



# Τιτάνιο

Το χημικό στοιχείο **τιτάνιο** (titanium) είναι πολύ ανθεκτικό, αργυρόλευκο, όλκιμο μέταλλο μικρής πυκνότητας. Ο ατομικός αριθμός του είναι 22 και η σχετική ατομική μάζα του 47,867. Το χημικό του σύμβολο είναι "**Ti**" και ανήκει στην ομάδα 4 του περιοδικού πίνακα, στην περίοδο 4, στο d-block και στην 1η κύρια σειρά των στοιχείων μετάπτωσης. Έχει θερμοκρασία τήξης 1668 °C και θερμοκρασία βρασμού 3287 °C.

Το τιτάνιο είναι το 9ο πιο άφθονο στοιχείο και αποτελεί περίπου το 0,6 % w/w του στερεού φλοιού της Γης<sup>[3]</sup>. Βρίσκεται σχεδόν σε όλα τα έμβια όντα, τα πετρώματα, τα υδατικά συστήματα και τα εδάφη <sup>[4]</sup>. Αφθονότερα από το τιτάνιο είναι κατά φθίνουσα σειρά τα χημικά στοιχεία: οξυγόνο, πυρίτιο, αργίλιο, σίδηρος, ασβέστιο, μαγνήσιο, νάτριο, κάλιο<sup>[5]</sup>.

Εμφανίζεται στη φύση πάντα ενωμένο και στα ορυκτά του υπάρχει συνήθως οξυγόνο αλλά και αλκαλιμέταλλα, μέταλλα αλκαλικών γαιών, σίδηρος, μαγγάνιο, χαλκός, πυρίτιο κ.ά.<sup>[6]</sup>. Τα κυριότερα ορυκτά από τα οποία και εξάγεται είναι το ρουτίλιο (TiO<sub>2</sub>) και ο ιλμενίτης (Fe<sup>++</sup>TiO<sub>3</sub>) που είναι πολύ διασπαρμένα σε όλη τη Γη. Επίσης εξάγεται και από το λευκόξενο<sup>[Σημ. 1]</sup>. Επιπλέον, σκουριά (scrap) υψηλής περιεκτικότητας σε TiO<sub>2</sub> (75% έως 85%) παράγεται από τον ιλμενίτη στον Καναδά, τη Νορβηγία και τη Δημοκρατία της Νοτίου Αφρικής<sup>[3]</sup>. Από τα άλλα ορυκτά του τιτανίου λίγα έχουν βιομηχανικό ενδιαφέρον και τα κυριότερα είναι ο μπρουκίτης και ο ανατάσης και τα δύο με την ίδια χημική σύσταση, οξείδιο του τιτανίου (IV), TiO<sub>2</sub>, αλλά διαφορετικά συστήματα κρυστάλλωσης, ο περοβσκίτης, CaTiO<sub>3</sub>, ο τιτανίτης, CaTiSiO<sub>5</sub> κ.ά.<sup>[6]</sup>. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής ιλμενίτη από ορυχεία είναι η Αυστραλία, η Νότια Αφρική, η Κίνα, ο Καναδάς. Ρουτίλιο από ορυχεία εξορύσσεται κυρίως στην Αυστραλία, στη Νότια Αφρική, στη Σιέρρα Λεόνε και στην Ουκρανία. Σπογγώδες τιτάνιο παρήγαγαν κυρίως η Κίνα, η Ιαπωνία, η Ρωσία και το Καζακστάν, ενώ λευκή χρωστική παράγουν κυρίως οι Η.Π.Α. και η Κίνα<sup>[3]</sup>.

## Τιτάνιο

Σκάνδιο	←	Τιτάνιο	→	Βανάδιο
-				
↑				
Ti				
↓				
Ζirkόνιο				

Περιοδικός Πίνακας



Κρυσταλλικό τιτάνιο καθαρότητας 99,995 %.

Μάζα ≈ 283 g, μήκος ≈ 14 cm, διάμετρος ≈ 2,55 cm

## Ιστορία

### Ταυτότητα του στοιχείου

Όνομα, σύμβολο	Τιτάνιο (Ti)
Ατομικός αριθμός (Z)	22
Κατηγορία	στοιχείο μετάπτωσης
ομάδα, περίοδος, τομέας	4 ,4, d
Σχετική ατομική μάζα (A <sub>r</sub> )	47,867(1) <sup>[1]</sup>
Ηλεκτρονική διαμόρφωση	[Ar] 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>
Αριθμός EINECS	231-142-3
Αριθμός CAS	7440-32-6

### Ατομικές ιδιότητες

Ατομική ακτίνα	147 pm
Ομοιοπολική ακτίνα	160±8 pm
Ηλεκτραρνητικότητα	1,54
Κυριότεροι αριθμοί οξειδωσης	+4, +3
Ενέργειες ιονισμού	1η: 658,8 KJ/mol 2η: 1309,8 KJ/mol 3η: 2652,5 KJ/mol

### Φυσικά χαρακτηριστικά

Κρυσταλλικό σύστημα	εξαγωνικό (α-Ti)
---------------------	------------------

Το τιτάνιο ανακαλύφθηκε το 1791 από τον Ουίλιαμ Γκρέγκορ. Το όνομα αποδόθηκε από το Γερμανό χημικό Μάρτιν Χάινριχ Κλάπροθ το 1794 και προέρχεται από το ελληνικό μυθολογικό όνομα «Τιτάν».

Το καθαρό μέταλλο είναι ελαφρύ και έχει εξαιρετική δύναμη και αντοχή στη διάβρωση. Έχει παραπλήσια χημική συμπεριφορά με το πυρίτιο και το ζirkόνιο. Σε υψηλές θερμοκρασίες καίγεται στην ατμόσφαιρα και στο καθαρό άζωτο. Είναι όλκιμο και εύπλαστο όταν θερμαίνεται. Είναι αδιάλυτο στο νερό, αλλά διαλυτό στα πυκνά οξέα<sup>[7]</sup>. Δεν προσβάλλεται από τις βάσεις<sup>[8]</sup>.

Εμφανίζεται σε δύο κυρίως αλλοτροπικές μορφές την α- στις συνηθισμένες συνθήκες και τη β- που εμφανίζεται σε θερμοκρασία πάνω από τους 882 °C<sup>[2]</sup>.

Στις ενώσεις του παρουσιάζεται με δύο κυρίως αριθμούς οξείδωσης, +4 και +3.

Το τιτάνιο δεν είναι τοξικό μέταλλο. Η ευρεία χρήση του σε ιατρικές εφαρμογές αλλά και πολλές μελέτες αποδεικνύουν ότι είναι αδρανές και βιοσυμβατό τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τα ζώα. Έχει παρατηρηθεί όμως ότι ορισμένες ενώσεις του αλλά και το ίδιο το μέταλλο, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό<sup>[9]</sup>.

Το τιτάνιο, επειδή συνδυάζει μικρό βάρος και ανθεκτικότητα στη διάβρωση, χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα καθημερινής χρήσης όπως τρυπάνια, ποδήλατα, μπαστούνια του γκολφ, ρολόγια χειρός, φορητοί υπολογιστές, κοσμήματα, κινητά τηλέφωνα<sup>[7]</sup>. Σχηματίζει ανθεκτικά και ελαφρά κράματα με πολλά άλλα μέταλλα όπως με το σίδηρο, το αργίλιο, το βανάδιο, το μολυβδαίνιο κ.ά. Τα κράματα αυτά χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην αεροδιαστημική βιομηχανία για την κατασκευή κινητήρων, πυραύλων και διαστημικών οχημάτων. Επίσης χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικές και βιομηχανικές εφαρμογές, στην πετροχημική βιομηχανία, σε μονάδες αφαλάτωσης, χαρτοπολτού, στην αυτοκινητοβιομηχανία, στη γεωργία, στην ιατρική για την κατασκευή ορθοπεδικών υλικών, στην οδοντιατρική για την κατασκευή εμφυτευμάτων κλπ.

Μόνο το 5% της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής ορυκτών τιτανίου προορίζεται για παραγωγή μεταλλικού τιτανίου. Το υπόλοιπο 95% χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή λευκής χρωστικής ουσίας με τύπο  $TiO_2$ . Λόγω της εξαιρετικής λευκότητας και του υψηλού δείκτη διάθλασης, το  $TiO_2$  είναι η κυρίαρχη λευκή χρωστική ουσία για βαφές, χαρτί, πλαστικές ύλες, καουτσούκ, οδοντόπαστες, τρόφιμα και διάφορα άλλα υλικά.<sup>[3]</sup>

<u>Σημείο τήξης</u>	1668 °C (3034 °F) (1941 K)
<u>Σημείο βρασμού</u>	3287 °C (5949 °F) (3560 K)
<u>Πυκνότητα</u>	4,506 g/cm <sup>3</sup>
<u>Ενθαλπία τήξης</u>	14,15 KJ/mol
<u>Ενθαλπία εξάτμισης</u>	425 KJ/mol
<u>Ειδική θερμοχωρητικότητα</u>	25,06 J/mol·K
<u>Μαγνητική συμπεριφορά</u>	παραμαγνητικό
<u>Ειδική ηλεκτρική αντίσταση</u>	(20 °C) 420 nΩ·m
<u>Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα</u>	2,5 MS/m
<u>Ειδική θερμική αγωγιμότητα</u>	(27 °C) 21,9 W/(m·K)
<u>Σκληρότητα Mohs</u>	6,0
<u>Σκληρότητα Vickers</u>	970 MPa
<u>Σκληρότητα Brinell</u>	716 MPa
<u>Μέτρο ελαστικότητας (Young's modulus)</u>	116 GPa
<u>Μέτρο διάτμησης (Shear modulus)</u>	44 GPa
<u>Μέτρο ελαστικότητας όγκου (Bulk modulus)</u>	110 GPa
<u>Λόγος Poisson</u>	0,32
<u>Ταχύτητα του ήχου</u>	2920 m/s ( <u>εγκάρσια κύματα</u> ) 6260 m/s ( <u>διαμήκη κύματα</u> ) <sup>[2]</sup>
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

Το τιτάνιο στη φύση έχει πέντε σταθερά ισότοπα, από το  $^{46}\text{Ti}$  έως και το  $^{50}\text{Ti}$  με το ισότοπο  $^{48}\text{Ti}$  να βρίσκεται στο μεγαλύτερο ποσοστό, 73,8 %<sup>[10]</sup>.

## Ιστορία

Το τιτάνιο ανακαλύφθηκε το 1791 σε ένα ορυκτό στην Κορνουάλη της Αγγλίας από τον πάστορα και ερασιτέχνη γεωλόγο Ουίλιαμ Γκρέγκορ (William Gregor, 1761 – 1817) που ήταν τότε εφημέριος της ενορίας του χωριού Κριντ<sup>[11]</sup>. Ο Γκρέγκορ, που ήταν πολύ ικανός στη χημική ανάλυση διαφόρων ουσιών και είχε ήδη αναλύσει με μεγάλη επιτυχία ουσίες όπως το ανθρακικό βισμούθιο και το τοπάζιο<sup>[12]</sup>, ανακάλυψε σε ένα ρέμα στην κοντινή πεδιάδα της ενορίας Μάνακαν (Manaccan) μαύρη άμμο<sup>[Σημ. 2]</sup> που έμοιαζε με πυρίτιδα, αποτελούνταν από κόκκους διαφόρων μεγεθών και σχημάτων και ελκύνονταν από μαγνήτη. Η ανάλυση της άμμου που έκανε ο Γκρέγκορ έδειξε, όπως δημοσιεύθηκε την ίδια χρονιά στο γερμανικό επιστημονικό περιοδικό Crell's Annalen, ότι αυτή αποτελούνταν κυρίως από δύο οξείδια<sup>[12]</sup>:

Magnetite 469/16 %, Silica 31/2 %, Reddish Brown Calx 45 %, Loss 415/16 %

Ο μαγνητίτης (magnetite), που στην πραγματικότητα είναι επιτεταρτοξείδιο του σιδήρου,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , εξηγούσε τις μαγνητικές ιδιότητες της άμμου ενώ το απροσδιόριστο οξείδιο, τα καφεκόκκινα χαλίκια (reddish brown calx), διαλύονταν στο θειικό οξύ δίνοντας ένα κίτρινο διάλυμα που γινόταν ιώδες όταν αναγόταν από ψευδάργυρο, σίδηρο ή κασσίτερο ενώ όταν συντήκονταν με σκόνη άνθρακα, σχηματίζονταν ιώδη σφαιρίδια<sup>[12]</sup>. Ο Γκρέγκορ συνειδητοποίησε ότι το απροσδιόριστο υλικό περιείχε ένα μέταλλο άγνωστο μέχρι τότε και με τη διαπίστωση αυτή συμφώνησε και ο φίλος του Χόουκινς (John Hawkins, 1761 — 1841), γεωλόγος και συγγραφέας, όταν του έδειξε την άμμο. Ο Γκρέγκορ δημοσίευσε τις ανακαλύψεις του στη Βασιλική Γεωλογική Εταιρεία της Κορνουάλης<sup>[11]</sup>. Σκέφτηκε να ονομάσει το νέο μέταλλο μεναχανίτη<sup>[13]</sup> (από το όνομα της ενορίας στην οποία το ανακάλυψε), γνώριζε όμως ότι η δημοσίευσή του δεν ήταν μια πλήρης επιστημονική ανακοίνωση αλλά μάλλον καταγραφή ασύνδετων γεγονότων<sup>[12]</sup>. Τα αυξημένα του καθήκοντα στην ενορία τον απέτρεψαν από τη συνέχεια των ερευνών του πάνω στη μαγνητική μαύρη άμμο. Παραδόξως, ούτε και η ανακοίνωσή του τράβηξε το ενδιαφέρον των επιστημόνων της εποχής και σύντομα ξεχάστηκε. Ο ίδιος πέθανε τον Ιούνιο του 1817.

Την εποχή που ο Γκρέγκορ έκανε την ανακάλυψή του, ο Ούγγρος ορυκτολόγος Φραντς-Γιόζεφ Μίλλερ (Franz-Joseph Müller von Reichenstein, 1740 - 1825) που είχε ανακαλύψει το χημικό στοιχείο τελλούριο το 1782, παρήγαγε μια παραπλήσια ουσία με το οξείδιο του Γκρέγκορ, την οποία δε μπόρεσε να ταυτοποιήσει<sup>[13]</sup>.

Το 1795 ο Γερμανός χημικός και φαρμακοποιός Μάρτιν Κλάπροθ (Martin Heinrich Klaproth, 1743 – 1817), που είχε ανακαλύψει το 1789 το ουράνιο, απομόνωσε ανεξάρτητα ένα νέο οξείδιο (το  $\text{TiO}_2$ ) από ρουτίλιο της περιοχής Βοϊνίκ της Ουγγαρίας και διαπίστωσε ότι περιείχε ένα νέο στοιχείο το οποίο ονόμασε τιτάνιο από τους Τιτάνες της Ελληνικής μυθολογίας. Όταν έμαθε για την ανακάλυψη του Γκρέγκορ, προμηθεύτηκε δείγμα μεναχανίτη και επιβεβαίωσε ότι περιείχε τιτάνιο<sup>[11]</sup>. Ο Κλάπροθ δικαιολόγησε το όνομα του μετάλλου ως εξής<sup>[12]</sup>:

“Whenever no name can be found for a new fossil which indicates its peculiar and characteristic properties (in which situation I find myself at present), I think it best to choose such a denomination as means nothing of itself, and thus can give no rise to any erroneous

ideas. In consequence of this, as I did in the case of uranium, I shall borrow the name for this metallic substance from mythology, and in particular from the Titans, the first sons of the earth. I therefore call this new metallic genus TITANIUM.“

(Κάθε φορά που δεν έχει προταθεί όνομα για ένα νέο στοιχείο που να υποδηλώνει τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του (κατάσταση στην οποία βρίσκομαι σήμερα), σκέφτομαι ότι είναι καλύτερα να επιλεγεί ονομασία η οποία να μην υποδηλώνει τίποτα από μόνη της και επομένως να μην δημιουργεί εσφαλμένες παραστάσεις. Ως συνέχεια αυτής (της σκέψης), όπως έκανα και στην περίπτωση του ουρανίου, γι'αυτή τη μεταλλική ουσία θα δανειστώ το όνομα από τη μυθολογία και ιδίως από τους Τιτάνες, τους πρώτους γιους της γης. Ονομάζω, συνεπώς, το νέο αυτό μέταλλο TITANIO.)



Ο Martin Heinrich Klaproth έδωσε το όνομα στο τιτάνιο από τους μυθικούς Τιτάνες

Ούτε ο Γκρέγκορ ούτε ο Κλάπροθ κατόρθωσαν να απομονώσουν το νέο μέταλλο από το οξειδίό του. Παρόλο που ο Κλάπροθ προσπάθησε να ανάγει το οξείδιο, δεν το κατόρθωσε διότι είναι αδύνατον να εξαχθεί το τιτάνιο από το  $\text{TiO}_2$  με θέρμανση με άνθρακα επειδή σχηματίζεται καρβίδιο<sup>[11]</sup>. Πολλοί διάσημοι χημικοί, που είχαν απομονώσει πολλά άλλα χημικά στοιχεία, προσπάθησαν στο πρώτο μισό του 19ου αιώνα να απομονώσουν το τιτάνιο αλλά απέτυχαν: Ο Γάλλος χημικός και φαρμακοποιός Βωκλέν (Louis Nicolas Vauquelin), ο Γερμανός ορυκτολόγος και αναλυτικός χημικός Ρόζε (Heinrich Rose), ο Άγγλος φυσικός και χημικός Ουόλλαστον (William Hyde Wollaston), ο Σουηδός χημικός Μπερτσέλιους (Jöns Jacob Berzelius), ο Γερμανός Βόλερ (Friedrich Wöhler), ο Γάλλος Ντεβίγ (Henri Etienne Sainte-Claire Deville)<sup>[12]</sup>.

Το 1887 οι Σουηδοί Νίλσον (Lars Fredrik Nilson) και Πέτερσον (Otto Pettersson) από το Πανεπιστήμιο της Στοκχόλμης, κατόρθωσαν να παράγουν τιτάνιο καθαρότητας 95 % με αναγωγή του τετραχλωριούχου αλάτος ( $\text{TiCl}_4$ ) με νάτριο μέσα σε αεροστεγές ατσάλινο κυλινδρικό δοχείο, ενώ το τιτάνιο που απομόνωσε ο Γάλλος Μουασάν (Ferdinand Frederick Henri Moissan)<sup>[Σημ. 3]</sup> με τον ηλεκτρικό του φούρνο, ήταν καθαρότητας 98 %, δεν περιείχε άζωτο και πυρίτιο παρά μόνο 2 % άνθρακα<sup>[14]</sup>.

Τιτάνιο καθαρότητας 99,9 % τελικά παράχθηκε το 1910 στο Πολυτεχνείο Ράνσελαρ (Rensselaer Polytechnic Institute) από τον Νεοζηλανδό μεταλλουργό και εφευρέτη Μάθιου Χάντερ (Matthew Albert Hunter, 1878-1961), σε συνεργασία με την General Electric Company. Ο Χάντερ χρησιμοποίησε μια παραλλαγή της μεθόδου των Νίλσον και Πέτερσον, θερμαίνοντας  $\text{TiCl}_4$  μέσα σε χαλύβδινο δοχείο υψηλής πίεσης στους 700-800 °C, δημιουργώντας έτσι τη μέθοδο Hunder<sup>[14]</sup>.

Τιτάνιο, επίσης πολύ υψηλής καθαρότητας παράχθηκε σε μικρές ποσότητες, όταν οι Δανοί χημικοί Άρκελ (Anton Eduard van Arkel) και Ντε Μπερ (Jan Hendrik de Boer) επινόησαν το 1925 τη μέθοδο ιωδιδίου ή μέθοδο κρυσταλλικής ράβδου ή μέθοδο van Arkel-de Boer με σκοπό να παρασκευάσουν καθαρό ζirkόνιο<sup>[15]</sup>. Η μέθοδος αυτή όμως αντικαταστάθηκε από τη μέθοδο Kroll.

Το μέταλλο δεν είχε παρά μόνο εργαστηριακή αξία μέχρι το 1932 όταν ο Λουξεμβούργιος Τζάστιν Κρολ (Justin William Kroll, 1889 - 1973), εργαζόμενος στις Η.Π.Α., απέδειξε ότι θα μπορούσε να παραχθεί εμπορικά με την αναγωγή του  $\text{TiCl}_4$  με ασβέστιο. Μέχρι το 1938, ο Κρολ είχε παραγάγει περίπου 23 Kg τιτανίου με τη διαδικασία του<sup>[16]</sup>. Το 1940 βελτίωσε τη μέθοδό του χρησιμοποιώντας μαγνήσιο ακόμα και νάτριο κατοχυρώνοντας τη *μέθοδο Kroll*<sup>[17]</sup>. Στη συνέχεια, το 1948, η εταιρεία DuPont ξεκίνησε τη βιομηχανική παραγωγή τιτανίου με τη μέθοδο Kroll και, παρόλο που η έρευνα συνεχίζεται προς ανεύρεση πιο αποτελεσματικών και λιγότερο δαπανηρών διεργασιών, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα για την εμπορική παραγωγή τιτανίου<sup>[18]</sup> και ο Κρολ αναγνωρίζεται ως ο πατέρας της σύγχρονης βιομηχανίας τιτανίου<sup>[14]</sup>.

Τα πρώτα προϊόντα που παράχθηκαν από τιτάνιο ήταν σύρματα, φύλλα και ράβδοι. Από τη δεκαετία του 1950, η πρώην Σοβιετική Ένωση βρήκε στρατιωτικές χρήσεις για το τιτάνιο, χρησιμοποιώντας το στην κατασκευή υποβρυχίων. Την ίδια εποχή, οι Η.Π.Α. διαπίστωσαν επίσης τη χρησιμότητα του μετάλλου ειδικά στην κατασκευή κινητήρων αεροσκαφών. Από τη δεκαετία του 1960 οι επιστήμονες βρήκαν πάρα πολλές χρήσεις του τιτανίου παρόλο που το καθαρό μέταλλο εξακολουθεί να χρησιμοποιείται κυρίως στην αεροναυπηγική<sup>[18]</sup>.

## Εμφάνισεις



Δείγμα τιτανίου

Το τιτάνιο δε βρίσκεται με τη μεταλλική του μορφή (ελεύθερο) στη φύση αλλά πάντα συνδεδεμένο με άλλα στοιχεία και γι' αυτό είναι απαραίτητο να εξαχθεί από τα ορυκτά του που είναι μεν διασπαρμένα σε όλη τη Γη αλλά σπανίως δημιουργούν κοιτάσματα μεγάλων συγκεντρώσεων<sup>[18]</sup>. Είναι το 9ο αφθονότερο στοιχείο στο στερεό φλοιό της Γης<sup>[13]</sup> αλλά οι περισσότερες πηγές δε συμφωνούν μεταξύ τους ως προς τη μέση περιεκτικότητά του στη λιθόσφαιρα. Αναφέρονται συγκεντρώσεις κατά μέσο όρο περίπου 0,6 % w/w<sup>[3][9]</sup> ή 0,66 % w/w  $\text{Ti}$ <sup>[19]</sup> αλλά και 0,44 % w/w<sup>[4]</sup>, 0,56 % w/w<sup>[7]</sup> ακόμα

και 0,86 % w/w<sup>[20]</sup>.

Το τιτάνιο είναι παρόν στα περισσότερα πυριγενή πετρώματα αλλά και στα ιζήματα που προέρχονται από αυτά. Από τα 801 είδη πυριγενών πετρωμάτων που αναλύθηκαν από το Γεωλογικό Ινστιτούτο των Η.Π.Α, τα 784 περιείχαν τιτάνιο<sup>[21]</sup>.

Βρίσκεται επίσης στα έμβια όντα και στα φυσικά νερά ενώ στο θαλασσινό νερό η συγκέντρωση είναι περίπου 0,6 - 1  $\mu\text{g/L}$ . Στο καλλιεργήσιμο έδαφος η περιεκτικότητα κυμαίνεται από 0,3 έως 6 % ενώ υπάρχουν αυξημένες συγκεντρώσεις σε εδάφη στα οποία έχει προστεθεί οργανικό λίπασμα. Στην ατμόσφαιρα οι συγκεντρώσεις τιτανίου είναι πάρα πολύ μικρές<sup>[9]</sup>.

Πολλά φυτά περιέχουν τιτάνιο συνήθως σε περιεκτικότητα 1 ppm, παρόλο που μερικά όπως η τσουκνίδα και το κοντυλόχορτο (αλογοουρά) περιέχουν μέχρι και 80 ppm<sup>[11]</sup>.

Στον ανθρώπινο οργανισμό βρίσκεται στο αίμα σε κατά μέσο όρο περιεκτικότητα 0,054 mg/L, στο σκώτι 1,2 - 4,7 ppm, στους μύες 0,9 - 2,2 ppm. Ένας φυσιολογικός άνθρωπος 70 Kg περιέχει περίπου 20 mg τιτάνιο στο σώμα του<sup>[22]</sup>.



Τιτάνιο έχει βρεθεί και στον ήλιο, στα άστρα τύπου-M και στους μετεωρίτες που έπεσαν στη γη. Τα δείγματα πετρωμάτων που έφερε η αποστολή Apollo 17 από τη Σελήνη περιείχαν περίπου 12 % τιτάνιο ενώ αναλύσεις πετρωμάτων από προηγούμενες αποστολές Apollo παρουσίαζαν χαμηλότερα ποσοστά<sup>[23][24]</sup>.

## Ισότοπα

---

Το φυσικό τιτάνιο αποτελείται από 5 σταθερά ισότοπα:  $^{46}\text{Ti}$ ,  $^{47}\text{Ti}$ ,  $^{48}\text{Ti}$ ,  $^{49}\text{Ti}$  and  $^{50}\text{Ti}$ . Το  $^{48}\text{Ti}$  να είναι το πλέον άφθονο, με περιεκτικότητα στο φυσικό τιτάνιο 73,8 %. Στα πέντε αυτά σταθερά ισότοπα καταλήγουν ισότοπα των στοιχείων σκανδίου, ασβεστίου, βαναδίου μετά από  $\beta^-$  και  $\beta^+$ -διασπάσεις.

Έχουν ακόμα χαρακτηριστεί έντεκα ραδιοϊσότοπα με σταθερότερα τα:  $^{44}\text{Ti}$  με ημιζωή 63 χρόνια,  $^{45}\text{Ti}$  με ημιζωή 184,8 λεπτά,  $^{51}\text{Ti}$  με ημιζωή 5,76 λεπτά και  $^{52}\text{Ti}$  με ημιζωή 1,7 λεπτά. Τα υπόλοιπα ραδιοϊσότοπα έχουν χρόνους ημιζωής μικρότερους από 33 δευτερόλεπτα ενώ η πλειονότητα από αυτά έχουν ημιζωές μικρότερες από μισό δευτερόλεπτο.

Οι σχετικές ατομικές μάζες των ισωτόπων του τιτανίου κυμαίνονται από 39,99 amu (το  $^{40}\text{Ti}$ ) έως 57,966 amu (το  $^{58}\text{Ti}$ ).

## Σημειώσεις

---

1. Λεπτόκοκκο προϊόν αλλοίωσης των μεταλλευμάτων τιτανίου. Συνίσταται κυρίως από ρουτίλιο ή ανατάση
2. Αυτή η μαύρη άμμος ήταν το σημερινό ορυκτό ιλμενίτης,  $\text{FeTiO}_3$
3. Ο Ferdinand Moissan ήταν Γάλλος χημικός που κέρδισε το βραβείο Nobel το 1906 για την απομόνωση του φθορίου

## Παραπομπές

---

1. «IUPAC Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances. ATOMIC WEIGHTS OF THE ELEMENTS 2007» (<https://web.archive.org/web/20170906114640/http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/index.html>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/index.html>) στις 6 Σεπτεμβρίου 2017. Ανακτήθηκε στις 1 Σεπτεμβρίου 2010.
2. 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](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.
3. «Titanium Statistical Compendium» (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/stat/>). U.S. Geological Survey, *Minerals Information*. 2007. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/stat/>. Ανακτήθηκε στις 31/8/2010.
4. Titanium (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/597135/titanium>) Encyclopædia Britannica, 2006. Ανακτήθηκε 31/8/2010

5. WolframAlpha: Elements crust abundance (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=elements+abundance+in+earth+crust>)
6. Webmineral: Mineral Species containing Titanium (Ti) (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-Ti.shtml>)
7. Chemicool: Titanium (<http://www.chemicool.com/elements/titanium.html>)
8. Webelements: Titanium (<http://www.webelements.com/titanium/chemistry.html>)
9. Gunnar F. Nordberg· Bruce A. Fowler· Monica Nordberg· Lars Friberg, επιμ. (2007). *Handbook on the toxicology of metals* ([http://books.google.gr/books?id=nKulgztuzL8C&pg=PR42&dq=titanium+toxicity&hl=el&ei=pZV-TIXdLcGRswbpk\\_2VCQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGUQ6AEwCTgK#v=onepage&q&f=false](http://books.google.gr/books?id=nKulgztuzL8C&pg=PR42&dq=titanium+toxicity&hl=el&ei=pZV-TIXdLcGRswbpk_2VCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CGUQ6AEwCTgK#v=onepage&q&f=false)) (3η έκδοση). Amsterdam ; Boston: Academic Press. ISBN 9780123694133.
10. Environmental Chemistry. Ti - Titanium (<http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/Ti-pg2.html#Nuclides>)
11. John Emsley (2001). «Titanium». *Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements* ([http://books.google.gr/books?id=j-Xu07p3cKwC&printsec=frontcover&dq=Nature's+Building+Blocks:+An+A-Z+Guide+to+the+Elements&hl=el&ei=RiKBTJC7JIGSswabrJSoBw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q=](http://books.google.gr/books?id=j-Xu07p3cKwC&printsec=frontcover&dq=Nature's+Building+Blocks:+An+A-Z+Guide+to+the+Elements&hl=el&ei=RiKBTJC7JIGSswabrJSoBw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q=)). Oxford ; New York: Oxford University Press. ISBN 0198503407.
12. Mary Elvira Weeks (2003). *Discovery of the elements: collected reprints of a series of articles published in the Journal of Chemical Education* ([http://books.google.gr/books?id=SJlk9BPdNWcC&pg=PA145&dq=titanium+discovery&hl=el&ei=Yhx9TIO9B8-s4Ab6vqnVBg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=8&ved=0CFYQ6AEwBw#v=onepage&q=](http://books.google.gr/books?id=SJlk9BPdNWcC&pg=PA145&dq=titanium+discovery&hl=el&ei=Yhx9TIO9B8-s4Ab6vqnVBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CFYQ6AEwBw#v=onepage&q=)) (3η έκδοση). [Kila, MT]: Kessinger Publishing. ISBN 0766138720.
13. Robert E. Krebs (2006). *The history and use of our earth's chemical elements: a reference guide* ([http://books.google.gr/books?id=yb9xTj72vNAC&printsec=frontcover&dq=The+History+and+Use+of+Our+Earth's+Chemical+Elements:+A+Reference+Guide&hl=el&ei=mvyBTPONCJi8jAeVjrWbCQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=](http://books.google.gr/books?id=yb9xTj72vNAC&printsec=frontcover&dq=The+History+and+Use+of+Our+Earth's+Chemical+Elements:+A+Reference+Guide&hl=el&ei=mvyBTPONCJi8jAeVjrWbCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=)) (2η έκδοση). Westport, Conn.: Greenwood Press. ISBN 0313334382.
14. «Titanium Facts» ([https://web.archive.org/web/20090908154818/http://www.titaniumera.com/index/pagepopup/doc/titanium\\_facts](https://web.archive.org/web/20090908154818/http://www.titaniumera.com/index/pagepopup/doc/titanium_facts)). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο ([http://www.titaniumera.com/index/pagepopup/doc/titanium\\_facts](http://www.titaniumera.com/index/pagepopup/doc/titanium_facts)) στις 8 Σεπτεμβρίου 2009. Ανακτήθηκε στις 7 Σεπτεμβρίου 2010.
15. van Arkel, A. E.; de Boer, J. H. (1925). «Preparation of pure titanium, zirconium, hafnium, and thorium metal». *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie* **148**: 345 – 50.
16. «The National Inventors Hall of Fame» ([https://web.archive.org/web/20060112044111/http://www.invent.org/hall\\_of\\_fame/89.html](https://web.archive.org/web/20060112044111/http://www.invent.org/hall_of_fame/89.html)). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο ([http://www.invent.org/hall\\_of\\_fame/89.html](http://www.invent.org/hall_of_fame/89.html)) στις 12 Ιανουαρίου 2006. Ανακτήθηκε στις 7 Σεπτεμβρίου 2010.
17. Greenwood, N. N.; Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements* (2η έκδοση). Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-3365-4.
18. Greg Roza (2008). *Understanding the elements of the periodic table: Titanium* ([http://books.google.gr/books?id=rsAGRf7j7fQC&printsec=frontcover&dq=titanium&hl=el&ei=N96HTNiJCY6RswbatdXWCg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=5&ved=0CEMQ6AEwBA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.gr/books?id=rsAGRf7j7fQC&printsec=frontcover&dq=titanium&hl=el&ei=N96HTNiJCY6RswbatdXWCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CEMQ6AEwBA#v=onepage&q&f=false)) (1η έκδοση). New York: Rosen Central. ISBN 1404214127.
19. WolframAlpha: Titanium (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=titanium>)
20. Eric R. Force (1991). *Geology of titanium-mineral deposits* ([http://books.google.gr/books?id=FF0x5gEwRosC&pg=PA49&dq=titanium+abundance&hl=el&ei=JBF9TPmvDcvj4gaG7Y2aBg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q=](http://books.google.gr/books?id=FF0x5gEwRosC&pg=PA49&dq=titanium+abundance&hl=el&ei=JBF9TPmvDcvj4gaG7Y2aBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q=)). Boulder, Colo.: Geological Society of America. ISBN 0813722594.
21. Barksdale, Jelks (1968). "Titanium". in Clifford A. Hampel (editor). *The Encyclopedia of the Chemical Elements*. New York: Reinhold Book Corporation. pp. 732–738. LCCN 68-29938.

22. Environmental Chemistry. Titanium (<http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/Ti.html>)
23. C. R. Hammond THE ELEMENTS (αρχείο .PDF) ([http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps\\_info/engineering/elements.pdf](http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps_info/engineering/elements.pdf))
24. Catherine E. Housecroft and Alan G. Sharpe (2005). *Inorganic chemistry* ([http://books.google.gr/books?id=\\_1gFM51qpAMC&printsec=frontcover&dq=inorganic+chemistry&hl=el&ei=XB-JTN6fC86OJAeguqCPCA&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=](http://books.google.gr/books?id=_1gFM51qpAMC&printsec=frontcover&dq=inorganic+chemistry&hl=el&ei=XB-JTN6fC86OJAeguqCPCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=)) (2η έκδοση). Harlow [etc.]: Pearson Prentice Hall. ISBN 0130399132.

## Επιλεγμένη βιβλιογραφία

---

1. Crabtree R.H (2005). *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals* ([https://archive.org/details/The\\_Organometallic\\_Chemistry\\_Of\\_Transition\\_Metals](https://archive.org/details/The_Organometallic_Chemistry_Of_Transition_Metals)). Yale University, New Haven, Connecticut. ISBN 0471662569.
2. Dabrowiak J.C. (2009). *Metals in Medicine*. Wiley - VCH. ISBN 978-0-470-68197-8.
3. Ebbing D.D, Gammon S.D. (2008). *General Chemistry* (9η έκδοση). Cengage Learning. ISBN 0618857486.
4. Emsley J (2003). *Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements* (<https://archive.org/details/naturesbuildingb0000emsl>). Oxford University Press. ISBN 0198503407.
5. Force E. R. (1991). *Geology of titanium-mineral deposits*. Boulder, Colo.: Geological Society of America. ISBN 0813722594.
6. Greenwood N. N.· Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements*. Oxford. ISBN 0750633654.
7. Heiserman D.L. (1992). *Exploring Chemical Elements and Their Compounds*. Tab Books. ISBN 083063018X.
8. Housecroft C.E., Sharpe A. G. (2005). *Inorganic chemistry* (3η έκδοση). Pearson Education Limited. ISBN 9780131755536.
9. Mackay K.M.· Mackay R.A.· Henderson W. (2002). *Introduction to modern inorganic chemistry* (1η έκδοση). CRC Press. ISBN 0748764208.
10. Μανουσάκης Γ.Ε. (1994). *Γενική και Ανόργανη Χημεία*. Αφοι Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη. ISBN 9603432725.
11. Μανωλκίδης Κ, Μπέζας Κ. (1984). *Στοιχεία Ανόργανης Χημείας*. Βιβλιοεκδοτική Αναστασάκη.
12. Martienssen W., Warlimont H., επιμ. (2005). *Springer handbook of condensed matter and materials data. Classes of materials*. Springer. ISBN 978-3-540-44376-6.
13. Μπαζάκης Ι.Α. *Γενική Χημεία*. Αθήνα.
14. Pauling L. (2003). *General Chemistry* ([https://archive.org/details/generalchemistry00paul\\_0](https://archive.org/details/generalchemistry00paul_0)) (3η έκδοση). Dover Publications Inc. ISBN 9780486656229.
15. Reed R.C. (2006). *The Superalloys: Fundamentals and Applications* (<https://archive.org/details/superalloysfunda0000reed>) (1η έκδοση). Cambridge University Press. ISBN 0521859042.
16. Schumann W. (2008). *Minerals of the World*. ISBN 140275339X.
17. Weeks M.E. (1933). *Discovery of the elements*. Journal of Chemical Education. ISBN 0766138720.
18. Wiberg E.· Nils Wiberg N.· Holleman A.F. (2001). *Inorganic chemistry*. Academic Press. ISBN 0123526515.

## Δείτε επίσης

---

- [Ρουτίλιο](#)



- Μπρουκίτης
- Ιλμενίτης
- Περοβσκίτης
- Τιτανίτης

## Εξωτερικοί σύνδεσμοι

---

- Theodore Gray: Elements Display (<http://www.theodoregray.com/periodictabledisplay/Elements/022/index.s9.html>)
- Mineral Species containing Titanium (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-Ti.shtml>)
- Library of Inorganic Structures: Ti (<http://www.3dchem.com/element.asp?selected=Ti>)
- Pictures of Titanium, its minerals and applications (<http://periodictable.com/Elements/022/pictures.pr.html>)
- A Cleaner, Cheaper Route to Titanium ([http://techreview.com/read\\_article.aspx?id=16963&ch=nanotech](http://techreview.com/read_article.aspx?id=16963&ch=nanotech))
- International Titanium Association (<http://titanium.org>) Αρχειοθετήθηκε (<https://web.archive.org/web/20201104222936/http://titanium.org/>) 2020-11-04 στο Wayback Machine.
- Metallurgy of Titanium and its Alloys, Cambridge University (<http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2003/titanium.movies/titanium.html>)
- Truth in Sparks: Titanium or Plain Ol' Steel? (<https://web.archive.org/web/20071223083840/http://www.popsci.com/popsci/how20/85f145ef7d2f6110vgnvcm1000004eeebccdrd.html>) Popular Science Magazine
- Metal of the gods (<https://seekingalpha.com/article/194965-titanium-metal-of-the-gods?source=email>)

---

Ανακτήθηκε από "<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Τιτάνιο&oldid=10907288>"