



Ο Φέρντιναντ Ράιχ (Ferdinand Reich) ήταν ένας από τους δύο Γερμανούς ορυκτολόγους που ανακάλυψαν το ινδίο

γραμμή του θαλλίου ήταν απύσχα ενώ εμφανιζόταν στο φάσμα μια φωτεινή μπλε γραμμή σε μήκος κύματος 451 nm.^[15] Επειδή δεν γνώριζαν κανένα στοιχείο που να δίνει τέτοια μπλε γραμμή στο φάσμα και η γραμμή του καΐσιου με το ίδιο χρώμα ήταν διαφορετική, συμπεράναν ότι είχαν ανακαλύψει ένα νέο χημικό στοιχείο.^[16]

Η γραμμή έμοιαζε χρωματικά με τη «Βασίλισσα των Χρωστικών» όπως ονόμαζαν οι κάτοχοι βαφείων υφασμάτων το χρώμα indigo (ίντιγκο) και το νέο στοιχείο ονομάστηκε ίνδιο.^[14]

Σημειώνουν οι Ράιχ και Ρίχτερ^[3]:

«... *Es zeigte (sich) keine Thalliumlinie, dagegen eine indigoblaue bisher unbekannte Linie. Nachdem es gelungen war, den vermuteten Stoff wenn auch bisher nur in usserst geringen Mengen. theils als Uhiond. theils als Oxydhydrat, theils als Metall darzustellen, erhielten wir,, nach Betinden nach dem Anfeuchien mit Chlorwasserstoffsure, im Spectroskop die blaue Linie so glanzend, scharf und ausdauernd. dass wir aus ihr auf ein bisher unhekanntes Metall, das wir Indium nennen m&hten. zu schliessen nicht anstehen*».

Ταχύτητα του ήχου	710 m/s (εγκάρσια κύματα σε στερεό) 2460 m/s (διαμήκη κύματα σε στερεό) ^[5]
Επικινδυνότητα	<div><div><div><div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div></div></div></div>
Φράσεις κινδύνου	20, 22, 36, 37, 38
Φράσεις ασφαλείας	26, 36
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

(Φάνηκε να μην υπάρχει γραμμή θαλλίου αλλά μια άγνωστη μπλε-ιώδες γραμμή. Μετά την ετοιμασία μικρών ποσοτήτων του υλικού ως χλωρίδιο, υδροξείδιο και μέταλλο, πήραμε, μετά από πολύ ελαφριά ύγρανση με υδροχλωρικό οξύ, μια λαμπερή,ευδιάκριτη και επίμονη μπλε γραμμή στο φασματοσκόπιο. Εντοπίσαμε ένα άγνωστο μέχρι τώρα μέταλλο για το οποίο θα επιθυμούσαμε να σας ενημερώσουμε και θέλουμε να το ονομάσουμε ινδίο)

Οι δύο ορυκτολόγοι ανακάλυψαν αργότερα ότι υπήρχαν δύο μπλε γραμμές για το ινδίο. Η μια, η φωτεινότερη, ήταν σαφώς διαφορετική από την μπλε γραμμή του στροντίου και η άλλη, η λεπτότερη, κοντά στην μπλε γραμμή του ασβεστίου. Μάλιστα, οι ενώσεις του ινδίου έδιναν στη φλόγα του λύχνου Μπούνσεν, τόσο έντονο μπλε-ιώδες χρώμα, που μπορούσαν να αναγνωριστούν χωρίς την εξέτασή τους με τον φασματογράφο.^[16]

Το πρόβλημα ήταν πλέον η απομόνωση του μετάλλου σε καθαρή μορφή. Μετά από πολύ χρόνο και κόπο, οι δύο επιστήμονες παρασκεύασαν δύο δείγματα μεταλλικού ινδίου, το καθένα με μέγεθος ενός μολυβιού και μαζί δημοσίευσαν την ανακάλυψη τους. Διαπίστωσαν ακόμη ότι το ινδίο ήταν ένα εκπληκτικά μαλακό μέταλλο, σχεδόν πέντε φορές πιο μαλακό από τον μόλυβδο, ενώ άφηνε το στίγμα του, όπως και ο μόλυβδος, στο χαρτί. Η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών εκτίμησε το κόστος των δύο δειγμάτων σε 8.000 δολάρια, περίπου 700 δολάρια το γραμμάριο.^[14]

Η ανακάλυψη του ινδίου έβαλε σε σκέψεις τον Μεντελέγιεφ. Το πρόβλημα ήταν ότι οι δύο Γερμανοί θεώρησαν ότι το νέο μέταλλο ήταν παρόμοιο με τον ψευδάργυρο και, ως εκ τούτου, όπως κι αυτός, θα ήταν δισθενές. Καθόρισαν μάλιστα λανθασμένα το ισοδύναμο βάρος του 38,3 και αν ήταν δισθενές το ατομικό του βάρος θα ήταν 76,6 οπότε θα έπρεπε να βρίσκεται στον περιοδικό πίνακα ανάμεσα στο αρσενικό και στο σελήνιο.^[17] Αυτό ενόχλησε τον μεγάλο Ρώσο χημικό, δεδομένου ότι εκεί δεν υπήρχε θέση για το ινδίο. Μετά από πολλή σκέψη, ο Μεντελέγιεφ, με μεγάλη διορατικότητα, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το ινδίο, έπρεπε να είναι τρισθενές, με ατομικό βάρος τριπλάσιο του 38,3 δηλαδή 114,9 και με θέση ανάμεσα στο κάδμιο και στον κασσίτερο. Πράγματι, το ατομικό βάρος του ινδίου, όπως καθορίστηκε με ακτίνες Χ και με άλλες περισσότερο ακριβείς μεθόδους, βρέθηκε να είναι 114,82. Στο ινδίο παραχωρήθηκε η θέση 49 στην τρίτη σειρά του περιοδικού πίνακα.^[3]

Περαιτέρω μελέτες από τους Ράιχ και Ρίχτερ έδειξαν ότι ο σφαλερίτης είναι το κυριότερο ορυκτό που φιλοξενεί το ινδίο. Μεταγενέστερες κατεργασίες στη σκόνη από τα κατάλοιπα της παραγωγής 2,15 τόνων ψευδαργύρου από τα κοιτάσματα του Φράιμπουργκ, απέδωσαν περίπου 1 Kg καθαρού ινδίου. Ο Ρίχτερ απομόνωσε τελικά το ινδίο το 1867 και, εν αγνοία του Ράιχ, παρουσίασε για πρώτη φορά μια ράβδο ινδίου μισού κιλού στη Διεθνή Έκθεση του Παρισιού τον Απρίλιο του ίδιου χρόνου διεκδικώντας για λογαριασμό του την ανακάλυψη και από τότε οι σχέσεις των δύο ανδρών διαταράχθηκαν.^[15]

Η αναζήτηση για ορυκτά του νέου στοιχείου ήταν άκαρπες μέχρι το 1876, όταν ανακαλύφθηκαν στο Κολοράντο και στο Μπέργκαμο της Ιταλίας κοιτάσματα σφαλερίτη πλούσια σε ινδίο. Ινδίο εντοπίστηκε επίσης και στην ελαφρόπετρα που εκτινάχθηκε από το ηφαίστειο Κρακατόα, όταν εξερράγη το 1883.^[15]

Εμφανίσεις

Η μέση περιεκτικότητα του ηπειρωτικού φλοιού της Γης σε ινδίο είναι περίπου 0,05 ppm^{[2][7][Σημ. 1]} και του ωκεάνιου φλοιού 0,072 ppm.^[3] Το ινδίο είναι πολύ διεσπαρμένο σε περιεκτικότητες 0,001 % ή και μικρότερες.^[2] Οι μετεωρίτες και ειδικά οι χονδρίτες περιέχουν περίπου 0,08 ppm ινδίο.^[3] Η περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε ινδίο προσδιορίστηκε μεταξύ 10^{−6} και 10^{−7} mg/L.^{[2][18]}

Το ινδίο απαντά σε ίχνη σε πολλά μεταλλεύματα θειούχων ορυκτών βασικών μετάλλων όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, ο σίδηρος, ο μόλυβδος, ο κασσίτερος, το βισμούθιο, ο άργυρος, το κάδμιο.^[19] Τέτοια ορυκτά είναι ο σφαλερίτης, ο χαλκοπυρίτης, ο σιδηροπυρίτης, ο αρσеноπυρίτης κ.ά. Επειδή το ιόν In³⁺ έχει παραπλήσιο μέγεθος με το ιόν Zn²⁺, το ινδίο αντικαθιστά μικρό μέρος του ψευδαργύρου στο κρυσταλλικό πλέγμα του σφαλερίτη (ZnS) και έτσι αυτός αποτελεί την κυριότερη πηγή ινδίου.

Η μέση περιεκτικότητα ινδίου, στα κοιτάσματα ψευδαργύρου από τα οποία ανακτάται, κυμαίνεται από λιγότερο από 1 ppm έως 100 ppm.

Γεωχημεία

Επειδή το ινδίο βρίσκεται στην 13η ομάδα του περιοδικού πίνακα, οι γεωχημικές ιδιότητές του είναι τέτοιες ώστε ευνοούν την εμφάνισή του στη φύση μαζί με ορισμένα μέταλλα της 11ης ομάδας (χαλκός Cu, άργυρος Ag), της 12ης ομάδας (ψευδάργυρος Zn, κάδμιο Cd), της 14ης ομάδας (κασσίτερος Sn, μόλυβδος Pb) και της 15ης ομάδας (βισμούθιο Bi).^[3]

Το ινδίο είναι πτητικό και χαλκόφιλο χημικό στοιχείο, προτιμά δηλαδή τα θειούχα ορυκτά και είναι συμβατό με το θειούχο τήγμα παρά με το πυριτικό μάγμα. Συμπεριφέρεται αρκετά έως πολύ ασυνήθιστα κατά τη διάρκεια της κλασματικής κρυστάλλωσης του ρευστού υλικού του μανδύα της Γης, ενώ πολλές φορές παραμένει στο τήγμα μέχρι τα τελικά στάδια της κρυστάλλωσης του μάγματος.

Αυξημένες συγκεντρώσεις του μετάλλου παρατηρούνται σε φεμικά πετρώματα (δηλαδή σε πυριτικά ορυκτά ή πετρώματα που είναι πλούσια σε σίδηρο και μαγνήσιο) όπως βασάλτες και γάββροι (20–220 ppb) και σε όξινα όπως γρανίτες και γνεύσοι (40–200 ppb). Σε δουνίτες, περιδοτίτες και πυρόξενους η περιεκτικότητα σε ινδίο είναι χαμηλή, μεταξύ 10–60 ppb. Σε διορίτες και συνήιτες είναι από 40 ppb έως 130 ppb, ενώ παραπλήσια είναι και σε τραχύτες, δασίτες και ρυόλιθους, 30 ppb έως 150 ppb. Σε ιζηματογενή πετρώματα η περιεκτικότητα σε ινδίο δεν ξεπερνά τα 70 ppb.^[20]

Η παράξενη συμπεριφορά του ινδίου κατά τη διάρκεια της μαγματικής κλασματικής κρυστάλλωσης παραμένει ακόμη αδιευκρίνιστη.^[3]

Κοιτάσματα μεταλλευμάτων που φιλοξενούν ινδίο

Το ινδίο, εξαιτίας της πολύ μεγάλης διασποράς του στον στερεό φλοιό της γης, απαντά σε πολλά μέρη του κόσμου και μέσα σε διάφορους τύπους γεωλογικών δομών όπως σε ηφαιστειακές και ιζηματογενείς θειούχες αποθέσεις, σε πολυμεταλλικού τύπου φλεβικούς σχηματισμούς, σε ενεργά ηφαιστειακά συστήματα, σε πορφυριτωτά κοιτάσματα χαλκού και κασσίτερου, σε φλεβικά κοιτάσματα κασσίτερου-βολφραμίου, σε επιθερμικές αποθέσεις και σχηματισμούς τύπου skarn.^{[Σημ. 2][21]}

Τα κυριότερα κοιτάσματα μεταλλευμάτων της Κίνας που περιέχουν ινδίο έχουν ως βασικά μέταλλα Cu, Pb, Zn, Sn, Ag, είναι τύπου skarn δεβόνιας-κρητιδικής ηλικίας και περιέχουν περίπου 40 ppm In.^[3] Υπάρχουν και φτωχότερα ηφαιστειακά συμπαγή του λιθανθρακοφόρου με περίπου 8 ppm In. Τύπου skarn είναι και ορισμένα Σουηδικά κοιτάσματα προτεροζωικής ηλικίας με περιεκτικότητα σε ινδίο περίπου 10 ppm.^[3]

Τα φλεβικά κοιτάσματα κασσίτερου-βολφραμίου εμφανίζονται με πολλές παραλλαγές (μεμονωμένες φλέβες, συστήματα πολλαπλών φλεβών κλπ). Τέτοια κοιτάσματα υπάρχουν στο όρος Πλίζαντ (*Pleasant*) στο Νιου Μπράνσγουικ του Καναδά^[21] και περιέχουν περίπου το 25 % των παγκοσμίων αποθεμάτων ινδίου. Η οικονομική αξία αυτού του κοιτάσματος το 2001 ήταν δύσκολο να εκτιμηθεί γιατί οι πολύπλοκες ορυκτολογικές συνθήκες που επικρατούν, κάνουν δύσκολη την ανάκτηση του μετάλλου. Φλεβικά γρανιτικού τύπου είναι και τα ρωσικά κοιτάσματα^[3] με βασικά μέταλλα Sn, W, Zn, Cu, Pb, ιουράσιας, κρητιδικής αλλά και προτεροζωικής ηλικίας, με μέση περιεκτικότητα σε ινδίο περίπου 2 έως 5 ppm.

Οι ηφαιστειακές θειούχες αποθέσεις είναι σημαντικές πηγές βασικών και πολύτιμων μετάλλων.^[3] Στα κοιτάσματα αυτά αλλά και στα ιζηματογενή θειούχα, υπάρχει μεγάλη διασπορά σφαλεριτή και έτσι αυτές οι εμφανίσεις αποτελούν και τις κύριες πηγές ινδίου από την εξόρυξη και κατεργασία ψευδαργύρου. Παραδείγματα ηφαιστειακών θειούχων σχηματισμών υπάρχουν στο ορυχείο Kidd του Οντάριο στον Καναδά, στο Νέβες Κόρβο (Neves-Corvo) της Πορτογαλίας, στο Μπράνσγουικ αριθ. 12 του Νιου Μπράνσγουικ του Καναδά και στην Ιαπωνία. Το κυριότερο παράδειγμα ιζηματογενούς θειούχου κοιτάσματος είναι το Ράμελσπεργκ της Γερμανίας από το οποίο για πρώτη φορά διαχωρίστηκε και ταυτοποιήθηκε το ινδίο το 1863.^[21]

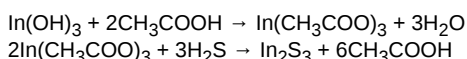
Οι πολυμεταλλικές φλεβικές αποθέσεις σχηματίζονται σε περιοχές με μεγάλα ρήγματα και κοντά στα όρια λιθосφαιρικών πλακών. Οι αποθέσεις αυτές μπορούν να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις ινδίου και οι χώρες που τις εκμεταλλεύονται είναι μεταξύ των σημαντικότερων παραγωγών ινδίου στον κόσμο. Πολυμεταλλικά κοιτάσματα εμφανίζονται στη χερσόνησο της Κορέας και στα νησιά Κουρίλες της Ιαπωνίας, παλαιόκαινης κυρίως αλλά και κρητιδικής ηλικίας με περιεκτικότητα σε ινδίο περίπου 20 ppm, αλλά και στις Κορδιλιέρες των Άνδεων της Νότιας Αμερικής, τριτογενούς και ηώκαινης ηλικίας με περιεκτικότητα σε ινδίο 5 - 50 ppm.^[3]

Εξαγωγή του ινδίου από τα ορυκτά

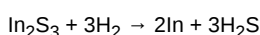
Το ινδίο παράγεται ως υποπροϊόν της κατεργασίας των βασικών βιομηχανικών μετάλλων (Pb, Cu, Sn, Zn) και κυρίως από τα κατάλοιπα, τις σκουριές και τη σκόνη των καπνοδόχων της τήξης του σφαλεριτή. Η εξαγωγή ινδίου από κοιτάσματα των άλλων μετάλλων, ειδικά από φλεβικές εμφανίσεις κασσίτερου και βολφραμίου παρόλο που φιλοξενούν και την υψηλότερη γνωστή συγκέντρωση ινδίου, είναι ασύμφορη οικονομικά.^[7]

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι εξαγωγής του ινδίου από διάφορες πηγές. Μερικές από τις σημαντικότερες περιγράφονται παρακάτω:^[22]

Μέθοδος των Reich και Richter. Ο σφαλερίτης πρώτα κονιορτοποιείται και μετά διαλύεται σε νιτρικό οξύ. Μέσα από το διάλυμα διέρχεται αέριο υδρόθειο, οπότε τα βαρέα μέταλλα που συνυπάρχουν όπως χαλκός, μόλυβδος, αρσενικό, κάδμιο και μολυβδαίνιο καταβυθίζονται ως θειούχα ιζήματα και απομακρύνονται με διήθηση. Το διήθημα κατεργάζεται με υδατικό διάλυμα αμμωνίας, οπότε το μεγαλύτερο μέρος του ψευδαργύρου διαλυτοποιείται ενώ το ινδίο και κάποια υδροξείδια καθιζάνουν. Στη συνέχεια το ίζημα ξεπλένεται και μετά διαλύεται σε οξικό οξύ και περνά από μέσα υδρόθειο το οποίο καταβυθίζει το θειούχο ινδίο μαζί με θειούχο σίδηρο, ψευδάργυρο, μαγγάνιο κλπ. Το ίζημα διαλύεται ξανά σε υδροχλωρικό οξύ και επανακαταβυθίζεται με περίσσεια υδατικού διαλύματος αμμωνίας. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται μέχρις ότου απομακρυνθεί εντελώς ο ψευδάργυρος και το μαγγάνιο. Το τελικό ίζημα υδροξειδίου του ινδίου (III) διαλύεται σε οξικό οξύ και κατεργάζεται με υδρόθειο, μέχρις ότου παραλειφθεί καθαρό κίτρινο ίζημα θειούχου ινδίου:



Στη συνέχεια, μεταλλικό ινδίο μπορεί να παραλειφθεί με αναγωγή με υδρογόνο^[23] :

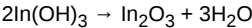


Στο ορυχείο Kidd του Καναδά τα κοιτάσματα είναι θειούχα συμπαγή ηφαιστειακά και τα βασικά μέταλλα που εξορύσσονται είναι Zn και Cu. Δεξιά των εγκαταστάσεων διακρίνεται η εξόρυξη



Ράβδος καθαρού ινδίου

Μέθοδος Winkler. Το ινδίο, μαζί με τον ψευδάργυρο, κατεργάζονται με πυκνό διάλυμα θεικού οξέος που όμως δεν είναι ικανό να διαλύσει όλο το μέταλλο. Στο υπόλειμμα του αδιάλυτου ψευδάργυρου υπάρχουν και σπογγώδεις μάζες μολύβδου, χαλκού, κασσιτέρου, αρσενικού, σιδήρου και ινδίου. Τα σπογγώδη αυτά υλικά συλλέγονται και αναμιγνύονται με πυκνό θεικό οξύ και μετά το μίγμα θερμαίνεται ισχυρά για να εξατμιστεί το περισσότερο οξύ. Στο διάλυμα που απομένει προστίθεται περίσσεια διαλύματος αμμωνίας οπότε καυταβυθίζεται υδροξείδιο του ινδίου μαζί με υδροξείδια σιδήρου, ψευδάργυρου και καδμίου. Το ίζημα ξεπλένεται και διαλύεται σε μικρή ποσότητα υδροχλωρικού οξέος οπότε τα ιόντα σιδήρου ανάγονται προς μεταλλικό σίδηρο από διοξείδιο του θείου. Το διάλυμα τέλος κατεργάζεται με ανθρακικό βάριο οπότε το ινδίο καθιζάνει ως υδροξείδιο το οποίο μπορεί να διασπασθεί θερμικά δίνοντας οξείδιο του ινδίου (III).^[23]



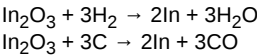
Από το οξείδιο λαμβάνεται τελικά μεταλλικό ινδίο με αναγωγή με υδρογόνο (βλέπε *μεταλλουργία του ινδίου*)

Το πορώδες ινδίο που παράγεται έτσι έχει καθαρότητα συνήθως 99 % έως 99,5 % και χρειάζεται περαιτέρω εξευγενισμό για της περισσότερες χρήσεις, κυρίως αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στις βιομηχανίες ημιαγωγών. Σήμερα η μεγαλύτερες ποσότητες ινδίου εξευγενίζονται ηλεκτρολυτικά με αδρανή ηλεκτρόδια υδραργύρου αφού όμως πρώτα απομακρυνθεί το θάλλιο που έχει παραπλήσιες ιδιότητες.^[24] Οι διαδικασίες εξευγενισμού, εκτός του ηλεκτρολυτικού καθαρισμού, περιλαμβάνουν και άλλες τεχνικές, εφόσον απαιτείται κάτι τέτοιο, όπως ή τήξη κατά ζώνες, η κατ' επανάληψη ηλεκτρόλυση τήγματος χλωριούχου ινδίου(I), InCl κ.ά.

Το ινδίο μπορεί επίσης να σχηματίζει ένα κράμα In-Pb-Sn περιεκτικότητας 0,1 % έως 0,2 % από όπου μετά θα ανακτηθεί. Το κράμα μπορεί να δημιουργηθεί από συμπύκνωμα κασσιτέρου που περιέχει 0,01 % In και στη συνέχεια λειώνει σε κλίβανο χωρητικότητας 20 τόνων. Η πρώτη ακατέργαστη ποσότητα ινδίου ανακτάται με χρήση ειδικής συσκευής απόσταξης σε κενό και μετά καθαρίζεται ηλεκτρολυτικά. Αυτή η συσκευή επιτρέπει επίσης και την κατεργασία άχρηστων υλικών που περιέχουν 0,1 % ινδίο ή περισσότερο.^[21]

Μεταλλουργία του ινδίου

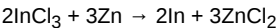
Το ινδίο μπορεί να απομονωθεί από το οξειδίό του με αναγωγή με υδρογόνο, άνθρακα ή φωταέριο^[22] :



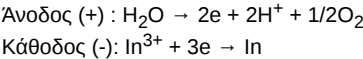
Το οξείδιο μπορεί επίσης να κατεργαστεί με νάτριο:



Οι Rossler και Wolf παρέλαβαν ίζημα ινδίου με προσθήκη ψευδαργύρου σε όξινο διάλυμα άλατος (InCl₃):^[22]



Ο Schucht παρασκεύασε ινδίο με απόθεσή του στην κάθοδο κατά την ηλεκτρόλυση διαλύματος θεικού ινδίου (III), In₂(SO₄)₃, παρουσία πυριδίνης, υδροξυλαμίνης ή μεθανικού οξέος(III) σύμφωνα με το σχήμα^[23] :



Παραγωγή ινδίου

Το μεταλλικό ινδίο παράγεται σε διάφορες μορφές, οι οποίες περιλαμβάνουν ταινίες, κορδέλες, πλάκες, σκόνη, σκάγια, σβόλους και σύρματα. Οι ράβδοι που παράγονται είναι διαφόρων μεγεθών 0,5, 1,0 και 10 kg. Το ινδίο του εμπορίου είναι συνήθως καθαρότητας 99,97 % και περιέχει 0,01 % κασσίτερο, μολύβδο και κάδμιο και 0,001 % ή λιγότερο χαλκό, βισμούθιο, άργυρο, θάλλιο και σίδηρο.^[27] Η καθαρότητα του τελικώς παραγόμενου ινδίου μπορεί να φθάσει μέχρι και το 99,99999 %.^[25]

Μικροποσότητες ινδίου παράγονταν στις Η.Π.Α. για ερευνητικούς σκοπούς ήδη από το 1926 ενώ το 1933 αναφέρεται η πρώτη χρήση του σε οδοντιατρικό κράμα μαζί με χρυσό. Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου χρησιμοποιήθηκε αρκετά στα ρουλεμάν των αεροσκαφών^[21] και στις Η.Π.Α. παράχθηκαν συνολικά την περίοδο 1941-1945 περίπου 7 τόνοι.^[26]

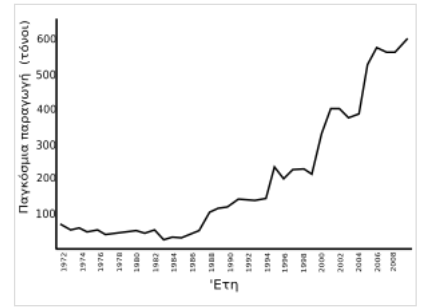
Το ινδίο άρχισε να παράγεται συστηματικά από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, όταν ξεκίνησε η χρήση του στη βιομηχανία ημιαγωγών. Μέχρι το 1986, η παγκόσμια παραγωγή ινδίου δεν ξεπερνούσε τους 50 τόνους ετησίως. Το 1987 ήταν 53 τόνοι και διπλασιάστηκε το 1988 φθάνοντας τους 106 τόνους^[26] ενώ το 2009 άγγιξε τους 600 τόνους περίπου λόγω της βελτίωσης της τεχνολογίας εξόρυξης και ανάκτησης, σε μια προσπάθεια να καλυφθεί η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση.

Όπως φαίνεται και στο σχετικό πίνακα, η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή ινδίου είναι η Κίνα η οποία καλύπτει πάνω από το 50 % της παγκόσμιας παραγωγής. Μικρότερες ποσότητες παράγονται στη Νότια Κορέα, στην Ιαπωνία, στον Καναδά, στη Γερμανία αλλά και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες όπως στο Βέλγιο, στην Ολλανδία, στην Ιταλία και στη Μεγάλη Βρετανία, περίπου 5 τόνοι/έτος σε κάθε μία. Ινδίο επίσης παράγουν και χώρες της Νότιας Αμερικής όπως το Περού και η Βραζιλία.^[25] Από το 1969, οι Η.Π.Α. σταμάτησαν την παραγωγή ινδίου και εισάγουν όση ποσότητα χρειάζονται.^[26]

Παραγωγοί εξευγενισμένου ινδίου (ποσότητες σε τόνους) ^[25]							
Χώρες	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
 Κίνα	300	400	370	340	330	340	
 Νότια Κορέα	70	60	70	75	70	120	
 Ιαπωνία	70	55	60	65	67	70	
 Καναδάς	45	52	61	57	50	67	
 Βέλγιο	30	30	30	30	30	30	
 Ρωσία	12	12	12	12	4	-	
 Γερμανία	10	10	10	10	10	10	
Άλλες χώρες	26	25	24	25	21	26	
Σύνολο	563	644	637	614	582	663	

Τα παγκόσμια αποθέματα βάσης^[Σημ. 3] για το ίνδιο μόνο όμως σε κοιτάσματα ψευδαργύρου εκτιμήθηκαν το 1999 σε 5.700 τόνους, από τους οποίους περίπου το 10 % κατέχουν οι Η.Π.Α. Αυτά τα αποθέματα βάσης θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν την παγκόσμια ζήτηση για λίγο παραπάνω από 20 χρόνια και θα μπορούσαν να αυξηθούν με τον συνυπολογισμό των επιπλέον αποθεμάτων που υπάρχουν στα κοιτάσματα χαλκού, μολύβδου και κασσιτέρου.^[21]

Σύμφωνα με νεώτερες εκτιμήσεις της εταιρείας Indium Corporation (<http://www.indium.com/>), τα πάσης φύσεως παγκόσμια αποθέματα ινδίου που εντοπίστηκαν σε βεβαιωμένα ορυχεία βασικών μετάλλων με τα οποία συνυπάρχει το ίνδιο σε όλο τον κόσμο, εκτιμώνται σε περίπου 50.000 τόνους. Τα υπάρχοντα ορυχεία που εξαγουν ίνδιο είναι διασπαρμένα σε όλο τον κόσμο, εξασφαλίζοντας έτσι σταθερότητα εφοδιασμού σε όλες τις χώρες που το χρησιμοποιούν.^[28] Αν διατηρηθούν οι ρυθμοί παραγωγής του 2008 (περίπου 500 τόνου/έτος), σε συνδυασμό με τα αποθεματικά που υπάρχουν στα κατάλοιπα των διαφόρων χρήσεων (15000 τόνοι με ρυθμό ανάκτησης 500 τόνων/έτος), τότε το ίνδιο επαρκεί για τουλάχιστον 130 χρόνια.^[28]



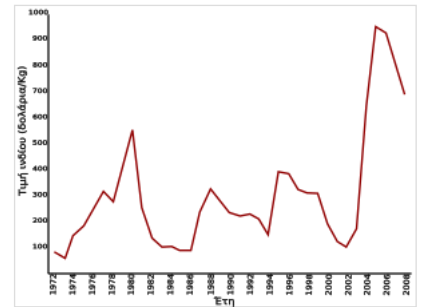
Παραγωγή ινδίου 1972 - 2009^[26]

Οικονομικά στοιχεία

Το ίνδιο βρίσκεται μέσα στα 15 ακριβότερα μέταλλα, παρόλο που είναι λιγότερο ακριβό από το γάλλιο.^[29] Η τιμή του ινδίου τον Ιούλιο του 2010 ήταν μεταξύ 500 και 550 δολαρίων/κιλό ενώ τον Μάιο του 2011 άγγιξε τα 800 δολάρια/κιλό. Τον Νοέμβριο του ίδιου χρόνου, η τιμή έπεσε ξανά στα 550 δολάρια/κιλό.^[13]

Πριν από το 1940, το ίνδιο, χρησιμοποιούνταν σχεδόν αποκλειστικά για πειραματικούς σκοπούς οπότε και πωλούνταν σε μικρές ποσότητες και σε πολύ υψηλές τιμές, πάνω από 950 δολάρια/κιλό.^[Σημ. 4] Από το 1940 μέχρι το 1945, οι τιμές συνήθως καθορίζονταν με απευθείας διαπραγματεύσεις μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών.^[30] Στις Η.Π.Α. η τιμή παραγωγού ινδίου καθιερώθηκε το 1945 και παρέμεινε στα ίδια επίπεδα, περίπου 72 δολάρια/κιλό,^[26] μέχρι το 1963.

Περίοδος 1973 - 1980. Είναι περίοδος υψηλής ζήτησης του ινδίου λόγω της σημαντικής αύξησης της κατανάλωσης του στις ράβδους ελέγχου των πυρηνικών αντιδραστήρων. Το ίνδιο είναι ακόμη δυσεύρετο.^[30] Η τιμή του το 1973 είναι 57 δολάρια/κιλό και το 1980 αγγίζει τα 550 δολάρια/κιλό.^[26]



Μεταβολή τιμών ινδίου από το 1972 έως το 2008^[26]

Περίοδος 1980 - 1986. Μετά το πυρηνικό ατύχημα στο εργοστάσιο Three Mile Island (Μάρτιος 1979), η χρήση πυρηνικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού έπεσε στις Η.Π.Α., χωρίς αντίστοιχη πτώση της παραγωγής ινδίου.^[30] Σε συνδυασμό με την οικονομική ύφεση της διετίας 1980-82, η τιμή του ινδίου έπεσε το 1986 στα 84 δολάρια/κιλό.^[26]

Περίοδος 1986 - 1996. Αρχίζει η ανάπτυξη των ημιαγωγών που χρησιμοποιούν ίνδιο και των λεπτών υμενίων από οξείδιο ινδίου-κασσιτέρου (indium-tin oxide, ITO) που χρησιμοποιείται στην κατασκευή οθονών LCD, ιδιαίτερα στην Ιαπωνία το 1988.^[30] Η μέση τιμή αυτή τη δεκαετία, κυμαίνεται στα 300 δολάρια/κιλό.^[26] Η σταθερή αύξηση των τιμών το 1995 αποδίδεται στην περιορισμένη προσφορά και μεγάλη ζήτηση της χρονιάς εκείνης.

Περίοδος 1996 - 2002. Η σταθερή πτώση των τιμών οφείλεται στη μεγάλη προσφορά, στη σημαντική ανακύκλωση αλλά και στην παραγωγή από την Κίνα φθηνού πρωτογενούς ινδίου.^[31] Το 1998 η παραγωγή οθονών LCD παρουσιάζει μικρή κάμψη,^[30] ενώ εμφανίζονται νέες τεχνολογίες κατασκευής τους που απαιτούν το 1/3 του ινδίου. Το 2002 η τιμή του ινδίου επανέρχεται στα επίπεδα του 1984, περίπου 97 δολάρια/κιλό.^[26]

Περίοδος 2002 - 2006. Παρά τα χαμηλά επίπεδα παραγωγής ημιαγωγών που περιέχουν ίνδιο, η τιμή του ινδίου αυξήθηκε παρα πολύ, φθάνοντας τα 946 δολάρια/κιλό το 2005, εξαιτίας μειώσεων στην παραγωγή, μεγάλης αύξησης της ζήτησης για το ITO που χρησιμοποιείται στην κατασκευή επίπεδων οθονών^[32] και στη και χρονική υστέρηση μεταξύ ζήτησης και διαθέσιμων προμηθειών.^[33]

Φυσικές ιδιότητες

Το ίνδιο είναι αργυρόλευκο λαμπερό μέταλλο, πολύ ελατό και όλκιμο. Κρυσταλλώνεται στο τετραγωνικό σύστημα με ενδοκεντρωμένο πλέγμα.^[3] Στην κυψελίδα, ένα άτομο ινδίου έχει δώδεκα γειτονικά χωρισμένα σε δύο ομάδες, τέσσερα σε απόσταση 325 pm (οι δεσμοί σημειώνονται με κόκκινη γραμμή στην εικόνα) και οκτώ στα 338 pm (με πράσινη γραμμή).^[1]

Έχει χαμηλό σημείο τήξης (156,5985 °C),^[34] 74ο μεταξύ 80 μεταλλικών στοιχείων, μεγαλύτερο μόνο από τα αλκαλιμέταλλα (εκτός του λιθίου), το γάλλιο και τον υδράργυρο^[35] και μέτριο σημείο βρασμού, 43ο μεταξύ 73 μετάλλων.^[36]

Έχει υψηλή σχετική ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, 20ο και 23ο αντίστοιχα μεταξύ 70 μετάλλων^[37] ενώ παραμένει υγρό σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και γι' αυτό χρησιμοποιείται για συγκολλήσεις σε κρυογονικές θερμοκρασίες (κάτω από -150 °C).^[6]

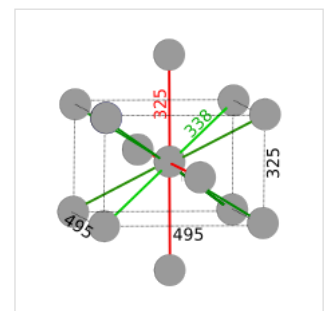
Είναι σκληρότερο μόνο από τα αλκαλιμέταλλα και μαλακότερο από όλα τα άλλα μέταλλα, 43ο μεταξύ 48 μετάλλων. Έχει σκληρότητα 1,2 (μεταξύ τάλκη και γύψου) στην κλίμακα Mohs. Μπορεί να κοπεί με μαχαίρι, όπως το νάτριο, αφήνει μια ορατή γραμμή όταν συρθεί πάνω σε χαρτί και μπορεί να μορφοποιηθεί σχεδόν χωρίς όρια με άσκηση πίεσης.^[38]

Είναι μέταλλο διαμαγνητικό με μοριακή μαγνητική επιδεκτικότητα $\chi_m = -10,2 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{mol}$.^[4]

Σε στερεή κατάσταση έχει μέτρια πυκνότητα (7,31 g/cm³), 30η μεταξύ 75 μετάλλων, την ίδια περίπου με του κασσιτέρου. Σε υγρή κατάσταση η πυκνότητά του είναι 6,99 g/cm³ και το ιξώδες του 1,65 mPa.s.^[5]

Η ταχύτητα ήχου συχνότητας 12 MHz στο υγρό ίνδιο είναι 2215 m/s, ενώ η ταχύτητα εγκάρσιων ηχητικών κυμάτων στο στερεό ίνδιο είναι 710 m/s και διάμηκων κυμάτων 2460m/s.^[5]

Το ίνδιο γίνεται υπεραγώγιμο στους -269,74 °C (3,41 K).^[39]



Κρύσταλλος ινδίου. Οι αποστάσεις σε pm. 1 pm = 10⁻¹² m

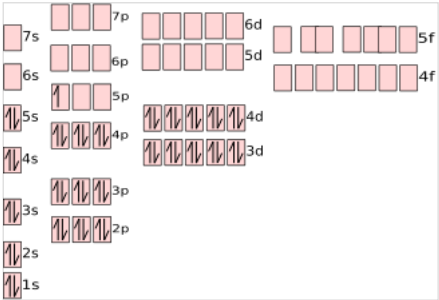
Ηλεκτρονιακή δόμηση

Το ινδίο ανήκει στην 13η ομάδα (παλιότερος συμβολισμός ΙΙΑ) και στον τομέα p, δηλαδή τα εξωτερικά του ηλεκτρόνια ανήκουν σε p-τροχιακό. Τα στοιχεία του τομέα p παρουσιάζουν μεταξύ τους μεγάλες διαφορές στις φυσικοχημικές ιδιότητες, διότι είναι ο μόνος τομέας που περιέχει μέταλλα, αμέταλλα και ευγενή αέρια.^[40]

Το ινδίο, ταξινομείται επίσης στα λεγόμενα πτωχά μέταλλα, χημικός όρος που δεν είναι αναγνωρισμένος από την IUPAC (poor metals). Αυτά είναι 14 στοιχεία του τομέα-p που δημιουργούν ένα τρίγωνο δεξιά των στοιχείων μετάπτωσης στον περιοδικό πίνακα και είναι το αργίλιο, το γάλλιο, το ινδίο, το θάλλιο, το γερμάνιο, ο κασσίτερος, ο μόλυβδος, το αντιμόνιο, το βισμούθιο, το πολώνιο και τα στοιχεία 113, 114, 115 και 116. Είναι ηλεκτραρνητικότερα των μεταβατικών μετάλλων, πιο μαλακά από αυτά και έχουν θερμοκρασίες τήξης και βρασμού γενικά χαμηλότερες. Διακρίνονται ωστόσο από τα μεταλλοειδή επειδή έχουν πολύ μεγαλύτερα σημεία βρασμού.^[40]

Σχετικιστικά φαινόμενα στα τροχιακά - Φαινόμενο αδρανούς ζεύγους. Καθώς ο πυρήνας ενός ατόμου έλκει ένα ηλεκτρόνιο, θεωρούμενο ως σωματίδιο, αυτό επιταχύνεται εξαιτίας της ακτινικής ταχύτητας που αποκτά και η οποία αυξάνεται, προσεγγίζοντας την ταχύτητα του φωτός, καθώς αυξάνεται το φορτίο, άρα και η έλξη, του πυρήνα. Η αύξηση της ταχύτητας του ηλεκτρονίου όμως συνεπάγεται και σχετικιστική αύξηση της μάζας του και κατά συνέπεια ελάττωση (συστολή) της ακτίνας του Bohr του ηλεκτρονίου, αφού μάζα και ακτίνα είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *σχετικιστική συστολή* (relativistic contraction) και είναι υπολογισμο στα δύο ηλεκτρόνια s τροχιακών, λιγότερο στα p και δεν εμφανίζεται στα d και f τροχιακά των οποίων τα ηλεκτρόνια δε σπαταλούν πολύ χρόνο κινούμενα κοντά στον πυρήνα.^[41] Όταν το ηλεκτρικό φορτίο του πυρήνα αυξάνεται, αυξάνεται και η σχετικιστική συστολή με αποτέλεσμα τα δύο ηλεκτρόνια σε απομακρυσμένα, από τον πυρήνα, s τροχιακά να μην ιονίζονται εύκολα και επομένως να μη συμμετέχουν εύκολα σε χημικούς δεσμούς. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως *φαινόμενο αδρανούς ζεύγους* (inert pair effect) και παρουσιάζει μεγάλη ένταση στο θάλλιο αλλά ελαττώνεται στο ινδίο.^[41] Έτσι το ινδίο εμφανίζεται στις ενώσεις του και με αριθμό οξείδωσης +1.

Ατομικός αριθμός (Z)	Χημικό στοιχείο	Ηλεκτρόνια ανά στιβάδα
5	Βόριο	2, 3
13	Αργίλιο	2, 8, 3
31	Γάλλιο	2, 8, 18, 3
49	Ινδίο	2, 8, 18, 18, 3
81	Θάλλιο	2, 8, 18, 32, 18, 3
113	Νιχόνιο	2, 8, 18, 32, 32, 18, 3



Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση In

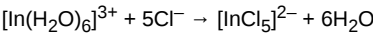
Χημικές αντιδράσεις του μετάλλου

Οι ενέργειες ιονισμού (σε KJ/mol) των σταδιακών μετατροπών του ινδίου σε ιόντα από In⁺ έως In¹⁰⁺ καθώς και τα δυναμικά ημιαντιδράσεων αναγωγής διαφόρων ενώσεων και ιόντων του In, βρίσκονται στους «κρυμμένους» πίνακες που ακολουθούν^[42] :

Ενέργειες ιονισμού και ημιαντιδράσεις αναγωγής ενώσεων του ινδίου

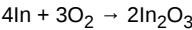
Ενέργειες ιονισμού		Δυναμικά αναγωγής	
Μετατροπή	Ενέργεια ιονισμού (KJ/mol)	Ημιαντίδραση	Δυναμικό E ⁰ (V)
In - In ⁺	558,3	In ³⁺ + 2e ⁻ ⇌ In ⁺	-0,404
In ⁺ - In ²⁺	1820,6	In ³⁺ + 3e ⁻ ⇌ In	-0,345
In ²⁺ - In ³⁺	2704	In(OH) ₃ + 3e ⁻ ⇌ In + 3OH ⁻	-1,0
In ³⁺ - In ⁴⁺	5200		
In ⁴⁺ - In ⁵⁺	7400		
In ⁵⁺ - In ⁶⁺	9500		
In ⁶⁺ - In ⁷⁺	11700		
In ⁷⁺ - In ⁸⁺	13900		
In ⁸⁺ - In ⁹⁺	17200		
In ⁹⁺ - In ¹⁰⁺	19700		

Σε υδατικό διάλυμα, μόνο το ιόν In³⁺ είναι θερμοδυναμικά σταθερό παρόλο που και το In⁺ βρίσκεται και σε διαλύματα και σε τήγματα.^[43] Το In³⁺ σε όξινο περιβάλλον βρίσκεται με τη μορφή του συμπλόκου [In(H₂O)₆]³⁺ το οποίο είναι ισχυρό οξύ και εύκολα μετατρέπεται σε σύμπλοκο ανιόν.^[44]

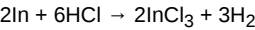


Σε pH πάνω από 3 - 4, το ινδίο έχει την τάση να καθιζάνει ως In(OH)₃.^[45]

Όταν το ινδίο εκτεθεί στον αέρα και σε θερμοκρασία δωματίου, σχηματίζεται ένα προστατευτικό επιφανειακό φιλμ «σκουριάς» το οποίο εμποδίζει τη διάβρωση από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Όταν όμως η θερμοκρασία ανεβεί πάνω από το σημείο τήξης, το μέταλλο καίγεται με μπλε φλόγα^[46] σχηματίζοντας αρχικά μια λεπτή επιστρώση από οξείδιο του ινδίου (I), InO, ενώ στη συνέχεια σχηματίζεται οξείδιο του ινδίου (III), In₂O₃ :



Το ίνδιο, αντιδρά αργά με το ψυχρό υδροχλωρικό οξύ, συγκέντρωσης 6 M, και γρηγορότερα με το θερμό και στους 120-130 °C δίνει χλωριούχο ίνδιο (III)^[44] και όχι χλωριούχο ίνδιο (I) κατά παράβαση του κανόνα των αντιδράσεων απλής αντικατάστασης κατά τις οποίες στην αντίδραση μετάλλου και υδροχλωρικού οξέος προκύπτει άλας με το μικρότερο αριθμό οξειδωσης του μετάλλου :

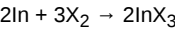


Διαλύεται με πολύ αργό ρυθμό στο πυκνό νιτρικό επειδή σχηματίζεται προστατευτικό κάλυμμα οξειδίου^[47] και στο πυκνό και θερμό θειικό οξύ δίνοντας θειικό άλας^[23] :

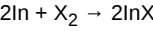


Διαλύεται επίσης στο οξαλικό οξύ αλλά όχι στο οξικό^[48] ενώ δεν αντιδρά με θερμά καυστικά αλκάλια.^[46]

Τα τριαλογονίδια της μορφής InX₃ (X = Cl, Br, I) προκύπτουν με απευθείας αντίδραση του μετάλλου με το αλογόνο στους 25 °C ή και σε μεγαλύτερη θερμοκρασία^[1] :



Τα μονοαλογονίδια της μορφής InX (X = Cl, Br, I) υπάρχουν μόνο στη στερεή φάση και έχουν τη δομή του NaCl. Μπορούν να παρασκευαστούν με απευθείας σύνθεση στους 350 °C:^[46]



Ανίχνευση του ινδίου με φασματοσκοπικές μεθόδους

Συνήθως το ίνδιο δεν ανιχνεύεται με χημικές αλλά με κατάλληλες φασματοσκοπικές μεθόδους. Η ανίχνευση είναι σχετικά εύκολη με φλογοφασματοσκοπία εκπομπής (flame emission spectroscopy, FES) αφού είναι χαρακτηριστικές οι φασματικές γραμμές στα 451,13 nm (451,13×10⁻⁹ m) και 410,18 nm (410,18×10⁻⁹ m) και δευτερευόντως στα 325,61 nm (325,61×10⁻⁹ m) και 303,94 nm (303,94×10⁻⁹ m).^[47] Στη φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής (atomic absorption spectroscopy, AAS) είναι πιο χαρακτηριστική η γραμμή στα 325,61 nm. Για πιο ακριβή ποσοτικό προσδιορισμό όμως, χρησιμοποιούνται ως μέθοδοι έρευνας ο φθορισμός ακτίνων X και η φασματομετρία μάζας.

Ισότοπα

Το ίνδιο στη φύση αποτελείται από 39 ισότοπα από το ⁹⁷In έως το ¹³⁵In.^[49] Από αυτά δύο είναι αρχέγονα νουκλίδια.^[Σημ. 5] Μια ασυνήθιστη ιδιότητά του, που απαντά μόνο στο στοιχείο ρήνιο, είναι ότι το ίνδιο παρά το γεγονός ότι διαθέτει ένα μόνο σταθερό ισότοπο, το ¹¹³In (σε ποσοστό 4,29 %), το μεγαλύτερο μέρος της φυσικής εμφάνισης (σε ποσοστό 95,71 %) αποτελείται από το ¹¹⁵In που είναι ελαφρώς ραδιενεργό και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ημιζωής, 4,41×10¹⁴ χρόνια. Αυτό το ισότοπο, το ίνδιο-115, διασπάται με πολύ αργό ρυθμό με β⁻-διάσπαση προς ¹¹⁵Sn. Το ισότοπο ¹¹¹In χρησιμεύει ως ιχνηθέτης στην πυρηνική ιατρική.

Τοξικότητα του ινδίου

Δεν έχουν αναφερθεί συστηματικά αποτελέσματα της έκθεσης του ανθρώπινου οργανισμού στο ίνδιο. Πιθανόν τα μεγαλύτερα προβλήματα προέρχονται από τους ατμούς κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και χρήσης του ινδίου μαζί με αρσενικό, αντιμόνιο και γερμάνιο στη βιομηχανία ηλεκτρονικών υλικών. Το ίνδιο δε φαίνεται να επιδρά σοβαρά στο δέρμα και οι επιδράσεις των ενώσεων του έχουν μελετηθεί μόνο σε πειραματόζωα.^[50] Τα όργανα του οργανισμού στα οποία συσσωρεύεται το ίνδιο είναι τα νεφρά, η σπλήνα, το συκώτι και οι σιελογόνοι αδένες. Μετά από παρατεταμένη εισπνοή, παρατηρήθηκαν πνευμονική εμβολή, αναπνευστική ανεπάρκεια και οξεία πνευμονία. Τα αποτελέσματα μελετών σε πειραματόζωα έδειξαν ότι τα περισσότερα διαλυτά άλατα του ινδίου είναι και τα πιο τοξικά με θανατηφόρα δόση μικρότερη από 5 mg ανά Kg σωματικού βάρους. Εντούτοις, μετά από λήψη τροφής, το ίνδιο απορροφήθηκε λίγο και κατέστη μη τοξικό. Ιστοπαθολογικές μελέτες έδειξαν ότι ο θάνατος από ίνδιο προέρχεται κυρίως από βλάβη του συκωτιού και της σπλήνας ενώ παρατηρήθηκαν και μικροαλλοιώσεις στο αίμα. Σε χρόνια δηλητηρίαση από χλωριούχο ίνδιο, η βασική επίπτωση ήταν χρόνια νεφρίτιδα και πρωτεϊνουρία. Η τοξικότητα της πιο διαλυτής ένωσης του ινδίου, του οξειδίου του ινδίου (III), In₂O₃, ήταν από μικρή έως μέτρια και η θανατηφόρα δόση ήταν πολλές εκατοντάδες mg/Kg. Μετά από χορήγηση αρσενικούχου ινδίου, InAs σε χάμστερ, η απορρόφηση στα διάφορα όργανα διέφερε από την κατανομή των ιόντων ινδίου ή αρσενικούχων ενώσεων.^[50]

Τα όρια έκθεσης για τον άνθρωπο που καθόρισαν οι Η.Π.Α. για το μεταλλικό ίνδιο είναι^[51] : NIOSH REL^[Σημ. 6]; TWA^[Σημ. 7] 0,1 mg/m³.

Το ίνδιο στο έδαφος

Το ίνδιο στα εδάφη φαίνεται να συνδέεται με την οργανική ύλη και ως εκ τούτου η συγκέντρωσή του είναι αυξημένη στους επιφανειακούς εδαφικούς ορίζοντες. Αυτή η συγκέντρωση μπορεί να υποδηλώνει ρύπανση του εδάφους. Η περιεκτικότητα του φυσικού ινδίου σε διάφορα εδάφη των Η.Π.Α. κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 0,2 ppm, ενώ σε εδάφη άλλων χωρών αναφέρεται περιεκτικότητα κατά μέσο όρο 0,01 ppm. Σε καλλιεργούμενα εδάφη, αναφέρεται αυξημένη ποσότητα έως και 2,6 ppm. Η φυσική συγκέντρωση ινδίου σε εδάφη της Ιαπωνίας κυμαίνονταν από 0,02 ppm έως 0,08 ppm, ενώ εδάφη μολυσμένα με μέταλλα περιείχαν από 0,107 ppm έως 1,92 ppm. Στην Κίνα, εδάφη περιείχαν ίνδιο κατά μέσο όρο 0,675 ppm. Κάπως αυξημένες ποσότητες In (έως 4,2 ppm) υπήρξαν σε εδάφη κοντά σε χώρους επεξεργασίας μολύβδου και ψευδαργύρου καθώς και σε λάσπες επεξεργασίας λυμάτων.^[20]

Το ίνδιο στα φυτά

Οι συγκεντρώσεις του ινδίου στα περισσότερα φυτά δεν είναι σημαντικές. Οι επιδράσεις που αναφέρθηκαν σχετίζονται κυρίως με την τοξικότητα του ινδίου στις ρίζες διαφόρων φυτών στις οποίες συγκεντρώνεται σε ποσότητα 1 ppm έως 2 ppm. Περισσότερα αποτελέσματα προέκυψαν από μελέτες των επιπτώσεων του ινδίου στους μικροοργανισμούς, οι οποίοι παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντίσταση στη συσσώρευση του ινδίου από τα φυτά. Ωστόσο, συγκεντρώσεις από 5

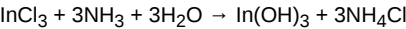
ppm έως 9 ppm αναφέρθηκε ότι αναστέλλουν τη δραστηριότητα του νιτροβακτηριδίων του εδάφους.^[20]
Τα λίγα στοιχεία που υπάρχουν δείχνουν ότι το ινδίου που περιέχεται στη βλάστηση ρυπασμένων τοποθεσιών, κυμαίνεται από 30 ppb έως 710 ppb (με μέση τιμή 210 ppb), ενώ σε άπλυτα φυτά (κυρίως χόρτα) από βιομηχανική περιοχή, οι εν λόγω τιμές ήταν 0,008 ppm έως 2,1 ppm. Το ινδίο που περιέχονταν τεύτλα που καλλιεργούνται σε χώμα στο οποίο που προστέθηκε ιλύς καθαρισμού λυμάτων ήταν από 80 ppb έως 300 ppb.

Ενώσεις του ινδίου

Το ινδίο έχει δομή εξωτερικής στιβάδας $5s^2 5p^1$ και, όπως το αργίλιο και το γάλλιο, εμφανίζεται στις ενώσεις του με αριθμό οξειδωσης +3 εφόσον μπορεί να απολέσει και τα 3 ηλεκτρόνια. Έτσι, η σταθερότερη βαθμίδα οξειδωσής του είναι +3. Σε αντίθεση όμως με το Al, το In παρουσιάζεται και με αριθμό οξειδωσης +1 αν χάσει μόνο το $5p^1$ ηλεκτρόνιο. Αναφέρονται και ενώσεις όπου το ινδίο έχει αριθμό οξειδωσης +2^[2] και είναι με τη διμερή μορφή In_2^{4+} .

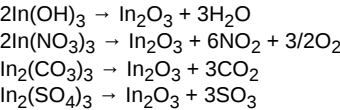
Υδροξείδια - Οξείδια - Αλογονίδια - Υδρίδια

Υδροξείδια: Το άχρωμο, ζελατινώδες $In(OH)_3$ καταβυθίζεται ως ίζημα από την αντίδραση διαλύματος $InCl_3$ και αμμωνίας στους 100 °C:



Έχει παραμορφωμένη κυβική δομή, είναι ασθενής βάση έχει δηλαδή αλκαλικό χαρακτήρα (παρόλο που τόσο το υδροξείδιου του αργιλίου όσο και του γαλλίου είναι επαμφοτερίζοντα^[52]). Διαλύεται στα οξέα δίνοντας σύμπλοκα άλατα $[In(H_2O)_6]^{3+}$ και ινδικά ανιόντα $[In(OH)_6]^{3-}$. Σε πίεση 10 MPa και στους 250-400 °C μετατρέπεται σε $InO(OH)$.^[46] Διασπάται με θέρμανση δίνοντας οξείδιο του ινδίου (III).^[22]

Οξείδια: Το κίτρινο In_2O_3 έχει βασικό χαρακτήρα. Αποσυντίθεται στους 2000 °C, είναι διαλυτό στα οξέα αλλά όχι στις βάσεις.^[2] Μπορεί να παραχθεί με απευθείας σύνθεση In και O_2 , όπως αναφέρθηκε στις "Αντιδράσεις", αλλά και με θερμική διάσπαση του υδροξειδίου, του νιτρικού, του ανθρακικού ή του θεικού άλατος.^[23]



Το οξείδιο του ινδίου (I), In_2O , σχηματίζεται στην αέρια φάση με θέρμανση του In_2O_3 στο κενό και στους 700 °C. Έχει διαπιστωθεί η ύπαρξή του και στη στερεή φάση, ενώ η δομή του δεν έχει οριστικοποιηθεί. Η ύπαρξη του οξειδίου του ινδίου (II), InO , έχει διαπιστωθεί φασματοσκοπικά μόνο στην αέρια φάση. Το οξείδιο ινδίου $_4O_4$ είναι μικτό οξείδιο αποτελούμενο από In_2O_3 και InO , ενώ έχουν περιγραφεί και υπεροξείδια του τύπου $In_2O_x \cdot nH_2O$ (x = 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Αλογονίδια: Τα τριαλογονίδια προκύπτουν με απευθείας αντίδραση του μετάλλου με το αλογόνο, όπως αναφέρθηκε στις «Αντιδράσεις» και, εκτός των φθοριδίων, είναι ισχυρά οξέα κατά Lewis.^[43] Το InF_3 είναι ιοντική ένωση με μακρομοριακή δομή και υψηλό σημείο τήξης. Το $InCl_3$ είναι άχρωμο, υγροσκοπικό και καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Το $InBr_3$ είναι επίσης άχρωμο, ενώ το InI_3 είναι κίτρινο. Τα αλογονίδια αυτά δημιουργούν σύμπλοκα των μορφών $InX_3 \cdot D$, $InX_3 \cdot 2D$ και $InX_3 \cdot 3D$ όπου D είναι δότης ηλεκτρονίων.

Το InF είναι σταθερό μόνο στην αέρια φάση και σε υψηλή θερμοκρασία. Το κίτρινο $InCl$ μπορεί να απομονωθεί από αντιδρόν μίγμα $InCl_3/In$, έχει τη δομή του $NaCl$ και είναι πρακτικά αδιάλυτο σε οργανικούς διαλύτες. Το άλας $InSO_3CF_3$ διαλύεται σε ποικιλία διαλυτών και είναι η καλύτερη πηγή του $In(I)$.^[1]

Τα διαλογονίδια της μορφής InX_2 (X = Cl, Br, I) είναι στην πραγματικότητα ενώσεις που περιέχουν κατιόν $In(I)$ και ανιόν $In(III)$, $I^+[InX_4]^-$. Παραπλήσια δομή έχει και η ένωση In_2Cl_3 που περιέχει οκταεδρικό σύμπλοκο $In(III)$ ανιόν, $In^{3+}[InX_6]^{3-}$.^[53]

Υδρίδια: Το υδρίδιο InH σχηματίζεται με μορφή ασταθών σωματιδίων όταν διέλθει ατομικό υδρογόνο πάνω από το μέταλλο σε υψηλή θερμοκρασία ή με ηλεκτρική εκκένωση μεταξύ ηλεκτροδίων χαλκού και ινδίου σε ατμόσφαιρα H_2 .^[46]

Η ύπαρξη του InH_3 έχει επιβεβαιωθεί από το 2004 με φασματοσκοπικά δεδομένα υπερύθρου, ενώ πολλά παράγωγά του σύμπλοκα έχουν απομονωθεί που περιέχουν ως δότη ηλεκτρονίων παράγωγα φωσφίνης π.χ. $(Cy)_3P \rightarrow InH_3$ και $(Cy)_3P \rightarrow InH_3 \leftarrow P(Cy)_3$ όπου Cy^- = κυκλοεξύλιο, $C_6H_{11}^-$. Τα σύμπλοκα αυτά είναι σταθερά στη στερεή φάση αλλά ασταθή σε διαλύματα.^[1]

Το In_2H_4 περιέχει δεσμό μετάλλου-μέταλλου, έχει τη δομή $H_2In-InH_2$ και είναι ασταθές. Έχουν όμως παρασκευαστεί οργανικά του παράγωγα όπου ογκώδεις οργανικοί υποκαταστάτες, όπως ο *disyl* = $-CH(SiMe_3)_2$ ή ο *trisyl* = $-C(SiMe_3)_3$ όπου *Me* = μεθύλιο, CH_3^- , αντικαθιστούν τα υδρογόνα π.χ. $In_4(trisyl)_4$.^[46]

Τα ινδάνια είναι ασταθείς ενώσεις του τύπου $(InH_3)_n$ όπου n = ακέραιος τα οποία στην πραγματικότητα δεν έχουν ακόμη χαρακτηριστεί.^[46]

Διαδικές ενώσεις με θείο, σελήνιο, τελλούριο

Σουλφίδια. Θειούχες ενώσεις του $In(III)$ υπάρχουν σε διάφορες μορφές: κίτρινο α - In_2S_3 , κόκκινο β - In_2S_3 , γ - In_2S_3 . Το InS μπορεί να αποδοθεί από τον τύπο $In_2^{4+} 2S^{2-}$ όπου το ινδίο έχει αριθμό οξειδωσης +2. Η ένωση In_6S_7 περιέχει άτομα ινδίου με τρεις διαφορετικούς αριθμούς οξειδωσης και μπορεί να αποδοθεί από τον τύπο $In^+ In_2^{4+} 3In^{3+} 7S^{2-}$. Όλες οι παραπάνω ενώσεις χρησιμοποιούνται ως ημιαγωγοί n-τύπου.

Σεληνίδια. Για το In_2Se_3 αναφέρονται οι μορφές α , β , γ , δ , κ.^[54] Το μαύρο κρυσταλλικό In_4Se_3 αποδίδεται από τον τύπο $In^+ In_3^{5+} 3Se^{2-}$.^[55] Το $InSe$ έχει δύο κρυσταλλικές μορφές β - $InSe$ και γ - $InSe$. Η ένωση In_6Se_7 περιέχει άτομα ινδίου με τρεις διαφορετικούς αριθμούς οξειδωσης και μπορεί να αποδοθεί από τον τύπο $In^+ In_2^{4+} 3In^{3+} 7Se^{2-}$.^[56]

Τελλουρίδια. Το μαύρο κρυσταλλικό In_4Te_3 αποδίδεται από τον τύπο $In^+ In_3^{5+} 3Te^{2-}$.^[55] Το $InTe$ περιέχει In^+ και In^{3+} και αποδίδεται από τον τύπο $In^+ In^{3+} 2Te^{2-}$. Η ένωση In_3Te_4 έχει αναφερθεί ως υπεραγωγός^[57] και έχει μια ασυνήθιστη δομή^[58] που αντιστοιχεί στον τύπο In_4Te_4 αλλά με το 1/4 των θέσεων του ινδίου κενό. Φαίνεται μάλιστα ότι η απόσταση μεταξύ των ατόμων ινδίου δεν είναι μικρή πράγμα που θα υποδείκνυε δεσμό In-In. Το τελλουρίδιο In_7Te_{10} αντιστοιχεί στον τύπο $In_2^{4+} 12In^{3+} 20Te^{2-}$.^[59] Το μαύρο In_2Te_3 έχει υψηλό σημείο τήξης και απαντά με τις μορφές α - και β -. Η ένωση In_2Te_5 είναι ένα πολυτελλουρίδιο όπου υπάρχουν άτομα *Te* ξεχωριστά από τις αλυσίδες. Έχει τον τύπο $(2In^{3+} Te^{2-} Te_3^{2-})_n$ που εξισορροπείται από τα χωριστά ιόντα Te^{2-} .^[60]

Διαδικές ενώσεις με άζωτο, φωσφόρο, αρσενικό, αντιμόνιο

Η ένωση InN σχηματίζεται με αντίδραση In_2O_3 και NH_3 στους 630 °C. Οι ενώσεις InP , InAs , InSb σχηματίζονται με απευθείας αντίδραση μεταξύ ινδίου και του άλλου στοιχείου σε υψηλή θερμοκρασία, μερικές φορές και υπό πίεση.^[46] Έχουν παρασκευαστεί και ενώσεις μικτές με ινδίο, αρσενικό και αντιμόνιο^[61] όπως π.χ. $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$. Όλες οι παραπάνω ενώσεις χρησιμοποιούνται ως ημιαγωγοί.

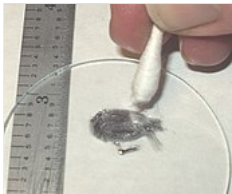


Το InSb είναι ημιαγωγικό υλικό

Κράματα

Από τη δεκαετία του 1980 έχουν παρασκευαστεί και μελετηθεί διάφορα κράματα του ινδίου με το γάλλιο (Ga) τα οποία χρησιμοποιούνται ως ημιαγωγοί. Οι ενώσεις αυτές αποδίδονται με μη στοιχειομετρικούς τύπους και περιέχουν επίσης και κάποιο αμέταλλο όπως αρσενικό, αντιμόνιο, φωσφόρο.^[61] Παραδείγματα: $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{P}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Sb}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$. Οι φυσικοχημικές τους ιδιότητες εξαρτώνται από τις τιμές των παραμέτρων x , y που δεν είναι πάντα ακέραιες π.χ. $\text{Ga}_{0,47}\text{In}_{0,53}\text{As}_{0,24}\text{P}_{0,76}$.

Η προσθήκη μικρών ποσοτήτων ινδίου σε κράματα διαφόρων μετάλλων αλλάζει πάρα πολύ τις μηχανικές τους ιδιότητες. Γι' αυτό το ινδίο είναι γνωστό και ως μέταλλο βιταμίνη.^[62] Μερικές φορές προστίθεται στον λευκόχρυσο ή στον χρυσό για να κάνει τα μέταλλα αυτά περισσότερο σκληρά. Όταν προστίθεται στο αργίλιο, το βηρύλλιο, τον χαλκό, τον μόλυβδο και το μαγνήσιο αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή των μετάλλων αυτών στη διάβρωση.^[27]



Μικρή σταγόνα του κράματος galinstan από σπασμένο θερμόμετρο

Τα σημαντικότερα κράματα με ινδίο που κατασκευάζονται είναι εύτκτα (fusible) δηλαδή λιώνουν σε χαμηλή θερμοκρασία συνήθως κάτω από τους 150 °C. Τα εύτκτα κράματα διαφόρων μετάλλων είναι πάνω από 100 και εκείνα που περιέχουν ινδίο, περιέχουν ακόμη βισμούθιο (Bi), κασσίτερο (Sn), μόλυβδο (Pb) και κάδμιο (Cd). Συνήθως μικρή προσθήκη ινδίου αυξάνει τη λάμψη του κράματος και ελαττώνει το σημείο τήξης κατά 1,45 °C για κάθε 1 % In που προστίθεται μέχρι μέγιστο 18 %.^[63] Είναι κράματα διμερή (με δύο μέταλλα), τριμερή, τετραμερή, πενταμερή ενώ έχουν πολύ μεγάλη ποικιλία στη σύνθεσή τους.^[64] Έχουν υψηλό βαθμό θερμικής αγωγιμότητας κατά πολύ ανώτερη από τα κοινά μη μεταλλικά υγρά αλλά και υψηλή πυκνότητα και ηλεκτρική αγωγιμότητα.^[65] Για παράδειγμα, κράμα που περιέχει Bi , Sn και 26 % In λιώνει στους 78,89 °C, ένα άλλο με Bi , Pb , Sn και 21 % In λιώνει στους 57,78 °C, ενώ ένα τρίτο που περιέχει μαζί με τα προηγούμενα μέταλλα και Cd και 19,1 % In έχει σημείο τήξης 47,22 °C.^[27] Διμεταλλικό κράμα αποτελούμενο από 76 % Ga - 24 % In , λιώνει στους 16 °C. Το κράμα με το εμπορικό όνομα galinstan, αποτελούμενο από Ga (gal-), In (-in-) και Sn (-stan), στερεοποιείται περίπου στους -20 °C και βράζει στους 2300 °C. Έτσι, έχει ένα πολύ μεγάλο εύρος θερμοκρασιών όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υγρό. Η τάση ατμών του είναι επίσης αρκετά χαμηλή, ουσιαστικά μηδενική στους 20 °C^[66]

Οργανομεταλλικές ενώσεις

Οι οργανομεταλλικές ενώσεις του ινδίου απέκτησαν μεγάλο ενδιαφέρον μετά το 1980 όταν άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως πρόδρομες ενώσεις των ημιαγωγικών υλικών όπως ο InP . Σχηματίζονται:

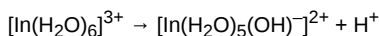
- Με επίδραση αντιδραστηρίων Grignard σε αλογονίδια^[1] ($\text{R}^- = \text{αλκύλιο}$, $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}^-$) π.χ. $\text{InBr}_3 + 3\text{RMgBr} \rightarrow \text{R}_3\text{In} + 3\text{MgBr}_2$
- Με αντιδράσεις μετάθεσης στις οποίες αλκύλια αντικαθιστούν αλογόνα π.χ. $\text{InCl}_3 + 3\text{AlR}_3 \rightarrow \text{InR}_3 + 3\text{R}_2\text{AlCl}$
- Με αντιδράσεις στις οποίες αλκύλια αλλάζουν θέση μεταξύ δύο μετάλλων π.χ. $2\text{In} + 3\text{R}_2\text{Hg} \rightarrow 2\text{InMe}_3 + 3\text{Hg}$
- Με αντιδράσεις πρωτόλυσης ($\text{X}^- = \text{οργανική ομάδα όπως } \text{RO}^- \text{ ή } \text{R}_2\text{N}^- \text{ κ.ά.}$) π.χ. $\text{InR}_3 + \text{HX} \rightarrow \text{R}_2\text{InX} + \text{RH}$

Σύμπλοκα του ινδίου

Έχουν παρασκευαστεί και μελετηθεί πολλά σύμπλοκα του In(III) όπως τα οκταεδρικά^[1] $[\text{In}(\text{acac})_3]$ (όπου $\text{acac}^- = \text{ακετυλακετονικό ανιόν}$, $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2^-$) και $[\text{In}(\text{ox})_3]^{3-}$ (όπου $\text{ox}^- = \text{οξαλικό ανιόν}$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) ή το σύμπλοκο τύπου cluster $[\text{In}_2\text{Fe}_6(\text{CO})_{24}]^{2-}$.

Έχουν μελετηθεί^[2] όμως και σύμπλοκα του In(I) όπως το $[\text{In}(\text{crown})][\text{InX}_4]$ που περιέχει τον κυκλικό αιθέρα 18-στέμμα-6 ή το $[\text{In}(\text{cyclam})][\text{InX}_4]$ που περιέχει τον υποκαταστάτη cyclam = 1,4,8,11-τετρααζα-κυκλοτετραδεκάνιο.

Το εφωδατωμένο ιόν $[\text{In}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ θεωρείται επίσης σύμπλοκο με αριθμό συναρμογής 6 και σε υδατικό διάλυμα συμπεριφέρεται ως οξύ:



Εφαρμογές

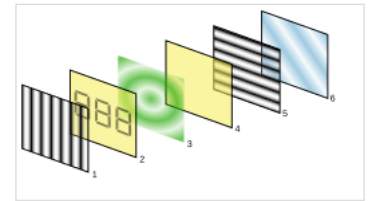
Αν και το ινδίο ανακαλύφθηκε το 1863, δε χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη κλίμακα για πολλά χρόνια και η παγκόσμια παραγωγή του ήταν μερικά γραμμάρια για ερευνητικούς σκοπούς μέχρι τη δεκαετία του 1930. Η πρώτη εγχώρια παραγωγή ινδίου στις Η.Π.Α. άρχισε το 1926,^[30] ενώ το 1933 προστέθηκε σε μικρές ποσότητες στον χρυσό σε ορισμένα οδοντιατρικά κράματα όπου χρησίμευε στο καθάρισμα του οξυγόνου. Στον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο χρησιμοποιήθηκε πολύ στην κατασκευή εδράνων για τα ρουλεμάν των αεροπλάνων, ενώ η συστηματική χρήση ενώσεών του άρχισε μετά το 1950, πρώτα σε ημιαγωγούς και μετά σε επίπεδες οθόνες.

Από το 2000 και μετά, πάνω από το 50 % της πρωτογενούς παραγωγής και το 80 % του συνόλου της διαθέσιμης ποσότητας ινδίου^[28] κατευθύνονται στην κατασκευή επίπεδων οθονών κάθε τύπου και δευτερευόντως, ένα 15 % περίπου,^[62] στην κατασκευή ημιαγωγών. Κράματά του αλλά και το ίδιο το ινδίο χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για συγκολλήσεις μετάλλων. Μικρό μέρος του παραγόμενου ινδίου χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς, ενώ το ισότοπο ^{111}In χρησιμοποιείται στην πυρηνική ιατρική.

Οι ενώσεις του ινδίου με τη μεγαλύτερη εμπορική σημασία είναι^[21] το τριμεθυλ-ινδίο, $\text{In}(\text{CH}_3)_3$, το τριαθυλ-ινδίο, $\text{In}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, το τριφαινυλ-ινδίο, $\text{In}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$, το χλωριούχο ινδίο (II), InCl_2 , το υδροξείδιο, $\text{In}(\text{OH})_3$, το νιτρικό ινδίο (III), $\text{In}(\text{NO}_3)_3$, τα οξείδια In_2O_3 , In_2O και InO , το φωσφορικό ινδίο (III), InPO_4 , το θειούχο ινδίο (III), In_2S_3 , το χλωριούχο ινδίο (III), InCl_3 και το θειικό ινδίο (III), $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$.

Ηλεκτρονικά

- Το **οξειδίο του ινδίου (III), In_2O_3** , χρησιμοποιείται σε ορισμένους τύπους **μπαταριών**, ως πολύ λεπτή επικάλυψη σε υπέρυθρους ανακλαστές διαπερατούς στο ορατό φως, σε αντιστατικά επιχρίσματα, ως ημιαγωγός n-τύπου, σε αντιστάσεις ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, στην κατασκευή μονοκρυσταλλικών νανο-συρμάτων διαμέτρου 10 nm που χρησιμοποιούνται ως ευαίσθητοι και ειδικοί οξειδοαναγωγικοί αισθητήρες πρωτεΐνης^[67] και ως πρόδρομη ένωση για την παρασκευή αλάτων ινδίου. Χρησιμοποιείται επίσης για να προσδίδει στο γυαλί χρώματα που κυμαίνονται από ανοικτό κίτρινο έως σκούρο πορτοκαλί^[68]
- Το **οξειδίο ινδίου-κασσιτέρου** (indium tin oxide) πιο γνωστό με τη συντομογραφία **ITO** είναι στερεό διάλυμα αποτελούμενο συνήθως από 90% w/w In_2O_3 και 10 % w/w SnO_2 .^[21] Έχει χρώμα κιτρινωπό προς το γκρι αλλά όταν παράγεται σε φύλλα πολύ μικρού πάχους είναι διαφανές, άχρωμο, με ηλεκτρική αγωγιμότητα ενώ απάγει και τη θερμότητα. Στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος δίνει την εντύπωση καθρέφτη με μεταλλική επίστρωση. Εξαιτίας αυτών των σημαντικών ιδιοτήτων του χρησιμοποιείται ευρύτατα στην κατασκευή διαφανών αγωγίμων επικαλύψεων για επίπεδες οθόνες πλάσματος, αφής, υγρών κρυστάλλων (LCD), για οργανικές διόδους εκπομπής φωτός (OLED), για ηλιακά φωτοκύτταρα, αντιστατικά επιχρίσματα κλπ. Χρησιμοποιείται ακόμη ως φίλτρο φωτός σε λαμπτήρες χαμηλής πίεσης ατμών νατρίου. Η υπέρυθρη ακτινοβολία αντανακλάται πίσω στον λαμπτήρα, αυξάνει τη θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωλήνα και έτσι βελτιώνει τις επιδόσεις του λαμπτήρα.^[2] Η αστάθεια όμως των τιμών του ινδίου αλλά και η αβεβαιότητα σχετικά με την απρόσκοπτη προμήθεια του μετάλλου έχουν επιταχύνει την ανάπτυξη διαφορετικών υποκατάστατων τόσο του ITO όσο και άλλων ενώσεων του ινδίου.^[69] Υποκατάστατα του ITO που αναπτύσσονται είναι:



Τα στρώματα οθόνης LCD

1. Φίλτρο κατακόρυφης πόλωσης του εισερχομένου φωτός
2. Γυάλινο υπόστρωμα με ηλεκτρόδια ITO
3. Παλλόμενα νήματα υγρών κρυστάλλων
4. Γυάλινο υπόστρωμα με ηλεκτρόδια ITO
5. Φίλτρο οριζόντιας πόλωσης
6. Ανακλαστική επιφάνεια που επιστρέφει το φως στον θεατή

Το οξειδίο αντιμονίου-κασσιτέρου για τις οθόνες LCD.

Οι νανοσωλήνες άνθρακα για εύκαμπτες οθόνες, ηλιακά κύτταρα και οθόνες αφής.

Το πολυ(3,4-αιθυλενο-διοξυβενζοφαινόλη (PEDOT)για εύκαμπτες οθόνες και οργανικές διόδους εκπομπής φωτός.

Το γραφένιο^[Σημ. 8] για ηλεκτρόδια σε ηλιακά κύτταρα αλλά και για οθόνες LCD.

Συγκολλητική σκόνη οξειδίου του ψευδαργύρου για οθόνες LCD.

- Ενώσεις του ινδίου με τα στοιχεία της 15ης ομάδας (άζωτο, φωσφόρος, αρσενικό, αντιμόνιο) όπως InP, InAs, InSb, χρησιμοποιούνται ως **ημιαγωγοί** με πολύ χρήσιμες ιδιότητες.^[61] Το ινδίο σ'αυτά τα υλικά έχει καθαρότητα μέχρι και 99,9999 %.^[Σημ. 9] Ως ημιαγωγό χρησιμοποιούνται και ενώσεις όπως το $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}$, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ κ.ά. Το τριμεθυλ-ίνδιο χρησιμοποιείται ως πρόδρομη ένωση για την κατασκευή ημιαγωγών III-VI ή III-V με χημικά στοιχεία των ομάδων 13-16 και 13-15 του περιοδικού πίνακα αντίστοιχα,^[70] ενώ η ένωση InSb έχει χρησιμοποιηθεί και για υπέρυθρους ανιχνευτές σε στρατιωτικές εφαρμογές αλλά η χρήση της είναι περιορισμένη, διότι πρέπει να διατηρείται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία με ψύξη με υγρό άζωτο, ώστε να επιτευχθεί βέλτιστη απόδοση.^[2] Ειδικά ο InP μπορεί να αντικατασταθεί από το αρσενικούχο γάλλιο στα ηλιακά κύτταρα και στους ημιαγωγούς.^[69]
- Η ένωση $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$, με το εμπορικό όνομα CIGS (από τα αρχικά Copper Indium Gallium Selenide) χρησιμοποιείται στα **φωτοβολταϊκά κύτταρα** και για την παρασκευή λεπτών υμενίων ηλιακών κυψελίδων^[71]
- Η ένωση AlGaInP χρησιμοποιείται ως ημιαγωγός αλλά και στην παρασκευή διόδων εκπομπής φωτός (**light-emitting diode, LED**) κυρίως κόκκινου υψηλής φωτεινότητας, πορτοκαλί, πράσινου και κίτρινου. Επίσης χρησιμοποιείται στην κατασκευή διόδων λέιζερ.

Κράματα

- Όταν το ινδίο προστίθεται στον λευκόχρυσο (Pt) ή στον χρυσό (Au), τα μέταλλα αυτά γίνονται πιο σκληρά οπότε χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές συσκευές και σε οδοντιατρικά υλικά.
- Κράματα Pb-In χρησιμοποιούνται σε τμήματα εργαστηριακών σκευών επειδή είναι ανθεκτικά στη διάβρωση.
- Κράματα με Au και In έχουν απαλή μεταλλική λάμψη, καλή ελατότητα και ολκιμότητα και χρησιμοποιούνται για ανθεκτική συγκόλληση αντικείμενων σε σημεία που περιέχουν και γυάλινες προσθήκες.
- Κράμα που περιέχει 80 % άργυρο, 15 % ινδίο και 5 % κάδμιο χρησιμοποιείται από την εταιρεία Westinghouse Electric για ράβδους πυρηνικού ελέγχου.^[68] Το στοιχείο άφνιο μπορεί να αντικαταστήσει το ινδίο σ' αυτές τις ράβδους.
- Τα εύηκτα κράματα με ινδίο έχουν πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Επειδή πολλά από αυτά δεν είναι καθόλου τοξικά και έχουν πολύ χαμηλό σημείο τήξης δηλ. είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου, βρίσκουν αυξημένη χρήση σε διάφορες εφαρμογές στις οποίες παλιότερα ήταν απαραίτητος ο, εξαιρετικά τοξικός, υδράργυρος. Το πιο σημαντικό είναι ότι οι τάσεις ατμών τους είναι σημαντικά χαμηλότερες από του υδραργύρου. Χρησιμοποιούνται ακόμη σε ειδικές εφαρμογές απαγωγής της θερμότητας από τα ευαίσθητα μέρη διαφόρων οργάνων καθώς και σε τυπικές εφαρμογές που περιλαμβάνουν θερμοστάτες, διακόπτες, βαρόμετρα, συστήματα μεταφοράς θερμότητας, θερμικής ψύξης και θέρμανσης.^[65] Εύηκτα κράματα του ινδίου με κασσίτερο, κάδμιο άργυρο, μόλυβδο, βισμούθιο χρησιμοποιούνται για ειδικές συγκολλήσεις.^[2]
- Άλλα κράματα χρησιμοποιούνται στη διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης κατά την οποία η διαφορά στο ποσό της θερμότητας προκειμένου να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός δείγματος αναφοράς, μετρείται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας.



Όλκιμο σύρμα ινδίου

Άλλες χρήσεις του ινδίου και των ενώσεών του

- Επειδή το ινδίο είναι πολύ μαλακό και ελατό, μπορεί να συμπληρώσει τα κενά μεταξύ δύο επιφανειών σε επαφή, ακόμη και σε θερμοκρασίες υγρού αζώτου.
- Το σημείο τήξης του ινδίου, 429,7485 K (156,5985 °C), αποτελεί σταθερό σημείο αναφοράς στη διεθνή κλίμακα θερμοκρασίας ITS-90.^[72]
- Η χρήση του στις περισσότερες αλκαλικές μπαταρίες τις καθιστά πιο φιλικές προς το περιβάλλον, καταργώντας τον υδράργυρο και παρέχοντας περισσότερη ενέργεια ανά μπαταρία.
- Χρησιμοποιείται ακόμη στις συγκολλήσεις υλικών που δε μπορούν να κολλήσουν με παραδοσιακούς τρόπους όπως τα κεραμικά, ο χαλαζίας ή κρυστάλλα ειδικών χρήσεων. Επίσης αξιοποιείται στη συγκόλληση υλικών με διαφορετική θερμική αγωγιμότητα για να μην ξεκολλάν με τις αλλαγές της θερμοκρασίας.^[65]

- Στεγανωτικά παρεμβύσματα ινδίου συνήθως με μορφή σύρματος διαμέτρου 0,7-1,5 mm, βαλβίδες, φλάντζες, μεταλλικοί σύνδεσμοι, δακτύλιοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε στεγανοποιήσεις κενού.^[73]
- Ειδικό επίστρωμα ινδίου που κατασκευάστηκε από την εταιρεία Davidson Instrument Panels Textron με εναπόθεση υπό κενό του μετάλλου πάνω σε προκατεργασμένο μαλακό υπόστρωμα πολυμερούς με τη μορφή ασυνεχών μικροσκοπικών νησίδων, μπορεί να κάμπτεται συνεχώς πολλές φορές χωρίς ρωγμές και χρησιμοποιείται σε θερμοπλαστικά ελαστομερή πολυουρεθάνης τα οποία τοποθετούνται σε σχάρες των ψυγείων των αυτοκινήτων.^[68]
- Το ουδέτερο ένυδρο θειικό ίνδιο (III), $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, χρησιμοποιείται σε επικαλύψεις και επιστρώματα.
- Ενώσεις στις οποίες το ίνδιο έχει αριθμό οξείδωσης +2, όπως το InCl_2 , χρησιμοποιούνται συχνά ως μονο-ηλεκτρονιακά αναγωγικά μέσα οπότε οξειδώνονται και το ίνδιο αποκτά αριθμό οξείδωσης +3 που είναι και σταθερότερος.^[74]
- Το ραδιενεργό ^{111}In , το οποίο εκπέμπει ακτινοβολία γ με ενέργεια 172 και 245 KeV, χρησιμοποιείται κυρίως συνδεδεμένο με το διαιθυλενο-τριαμινο-πενταοξικό οξύ, DTPA, για τη δεξαμενογραφία του εγκεφάλου και συνδεδεμένο με το οκτρεοτίδιο^[Σημ. 10] για την απεικόνιση διαφόρων όγκων, αλλά η κυριότερη χρησιμότητά του προκύπτει από τη σύνδεσή του με διάφορα αντισώματα ή αντιγόνα για τη σπινθηρογραφική απεικόνιση διαφόρων καρκινωμάτων και των μεταστάσεων αυτών. Επίσης χρησιμοποιείται το ^{113}In ως $^{113\text{m}}\text{InCl}$ και ως $^{113\text{m}}\text{In-DTPA}$.^[75]

Ανακύκλωση ινδίου

Δεδομένα για την ποσότητα της δευτεροβάθμιας ανάκτησης ινδίου από τα απορρίμματα δεν είναι διαθέσιμα. Το ανακυκλούμενο ίνδιο συνήθως ανακτάται από το οξείδιο ινδίου-κασσιτέρου (ITO). Η μέθοδος ψεκασμού που εφαρμόζεται για την κάλυψη με υμένιο ITO του υποστρώματος είναι αναποτελεσματική γιατί μόνο περίπου το 30 % του ITO επικάθεται επάνω στο υπόστρωμα και το υπόλοιπο 70% κάθεται κυρίως πάνω στα τοιχώματα του θαλάμου ψεκασμού. Από το ITO που χάνεται, εκτιμάται ότι ανακτάται περίπου το 60 % με 65 % ενώ γίνονται συνεχείς προσπάθειες για να αυξηθούν αυτά τα ποσοστά. Η ανακύκλωση του ITO επικεντρώνεται στην Κίνα, στην Ιαπωνία και στη Νότια Κορέα, χώρες που το παράγουν και εφαρμόζουν τη μέθοδο του ψεκασμού.

Ένας κατασκευαστής οθονών LCD έχει αναπτύξει μια διαδικασία για ανάκτηση του ινδίου απευθείας από θραύσματα των πάνελ LCD. Τα εν λόγω απορρίμματα όμως αφενός περιέχουν μικρές ποσότητες ινδίου και αφετέρου είναι δύσκολη η επεξεργασία τους. Ωστόσο, οι πρόσφατες βελτιώσεις στην τεχνολογία έχουν κάνει την ανάκτηση του ινδίου από απορρίμματα βιώσιμη εφόσον η τιμή του ινδίου παραμένει υψηλή.^[69]

Σημειώσεις

- Ορισμένες πηγές αναφέρουν περιεκτικότητα του φλοιού της γης (συμπεριλαμβανομένης της υδρόσφαιρας και της ατμόσφαιρας) σε ίνδιο 0,1 ppm, ενώ άλλες αναφέρουν μέχρι και 0,25 ppm
- Είναι είδος μεταμορφωσιγενούς πετρώματος που σχηματίζεται συνήθως από χημικές διεργασίες στις ζώνες επαφής μαγματικών (π.χ. γρανιτικών) διεισδύσεων με ανθρακούχα πετρώματα όπως ασβεστόλιθοι και δολομίτες
- Σύμφωνα με το Γραφείο Ορυκτών και τη Γεωλογική Υπηρεσία των Η.Π.Α., τα αποθέματα αναφέρονται στην ποσότητα μετάλλου η οποία μπορεί να εξορυχθεί άμεσα και να γίνει η επεξεργασία της με κέρδος λόγω των τιμών του μετάλλου, της διαθέσιμης τεχνολογίας, και των οικονομικών συνθηκών που επικρατούσαν κατά τον χρόνο που έγινε η εκτίμηση. Στα αποθέματα βάσης συμπεριλαμβάνονται όχι μόνο τα αποθέματα αλλά και οι ποσότητες του μετάλλου που υπάρχουν στον στερεό φλοιό της γης και για τις οποίες θα μπορούσε μελλοντικά να γίνει οικονομικά συμφέρουσα η εξόρυξή τους.
- Τιμές δολαρίου 2008
- Αρχέγονα νουκλίδια ή αρχέγονα ισότοπα είναι εκείνα που βρέθηκαν στη Γη και τα οποία υπήρχαν με τη σημερινή τους μορφή πριν σχηματιστεί η Γη, σύμφωνα με τη θεωρία της αστρικής εξέλιξης.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Είναι το Εθνικό Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών. Το NIOSH είναι υπεύθυνο για την έρευνα και την ανάπτυξη, προτείνει πρότυπα υγείας και ασφάλειας αλλά δε νομοθετεί. Το *REL* (Recommended Exposure Limit) είναι το μέγιστο όριο έκθεσης στον ρυπαντή.
- Time Weighted Average (TWA). Είναι η χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή που αποτελεί όριο έκθεσης βασισμένο στην εργασία 8 ωρών/ημέρα και 40 ωρών/εβδομάδα.
- Το γραφένιο (graphene) είναι μια μορφή του άνθρακα που ανακαλύφθηκε το 2004 και χρησιμοποιείται για την κατασκευή εξαιρετικά λεπτών φύλλων. Αποτελείται από άτομα άνθρακα διατεταγμένα σε ένα επίπεδο, αντί σε τρεις διαστάσεις όπως συμβαίνει με το ατομικό πλέγμα του γραφίτη. Αν αφεθούν ελεύθερα, αυτά τα επίπεδα φύλλα άνθρακα «τασалаκώνονται» και σχηματίζουν άμορφες μάζες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να αναπτυχθούν νέα είδη κβαντικών transistors.
- Η καθαρότητα 99,9999 % ενός οποιουδήποτε υλικού είναι γνωστή με το εμπορικό όνομα «έξι εννιάρες»
- Το οκτρεοτίδιο είναι συνθετικό ανάλογο της σωματοστατίνης η οποία είναι μια ορμόνη που εκκρίνεται από κύτταρα του παγκρέατος και ασκεί ανασταλτική δράση στην έκκριση ινσουλίνης και γλυκαγόνης

Παραπομπές

- Catherine E. Housecroft, A. G. Sharpe (Νοε 2007). *Inorganic chemistry* (http://books.google.gr/books?id=_1gFM51qpAMC&printsec=frontcover&dq=Inorganic+chemistry&hl=el&ei=JbhdTlrEA8qHsAaF35TxBw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false) (3η έκδοση). Pearson. ISBN 0131755536.
- Downs, A.J., επιμ. (1993). *Chemistry of Aluminium, Gallium, Indium and Thallium* (http://books.google.gr/books?id=v-04Kn758yIC&printsec=frontcover&dq=Chemistry+of+aluminium,+gallium,+indium,+and+thallium&hl=el&ei=ixMyTIm1NqCUsQbv0aDOBA&sa=X&oi=book_result&ct=book_thumbnail&resnum=1&ved=0CCQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false). ISBN 978-0-7514-0103-5.
- Schwarz-Schampera, Ulrich, Herzig, Peter M. (2002). *Indium, Geology, Mineralogy, and Economics* (http://books.google.gr/book?id=k7X_2_KnupMC&printsec=frontcover&dq=Indium+geology,+mineralogy,+and+economics&hl=el&ei=PrsyTMH5Ls2XONKX3ZMC&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false). Springer. ISBN 978-3-540-43135-0.
- Magnetic susceptibility of the elements and inorganic compounds (http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps_info/engineering/elementmagn.pdf) Αρχειοθετήθηκε https://web.archive.org/web/20040324080747/http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps_info/engineering/elementmagn.pdf 2004-03-24 στο *Wayback Machine*. , in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition, CRC press.
- Martienssen W., Warlimont H., επιμ. (2005). «Classes of materials». *Springer handbook of condensed matter and materials data* (http://books.google.gr/books?id=TnHJX79b3RwC&printsec=frontcover&dq=Springer+handbook+of+condensed+matter+and+materials+data&lr=&as_brr=3&ei=HPwFTLL8HpWizQTe6bG5DA&cd=1#v=onepage&q&f=false). Springer. ISBN 978-3-540-44376-6.
- «Indium Corporation of America. Commercial Indium. Physical Constants of Pure Indium» (<https://web.archive.org/web/20110417141938/http://www.indium.com/products/indiummetal/physicalconstants.php>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.indium.com/products/indiummetal/physicalconstants.php>) στις 17 Απριλίου 2011. Ανακτήθηκε στις 9 Ιουλίου 2010.

7. «Indium Statistics and Information» (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/mcs-2010-indiu.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries. January 2010. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/mcs-2010-indiu.pdf>. Ανακτήθηκε στις 9/7/2010.
8. Lenntech: Indium (<http://www.lenntech.com/periodic/elements/in.htm>)
9. Webmineral (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-In.shtml>)
10. Jeanne Mager Stellman (1998). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety: Chemical, industries and occupations* (http://books.google.gr/books?id=nDhpLa1rl44C&pg=PT123&dq=indium+occurrence&hl=el&ei=zeoyTLWwDd2osQbu4uTNBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CDYQ6AEwAg#v=onepage&q=indium%20occurrence&f=false). International Labour Office.
11. I. A. Given (1992). Howard L. Hartman, επιμ. *SME Mining engineering handbook* (http://books.google.gr/books?id=Wm6QMRaX9C4C&pg=PA77&dq=indium+refining&hl=el&ei=NLE2TMGYJm8jAf5g4WHBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=indium%20refining&f=false) (2η έκδοση). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. σελ. 77. ISBN 0-87335-100-2.
12. Gunnar F. Nordberg, Bruce A. Fowler, Monica Nordberg and Lars T. Friberg, επιμ. (2007). *Handbook on the Toxicology of Metals* (<http://books.google.gr/books?id=nKulgztuzL8C&pg=PA571&dq=m=4&ved=0CDQ6AEwAzgK#v=onepage&q=>) (3η έκδοση). Elsevier Inc. ISBN 978-0-12-369413-3.
13. «Fastmarkets Ltd Minor Metals Charts» (<https://web.archive.org/web/20110714101501/http://www.minormetals.com/?tab=2&site=4&lang=EN>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.minormetals.com/?tab=2&site=4&lang=EN>) στις 14 Ιουλίου 2011. Ανακτήθηκε στις 6 Ιουλίου 2010.
14. Venetskii, S. (1971). «Indium» (<http://www.springerlink.com/content/l671085tw7536307/>). *Metallurgist* 15 (2): 148–150. <http://www.springerlink.com/content/l671085tw7536307/>.
15. Emsley, John (2001). «Indium». *Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements* (<http://books.google.com/books?hl=el&id=j-Xu07p3cKwC&q=indium#v=onepage&q=indium&f=false>). Oxford, England, UK: Oxford University Press. σελίδες 192–194. ISBN 0-19-850340-7.
16. Mary Elvira Weeks. *Discovery of the Elements* (http://books.google.gr/books?id=SJK9BPDnWC&pg=PR1&dq=Mary+Elvira+elements+history&hl=el&ei=7XYzTLJIWUJjAftuGWBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=9&ved=0CE4Q6AEwCDgK#v=onepage&q=indium&f=false). Kessinger Publishing Company January 2003. ISBN 0766138720.
17. Aaron J. Ihde (1985). *The Development of Modern Chemistry* (http://books.google.gr/books?id=34KwmkU4LG0C&printsec=frontcover&dq=rhenium+discovery&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=indium&f=false). Dover Publications Inc. ISBN 9780486642352.
18. T. R. Crompton (2001). *Determination of Metals in Natural and Treated Water* (<http://books.google.gr/books?id=dQOneMLQNskC&pg=PA473&dq=#v=onepage&q=indium&f=false>). Oxford, England, UK: Taylor & Francis Ltd. ISBN 978-0-415-25072-6.
19. David R. Lide (2004). Taylor & Francis Ltd, επιμ. *CRC Handbook Chemistry and Physics* (<http://books.google.gr/books?id=WDIl8hA006AC&pg=SA4-PA26&dq=#v=onepage&q=indium&f=false>) (85η έκδοση). ISBN 0849304857.
20. Alina Kabata-Pendias (2001). *Trace Elements in Soils and Plants* (http://books.google.gr/books?id=Nowwb0xI9fYC&printsec=frontcover&dq=Trace+Elements+in+Soils+and+Plants&hl=el&ei=2CRFTK1o24g4icS4twg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false) (3η έκδοση). CRC Press. ISBN 0849315751.
21. John D. Jorgenson and Micheal W. George (2005). «Indium» (<http://pubs.usgs.gov/of/2004/1300/2004-1300.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Profile. <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1300/2004-1300.pdf>. Ανακτήθηκε στις 9/10/2010.
22. G. Singh (2007). *Chemistry of d-block elements* (http://books.google.gr/books?id=SsGyVDLX7cAC&pg=PA3&dq=Chemistry+of+d-block+elements&hl=el&ei=KVE9T1ONNISd4Q6bTLDGAg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=). New Delhi: Discovery Publ. House. ISBN 8183562426.
23. Μανωλκίδης Κ., Μπέζας Κ. (1976). *Χημικές αντιδράσεις*. Αθήνα.
24. Wilhelm Morawiez: *Herstellung von hochreinem Indium durch Amalgam-Elektrolyse*. In: *Chemie Ingenieur Technik – CIT*. 1964, 36, 4.
25. Amy C. Tolcin (June 2012). «2010 Minerals Yearbook INDIUM (ADVANCE RELEASE)» (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/myb1-2010-indiu.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/myb1-2010-indiu.pdf>. Ανακτήθηκε στις 9/9/2012.
26. C.A. DiFrancesco (retired), M.W. George, J.F. Carlin, Jr., and A.C. Tolcin. «INDIUM STATISTICS U.S. GEOLOGICAL SURVEY» (<http://web.archive.org/web/20100626030426/http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/indium.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<https://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/indium.pdf>) στις 2010-06-26. <https://web.archive.org/web/20100626030426/http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/indium.pdf>. Ανακτήθηκε στις 9/7/2010.
27. Caleb Hornbostel (1991). *Construction Materials: Types, Uses and Applications* (<http://books.google.gr/books?id=oaxKD0pEKxkC&pg=PA362&dq=#v=onepage&q&f=false>) (2η έκδοση). New York [u.a.] : Wiley. ISBN 978-0-471-85145-5.
28. Claire Mikolajczak (September 2009). «AVAILABILITY OF INDIUM AND GALLIUM» (https://web.archive.org/web/20151005002449/http://www.commodityintelligence.com/images/2010/jan/11%20jan/availability_of_indium_and_galliumwhite_papermikolajczak_sept09.pdf) (PDF). *Indium Corporation*. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.commodityintelligence.com/images/2010/jan/11%20jan/availability_of_indium_and_galliumwhite_papermikolajczak_sept09.pdf) στις 2015-10-05. https://web.archive.org/web/20151005002449/http://www.commodityintelligence.com/images/2010/jan/11%20jan/availability_of_indium_and_galliumwhite_papermikolajczak_sept09.pdf. Ανακτήθηκε στις 9/7/2010.
29. «Lipmann Walton & Co Ltd. THE MOST EXPENSIVE ELEMENTS» (<https://web.archive.org/web/20090522122924/http://www.lipmann.co.uk/facts/expensive.html>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.lipmann.co.uk/facts/expensive.html>) στις 22 Μαΐου 2009. Ανακτήθηκε στις 16 Ιουλίου 2010.
30. Robert D. Brown, Jr. «Annual Average U.S. Indium Price 1959-1998» (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/490798.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey: 57-59. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/490798.pdf>. Ανακτήθηκε στις 12/7/2010.
31. «Roskill : Minor & Light Metals/The Economics of Indium» (<https://web.archive.org/web/20100628065158/http://www.roskill.com/report/s/minor-and-light-metals/indium>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.roskill.com/report/s/minor-and-light-metals/indium>) στις 28 Ιουνίου 2010. Ανακτήθηκε στις 12 Ιουλίου 2010.
32. «MARKET TRENDS: Price of Indium Rises Steeply» (http://findarticles.com/p/articles/mi_go2351/is_200311/ai_n6520720/). Αρχειοθετήθηκε (https://archive.today/20120714062550/findarticles.com/p/articles/mi_go2351/is_200311/ai_n6520720/) από το πρωτότυπο στις 14 Ιουλίου 2012. Ανακτήθηκε στις 14 Ιουλίου 2012.
33. «Indium Corporation of America. The Indium Corporation is confident of the sustained indium metal supply» (<https://web.archive.org/web/20100715231043/http://www.indium.com/supply.php>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.indium.com/supply.php>) στις 15 Ιουλίου 2010. Ανακτήθηκε στις 12 Ιουλίου 2010.
34. «The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90)» (https://web.archive.org/web/20080515210403/http://www.physics.rutgers.edu/ugrad/387/388s06/material_phys_pc_l/Int_Temp_Scale_1990.pdf) (PDF). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.physics.rutgers.edu/ugrad/387/388s06/material_phys_pc_l/Int_Temp_Scale_1990.pdf) στις 15 Μαΐου 2008. Ανακτήθηκε στις 12 Ιουλίου 2010.
35. WolframAlpha : metallic elements melting point (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=metals+melting+point>)
36. WolframAlpha : metallic elements boiling point (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=metallic+elements+boiling+points>)
37. WolframAlpha : metallic elements electrical conductivity (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=metallic+elements+electrical+conductivity>)
38. Harry Chandler (1 Ιανουαρίου 1998). *Metallurgy for the non-metallurgist* (http://books.google.gr/books?id=arupok8PTBEC&printsec=frontcover&dq=Metallurgy+for+the+non-metallurgist&hl=el&ei=v3MkTOz2GpmgOPLFnN4C&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false). ASM International. ISBN 0-87170-652-0.
39. WebElements : Indium (<http://www.webelements.com/>)

40. Μπαζάκης Ι.Α. *Γενική Χημεία*. Αθήνα.
41. Gary Wulfsberg (2000). *Inorganic chemistry* (http://books.google.gr/books?id=hpWzxTnQH14C&printsec=frontcover&dq=Inorganic+chemistry&hl=el&ei=t3B3TN6lZKA4AammYwFBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCQ6AEwAA#v=onepage&q=). Sausalito, Calif. [Great Britain] : University Science Books. ISBN 1891389017.
42. Freshney periodic table on line. Indium (<http://freshney.co.uk/>)
43. Μανουσάκης Γ.Ε. (1994). *Γενική και Ανόργανη Χημεία*. Αφοι Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη. ISBN 9603432725.
44. Henderson W. (2000). *Main Group Chemistry* (http://books.google.gr/books?id=twDXz1jVfOsC&printsec=frontcover&dq=Main+group+chemistry&hl=el&ei=tUY9TLDP0OKfONr8wMIP&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false). Cambridge : Royal Society of Chemistry. ISBN 978-0-85404-617-1.
45. Paul G. Abrams, Alan R. Fritzberg (2000). *Radioimmunotherapy of cancer* (http://books.google.gr/books?id=z0BSGG0cEwC&printsec=frontcover&dq=Radioimmunotherapy+of+cancer&hl=el&ei=xkE9TLHgIsG44gaS-9DGA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false). Informa Healthcare. ISBN 0824702778.
46. Egon Wiberg; Nils Wiberg; A F Holleman (2001). *Inorganic chemistry* (<http://books.google.gr/books?id=Mth5g59dEiC&printsec=frontcover&dq=#v=onepage&q&f=false>). San Diego, Calif. : Berlin : Academic Press, W. de Gruyter. ISBN 0123526515.
47. Pradyot Patnaik, John A. Dean (2004). *Dean's analytical chemistry handbook* (http://books.google.gr/books?id=CQ7tshHsZe4C&printsec=frontcover&dq=Dean%27s+analytical+chemistry+handbook&hl=el&ei=7EVDTO3dO4uRjAeu2PEV&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false) (2η έκδοση). New York : McGraw-Hill. ISBN 0071410600.
48. Fred Rosebury (1993). New York : American Inst. of Physics, επιμ. *Handbook of electron tube and vacuum techniques* (http://books.google.com/books?id=yBmnaODnHgC&printsec=frontcover&hl=el&source=gb_s_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q&f=false). Springer. ISBN 978-1-56396-121-2.
49. G. Audi, O. Bersillon, J. Blachot, A. H. Wapstra (2003). «The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties» (<https://web.archive.org/web/20080923135135/http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf>) (PDF). *Nuclear Physics. Bd A* (729). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf>) στις 2008-09-23. <https://web.archive.org/web/20080923135135/http://www.nndc.bnl.gov/amdc/nubase/Nubase2003.pdf>. Ανακτήθηκε στις 12/7/2010.
50. Jeanne Mager Stellman, επιμ. (1998). *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety: Chemical, industries and occupations* (<http://books.google.gr/books?id=nDhpLa1r44C&pg=P.T139&dq=#v=onepage&q&f=false>) (4η έκδοση). International Labour Office. ISBN 92-2-109816-8.
51. Health and Human Services Dept., Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Education and Information Division, επιμ. (2005). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, August 2006 (Book)* (http://books.google.gr/books?id=Za1ci8pBP0C&pg=PA261&dq=platinum+exposure+limits&as_brr=3&ei=emgRTMv8IovuywTc0YTacg&cd=5#v=onepage&q&f=false). ISBN 9780160727511.
52. N. Pradeep Sharma (1998). *Dictionary Of Chemistry* (http://books.google.gr/books?id=tz5dh8VolfQC&printsec=frontcover&dq=Dictionary+Of+Chemistry&hl=el&ei=gHc9TP32IomA4Qbp3fnFag&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false). Gyan Publishing House. ISBN 81-212-0593-X.
53. Kenneth Malcolm Mackay, Rosemary Ann Mackay, W. Henderson (18 Νοεμβρίου 2002). *Introduction to modern inorganic chemistry* (http://books.google.gr/books?id=STxHXRR4VKIC&printsec=frontcover&dq=industrialinorganicchemistry&lr=&source=gb_s_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q&f=false) (6η έκδοση). CRC Press. ISBN 9780748764204.
54. Jasinski J., Swider W., Washburn J., Liliental-Weber Z., Chaiken A., Nauka K., Gibson G. A., Yang C. C (2002). «Crystal structure of κ - In_2Se_3 » (http://apl.aip.org/applab/v81/i23/p4356_s1?isAuthorized=no). *Applied Physics Letters* 81 (23). http://apl.aip.org/applab/v81/i23/p4356_s1?isAuthorized=no. Ανακτήθηκε στις 15/7/2010.
55. In_4Te_3 und In_4Se_3 : Neubestimmung der Kristallstrukturen, druckabhängiges Verhalten und eine Bemerkung zur Nichtexistenz von In_4S_3 . U. Schwarz, H. Hillebrecht, H.J. Deiseroth, R. Walther Z. Krist. 210, 342-347 (1995)
56. J. H. C. Hogg (1971). «The crystal structure of In_6Se_7 » (<http://scripts.iucr.org/cgi-bin/paper?S056774087100445X>). *Acta Cryst. B* 27: 1630. <http://scripts.iucr.org/cgi-bin/paper?S056774087100445X>. Ανακτήθηκε στις 15/7/2010.
57. S. Geller and G. W. Hull (1964). «Superconductivity of Intermetallic Compounds with NaCl-Type and Related Structures» (http://prl.aps.org/abstract/PRL/v13/i4/p127_1). *Phys. Rev. Lett.* 13 (4): 127-129. http://prl.aps.org/abstract/PRL/v13/i4/p127_1. Ανακτήθηκε στις 15/7/2010.
58. T. Karakostas, N. F. Flevaris, N. Vlachavas, G. L. Bleris and N. A. Economou (1978). «The ordered state of In_3Te_4 » (<http://scripts.iucr.org/cgi-bin/paper?S0567739478000224>). *Acta Cryst. A* 34: 123-126. <http://scripts.iucr.org/cgi-bin/paper?S0567739478000224>. Ανακτήθηκε στις 15/7/2010.
59. H.J. Deiseroth, H.D. Müller (1995). «The Crystal Structures of Heptagallium- and Heptaindiumdecatellurides: $\text{Ga}_7\text{Te}_{10}$ and $\text{In}_7\text{Te}_{10}$ ». *Z. Krist.* 210: 57-58.
60. H. J. Deiseroth, H. Thurn, P. Amann (9 Nov 2004). «Die Pentatelluride M_2Te_5 (M = Al, Ga, In): Polymorphie, Strukturbeziehungen und Homogenitätsbereiche» (<http://www3.interscience.wiley.com/journal/109785527/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>). *Z für anorg und allgem Chemie* 622 (6): 985 - 993. <http://www3.interscience.wiley.com/journal/109785527/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>. Ανακτήθηκε στις 15/7/2010.
61. New Semiconductor Materials. Characteristics and Properties (<http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond/index.html>)
62. Heather Hasan (2010). *The boron elements: boron, aluminum, gallium, indium, thallium* (http://books.google.gr/books?id=46FLKqyFdDsC&printsec=frontcover&dq=The+Boron+Elements:+Boron,+Aluminum,+Gallium,+Indium,+Thallium&hl=el&ei=8uZDTMzZO4GRJAfxuVV&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false). New York : Rosen Pub. ISBN 9781435853331.
63. Mel Schwartz (2002). *Encyclopedia of materials, parts, and finishes* (http://books.google.gr/books?id=6fdmMujOrNEC&printsec=frontcover&dq=Encyclopedia+of+materials,+parts,+and+finishes&hl=el&ei=Jw9ETleLGZIT4gazqSZDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false). CRC Press. ISBN 1566766613.
64. Michael Baucio (1993). *ASM metals reference book* (http://books.google.gr/books?id=9ohkDUryVZ0C&pg=PA42&dq=indium+fusible+alloys&hl=el&ei=kgZETMmMJYX94AbZ3oCfDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGAQ6AEwCQ#v=onepage&q&f=false) (3η έκδοση). Metals Park, Ohio: American Society for Metals. ISBN 0871704781.
65. «Indium Corporation of America. Fusible Alloys» (<https://web.archive.org/web/20100704201423/http://www.indium.com/products/fusiblealloys.php>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.indium.com/products/fusiblealloys.php>) στις 19 Ιουλίου 2010. Ανακτήθηκε στις 19 Ιουλίου 2010.
66. Information Bridge: DOE Scientific and Technical Information. Gallium Safety in the Laboratory (PDF) (<https://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=0369917CFB0021E5F9B8CEBE804A4543?url=/811932-smXmM0/native/>)
67. «Applying Indium Oxide Nanowires as Sensitive and Specific Redox Protein Sensors» (<https://web.archive.org/web/20080808115137/http://www.foresight.org/Conferences/MNT11/Abstracts/Rouhanizadeh/index.html>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.foresight.org/Conferences/MNT11/Abstracts/Rouhanizadeh/index.html>) στις 8 Αυγούστου 2008. Ανακτήθηκε στις 17 Ιουλίου 2010.
68. George Stuart, Brady, John A., Vaccari, Henry R., Clauser (2002). *Materials Handbook* (http://books.google.gr/books?id=vlhvSQLhMhM&printsec=frontcover&dq=Materials+handbook:+an+encyclopedia+for+managers,+technical+professionals&hl=el&ei=IbETMvKAsKN4gbsm4SjAQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false) (15η έκδοση). McGraw-Hill Education - Europe. ISBN 007136076X.
69. Amy C. Tolcin (January 2010) (PDF). *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries* (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/mcs-2010-indiu.pdf>). <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/mcs-2010-indiu.pdf>. Ανακτήθηκε στις 20/7/2010.

70. Shenai, Deodatta V.; Timmons, Michael L.; DiCarlo Jr., Ronald L.; Marsman, Charles J. (2004). «Correlation of film properties and reduced impurity concentrations in sources for III/V-MOVPE using high-purity trimethylindium and tertiarybutylphosphine» (http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TJ6-4DHXJV5-8&_user=10&_coverDate=12/10/2004&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=eb4867da9419b4c225235a171c4920f4). *Journal of Crystal Growth* 272 (1–4): 603–608. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TJ6-4DHXJV5-8&_user=10&_coverDate=12/10/2004&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=eb4867da9419b4c225235a171c4920f4
71. Powalla, M.; Dimmler, B. (21 February 2000). «Scaling up issues of CIGS solar cells» (http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TW0-40962H5-3P&_user=10&_coverDate=02%2F21%2F2000&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=604c4f516ab0bcaaddbde86115305bbf). *Thin Solid Films* 361–362: 540–546. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TW0-40962H5-3P&_user=10&_coverDate=02%2F21%2F2000&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=604c4f516ab0bcaaddbde86115305bbf
72. The official reference for the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) (PDF) (http://www.bipm.org/utls/common/pdf/its-90/ITS-90_metrologia.pdf)
73. A. Roth (1994). *Vacuum sealing techniques* (<http://books.google.com/books?id=sdKAPJh5RgQC&printsec=frontcover&dq=#v=onepage&q&f=false>). Springer-Verlag New York, LLC. ISBN 1563962594.
74. Organic Chemistry Portal. Indium (low valent) (<https://www.organic-chemistry.org/chemicals/reductions/indiumlowvalent.shtml>)
75. Βασιλική Μήρτσου-Φιδάνη (1998). «Φυσικοχημικές Ιδιότητες και Φυσική Διασπορά των Κυριότερων Ραδιονουκλιδίων που Χρησιμοποιούνται στην Πυρηνική Ιατρική» (<https://web.archive.org/web/20040307073801/http://www.med.auth.gr/pub/nuclmed/gr/jan98/5.html#2>). *Τετραμηνιαίο Περιοδικό της Ελληνικής Εταιρείας Πυρηνικής Ιατρικής* 1 (1). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.med.auth.gr/pub/nuclmed/gr/jan98/5.html#2>) στις 2004-03-07. <https://web.archive.org/web/20040307073801/http://www.med.auth.gr> Ανακτήθηκε στις 20/7/2010.

Επιλεγμένη βιβλιογραφία

- Ebbing, Darrell D.· Gammon, Steven D. (2008). *General Chemistry* (9η έκδοση). Cengage Learning. ISBN 0-618-85748-6.
- Emsley, J. (2003). *Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements* (<https://archive.org/details/naturesbuildingb0000emsl>). Oxford University Press. ISBN 0-198-50340-7.
- Greenwood, Norman Neill· Earnshaw, Alan (1997). *Chemistry of the Elements* (2η έκδοση). Oxford: Butterworth–Heinemann. ISBN 0-7506-3365-4.
- Heather, Hasan (2010). *The Boron Elements: Boron, Aluminum, Gallium, Indium, Thallium (Understanding the Elements of the Periodic Table)* (<https://archive.org/details/boronelementsbor0000hasa>). New York: Rosen Publishing Group. ISBN 978-1-43585-333-1.
- Housecroft, Catherine E.· Sharpe, Alan G. (2005). *Inorganic chemistry*. Pearson Education Limited. ISBN 978-0-1317-5553-6.
- Downs, Anthony John (1993). *Chemistry of aluminium, gallium, indium and thallium* (http://books.google.gr/books?id=v-04Kn758ylC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Glasgow: Blackie Academic & Professional. ISBN 0-7514-0103-X. Ανακτήθηκε στις 29 Ιανουαρίου 2014.
- Μανουσάκης, Γεώργιος Ε. (1994). *Γενική και Ανόργανη Χημεία*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη. ISBN 960-343-272-5.
- Pauling, Linus (1988). *General Chemistry* (https://archive.org/details/generalchemistry00paul_0) (3η έκδοση). Dover Publications. ISBN 978-04866-5622-9.
- Schwarz-Schampera, Ulrich· Herzig, Peter M. (2002). *Indium (Geology, Mineralogy, and Economics)* (<https://archive.org/details/indiumgeologymin0000schw>). Springer. ISBN 978-3-540-43135-0.
- Schwartz, Mel (2002). *Encyclopedia and Handbook of Materials, Parts and Finishes* (2η έκδοση). CRC Press. ISBN 978-15667-6661-6.
- Weeks, Mary Elvira (1933). *Discovery of the elements*. Journal of Chemical Education. ISBN 0-766-13872-0.
- Egon Wiberg Egon· Arnold Frederick Holleman· Nils Wiberg· Bernhard J. Aylett· William Brewer· Mary Eagleson (2001). *Inorganic chemistry*. San Diego, California: Academic Press. ISBN 0-123-52651-5. OCLC 833903147 (<https://www.worldcat.org/oclc/833903147>).

Εξωτερικοί σύνδεσμοι

- Theodore Gray : Elements Display (<http://www.theodoregray.com/periodictabledisplay/Elements/049/index.s9.html>)
- Mineral Species containing Indium (In) (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-In.shtml>)
- Library of Inorganic Structures : In (<http://web.archive.org/web/20100917193759/http://3dchem.com/element.asp?selected=In>)
- Pictures of Indium, its minerals and applications (<http://periodictable.com/Elements/049/pictures.pr.html>)
- A metal alloy that is liquid at room temperature (http://scitoys.com/scitoys/scitoys/thermo/liquid_metal/liquid_metal.html)

Ανακτήθηκε από "https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Ινδίο&oldid=10772890"