



Τελλούριο

Το **τελλούριο** (λατινικά: *tellurium*) είναι το χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο **Te** και ατομικό αριθμό 52. Η σχετική ατομική μάζα του είναι 127,60(3)^[3]. Ανήκει στην ομάδα 16 (VI_A, με την παλαιότερη ταξινόμηση) του περιοδικού πίνακα, στην περίοδο 5 και στον τομέα p. Έχει (κανονική) θερμοκρασία τήξης 449,51 °C και (κανονική) θερμοκρασία βρασμού 988 °C. Το χημικά καθαρό τελλούριο, στις συνηθισμένες συνθήκες, είναι εύθραυστο, κονιορτοποιείται εύκολα, ήπια τοξικό, σπάνιο, αργυρόλευκο στερεό μεταλλοειδές^[Σημ. 1], που φαίνεται (οπτικά) όμοιο με τον κασσίτερο, αλλά από χημικής άποψης είναι συγγενικό με το σελήνιο και το θείο. Είναι ημιαγωγός p-τύπου και παρουσιάζει μεγαλύτερη αγωγιμότητα προς ορισμένες κατευθύνσεις, ανάλογα με την ευθυγράμμιση των ατόμων του στο κρυσταλλικό πλέγμα. Οι χημικές του ιδιότητες είναι παρόμοιες με του θείου. Σχηματίζει πολλές ενώσεις, χωρίς όμως εμπορικό ενδιαφέρον. Καίγεται στον αέρα δίνοντας διοξείδιο του τελλουρίου (TeO₂), ενώ δεν αντιδρά με το νερό, ούτε με αραιά διαλύματα βάσεων, αλλά ούτε και με μη-οξειδωτικά οξέα όπως το υδροχλωρικό. Οξειδώνεται από το νιτρικό, από το πυκνό θερμό θειικό οξύ και από τα αλογόνα, με τα οποία σχηματίζει διαλογονίδια (TeX₂) και τετραλογονίδια (TeX₄). Σχηματίζει το τελλουριώδες οξύ (H₂TeO₃) που οξειδώνεται προς τελλουρικό οξύ (H₂TeO₄).^[4] Το τελλούριο περιστασιακά υπάρχει στη φύση σε κρυσταλλική στοιχειακή μορφή, αλλά συνήθως βρίσκεται μαζί με χρυσό σε ορυκτά όπως ο καλαβερίτης και ο κρεννερίτης, ή και με άργυρο όπως ο πετζίτης και ο συλβανίτης. Το τελλούριο είναι πιο συνηθισμένο στο (υπόλοιπο) σύμπαν από ότι είναι πάνω στη Γη. Η εξαιρετική σχετική σπανιότητά του στον γήινο φλοιό είναι συγκρίσιμη με εκείνη του λευκόχρυσου. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο σχετικά υψηλό ατομικό του αριθμό αλλά και στο γεγονός ότι σχηματίζει πτητικό υδρίδιο, το υδροτελλούριο (H₂Te), οπότε μέρος του στοιχείου χάθηκε στο διάστημα κατά τη διάρκεια του σχηματισμού του πλανήτη μας από σχηματισμό θερμού νεφελώματος.

Τελλούριο

Αντιμόνιο ← Τελλούριο → Ιώδιο
Σελήνιο
↑
Te
↓
Πολώνιο

Περιοδικός Πίνακας



Κρύσταλλος καθαρού τελλουρίου μήκους 2 cm

Ιστορία

Ταυτότητα του στοιχείου

Όνομα, σύμβολο	Τελλούριο (Te)
Ατομικός αριθμός (Z)	52
Κατηγορία	ημιμέταλλο
ομάδα, περίοδος, τομέας	16 ,5, p
Σχετική ατομική μάζα (A _r)	127,60
Ηλεκτρονική διαμόρφωση	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴
Αριθμός EINECS	236-813-4
Αριθμός CAS	13494-80-9

Ατομικές ιδιότητες

Ατομική ακτίνα	140 pm
Ομοιοπολική ακτίνα	138±4 pm
Ακτίνα van der Waals	206 pm
Ηλεκτραρνητικότητα	2,1
Κυριότεροι αριθμοί οξείδωσης	-2, +2, +4 , +5, +6
Ενέργειες ιονισμού	1η:869,3 kJ/mol 2η:1790 kJ/mol 3η:2698 kJ/mol

Φυσικά χαρακτηριστικά

Κρυσταλλικό σύστημα	εξαγωνικό
---------------------	-----------





Το τελλούριο αναλύθηκε το 1782 από τον Φρανζ-Τζόζεφ Μύλλερ φον Ρέιχενσταϊν (*Franz-Joseph Müller von Reichenstein*), στην Αψβουρκική Αυτοκρατορία, σε ορυκτό που περιείχε τελλούριο και χρυσό. Το 1798 ο Μάρτιν Χάιντριχ Κλάπροθ (*Martin Heinrich Klaproth*) ονόμασε το (τότε) νέο στοιχείο από το λατινικό όνομα για τη Γη *tellus*. Τα ορυκτά τελλουριούχου χρυσού είναι οι πιο αξιοσημείωτες φυσικές ενώσεις του χρυσού. Ωστόσο, δεν έχουν σημαντική εμπορική αξία για την παραγωγή του ίδιου του τελλούριου.

Το τελλούριο σήμερα παράγεται σχεδόν αποκλειστικά ως παραπροϊόν της παραγωγής χαλκού και μολύβδου και οι κυριότερες χώρες παραγωγής είναι οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία^[5]. Αξιόλογες ποσότητες τελλουρίου παράγουν επίσης το Περού, ο Καναδάς και η Ρωσία, ενώ μικρότερες παράγουν η Αυστραλία, το Βέλγιο, η Χιλή, η Κίνα, η Κολομβία, η Γερμανία, το Μεξικό, οι Φιλιππίνες, η Πολωνία και το Καζακστάν^[6]. Η κύρια εμπορική εφαρμογή του τελλουρίου είναι στην παραγωγή κραμάτων, κυρίως με χάλυβα και χαλκό, για να αυξήσει τις μηχανικές τους ιδιότητες. Επίσης χρησιμοποιείται ως καταλύτης στην επεξεργασία του καουτσούκ και ως χρωστικό πρόσθετο σε γυαλιά και κεραμικά. Τελλούριο υψηλής καθαρότητας χρησιμοποιείται σε κράματα για ηλεκτρονικές εφαρμογές όπως θερμική απεικόνιση, θερμοηλεκτρικά στοιχεία^[6]. Εφαρμογές όπως τα φωτοβολταϊκά πάνελ και ως ημιαγωγικό υλικό επίσης καταναλώνουν ένα αξιόλογο κλάσμα της παγκόσμιας παραγωγής τελλουρίου.

Το τελλούριο δεν έχει βιολογική λειτουργικότητα, παρόλο που κάποια φύκη μπορούν να το χρησιμοποιήσουν στη θέση του θείου και του σεληνίου, σχηματίζοντας τα αμινοξέα τελλουροκυστεΐνη και τελλουρομεθειονίνη^[7]. Στους ανθρώπους το τελλούριο μεταβολίζεται μερικώς σε διμεθυλοτελλουρίδιο $[(CH_3)_2Te]$, ένα αέριο με οσμή σκόρδου, που εκπνέεται από θύματα έκθεσης στην τοξικότητα του τελλουρίου.

Το ίδιο το τελλούριο έχει ήπια τοξικότητα, αλλά οι ενώσεις του είναι (πιο) τοξικές και ο χειρισμός τους πρέπει να γίνεται προσεκτικά.

Το τελλούριο βρίσκεται στη φύση με μορφή τεσσάρων σταθερών ισοτόπων : ^{122}Te , ^{124}Te , ^{125}Te , ^{126}Te , ενώ τέσσερα άλλα έχουν πολύ μεγάλο χρόνο ημιζωής και θεωρούνται σταθερά : ^{120}Te , ^{123}Te , ^{128}Te και ^{130}Te .

Σημείο τήξης	449,51°C (722,66 K) (841,12°F)
Σημείο βρασμού	988°C (1261 K) (1810°F)
Πυκνότητα	6,24 g/cm ³
Ενθαλπία τήξης	17,49 kJ/mol
Ενθαλπία εξάτμισης	48 kJ/mol
Ειδική θερμοχωρητικότητα	25,73 J/mol·K
Μαγνητική συμπεριφορά	διαμαγνητικό ^[1]
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	$1 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot m$
Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα	$10^4 S/m$
Ειδική θερμική αγωγιμότητα	3 W/m·K
Σκληρότητα Mohs	2,25
Σκληρότητα Brinell	250 MPa ^[2]
Μέτρο ελαστικότητας (Young's modulus)	47,1 GPa
Μέτρο διάτμησης (Shear modulus)	16,7 GPa
Μέτρο ελαστικότητας όγκου (Bulk modulus)	65 GPa
Λόγος Poisson	0,23
Ταχύτητα του ήχου (20°C)	2610 m/s
Επικινδυνότητα	
	
Φράσεις κινδύνου	20, 36/37
Φράσεις ασφαλείας	26
Κίνδυνοι κατά NFPA 704	
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

Ιστορία

Το τελλούριο, η ονομασία του οποίου προέρχεται από τη λατινική λέξη *tellus*, που σημαίνει Γη, ανακαλύφθηκε κατά τον 18^ο αιώνα σε ένα μετάλλευμα χρυσού από τα ορυχεία της Ζλάτνας, κοντά στη σημερινή πόλη Σιμπίου, της Ρουμανίας. Αυτό το μετάλλευμα ήταν γνωστό ως *Faczebajer weißes blättriges Golderz*, δηλαδή λευκό φυλλώδες μετάλλευμα χρυσού από τη *Faczebaja*, γερμανική ονομασία της *Facebánya*, δηλαδή της σημερινής *Fața Băii* στην *Alba County*, ή *antimonialischer Goldkies*, δηλαδή αντιμονικός χρυσοπυρίτης, και σύμφωνα με τον Άνιον φον Ρούππρεχτ (Anton von Rupprecht) ήταν *Spießglaskönig*, δηλαδή περιείχε φυσικό αντιμόνιο^{[8][9]}. Το 1782 ο Φρανς - Γιόσεφ Μύλλερ φον Ρείχενστάιν (*Franz-Joseph Müller von Reichenstein*), που υπηρετούσε ως αυστριακός αρχιεπιθεωρητής των ορυχείων στην Τρανσυλβανία συμπέρανε ότι το εν λόγω μετάλλευμα δεν περιείχε αντιμόνιο, αλλά τριθειούχο βισμούθιο (Bi_2S_3)^[10].

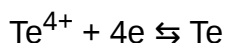
Τον επόμενο χρόνο, ανέφερε ότι το παραπάνω συμπέρασμα ήταν λανθασμένο, και ότι το μετάλλευμα περιείχε κυρίως χρυσό και ένα άγνωστο μέταλλο, πολύ παρόμοιο με το αντιμόνιο. Ύστερα από επιπλέον έρευνες που κράτησαν τρία (3) χρόνια και περιλάμβαναν πάνω από 50 πειράματα, ο Μύλλερ καθόρισε το σχετικό βάρος του ορυκτού και σημείωσε μια οσμή, παρόμοια με αυτή από ραπανάκι, του λευκού καπνού που διέρχονταν πάνω από το (αναφερόμενο) μέταλλο, όταν αυτό θερμαίνονταν, το κόκκινο χρώμα που έπαιρνε το μέταλλο με την επίδραση θεικού οξέος και το μαύρο ίζημα που έδινε αυτό το διάλυμα, όταν αραιώνονταν με νερό. Ωστόσο, δεν μπόρεσε να ταυτοποιήσει αυτό το «μέταλλο» και το ονόμασε *aurum paradoxium* και *metallum problematicum*, καθώς δεν έδειχνε τις ιδιότητες αντιμονίου που περιμένε^{[11][12][13]}.

Το 1789, ο Ούγγρος επιστήμονας Πάλ Κιτάιμπελ (*Pál Kitaibel*) επίσης ανακάλυψε το τελλούριο, ανεξάρτητα σε ένα μετάλλευμα από το Γερμανικό Πίλσεν, που θεωρούνταν ότι ήταν αργυρούχος μολυβδαινίτης, αλλά το στοιχείο αργότερα πιστώθηκε στον Μύλλερ. Το 1798, το τελλούριο ονομάστηκε από τον Μάρτιν Χάινριχ Κλάπροθ (*Martin Heinrich Klaproth*), ο οποίος νωρίτερα το είχε απομονώσει από ορυκτό καλαβερίτη^{[12][13][14][15]}. Κατά τη δεκαετία του 1960 βρέθηκαν θερμοηλεκτρικές εφαρμογές για το τελλούριο, με τη μορφή του τελλουριούχου βισμούθιου (Bi_2Te_3), καθώς σε κράματα με χάλυβα ελεύθερης μεταλλοτεχνίας. Τα τελευταία έγιναν η κυρίαρχη σύγχρονη εφαρμογή του στοιχείου^[16].

Χημικά χαρακτηριστικά

Το Te έχει παραπλήσιες χημικές ιδιότητες με το θείο και το σελήνιο με τα οποία ανήκει και στην ίδια ομάδα. Εμφανίζει περισσότερο μεταλλικό χαρακτήρα από το σελήνιο, γι' αυτό και το οξείδιο TeO_2 είναι λιγότερο όξινο από το SeO_2 και βέβαια από το SO_2 που εμφανίζει σαφώς όξινα χαρακτηριστικά.

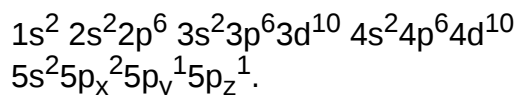
Η ιονική ακτίνα του ιόντος Te^{2-} είναι 221 pm και του ιόντος Te^{6+} είναι 56 pm^[17]. Το κανονικό δυναμικό αναγωγής της αντίδρασης :



είναι $E^0 = +0,568 \text{ V}$.

Ηλεκτρονιακή δόμηση - Θέση στον περιοδικό πίνακα

Το τελλούριο ανήκει στη 16η ομάδα (παλιότερος συμβολισμός VI_A) του περιοδικού πίνακα και στον τομέα p, δηλαδή τα εξωτερικά του ηλεκτρόνια ανήκουν σε p-τροχιακό. Η πλήρης ηλεκτρονιακή του δομή είναι :



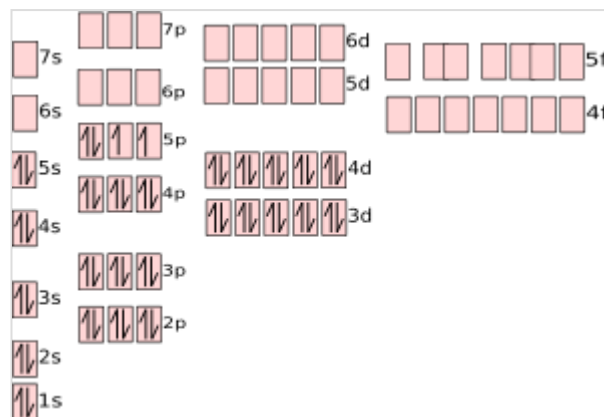
Τα στοιχεία του τομέα p παρουσιάζουν μεταξύ τους μεγάλες διαφορές στις φυσικοχημικές ιδιότητες, διότι είναι ο μόνος τομέας που περιέχει μέταλλα, αμέταλλα και ευγενή αέρια^[18].

Το τελλούριο εμφανίζει, με μικρή ένταση όμως, το φαινόμενο αδρανούς ζεύγους, σύμφωνα με το οποίο, όσο αυξάνεται ο ατομικός αριθμός ενός χημικού στοιχείου και κατά συνέπεια το ηλεκτρικό φορτίο του πυρήνα, αυξάνεται και η ταχύτητα των ηλεκτρονίων της στιβάδας σθένους που αυτός έλκει, πράγμα που συνεπάγεται και μεγαλύτερη σχετικιστική αύξηση της μάζας τους, και κατά συνέπεια μεγαλύτερη ελάττωση (συστολή) της απόστασής τους από τον πυρήνα^[18].

Έτσι, στην περίπτωση του Te, τα 5s² ηλεκτρόνια δε δημιουργούν τόσο έντονη σχετικιστική συστολή οπότε τα ηλεκτρόνια 5p⁴ να μην είναι τόσο προστατευμένα και έτσι ιονίζονται σχετικά εύκολα. Γι'αυτό οι ενώσεις του τελλουρίου με αριθμό οξείδωσης +4 είναι σταθερότερες από εκείνες στις οποίες έχει +6.

Χημικά στοιχεία 16ης ομάδας

Z	Χημικό στοιχείο	Ηλεκτρόνια ανά στιβάδα
8	Οξυγόνο	2, 6
16	Θείο	2, 8, 6
34	Σελήνιο	2, 8, 18, 6
52	Τελλούριο	2, 8, 18, 18, 6
84	Πολώνιο	2, 8, 18, 32, 18, 6
116	Λιβερμόριο	2, 8, 18, 32, 32, 18, 6



Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση Te

Δείτε επίσης

- Οξυγόνο
- Θείο
- Σελήνιο
- Πολώνιο
- Λιβερμόριο
- Υδροτελλούριο

Σημειώσεις

- Η IUPAC προτείνει τον όρο "ημιμέταλλο" (semimetal) αντί του όρου "μεταλλοειδές" (metalloid)

Επιλεγμένη βιβλιογραφία

- Ebbing D.D· Gammon S.D. (2008). *General Chemistry* (9η έκδοση). Cengage Learning. ISBN 0618857486.
- Emsley J (2003). *Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements* (<https://archive.org/details/naturesbuildingb0000emsl>). Oxford University Press. ISBN 0198503407.
- Greenwood N. N· Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements*. Oxford. ISBN 0750633654.
- Housecroft C.E· Sharpe A. G. (2005). *Inorganic chemistry* (3η έκδοση). Pearson Education Limited. ISBN 9780131755536.
- Μανουσάκης Γ.Ε. (1994). *Γενική και Ανόργανη Χημεία*. Αφοι Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη. ISBN 9603432725.
- Pauling L. (2003). *General Chemistry* (https://archive.org/details/generalchemistry00paul_0) (3η έκδοση). Dover Publications Inc. ISBN 9780486656229.
- Weeks M.E. (1933). *Discovery of the elements*. Journal of Chemical Education. ISBN 0766138720.
- Wiberg E· Nils Wiberg N· Holleman A.F. (2001). *Inorganic chemistry*. Academic Press. ISBN 0123526515.
- J. Derek Woollins· Risto Laitinen (2011). *Selenium and Tellurium Chemistry: From Small Molecules to Biomolecules and Materials* (εικονογραφημένη έκδοση). Springer. ISBN 3642206980.

Παραπομπές

1. «Fermi National Accelerator Laboratory. MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF THE ELEMENTS AND INORGANIC COMPOUNDS» (https://web.archive.org/web/20040324080747/http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps_info/engineering/elementmagn.pdf) (PDF). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps_info/engineering/elementmagn.pdf) (PDF) στις 24 Μαρτίου 2004. Ανακτήθηκε στις 27 Ιουλίου 2012.
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&hl=el&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Springer. ISBN 978-3-540-44376-6.
3. Michael E. Wieser and Tyler B. Coplen (December 2010). «Atomic weights of the elements 2009 (IUPAC Technical Report)» (<http://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2011/pdf/8302x0359.pdf>) (PDF). *Pure Appl. Chem.* **83** (2). <http://www.iupac.org/publications/pac/pdf/2011/pdf/8302x0359.pdf>. Ανακτήθηκε στις 25/7/2012.
4. Atomistry. Periodic Table of Chemical Elements (<http://tellurium.atomistry.com/>)
5. *MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2012* (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey. 2012. ISBN 9781411333499. Ανακτήθηκε στις 25 Ιουλίου 2012.
6. Micheal W. George (2011). *2010 Minerals Yearbook. SELENIUM AND TELLURIUM (ADVANCE RELEASE)* (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/selenium/myb1-2010-selen.pdf>) (PDF). U.S. Geological Survey. Ανακτήθηκε στις 25 Ιουλίου 2012.
7. Ramadan, Shadia E.; Razak, A. A.; Ragab, A. M.; El-Meleigy, M. (1989). "Incorporation of tellurium into amino acids and proteins in a tellurium-tolerant fungi". *Biological Trace Element Research* 20 (3): 225–32. doi:10.1007/BF02917437. PMID 2484755.

8. v. Born, *Abh. Privatges. v. Böhmen* 5 (1782): 383.
9. Rupprecht, von, A. (1783). "Über den vermeintlichen siebenbürgischen natürlichen Spiessglaskönig" [On the supposedly native antimony of Transylvania]. *Physikalische Arbeiten der einträchtigen Freunde in Wien* 1 (1): 70–74.
10. Müller, F.J. (1783). "Über den vermeintlichen natürlichen Spiessglaskönig". *Physikalische Arbeiten der einträchtigen Freunde in Wien* 1 (1): 57–59.
11. von Reichenstein, F.J.M. (1783). "Versuche mit dem in der Grube Mariahilf in dem Gebirge Fazeby bey Zalathna vorkommenden vermeinten gediegenen Spiesglangskönig" [Experiments with supposedly native antimony occurring in the Mariahilf mine in the Fazeby mountains near Zalathna]. *Physikalische Arbeiten der einträchtigen Freunde in Wien* 1783 (1.Quartal): 63–69.
12. Diemann, Ekkehard; Müller, Achim; Barbu, Horia (2002). "Die spannende Entdeckungsgeschichte des Tellurs (1782–1798) Bedeutung und Komplexität von Elemententdeckungen". *Chemie in unserer Zeit* 36 (5): 334–337. doi:10.1002/1521-3781(200210)36:5<334::AID-CIUZ334>3.0.CO;2-1.
13. Weeks, Mary Elvira (1932). "The discovery of the elements. VI. Tellurium and selenium". *Journal of Chemical Education* 9 (3): 474–485. Bibcode:1932JChEd...9..474W. doi:10.1021/ed009p474.
14. Klaproth (1798) "Ueber die siebenbürgischen Golderze, und das in selbigen enthaltene neue Metall" (On the Transylvanian gold ore, and the new metal contained in it), *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen* (Chemical Annals for the Friends of Science, Medicine, Economics, and Manufacturing), 1 : 91-104. From page 100: " ... ; und welchem ich hiermit den, von der alten Muttererde entlehnten, Namen Tellurium beylege." (... ; and to which I hereby bestow the name *tellurium*, derived from the old Mother of the Earth.)
15. Weeks, Mary Elvira (1935). "The discovery of tellurium". *Journal of Chemical Education* 12 (9): 403–408. Bibcode:1935JChEd..12..403W. doi:10.1021/ed012p403.
16. George, Micheal W. (2007). "Mineral Yearbook 2007: Selenium and Tellurium" (PDF). United States geological Survey.
17. Γ.Ε. Μανουσάκης (1983). *Γενική και Ανόργανη Χημεία (Τόμος 2)*. Θεσσαλονίκη: Αφοι Κυριακίδη.
18. Γιάννης Αριστ. Μπαζάκης=. *Γενική Χημεία*. Αθήνα.

Εξωτερικοί σύνδεσμοι

- Theodore Gray : Elements Display (<http://www.theodoregray.com/periodictabledisplay/Elements/052/index.s9.html>)
- Mineral Species containing Tellurium (Te) (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-Te.shtml>)
- Library of Inorganic Structures : Te (<http://www.3dchem.com/element.asp?selected=Te>)
- Pictures of Tellurium, its minerals and applications (<http://periodictable.com/Elements/052/pictures.pr.html>)
- Pure Tellurium crystals from Heinrich Pniok (<http://www.pse-mendelejew.de/bilder/te.jpg>) Αρχειοθετήθηκε (<https://web.archive.org/web/20160304185420/http://pse-mendelejew.de/bilder/te.jpg>) 2016-03-04 στο [Wayback Machine](#).

