

ονομάζεται βηρυλλίωση, σε κάποια από τα άτομα που έρχονται σε επαφή μαζί του.^[2] Το βηρύλλιο είναι άγνωστο αν είναι απαραίτητο ή έστω χρήσιμο για κάποια γνωστή φυτική ή ζωική μορφή ζωής.

Ονομασία

Το όνομα του στοιχείου προέρχεται από την βήρυλλο, το πυριτικό ορυκτό του βηρυλλίου, του οποίου αποτελεί ένα από τα κυριότερα μεταλλεύματα. Αρχικά το στοιχείο ανακαλύφθηκε από τον Βωκελέν (Vauquelin) το 1798^[3]. Οι συντάκτες του περιοδικού Annales de Chimie et de Physique ονόμασαν το νέο στοιχείο «glucine» λόγω του ότι κάποιες από τις ενώσεις του έχουν γλυκιά γεύση^[4]. Ο Κλάπροθ (Klaproth) προτίμησε το όνομα «beryllina» δεδομένου ότι και ενώσεις της ύττριας (yttria - οξείδιο του υτρίου) έχουν γλυκιά γεύση.^[5] Το όνομα «beryllium» (βηρύλλιο) χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τον Βέλερ (Wöhler) το 1828.^[6] Ο Βέλερ ήταν ένας από τους δυο επιστήμονες (ο άλλος ήταν ο Αντουάν Μπυσσσύ (Antoine Bussy), οι οποίοι εργαζόμενοι ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο απομόνωσαν το βηρύλλιο με χημική αντίδραση.^{[7][8]}

Φυσική παρουσία

Ο Ήλιος έχει συγκέντρωση 100 ppt (μέρη ανά τρισεκατομμύριο = 10^{-12}) βηρυλλίου,^[9] ενώ ο γήινος φλοιός έχει συγκέντρωση που κυμαίνεται μεταξύ 2 και 6 ppm (μέρη ανά εκατομμύριο = 10^{-6}).^[10] Η μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έδαφος ανέρχεται στα 6 ppm.^[11] Ιχνοποσότητες βηρυλλίου ανιχνεύονται στη γήινη ατμόσφαιρα.^[11] Η συγκέντρωση βηρυλλίου στο θαλάσσιο νερό κυμαίνεται μεταξύ 200 και 600 ppq (μέρη ανά τετράκις εκατομμύριο = 10^{-15}).^{[11][12]} Ωστόσο, σε νερό πηγής το βηρύλλιο είναι πιο άφθονο, με συγκέντρωση που (φυσιολογικά) φθάνει τα 100 ppt.^[13]

Το βηρύλλιο βρίσκεται σε πάνω από 100 ορυκτά,^[14] αλλά τα περισσότερα από αυτά είναι από ασυνήθιστα ως σπάνια. Τα πιο συνηθισμένα ορυκτά βηρυλλίου συμπεριλαμβάνουν το βερτρανδίτη [Be₄Si₂O₇(OH)₂], το βήρυλλο (Al₂Be₃Si₆O₁₈), το χρυσοβήρυλλο (Al₂BeO₄) και το φαινακίτη (Be₂SiO₄). Πολύτιμες μορφές του βηρυλλίου αποτελούν η ακουαμαρίνα, ο ερυθρός βήρυλλος και το σμαράγδι.^{[15][16][17]} Ωστόσο, το πράσινο χρώμα στους βηρυλλιούχους πολύτιμους λίθους προέρχεται από προσμείξεις (περί το 2% για το σμαράγδι) χρωμίου.^[18]

Σχετική ατομική μάζα (<i>A_r</i>)	9,012182(3)
Ηλεκτρονική διαμόρφωση	1s ² 2s ²
Αριθμός CAS	7440-41-7
Ατομικές ιδιότητες	
Ατομική ακτίνα	112 pm
Ομοιοπολική ακτίνα	96±3 pm
Ηλεκτραρνητικότητα	1,57
Κυριότεροι αριθμοί οξείδωσης	1,2
Ενέργειες ιονισμού	1η: 899,5 kJ·mol ⁻¹ 2η: 1757,1 kJ·mol ⁻¹ 3η: 14848,7 kJ·mol ⁻¹
Φυσικά χαρακτηριστικά	
Σημείο τήξης	1287 °C
Σημείο βρασμού	2469 °C
Πυκνότητα	1850 kg/m ³ (20 °C) 1690 kg/m ³ (υγρό στους 1287 °C)
Ενθαλπία τήξης	12,2 KJ/mol
Ενθαλπία εξάτμισης	297 KJ/mol
Ειδική θερμοχωρητικότητα	16,443 J/(mol·K)
Μαγνητική συμπεριφορά	διαμαγνητικό
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	36 nΩ·m (20 °C)
Ειδική θερμική αγωγιμότητα	200 W/(m·K)
Σκληρότητα Mohs	5,5
Σκληρότητα Vickers	1.670 MPa
Σκληρότητα Brinell	600 MPa
Μέτρο ελαστικότητας (Young's modulus)	287 GPa
Λόγος Poison	0,032
Ταχύτητα του ήχου	12.870 m/s (20 °C)
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

Για τα δυο κύρια μεταλλεύματα βηρυλλίου, ο βήρυλλος και ο βερτρανδίτης, έχουν βρεθεί (ως τώρα εκμεταλλεύσιμα) κοιτάσματα στην Αργεντινή, στη Βραζιλία, στην Ινδία, στη Μαδαγασκάρη, στη Ρωσία και στις ΗΠΑ.^[18] Τα παγκόσμια αποθέματα βηρυλλίου ξεπερνούν τους 400.000 τόνους.^[18]

Χαρακτηριστικά

Φυσικές ιδιότητες

Το βηρύλλιο (πάντα στις «κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος») είναι ένα χαλυβδόμορφο γκρι και σκληρό υλικό που είναι εύθραυστο (σε «θερμοκρασία δωματίου») και έχει μια συμπίεσμένη εξαγωνική κρυσταλλική δομή^[1]. Έχει εξαιρετική καμπτική ακαμψία, 287 GPa κατά το μέτρο Γιανγκ (*Young's modulus*), και ένα σχετικά υψηλό σημείο τήξης, για την ακρίβεια το υψηλότερο από όλα τα ελαφρά μέταλλα. Το μέτρο ελαστικότητας του βηρυλλίου είναι ακριβώς 50% μεγαλύτερο από αυτό του χάλυβα. Ο συνδυασμός αυτού του μέτρου και της σχετικά χαμηλής πυκνότητάς του έχει ως αποτέλεσμα μια ασυνήθιστα υψηλή ταχύτητα διάδοσης του ήχου μέσα από το βηρύλλιο, περίπου 12,9 km/s (46.440 km/h) σε Κανονικές συνθήκες. Άλλες σημαντικές ιδιότητες του βηρυλλίου είναι η υψηλή του ειδική θερμότητα [1.925 J/(kg·K)] και η (υψηλή του) θερμική αγωγιμότητα [216 W/(kg·K)], που κάνουν το βηρύλλιο το μέταλλο με την καλύτερη απαγωγή θερμότητας κατά μονάδα βάρους. Σε συνδυασμό με το σχετικά χαμηλό συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής ($11,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), αυτά τα χαρακτηριστικά καταλήγουν σε μια μοναδική σταθερότητα κάτω από συνθήκες θερμικής καταπόνησης^[19]. Τέλος, η ολκιμότητά του είναι κατά περίπου 33% μεγαλύτερη από αυτή του χάλυβα.

Πυρηνικές ιδιότητες

Το φυσικό βηρύλλιο, ασφαλές για μικρή μόλυνση από κοσμογενικά ραδιοϊσότοπα, είναι ουσιαστικά βηρύλλιο-9, που έχει πυρηνικό spin (spin) $-3/2$. Το βηρύλλιο έχει μια (σχετικά) μεγάλη διατομή σκέδασης για υψηλής ενέργειας νετρόνια, περίπου 6 barns για ενέργειες πάνω από 10 keV. Γι' αυτό το βηρύλλιο λειτουργεί ως νετρονικός ανακλαστήρας και νετρονικός επιβραδυντής, που επιβραδύνει αποτελεσματικά νετρόνια στο εύρος των «θερμικών νετρονίων», δηλαδή σε ενέργειες κάτω από 0,03 eV, όπου η συνολική διατομή σκέδασης είναι τουλάχιστον κατά μια τάξη μεγέθους μικρότερη, η ακριβής τιμή εξαρτάται πολύ από την καθαρότητα και το μέγεθος των κρυσταλλιτών του υλικού.

Στο απλό αρχέγονο ισότοπο βηρύλλιο-9 επίσης συμβαίνει μια νετρονική αντίδραση τύπου (n,2n) με νετρονιακές ενέργειες πάνω από περίπου 1,9 MeV, παράγοντας βηρύλλιο-8, που σχεδόν αμέσως διασπάται σε δυο σωματίδια α. Έτσι, για υψηλής ενέργειας νετρόνια, το βηρύλλιο εκπέμπει περισσότερα

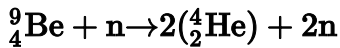


Κομμάτι μεταλλεύματος βηρυλλίου μαζί με ένα κέρμα 1 σεντ του δολλαρίου ΗΠΑ, για σύγκριση κλίμακας.

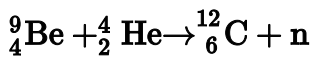


Φυσικό σμαράγδι. Περιέχει βηρύλλιο.

νετρόνια από όσα απορροφά. Οι παραπάνω πυρηνικές αντιδράσεις μπορούν να παρασταθούν συνολικά ως ακολούθως^[20]:



Νετρόνια απελευθερώνονται (επίσης) όταν πυρήνες βηρυλλίου «χτυπηθούν» από ενεργητικά σωματίδια α ^[19], παράγοντας την ακόλουθη πυρηνική αντίδραση^[20]:



Το βηρύλλιο επίσης απελευθεώνει νετρόνια μετά από βομβαρδισμό με ακτίνες γ . Έτσι, επειδή το φυσικό βηρύλλιο μπορεί να βομβαρδιστεί είτε με σωματίδια α είτε με ακτίνες γ από ένα κατάλληλο ραδιοϊσότοπο είναι ένα νευραλγικό συστατικό στις περισσότερες πηγές νετρονικών αντιδράσεων που τροφοδοτούνται από ραδιοϊσότοπα και χρησιμοποιούνται για την εργαστηριακή παραγωγή ελεύθερων νετρονίων.

Ως ένα μέταλλο, το βηρύλλιο είναι (σχετικά) διαφανές στα περισσότερα μήκη κύματος των ακτίνων X και ακτίνων γ , κάνοντάς το χρήσιμο για «παράθυρα εξόδου» σωλήνων ακτίνων X και άλλων παρόμοιων συσκευών.



Τετραένυδρο θειικό βηρύλλιο

Ισότοπα και πυρηνοσύνθεση

Τόσο σταθερά όσο και ασταθή ισότοπα του βηρυλλίου δημιουργούνται στα άστρα, αλλά τα ραδιοϊσότοπά του δεν κρατούν πολύ. Πιστεύεται ότι το περισσότερο από το σταθερό βηρύλλιο του σύμπαντος αρχικά δημιουργήθηκε στο διαστρικό διάστημα όταν κοσμικές ακτίνες προκάλεσαν πυρηνική σχάση σε βαρύτερα χημικά στοιχεία που βρίσκονταν στο διαστρικό διάστημα, το οποίο περιέχει αέριο και σκόνη. Το πρωτοκοσμικό βηρύλλιο περιέχει μόνο ένα σταθερό ισότοπο, το ${}^9\text{Be}$, και γι' αυτό το βηρύλλιο είναι μονοϊσοτοπικό χημικό στοιχείο.

Το ραδιενεργό κοσμογενικό ${}^{10}\text{Be}$ παράχθηκε στην ατμόσφαιρα της Γης με επίδραση κοσμικών ακτίνων στο οξυγόνο. Το ${}^{10}\text{Be}$ καθιζάνει στο επιφανειακό έδαφος όπου η σχετικά μακρά ημιζωή του (1,36 εκατομμύρια έτη) επιτρέπει τη μακροχρόνια παρουσία του, πριν μετατραπεί σε ${}^{10}\text{B}$. Έτσι, το ${}^{10}\text{Be}$ και τα θυγατρικά του προϊόντα χρησιμοποιήθηκαν για την εξέταση της φυσικής διάβρωσης του εδάφους και του σχηματισμού του εδάφους, την ανάπτυξη λατεριτικών εδαφών. Χρησιμοποιήθηκε ακόμη ως μέσο για τη μέτρηση των ποικιλιών της ηλιακής δραστηριότητας και την ηλικία των πυρήνων πάγου. Η παραγωγή ${}^{10}\text{Be}$ σχετίζεται με την ηλιακή δραστηριότητα γιατί ο αυξημένος ηλιακός άνεμος μειώνει τη ροή των γαλακτικών κοσμικών ακτίνων που φθάνουν στη Γη. Οι πυρηνικές εκρήξεις επίσης σχηματίζουν ${}^{10}\text{Be}$ με αντίδραση ταχέων νετρονίων σε ${}^{13}\text{C}$ που περιέχεται στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) του ατμοσφαιρικού αέρα. Είναι μια από τις ενδείξεις για την παρελθούσα δραστηριότητα σε τοποθεσίες δοκιμών πυρηνικών όπλων. Το ισότοπο ${}^7\text{Be}$ (με ημιζωή 53 ημέρες) είναι επίσης κοσμογενικό, και δείχνει ατμοσφαιρική αφθονία που συνδέεται με τις ηλιακές κηλίδες, πολύ παρόμοια με το ${}^{10}\text{Be}$.

Εφαρμογές

Χρησιμοποιείται κυρίως ως σκληρυντής σε ορισμένα κράματα, ειδικότερα στο *moldamax*, που είναι κράμα χαλκού-βηρυλλίου το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή καλουπιών για πλαστικές ύλες. Τα κράματα του είναι ταυτόχρονα ελαφρά και δύσκαμπτα, αντιστέκονται στη θερμότητα και διαθέτουν μικρό συντελεστή διαστολής.

Το βηρύλλιο ενσωματώνεται σε ορισμένα ειδικά κράματα, για παράδειγμα υλικά που χρησιμοποιούνται για την τριβή. Συναντάται στα μπαστούνια του γκολφ, τα ελατήρια ρολογιών (αντιμαγνητικό), τα γυροσκόπια, καθώς και σε διάφορες αεροδιαστημικές εφαρμογές. Χρησιμοποιήθηκε και στους κινητήρες για τους αγώνες ταχύτητας (έμβολα της Formula 1) έπειτα όμως η χρήση του απαγορεύτηκε.

Το βηρύλλιο χρησιμοποιείται επίσης σε υψηλού κόστους μεγάφωνα *tweeter* (απόδοσης υψηλών συχνοτήτων) και *mid-range* (απόδοσης μέσων συχνοτήτων) ηχείων από ορισμένες εταιρείες, ως εναλλακτικό που πλεονεκτεί έναντι του τιτανίου και του αλουμινίου, κυρίως λόγω της χαμηλότερης πυκνότητας και υψηλότερης σκληρότητάς του (κλίμακα Focal-JMlab).

Το οξειδίο του βηρυλλίου χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό στην ηλεκτρονική, σε ιδιαίτερα υψηλή συχνότητα. Το σώμα αυτό διαθέτει πράγματι την ιδιότητα να είναι καλός μονωτής (μικρές διηλεκτρικές απώλειες) εξασφαλίζοντας μια ισχυρή θερμική αγωγιμότητα. Χρησιμεύει επομένως, μαζί με σιλικόνες, ως υλικό ψύξης.

Καθιστά επίσης δυνατή την παραγωγή εργαλείων που δεν προκαλούν σπινθήρες ανάφλεξης στη βιομηχανία των εκρηκτικών.

Ορισμένες χρήσεις των κρυσταλλικών ιδιοτήτων του είναι οι εξής:

- ως φίλτρο νετρονίων, για να σχηματιστούν «καθαρές» δέσμες νετρονίων απαλλαγμένες από άλλα σωματίδια.
- ως "παράθυρο" ακτίνων Χ, για παράδειγμα το παράθυρο μιας λυχνίας ακτίνων Χ ή ενός ανιχνευτή ακτίνων Χ, το παράθυρο απομονώνει το εσωτερικό της συσκευής από το γύρω περιβάλλον.
- υπό τη μορφή οξειδίου δρα ως επιβραδυντικό υλικό στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.

Στη γεωμορφολογία και την παλαιοσεισμολογία, το ισότοπο ^{10}Be , που δημιουργείται από τις κοσμικές ακτίνες, χρησιμοποιείται για τη χρονολόγηση επιφανειών μέσω κοσμογενικών ισοτόπων ή για τον προσδιορισμό του ποσοστού διάβρωσης.



Παραπομπές και παρατηρήσεις

1. Jakubke, Hans-Dieter; Jeschkeit, Hans, eds. (1994). Concise Encyclopedia Chemistry. trans. rev. Eagleson, Mary. Berlin: Walter de Gruyter.
2. Puchta, Ralph (2011). "A brighter beryllium". Nature Chemistry 3 (5): 416. Bibcode 2011NatCh...3..416P. doi:10.1038/nchem.1033. PMID 21505503.

3. Vauquelin, Louis-Nicolas (1798). «De l'Aiguemarine, ou Béril; et découverte d'une terre nouvelle dans cette pierre» (<https://books.google.com/books?id=dB8AAAAAMAAJ&pg=RA1-PA155>). *Annales de Chimie* **26**: 155–169. <https://books.google.com/books?id=dB8AAAAAMAAJ&pg=RA1-PA155>.
4. Σε μια σημείωση στη σελίδα 169 (<https://books.google.com/books?id=dB8AAAAAMAAJ&pg=RA1-PA169#v=onepage&q&f=false>) του (Vauquelin, 1798), οι συντάκτες έγραψαν: "(1) La propriété la plus caractéristique de cette terre, confirmée par les dernières expériences de notre collègue, étant de former des sels d'une saveur sucrée, nous proposons de l'appeler *glucine*, de γλυχυς, *doux*, γλυχύ, *vin doux*, γλυχαιτω, *rendre doux* ... *Note des Rédacteurs*." ((1) Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό αυτής της γαίας, επιβεβαιώνεται από τα πρόσφατα πειράματα του συναδέλφου μας [Vauquelin], είναι ότι σχηματίζει άλατα με γλυκιά γεύση, προτείνουμε να ονομαστεί *glucine* από το γλυχυς, *sweet*, γλυχύ, *sweet wine*, γλυχαιτω, *to make sweet* ... Σημείωση των συντακτών.)
5. Klaproth, Martin Heinrich, *Beitrage zur Chemischen Kenntniss der Mineralkörper* (Συνεισφορά στη χημική γνώση ορυκτών συστατικών), vol. 3, (Berlin, (Germany): Heinrich August Rottmann, 1802), σελίδες 78-79 (<https://books.google.com/books?id=8A8KAAAAIAAJ&pg=PA78#v=onepage&q&f=false>): "Als Vauquelin der von ihm im Beryll und Smaragd entdeckten neuen Erde, wegen ihrer Eigenschaft, süsse Mittelsalze zu bilden, den Namen *Glykine*, *Süsserde*, beilegte, erwartete er wohl nicht, dass sich bald nachher eine anderweitige Erde finden würde, welche mit völlig gleichem Rechte Anspruch an diesen Namen machen können. Um daher keine Verwechselung derselben mit der Yttererde zu veranlassen, würde es vielleicht gerathen seyn, jenen Namen *Glykine* aufzugeben, und durch Beryllerde (*Beryllina*) zu ersetzen; welche Namensveränderung auch bereits vom Hrn. Prof. Link, und zwar aus dem Grunde empfohlen worden, weil schon ein Pflanzengeschlecht *Glycine* vorhanden ist." (Όταν ο Vauquelin απέδωσε -- λόγω της ιδιότητάς της του σχηματισμού γλυκών αλάτων -- το όνομα *glycine*, δηλαδή γλυκιά γαία, στη νέα γαία που ανακαλύφθηκε από αυτόν στη βήρυλλο και στο σμαράγδι, προφανώς δεν περίμενε ότι αμέσως μετά μια άλλη γαία θα βρισκόταν που θα μπορούσε και αυτή να έχει το ίδιο όνομα. Για το λόγο αυτό, για να μην δημιουργείται σύγχυση με την γαία-ύττρια, θα ήταν ίσως προτιμότερο να εγκαταλειφθεί το όνομα *glycine* και να αντικατασταθεί με το όνομα βήρυλλος-γαία (*beryllina*); όνομα το οποίο προτάθηκε επίσης από τον καθηγ. Link, και γιατί υπάρχει ένα γένος φυτού που επίσης ονομάζεται *Glycine*)
6. Wöhler, F. (1828). «Ueber das Beryllium und Yttrium» (<https://books.google.com/books?id=3iAAAAAAMAAJ&pg=PA577#v=onepage&q&f=false>). *Annalen der Physik und Chemie* **13** (89): 577–582. <https://books.google.com/books?id=3iAAAAAAMAAJ&pg=PA577#v=onepage&q&f=false>.
7. Wöhler, Friedrich (1828). «Ueber das Beryllium und Yttrium» (<https://books.google.com/books?id=YW0EAAAAYAAJ&pg=PA577#v=onepage&q&f=false>). *Annalen der Physik und Chemie* **89** (8): 577–582. doi:10.1002/andp.18280890805 (<https://dx.doi.org/10.1002%2Fandp.18280890805>). Bibcode: 1828AnP....89..577W (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1828AnP....89..577W>). <https://books.google.com/books?id=YW0EAAAAYAAJ&pg=PA577#v=onepage&q&f=false>.
8. Bussy, Antoine (1828). «D'un travail qu'il a entrepris sur le glucinium» (<https://books.google.com/books?id=pwUFAAAAQAAJ&pg=PA456>). *Journal de Chimie Medicale* (4): 456–457. <https://books.google.com/books?id=pwUFAAAAQAAJ&pg=PA456>.
9. «Abundance in the sun» (https://web.archive.org/web/20171121024052/https://www.webelements.com/periodicity/abundance_sun/). Mark Winter, *The University of Sheffield and WebElements Ltd, UK*. WebElements. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.webelements.com/periodicity/abundance_sun/) στις 21 Νοεμβρίου 2017. Ανακτήθηκε στις 6 Αυγούστου 2011.

10. Merck contributors (2006). O'Neil, Marydale J.· Heckelman, Patricia E.· Roman, Cherie B., επιμ. *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals* (https://archive.org/details/merckindexencycl0000unse_m4f7) (14th έκδοση). Whitehouse Station, NJ, USA: Merck Research Laboratories, Merck & Co., Inc. ISBN 0-911910-00-X.
11. Emsley 2001, σελ. 59.
12. «Abundance in oceans» (https://web.archive.org/web/20110805145627/http://www.webelements.com/periodicity/abundance_seawater/). Mark Winter, *The University of Sheffield and WebElements Ltd, UK*. WebElements. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.webelements.com/periodicity/abundance_seawater/) στις 5 Αυγούστου 2011. Ανακτήθηκε στις 6 Αυγούστου 2011.
13. «Abundance in stream water» (https://web.archive.org/web/20110804233559/http://www.webelements.com/periodicity/abundance_stream/). Mark Winter, *The University of Sheffield and WebElements Ltd, UK*. WebElements. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.webelements.com/periodicity/abundance_stream/) στις 4 Αυγούστου 2011. Ανακτήθηκε στις 6 Αυγούστου 2011.
14. Mindat search on Be (http://www.mindat.org/chemsearch.php?cform_is_valid=1&inc=Be%2C&exc=&sub=Search+for+Minerals&cf_page=1)
15. Behrens, V. (2003). «11 Beryllium». Στο: Beiss, P., επιμ. *Landolt-Börnstein – Group VIII Advanced Materials and Technologies: Powder Metallurgy Data. Refractory, Hard and Intermetallic Materials*. **2A1**. Berlin: Springer. σελίδες 1–11. doi:10.1007/10689123_36 (http://doi.org/10.1007/10689123_36). ISBN 978-3-540-42942-5.
16. Walsh, Kenneth A (2009). «Sources of Beryllium». *Beryllium chemistry and processing* (<http://books.google.com/books?id=3-GbhmSfyeYC&pg=PA20>). σελίδες 20–26. ISBN 978-0-87170-721-5.
17. Mining, Society for Metallurgy, Exploration (U.S) (5 Μαρτίου 2006). «Distribution of major deposits». *Industrial minerals & rocks: commodities, markets, and uses* (<https://books.google.com/books?id=zNidckuulE4C&pg=PA265>). σελίδες 265–269. ISBN 978-0-87335-233-8.
18. Emsley 2001, σελ. 58.
19. Behrens, V. (2003). "11 Beryllium". In Beiss, P. *Landolt-Börnstein – Group VIII Advanced Materials and Technologies: Powder Metallurgy Data. Refractory, Hard and Intermetallic Materials 2A1*. Berlin: Springer. pp. 1–11. doi:10.1007/10689123_36. ISBN 978-3-540-42942-5.
20. Hausner, Henry H (1965). "Nuclear Properties". *Beryllium its Metallurgy and Properties*. University of California Press. p. 239.}

Εξωτερικοί σύνδεσμοι

-  Πολυμέσα σχετικά με το θέμα Beryllium στο Wikimedia Commons
-  Λεξιλογικός ορισμός του βηρύλλιο στο Βικιλεξικό

Ανακτήθηκε από "<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Βηρύλλιο&oldid=10740669>"