

Z Katedry Fizyki Doświadczalnej Wydziału Mat. Fiz. Chem. UMCS

Kierownik: prof. dr Włodzimierz Zuk

Bogdan ADAMCZYK

Cykloidalny spektrometr mas z całkowitą transmisją jonów

Циклоидальный масспектрометр с полной трансмиссией ионов

Cycloidal Mass Spectrometer with the Total Transmission of Ions

WSTĘP

Opisany niżej spektrometr mas własnej konstrukcji przystosowany został do badań przekrojów czynnych na pojedynczą i wielokrotną jonizację atomów, a także jonizację cząsteczek gazów bombardowanych elektronami. Cechą podstawową tego spektrometru jest całkowita transmisja jonów pomiędzy miejscem ich wytwarzania w komorze zderzeń w źródle a kolektorem. A więc wszystkie badane jony, produkowane w źródle, bez względu na ich masę i ładunek, osiągają kolektor i są rejestrowane. Dzięki temu wykluczone zostają efekty wybiórcze, co pozwala uzyskać pełną informację o wytwarzanych ilościach różnego rodzaju jonów przy określonych energiach bombardujących elektronów.

Całkowita transmisja jonów osiągnięta została m. in. kosztem zdolności rozdzielczej spektrometru. Zdolność ta wynosi ok. 25. Jeśli jednak weźmie się pod uwagę, że przy pomocy tego urządzenia analizowane są takie jony, jak np.:

$\text{He}^+ \text{ He}^{2+}$;

$\text{Ne}^+, \text{Ne}^{2+}, \text{Ne}^{3+}, \dots$;

$\text{Ar}^+, \text{Ar}^{2+}, \text{Ar}^{3+}, \text{Ar}^{4+}, \dots$;

H_2^+, H^+ ;

$\text{N}_2^+, \text{N}^+, \text{N}^{2+}, \dots$;

$\text{H}_2\text{O}^+, \text{HO}^+, \text{O}^+, \text{H}_2^+, \text{H}^+$;

.....;

.....;

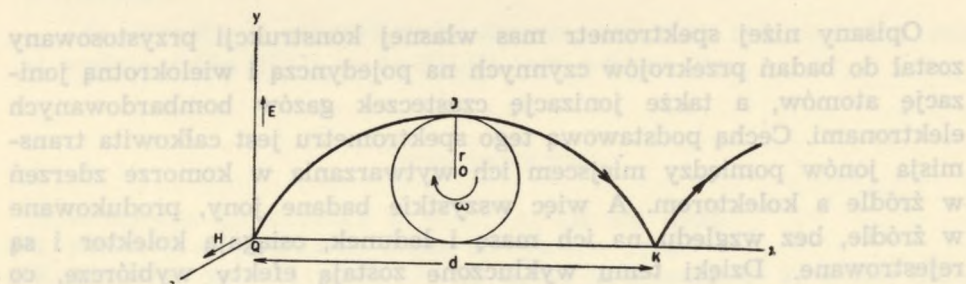
to zdolność rozdzielcza, wynosząca 25, jest zupełnie wystarczająca.

O pierwszych próbach osiągnięcia pełnej transmisji jonów w spektrometrze cykloidalnym donosili w r. 1966 Schram, Adamczyk i Boerboom [1], a następnie — w tym samym roku — Adamczyk, Boerboom, Schram i Kistemaker [2] podali wyniki pomiarów przekrojów czynnych na jonizację elektronami helu, neonu, wodoru i metanu, wykonanych przy pomocy tego urządzenia.

Opisane wcześniej w piśmiennictwie różne typy spektrometrów cykloidalnych, głównie ze względu na zastosowanie w nich konwencjonalnych źródeł jonów, posiadały częściową tylko, rzędu 1%, transmisję jonów i przeznaczone były w zasadzie do celów analitycznych [3—9].

RUCH JONU PRZY RÓWNOCZESNYM DZIAŁANIU PÓL: ELEKTRYCZNEGO I MAGNETYCZNEGO

Jeżeli przyjmiemy, że pole elektryczne E skierowane jest wzdłuż osi y , zaś pole magnetyczne H wzdłuż osi z , a w punkcie Q znajduje się



Ryc. 1. Tor zakreślony przez jon w wyniku oddziaływania skrzyżowanych pól: elektrycznego i magnetycznego

jon, którego prędkość w chwili początkowej wynosi 0, masa równa się m , ładunek zaś ne ($n=1, 2, 3, \dots$ —krotność zjonizowania), to w wyniku działania obu pól będzie on wykonywał ruch (ryc. 1) zgodnie z równaniami:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= n e H v_y \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= E n e - n e H v_x \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Rozwiązanie równań (1) daje:

$$\begin{aligned} x &= \frac{m}{ne} \cdot \frac{E}{H^2} \left[\frac{ne}{m} Ht - \sin \left(\frac{ne}{m} Ht \right) \right] \\ y &= \frac{m}{ne} \cdot \frac{E}{H^2} \left[1 - \cos \left(\frac{ne}{m} Ht \right) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

Oznaczając $\frac{m}{ne} \cdot \frac{E}{H^2} = r$ oraz $\frac{neH}{m} = \omega$ równania (2) przybierają postać:

$$\begin{aligned} x &= r(\omega t - \sin \omega t) \\ y &= r(1 - \cos \omega t) \end{aligned} \quad (3)$$

Równania (3) opisują cykloidę zakreśloną przez punkt I umieszczony na obwodzie koła o promieniu r , toczącego się po osi x z prędkością kątową ω (ryc. 1).

Długość odcinka:

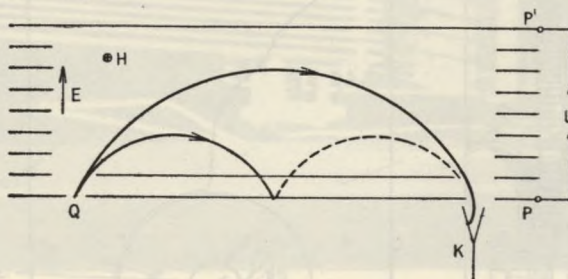
$$d = 2\pi r = \frac{2\pi E m}{ne H^2} \quad (4)$$

określa odległość źródła jonów Q od kolektora K , zbierającego jony o określonym stosunku masy m do ładunku ne .

Wartość:

$$2r = 2 \frac{m}{ne} \cdot \frac{E}{H^2} \quad (5)$$

określa największe wzniesienie cykloidy, a zatem minimalną odległość, jaka powinna panować pomiędzy skrajnymi elektrodami P, P' , wytwarzającymi pole E (ryc. 2).

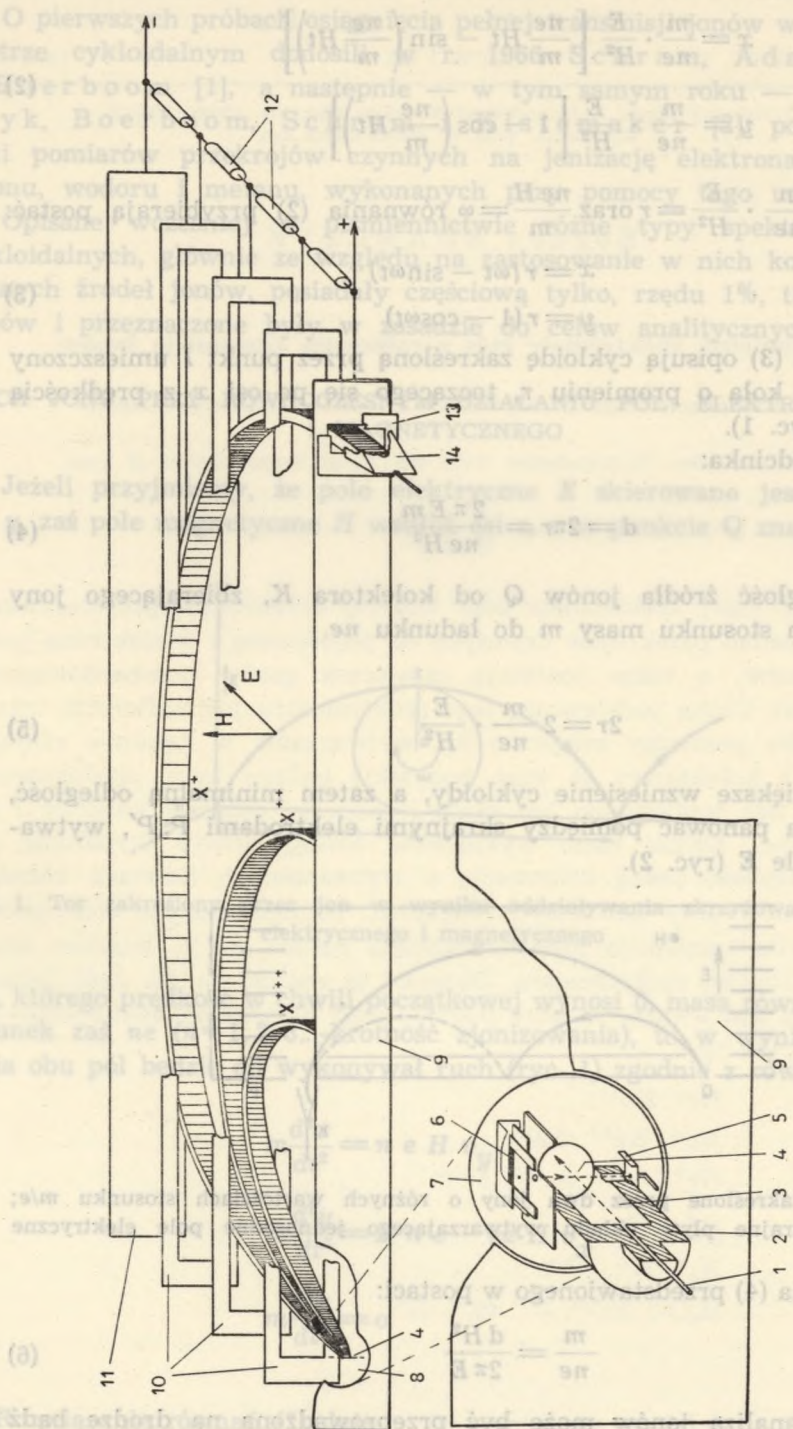


Ryc. 2. Tory zakreślone przez dwa jony o różnych wartościach stosunku m/e ; P i P' — skrajne płyty układu wytwarzającego jednorodne pole elektryczne

Z równania (4) przedstawionego w postaci:

$$\frac{m}{ne} = \frac{d H^2}{2\pi E} \quad (6)$$

wynika, że analiza jonów może być przeprowadzona na drodze bądź



Ryc. 3. Uproszczony schemat układu analizującego spektrometru

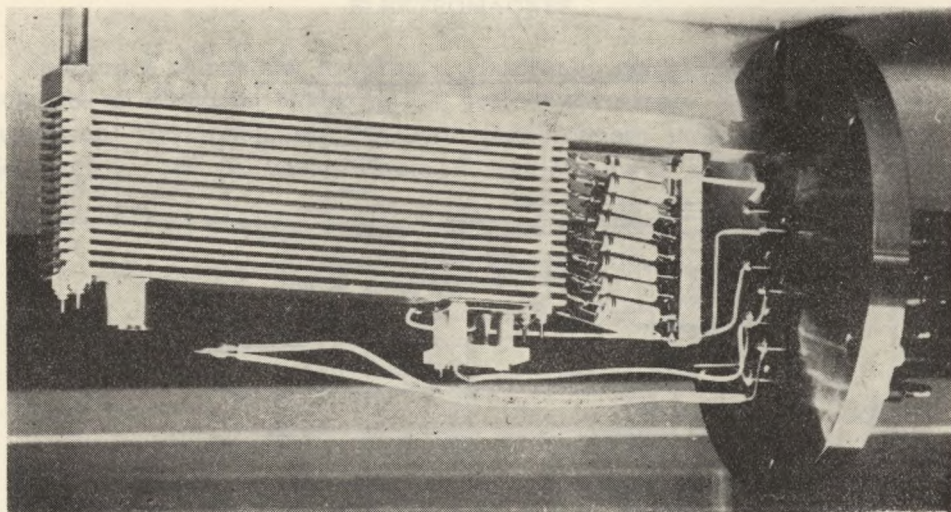
zmiany natężenia pola magnetycznego przy ustalonym E , bądź też zmiany natężenia pola elektrycznego przy ustalonym H .

Oznaczając przez M liczbę masową jonu, przez n krotność ładunku elementarnego jonu, przez H natężenie pola magnetycznego, wyrażone w erstedach, a przez U napięcie elektryczne przyłożone do skrajnych płyt PP' , wyrażone w woltach — otrzymuje się z (6) praktyczny przy pomiarach wzór dla opisywanego układu analizującego, gdzie odległość d wynosi 125 mm, zaś odległość PP' — 60 mm:

$$\frac{M}{n} = 10^{-3} \frac{H^2}{U} \quad (7)$$

UKŁAD ANALIZUJĄCY SPEKTROMETRU

Układ analizujący spektrometru (ryc. 3 i 4) zamknięty jest w komorze próżniowej, gdzie utrzymuje się ciśnienie rzędu 10^{-5} tora. Całość umieszczona została pomiędzy nabiegunnikami elektromagnesu. Wszystkie części spektrometru, znajdujące się w polu magnetycznym, wykonano ze stali amagnetycznej.



Ryc. 4. Układ analizujący spektrometru. Wykonanie tej części spektrometru autor zawdzięcza F.O.M. Laboratorium voor Massascheiding w Amsterdamie.

Przez kapilarę 1 doprowadzany jest gaz do komory zderzeń 2. Strumień atomów 3 bombarduje wiązka elektronów 4, emitowana przez żarzoną taśmę wolframową 6. Płyty kolimujące wiązkę posiadają potencjał komory zderzeń. Napięcie przyspieszające elektrony przyłożone jest pomiędzy komorą a katodą. Wiazka elektronów, dodatkowo ognisko-

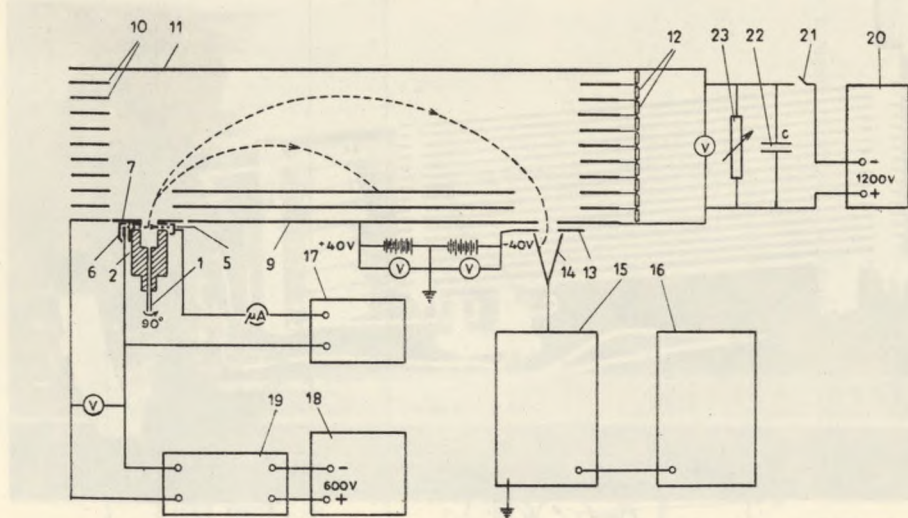
wana przez równoległe do niej pole magnetyczne, zbierana jest przez pułapkę 5. Dysk 7, do którego przymocowano komorę, umieszczony jest w otworze 8 płyty 9.

Wytwarzane w komorze zderzeń jony, wyciągane są przez pole elektryczne E , utworzone przez kolejno wzrastające potencjały przyłożone do płyt 9, 10, 11. Jak widać to na fotografii (ryc. 4), układ wytwarzający jednorodne pole E składa się z 16 płyt.

Wiązka jonów o określonym stosunku M/n trafia do otworu wyjściowego w płycie 9, następnie przyspieszana jest przez ujemne napięcie przyłożone pomiędzy płytą 9 a 13 i osiąga kolektor 14. Płyta 13 spełnia rolę elektrody antydynatronowej.

Na schemacie (ryc. 5) źródło jonów (1, 2, 5, 6, 7) obrócone jest wokół osi kapilary 1 o kąt 90° względem pozycji rzeczywistej.

Płyta 9 oraz połączone z nią dysk 7 i komora zderzeń 2 znajdują się na potencjale $+40\text{ V}$ względem ziemi. Dzięki temu wyselekcjonowane jony, które osiągnęły otwór wyjściowy (kolektorowy) płyty 9, a tym samym posiadają prędkość równą 0, przyspieszane są do kolektora o potencjale zbliżonym do potencjału ziemi. Antydynatronowa płyta 13 ma potencjał -40 V .



Ryc. 5. Schemat połączeń poszczególnych elementów układu analizującego z zasilaczami i miernikami

Katodę 6 zasila stabilizator zarzenia 17 napięciem o częstotliwości ok. 1000 Hz. Stabilizator sterowany jest sygnałami dostarczonymi przez pułapkę elektronów 5. Przy pomocy mikroamperomierza, włączonego między pułapką a stabilizatorem, określa się natężenie wiązki elektronowej,

wywołującej jonizację gazu. Wszelkie pomiary wykonywano przy natężeniu wiązki $10 \mu\text{A}$.

Napięcie przyspieszające elektrony regulowane jest dzielnikiem napięcia 19 i określone przy pomocy woltomierza, znajdującego się na wyjściu tego dzielnika. Wejście dzielnika zasila stabilizator napięcia stałego (600 V) 18.

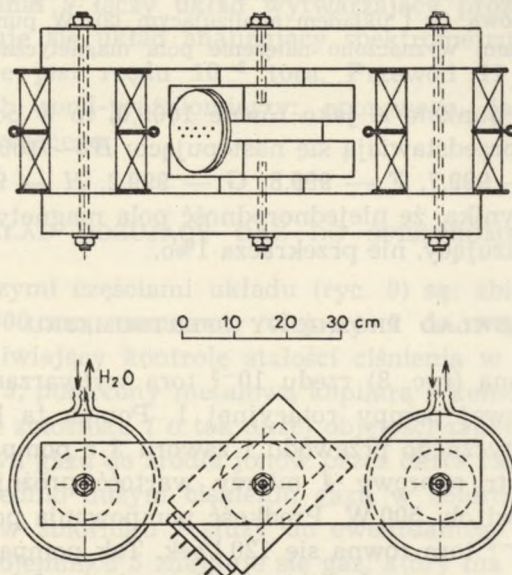
Płyty 9, 10, 11 połączone są ze sobą opornikami 12 o oporze $500 \text{ k}\Omega$ każdy.

Analiza jonów odbywa się na drodze zmiany natężenia pola elektrycznego, a zatem napięcia U (równanie 7) przyłożonego pomiędzy skrajne płyty 9 i 11. Powolną zmianę napięcia U osiąga się przez rozładowanie kondensatora C . Prędkość rozładowania, a zatem prędkość przesuwania się widma jonów przez kolektor, reguluje zmienny opór opornika 23. Kondensator ładowany jest przez napięcie z zasilacza 20 przy zamkniętym kluczu 21.

Kolektor jonów 14 połączony został z elektrometrem wibracyjnym 15. Widmo rejestrowane jest na taśmie samopisu-kompensatora 16.

ELEKTROMAGNES

Jednym z warunków uzyskania właściwego ogniskowania wiązek jonowych w układzie analizującym jest wytworzenie pomiędzy nabiegunnikami elektromagnesu możliwie jednorodnego pola magnetycznego. Ze względu zaś na zastosowanie w cykloidalnym spektrometrze mas

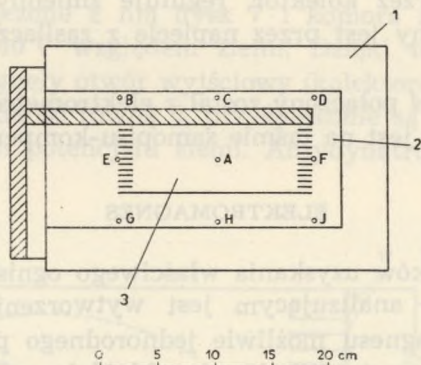


Ryc. 6. Sylwetka elektromagnesu spektrometru (dwa rzuty)

plyt wytwarzających jednorodne pole elektryczne pole magnetyczne powinno mieć dużą objętość.

Rdzeń elektromagnesu wykonany został z żelaza armco. Odległość pomiędzy nabiegunnikami narzucona została przez grubość komory układu analizującego i wynosi 36 mm. Długość nabiegunników równa się 300 mm, a szerokość 200 mm. Maksymalne natężenie pola magnetycznego — któremu przy napięciu 20 V, panującym na końcach każdej z dwu cewek, odpowiadało natężenie prądu 11 A — wynosiła 3340 Oe, czemu odpowiada maksymalna moc prądu płynącego przez uzwojenie elektromagnesu: $2 \times 220 \text{ W} = 440 \text{ W}$ (ryc. 6).

O wysokiej jednorodności pola świadczą względne wartości jego natężenia w punktach A, B, C, D, E, F, G, H i I (ryc. 7). Jeżeli przyjmiemy

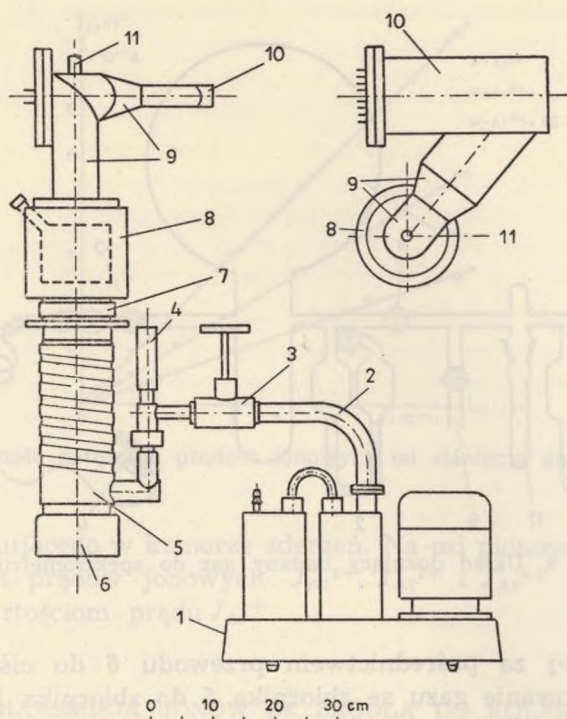


Ryc. 7. Zarys nabiegunników elektromagnesu (1) wraz z usytuowanymi pomiędzy nimi komorą próżniową (2) i układem analizującym (3). W punktach oznaczonych literami wyznaczono natężenie pola magnetycznego

natężenie pola w punkcie A jako równe 1000,0, to w pozostałych punktach wartości te przedstawiają się następująco: B — 1000,0, C — 1000,4, D — 1000,1, E — 999,7, F — 999,8, G — 999,2, H — 999,8, I — 999,5. Z danych tych wynika, że niejednorodność pola magnetycznego, obejmującego układ analizujący, nie przekracza 1%.

UKŁAD PRÓŻNIOWY SPEKTROMETRU

Próżnia wstępna (ryc. 8) rzędu 10^{-3} tora wytwarzana jest przy pomocy dwustopniowej pompy rotacyjnej 1. Pompa ta łączy się za pośrednictwem elastycznego przewodu i zaworu 3 z pompą dyfuzyjną olejową 5. Manometr oporowy 4 mierzy wartość próżni wstępnej. Moc grzejnika 6 wynosi ok. 500 W. Prędkość pompowania pompy dyfuzyjnej przy ciśnieniu 10^{-4} tora równa się 120 l/sek. Tak pompa 5, jak i odrzutnik oleju 6 chłodzone są wodą bieżącą. Wymrażarka 8 posiada pojemność



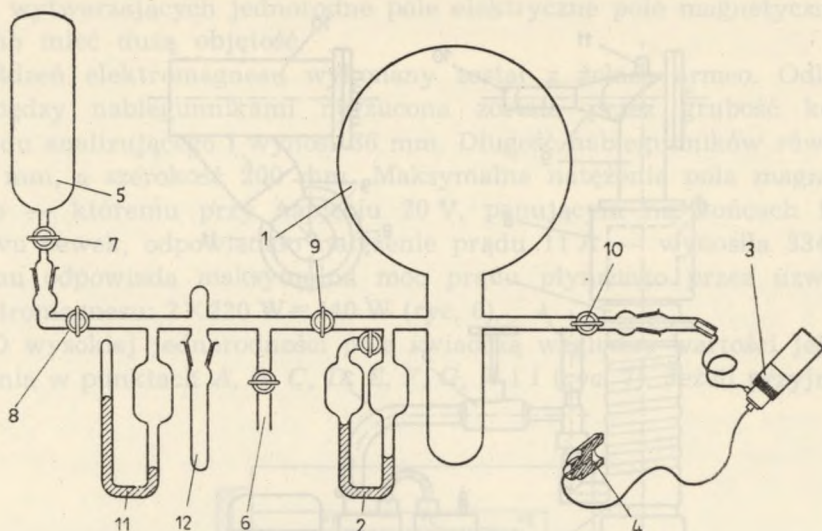
Ryc. 8. Układ próżniowy spektrometru

ok. 350 ccm. Kanał 9 łączy układ wytwarzający próżnię z komorą 10, w której znajduje się układ analizujący spektrometru. Ciśnienie panujące w komorze jest rzędu 10^{-5} tora. Przewód 11 połączony został z baterią trzech sond-próżniomierzy: oporowego, jarzeniowego (typu Penninga) i jonizującego.

UKŁAD DOZUJĄCY GAZ DO SPEKTROMETRU

Najistotniejszymi częściami układu (ryc. 9) są: zbiornik 1 o pojemności ponad 2000 ccm, manometr olejowy 2 do względnego pomiaru ciśnienia, umożliwiający kontrolę stałości ciśnienia w zbiorniku 1, oraz dozujący zawór 3, połączony metalową kapilarą z komorą zderzeń 4.

Zastosowanie zbiornika 1 o tak dużej objętości zapewnia stałość intensywności dopływu gazu do źródła jonów przez okres rzędu kilku, a nawet — przy odpowiednio dużym ciśnieniu gazu w zbiorniku — kilkunastu godzin. Szyjka w zbiorniku 1 służy do ewentualnego wymrażania jego zawartości. W pojemniku 5 znajduje się gaz, który ma być wprowadzony do układu dozującego. Układ ten przedtem opróżniany jest przy pomocy

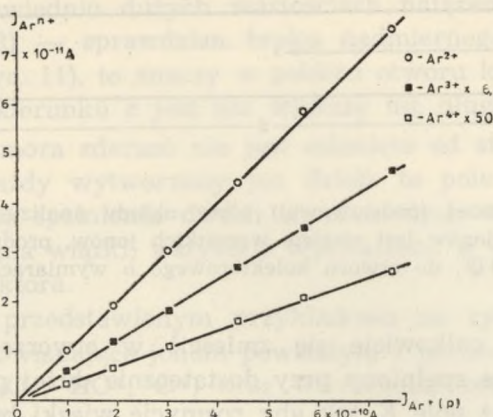


Ryc. 9. Układ dozujący badany gaz do spektrometru

pompy rotacyjnej za pośrednictwem przewodu 6 do ciśnienia rzędu 10^{-3} tora. Porcjowanie gazu ze zbiornika 5 do zbiornika 1 odbywa się przez kolejne wypełnianie komór znajdujących się pomiędzy kranami 7 i 8 oraz 8 i 9. Manometr 11 może być wypełniany rtęcią lub olejem. Zbiornik 12 służy do wprowadzania do układu par ciał ciekłych oraz umożliwia ich wymrażanie.

ZALEŻNOŚĆ NATĘŻENIA PRĄDÓW JONOWYCH OD CIŚNIENIA DOZOWANEGO GAZU

W opisywanym spektrometrze nie ma możliwości dokonania pomiaru ciśnienia gazu w miejscu wytwarzania jonów w źródle. Pomiar taki nie jest zresztą potrzebny, gdyż skonstruowany spektrometr służy do określania względnych wartości przekrojów czynnych. Jednak przed przystąpieniem do pomiarów przekrojów na wytworzenie jonów X^+ , X^{2+} , X^{3+} , X^{n+} niezbędne jest ustalenie zakresu natężenia dopływu do komory zderzeń gazu, tak aby stosunek prądów jonowych $+2+ : I_{3+} : \dots : I_{n+}$, docierających do kolektora, miał wartość stałą. Wyniki takiego kontrolnego pomiaru dla prądów utworzonych z jonów argonu przedstawia ryc. 10. Na osi poziomej odłożono wartości natężenia prądu utworzonego przez jony Ar^+ . Wzrost tego prądu spowodowano przez zwiększenie za pomocą zaworu dozującego natężenia dopływu gazu do źródła jonów. Natężenie tego prądu jest zatem miarą



Ryc. 10. Zależność natężenia prądów jonowych od ciśnienia gazu w źródle jonów

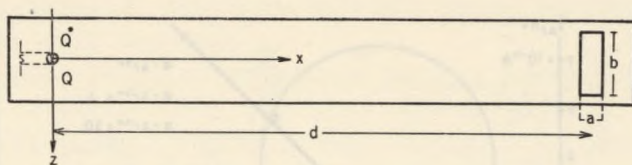
ciśnienia panującego w komorze zderzeń. Na osi pionowej odłożono wartości natężeń prądów jonowych $J_{Ar^{2+}}$, $J_{Ar^{3+}}$ i $J_{Ar^{4+}}$, odpowiadające zadanej wartości prądu J_{Ar^+}

TRANSMISJA JONÓW ZE ŹRÓDŁA DO KOLEKTORA

Współczynnik transmisji jonów o określonej masie i ładunku jest to stosunek liczby jonów zbieranych przez kolektor do liczby jonów wytwarzanych w źródle. Przy całkowitej transmisji współczynnik ten wynosi 1.

Jony wytwarzane w źródle posiadają pewną prędkość początkową, na którą składa się prędkość termiczna, prędkość, jaką otrzymał jon w wyniku dysocjacji molekuly, oraz prędkość, którą uzyskuje w wyniku działania pól elektrycznych rozproszonych w komorze zderzeń. Jeśli suma tych prędkości jest dostatecznie duża w porównaniu z prędkością uzyskiwaną przez jon w wyniku działania analizującego pola elektrycznego E , wówczas na drodze między źródłem a kolektorem następuje rozmycie wiązki. Zatem nie wszystkie jony osiągają kolektor i współczynnik transmisji jest mniejszy od 1.

Widok płyty 9 (ryc. 3 i 5), oglądany wzdłuż kierunku pola E , przedstawia ryc. 11. Odległość pomiędzy komorą zderzeń o otworem kolektorowym wynosi 125 mm. Wewnętrzna średnica komory zderzeń s równa się 3 mm. Szerokość otworu kolektorowego a — 5 mm, natomiast długość b — 15 mm. Warunkiem całkowitej transmisji jonów jest wejście wszystkich jonów określonego rodzaju, wytwarzanych przez wiązkę elektronów wzdłuż odcinka $Q Q'$ (równego długości s), do otworu kolektorowego. Zatem odcinek s należy traktować jako „przedmiot”, którego

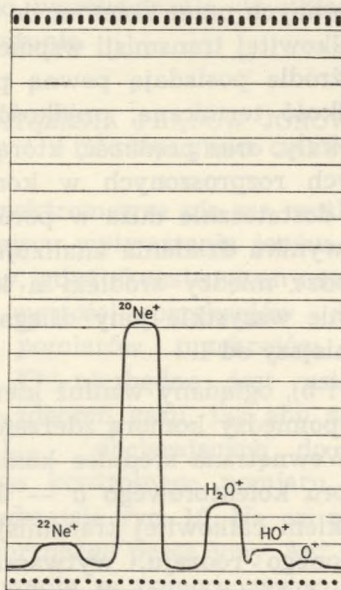


Ryc. 11. Widok pierwszej (podstawowej) płyty układu analizującego. Warunkiem całkowitej transmisji jonów jest wejście wszystkich jonów, produkowanych wzdłuż odcinka QQ' , do otworu kolektorowego o wymiarach $a \times b$

„obraz” powinien całkowicie się zmieścić w otworze kolektorowym. Warunek ten będzie spełniony przy dostatecznie dużej prędkości jonów, nadawanej im przez pole E , tak aby rozmycie wiązki było odpowiednio małe. Ponieważ prędkość ruchu nie uporządkowanego jonów nie jest znana, nie można na drodze obliczeń określić natężenia pola E , przy którym transmisja jonów byłaby całkowita.

Eksperymentalnym sprawdzianem właściwego ogniskowania wiązki jest:

1. Płaskie zakończenie wierzchołków widma masowego — sprawdzian braku nadmiernego rozmycia wiązki wzdłuż osi x (ryc. 11), to znaczy w pobliżu otworu kolektorowego przekrój wiązki w kierunku x jest nie większy niż szerokość otworu.
2. Stała wartość (nasycenie) prądu jonowego, docierającego do kolek-



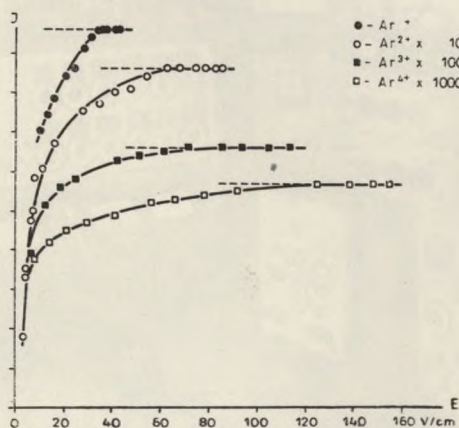
Ryc. 12. Widmo jonów wody i neonu

tora, przy odpowiednio dużych wartościach natężenia pola elektrycznego E (ryc. 13) — sprawdzian braku nadmiernego rozmycia wiązki wzdłuż osi z (ryc. 11), to znaczy w pobliżu otworu kolektorowego przekrój wiązki w kierunku z jest nie większy niż długość otworu.

Ponieważ komora zderzeń nie jest osłonięta od strony pola E żadną szczeliną, na każdy wytworzony jon działa to pole z jednakową siłą. Dlatego też przy spełnieniu dwóch wymienionych warunków, dotyczących ogniskowania wiązki, wszystkie wytwarzane w źródle jony przenoszone są do kolektora.

Na widmie przedstawionym przykładowo na ryc. 12 widoczne są wierzchołki odpowiadające jonom powstałym z jonizacji i dysocjacji molekuł wody (H_2O^+ , HO^+ , O^+) oraz wierzchołki odpowiadające jonom neonu ($^{20}Ne^+$, $^{22}Ne^+$).

Przedstawione na ryc. 13 wykresy dotyczą prądów jonowych, utworzonych przez jony Ar^+ , Ar^{2+} , Ar^{3+} i Ar^{4+} , docierających do kolektora jako funkcji natężenia pola elektrycznego E .



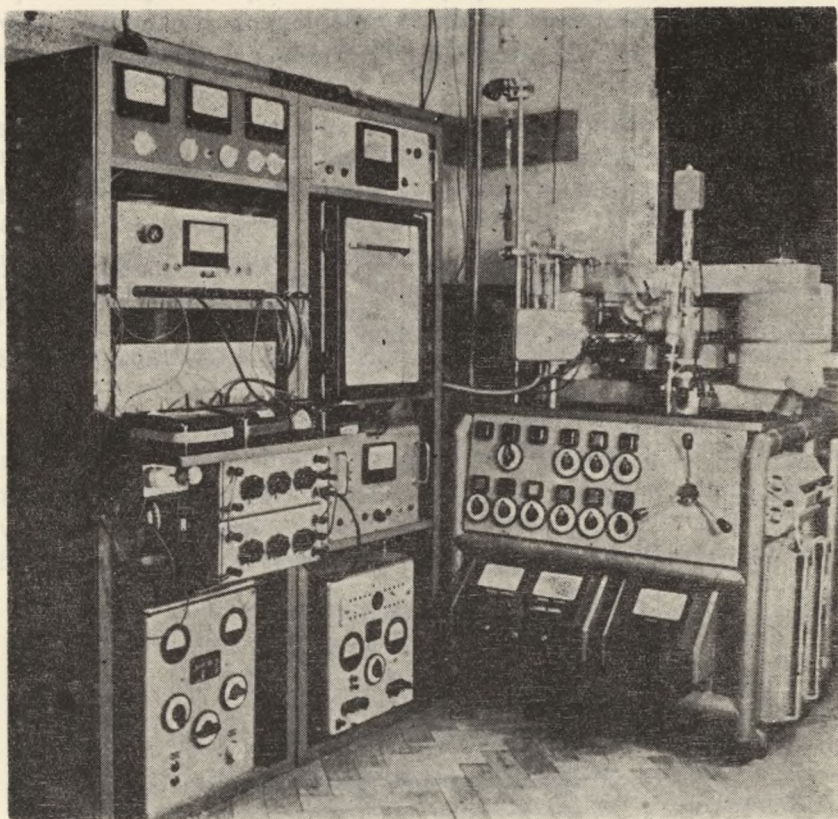
Ryc. 13. Zależność natężenia wiązek jonowych, osiągających kolektor, od natężenia pola elektrycznego układu analizującego

A zatem, chcąc mieć pełną informację o ilościach produkowanych jonów w źródle, należy przeprowadzać pomiary przy dostatecznie dużym natężeniu pola E , przy którym wierzchołki widma są zakończone, a prąd jonowy osiągnął nasycenie.

ZAKOŃCZENIE

Brak szczelin w źródle jonów oraz duża szerokość otworu kolektorowego sprawiają, że zdolność rozdzielcza opisanego spektrometru jest nie-

wielka i wynosi ok. 25. Strome nachylenie zboczy wierzchołków widma oraz ich długie, płaskie zakończenie świadczą, że zdolność rozdzielczą można by znacznie powiększyć. Jednak niewykorzystanie tej możliwości stwarza większą gwarancję całkowitej transmisji jonów, co ze względu na przeznaczenie tego spektrometru (ryc. 14) jest cechą najistotniejszą.



Ryc. 14. Ogólny widok spektrometru

DANE CHARAKTERYZUJĄCE SPEKTROMETR

Zdolność rozdzielcza	25
Osiągalny współczynnik transmisji jonów ze źródła do kolektora	1
Zakres liczb masowych badanych jonów	1—50
Zakres zmiany energii elektronów	0—600 eV
Robocze natężenie wiązki elektronów	10 μ A
Średnica wiązki elektronów	0,5 mm

Длѳгосѳ оdcinka wiązki elektronów ,na którym odbywa się jonizacja gazu	poniżej 3 mm
Średnica komory zderzeń	3 mm
Odległość w linii prostej pomiędzy źródłem jonów a kolektorem	125 mm
Rozmiary otworu kolektorowego	5×15 mm
Zakres mierzonych natężeń wiązek jonowych docierających do kolektora	10 ⁻¹⁴ —10 ⁻⁹ A
Średnie ciśnienie panujące w komorze analizatora	10 ⁻⁵ tora
Prędkosѳ pompowania olejowej pompy dyfuzyjnej przy ciśnieniu rzędu 10 ⁻⁴ tora	120 l/sek.
Maksymalne natężenie pola magnetycznego	3340 Oe
Maksymalna moc prądu płynącego przez uzwojenie elektromagnesu	440 W
Maksymalna niejednorodnosѳ pola magnetycznego w obszarze analizatora	1 ‰
Energia wiązki jonów w pozycji kolektora (końcowa)	40 eV

PIŚMIENNICTWO

1. Schram B. L., Adamczyk B., Boerboom A. J. H.: J. Sci. Instrum., **43**, 638—640 (1966).
2. Adamczyk B., Boerboom A. J. H., Schram B. L., Kistemaker J.: J. Chem. Phys., **44**, 4640—4642 (1966).
3. Hipple J. A., Bleakney W.: Phys. Rev., **49**, 884 (1936).
4. Bleakney W., Hipple J. A.: Phys. Rev., **53**, 521—529 (1938).
5. Monk G. W., Gravesand J. D., Horton J. L.: Rev. Sci. Instrum., **18**, 796 (1947).
6. Mariner T., Bleakney W.: Rev. Sci. Instrum., **20**, 297—303 (1949).
7. Monk G. W., Werner G. K.: Rev. Sci. Instrum., **20**, 93—96 (1949).
8. Robinson C. F., Hall L. G.: Rev. Sci. Instrum., **27**, 504—508 (1956).
9. Voorhies H. G., Robinson C. F., Hall L. G., Brubaker W. M., Berry C. E.: Advances in Mass Spectrometry. Ed. J. D. Waldorn, Pergamon, London 1959, 44—65.

РЕЗЮМЕ

Изготовлен циклоидальный масспектрометр с полной трансмиссией ионов между местом их продукции в источнике и коллектором. Как источник ионов, так и коллектор не имеют щелей, вследствие чего разрешающая способность равна только 25. Масспектрометр служит для изучения простой и многократной ионизации атомов и диссоциации молекул газов, бомбардируемых электронами. Совершенная

пропускаемость ионов должна исключить селективное влияние, принимая во внимание вид ионов и сечения ионизации, на число регистрируемых ионов. Описывается конструкция анализатора ионов и взаимодействующих элементов.

SUMMARY

A cycloidal mass spectrometer with the total transmission of ions between the place of their production in the source and the collector was constructed. Both the source and the collector are not surrounded by several slits and therefore the resolving power of spectrometer is only 25. The spectrometer is especially suited for the investigation of single and multiple ionization of atoms as well as for the dissociation of molecules bombarded with electrons. The total transmission of ions serves the purpose of excluding the selective influence of the kind of ions and their cross sections on the intensity of individual beams. The paper described the construction of the ion analyzer as well as of cooperating elements.