ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΛΟΥΡΑ
ΟΜΟΤΙΜΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΑ ΕΠΤΑ ΥΠΕΡΑΚΤΙΝΙΔΙΑ ΠΟΥ ΕΚΛΕΙΣΑΝ ΤΗΝ «ΠΟΡΤΑ» ΤΗΣ 7ης ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Το εγχειρίδιο «Η Ταυτότητα των Χημικών Στοιχείων» (Νικόλαος Κλούρας, Εκδόσεις ΤΡΑΥΛΟΣ, Αθήνα 2007), προσφέρει στον αναγνώστη μια σύντομη περιγραφή των γενικών χαρακτηριστικών των χημικών στοιχείων, των ερευνητών που τα ανακάλυψαν, καθώς και της προέλευσης του ονόματος κάθε στοιχείου. Για αρκετά από τα υπερουράνια στοιχεία, τα οποία ανακαλύφθηκαν την περίοδο του ψυχρού πολέμου, αλλά και αργότερα, υπήρχαν διαμάχες κυρίως μεταξύ των Η.Π.Α. και της τότε Σοβιετικής Ένωσης (αργότερα Ρωσίας) αναφορικά με την πατρότητα της ανακάλυψης των νέων στοιχείων, το έτος της ανακάλυψης, αλλά και το όνομα που έδινε η κάθε ενδιαφερόμενη πλευρά. Μέχρι το 2007 (έτος συγγραφής του ανωτέρου πονήματος) είχαν γίνει αποδεκτά διεθνώς όλα τα σχετικά με την ταυτότητα των στοιχείων της 7ης Περιόδου, μέχρι και τον ατομικό αριθμό 111 (ρεντγκένιο). Έτσι, τα υπόλοιπα επτά στοιχεία της 7ης περιόδου, δηλαδή μέχρι και εκείνο με τον ατομικό αριθμό Z=118, αναφέρονται στο εγχειρίδιο με το προσωρινό όνομα IUPAC και το σύστημα Μεντελέγεφ (βλ. παρακάτω). Μάλιστα τότε (το 2007), το στοιχείο 117 δεν είχε ακόμα ανακαλυφθεί, για το δε στοιχείο 118 δεν υπήρχε επιβεβαίωση της ανακάλυψής του.

Σήμερα, εν έτει 2018, όλες οι διαμάχες και αμφισβητήσεις έχουν διευθετηθεί και τα υπερακτινίδια με Z = 112 – 118 έχουν επιτέλους ένα επίσημο όνομα και σύμβολο, διεθνώς αποδεκτά. Τώρα λοιπόν θεωρείται η κατάλληλη στιγμή, προκειμένου να συμπληρωθεί «Η Ταυτότητα των Χημικών Στοιχείων» με τα νέα δεδομένα.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

1. ΠΟΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΝΟΜΑΖΟΥΜΕ ΥΠΕΡΑΚΤΙΝΙΔΙΑ

Η 6η και η 7η Περίοδοι του Περιοδικού Πίνακα είναι οι μεγαλύτερες, αποτελούμενες από 32 στοιχεία εκάστη. Η 7η Περίοδος αρχίζει με το στοιχείο φράγκιο (Z=87) και τελειώνει με το στοιχείο ογκανεσόνιο (Z=118). Υπερακτινίδια ή υπερβαρέα στοιχεία (transactinides ή super-heavy elements) είναι τα χημικά στοιχεία με ατομικούς αριθμούς από Z=104 μέχρι Z=120. Πρόκειται για τα στοιχεία που ακολουθούν αμέσως μετά τα ακτινίδια ή (ορθότερα) ακτινοειδή (actinides ή actinoids) με Z =89 (ακτίνιο) έως Z=103 (λωρένσιο). Το όνομα υπερακτινίδια προτάθηκε από τον μεγάλο Αμερικανό πυρηνικό χημικό Σήμποργκ (Glenn Theodore Seaborg).

Τα ήδη γνωστά υπερακτινίδια είναι τα εξής (σε παρένθεση ο ατομικός αριθμός και το σύμβολο του στοιχείου):
Ραδεφόρδιο (104, Rf), Ντούμπνιο (105, Db), Σημπόργκιο (106, Sg), Μπόριο (107, Bh)), Χάσιο (108, Hs), Μαϊτνέριο (109, Mt), Νταρμστάτιο (110, Ds), Ρεντγκένιο (111, Rg), Κοπερνίκιο (112, Cn), Νιχόνιο (113, Nh), Φλερόβιο (114, Fl), Μοσχόβιο (115, Mc), Λιβερμόριο (116, Lv), Τενέσιο (117, Ts), Ογκανεσόνιο (118, Og).

Τα υπολειπόμενα δύο υπερακτινίδια, ununennium (στοιχείο 119) και unbinilium (στοιχείο 120) δεν έχουν ακόμα συντεθεί. Με αυτά τα δύο στοιχεία προβλέπεται να ξεκινά η 8η Περίοδος.

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΝΙΔΙΩΝ

Χρόνος ημιζωής (half-life)

Εκτός από το ντούμπνιο-268, με χρόνο ημιζωής περίπου 30 ώρες, ακόμα και τα μακροβιότερα ισότοπα των υπολοίπων υπερακτινιδίων έχουν εξαιρετικά μικρούς χρόνους ημιζωής μετρημένους σε ολίγα λεπτά, δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου.
Σε μερικά υπερακτινίδια οι ανώμαλα μεγάλοι χρόνοι ημιζωής που παρατηρούνται, εξηγούνται από τη θεωρία περί της «νησίδας σταθερότητας», δηλαδή την περιοχή του Π.Π. στην οποία προβλέπεται ότι κάποια βαρέα νουκλίδια με «μαγικούς αριθμούς» πρωτονίων και νετρονίων μπορούν να ανατρέψουν προσωρινά την τάση μείωσης της σταθερότητας που παρατηρείται για στοιχεία βαρύτερα του ουρανίου. Έτσι, για παράδειγμα το φλερόβιο-298, ευρισκόμενο κοντά στο κέντρο της νησίδας σταθερότητας και μάλιστα με διπλά μαγικό αριθμό (Z=114 και N=184), αναμένεται να έχει σχετικά μεγάλο χρόνο ημιζωής. Βέβαια, νεότερες έρευνες δείχνουν ότι η πραγματική νησίδα σταθερότητας για σφαιρικούς πυρήνες βρίσκεται κοντά στο στοιχείο unbibium-306, με 122 πρωτόνια και 184 νετρόνια.

Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Οι πολύ μικροί χρόνοι ημιζωής, σε συνδυασμό με τη χαμηλή απόδοση των πυρηνικών αντιδράσεων παραγωγής των στοιχείων που είναι της τάξεως των μερικών … ατόμων, καθιστά αδύνατη την εκτέλεση πειραμάτων για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των υπερακτινιδίων. Έτσι, τα όποια συμπεράσματα για τις ιδιότητες των υπερακτινιδίων συνάγονται από τη μελέτη σχετικιστικών φαινομένων (relativistic effects), τα οποία παρατηρούνται, όταν οι ταχύτητες των σωματιδίων είναι συγκρίσιμες με την ταχύτητα του φωτός. Βάσει σχετικιστικών φαινομένων, π.χ. το τενέσιο (στοιχείο της ομάδας των αλογόνων) προβλέπεται να έχει σημαντικές διαφορές από τα υπόλοιπα αλογόνα, ήτοι να είναι ένα πτητικό μέταλλο ή μεταλλοειδές, να μη σχηματίζει ανιόντα και να μην αποκτά υψηλές οξειδωτικές βαθμίδες.

3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΥΠΕΡΑΚΤΙΝΙΔΙΩΝ

Η σύνθεση των υπερβαρέων στοιχείων μέχρι το φέρμιο (Fm) που έχει 100 πρωτόνια γίνεται με προσθήκη νετρονίων σε ουράνιο ή άλλα υπερουράνια στοιχεία (κατόπιν βομβαρδισμού αυτών συνήθως με σωματίδια α), ώστε κάποια στιγμή, μέσω της φυσικής διαδικασίας της βήτα διάσπασης (μετατροπή νετρονίου σε πρωτόνιο με εκπομπή ακτίνας β, δηλαδή ηλεκτρονίου), να παραχθεί στοιχείο με τον αμέσως επόμενο ατομικό αριθμό. Αυτή η μέθοδος παύει να λειτουργεί για τα στοιχεία με $Z > 100$. Ιδιαίτερα για τα υπερακτινίδια, εφαρμόζονται οι δύο ακόλουθες μέθοδοι:

Σύντηξη

Διακρίνεται σε ψυχρή και θερμή. Η «ψυχρή» αντίδραση σύντηξης είναι μέθοδος σύνθεσης πυρήνων σε σχετικά χαμηλή ενέργεια διέγερσης (~10–20 MeV, εξ ου και «ψυχρή»). Έτσι, η πιθανότητα επιβίωσης του πυρήνα εξαιτίας σχάσης αυξάνεται. Ο διεγερμένος πυρήνας, στη συνέχεια, μεταπίπτει στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας μόνο ένα ή δύο νετρόνια. Με αυτή τη μέθοδο συντέθηκαν τα στοιχεία με Z=107 έως Z=112 (μπόριο έως κοπερνίκιο) από την ομάδα GSI (Darmstadt, Γερμανία), χρησιμοποιώντας ως στόχους μόλυβδο, βισμούθιο ή θάλλιο και ως βλήματα βαρέα ιόντα μετάλλων της 4ης Περιόδου, όπως ^{64}Ni, ^{58}Fe, ^{54}Cr.

Η "θερμή" αντίδραση σύντηξης είναι μέθοδος σύνθεσης πυρήνων σε υψηλή ενέργεια διέγερσης (~40–50 MeV, εξ ου και «θερμή»), με αποτέλεσμα μειωμένη πιθανότητα επιβίωσης του δημιουργηθέντος πυρήνα λόγω σχάσης. Ο διεγερμένος πυρήνας, στη συνέχεια, μεταπίπτει στη θεμελιώδη κατάσταση υπό εκπομπή 3-5 νετρονίων. Με αυτή τη μέθοδο, ο Yuri Oganessian (Dubna, Ρωσία) συνέθεσε τα στοιχεία φλερόβιο, μοσχόβιο κ.λπ., χρησιμοποιώντας ως στόχους μέταλλα ακτινίδια και ως βλήματα ιόντα του ισοτόπου ^{48}Ca, θεωρώντας αυτά ιδανικά, επειδή το συγκεκριμένο ισότοπο, αν και ελαφρύ, είναι πολύ πλούσιο σε νετρόνια.

Ως «θερμές» αντιδράσεις σύντηξης, αναφέρονται συχνά και οι πυρηνικές αντιδράσεις που εφαρμόζουν ενδιάμεσες ενέργειες διέγερσης (~ 30-35 MeV), προκειμένου να αυξήσουν τις αποδόσεις.

Διάσπαση βαρύτερων στοιχείων

Η σειρά διάσπασης (decay chain) είναι μια ακολουθία διεργασιών ραδιενεργού διάσπασης, κατά την οποία η αποσύνθεση ενός στοιχείου δημιουργεί ένα νέο στοιχείο το οποίο μπορεί να είναι το ίδιο ραδιενεργό. Η σειρά τελειώνει, όταν σχηματίζονται σταθερά ισότοπα ατόμων, όπως ^{206}Pb, ^{207}Pb, ^{208}Pb, ^{205}Tl. (Ιδιαίτερα σταθερός είναι ο ^{208}Pb με τον διπλά μαγικό αριθμό 82 πρωτόνια και 126 νετρόνια).

Για παράδειγμα, ισότοπα του φλεροβίου έχουν ανακαλυφθεί στις σειρές διάσπασης του λιβερμορίου και του ογκανοσενίου Π.χ., ^{292}Lv $\rightarrow$ ^{288}**Fl** $\rightarrow$ ^{284}Cn $\rightarrow$ ^{280}Ds

^{293}Og $\rightarrow$ ^{292}Lv $\rightarrow$ ^{285}**Fl** $\rightarrow$ ^{281}Cn $\rightarrow$ ^{277}Ds $\rightarrow$ …… ^{205}Tl

Σχεδόν όλες αυτές οι διασπάσεις λαμβάνουν χώρα υπό εκπομπή σωματιδίων *α*.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Επειδή μέχρι σήμερα, από τα περισσότερα υπερακτινίδια έχουν παραχθεί λίγα άτομα με απειροελάχιστους χρόνους ημιζωής, δεν υπάρχουν εφαρμογές και τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται μόνο για βασική επιστημονική έρευνα. Όλα είναι εξαιρετικά επιβλαβή λόγω της υψηλής ραδιενέργειας που εκπέμπουν.

5. Η ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ IUPAC ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕ *Z* > 100

Το 1979, η IUPAC θέσπισε ορισμένους κανόνες για τον συστηματικό τρόπο απόδοσης ονομάτων στα στοιχεία τα οποία δεν είχαν ακόμα ανακαλυφθεί ή εκκρεμούσε η ονοματοθεσία τους για διάφορους λόγους. Οι κανόνες αυτοί είναι οι εξής:
(α) Το όνομα του στοιχείου παράγεται απευθείας από τον ατομικό του αριθμό (*Z*) χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες αριθμητικές ρίζες:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
nil	un	bi	tri	quad	pent	hex	sept	oct	enn

(β) Οι ρίζες τοποθετούνται η μια δίπλα στην άλλη κατά τη σειρά των αριθμητικών ψηφίων του ατομικού αριθμού και το όνομα τερματίζεται με την κατάληξη *-ium*. Το τελικό *i* των ριζών *bi* και *tri* παραλείπεται, όταν αυτά βρίσκονται πριν από την κατάληξη *-ium*. Π.χ., το στοιχείο με Z = 103 ονομάζεται κατά IUPAC un-nil-tri-ium (= unniltrium) και το στοιχείο με *Z* = 118 ονομάζεται un-un-oct-ium (= ununoctium).

(γ) Το σύμβολο του στοιχείου σχηματίζεται από τα αρχικά γράμματα των αριθμητικών ριζών που συνιστούν το όνομα, με το πρώτο να γράφεται κεφαλαίο. Έτσι, για παράδειγμα, τα παραπάνω στοιχεία με *Z*=103 και *Z*=118 συμβολίζονται με Unt και Uuo, αντίστοιχα.
Αυτοί οι κανόνες ή συστάσεις της IUPAC χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από τη χημική κοινότητα σε όλα τα επίπεδα, από σχολικά εγχειρίδια χημείας μέχρι προχωρημένα συγγράμματα, αλλά αγνοούνταν κυρίως από τους πυρηνικούς επιστήμονες, οι οποίοι ονόμαζαν π.χ. το στοιχείο με *Z* = 114, αντί *ununquadium*, "στοιχείο 114" με σύμβολο το E114.

Τα προσωρινά αυτά ονόματα αντικαθίστανται από μόνιμα (επίσημα ονόματα), όταν η κοινή ομάδα εργασίας IUPAC/IUPAP, σύμφωνα με τα Κριτήριά Ανακάλυψης Στοιχείων, αναγνωρίσει την ανακάλυψη του στοιχείου και την αποδώσει σε συγκεκριμένη ερευνητική ομάδα, η οποία καλείται στη συνέχεια να επιλέξει το όνομα του στοιχείου. Σε πολλές περιπτώσεις υπήρξαν ενστάσεις και διαμάχες για την «πρωτιά» της ανακάλυψης. Μεγάλη ήταν η διαμάχη για την ονοματοθεσία κυρίως των πέντε ή έξι πρώτων υπερακτινιδίων, με αποτέλεσμα για αρκετά χρόνια, μετά την επιβεβαίωση της ανακάλυψής τους, οι επιστήμονες να χρησιμοποιούν τα συστηματικά ονόματα αυτών των στοιχείων.

Τα υπερακτινίδια φέρουν τα ονόματα διάσημων πυρηνικών χημικών ή φυσικών επιστημόνων (π.χ. σημπόργκιο, ρεντγκένιο, ογκανεσόνιο) ή σημαντικών πόλεων ή περιοχών, όπου βρίσκονται τα πυρηνικά ερευνητικά κέντρα (π.χ. νταρμστάτιο, ντούμπνιο, λιβερμόριο).

6. Η ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΜΕΝΤΕΛΕΓΙΕΦ

Για να δώσει προσωρινά ονόματα στα προβλεπόμενα στοιχεία του, ο Μεντελέγεφ (Mendeleev) χρησιμοποίησε τα προθέματα *eka*-, *dvi*- και *tri*-, από τα σανσκριτικά ονόματα των ψηφίων 1, 2 και 3, ανάλογα με το αν το προβλεπόμενο στοιχείο ήταν μία, δύο ή τρεις θέσεις κάτω από το γνωστό στοιχείο της ίδιας ομάδας στον πίνακά του. Για παράδειγμα, το γερμάνιο ονομαζόταν *eka*-πυρίτιο μέχρι την ανακάλυψή του το 1886 και το ρήνιο ονομαζόταν *dvi*-μαγγάνιο μέχρι την ανακάλυψή του το 1926.

Ειδικά το πρόθεμα *eka* χρησιμοποιήθηκε από πολλούς θεωρητικούς χημικούς και φυσικούς και δεν συναντάται μόνο στις προβλέψεις του ίδιου του Μεντελέγεφ. Πριν από την ανακάλυψή του, το φράγκιο αναφερόταν ως *eka*-καίσιο, το άστατο ως *eka*-ιώδιο και το νιχόνιο ως *eka*-θάλλιο. Κυρίως χρησιμοποιήθηκε στα προσωρινά ονόματα των υπερακτινιδίων, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

Στα κείμενα που ακολουθούν, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες συντμήσεις:

FLNR: Flerov Laboratory of Nuclear Reactions (founded in the JINR in 1957, Dubna, Russia)
Εργαστήριο Πυρηνικών Αντιδράσεων Flerov
GSI: Gesellschaft für Schwerionenforschung (in Darmstadt, Germany)
Ινστιτούτο Έρευνας Βαρέων Ιόντων
IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry
Διεθνής Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας
IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics
Διεθνής Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Φυσικής
JINR: Joint Institute for Nuclear Research (in Dubna, Russia)
Πανενωσιακό Ινστιτούτο Πυρηνικών Ερευνών

JWP: IUPAC/IUPAP Joint Working Party
Κοινή Ομάδα Εργασίας IUPAC και IUPAP
LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory (near Berkeley, California, USA)
Εθνικό Εργαστήριο Lawrence Berkeley
LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory (in Livermore, California, USA)
Εθνικό Εργαστήριο Lawrence Livermore
ORNL: Oak Ridge National Laboratory (in Oak Ridge, Tennessee USA)
Εθνικό Εργαστήριο Oak Ridge
RIAR: Research Institute of Atomic Reactors (Dimitrovgrad, Russia)
Ινστιτούτο Έρευνας Ατομικών Αντιδραστήρων
RIKEN: National Research and Development Institute (Wako, Japan)
Εθνικό Ινστιτούτο Έρευνας και Ανάπτυξης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. The Transactinides: Rutherfordium, Dubnium, Seaborgium, Bohrium, Hassium ...
By Linley Erin Hall Published on Amazon.com

2. Η Ταυτότητα των Χημικών Στοιχείων» (Νικόλαος Κλούρας, Εκδόσεις ΤΡΑΥΛΟΣ, Αθήνα 2007)

3. Υπερακτινίδια (Μέθοδοι σύνθεσης, ισότοπα, χαρακτηριστικά, ονοματολογία)
http://www.chemistryexplained.com/Te-Va/Transactinides.html

4. Υπερακτινίδια https://en.wikipedia.org/wiki/Transactinide_element

5. Διαδραστικός Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων https://education.jlab.org/itselemental/

6. Αλφαβητικά όλα τα στοιχεία του Π.Π. με πολλά δεδομένα
https://www.chemicool.com/elements/

7. RIKEN: Η ανακάλυψη του νιχονίου http://www.riken.jp/en/pr/press/2015/20151231_1/

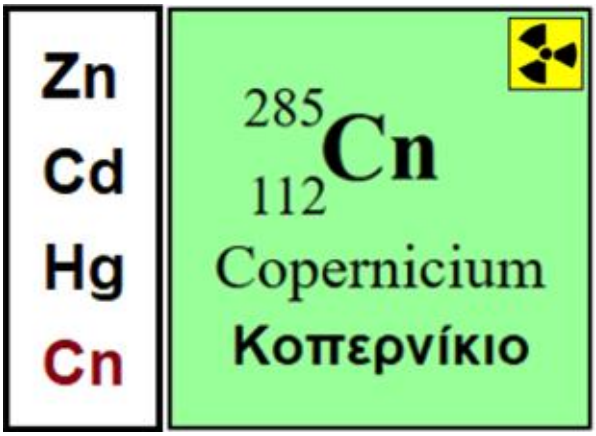
8. JINR: Ανακάλυψη υπερβαρέων στοιχείων http://www.jinr.ru/main-en/

9. Επίσημα πυρηνικά δεδομένα – Διαδραστικός χάρτης νουκλιδίων (Official nuclear data – Interactive chart of nuclides) https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/

10. Ισότοπα όλων του στοιχείων του Π.Π. – Σειρές διάσπασης (decay chains)
http://periodictable.com/Isotopes/114.289/index2.full.html

11. Ιστορία του Εργαστηρίου Flerov. http://flerovlab.jinr.ru/flnr/history/flnr_beginning.html

12. Σύντηξη ψυχρή και θερμή. https://en.wikipedia.org/wiki/Isotopes_of_flerovium



ΚΟΠΕΡΝΙΚΙΟ

Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 112
Αριθμός Περιόδου: 7 (τελευταίο στοιχείο 6d)
Αριθμός Ομάδας: 12 (ομάδα του ψευδαργύρου)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^2$
Ατομική μάζα: ~285 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι στερεό
Ταξινόμηση στοιχείου: Μέταλλο

Ανακάλυψη

Το κοπερνίκιο παράχθηκε για πρώτη φορά στις 9 Φεβρουαρίου του 1996 στο Ινστιτούτο GSI (Darmstadt, Γερμανία) από τους Sigurd Hofmann, Victor Ninov, Peter Armbruster, Gottfried Münzenber et.al. Κατά τον βομβαρδισμό πυρήνων μολύβδου-208 με ιόντα ψευδαργύρου-70 σε γραμμικό επιταχυντή βαρέων ιόντων, οι ερευνητές έλαβαν ένα (!) άτομο κοπερνικίου με τον μαζικό αριθμό 277 και χρόνο ημιζωής ~0,24 ms.:

$$^{208}_{82}\mathrm{Pb} + ^{70}_{30}\mathrm{Zn} \rightarrow ^{278}_{112}\mathrm{Cn}^* \rightarrow ^{277}_{112}\mathrm{Cn} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Η αντίδραση αυτή που επαναλήφθηκε το 2004 και το 2013 στο μεγάλο ερευνητικό κέντρο RIKEN της Ιαπωνίας επιβεβαίωσε την ανακάλυψη της ομάδας του GSI. Η αναγνώριση της ανακάλυψης του στοιχείου 112 από την IUPAC έγινε το 2009 και αποδόθηκε επίσημα στην ομάδα του GSI.

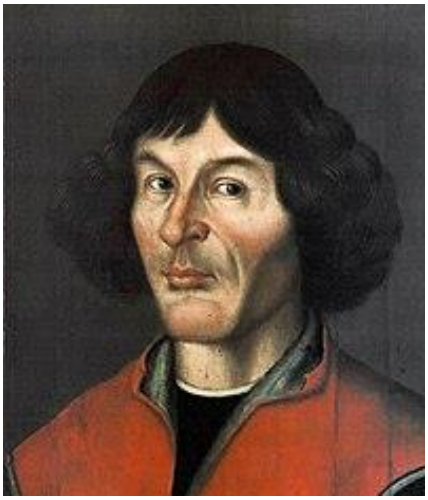
Ισότοπα

Έχουν ανακοινωθεί κατά καιρούς επτά ισότοπα του κοπερνικίου με μαζικούς αριθμούς 277 και 281 έως 286 που παράχθηκαν είτε με σύντηξη δύο ατόμων είτε μέσω της διάσπασης βαρύτερων στοιχείων, όπως π.χ. του φλεροβίου. Από αυτά, μόνο τα πέντε έχουν επιβεβαιωθεί, ήτοι τα ισότοπα 281 (17 s), 282 (0,50 s), 283 (4,0 s), 284 (101 ms), 285 (30 s). Όπως φαίνεται από τους χρόνους ημιζωής, σταθερότερο είναι το κοπερνίκιο-285 με χρόνο ημιζωής ~30 s. Αυτό διασπάται προς νταρμστάτιο-281 υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*.

Προέλευση του ονόματος

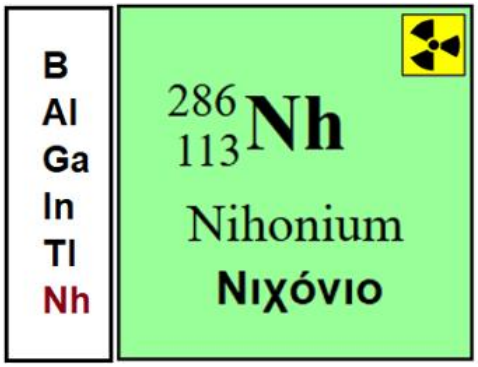
Κατά Μεντελέγεφ, το στοιχείο 112 θα ονομαζόταν *eka*-υδράργυρος. Κατά το σύστημα IUPAC του 1979, το προσωρινό όνομα του στοιχείου ήταν *ουνούνμπιο* (*ununbium*) με σύμβολο το *Uub*. Τον Μάιο του 2009, η JWP αναγνώρισε την ανακάλυψη του στοιχείου 112 στην ομάδα των ερευνητών του GSI και άναψε το πράσινο φως για την απόδοση του επίσημου ονόματος αυτού από το GSI. Η ομάδα του GSI πρότεινε το όνομα *κοπερνίκιο* (*copernicium*) και το σύμβολο *Cp*, «για να τιμήσει τον Κοπέρνικο (Nikolaus Copernicus), τον εξαίρετο Πολωνό επιστήμονα που άλλαξε την άποψή μας για τον κόσμο», όπως αναφέρθηκε. Στο εξάμηνο διάστημα που δίνεται για τη συζήτηση επί του προτεινόμενου ονόματος, η επιστημονική

κοινότητα παρατήρησε ότι το σύμβολο *Cp* είχε συνδεθεί παλαιότερα με το στοιχείο κασσιόπιο, το σημερινό λουτήτιο (Lu). Για το λόγο αυτό, η IUPAC πρότεινε στην ομάδα GSI να δώσουν ως σύμβολο το *Cn*. Στις 19 Φεβρουαρίου του 2010, 537η επέτειο της γέννησης του Κοπέρνικου, η IUPAC καθιέρωσε επίσημα το όνομα κοπερνίκιο και το σύμβολο *Cn*.



Nicolaus Copernicus (1473 – 1543)
Πολωνός μαθηματικός και αστρονόμος της Αναγέννησης ο οποίος διατύπωσε το ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος, τοποθετώντας τον Ήλιο και όχι τη Γη στο κέντρο του.

Το Κοπερνίκειο αστρονομικό σύστημα περιγράφεται στο έργο του που δημοσιεύθηκε το 1543, λίγο πριν από το θάνατό του, «De Revolutionibus Orbium Coelestium Libri VI» («Έξι Βιβλία για τις Περιστροφές των Ουρανίων Σφαιρών»). Αυτό αποτέλεσε τη βάση για την εξέλιξη της σύγχρονης Αστρονομίας. Ο Κοπέρνικος υποστήριξε την ηλιοκεντρική θεωρία, την άποψη δηλαδή ότι η Γη και τα άλλα σώματα του Ηλιακού Συστήματος περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο, σε αντίθεση με την τότε επίσημη γεωκεντρική θεωρία του Πτολεμαίου, που ήθελε τη Γη ακίνητη και κέντρο του κόσμου. Άνοιξε έτσι το δρόμο για τους αστρονόμους της επόμενης γενιάς (ειδικά για τον Γιοχάνες Κέπλερ) αλλά και την επιστημονική επανάσταση του 17ου αιώνα.



ΝΙΧΟΝΙΟ

Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 113
Αριθμός Περιόδου: 7 (πρώτο στοιχείο του υποφλοιού 7*p*)
Αριθμός Ομάδας: 13 (ομάδα του βορίου)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^{2}7p^{1}$
Ατομική μάζα: ~286 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι στερεό
Ταξινόμηση στοιχείου: Μέταλλο

Ανακάλυψη

Το νιχόνιο είναι το πρώτο στοιχείο που ανακαλύφθηκε στην Ασιατική ήπειρο. Στις 23 Ιουλίου του 2004 μια ομάδα επιστημόνων του ερευνητικού κέντρου RIKEN στο Wako της Ιαπωνίας. καθοδηγούμενη από τον Kosuke Morita, δημιούργησε τα δύο πρώτα άτομα του στοιχείου 113 επιταχύνοντας ιόντα ψευδαργύρου με ταχύτητα 10% της ταχύτητας του φωτός πάνω σε στόχο από λεπτό φύλλο βισμουθίου σε μια αντίδραση ψυχρής σύντηξης:

$$^{209}_{83}\mathrm{Bi} + ^{70}_{30}\mathrm{Zn} \rightarrow ^{279}_{113}\mathrm{Nh}^{*} \rightarrow ^{278}_{113}\mathrm{Nh} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Και τα δύο άτομα Nh, με διαδοχικές διασπάσεις *α* προς ^{274}Rg, ^{270}Mt και ^{266}Bh, σχημάτισαν ^{262}Db, το οποίο στη συνέχεια διασπάσθηκε με αυθόρμητη σχάση.
Επειδή η πρώτη αυτή ανακάλυψη δεν έγινε αποδεκτή από IUPAC/IUPAP, οι Ιάπωνες επανέλαβαν τα πειράματά τους τα επόμενα έτη παρέχοντας τελικά τα απαιτούμενα πειραματικά δεδομένα για την κατοχύρωση της ανακάλυψης του στοιχείου 113.

Άλλες αναφορές για την πατρότητα της ανακάλυψης του στοιχείου 113, όπως η ακόλουθη από τη συνεργασία JINR-LLNL που δημοσιεύθηκε τον Φεβρουάριο του 2004 και περιελάμβανε τον βομβαρδισμό αμερικίου-243 με βλήματα ασβεστίου-48, δεν αναγνωρίστηκαν από την JWP:

$$^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{291}115^{*} \rightarrow ^{288}115 + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{284}113 + \alpha$$

$$^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{291}115^{*} \rightarrow ^{287}115 + 4\,^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{283}113 + \alpha$$

Ισότοπα

Το σταθερότερο ισότοπο του νιχονίου είναι το νιχόνιο-286 με χρόνο ημιζωής ~20 s. Διασπάται προς ρεντγκένιο-282 υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*.
Άλλα ισότοπα του νιχονίου είναι (σε παρένθεση ο χρόνος ημιζωής):
278 (0,24 ms), 282 (0,07 s), 283 (100 ms), 284 (0,48 s), 285 (5,5 s). Όλα διασπώνται προς ελαφρύτερα στοιχεία υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*.

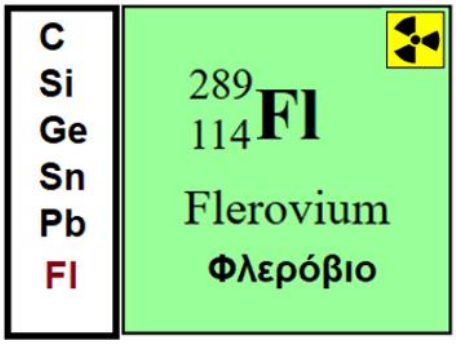
Προέλευση του ονόματος

Κατά Μεντελέγεφ, το στοιχείο 113 θα το ονομάζαμε *eka*-θάλλιο. Κατά το σύστημα IUPAC του 1979, το προσωρινό όνομα του στοιχείου ήταν *ουνουντρίτιο* (*ununtritium*) με σύμβολο το *Uut*. Τον Ιανουάριο του 2016, η JWP απέδωσε την ανακάλυψη του στοιχείου 113 στην ομάδα των ερευνητών της RIKEN και την κάλεσε να δώσει το επίσημο όνομα του νέου στοιχείου. Τον Μάρτιο του 2016 προτάθηκε το όνομα *νιχόνιο* (*nihonium*) με σύμβολο το *Nh*, από το *Nihon* που είναι το ένα από τα δύο ιαπωνικά ονόματα της Ιαπωνίας. Το δεύτερο ιαπωνικό όνομα είναι *Nippon* και εξ αυτού προτάθηκε για το στοιχείο 113 η ονομασία *νιπόνιο* (*nipponium* σύμβολο *Np*). Όμως αυτό το όνομα απορρίφθηκε, αφού το σύμβολο *Np* χρησιμοποιείτο ήδη για το ποσειδώνιο (*Neptunium*, *Np*). Τελικά, το όνομα *νιχόνιο* εγκρίθηκε επίσημα τον Νοέμβριο του 2016 και η τελετή ονοματοθεσίας του έγινε στο Τόκιο, τον Μάρτιο του 2017, παρουσία του Naruhito, διαδόχου του Στέμματος της Ιαπωνίας.

Kosuke Morita (1957 –)

Ιάπωνας πειραματικός πυρηνικός φυσικός, καθοδηγητής της επιστημονικής ομάδας η οποία ανακάλυψε το στοιχείο με ατομικό αριθμό 113. Καθηγητής του Πανεπιστημίου Kyushu και ταυτόχρονα διευθυντής της ερευνητικής ομάδας υπερβαρέων στοιχείων του ερευνητικού κέντρου RIKEN (Super Heavy Element Research Group at Riken's Nishina Center for Accelerator-Based Science). Στη φωτογραφία, δείχνει περιχαρής το στοιχείο νιχόνιο που βρίσκεται στην 113η θέση του Π.Π.

ΦΛΕΡΟΒΙΟ



Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 114
Αριθμός Περιόδου: 7
Αριθμός Ομάδας: 14 (ομάδα του άνθρακα)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^{2}7p^{2}$
Ατομική μάζα: ~289 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι στερεό
Ταξινόμηση στοιχείου: Μέταλλο

Ανακάλυψη

Η σύνθεση του φλεροβίου έγινε για πρώτη φορά το 1998 από μια ομάδα επιστημόνων στο Ινστιτούτο JINR (Dubna, Ρωσία), καθοδηγούμενη από τον Yuri Oganessian. Οι ερευνητές βομβάρδισαν ένα στόχο πλουτωνίου-244 με επιταχυμένα ιόντα ασβεστίου-18:

$$^{244}_{94}\mathrm{Pu} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{292}_{114}\mathrm{Fl}^{*} \rightarrow ^{289}_{114}\mathrm{Fl} + 2\,^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Η ομάδα ισχυρίσθηκε ότι κατόρθωσε να ανιχνεύσει ένα (!) άτομο φλεροβίου με χρόνο ημιζωής 21 s, το οποίο διασπάσθηκε υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*. Θεωρήθηκε ότι επρόκειτο για το ισότοπο φλερόβιο-289 και η δημοσίευση έγινε τον Ιανουάριο του 1999. Το ίδιο πείραμα επαναλήφθηκε αργότερα, χωρίς όμως να βρεθεί ισότοπο με τις αναφερόμενες στη δημοσίευση ιδιότητες.

Τον Μάρτιο του 1999, η ίδια ομάδα αντικατέστησε το στόχο πλουτώνιο-244 με πλουτώνιο-242, προκειμένου να συνθέσει άλλα ισότοπα του φλεροβίου. Το πείραμα οδήγησε στην παραγωγή δύο ατόμων φλεροβίου που διασπάστηκαν υπό εκπομπή *α* και είχαν χρόνο ημιζωής 5,5 s. Η τελική επιβεβαίωση της ανακάλυψης του φλεροβίου για τους Ρώσους έγινε τον Ιούνιο του 1999. Όμως, λόγω κάποιων ασαφειών, τα πειράματα στη Dubna συνεχίσθηκαν. Η ανακάλυψη των ισοτόπων φλερόβιο-286 και -287 επιβεβαιώθηκε τον Ιανουάριο του 2009 από το Ινστιτούτο Berkeley (ΗΠΑ), ενώ εκείνη των ισοτόπων φλερόβιο-288 και -289 από το Ινστιτούτο GSI της Γερμανίας τον Ιούλιο του ίδιου έτους.

Το 2011, η IUPAC αξιολόγησε τα πειράματα των Ρώσων για την ανακάλυψη του φλεροβίου από το 1999 έως το 2007 και δέχθηκε ότι, ενώ τα αρχικά τους δεδομένα δεν ήταν πειστικά, τα αποτελέσματα των ετών 2004-2007 οδήγησαν πράγματι στην ανακάλυψη του φλεροβίου.

Τα ισότοπα φλερόβιο-285 και -284 ανακαλύφθηκαν ή χαρακτηρίστηκαν τα έτη 2010 και 2015, αντίστοιχα.

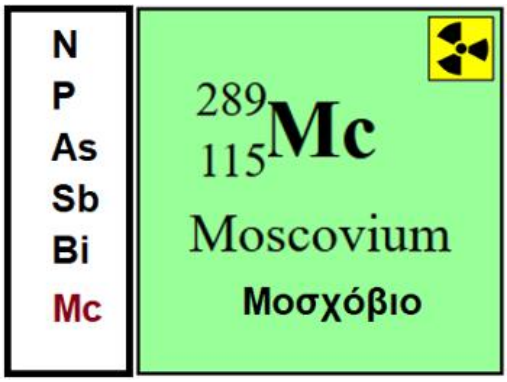
Ισότοπα

Μέχρι σήμερα έχει ανακοινωθεί η δημιουργία περίπου 90 ατόμων φλεροβίου: τα 58 εξ αυτών συντέθηκαν απευθείας, ενώ τα υπόλοιπα προέκυψαν κατά τη ραδιενεργό διάσπαση βαρύτερων στοιχείων. Γνωστά είναι έξι ισότοπα του φλεροβίου με μαζικούς αριθμούς 284 έως 289 με χρόνους ημιζωής της τάξεως των ms ή μερικών εκατοστών του δευτερολέπτου. Σταθερότερο είναι το φλερόβιο-289 με χρόνο ημιζωής 0,97 s. Αυτό διασπάται προς κοπερνίκιο-285 υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*.

Προέλευση του ονόματος

Κατά Μεντελέγεφ, το στοιχείο 114 θα είχε το όνομα *eka*-μόλυβδος. Κατά το σύστημα IUPAC του 1979, το προσωρινό όνομα του στοιχείου ήταν *ουνουνκβάντιο* (*ununquadium*) με σύμβολο το *Uuq*. Την 1η Ιουνίου του 2011, η IUPAC αναγνώρισε την ανακάλυψη του στοιχείου 114 στην ομάδα των ερευνητών του JINR και ζήτησε από αυτήν την απόδοση ενός μονίμου ονόματος για το στοιχείο. Οι ερευνητές επέλεξαν το όνομα *φλερόβιο* (*flerovium*) και σύμβολο το *Fl*, από το όνομα του Ρωσικού Εργαστηρίου Πυρηνικών Αντιδράσεων Flerov (Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, FLNR, Dubna, Ρωσία), το οποίο είχε ονομαστεί έτσι προς τιμήν του Σοβιετικού φυσικού Georgy Flerov. Η τελετή ονοματοθεσίας του φλεροβίου (και του λιβερμορίου) πραγματοποιήθηκε στις 24 Οκτωβρίου 2012 στη Μόσχα.

Ρωσικό γραμματόσημο που εκδόθηκε το 2013 προς τιμήν του **Georgy Nikolayevich Flerov (1913-1990)** Ρώσου πυρηνικού φυσικού, γνωστού για την ανακάλυψη, το 1940, της αυθόρμητης σχάσης (spontaneous fission) και της συμβολής του στη μελέτη των θερμικών αντιδράσεων. Το 1967, η ομάδα του ανακάλυψε το στοιχείο ντούμπνιο (Z = 105), ενώ το 1970 ο Φλερόφ διεκδίκησε την ανακάλυψη των στοιχείων με *Z* = 106 (σημπόργκιο) και *Z* = 107 (μπόριο). Τον Απρίλιο του 1942, σε επιστολή του προς τον Στάλιν επεσήμανε τη «σιωπή» των επιστημονικών περιοδικών σε Αμερική, Αγγλία και Γερμανία αναφορικά με την πυρηνική σχάση και εξήγαγε το συμπέρασμα ότι σε αυτές τις χώρες η σχετική έρευνα έχει χαρακτηριστεί ως απόρρητη. Έτσι, συνέβαλε στην ανάπτυξη του προγράμματος για την κατασκευή της ατομικής βόμβας από την τότε Σοβιετική Ένωση. Το 1957, ίδρυσε το φερώνυμο Εργαστήριο Πυρηνικών Αντιδράσεων στη Ντούμπνα, το οποίο διηύθυνε μέχρι το 1989. Επίσης, κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου προέδρευε στο Επιστημονικό Συμβούλιο της Ακαδημίας Επιστημών της ΕΣΣΔ.



ΜΟΣΧΟΒΙΟ

Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 115
Αριθμός Περιόδου: 7
Αριθμός Ομάδας: 15 (ομάδα του αζώτου)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^{2}7p^{3}$
Ατομική μάζα: ~289 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι στερεό
Ταξινόμηση στοιχείου: Μέταλλο

Ανακάλυψη

Η πρώτη επιτυχής σύνθεση του μοσχοβίου έγινε από μια κοινή ομάδα Ρώσων και Αμερικανών επιστημόνων, τον Αύγουστο του 2003, στο Ινστιτούτο JINR στη Dubna της Ρωσίας, καθοδηγούμενη από τον Ρώσσο φυσικό Yuri Oganessian. Οι Αμερικανοί επιστήμονες προέρχονταν από το Εργαστήριο LLNL (Livermore, ΗΠΑ). Τον Φεβρουάριο του 2004, οι ερευνητές ανακοίνωσαν επίσημα τη σύνθεση του μοσχοβίου από τον βομβαρδισμό αμερικίου-243 με ιόντα ασβεστίου-48 σε κύκλοτρο. Παράχθηκαν τρία άτομα μοσχοβίου-288 και ένα άτομο μοσχοβίου-287. Όλα διασπάσθηκαν σε περίπου 100 ms προς νιχόνιο, υπό εκπομπή σωματιδίων *α*:

$$^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{288}_{115}\mathrm{Mc} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{284}_{113}\mathrm{Nh} + \alpha$$

$$^{243}_{95}\mathrm{Am} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{287}_{115}\mathrm{Mc} + 4\,^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{283}_{113}\mathrm{Nh} + \alpha$$

Στο διάστημα 2009-2010, ανακαλύφθηκαν δύο βαρύτερα ισότοπα του μοσχοβίου, τα ^{289}Mc και ^{290}Mc, ως θυγατρικά των ισοτόπων του τενεσίου ^{293}Ts και ^{294}Ts. Το ισότοπο ^{289}Mc παράχθηκε αργότερα συνθετικά και βρέθηκε να έχει τις ίδιες ιδιότητες με εκείνο που προέκυψε από τη διάσπαση του τενεσίου.

Αν και το 2011 η IUPAC και IUPAP δεν αποδέχθηκαν την ανακάλυψη του μοσχοβίου που έδωσαν τα πειράματα των Ρώσων το 2004 και το 2007 στη Dubna, ερευνητές από το Πανεπιστήμιο του Lund της Σουηδίας και του Ινστιτούτου GSI (Darmstadt, Γερμανία) επανέλαβαν το πείραμα του 2004 και επιβεβαίωσαν την ανακάλυψη του μοσχοβίου από τους Ρώσους. Ταυτόχρονα, οι ερευνητές στη Dubna, επαναλαμβάνοντας το ίδιο πείραμα, ανακάλυψαν και το ισότοπο ^{289}Mc. Μια επιπλέον επιβεβαίωση ήρθε το 2015 από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου του Berkeley (ΗΠΑ).

Το 2015, IUPAC και IUPAP αναγνώρισαν από κοινού την ανακάλυψη του νέου στοιχείου δίνοντας την προτεραιότητα στη συνεργασία των ερευνητικών ομάδων της Dubna και του Livermore κατά τα έτη 2009 – 2010. Ταυτόχρονα, παρείχετο το δικαίωμα σε αυτές να δώσουν το οριστικό όνομα του στοιχείου.

Ισότοπα

Μέχρι σήμερα, έχουν παρατηρηθεί περίπου 100 άτομα μοσχοβίου και όλα είχαν μαζικούς αριθμούς από 287 έως 290, δηλαδή έχουν ανακαλυφθεί τέσσερα ισότοπα (^{287}Mc, ^{288}Mc,

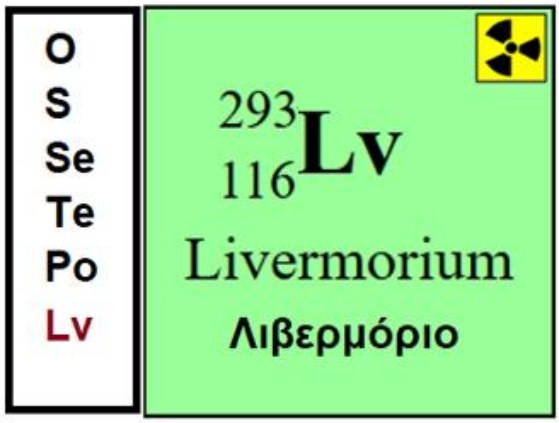
^{289}Mc και ^{290}Mc). Το σταθερότερο ισότοπο του μοσχοβίου είναι το μοσχόβιο-289 το οποίο έχει χρόνο ημιζωής 0,220 s, διασπώμενο προς νιχόνιο-285 (^{285}Nh) υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*.

Προέλευση του ονόματος

Κατά το σύστημα ονοματολογίας του Μεντελέγεφ, το μοσχόβιο θα λεγόταν *eka*-βισμούθιο. Το 1979, για τα στοιχείο-115 που δεν είχε ακόμα ανακαλυφθεί, η IUPAC είχε προτείνει το προσωρινό όνομα *ουνουνπέντιο* (*ununpentium*), με σύμβολο το Uup. Μετά την αναγνώριση της ανακάλυψης του στοιχείου από την IUPAC, στις 30 Δεκεμβρίου του 2015, η ομάδα των ερευνητών της Dubna πρότεινε αρχικά το όνομα *λανγκεβίνιο* (*langevinium*) προς τιμήν του διακεκριμένου Γάλλου φυσικού Paul Langevin. Αργότερα, η ομάδα της Dubna ξεχώρισε, ανάμεσα από τις διάφορες προτάσεις ονοματοθεσίας, το όνομα *μοσχόβιο* (*moscovium*) και σύμβολο το *Mc*. Το όνομα αυτό αναφέρεται στην περιοχή της Μόσχας, όπου βρίσκεται η Dubna. Η πρόταση επικυρώθηκε από την IUPAC τον Ιούνιο του 2016 και στις 2 Μαρτίου 2017 πραγματοποιήθηκε η τελετή ονοματοθεσίας για τα στοιχεία μοσχόβιο, τενέσιο και ογκανεσόνιο στη Ρωσική Ακαδημία Επιστημών στη Μόσχα.

Το Πανενωσιακό Ινστιτούτο Πυρηνικών Ερευνών (Joint Institute for Nuclear Research, JINR)

Είναι ένας διεθνής διακυβερνητικός οργανισμός επιστημονικής έρευνας που ιδρύθηκε με τη σύμβαση που υπεγράφη στις 26 Μαρτίου 1956 από ένδεκα ιδρυτικά κράτη και καταχωρήθηκε στα Ηνωμένα Έθνη την 1η Φεβρουαρίου 1957. Βρίσκεται στην πόλη Ντούμπνα (Dubna) κοντά στη Μόσχα.



ΛΙΒΕΡΜΟΡΙΟ

Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 116
Αριθμός Περιόδου: 7
Αριθμός Ομάδας: 15 (ομάδα του οξυγόνου, χαλκογόνα)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^{2}7p^{4}$
Ατομική μάζα: ~293 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι στερεό
Ταξινόμηση στοιχείου: Μέταλλο

Ανακάλυψη

Η πρώτη (ανεπιτυχής) προσπάθεια σύνθεσης του στοιχείου 116 έγινε το 1977 στο Εργαστήριο LLNL (Livermore, ΗΠΑ) και η δεύτερη το 1978 από την Ομάδα του Yuri Oganessian στο Εργαστήριο FLNR (Dubna, Ρωσία), αλλά επίσης χωρίς επιτυχία. Μέχρι το 1999 έγιναν νέα πειράματα ή επαναλήψεις παλαιότερων σε διάφορα ερευνητικά κέντρα, οι οποίες όμως δεν οδήγησαν στη σύνθεση του στοιχείου 116. Η πρώτη σύνθεση του λιβερμορίου έγινε στις 19 Ιουλίου του 2000, όταν επιστήμονες του Ινστιτούτου JINR στη Dubna υπό τον Yuri Oganessian, σε συνεργασία με Αμερικανούς συναδέλφους τους από το Εργαστήριο LLNL, υπό τον Ken Moody, βομβάρδισαν ένα στόχο κιουρίου-248 με επιταχυμένα ιόντα ασβεστίου-48 σε κύκλοτρο. Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός μοναδικού ατόμου-116, το οποίο διασπάσθηκε άμεσα προς φλερόβιο-289, υπό εκπομπή σωματιδίων *α*. Η σχετική δημοσίευση έγινε τον Δεκέμβριο του 2000.

$$^{248}_{96}\mathrm{Cm} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{296}_{116}\mathrm{Lv}^{*} \rightarrow ^{293}_{116}\mathrm{Lv} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{289}_{114}\mathrm{Fl} + \alpha$$

Το θυγατρικό ισότοπο του φλεροβίου είχε ιδιότητες που συνέπιπταν με αυτές του ισοτόπου ^{288}Fl, το οποίο συντέθηκε για πρώτη φορά το 1999, υποδηλώνοντας ότι το μητρικό ισότοπο του λιβερμορίου ήταν το ^{292}Lv και όχι το ^{293}Lv.

Όμως, οι μετέπειτα εργασίες τον Δεκέμβριο του 2002 έδειξαν ότι το ισότοπο του φλεροβίου που είχε συντεθεί το 1999 ήταν στην πραγματικότητα το ^{289}Fl και συνεπώς η παραπάνω πυρηνική εξίσωση με το μητρικό ισότοπο ^{293}Lv ήταν ορθή.

Η επανάληψη του αρχικού πειράματος το 2005 οδήγησε στη σύνθεση 8 ατόμων λιβερμορίου και στην επιβεβαίωση ότι επρόκειτο για το ισότοπο ^{293}Lv. Σε αυτή την πορεία, η ομάδα παρατήρησε για πρώτη φορά και το ισότοπο ^{292}Lv. Κατά τα έτη 2004 – 2006, οι επιστήμονες στη Dubna αντικατέστησαν τον στόχο κιούριο-248 με το ελαφρύτερο ισότοπο κιούριο-245 επιτυγχάνοντας τη σύνθεση των ισοτόπων ^{290}Lv και ^{291}Lv.

Το 2011, η IUPAC επανεξέτασε το έργο των ερευνητών που είχαν επιτελέσει όλα τα προηγούμενα χρόνια και αποδέχθηκε τελικά την ανακάλυψη του στοιχείου 116.

Ισότοπα

Από το λιβερμόριο είναι γνωστά τέσσερα ισότοπα με μαζικούς αριθμούς από 290 έως 293, δηλαδή έχουν πιστοποιηθεί τα ισότοπα ^{290}Lv, ^{291}Lv, ^{292}Lv και ^{293}Lv. Το μακροβιότερο ισότοπο

του στοιχείου είναι το λιβερμόριο-293, το οποίο έχει χρόνο ημιζωής περίπου 53 ms, διασπώμενο προς φλερόβιο-289 (^{289}Fl), υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*. Έχει αναφερθεί και ένα πέμπτο πιθανό ισότοπο με μαζικό αριθμό 289, για το οποίο όμως δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.

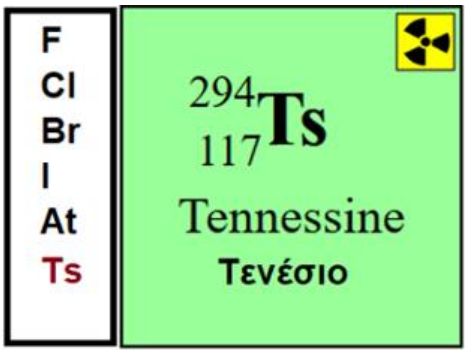
Προέλευση του ονόματος

Χρησιμοποιώντας την ονοματολογία Μεντελέγεφ για τα μέχρι πρότινος ανώνυμα στοιχεία και τα στοιχεία που δεν είχαν ακόμα ανακαλυφθεί, το λιβερμόριο θα το ονομάζαμε *eka*-πολώνιο. Το 1979, για τα στοιχείο-116 που δεν είχε ακόμα ανακαλυφθεί, η IUPAC είχε προτείνει το προσωρινό όνομα *ουνουνέξιο* (*ununhexium*), με σύμβολο το *Uuh*. Μετά την αποδοχή της ανακάλυψης του στοιχείου από την IUPAC, η ομάδα των ερευνητών της Dubna, το 2012, πρότεινε αρχικά το όνομα *μοσχόβιο* (*moscovium*) το οποίο αναφέρεται στην περιοχή της Μόσχας, όπου βρίσκεται η Ντούμπνα. Όμως, αργότερα αποφασίστηκε αυτό το όνομα να δοθεί στο στοιχείο 115. Το όνομα *λιβερμόριο* (*livermorium*) και το σύμβολο Lv υιοθετήθηκαν τον Μάιο του 2012. Αυτό το όνομα δόθηκε από τους Ρώσους ως αναγνώριση της συμβολής του Εργαστηρίου του Λίβερμορ (LLNL) στην ανακάλυψη του στοιχείου 116. Η πρόταση επικυρώθηκε από την IUPAC το 2012 και στις 24 Οκτωβρίου του ίδιου έτους πραγματοποιήθηκε η τελετή ονοματοθεσίας του φλεροβίου και του λιβερμορίου από τη Ρωσική Ακαδημία Επιστημών στη Μόσχα.

Αεροφωτογραφία του Εθνικού Εργαστηρίου Lawrence Livermore

Το Εθνικό Εργαστήριο Lawrence Livermore (LLNL) είναι μια ομοσπονδιακή ερευνητική εγκατάσταση στο Λίβερμορ (Καλιφόρνια, ΗΠΑ) που ιδρύθηκε το 1952 από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, το Μπέρκλυ

ΤΕΝΕΣΙΟ



Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 117
Αριθμός Περιόδου: 7
Αριθμός Ομάδας: 17 (Ομάδα αλογόνων)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^{2}7p^{5}$
Ατομική μάζα: ~294 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι στερεό
Ταξινόμηση στοιχείου: Μέταλλο

Ανακάλυψη

Το 2004, το Ινστιτούτο JINR της Ντούμπνα (Ρωσία) πρότεινε τη διεξαγωγή κοινών πειραμάτων με το Εργαστήριο ORNL της Πολιτείας Τενεσή (ΗΠΑ) για τη σύνθεση του στοιχείου 117. Ως στόχο πρότειναν το μπερκέλιο-249 και ως δέσμη βομβαρδισμού το ασβέστιο-48. Ανάλογες συντήξεις με στόχους ακτινίδια είχαν οδηγήσει στη σύνθεση των νέων στοιχείων 113 -116 και 118. Το μπερκέλιο-249 σχηματίζεται ως παραπροϊόν της παραγωγής του καλιφορνίου-252, όμως εκείνη την εποχή, ο μοναδικός στον κόσμο παραγωγός του μπερκελίου-249, το Εργαστήριο ORNL, είχε σταματήσει τη σύνθεσή του. Η εξαιρετικά δύσκολη, πανάκριβη και χρονοβόρα παραγωγή του εν λόγω ισοτόπου ανέστειλε τα σχέδια σύνθεσης του στοιχείου 117.

Τελικά, τον Ιανουάριο του 2010, επιστήμονες του Εργαστηρίου FLNR (Dubna, Ρωσία) ανακοίνωσαν ότι είχαν ανακαλύψει τη διάσπαση ενός νέου στοιχείου με ατομικό αριθμό 117, η οποία λάμβανε χώρα μέσω δύο σειρών *α*-διάσπασης. Τον Απρίλιο του 2010 δημοσιεύθηκε στο περιοδικό Physical Review Letters η ταυτοποίηση των ισοτόπων 294 και 293 του στοιχείου 117. Η ερευνητική προσπάθεια, υπό την ηγεσία του Ρώσου φυσικού Yuri Oganessian, ήταν μια συνεργασία ανάμεσα στα ερευνητικά κέντρα JINR, ORNL, LLNL, RIAR, Vanderbilt, University of Tennessee και University of Nevada
Τα ισότοπα σχηματίσθηκαν ως εξής:

$$^{249}_{97}\mathrm{Bk} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{297}_{117}\mathrm{Ts}^{*} \rightarrow ^{294}_{117}\mathrm{Ts} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$$^{249}_{97}\mathrm{Bk} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{297}_{117}\mathrm{Ts}^{*} \rightarrow ^{293}_{117}\mathrm{Ts} + 4\,^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Επειδή τότε δεν ήταν γνωστά όλα τα προϊόντα διάσπασης του τενεσίου, οι ιδιότητές τους δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την επιβεβαίωση της ανακάλυψής του, μέχρι το 2011, οπότε ένα από τα προϊόντα διάσπασής του, το μοσχόβιο-289, συντέθηκε απευθείας και οι ιδιότητές του ταίριαζαν με την περιγραφή του ισοτόπου-289 που αναφερόταν στη διάσπαση του τενεσίου-293. Το 2012, η ομάδα της Ντούμπνα επανέλαβε για επιβεβαίωση το αρχικό πείραμα παράγοντας επτά άτομα του στοιχείου 117. Επαλήθευση της ανακάλυψης του στοιχείου 117 έγινε και το 2014 από σχετικά πειράματα που πραγματοποίησαν σε συνεργασία τα εργαστήρια ORNL (ΗΠΑ) και GSI (Γερμανία). Το Δεκέμβριο του 2015, η JWP αναγνώρισε επισήμως την ανακάλυψη του στοιχείου 117 και κάλεσε τα εμπλεκόμενα ερευνητικά κέντρα να επιλέξουν το όνομα του νέου στοιχείου.

Ισότοπα

Το τενέσιο έχει δύο ισότοπα (^{293}Ts και ^{294}Ts) με γνωστούς και δύο πιθανολογούμενα ισότοπα (^{291}Ts και ^{292}Ts) με άγνωστους χρόνους ημιζωής. Το μακροβιότερο ισότοπο του τενεσίου είναι το τενέσιο-294, το οποίο έχει χρόνο ημιζωής περίπου 80 ms, διασπώμενο προς μοσχόβιο-290 (^{290}Mc), υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*. Το τενεσίο-293, με χρόνο ημιζωής περίπου 14 ms, διασπάται προς μοσχόβιο-289 (^{289}Mc), επίσης υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*.

Προέλευση του ονόματος

Κατά Μεντελέγεφ, το στοιχείο 117 θα είχε το όνομα *eka*-άστατο. Το 1979, για το στοιχείο 117 που δεν είχε ακόμα ανακαλυφθεί, η IUPAC είχε προτείνει το προσωρινό όνομα *ουνουνσέπτιο* (*ununseptium*), με σύμβολο το *Uus*.

Πριν από το 2016, η IUPAC συνιστούσε για τα ονόματα των νέων στοιχείων που ανακαλύπτονταν να έχουν την κατάληξη *–ium*, ελληνικά *–ιο(ν)*, ακόμα και αν το νέο στοιχείο ανήκε στην ομάδα των αλογόνων, τα οποία παραδοσιακά έχουν ονόματα που τελειώνουν σε *–ine* (fluorine, chlorine, iodine κ.λπ.) Όμως, αυτό άλλαξε το 2016, και η IUPAC πρότεινε να ισχύσει η κατάληξη *–ine* και για το νέο στοιχείο της Ομάδας 17.

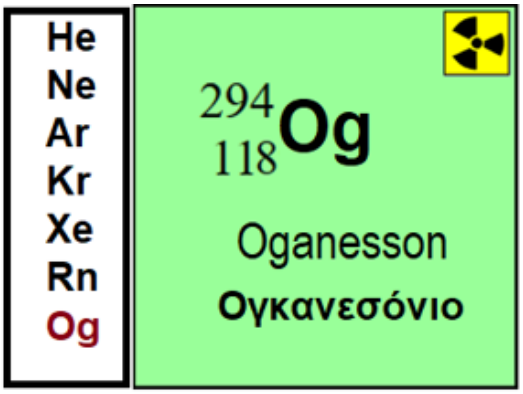
Τον Μάρτιο του 2016, οι αντιπρόσωποι όλων των εμπλεκομένων ομάδων στην ανακάλυψη του στοιχείου 117 συμφώνησαν στο όνομα *τενέσιο* (*tennessine*) και ως σύμβολο το *Ts*, από το όνομα της περιοχής του Τενεσή (Tennessee), όπου βρίσκεται το Εργαστήριο ORNL το οποίο συνέβαλε καθοριστικά στην ανακάλυψη του νέου στοιχείου παράγοντας το στοιχείο – στόχος, δηλαδή το μπερκέλιο.

Κάποιες ενστάσεις ως προς το σύμβολο Ts, το οποίο στην οργανική χημεία συμβολίζει την τοσυλομάδα (toluenesulfonyl ή tosyl group, $CH_3C_6H_4SO_2^-$), απορρίφθηκαν με το σκεπτικό ότι και άλλες συντμήσεις ομάδων συμπίπτουν με σύμβολα στοιχείων, όπως το σύμβολο του ακτινίου Ac για το ακετύλιο, το σύμβολο του πρασεοδυμίου Pr για το προπύλιο κ.ο.κ.

Η τελετή ονοματοθεσίας του τενεσίου, του μοσχοβίου και του ογκανεσονίου πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2017 από τη Ρωσική Ακαδημία Επιστημών στη Μόσχα. Μια ανάλογη τελετή, αλλά μόνο για το τενέσιο έλαβε χώρα στο Εργαστήριο ORNL του Τενεσή τον Ιανουάριο του 2017.

Εθνικό Εργαστήριο Όουκ Ριτζ (Oak Ridge National Laboratory, ORNL)

Το ORNL είναι ένα αμερικανικό επιστημονικό και τεχνολογικό εργαστήριο πολλών και ποικίλων προγραμμάτων που υποστηρίζεται από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE). Πρόκειται για το μεγαλύτερο εθνικό εργαστήριο επιστήμης και ενέργειας στο Τμήμα Ενεργειακού Συστήματος των ΗΠΑ, τόσο σε μέγεθος όσο και σε ετήσιο προϋπολογισμό. Βρίσκεται στο Oak Ridge του Τενεσή (Tennessee), κοντά στο Νόξβιλ (Knoxville).
Τα προγράμματα του ORNL επικεντρώνονται στην επιστήμη υλικών, στην επιστήμη νετρονίων, στην ενέργεια, στους υπολογιστές υψηλών επιδόσεων, στη βιολογία συστημάτων και στην εθνική ασφάλεια.



ΟΓΚΑΝΕΣΟΝΙΟ

Τεχνητό ραδιενεργό στοιχείο (υπερακτινίδιο)
Ατομικός αριθμός: 118
Αριθμός Περιόδου: 7
Αριθμός Ομάδας: 18 (Ομάδα ευγενών αερίων)
Ηλεκτρονική δομή (ανεπιβεβαίωτη): $[Rn]5f^{14}6d^{10}7s^{2}7p^{6}$
Ατομική μάζα: ~294 amu (ανήκει στα υπερβαρέα στοιχεία)
Σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα: Άγνωστα
Φυσική κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου: Αναμένεται να είναι αέριο
Ταξινόμηση στοιχείου: Αμέταλλο

Ανακάλυψη

Το 1999, επιστήμονες του LBNL ανακοίνωσαν την ανακάλυψη του λιβερμορίου και του ογκανοσενίου-293 μέσω της αντίδρασης

$$^{208}_{82}\mathrm{Pb} + ^{86}_{36}\mathrm{Kr} \rightarrow ^{293}_{118}\mathrm{Og} + ^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Όμως, τα διάφορα εργαστήρια δεν μπόρεσαν να επαναλάβουν τα αποτελέσματα του LBNL, με αποτέλεσμα αυτά να θεωρηθούν κατασκευασμένα.

Τον Οκτώβριο του 2006, ερευνητές από το Ινστιτούτο JINR της Ντούμπνα (Ρωσία), συνεργαζόμενοι με επιστήμονες του Εργαστηρίου LLNL, υπό την καθοδήγηση του Ρώσου φυσικού Yuri Oganessian, ανακοίνωσαν την έμμεση ταυτοποίηση τριών ή τεσσάρων πυρήνων ατόμων ογκανεσονίου-294 που είχαν παραχθεί σε πειράματα το 2002 και 2005, μέσω συγκρούσεων ατόμων καλιφορνίου-249 και ιόντων ασβεστίου-48:

$$^{249}_{98}\mathrm{Cf} + ^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow ^{294}_{118}\mathrm{Og} + 3\,^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Το 2011, η IUPAC αξιολόγησε τα αποτελέσματα της συνεργασίας Ντούμπνα – Λίβερμορ και αποφάνθηκε ότι αυτά δεν πληρούσαν τα Κριτήρια Ανακάλυψης Στοιχείων. Μετά και από πρόσθετα πειράματα, το 2015 η JWP της IUPAC και της IUPAP αναγνώρισε την ανακάλυψη του στοιχείου 118 και την απέδωσε στη συνεργασία Ντούμπνα – Λίβερμορ. Τώρα, τα εμπλεκόμενα ερευνητικά κέντρα θα έπρεπε να επιλέξουν το όνομα του νέου στοιχείου.

Ισότοπα

Το ογκανεσόνιο φαίνεται να μην έχει ισότοπα. Το ογκανεσόνιο-294 έχει χρόνο ημιζωής περίπου 0,89 ms, διασπώμενο προς λιβερμόριο-290 (^{290}Lv), υπό εκπομπή ακτινοβολίας *α*. Ένα πιθανό ισότοπο του ογκανεσονίου με μαζικό αριθμό 295 και χρόνο ημιζωής 181 ms που ανακοινώθηκε από το Ινστιτούτο GSI, δεν έχει επιβεβαιωθεί.

Προέλευση του ονόματος

Κατά Μεντελέγεφ, το στοιχείο 118 θα είχε το όνομα *eka*-ραδόνιο. Το 1979, για τα στοιχείο 118 που δεν είχε ακόμα ανακαλυφθεί, η IUPAC είχε προτείνει το προσωρινό όνομα *ουνουνόκτιο* (*ununoctium*), με σύμβολο το *Uuo*. Όμως, τις περισσότερες φορές οι προτάσεις αυτές της

IUPAC αγνοήθηκαν από τους επιστήμονες οι οποίοι προτιμούσαν να το ονομάζουν στοιχείο 118 και να χρησιμοποιούν το σύμβολο E118 ή απλά 118.

Πριν από το 2016, οι συστάσεις της IUPAC για τα ονόματα των νέων στοιχείων που ανακαλύπτονταν να έχουν την κατάληξη *–ium*, ελληνικά *–ιο(ν)*, ακόμα και αν το νέο στοιχείο ανήκε στην ομάδα των αλογόνων, τα οποία παραδοσιακά έχουν ονόματα που τελειώνουν σε *–ine* ή στην ομάδα των ευγενών αερίων τα οποία με εξαίρεση το ήλιο, έχουν ονόματα που λήγουν σε *–on* (neon, argon, krypton κ.λπ.) Όμως, αυτό άλλαξε το 2016, και η IUPAC πρότεινε να ισχύσει η κατάληξη *–on* και για το νέο στοιχείο της Ομάδας 18, άσχετα αν αυτό αποδεικνύοταν αργότερα ότι δεν έχει ιδιότητες ευγενούς αερίου.

Αν και η ανακάλυψη του νέου στοιχείου υπήρξε προϊόν Αμερικανορωσικής συνεργασίας, οι Ρώσοι θεώρησαν δίκαιο να δώσουν εκείνοι το όνομα στο στοιχείο 118, δεδομένου ότι διέθεσαν τις μοναδικές στον κόσμο εγκαταστάσεις του JINR για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, ενώ οι Αμερικανοί τους προμήθευσαν με το καλιφόρνιο, τον στόχο των πειραμάτων.

Τον Ιούνιο του 2016, η IUPAC ανακοίνωσε ότι πρόθεση των ερευνητών ήταν να δώσουν στο στοιχείο το όνομα ογκανεσόνιο με σύμβολο το Og, προς τιμήν του Ρώσου πυρηνικού φυσικού Yuri Oganessian, πρωτοπόρου στη έρευνα των υπερβαρέων στοιχείων.

Η τελετή ονοματοθεσίας του τενεσίου, του μοσχοβίου και του ογκανεσονίου πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2017 από τη Ρωσική Ακαδημία Επιστημών στη Μόσχα.

Yuri Tsolakovich Oganessian (1933 -)

Ρώσος πυρηνικός φυσικός αρμενικής καταγωγής, κορυφαίος επιστήμονας στην έρευνα των υπερβαρέων στοιχείων. Υπό την καθοδήγησή του ανακαλύφθηκαν τα στοιχεία με ατομικούς αριθμού 114-118. Το 1989 διαδέχθηκε τον άλλο διακεκριμένο Ρώσο πυρηνικό φυσικό Georgy Nikolaevich Flerov ως διευθυντής του φημισμένου Εργαστηρίου Flerov Laboratory of Nuclear Reactions του Ινστιτούτου JINR. Το χημικό στοιχείο ογκανεσόνιο (Og, με ατομικό αριθμό 118) ονομάσθηκε έτσι προς τιμήν του το 2016. Ήταν το 2ο στοιχείο, μετά το σημπόργκιο (Sg) που έπαιρνε το όνομα επιστήμονα ευρισκόμενου εν ζωή, κατά παράβαση του κανόνα της IUPAC, η οποία αυτό δεν το επιτρέπει.

Στο παραπάνω γραμματόσημο που εκδόθηκε στην Αρμενία το 2017 για να τιμηθεί ο Αρμένιος στην καταγωγή Yuri Oganessian παρουσιάζεται και η αντίδραση σύνθεσης του ογκανοσενίου-294, καθώς και η σειρά διάσπασής του προς τα στοιχεία λιβερμόριο, φλερόβιο και κοπερνίκιο.