



Θόριο

Το **Θόριο** είναι ασθενώς ραδιενεργό μεταλλικό χημικό στοιχείο με σύμβολο **Th** και ατομικό αριθμό 90. Το θόριο είναι ασημόγκριζο και οξειδώνεται επιφανειακά όταν εκτίθεται στον αέρα, σχηματίζοντας διοξείδιο του θορίου· είναι ήπιος σκληρότητας, όλκιμο και έχει υψηλό σημείο τήξης. Είναι ένα ηλεκτροθετικό μέλος των Ακτινίδες του οποίου η συμπεριφορά κυριαρχείται από τον αριθμό οξείδωσης +4· είναι αρκετά δραστικό και αναφλέγεται στον αέρα όταν διαιρείται σε λεπτά τμήματα.

Όλα τα γνωστά ισότοπα του θορίου είναι ασταθή. Το πιο σταθερό ισότοπο, ²³²Th, έχει ημιζωή 14,05 δισεκατομμύρια χρόνια, ή περίπου ίση με την ηλικία του σύμπαντος· διασπάται πολύ αργά με διάσπαση άλφα, εκκινώντας μια αλυσιδωτή διάσπαση που ονομάζεται σειρά του θορίου η οποία καταλήγει σε σταθερό ²⁰⁸μόλυβδο. Στο σύμπαν, το θόριο και το ουράνιο είναι τα μόνα ραδιενεργά στοιχεία που βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες στη φύση με μορφή primordial elements.^[α] Εκτιμάται ότι είναι τρεις φορές πιο άφθονο από το ουράνιο στο φλοιό της Γης και συνήθως εξάγεται από άμμο μοναζίτη ως παραπροϊόν κατά την εξόρυξη σπάνιων γαιών.

Το θόριο ανακαλύφθηκε το 1829 από τον Νορβηγό ορυκτολόγο Μόρταν Θράνε Έσμαρκ και αναγνωρίστηκε από τον Σουηδό χημικό Γιονς Γιάκομπ Μπερζέλιους, ο οποίος του έδωσε το όνομα του Θορ, του θεού της αστραπής των Βίκινγκς. Οι πρώτες εφαρμογές του αναπτύχθηκαν στο τέλος του 19ου αιώνα. Η ραδιενεργή του ιδιότητα αναγνωρίστηκε ευρέως στις πρώτες δεκαετίες του 20ου αιώνα. Στο δεύτερο ήμισυ του αιώνα, το θόριο αντικαταστάθηκε σε πολλές χρήσεις του λόγω κινδύνων σχετικών με τη ραδιενέργεια.

Το θόριο χρησιμοποιείται ακόμα ως κραματικό στοιχείο σε ηλεκτρόδια συγκολλήσεων TIG αλλά βαθμιαία αντικαθίσταται με διαφορετικά στοιχεία. Αποτελούσε επίσης υλικό σε οπτικά υψηλής τεχνολογίας και επιστημονικά όργανα και ως πηγή φωτός σε gas mantles, αλλά έχει περιθωριοποιηθεί σε αυτές τις εφαρμογές. Έχει προταθεί ως εναλλακτική του ουρανίου για πυρηνικό καύσιμο σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί αρκετά αντιδραστήρια του θορίου.

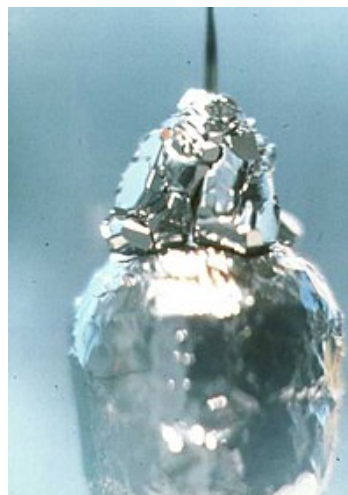
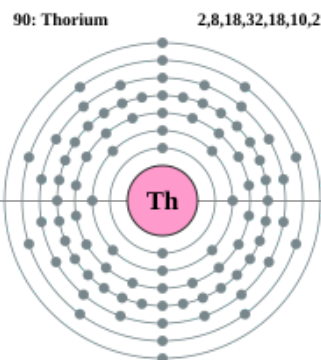
Εντατικές ιδιότητες

Το θόριο είναι ήπια μαλακό, παραμαγνητικό, στιλπνό ασημόγκριζο μέταλλο της ομάδας των ακτινιδών. Στον περιοδικό πίνακα βρίσκεται στα δεξιά του ακτινίου, αριστερά του πρωτακτινίου και κάτω από το δημήτριο. Το καθαρό θόριο είναι πολύ όλκιμο και όπως είναι συνηθισμένο στα μέταλλα μπορεί να στεί ψυχρή έλαση, swaged και drawn.^[2] Σε θερμοκρασία δωματίου, το μεταλλικό θόριο έχει εδροκεντρωμένη κρυσταλλική δομή· έχει δύο άλλες μορφές, μία σε υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 1360 °C· χωροκεντρωμένο κυβικό) και μία σε υψηλή πίεση (περίπου 100 GPa· χωροκεντρωμένο τετραγωνικό).^[2]

Θόριο

Ακτίνιο ←	Θόριο	→ Πρωτακτίνιο
Ce		
↑		
Th		
↓		
Uqn		

Περιοδικός Πίνακας



Κρύσταλλοι θορίου

Ιστορία

Ταυτότητα του στοιχείου

Όνομα, σύμβολο	Θόριο (Th)
Ατομικός αριθμός (Z)	90
Κατηγορία	Μέταλλα, ακτινίδες
ομάδα, περίοδος, τομέας	- , 7, f
Σχετική ατομική μάζα (A _r)	232,0381 g/mol
Ηλεκτρονική διαμόρφωση	[Rn] 6d ² 7s ²
Αριθμός CAS	7440-29-1

Ατομικές ιδιότητες

Ατομική ακτίνα	179 pm
Ομοιοπολική ακτίνα	206±6 pm




Το θόριο έχει μέτρο συμπίεσης (ένα μέτρο της αντίστασης ενός υλικού σε συμπίεση) 54 GPa, περίπου όσο και ο κασσίτερος (58,2 GPa). Το αλουμίνιο έχει 75,2 GPa· ο χαλκός 137,8 GPa· και ο ανθρακοχάλυβας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα έχει 160–169 GPa.^[3] Το θόριο είναι τόσο σκληρό όσο περίπου ο μαλακός χάλυβας, οπότε όταν θερμαίνεται μπορεί να υποστεί έλαση σε φύλλα και να μετατραπεί σε σύρμα.^[4]

Το θόριο έχει σχεδόν τη μισή πυκνότητα του ουρανίου και του πλουτωνίου και είναι σκληρότερο και από τα δύο.^[4] Γίνεται υπεραγωγίμο κάτω από θερμοκρασία 1.4 K.^[2] Το σημείο τήξης του θορίου είναι 1750 °C και υπερβαίνει τα αντίστοιχα του ακτινίου (1227 °C) και του πρωτακτινίου (1568 °C). Έχοντας θέση στην αρχή της περιόδου 7, η οποία εκτείνεται από το φράγκιο μέχρι το θόριο, α σημεία τήξης των στοιχείων αυξάνονται (όπως σε άλλες περιόδους), επειδή ο number of delocalised electrons each atom contributes increases from one in francium to four in thorium, leading to greater attraction between these electrons and the metal ions as their charge increases from one to four. Μετά το θόριο υπάρχει μια εκ νέου πτωτική τάση στα σημεία τήξης από το θόριο στο πλουτώνιο, όπου ο αριθμός των ηλεκτρονίων f αυξάνεται από περίπου 0.4 σε περίπου 6: αυτή η τάση οφείλεται στον αυξανόμενο υβριδισμό των τροχιακών 5f και 6d και στη δημιουργία κατευθυντικών δεσμών που οδηγούν σε πιο περίπλοκες κρυσταλλικές δομές και αποδυναμωμένους μεταλλικούς δεσμούς.^{[4][5]} (Η μέτρηση f-ηλεκτρονίων για το θόριο είναι μη ακέραια λόγω της επικάλυψης των 5f–6d.)^[5] Μεταξύ των ακτινιδών μέχρι το καλιφόρνιο, που μπορούν να ερευνηθούν τουλάχιστον σε ποσότητες χλίοστογραμμαρίων, το θόριο έχει το υψηλότερο σημείο τήξης και σημείο βρασμού και τη δεύτερη χαμηλότερη πυκνότητα· μόνο το ακτίνιο είναι ελαφρύτερο.^[β] Το σημείο βρασμού του θορίου είναι 4788 °C και είναι το πέμπτο υψηλότερο ανάμεσα σε όλα τα στοιχεία με γνωστά σημεία βρασμού.^[γ]

Οι ιδιότητες του θορίου διαφέρουν ευρύτατα αναλογικά με το βαθμό ακαθαρσιών στο δείγμα. ΤΗ μεγαλύτερη είναι συνήθως το διοξείδιο του θορίου (ThO₂)· ακόμα και τα καθαρότερα δοκίμια θορίου συνήθως περιέχουν περίπου ένα δέκατο του εκατοστού διοξείδιο.^[2] Οι πειραματικές μετρήσεις της πυκνότητάς του αποδίδουν τιμές μεταξύ 11,5 και 11,66 g/cm³: αυτές οι τιμές είναι ελαφρώς χαμηλότερες από τη θεωρητικά αναμενόμενη τιμή των 11,7 g/cm³ που υπολογίζονται από τις παραμέτρους πλέγματος του θορίου, ίσως λόγω μικροσκοπικών κενών που δημιουργούνται στο μέταλλο όταν χυτεύεται.^[2] These values lie between those of its neighbours actinium (10.1 g/cm³) and protactinium (15.4 g/cm³), part of a trend across the early actinides.^[2]

Ισότοπα

Πλην δύο, όλα τα χημικά στοιχεία με ατομικούς αριθμούς μέχρι 83, αυτόν του βισμούθιου έχουν ένα ισότοπο που είναι ουσιαστικά σταθερό για όλες τις περιπτώσεις ("κλασσικά σταθερό"), με εξαίρεση το τεχνητίο και το προμήθειο (στοιχεία 43 και 61). Όλα τα στοιχεία από το πολόνιο (στοιχείο 84) και πέρα είναι ρραδιενεργά σε μετρήσιμη κλίμακα. ²³²Το Th είναι ένα από τα τρία νουκλίδια μετά το βισμούθιο (τα άλλα δύο είναι τα ²³⁵U και ²³⁸U) που έχουν ημιζωή δισεκατομμυρίων ετών· η ημιζωή του είναι 14,05 δισεκατομμύρια χρόνια, σχεδόν τριπλάσια της ηλικίας της Γης, και λίγο μεγαλύτερη από την ηλικία του σύμπαντος. Τα τέσσερα πέμπτα του θορίου που υπήρχε κατά τον σχηματισμό της Γης έχουν επιβιώσει μέχρι σήμερα.^{[8][9][10]} Το Th²³² είναι το μόνο ισότοπο του θορίου που υπάρχει σε ποσότητα στη φύση.^[8] Η σταθερότητά του αποδίδεται στην κλειστή του πυρηνική στιβάδα με 142 νετρόνια.^{[11][12]} Το θόριο έχει

Ηλεκτραρνητικότητα	1,3
Κυριότεροι αριθμοί οξείδωσης	+4 , +3, +2
Ενέργειες ιονισμού	1 ^η : 587 kJ/mol 2 ^η : 1.110 kJ/mol 3 ^η : 1930 kJ/mol
Φυσικά χαρακτηριστικά	
Κρυσταλλικό σύστημα	μονοκλινές
Σημείο τήξης	2.115 K, 1.842 °C, 3.348 °F
Σημείο βρασμού	5.061 K, 4.788 °C, 8.650 °F
Πυκνότητα	11.700 kg/m ³
Ενθαλπία τήξης	13,81 KJ/mol
Ενθαλπία εξάτμισης	514 KJ/mol
Ειδική θερμοχωρητικότητα	(25 °C) 26,23 J/(mol·K)
Μαγνητική συμπεριφορά	παραμαγνητικό ^[1]
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	(0 °C) 147 nΩ·m
Ειδική θερμική αγωγιμότητα	(27 °C) 54 W/(mK)
Λόγος Poison	0,27
Ταχύτητα του ήχου	2.490 m/s
Επικινδυνότητα	
<div> <div> <div>F+</div> <div></div> </div> <div> <div>T+</div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div> <p>Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά</p>	

χαρακτηριστική γήινη ισοτοπική σύνθεση, με ατομικό βάρος 232,0377(4). Αποτελεί μαζί με το πρωτακτίνιο και το ουράνιο ένα από τα τρία στοιχεία που είναι ραδιενεργά και συναντώνται σε αρκετά μεγάλες ποσότητες στη Γη ώστε να είναι δυνατός ο καθορισμός του πρότυπου ατομικού βάρους τους.

Οι πυρήνες θορίου είναι επιρρεπείς σε διάσπαση άλφα επειδή η ισχυρή πυρηνική δύναμη δεν μπορεί να υπερβεί την ηλεκτρομαγνητική άπωση μεταξύ των πρωτονίων τους.^[13] Η διάσπαση άλφα του ²³²Th εκκινεί την αλυσιδωτή διάσπαση 4n η οποία περιλαμβάνει ισότοπα με μαζικό αριθμό διαιρετούς με το 4 (εξ ου και το όνομα· ονομάζεται επίσης "σειρά του θορίου" λόγω του προγεννήτορά της). Αυτή η αλυσίδα συνεχόμενων διασπάσεων άλφα και βήτα αρχίζει με τη διάσπαση του ²³²Th σε ²²⁸Ra και τερματίζει στον ²⁰⁸Pb.^[8] Οποιοδήποτε δείγμα θορίου ή οι ενώσεις του πριέχουν ίχνη αυτών των θυγατρικών προϊόντων, που είναι ισότοπα του θαλλίου, του μολύβδου, του βισμούθιου, του ραδίου, του ραδονίου και του ακτινίου.^[8] Δείγματα φυσικού θορίου μπορούν να καθαριστούν χημικά ώστε να εξαχθούν θυγατρικά νουκλίδια, όπως το ²¹²Pb, το οποίο χρησιμοποιείται στην πυρηνική ιατρική για καρκινοθεραπεία.^{[14][15]} Το ²²⁷Th (που εκπέμπει άλφα με χρόνο ημιζωής 18,68 ημερών) μπορεί ακόμη να χρησιμοποιηθεί σε καρκινοθεραπείες όπως οι στοχευμένες θεραπείες άλφα.^{[16][17][18]} Το ²³²Th υφίσταται επίσης spontaneous fission περιστασιακά αντί για διάσπαση άλφα, και έχει δώσει στοιχεία ότι αυτό συμβαίνει στα ορυκτά του (με παγιδευμένο αέριο ξένο ως προϊόν σχάσης), αλλά η μερική ημιζωή αυτής της διαδικασίας είναι πολύ μεγάλη και ξεπερνά τα 10²¹ έτη αλλά η διάσπαση άλφα είναι κυρίαρχη γενικά.^{[19][20]}

Χημεία

Ένα άτομο θορίου έχει 90 ηλεκτρόνια, από τα οποία τέσσερα είναι ηλεκτρόνια σθένους. Τρία ατομικά τροχιακά είναι θεωρητικά διαθέσιμα για να τα καταλάβουν τα ηλεκτρόνια σθένους: τα 5f, 6d, και 7s.^[21]

Παραγωγή

Η χαμηλή ζήτηση καθιστά τη λειτουργία ορυχείων αποκλειστικά για την εξαγωγή του θορίου μη επικερδή, και σχεδόν πάντα εξάγεται μαζί με σπάνιες γαίες, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να είναι παραπροϊόντα της εξαγωγής άλλων ορυκτών.^[22] Η τρέχουσα ανάγκη χρήσης μοναζίτη για παραγωγή οφείλεται στο ότι το θόριο παράγεται ως παραπροϊόν· άλλες πηγές όπως ο θορίτης περιέχουν περισσότερο θόριο και εύκολα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αν η ζήτηση αυξανόταν.^[23] Η παρούσα γνώση της κατανομής των πηγών θορίου είναι ελλιπής, καθώς η χαμηλή ζήτηση έχει καταστήσει τις προσπάθειες εξερεύνησης περιορισμένες.^[24] Το 2014 η παγκόσμια παραγωγή συγκεντρωμένου μοναζίτη, από τον οποίο το θόριο εξάγεται, ήταν 2.700 tonnes.^[25]

Η συνηθισμένη πορεία παραγωγής του θορίου περιλαμβάνει συγκέντρωση των ορυκτών του θορίου, εξαγωγή του θορίου από το συγκέντρωμα, απομόνωση του καθαρού θορίου και ίσως δημιουργία ενώσεων όπως το διοξείδιο του θορίου.^[26]

Σύγχρονη εφαρμογή

Χρήσεις άσχετες με τη ραδιένεργιά του έχουν μειωθεί από τη δεκαετία του 1950^[27] λόγω περιβαλλοντικών ζητημάτων προερχόμενων κυρίως από τη ραδιενεργή δραστηριότητά του θορίου και των προϊόντων σχάσης του.^{[28][29]}

Οι περισσότερες εφαρμογές του θορίου αφορούν τη χρήση του διοξειδίου του (μερικές φορές αποκαλούμενο "θορία" στη βιομηχανία), παρά το ίδιο το μέταλλο. Η ένωση αυτή έχει σημείο τήξης 3300 °C (6000 °F), το υψηλότερο από όλα τα γνωστά οξείδια· μόνο μερικές ουσίες έχουν υψηλότερα σημεία τήξης.^[30] Αυτό βοηθά να παραμένει στερεό σε μια φλόγα, και αυξάνει σημαντικά τη λαμπρότητα της φλόγας· αυτός είναι ο βασικός λόγος που το θόριο χρησιμοποιείται σε gas mantles.^[31] Όλες οι ουσίες εκπέμπουν ενέργεια σε υψηλή θερμοκρασία, αλλά το φως που εκπέμπει το θόριο είναι σχεδόν αποκλειστικά μέσα στο ορατό φάσμα δημιουργώντας αυτή τη λαμπρότητα στους μανδύες θορίου.^[32]

Σημειώσεις

1. Το βισμούθιο είναι πολύ ελαφρώς ραδιενεργό, αλλά η ημιζωή του ($1,9 \times 10^{19}$ χρόνια) είναι τόσο μακρά που η διάσπασή του είναι αμελητέα ακόμα και σε γεωλογική κλίμακα.
2. Ενώ το αϊνσταϊνίο έχει βρεθεί να έχει χαμηλότερη πυκνότητα, η συγκεκριμένη μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε δείγματα μάζας μικρογραμμαρίων, και ίσως οφείλεται στη ραγδαία αυτοκαταστροφή της κρυσταλλικής δομής που προκαλείται από την ακραία ραδιενεργή συμπεριφορά του αϊνσταϊνίου.^[6]
3. Μετά το όσμιο, το ταντάλιο, το βολφράμιο και το ρήνιο.^[2] υψηλότερα σημεία βρασμού εικάζονται για τα μέταλλα μετάπτωσης 6d transition metals, αλλά δεν έχουν παραχθεί σε ποσότητες αρκετές για τη διερεύνηση αυτής της εικασίας.^[7]

Παραπομπές

1. BNL-NCS 51363, vol. II (https://www.osti.gov/bridge//product.biblio.jsr?query_id=0&page=0&osti_id=5972980) (1981), pages 835ff
2. Wickleder, Fourest & Dorhout 2006, σελίδες 61–63.
3. Gale, W. F.; Totemeier, T. C. (2003). *Smithells Metals Reference Book* (στα Αγγλικά). Butterworth-Heinemann. σελίδες 15–2–15–3. ISBN 978-0-08-048096-1.
4. Tretyakov, Yu. D., επιμ. (2007). *Non-organic chemistry in three volumes. Chemistry of transition elements. 3.* Academy. ISBN 978-5-7695-2533-9.
5. Johansson, B.; Abuja, R.; Eriksson, O.; Wills, J. M. (1995). «Anomalous fcc crystal structure of thorium metal.». *Physical Review Letters* **75** (2): 280–283. doi:10.1103/PhysRevLett.75.280 (<https://dx.doi.org/10.1103%2FPhysRevLett.75.280>). PMID 10059654 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10059654>). Bibcode: 1995PhRvL..75..280J (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1995PhRvL..75..280J>).
6. Haire, R. G.; Baybarz, R. D. (1979). «Studies of einsteinium metal» (<http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/21/88/27/PDF/ajp-jphyscol197940C431.pdf>). *Le Journal de Physique* **40**: C4–101. doi:10.1051/jphyscol:1979431 (<https://dx.doi.org/10.1051%2Fjphyscol%3A1979431>). <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/21/88/27/PDF/ajp-jphyscol197940C431.pdf>.
7. Fricke, Burkhard (1975). *Superheavy elements: a prediction of their chemical and physical properties* (<https://www.researchgate.net/publication/225672062>). *Recent Impact of Physics on Inorganic Chemistry. Structure and Bonding*. **21**. σελίδες 89–144. doi:10.1007/BFb0116498 (<https://doi.org/10.1007/BFb0116498>). ISBN 978-3-540-07109-9. Ανακτήθηκε στις 4 Οκτωβρίου 2013.
8. Audi, G.; Bersillon, O.; Blachot, J.; Wapstra, A. H. (2003). «The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties» (<https://web.archive.org/web/20130724211828/http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf>). *Nuclear Physics A* **729** (1): 3–128. doi:10.1016/j.nuclphysa.2003.11.001 (<https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.nuclphysa.2003.11.001>). Bibcode: 2003NuPhA.729....3A (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2003NuPhA.729....3A>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf>) στις 24 July 2013. <https://web.archive.org/web/20130724211828/http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf>.



Lower-bound estimates of thorium reserves in thousand tonnes, 2014

Country	Reserves
 Ινδία	846
 Βραζιλία	632
 Αυστραλία	595
 Ηνωμένες Πολιτείες	595
 Αίγυπτος	380
 Τουρκία	374
 Βενεζουέλα	300
 Καναδάς	172
 Ρωσία	155
 Νότια Αφρική	148
 Κίνα	100
 Νορβηγία	87
 Γροιλανδία	86
 Φινλανδία	60.5
 Σουηδία	50
 Καζακστάν	50
Other countries	1,725
Παγκόσμιο σύνολο	6,355

9. De Laeter, J. R.; Böhlke, J. K.; De Bièvre, P.; Hidaka, H.; Peiser, H. S.; Rosman, K. J. R.; Taylor, P. D. P. (2003). «Atomic weights of the elements. Review 2000 (IUPAC Technical Report)» (<https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2003/pdf/7506x0683.pdf>). *Pure and Applied Chemistry* **75** (6): 683–800. doi:10.1351/pac200375060683 (<https://dx.doi.org/10.1351%2Fpac200375060683>). <https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2003/pdf/7506x0683.pdf>.
10. International Union of Pure and Applied Chemistry (2006). «Atomic weights of the elements 2005 (IUPAC Technical Report)» (<https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2006/pdf/7811x2051.pdf>). *Pure and Applied Chemistry* **78** (11): 2051–2066. doi:10.1351/pac200678112051 (<https://dx.doi.org/10.1351%2Fpac200678112051>). <https://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2006/pdf/7811x2051.pdf>. Ανακτήθηκε στις 27 July 2017.
11. Nagy, S. (2009). *Radiochemistry and Nuclear Chemistry*. 2. EOLSS Publications. σελ. 374. ISBN 978-1-84826-127-3.
12. Griffin, H. C. (2010). «Natural Radioactive Decay Chains». Στο: Vértes, A.· Nagy, S.· Klencsár, Z.· και άλλοι., επιμ. *Handbook of Nuclear Chemistry* (https://archive.org/details/handbooknuclearc00vrte_709). Springer Science+Business Media. σελ. 668 (https://archive.org/details/handbooknuclearc00vrte_709/page/n668). ISBN 978-1-4419-0719-6.
13. Beiser, A. (2003). «Nuclear Transformations» (https://web.archive.org/web/20161004204701/http://phy240.ahepl.org/Concepts_of_Modern_Physics_by_Beiser.pdf) (PDF). *Concepts of Modern Physics* (6 έκδοση). McGraw-Hill Education. σελίδες 432–434. ISBN 978-0-07-244848-1. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://phy240.ahepl.org/Concepts_of_Modern_Physics_by_Beiser.pdf) (PDF) στις 4 Οκτωβρίου 2016. Ανακτήθηκε στις 16 Φεβρουαρίου 2019.
14. Areva. *AREVA Med launches production of lead-212 at new facility* (<http://us.areva.com/EN/home-2564/ar-eva-inc-areva-med-launches-production-of-lead212-at-new-facility.html>). Δελτίο τύπου. Ανακτήθηκε στις 1 January 2017.
15. *Mineral Yearbook 2012* (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thorium/myb1-2011-thori.pdf>). United States Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thorium/myb1-2011-thori.pdf>. Ανακτήθηκε στις 30 September 2017.
16. Ramdahl, Thomas; Bonge-Hansen, Hanne T.; Ryan, Olav B.; Larsen, Åsmund; Herstad, Gunnar; Sandberg, Marcel; Bjerke, Roger M.; Grant, Derek και άλλοι. (2016-09-01). «An efficient chelator for complexation of thorium-227» (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X16307478>). *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* **26** (17): 4318–4321. doi:10.1016/j.bmcl.2016.07.034 (<https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.bmcl.2016.07.034>). ISSN 0960-894X (<http://worldcat.org/issn/0960-894X>). PMID 27476138 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27476138>). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960894X16307478>.
17. Deblonde, Gauthier J.-P.; Lohrey, Trevor D.; Booth, Corwin H.; Carter, Corey P.; Parker, Bernard F.; Larsen, Åsmund; Smeets, Roger; Ryan, Olav B. και άλλοι. (2018-11-19). «Solution Thermodynamics and Kinetics of Metal Complexation with a Hydroxypyridinone Chelator Designed for Thorium-227 Targeted Alpha Therapy» (<https://escholarship.org/uc/item/7nz4j81s>). *Inorganic Chemistry* **57** (22): 14337–14346. doi:10.1021/acs.inorgchem.8b02430 (<https://dx.doi.org/10.1021%2Facs.inorgchem.8b02430>). ISSN 0020-1669 (<http://worldcat.org/issn/0020-1669>). PMID 30372069 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30372069>). <https://escholarship.org/uc/item/7nz4j81s>.
18. Captain, Ilya; Deblonde, Gauthier J.-P.; Rupert, Peter B.; An, Dahlia D.; Illy, Marie-Claire; Rostan, Emeline; Ralston, Corie Y.; Strong, Roland K. και άλλοι. (2016-11-21). «Engineered Recognition of Tetravalent Zirconium and Thorium by Chelator–Protein Systems: Toward Flexible Radiotherapy and Imaging Platforms» (<http://www.escholarship.org/uc/item/2nx8r6pz>). *Inorganic Chemistry* **55** (22): 11930–11936. doi:10.1021/acs.inorgchem.6b02041 (<https://dx.doi.org/10.1021%2Facs.inorgchem.6b02041>). ISSN 0020-1669 (<http://worldcat.org/issn/0020-1669>). PMID 27802058 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27802058>). <http://www.escholarship.org/uc/item/2nx8r6pz>.
19. Wickleder, Fourest & Dorhout 2006, σελίδες 53–55.
20. Bonetti, R.; Chiesa, C.; Guglielmetti, A.; Matheoud, R.; Poli, G.; Mikheev, V. L.; Tretyakova, S. P. (1995). «First observation of spontaneous fission and search for cluster decay of ²³²Th». *Physical Review C* **51** (5): 2530. doi:10.1103/PhysRevC.51.2530 (<https://dx.doi.org/10.1103%2FPhysRevC.51.2530>). Bibcode: 1995PhRvC..51.2530B (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1995PhRvC..51.2530B>).
21. Wickleder, Fourest & Dorhout 2006, σελίδες 59–60.
22. Stoll 2005, σελ. 7.
23. United States Geological Survey (2012). «Thorium» (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thorium/mcs-2012-thori.pdf>) (PDF). Ανακτήθηκε στις 12 Μαΐου 2017.

24. Jayaram, K. M. V. (1987). An Overview of World Thorium Resources, Incentives for Further Exploration and Forecast for Thorium Requirements in the Near Future (https://web.archive.org/web/20110628234922/http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/fnss/fulltext/0412_1.pdf) (Report). Department of Atomic Energy. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/fnss/fulltext/0412_1.pdf) στις 28 June 2011. https://web.archive.org/web/20110628234922/http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/fnss/fulltext/0412_1.pdf.
25. (στα αγγλικά) Thorium. Statistics and Information (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thorium/index.html#mcs>) (Report). United States Geological Survey. 2017. <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/thorium/index.html#mcs>. Ανακτήθηκε στις 6 January 2018.
26. Stoll 2005, σελ. 8.
27. Stoll 2005, σελ. 32.
28. Wickleder, Fourest & Dorhout 2006, σελίδες 52–53.
29. Furuta, E.; Yoshizawa, Y.; Aburai, T. (2000). «Comparisons between radioactive and non-radioactive gas lantern mantles». *J. Radiol. Prot.* **20** (4): 423–431. doi:10.1088/0952-4746/20/4/305 (<https://dx.doi.org/10.1088/0952-4746/20/4/305>). PMID 11140713 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11140713>). Bibcode: 2000JRP....20..423F (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2000JRP....20..423F>).
30. Emsley, J. (2011). *emsley blocks: an A–Z guide to the elements* (https://archive.org/details/naturesbuildingb0000emsl_b1k4). Oxford University Press. σελίδες 544 (https://archive.org/details/naturesbuildingb0000emsl_b1k4/page/544)–548. ISBN 978-0-19-960563-7.
31. Stoll 2005, σελ. 31.
32. Ivey, H. F. (1974). «Candoluminescence and radical-excited luminescence». *Journal of Luminescence* **8** (4): 271–307. doi:10.1016/0022-2313(74)90001-5 (<https://dx.doi.org/10.1016/0022-2313%2874%2990001-5>). Bibcode: 1974JLum....8..271I (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1974JLum....8..271I>).

Εξωτερικοί σύνδεσμοι

-  Πολυμέσα σχετικά με το θέμα Thorium στο Wikimedia Commons
-  Λεξιλογικός ορισμός του θόριο στο Βικιλεξικό

Ανακτήθηκε από "<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Θόριο&oldid=10839461>"