by its use) Proc. Roy. Soc. of London 87. r. 1912 p. 277—292. Le Radium 1913 T. X p. 7—15. Jahrbuch f. Radivaktivität 1913 T. X p. 34—52.

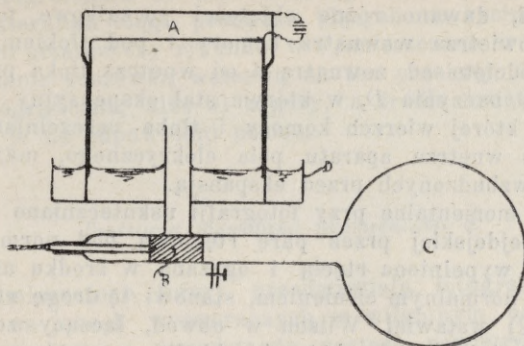
Znane dobrze są klasyczne doświadczenia Wilsona z r. 1897 nad skraplaniem się pary wodnej dookoła jonów, jako zarodków, przy adyabatycznej ekspansji powietrza nasyconego parą wodną. Opierając się na tych doświadczeniach, obliczył J. J. Thomson nabój jonu gazowego i stworzył w ten sposób podstawę dla przyjętej dziś powszechnie teorii jonizacji w gazach. W ostatnich czasach Wilson poszedł jeszcze o krok dalej. Zwrócił on mianowicie uwagę na to, że tory przebiegu indywidualnych cząstek  $\alpha$  czy  $\beta$ , czy wogóle promieni jonizujących, w wilgotnym gazie można uczynić dostrzegalnymi dzięki kondensacji pary wodnej na wolnych, świeżo wzbudzonych jonach przy odpowiednio zastosowanej ekspansji. Aby powstające mgły dały wierny obraz śladu jonów wzbudzonych przez jonizujące promienie, a tym samym dały poznać tory przebiegu tych promieni, muszą być spełnione pewne doświadczone warunki. Powinno więc być jak najmniej mieszania gazu wynikłego z ekspansji; pomiędzy wytworzeniem jonów, a przesyconiem pary wodnej powinno upłynąć tak mało czasu, iżby jony nie mogły w tym czasie oddyfundować dalej od miejsca powstania. Nie powinno być przytym w komorze ekspansyjnej innych jonów jak te, które mają być uważane, wreszcie czas naświetlenia przy zdjęciu fotograficznym powinien być tak krótki, iżby jony dalej oddyfundować nie mogły.

Aparat czyniący zadość tym wymaganiom skonstruowany i udoskonalony przez Wilsona przedstawiony jest w ostatnio używanej formie na rys. 1, gdzie uwzględnione są tylko główne części, pominięto zaś szczegóły uboczne. Główną częścią aparatu jest komora ekspansyjna *A*, szklana cylindryczna,

\*) Streszczenie referatu przedstawionego d. 27 lutego 1913 r. na posiedzeniu „Koła Fizyków Towarzystwa Kopernika we Lwowie.

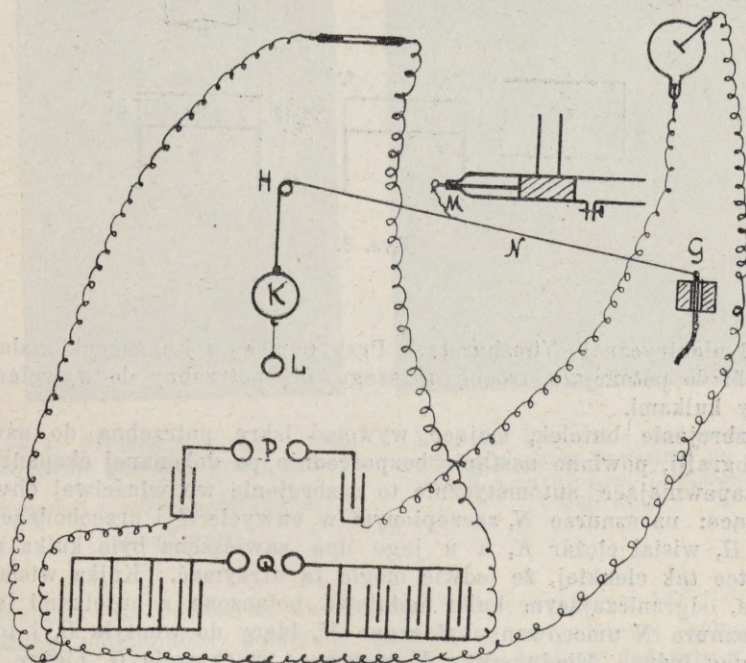


przykryta szklaną płytą, uszczelnioną żelatyną. Dno tej komory stanowi również płyta szklana, tworząca wierzch odwróconego walca, przesuwanego się



Rys. 1.

w cylindrze ekspansyjnym i stanowiącego tłok dla tegoż cylindra. Przez połączenie wnętrza tłoka ze zbiornikiem próżniowym C, można było tłok wyciągnąć, i przez to we wnętrzu komory wywołać ekspansję; przez połącze-



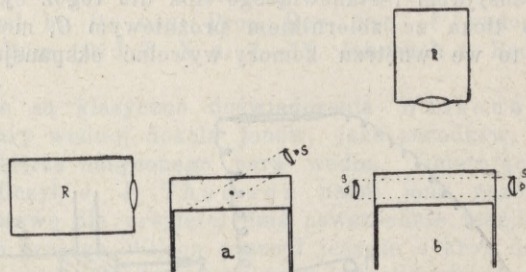
Rys. 2.

nie z powietrzem zewnętrznym można było tłok podnieść. Połączenie z próżnią, uskuteczniiano przez szybkie przestawienie wentyla B. We wszystkich



doświadczeniach objętość końcowa komory (po ekspansji) była zawsze ta sama, odpowiadająca zupełnemu wysunięciu tłoka; gdy chodziło o zastosowanie różnych ekspansji, dawano różne objętości początkowe przez odpowiednie dobranie ilości powietrza wewnątrz komory i pod tłokiem. Powietrze wewnątrz komory odcięto od zewnątrz i od wnętrza tłoka przy pomocy wody wypełniającej dno naczynia  $D$ , w którym stał ekspansyjny cylinder. Żelatyna, przy pomocy której wierzch komory i tłoka uszczelniano, pozwalała na wprowadzenie do wnętrza aparatu pola elektrycznego, mającego za zadanie usunięcie jonów wzbudzonych przed ekspansją.

Oświetlenie momentalne przy fotografii uskutecziano przy pomocy rozbrojenia butelki lejdejskiej przez parę rtęciową pod normalnym ciśnieniem. Rurka kwarcowa, wypełniona rtęcią i ogrzana w środku aż do wytworzenia się par rtęci pod normalnym ciśnieniem, stanowi tę drogę rtęciową dla iskry. Rurkę tę (rys. 2) wstawiał Wilson w obwód, łączący zewnętrzne okładki 2 baterji butelek lejdejskich, których okładki wewnętrzne połączone były z kulkami metalowymi  $Q$ , oddalonymi od siebie o jakie 5 cm., i z biegunami



Rys. 3.

maszynki elektrycznej Wimshursta. Przy pomocy tej maszynki naładowywano butelki do potencjału trochę niższego niż potrzebny do wywołania iskry pomiędzy kulkami.

Rozbrojenie butelek, mające wywołać iskrę potrzebną do oświetlania przy fotografii, powinno nastąpić bezpośrednio po dokonanej ekspansji. Urządzenie zapewniające automatycznie to rozbrojenie we właściwej chwili było następujące: na sznurze  $N$ , zaczepionym w chwycie  $G$  i przechodzącym przez bloczek  $H$ , wisiał ciężar  $K$ , a u jego dna zawieszona była kulka metalowa  $L$  na nitce tak cienkiej, że ledwie mogła ją utrzymać. Kulka wisiała ponad miejscem, ograniczającym kulki metalowe połączone z butelkami lejdejskimi. Do sznura  $N$  umocowany był sznur  $M$ , idący do wentyla  $B$ , i to początkowo idący luźno. Kiedy sznur  $N$  puszczonego w chwycie  $G$ , ciężar  $K$  zaczął opadać i opadał tak długo, aż sznur  $M$  się wyprężył, otworzył wentyl  $B$ , powodując w ten sposób ekspansję w komorze, i zatrzymał nagle ciężar  $K$ . Przez szarpnięcie przy tym nagłym wstrzymywaniu przerywała się nitka, na której wisiała kulka  $L$ , i kulka, spadając, powodowała rozbrojenie butelek lejdejskich, a tym samym iskrę przez drogę rtęciową, oświetlającą komorę.

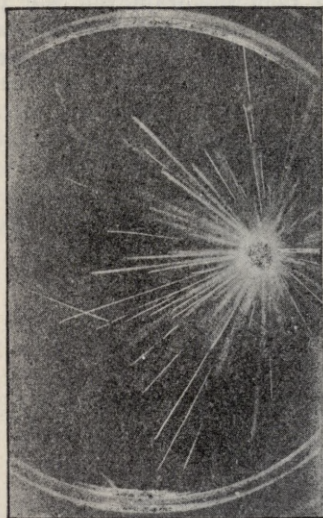


Druga bateria butelek  $P$  używana była tylko przy doświadczeniach z promieniami Röntgena.

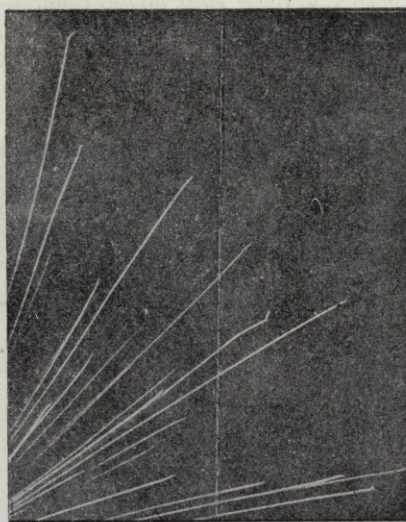
Komora fotograficzna  $R$  ustawiona była (rys. 3) albo  $a$ ) z boku, osią prostopadle do kierunku biegu promieni, idących na rycinie 3 ( $a$ ) jako wiązka prostopadła do płaszczyzny rysunku; w  $S$  umieszczano źródło światła i skierowywano promienie soczewką waleową na ten przekrój, na który ustawiona była komora fotograficzna; albo  $b$ ) z góry, a źródła światła ustawiono z boku, skierowując je na odpowiedni poziom.

### Jonizacja wywołana promieniami $\alpha$ .

Poniżej zamieszczone figury przedstawiają fotografie kropelek mgły, skondensowanej na jonach wytworzonych w wilgotnym powietrzu przez różnego rodzaju promienie:  $\rho_1$  przedstawia gęstość powietrza przed ekspansją



Rys. 4. Promienie  $\alpha$  radu. Jedne promienie przeszły przed, inne po ekspansji.  $\rho_1=0.98$ ;  $\rho_2=0.72$   $\frac{v_2}{v_1}=1.36$   
 $V=40$  volt.



Rys. 5. Wszystkie promienie  $\alpha$  przeszły przez powietrze po ekspansji.  $\rho_1=0.97$ ;  $\rho_2=0.73$   $\frac{v_2}{v_1}=1.33$   
 $V=40$  volt.

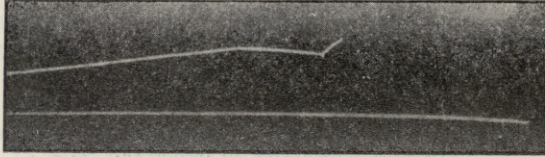
(w stosunku do powietrza nasyconego w temperaturze  $16^\circ$  i  $760$  mm. Hg),  $V$  różnicę potencjałów pomiędzy przykrywą a podstawą komory. Zawsze szczyt komory był dodatnio naładowany, tak że jony dodatnie wędrowały od góry ku dołowi, ujemnie zaś w kierunku przeciwnym.

Rys. 4—7 przedstawiają jonizację wywołaną promieniami  $\alpha$  radu lub jego produktów; komora fotograficzna ustawiona z góry jak ( $b$ ) na rys. 3.

Rys. 4 daje obraz jonizacji wywołanej promieniami  $\alpha$  radu, umieszczono-

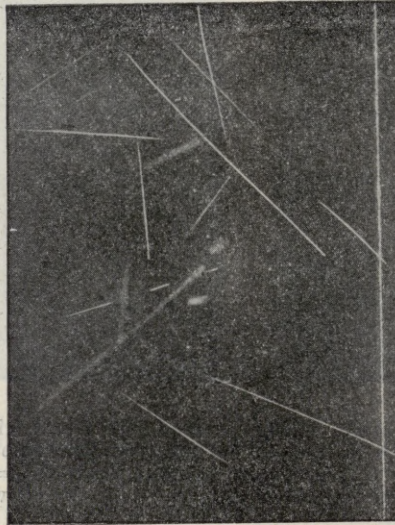


nego na końcu drutu wewnątrz komory. Ogólnie biorąc, widać tu dwa rodzaje promieni, ostre i zacierające się. Pierwsze pochodzą od promieni, które przeszły przez komorę po ekspansji, zacierające się zaś — od promieni, które przeszły przed ekspansją tak, że jony miały pewien czas do odgyfun-



Rys. 6. Powiększenie pewnej części rys. 5.

dowania od miejsca swego powstania. Im słabsze elektryczne pole, im prędkość jonów mniejsza, tym procentowo więcej tych zacierających się promieni pozostaje. Koło samego źródła nie widać wcale promieni ostrych, tam bowiem jonów wogóle najwięcej; stąd po ekspansji trudno już jonom tam natopkać dostateczne przesycenie.



Rys. 7. Promienie  $\alpha$  emanacji i aktywnego depozytu.  $\rho_1=1.00$ ,  $\rho_2=0.74$   $\frac{v_2}{v_1}=1.36$ .

$V=40$  wolt.

Przez umieszczenie prostopadłe na tłoku płytki szklanej, można wykluczyć działanie promieni wychodzących albo przed albo po ekspansji, jeśli się da na płytce szparę w takim miejscu, aby przepuszczała promienie tylko po



lub tylko przed ekspansją. W ten sposób otrzymany rys. 5, daje obraz promieni, które wyszły wszystkie po ekspansji i wszystkie, jak widać, są ostre.

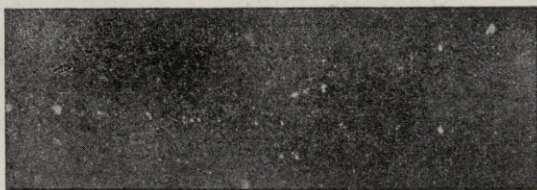
Na rys. 4 widać, że promienie ostre, a więc te, które wyszły po ekspansji, są dłuższe; pochodzi to stąd, że po ekspansji gęstość powietrza jest mniejsza, a zatem doniosłość rzutu promieni musi być większa.

Jak widać na rys. 5 i 6, przebieg promieni  $\alpha$  przedstawia się jako linja prosta, a tylko przy samym końcu promienia występuje wyraźne ostre załamanie. Często prócz tego występuje jeszcze drugie, choć słabsze zagięcie. Te rezultaty otrzymane przez Wilsona wykazują niezbitie słuszność przypuszczenia Rutherforda co do wyjaśnienia zjawiska rozpraszania promieni  $\alpha$ . Thomson przypuszczał, że całkowite odchylenie promienia  $\alpha$  w przejściu przez materję jest sumą odchyień drobnych (compound scattering), sprawionych przez poszczególne atomy, odchyień drobnych, które według rachunku prawdopodobieństwa przy przejściu przez  $n$  atomów byłoby zwiększone w stosunku do  $\sqrt{n}$ . Rutherford natomiast uważał całkowite odchylenie jako pochodzące od jednego dużego zbroczenia promienia (single scattering). Rys. 5 i 6 wskazują, że u promieni  $\alpha$  występują wyłącznie wielkie załamanie.

Gdy preparat radu znajdował się dłużej w komorze ekspansyjnej, wtedy prócz promieni od radu, wychodzących z danego centrum, można zauważyć promienie idące we wszystkie strony, a pochodzące od emanacji radu i dalszych produktów (rys. 7). Koniec promienia łatwo zawsze poznać przez charakterystyczne zagięcie toru, u początku widać często jakby głowę, powstającą przez jonizację od reszty odrzuconego atomu. Tam, gdzie udało się sfotografować całą długość promienia  $\alpha$  emanacji, okazuje się, że doniosłość jego rzutu była taka, jaką przypuszczano na podstawie innych pomiarów.

### *Jonizacja wywołana promieniami $\beta$ .*

Rys. 8 i 9 przedstawiają jonizację wywołaną promieniami  $\beta$ . Komora fotograficzna ustawiona była z boku (rys. 3 (a)). Początkowy bieg promieni  $\beta$ , w zakresie wielkiej ich szybkości wykazuje linję prawie prostą i jonizację słabą. Widać tu wyraźnie powstawanie jonów parami. Obliczenie wy-



Rys. 8. Promienie  $\beta$ .  $\rho_1=0.99$   $\rho_2=0.76$   $\frac{v_2}{v_1}=1.31$   $V=40$  volt.

kazywało około 16 par jonów na przestrzeni jednego centymetra, o ile pominię się większe grupy; uwzględniając zaś grupy, otrzymuje się par około 32, podczas kiedy Elve przez pomiary prądu nasycenia od jonizacji  $\beta$  znaj-



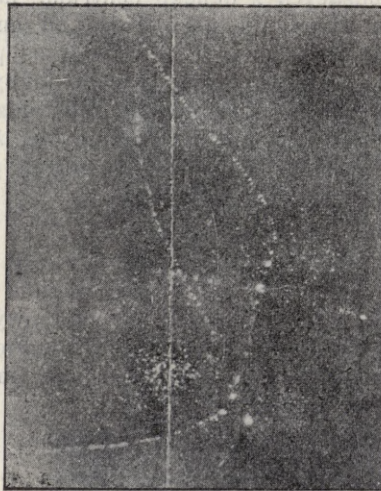
dował około 48. Gdy szybkość promieni  $\beta$  jest mniejsza, jonizacja występuje silniej, przytym widać odchylenie od biegu prostoliniowego. Tory promieni  $\beta$  wywołanych przez promienie  $\gamma$  (rys. 9) wykazują jeszcze większą jonizację i silne zagięcia.

Ogólnie u promieni  $\beta$  nie widać zboczeń gwałtownych jak u promieni  $\alpha$ , ale zagięcia rosnące, co wskazywałoby na to, że ich rozproszenie jest złożone (compound scattering).

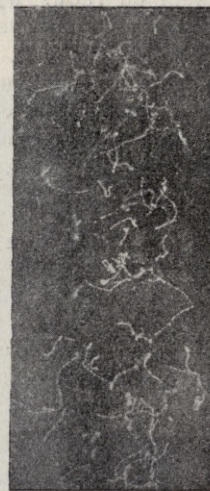
#### *Jonizacja wywołana promieniami Röntgena.*

Rys. 10—14 przedstawiają jonizację wywołaną promieniami Röntgena. Osł komory fotograficznej jest pozioma (rys. 3 pozycja *a*), promienie przechodzą od prawej ręki do lewej, i to przechodzą przez bańkę po ekspansji (z wyjątkiem rys. 14-go).

Promienie Röntgena wzbudzano w bańce przez rozbrojenie przez nią baterji butelek lejdejskich *P* na rys. 2. Rozbrojenie wywoływała, opadając, ta sama kulka



Rys. 9. Promienie  $\beta$  wytworzone przez promienie  $\gamma$ .  $\rho_1=1.00$   
 $\rho_2=0.75$   
 $v_2/v_1=1.34$   $V=40$  volt.

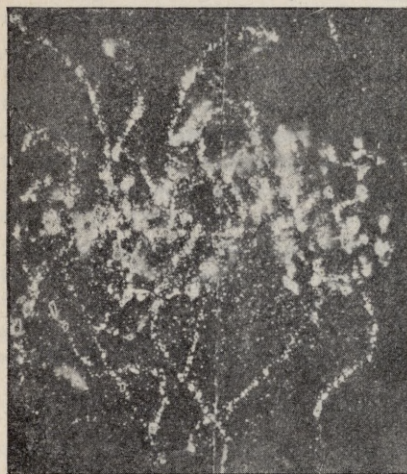


Rys. 10. Promienie Röntgena, wiązka o średnicy 5 mm.  $\rho_1=1.00$   
 $\rho_2=0.74$   $v_2/v_1=1.36$   $V=40$  volt.

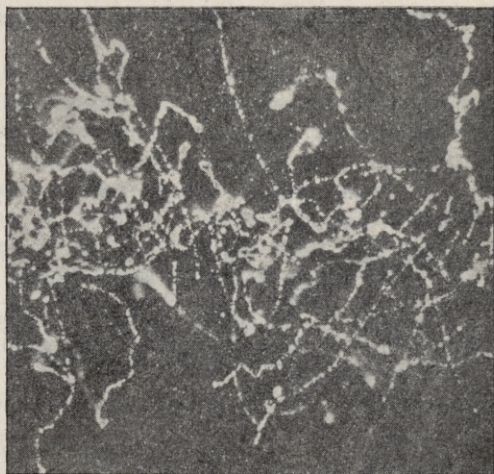
która powodowała iskrę oświetlającą. Przez odpowiedni dobór długości nitki, na której kulka wisiała, i uregulowanie odstępów kulek *P* i *Q* (rys. 2), można było spowodować wysłanie promieni Röntgena dokładnie współcześnie z końcem ekspansji, lub w dowolnym czasie przed lub po ekspansji. Ogólnie biorąc, poszczególne części tych doświadczeń szły po sobie w następującym porządku: 1) wytworzenie przesycenia przez ekspansję; 2) rozbrojenie przez



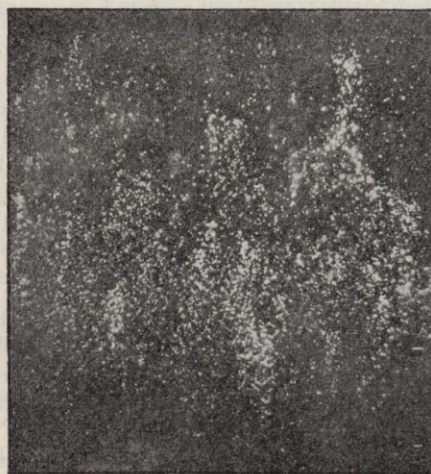
bańkę Röntgena i jonizacja w komorze; 3) kondensacja pary wodnej na jonach; 4) iskra oświetlająca dla fotografii.



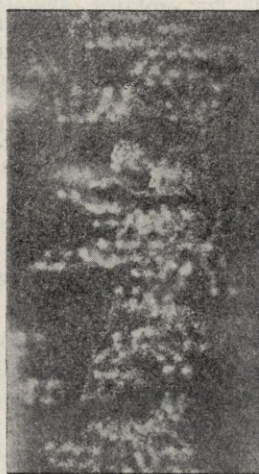
Rys. 11. Promienie Röntgena, wiązka o średnicy 2 mm.  $\rho_1=0.93$   $\rho_2=0.70$   
 $v_2/v_1=1.33$   $V=40$  volt.



Bys. 12. Promienie Röntgena, warunki jak na rys. 11, tylko  $v_2/v_1=1.31$ .



Rys. 13. Promienie Röntgena, warunki jak na rys. 11, tylko  $v_2/v_1=1.28$ .



Rys. 14. Promienie Röntgena przeszły przez komorę przed ekspansją  
 $\rho_1=1.00$   $\rho_2=0.74$   $v_2/v_1=1.36$   
 $V=40$  volt.

W większości przypadków rozrzedzenie było pomiędzy 1.33—1.36; wtedy dostaje się bardzo ostry i wyraźny obraz jonizacji (rys. 10). Ta przedstawia się,



jak widać, jako powstająca z ogromnej liczby powolnych promieni  $\beta$ , które jako wtórne promienie Röntgena powstają. Obrazy tu otrzymane zdają się potwierdzać w zupełności przypuszczenie Bragga, że promienie Röntgena nie jonizują bezpośrednio gazu, lecz że ich tor jest miejscem geometrycznym powstawania wtórnych promieni  $\beta$ , i te dopiero powodują jonizację gazu. Kierunki ruchu promieni  $\beta$  zupełnie od kierunku promieni Röntgena nie zależą.

Drogi tych wtórnych promieni  $\beta$  wykazują rosnące zagięcia i dość silną jonizacją. Na długość drogi około 1 cm. tych promieni przypada około 190 par jonów; niektóre drogi są tak wyraźne, że z łatwością pary jonów porachować można.

Gdy ekspansja maleje (rys. 11, 12 i 13), tory wtórnych cząstek  $\beta$  stają się coraz mniej wyraźne, aż wreszcie zacierają się zupełnie.

Zacierający się także obraz promieni  $\beta$  wykazuje (rys. 14), gdzie promienie Röntgena przeszły przed ekspansją, więc jony przed zdjęciem miały czas odwyfundować.