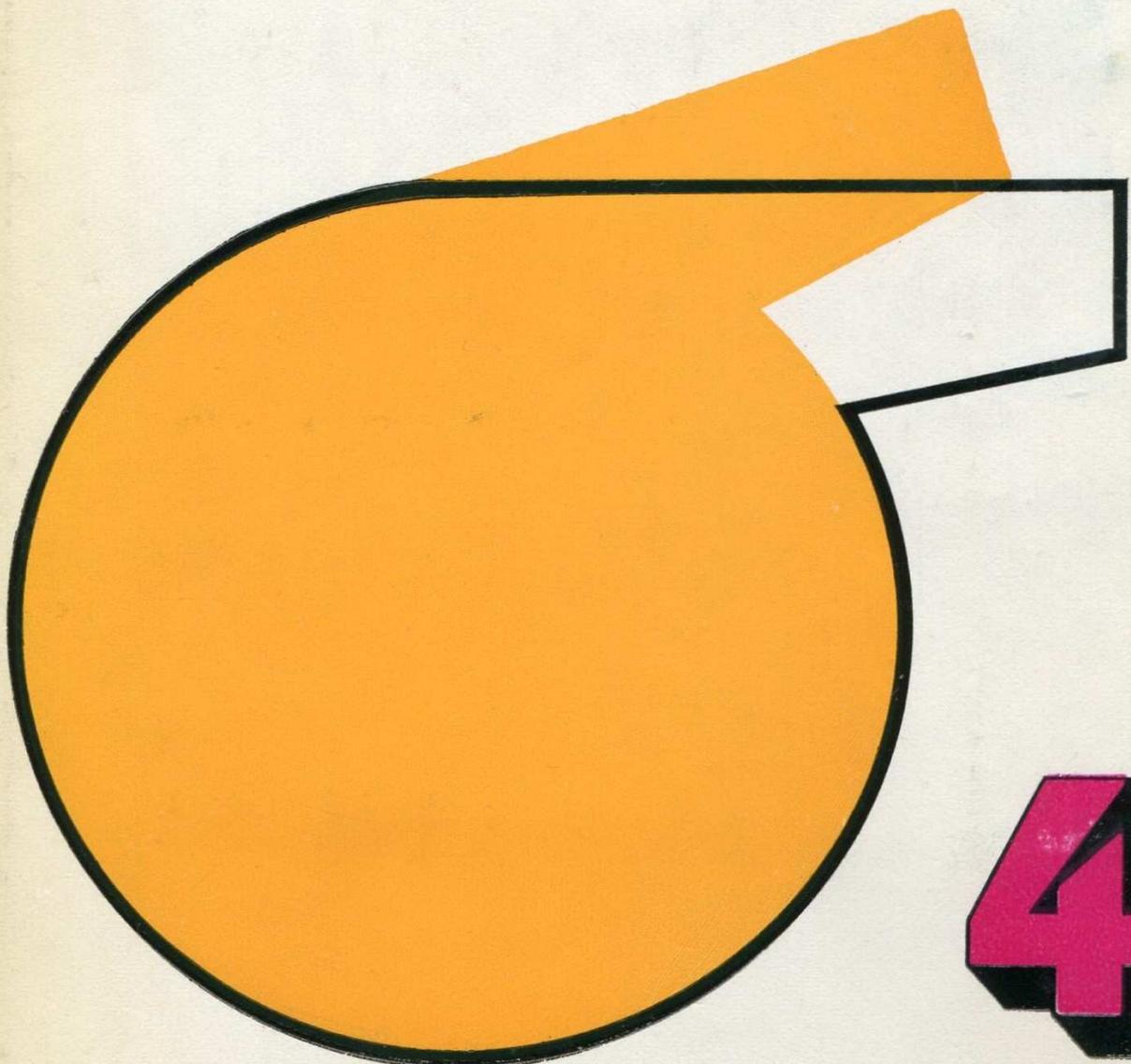
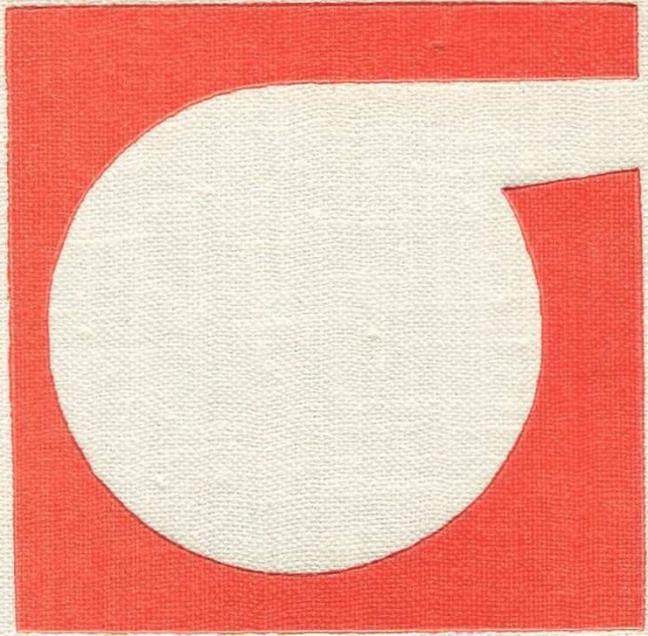


Bausteine der Erde

Die
chemischen
Elemente

Po - ●●●





Die chemischen Elemente
Polonium — ...

Bausteine der Erde 4

Verlag MIR Moskau
Urania-Verlag Leipzig • Jena • Berlin

Nielsbohrium (Hahnium)



Die Entdeckung des Elements mit der Ordnungszahl 105 wurde parallel von zwei großen Wissenschaftlerkollektiven angestrebt, dem Laboratorium für Kernreaktionen des Vereinigten Instituts für Kernforschung in Dubna und dem Ernest-Lawrence-Strahlungslaboratorium in Berkeley, USA. In Dubna hatte man das Element Nummer 105 früher hergestellt und ihm zu Ehren von Niels Bohr den Namen Nielsbohrium verliehen.

Die amerikanischen Physiker, die das Element Nummer 105 zwei Monate später dargestellt hatten, schlugen zu Ehren Otto Hahns den Namen Hahnium vor. Unter dieser Bezeichnung ist das Element in der amerikanischen Literatur zu finden.

Ebenso wie alle anderen Elemente, die schwerer als Fermium sind, wurde auch das Element Nummer 105 durch Kernreaktionen unter Beteiligung beschleunigter schwerer Ionen gewonnen. Wenn der aufprallende beschleunigte Kern die Coulombsche Abstoßungsbarriere überwindet und völlig mit dem Targetkern verschmilzt, entsteht im Ergebnis ein schwerer zusammengesetzter Kern oder Compoundkern.

Dieser Kern befindet sich zwangsläufig im angeregten Zustand und zerfällt daher augenblicklich in zwei Bruchstücke etwa gleicher Masse. Dabei bilden sich Kerne bekannter Elemente, etwa aus der Mitte des Periodensystems.

Nur in sehr seltenen Fällen — etwa in einem Fall von hundert Millionen — kann der zusammengesetzte Kern der Teilung entgehen, indem er seine Erregung durch Emission einiger Neutronen »abreagiert«. Lediglich dann kommt es zur Bildung des neuen Elements. Offensichtlich ist die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Kernen des neuen Elements klein; mit zunehmender Ordnungszahl der Kerne



Niels Bohr (1885—1962)

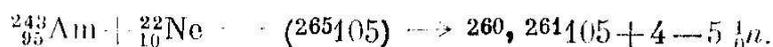
des zu synthetisierenden Elements wird sie immer und immer kleiner.

Die Bildungsgeschwindigkeit der Elemente Nummer 104 und Nummer 105 beträgt im günstigsten Fall einige zehn Atome in der Stunde. Außerdem haben schwerere Elemente als Fermium eine sehr geringe Halbwertszeit, die zwischen einigen zehn Sekunden und einigen Zehntelsekunden liegt. Die Halbwertszeit der Elemente nimmt mit wachsender Ordnungszahl ebenso sprunghaft ab wie die Wahrscheinlichkeit ihrer Entstehung.

Diese Umstände bedeuten eine außerordentliche Erschwerung der Identifizierung neuer Elemente und Isotope (Bestimmung der Ordnungszahl Z und der Massenzahl A). Um die einzelnen Atome trotzdem zu »erwischen«, wurden im Laboratorium für Kernreaktionen besonders schnellwirkende und hocheffektive Anlagen zur Registrierung des radioaktiven Zerfalls (Alphazerfall und Spontanteilung) entwickelt, die viele Tage hindurch ununterbrochen in Betrieb bleiben können.

Die ersten Versuche zur Synthese des 105. Elements begannen in Dubna 1967 unter der Leitung von Akademiemitglied G. N. Flerow. Für diesen Zweck wurde die vollständige Verschmelzungsreaktion von Neon-22-Ionen, die im Zyklotron auf eine Energie von etwa 120 MeV beschleunigt

worden waren, mit Amerizium 243 durchgeführt:



Nach theoretischen Schätzungen der bekannten amerikanischen Wissenschaftler Glenn Seaborg und Viktor Viola mußten die Isotope ${}^{260}_{105}$ und ${}^{261}_{105}$ Alphastrahler sein, innerhalb einer sehr kurzen Zeit (zwischen 0,01 und 0,1 Sekunden) Alphateilchen emittieren (mit der Energie 9,4 bis 9,7 MeV) und sich in Kerne des 103. Elements umwandeln.

Dieses Element seinerseits war bereits recht gut erforscht. Seine Isotope mit den Massenzahlen 255 und 256 haben eine Halbwertszeit von 20 bis 30 Sekunden, emittieren ebenfalls Alphateilchen und wandeln sich in Mendelewiumkerne (Ordnungszahl 101) um. So ist es vollauf gesetzmäßig, daß sich die ersten Versuche zur Identifizierung des Elements Nummer 105 auf die Feststellung der genetischen Beziehung zwischen Alphateilchen mit neuen, bis dahin nicht beobachteten Parametern und Alphateilchen, die von dem bereits bekannten 103. Element erzeugt wurden, reduzierten.

Bis zum Beginn des Jahres 1968 gelang es im Ergebnis langwieriger Versuche, etwa zehn solcher genetisch miteinander verknüpfter Alphazerfälle zu registrieren. Der neue kurzlebige Strahler lieferte Alphateilchen mit einer Energie von etwa 9,4 MeV, was den Vorhersagen der Theoretiker entsprach. Mit großer Wahrscheinlichkeit konnte diese Strahlung dem Element Nummer 105 zugeschrieben werden, doch der beobachtete Effekt war sehr geringfügig und instabil, die Theorie indes nicht allzu sicher.

Bei Kernen mit ungeradzahligem Nukleonenzahl sind die Prognosen in bezug auf die Halbwertszeit und die Energie der Alphateilchen stets sehr unbestimmt. Während sich diese Eigenschaften in der Folge der »geradzahligem« Kerne (wenn die Zahl der Protonen und die Zahl der Neutronen geradzahlig sind) gesetzmäßig verändern, sieht das Bild bei den »ungeradzahligem« ganz anders aus: Es existieren ungefähr so viel Ausnahmen von der Regel wie »reguläre« Kerne. Diese Unbestimmtheit der theoretischen Schätzungen erschwert die Suche nach »ungeradzahligem« Elementen und Isotopen beträchtlich.

In mancher Beziehung allerdings war die Theorie auch hilfreich. Sie ließ die Möglichkeit offen, daß die Umwandlung der Kerne des Elements Nummer 105 in das Element Nummer 103 auf etwas ungewöhnlichem Wege erfolgt. Unter

Emission eines Alphateilchens geht ein Kern mit 105 Protonen nicht sogleich in den Kern des 103. Elements, in dessen Grundzustand über. Vielmehr war die Existenz eines gewissen angeregten Zwischenzustandes bei den entstehenden Tochterkernen möglich. Aus diesem Grunde konnte die Energie der von den neuen Kernen emittierten Alphateilchen mit 8,9 bis 9,2 MeV geringer ausfallen als der von den Theoretikern vorhergesagte Wert von 9,4 bis 9,7 MeV und auch die Halbwertszeit der Kerne des 105. Elements dutzendfach größer sein als erwartet. Aus all dem folgte, daß man ebenso aufmerksam wie den Bereich 9,4 bis 9,7 MeV auch den anderen, energetisch tieferliegenden Bereich des Spektrums untersuchen mußte.

Hier muß offenbar erklärt werden, was diese Spektren darstellen. Ebenso wie bei vielen anderen Untersuchungen erhält man in der Kernchemie nicht Einzelangaben, sondern Spektren, d. h. ein vollständiges Bild der Streuung der Teilchen bezüglich ihres Energieinhalts. Auch während der Dubnaer Experimente zur Synthese des Elements Nummer 105 hatte man derartige Spektren aufgenommen. Aber bei den Versuchen des Jahres 1968 war die Analyse des Spektrumteiles unter 9,4 MeV wegen der Hintergrundstrahlung stark erschwert. Diese Hintergrundstrahlung, die der gesuchten Strahlung ähnelte, entstand infolge von Nebenreaktionen. Alphastrahler bildeten sich aus Mikroverunreinigungen des Targetmaterials durch Blei. Diese Hintergrundreaktionen waren wahrscheinlicher als die Hauptreaktion, und die Kerneigenschaften der aus diesen Nebenreaktionen resultierenden Produkte lagen sehr nahe bei den Eigenschaften, die für das 105. Element erwartet wurden. Gefährlich in diesem Sinne sind selbst verschwindend geringfügige Bleiverunreinigungen.

Eine Garantie, daß es derartige Mikroverunreinigungen in den Targets nicht gab, war nicht vorhanden. Obwohl die in den Versuchen aus dem Jahre 1968 erhaltenen Ergebnisse den Vorhersagen nahekamen, konnten sie nach Meinung G. N. Flerows sowie der Mehrzahl seiner Mitarbeiter nicht als hinreichende Grundlage für die Feststellung dienen: Das Element Nummer 105 ist bereits entdeckt.

Man mußte offenbar einen anderen Weg gehen: Nur welchen?

Die Analyse der Eigenschaften des 102., 103. und 104. Elements erlaubte die Annahme, daß das 105. Element neben

dem Alphazerfall auch der Spontanteilung unterliegt. Für die Kerne des Urans und der nahen Transurane ist diese Zerfallsform außerordentlich selten, doch in dem Maße, wie man in den fernen Transuranbereich vordringt, wächst ihre Rolle ständig. Für einige Isotope des 104., 105. und 106. Elements kann die Spontanteilung die Hauptform des radioaktiven Zerfalls überhaupt sein.

Heute wissen wir, daß das in Dubna entdeckte Isotop des Elements Nummer 105 spontan zerfällt, ohne Eingriff von

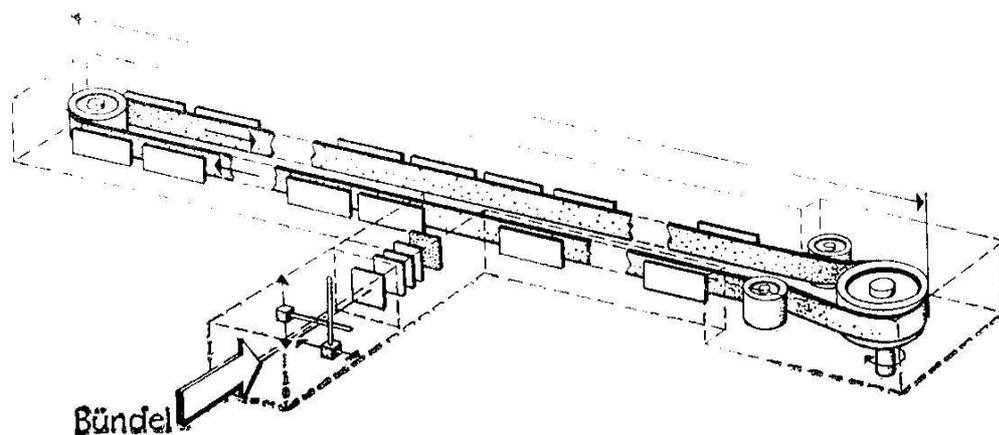


Abb. 10. Prinzipdarstellung der Versuchsanlage zur Registrierung kurzlebiger spontan zerfallender Kerne

außen, und zwar in etwa 20 von 100 Fällen. 1968 war das natürlich noch nicht bekannt.

Die Identifizierung eines Elements anhand der Spontanteilung besitzt unbestreitbare Vorzüge. Erstens wird die Tatsache des Zerfalls eines schweren Kerns in zwei Bruchstücke einfacher und sicherer nachgewiesen als ein Alphazerfall. Die Apparatur zur Registrierung der Spontanteilung ist beträchtlich empfindlicher. Zweitens fällt bei richtiger Versuchsanordnung die Hintergrundstrahlung praktisch weg.

Unter Berücksichtigung dieser Vorzüge begann im November 1969 im Laboratorium für Kernreaktionen die Suche nach dem Element Nummer 105 anhand der Spontanteilung. Die Synthesereaktion war die gleiche: Amerizium $243 +$ Neon 22 . Eine Prinzipdarstellung der für diese Versuche benutzten Anlagen zeigt die Abbildung 10.

Die Kerne des Targets erhielten vom aufprallenden Ion einen großen Impuls, wurden aus dem Target herausgeschlagen und gelangten in ein endloses Förderband aus Nickel von 8 m Länge und 2,5 cm Breite. Das Band hatte eine

konstante Laufgeschwindigkeit und transportierte die erworbenen Kerne vom Target zu den Detektoren, die die Bruchstücke der Spontanteilung registrierten. Um die Hintergrundstrahlung auszuschalten, wurden Band und Detektoren aus hochreinen Werkstoffen mit einem extrem niedrigen Urangehalt hergestellt. Die dabei erreichte Reinheit in bezug auf Uran stellte einen Rekord dar; auf ein Gramm Werkstoff kamen weniger als ein hundertmilliardstel Gramm Uran.

Über hundert Detektoren aus Phosphatglas (in Gestalt von $60 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$ großen Platten) waren im Verlauf des Bandes angeordnet. Nach einer entsprechenden chemischen Behandlung kann man an derartigen Gläsern die von den Spaltprodukten erzeugten Spuren deutlich erkennen. Aus der Verteilung der Bahnspuren auf die Detektoren (bei bekannter Laufgeschwindigkeit des Sammelbandes) ist es möglich, die Lebensdauer des der Spontanteilung unterliegenden Isotops zu beurteilen und aus der Anzahl von Bahnspuren die Bildungswahrscheinlichkeit zu erkennen.

Beim ersten Versuch im Jahre 1969, der etwa siebzig Stunden dauerte, wurden 58 Spuren von Spontanteilungsbruchstücken eines Isotops mit einer Halbwertszeit um 2 Sekunden registriert. Ein Isotop mit diesen Eigenschaften war bis dahin nicht bekannt. Es war nur natürlich, anzunehmen, daß es ein Isotop des 105. Elements ist, das mit dieser Halbwertszeit spontan zerfällt. Um das jedoch nachzuweisen, mußte der Bildungsmechanismus des neuen Strahlers präzisiert werden.

Bei Bestrahlung von Amerizium 243 mit Neon-22-Ionen kann das Element Nummer 105 nur bei völliger Verschmelzung der miteinander in Wechselwirkung tretenden Kerne entstehen. Wichtig ist die Tatsache, daß bei dieser Reaktion die Wahrscheinlichkeit für die Bildung des gesuchten Produkts extrem stark von der Energie des aufprallenden Teilchens abhängt. Eine Änderung der Ionenenergie um nur 10% läßt die Ausbeute an Reaktionsprodukten um mehr als 90% sinken.

Eine andere Besonderheit der hier gewählten Reaktion besteht darin, daß nur ein zentraler Frontalaufprall der in Wechselwirkung tretenden Kerne zu vollständiger Verschmelzung führt. Deshalb fliegen die Produktkerne nach dem Impulserhaltungssatz genau vorwärts, d. h. in Richtung

des auftreffenden Teilchenbündels. Findet dagegen nur ein tangierender Zusammenstoß statt, dann tauschen der aufprallende Kern und der Targetkern nur einige Nukleonen (Protonen oder Neutronen) aus, oder es kommt zu einer unvollständigen Verschmelzung, oder es laufen schließlich

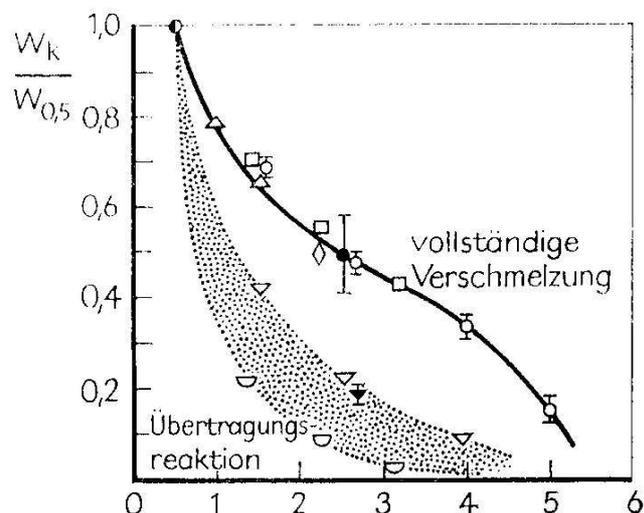


Abb. 11. Die integralen Winkelverteilungen von Ausbeutekernen, die in vollständigen Verschmelzungsreaktionen (ausgezogene Linie) und in Nukleonübertragungsreaktionen (punktierter Bereich) entstanden

Reaktionen unter Emission geladener Partikeln ab. In allen diesen Fällen zeigen die aus dem Target herausfliegenden Teilchen eine beträchtliche Winkelstreuung.

Bringt man zwischen Target und Sammler verschiedene Kollimatoren und bestimmt die Zahl der registrierten Bruchstücke abhängig vom Kollimationsgrad, kann man sicher feststellen, welche Reaktion stattfindet: die vollständige Verschmelzung der Kerne von Target und »Geschoß«, ihre teilweise Verschmelzung oder nur eine Berührung, die mit dem Übergang eines oder mehrerer Nukleonen von Kern zu Kern verknüpft ist. Ein Kollimator ist eine Vorrichtung zur Erzielung paralleler Strahlen- oder Teilchenbündel. Als Kollimationsgrad bezeichnet man das Verhältnis von Öffnungsdurchmesser zu Kollimatorhöhe.

Dieses von den Mitarbeitern des Dubnaer Laboratoriums entwickelte und in die Praxis der Transuranforschung eingeführte Verfahren wurde auch bei der Identifizierung des Elements Nummer 105 anhand seiner Spontanteilung angewendet.

Es zeigte sich, daß die Ausbeute an einem der Spontanteilung unterliegenden Isotop mit einer Halbwertszeit von etwa 2 Sekunden bei Erhöhung des Kollimationsgrades auf das Fünffache nur um die Hälfte abnahm. Solche Parameter sind charakteristisch für Reaktionsprodukte, die aus einer vollständigen Verschmelzung herrühren und direkt auf den Sammler zufliegen; man kann es im Diagramm deutlich sehen. Für Kernreaktionen anderer Typen ist die Beziehung zwischen Produktausbeute und Kollimationsgrad eine andere.

Wir wissen, daß bei Bestrahlung von Amerizium 243 mit Neon-22-Ionen auch eine Übertragungsreaktion stattfindet. Der Geschosßkern tangiert den Targetkern nur und fliegt weiter, wobei er z. B. ein fremdes Neutron einfängt. So entstehen erregte Kerne des Amerizium-242-Isomers, die sich im quasistabilen Zustand befinden und nach nur 0,014 Sekunden spontan teilen. Wurde der Kollimationsgrad auf das Fünffache geändert, dann betrug die Ausbeute an diesen Kernen weniger als ein Fünftel, was für Übertragungsreaktionen schlechthin charakteristisch ist: Die »nichtorganisierten«, kreuz und quer daherfliegenden Kerne kommen nicht durch den Kollimator.

So brachte das Kollimationsverfahren einen wichtigen Hinweis: Das der Spontanteilung unterliegende Isotop mit der Halbwertszeit von etwa 2 Sekunden entsteht bei vollständiger Verschmelzung von Amerizium- und Neonkernen. Infolgedessen enthalten diese Kerne je 105 Protonen!

Im Verlauf der weiteren Versuche wurde die Erregungsfunktion gemessen. Die Ergebnisse dieser Versuche (Abbildung 12) zeigten, daß es sich dabei um eine typische Glockenkurve mit scharf ausgeprägtem Maximum bei einer Energie der Neonionen von etwa 117 MeV handelt. Form und Lage des Maximums entsprachen voll und ganz den Erwartungen für eine vollständige Verschmelzungsreaktion zwischen Kernen von Amerizium 243 und Neon 22 unter anschließender Abgabe von 4 Neutronen. Das bedeutete: Die wahrscheinlichste Massenzahl des neuen Isotops ist gleich 261 ($243 + 22 - 4 = 261$).

Nach über zehn Kontrollversuchen mit einer Dauer von je 40 bis 50 Stunden lassen sich die auf der Grundlage dieser Versuche erhaltenen Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Bei der Bestrahlung von Amerizium 243 mit beschleunigten Neon-22-Ionen findet neben anderen Kernreaktionen eine vollständige Verschmelzung zweier Kerne unter anschließender Abgabe einiger Neutronen statt. Als Ergebnis dieser Reaktion entsteht ein Kern des 105. Elements, und zwar wahrscheinlich des Isotops $^{261}105$. Es handelt sich um

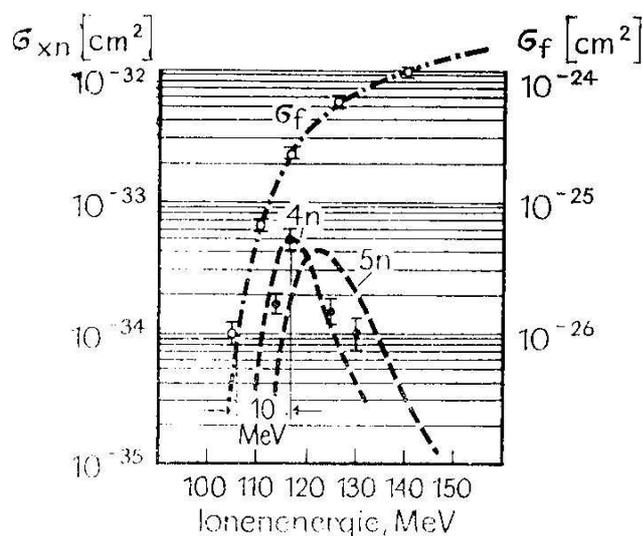


Abb. 12. Abhängigkeit der Entstehungswahrscheinlichkeit von Kernen des 105. Elements von der Energie der zum Beschuss verwendeten Neonionen

kurzlebige Kerne mit einer Halbwertszeit von $1,8 \pm 0,6$ Sekunden. Sie können auf zwei verschiedenen Wegen zerfallen, entweder unter Emission eines Alphateilchens oder in etwa 20% der Fälle durch Spontanteilung in zwei Bruchstücke vergleichbarer Massen.

Während der Versuche zur Spontanteilung wurden über 400 Kerne des neuen Elements registriert. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden in den »Mitteilungen des Vereinigten Instituts für Kernforschung« vom 18. Februar 1970 veröffentlicht, und danach in den Zeitschriften »Atomenergie« und »Nuclear Physics«.

Zu diesem Zeitpunkt gelang die Herstellung eines hochreinen Targets aus Amerizium 243, das weniger als ein zehnmilliardstel Gramm Blei enthielt. Das erleichterte die Untersuchung des Alphazerfalls! am 105. Element beträchtlich. Erneut wurden Versuche angesetzt, die den ersten Versuchen aus dem Jahre 1967 ähnelten. Sie zeigten, daß die meisten beim Zerfall von Kernen des 105. Elements emittierten Alphateilchen eine Energie um 9 MeV haben, während die

Halbwertszeit des neuen Strahlers gut mit den Werten übereinstimmt, die im Verlauf der Versuche zur Spontanteilung ermittelt worden sind.

Etwas später erschien die Mitteilung über die Entdeckung des 105. Elements im Ernest-Lawrence-Strahlungslaboratorium (Berkeley, USA). Am 28. April 1970 (vergleichen Sie das Datum!) gab das die Atomenergiekommission der USA bekannt.

Die Methodik zur Registrierung des Alphazerfalls war dem in Dubna verwendeten Verfahren analog, aber die Kernsynthesereaktion war eine andere: Kalifornium $^{249}_{98}\text{Cf}$ (Ordnungszahl 98) + Stickstoff 15 (Ordnungszahl 7). Mit ihrer Feststellung, daß das Isotop des 105. Elements Alphazerfall mit einer Energie von etwa 9,06 MeV zeigt und eine Halbwertszeit von $1,6 \pm 0,3$ Sekunden hat, bestätigten die amerikanischen Wissenschaftler aus Berkeley praktisch die früher in Dubna auf Grund von Versuchen zur Spontanteilung erhaltenen Ergebnisse.

Nachdem die radioaktiven Eigenschaften des Elements Nummer 105 ermittelt und bestätigt waren, erforderte die Untersuchung der chemischen Eigenschaften des neuen Elements besondere Aufmerksamkeit. Diese Experimente wurden von den Radiochemikern des Laboratoriums für Kernreaktionen unter der Leitung von I. Zvara durchgeführt.

Die Wissenschaftler bestimmten die wichtigsten chemischen Eigenschaften des Elements Nummer 105 nach dem gleichen Schnellverfahren, das man seinerzeit zur chemischen Identifizierung des 104. Elements erarbeitet hatte. Der Inhalt dieser Methode bestand in der chemischen Auftrennung der im Target gebildeten Kernreaktionsprodukte.

Es wurde erwartet, daß das Element Nummer 105 hinsichtlich seiner chemischen Eigenschaften ein "Homolog" des Niobs und des Tantals ist — das ergab sich aus der Logik des Periodensystems. Wenn es sich aber so verhielt, dann mußten das höchste Chlorid und vielleicht auch das Oxychlorid verhältnismäßig leichtflüchtige Verbindungen sein; also war zur chemischen Abtrennung das Adsorptionsverfahren der gasförmigen Chloride in verschiedenen Zonen anwendbar, wie bei den Versuchen mit dem Kurtschatowium.

Die in der Reaktion von $^{243}\text{Am} + ^{22}\text{Ne}$ entstandenen Ausbeuteatome flogen genau so aus dem Target heraus wie bei den physikalischen Versuchen. Doch jetzt wurden sie nicht von einem Nickelband sorbiert, sondern von einem auf

300 °C aufgeheizten Stickstoffstrom erfaßt, und dieser Strom transportierte sie in eine thermochromatographische Spezialsäule aus Glas. Gleichzeitig wurden die Chlorierungsmittel, dampfförmiges TiCl_4 und SOCl_2 , auf den Säulenbeginn gegeben.

Der erste Säulenabschnitt mit einer Länge von etwa 30 cm hatte eine Temperatur von 300 °C und diente zur Abtrennung der festen nichtflüchtigen Chloride. Die flüchtigen indes flogen weiter in den zweiten, längeren (130 cm) Abschnitt. Hier wurde die Temperatur gleichförmig auf 50 °C herabgesetzt, und die Chloride der verschiedenen Elemente fielen, abhängig von ihrer Flüchtigkeit, in verschiedenen Zonen aus. Aus der Lage der Zone des unbekanntes Elements konnte man darauf schließen, wessen Homolog dieses Element war. Bei Vorversuchen ermittelte man die Niobzone, da Niob eines der möglichen Homologe des Elements Nummer 105 darstellt. Außerdem kam auch noch Hafnium in Frage. Nun mußte nur genau festgestellt werden, wo die neuen Kerne adsorbiert werden.

Die Spontanteilung war auch hier behilflich. Die Spontanteilungsvorgänge wurden mit kleinen Glimmerplättchen registriert. Wenn im Verlauf der Reaktion tatsächlich das Element Nummer 105, das »Ekatantal«, entstand, dann mußte das Maximum der Spontanteilungsbruchstücke im »Tantal-Niob-Teil« der Säule registriert werden.

Gruppierung und Lage der Spuren von den Bruchstücken der Spontanteilung, die bei der Wechselwirkung zwischen Neon und Amerizium entstanden (man hatte etwa 20 davon registriert), sprachen dafür, daß die Spontanteilungsaktivität auf ein Element zurückgeht, dessen Chlorid weniger flüchtig als das Niobchlorid ist, das jedoch in der Flüchtigkeit nicht hinter dem höchsten Hafniumchlorid zurücksteht. Diese Eigenschaften passen gut zu den Vorhersagen für das Element Nummer 105, das »Ekatantal«.

Im Sommer 1973 wurde ein etwas anderes Verfahren zur Bestimmung der chemischen Eigenschaften des Elements Nummer 105 erprobt. Bei Verwendung flüchtiger Bromide anstelle der Chloride kam man zu den gleichen Ergebnissen.

Die Entdecker des Elements Nummer 105 schlugen dafür den Namen Nielsbohrium vor, zu Ehren von Niels Bohr, dem hervorragenden Physiker des 20. Jahrhunderts, der unerschütterlich danach gestrebt hatte, die Wissenschaft in den Dienst von Frieden und Fortschritt zu stellen.

Titel der Originalausgabe :

Популярная библиотека химических элементов

Полоний — ...

Издательство »Наука«, Москва

Russische Ausgabe vorbereitet
von der Zeitschrift der AdW der UdSSR
»Chemie und Leben«

Herausgegeben
von Akademiemitglied I. W. Petrjanow-Sokolow

Zusammengestellt
von W. W. Stanzo, M. B. Tshernenko

In die deutsche Sprache übersetzt von Leo Korniljew

Gemeinschaftsausgabe des Verlages MIR, Moskau,
und des Urania-Verlages, Leipzig/Jena/Berlin
Alle Rechte an dieser deutschsprachigen Ausgabe
bei Verlag MIR, Moskau, und Urania-Verlag, Leipzig/Jena/Berlin

© Издательство »Наука«, 1974

© 1977 Verlag MIR, Moskau, und Urania-Verlag, Leipzig/Jena/
Berlin

1. Auflage

VLN 212-475/11/77·LSV 120 9

Zeichnungen: Hasso Seyferth

Einband: Rolf F. Müller

Typografie: Claus Ritter

Satz und Druck: UdSSR

Best.-Nr. 653 4489

DDR 9,80 M

Inhalt

Polonium <i>von W. W. Stanzo</i>	7
Astat <i>von W. I. Kusin</i>	18
Radon <i>von W. W. Stanzo</i>	25
Franzium <i>von W. I. Kusin</i>	34
Radium <i>von W. W. Stanzo</i>	43
Aktinium <i>von W. W. Stanzo</i>	52
Thorium <i>von I. G. Minejewa und D. A. Minejew</i>	58
Protaktinium <i>von R. A. Djatschkowa</i>	69
Uran <i>von W. I. Kusnezow</i>	77
Neptunium <i>von W. I. Kusnezow</i>	111
Plutonium <i>von W. I. Kusnezow</i>	127
Amerizium <i>von W. N. Kossjakow</i>	145
Curium <i>von W. N. Kossjakow</i>	155
Berkelium <i>von W. N. Kossjakow</i>	163
Kalifornium <i>von W. I. Kusnezow</i>	169
Einsteinium <i>von W. L. Michejew</i>	177
Fermium <i>von W. L. Michejew</i>	184
Mendelevium <i>von W. W. Stanzo</i>	192
Joliotium (Nobelium) <i>von W. A. Druin</i>	204
Rutherfordium (Lawrencium) <i>von W. W. Stanzo</i>	219
Kurtschatowium (Rutherfordium) <i>von W. W. Stanzo</i>	223
Nielsbohrium (Hahnium) <i>von J. A. Lasarew</i>	238