

Όσμιο

Το χημικό στοιχείο **όσμιο** (osmium) είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 76 και σχετική ατομική μάζα 190,23. Το χημικό του σύμβολο είναι «**Os**». Ανήκει στην ομάδα 8, στην περίοδο 6 και στον d-τομέα του περιοδικού πίνακα, στην ομάδα της 3ης κύριας σειράς των στοιχείων μετάπτωσης.

Ανακαλύφθηκε στο Λονδίνο από τον Άγγλο χημικό Τένναντ το 1803 και πήρε το όνομά του από την ελληνική λέξη «οσμή», την οποία αποκτά το μέταλλο επειδή, όταν εκτίθεται στον ατμοσφαιρικό αέρα, επικαλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα οξειδίου, το οποίο έχει χαρακτηριστική μυρωδιά. Το όσμιο θεωρείται ευγενές μέταλλο μαζί με το ρουθίνιο, το ρόδιο, το ιρίδιο, τον άργυρο, το παλλάδιο, τον λευκόχρυσο και τον χρυσό. Για τις συναλλαγές μετράται με την ουγγιά.^[σημ. 3]

Είναι σπάνιο ασημόχρωμο μέταλλο με πολύ αμυδρή γαλαζωπή απόχρωση και έντονη μεταλλική λάμψη. Έχει θερμοκρασία τήξης 3033 °C (4ο κατά σειρά χημικό στοιχείο με το μεγαλύτερο σημείο τήξης) και θερμοκρασία βρασμού 5012 °C (4ο κατά σειρά χημικό στοιχείο με το μεγαλύτερο σημείο βρασμού). Είναι το μέταλλο με τα υψηλότερα σημεία τήξης και βρασμού και τη χαμηλότερη τάση ατμών από όλα τα μέταλλα της οικογένειας του λευκόχρυσου.^[5] Είναι ακόμη το χημικό στοιχείο με την 9η μεγαλύτερη πυκνότητα: Ένα κυβικό μέτρο οσμίου έχει μάζα 22.590 κιλά (22,59 τόνοι).

Από άποψη χημικής συμπεριφοράς, ανήκει στην «ομάδα του λευκόχρυσου», **PGMs**, Platinum Group Metals.

Μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La *	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac **	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

***** **Ce** **Pr** **Nd** **Pm** **Sm** **Eu** **Gd** **Tb** **Dy** **Ho** **Er** **Tm** **Yb** **Lu**

****** **Th** **Pa** **U** **Np** **Pu** **Am** **Cm** **Bk** **Cf** **Es** **Fm** **Md** **No** **Lr**

Platinum group metals (PGMs)

Η σημαντικότερη ένωση του είναι το οξείδιο του οσμίου (VIII), OsO₄, που περιέχει το όσμιο στην ανώτερη βαθμίδα οξείδωσης και ως εκ τούτου είναι πολύ ισχυρό οξειδωτικό.

Το όσμιο βρίσκεται στη φύση μαζί με τα άλλα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου. Κοιτάσματα έχουν βρεθεί στη Νότια Αφρική, στις Ηνωμένες Πολιτείες, στον Καναδά και στη Ρωσία. Το σημαντικότερο ορυκτό του είναι ο ερlichμανίτης (OsS₂) ο οποίος περιέχει 74,78 % Os.^[6]

Χρησιμοποιείται σε κράματα με λευκόχρυσο, ιρίδιο αλλά και με τα άλλα PGMs, σε πέννες, ηλεκτρικές επαφές και σε άλλες εφαρμογές, όπου απαιτείται εξαιρετική αντοχή, κυρίως στη θέρμανση και σκληρότητα.

Το όσμιο έχει επτά φυσικά ισότοπα, έξι από τα οποία είναι σταθερά: ¹⁸⁴Os, ¹⁸⁷Os, ¹⁸⁸Os, ¹⁸⁹Os, ¹⁹⁰Os και ¹⁹²Os που είναι και το πιο άφθονο.

Ιστορία

Το όσμιο ανακαλύφθηκε στο Λονδίνο από τον Άγγλο χημικό Σμίθσον Τένναντ (Smithson Tennant) το 1803 ο οποίος εργαζόταν μαζί με τον Ουίλιαμ Ουόλλαστον (William Wollaston). Η ανακάλυψη του οσμίου είναι συνυφασμένη με αυτήν της πλατίνας και των άλλων PGMs. Ο λευκόχρυσος έφθασε για πρώτη φορά στην Ευρώπη με το όνομα «πλατίνα» (που σήμαινε «μικρό ασήμι») τον 17ο αιώνα μαζί με μεταλλεύματα αργύρου από την περιοχή Τσοκό (Chocó) της Κολομβίας.^[7] Η διαπίστωση ότι το μέταλλο αυτό δεν ήταν ένα κράμα αλλά κάποιο καινούργιο χημικό στοιχείο, δημοσιεύθηκε το 1748.^[8] Οι χημικοί που μελετούσαν την πλατίνα, τη διέλυσαν σε βασιλικό νερό για να δημιουργήσουν διαλυτά άλατα. Διαπίστωναν όμως ότι απέμενε ένα μαύρο αδιάλυτο υπόλειμμα, το οποίο ο Ζοζέφ Προυστ (Joseph Louis Proust) πίστευε ότι ήταν γραφίτης.^[9] Το 1803, οι Γάλλοι χημικοί Βικτόρ Κολέ-Ντεκοτίλ (Victor Collet-Descotils), Αντουάν Φρανσουά (Antoine François) και Λουί Νικολά Βωκλέν (Louis Nicolas Vauquelin) παρατήρησαν επίσης το μαύρο υπόλειμμα αλλά δεν είχαν αρκετό υλικό για να

Όσμιο	
<div> <div></div> <div>Ρήνιο ← Όσμιο → Ιρίδιο</div> <div>Πουθήνιο <div><div></div><div>Os</div></div> <div>Χάσιο</div> </div> <div>Περιοδικός Πίνακας</div> </div>	
 <div>Κρύσταλλοι οσμίου</div>	
Ιστορία	
Ταυτότητα του στοιχείου	
Όνομα, σύμβολο	Όσμιο (Os)
Ατομικός αριθμός (Z)	76
Κατηγορία	στοιχείο μετάπτωσης
ομάδα, περίοδος, τομέας	8 ,6, d
Σχετική ατομική μάζα (A _r)	190,23
Ηλεκτρονική διαμόρφωση	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²
Αριθμός EINECS	231-114-0
Αριθμός CAS	7440-04-2
Ατομικές ιδιότητες	
Ατομική ακτίνα	135 pm
Ομοιοπολική ακτίνα	144±4 pm
Ηλεκτραρνητικότητα	2,2
Κυριότεροι αριθμοί οξείδωσης	+2, +3, +4, +8
Ενέργειες ιονισμού	1η: 840 kJ/mol <p>2η: 1600 KJ/mol</p>
Φυσικά χαρακτηριστικά	
Κρυσταλλικό σύστημα	Εξαγωνικό
Σημείο τήξης	3033 °C (5491 °F) (3306 K)
Σημείο βρασμού	5012 °C (9054 °F) (5285 K)
Πυκνότητα	(20 °C) 22,59 g/cm ³
Ενθαλπία τήξης	31 kJ/mol ^[1]
Ενθαλπία εξατμισμού	738 kJ/mol ^[σημ. 1]
Ειδική θερμοχωρητικότητα	24,7 J/mol·K
Μαγνητική συμπεριφορά	παραμαγνητικό ^[2]
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	96,6 nΩ·m ^{[3][σημ. 2]}
Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα	10 MS/m
Ειδική θερμική αγωγιμότητα	88 W/(m·K)
Σκληρότητα Mohs	7,0
Σκληρότητα Brinell	3920 MPa
Μέτρο ελαστικότητας (Young's modulus)	566 GPa ^[4]
Μέτρο διάτμησης (Shear modulus)	222 GPa

συνεχίσουν τα πειράματα τους.^[9] Την ίδια χρονιά, ο Άγγλος χημικός Σμίθσον Τένναντ (Smithson Tennant)^[Σημ. 4] (Smithson Tennant) ανέλυσε το μαύρο αδιάλυτο υπόλειμμα και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να περιέχει ένα νέο μέταλλο. Ταυτόχρονα και ανεξάρτητα, ο Βωκλέν κατεργάστηκε τη μαύρη σκόνη με αλκάλια και οξέα^[10] και πήρε ένα νέο πτητικό οξείδιο που νόμιζε ότι αποτελούνταν από το νέο μέταλλο. Το ονόμασε μάλιστα *ptene* από την ελληνική λέξη «πτηνό» (πτερωτό).^[11] Ο Τένναντ όμως που διέθετε μεγαλύτερη ποσότητα υπολείμματος, συνέχισε τις έρευνες. Θέρμανε ισχυρά το μαύρο κατάλοιπο σε κόκκινη φλόγα με υδροξείδιο του νατρίου, έψυξε το τήγμα και διέλυσε το υλικό σε νερό. Προέκυψε έτσι ένα κίτρινο διάλυμα, που περιείχε πιθανόν το ιόν $cis-[Os(OH)_2O_4]^{2-}$ και το OsO_4 και είχε πολύ έντονη μυρωδιά. Με οξίνιση του διαλύματος πήρε ένα λευκό πτητικό οξείδιο, αναμφίβολα το OsO_4 , το οποίο απομόνωσε με απόσταξη και μελέτησε. Έκανε αναγωγή υδατικού διαλύματος του οξειδίου και πήρε μαύρο μεταλλικό όσμιο με κατεργασία με χαλκό, άργυρο ή ψευδάργυρο.^[11] Μαζί με το όσμιο, ο Τένναντ ανακάλυψε και το ιρίδιο και δημοσίευσε τις ανακαλύψεις του με επιστολή στη Βρετανική Βασιλική Εταιρεία στις 21 Ιουνίου του 1804.^[12] Το 1828 ο Berzelius μελέτησε ενώσεις του οσμίου και προσπάθησε να καθορίσει το ατομικό βάρος του. Στη συνέχεια έκανε το ίδιο και με το ιρίδιο. Στις 20 Νοεμβρίου 1828, στην προτελευταία δημοσίευσή του ένα μήνα πριν τον θάνατό του, ο Wollaston περιγράφει τη μέθοδο του επίτευξης καθαρού OsO_4 . Από τα μέσα του 19ου αιώνα, το OsO_4 άρχισε να χρησιμοποιείται στην προετοιμασία βιολογικών δειγμάτων για παρατήρηση στο οπτικό μικροσκόπιο. Η χρήση αυτή συνεχίζεται μέχρι τις μέρες μας και για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Το 1897 ο Καρλ φον Ουέλσμπαχ (Carl von Welsbach) χρησιμοποίησε νήματα πυράκτωσης από όσμιο σε λαμπτήρες, ενώ στις αρχές του 20ού αιώνα, ο Φριτς Χάμπερ^[13] (Fritz Haber)^[Σημ. 5] αξιοποίησε σκόνη οσμίου και ουρανίου ως καταλύτες^[14] στην παραγωγή αμμωνίας από άζωτο και υδρογόνο, βιομηχανική τεχνική που ο ίδιος είχε επινοήσει. Αργότερα ο καταλύτης αυτός αντικαταστάθηκε από άλλους φθηνότερους.^[11]

Μέτρο ελαστικότητας όγκου (Bulk modulus)	462 GPa
Λόγος Poisson	0,25
Ταχύτητα του ήχου (20 °C)	4940 m/s
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>Κίνδυνοι κατά NFPA 704</div><div>4</div><div>0</div></div>	
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

Εμφανίσεις - Εξόρυξη - Απομόνωση του μετάλλου

Το όσμιο βρίσκεται στη φύση ως ελεύθερο στοιχείο ή σε φυσικά κράματα ιδιαίτερα με ιρίδιο όπως το οσμιρίδιο (ή ιριδόσμιο). Το οσμιρίδιο περιέχει 15 - 40 % όσμιο και 80 - 50 % ιρίδιο.^[15] Είναι σπάνιο κράμα που βρίσκεται στη Ρωσία και στη Βόρεια και Νότια Αμερική. Το περισσότερο όμως όσμιο (λιγότερο πάντως από 100 Kg τον χρόνο) παράγεται ως παραπροϊόν του ηλεκτροχημικού εξευγενισμού του νικελίου στα ορυχεία του Οντάριο στον Καναδά.^[16]

Εμφανίσεις

Τα PGM συνδέονται με τη μεταλλογένεση του χρωμίτη, καθώς και με τα κοιτάσματα σουλφιδίων Cu-Ni. Έτσι, οι σπουδαιότερες, οικονομικής σημασίας, συγκεντρώσεις των PGM έχουν βρεθεί σε καθορισμένους στρωματογραφικούς ορίζοντες συμπλεγμάτων στρωματομόρφου τύπου όπως το σύμπλεγμα Bushveld της Νότιας Αφρικής τα κοιτάσματα PGM του οποίου περιέχουν περίπου 1 % Os ^[18] και τα κοιτάσματα νικελίου-χαλκού-PGM στο Νορίλσκ της Σιβηρίας που περιέχουν επίσης 1 % Os .^[18] Μικρότερα αποθέματα έχουν βρεθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες,^[19] σε προσχωσιγενή εδάφη στο Τσόκο (Choco) της Κολομβίας αλλά και στις άμμους ποταμών στα Ουράλια Όρη.^[20]

Εξόρυξη - Προκατεργασία

Τα PGM εξορύσσονται συνήθως από υπόγεια ορυχεία και σπάνια από επιφανειακές εμφανίσεις. Ο αρχικός τεμαχισμός των βράχων γίνεται από τους εργάτες των ορυχείων με κομπρεσέρ ή με εκρηκτικά. Μετά τη μεταφορά στην επιφάνεια με ιμάντες ή βαγονάκια των μεγάλων κομματιών από το υπόγειο ορυχείο, αυτά τεμαχίζονται σε πολύ μικρά κομμάτια, απομακρύνονται οι προσμίξεις, για να αποκαλυφθούν τα ορυκτά που περιέχουν τα επιθυμητά μέταλλα και τέλος αλέθονται μέχρι να γίνουν σκόνη. Σ' αυτή τη φάση, ένας τόνος μεταλλεύματος συνήθως περιέχει 4 έως 7 γραμμάρια μετάλλων.^[21] Στη συνέχεια, με μια διαδικασία που ονομάζεται «επίπλευση αφρού», το μέταλλευμα αναμιγνύεται με νερό και χημικές ουσίες οπότε εμπλουτίζεται σε PGMs, προσκολλάται στις φυσαλίδες που δημιουργούνται από τη διαδικασία, επιπλέει στην επιφάνεια και απομακρύνεται. Το εμπλουτισμένο μέταλλευμα περιέχει τώρα από 100 έως 1000 γραμμάρια μετάλλων ανά τόνο. Το υπόλοιπο υλικό περνάει από τη διαδικασία άλεσης και επίπλευσης για δεύτερη φορά. Τα τελικά κατάλοιπα-απόβλητα είτε επιστρέφονται στο ορυχείο για να κλείσουν τα ανοικτά σημεία εξόρυξης, είτε απορρίπτονται σε απομακρυσμένα σημεία στην επιφάνεια του εδάφους, είτε υποβάλλονται σε πρόσθετη επεξεργασία για την ανάκτηση των άλλων μετάλλων που υπάρχουν, όπως νικέλιο ή χαλκός. Εν τω μεταξύ, το μέταλλευμα το οποίο μετά το νέο εμπλουτισμό περιέχει 1400 γραμμάρια μετάλλων ανά τόνο, μεταφέρεται στο κοντινό εργοστάσιο για περαιτέρω επεξεργασία. Εκεί ξηραίνεται σε θερμοκρασίες που μπορεί να είναι πάνω από 1500 °C και διαχωρίζεται από ανεπιθύμητα ορυκτά όπως του σιδήρου και του θείου, τα οποία απομακρύνονται με διοχέτευση ρευμάτων αέρα. Η τελική περιεκτικότητα σε πολύτιμα μέταλλα αντιπροσωπεύει ένα πολύ μικρό ποσοστό της αρχικής μάζας του μεταλλεύματος. Για παράδειγμα, στο ορυχείο Stillwater των Η.Π.Α. από 850.000 τόνους πρωτογενούς μεταλλεύματος, θα παραχθούν τελικά σε ετήσια βάση μόνο 15,5 τόνοι εξευγενισμένων PGM.^[22]

Στο χυτήριο, το οποίο μπορεί να έχει μια ικανότητα επεξεργασίας έως και 100 τόνους/ημέρα, το μέταλλευμα κατεργάζεται σε ηλεκτρική κάμιν σε θερμοκρασίες κοντά στους 1600 °C για να απομακρυνθούν διάφορα άχρηστα υλικά και τελικά, μετά από διπλή επεξεργασία, προκύπτει μια «σκουριά» (matte) από PGMs και άλλα μέταλλα. Το matte υφίσταται περαιτέρω ηλεκτροχημική επεξεργασία κατά την οποία απομακρύνονται μέταλλα, όπως ο χαλκός, το νικέλιο και το κοβάλτιο, οπότε απομένει ένα μίγμα λεπτόκοκκων PGMs.^[21]

Διαχωρισμός - Απομόνωση του οσμίου

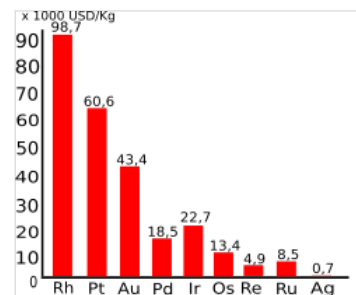
Περιεκτικότητα Os σε διάφορα περιβάλλοντα ^[17]		
Περιβάλλον	ppb κατά βάρος	ppb κατά άτομο
Σύμπαν	3	0,02
Ήλιος	2	0,01
Μετεωρίτες	670	70
Λιθόσφαιρα	1,8	0,2

Το τελικό βήμα στην παραγωγή είναι ο διαχωρισμός και ο καθαρισμός των PGMs σε ξεχωριστά μέταλλα.^[21] Αυτό είναι και το πιο δύσκολο κομμάτι της όλης διαδικασίας και συνδυάζει χημικές μεθόδους, αποστάξεις και τεχνικές ανταλλαγής ιόντων. Η βασική διαδικασία διαχωρισμού του οσμίου από τα άλλα μέταλλα είναι, σε γενικές γραμμές, η εξής^{[23] [24]}: Αν συνυπάρχουν χρυσός (Au) ή/και άργυρος (Ag) πρέπει να απομακρυνθούν. Το μίγμα μετάλλων πρώτα κατεργάζεται με βασιλικό νερό στο οποίο διαλύονται ο λευκόχρυσος (Pt), το παλλάδιο (Pd) και ο χρυσός (Au). Τα άλλα μέταλλα δηλαδή ρουθίνιο (Ru), όσμιο (Os), ρόδιο (Rh), ιρίδιο (Ir) και Ag μένουν ως αδιάλυτα χλωριούχα σύμπλοκα. Στη συνέχεια αυτά τα αδιάλυτα διαλύονται σε νιτρικό οξύ (HNO₃) και τήγμα μολύβδου (Pb) οπότε απομακρύνονται ο Ag και ο Pb με μορφή νιτρικών αλάτων (AgNO₃ και Pb(NO₃)₂). Τα αδιάλυτα που απομένουν είναι τα μέταλλα Ru, Os, Rh, Ir. Ακολουθεί σύντηξη με όξινοθειικό νάτριο (NaHSO₄) και διάλυση στο νερό, οπότε απομονώνεται το διαλυτόθειικό ρόδιο(III), Rh₂(SO₄)₃, ενώ τα άλλα μέταλλα (Ru, Os, Ir) μένουν αδιάλυτα, συντήκονται με υπεροξείδιο του νατρίου (Na₂O₂) και πλένονται με νερό οπότε απομένει ένα υπόλειμμα που περιέχει IrO₂ από το οποίο θα απομονωθεί το ιρίδιο ενώ τα μέταλλα Ru και Os με μορφή ιόντων RuO₄²⁻ και OsO₄²⁻ απομακρύνονται με την πλύση. Ακολουθεί αντίδραση με αέριο χλώριο οπότε σχηματίζονται τα πτητικά οξείδια RuO₄ και OsO₄. Το RuO₄ διαλύεται με υδροχλωρικό οξύ οπότε σχηματίζεται χλωρορουθηνικό οξύ και το Ru απομακρύνεται με επίδραση NH₄Cl ως καθαρό χλωρορουθηνικό αμμώνιο. Σ' αυτό το σημείο μπορεί να απομονωθεί και να χρησιμοποιηθεί το OsO₄ αν είναι επιθυμητό, αλλιώς διαλυτοποιείται σε αλκοολικό διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου και μετατρέπεται σε Na₂[OsO₂(OH)₄]. Μετά με επίδραση χλωριούχου αμμωνίου (NH₄Cl) το όσμιο ανακτάται ως καθαρό OsCl₂O₂(NH₃)₄. Εξάτμιση μέχρι ξηρού και αντίδραση με αέριο υδρογόνο δίνει τελικά καθαρό όσμιο: OsCl₂O₂(NH₃)₄ + 3H₂ → Os + 2NH₄Cl + 2NH₃ + 2H₂O

Οικονομικά στοιχεία

Η μέση τιμή spot (spot)^[Σημ. 6] αγοράς και πώλησης του οσμίου την 25η Αυγούστου 2017 ήταν 380 δολάρια/ουγγιά.^[25]

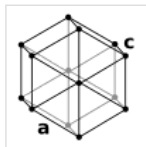
Το όσμιο πωλείται συνήθως ως σκόνη καθαρότητας 99 %. Όπως και τα άλλα ευγενή μέταλλα, η ποσότητά του μετριέται και σε ουγγιές αλλά και σε γραμμάρια. Επειδή οι χρήσεις του οσμίου είναι περιορισμένες, είναι μαζί με το ρουθίνιο τα φθηνότερα από τα PGMs. Για αρκετά χρόνια, η μέση τιμή του οσμίου ήταν πολύ χαμηλή. Από το 1930 έως και το 1998, υπάρχουν τρεις περίοδοι στη μέση τιμή του οσμίου: Από το 1930 έως και το 1946, η τιμή ήταν περίπου 57 δολάρια/ουγγιά, από το 1947 έως και το 1964 ήταν 109 δολάρια /ουγγιά και από το 1965 έως και το 1998 ήταν 346 δολάρια/ουγγιά^[26]



Τιμές ευγενών μετάλλων στις 15 Μαΐου 2010

Ιδιότητες

Φυσικές



Κρύσταλλος
Os,
a = 273,44 pm
c = 431,73 pm

Το όσμιο είναι εξαιρετικά δύσπηκτο μέταλλο. Έχει τα υψηλότερα σημεία τήξης και βρασμού και τις μεγαλύτερες ενθαλπίες τήξης και εξάτμισης από όλα τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου. Κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα και γίνεται υπεραγωγίμο στους -272,49 °C.^[27] Ένα κράμα που περιέχει όσμιο, γερμάνιο και πρσινοδύμιο και αντιστοιχεί στον τύπο Pr₃Os₄Ge₁₃ γίνεται υπεραγωγίμο στους -257,15 °C.^[28]

Το όσμιο είναι παραμαγνητικό μέταλλο διότι έχει μονήρη ηλεκτρόνια τα οποία συμπεριφέρονται ως στοιχειώδεις μαγνήτες και έλκονται από μαγνητικά πεδία.

Η τάση των ατμών του είναι αμελητέα και η μικρότερη όλων των PGMs: στους 2889 °C είναι μόνο 10⁻⁵ Atm και φθάνει στην 1 Atm στους 4983 °C.

Μηχανικές ιδιότητες

Το όσμιο έχει σκληρότητα ισχυρά ανισότροπη, επειδή δεν ανήκει στο κυβικό σύστημα, και μεγαλύτερη (κατά Brinell και Young) από όλα τα χημικά στοιχεία. Κράμα που περιέχει 20 % Pt και 80 % Os έχει σκληρότητα 578 HV μεγαλύτερη ακόμη και από του καθαρού οσμίου (560 HV).^[28] Το όσμιο έχει πολύ μικρή συμπίεστότητα και αντίστοιχα έχει πολύ μεγάλο μέτρο ελαστικότητας όγκου που κυμαίνεται μεταξύ 395 GPa και 462 GPa και είναι συγκρίσιμο μόνο με αυτό του διαμαντιού (443 GPa). Παρόλα αυτά όμως το όσμιο είναι λιγότερο σκληρό από το διαμάντι.^[29]

Θερμικές ιδιότητες

Έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από το Pd και τον Pt και μικρότερη από τα άλλα PGMs.^[30]

Οπτικές ιδιότητες

Οι οπτικές ιδιότητες του οσμίου είναι ανισότροπες επειδή δεν κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα. Μετρήσεις του συντελεστή διάθλασης (n) για την περιοχή του ορατού φωτός (400 nm - 700 nm) σε κατεργασμένο πολυκρυσταλλικό συσσωμάτωμα με τυχαίο προσανατολισμό των κρυστάλλων έδωσαν n από 4,05 έως 3,76^[31] πράγμα που οφείλεται στη μεγάλη πυκνότητα του Os.^[32] Στην περιώδη περιοχή, το όσμιο παρουσιάζει μεγάλη ανακλαστικότητα. Για παράδειγμα σε μήκος κύματος 60 nm έχει διπλάσια ανακλαστικότητα από τον χρυσό ή τον λευκόχρυσο.^[33]

Ηλεκτρικές ιδιότητες

Το Os είναι άριστος αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Έχει την 19η μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα από όλα τα χημικά στοιχεία και την 4η μεγαλύτερη μεταξύ των PGMs (μετά από το ρόδιο, το ιρίδιο και το ρουθίνιο).^[34]



Όσμιο (Os), κρύσταλλοι καθαρότητας μεγαλύτερης από 99,99%

Πυκνότητα

Η πολύ μεγάλη πυκνότητα του οσμίου οφείλεται στο φαινόμενο της *συστολής των λανθανιδών*^[23]. Επειδή τα f ηλεκτρόνια δεν προστατεύουν επαρκώς τα ηλεκτρόνια των εξωτερικών στιβάδων, η αύξηση του πυρηνικού φορτίου στα 15 χημικά στοιχεία των λανθανιδών έχει ως συνέπεια την ισχυρότερη έλξη του ηλεκτρονικού περιβλήματος με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η ακτίνα των ατόμων όταν αυξάνεται ο ατομικός αριθμός. Έτσι τα χημικά στοιχεία γίνονται πιο «πυκνά». Το φαινόμενο αυτό επεκτείνεται και στα άλλα στοιχεία προς τα δεξιά της 6ης περιόδου του περιοδικού πίνακα στην οποία ανήκουν οι λανθανίδες. Έτσι, η περίοδος αυτή έχει πολύ πυκνά στοιχεία όπως το βολφράμιο (19,25 g/cm³), το ρήνιο (21,02 g/cm³), το ιρίδιο (22,56 g/cm³), τον λευκόχρυσο (21,45 g/cm³), τον χρυσό (19,25 g/cm³), το όσμιο αλλά και το χάσιο, το πυκνότερο όλων των στοιχείων (41 g/cm³).

Η διαφορά στην πυκνότητα που έχει μετρηθεί μεταξύ οσμίου και ιριδίου είναι πολύ μικρή.^{[35][36]} Σήμερα γνωρίζουμε^[11] ότι το όσμιο έχει πυκνότητα 22.587±0.009 g/cm³ και το ιρίδιο 22.562 ± 0.009 g/cm³. Σε υγρή κατάσταση το όσμιο έχει πυκνότητα 20 g/cm³.

Χημικές

Το όσμιο ανήκει στη γ' σειρά των μεταβατικών μετάλλων (ή στοιχείων) ή στοιχείων μετάπτωσης. Στα μέταλλα μετάπτωσης ανήκουν τα χημικά στοιχεία που έχουν ασυμπλήρωτη την ομάδα των d ατομικών τροχιακών της προτελευταίας ηλεκτρονιακής στιβάδας. Το φάσμα εκπομπής του Os είναι περίπλοκο επειδή διαθέτει πολλά τροχιακά παραπλήσιας ενέργειας και τα ηλεκτρόνια έχουν πολλές επιλογές όταν μεταβαίνουν από το ένα τροχιακό στο άλλο. Οι μεταβάσεις αυτές προϋποθέτουν απορρόφηση ενέργειας και στη συνέχεια επανεκπομπή της. Έτσι παρουσιάζεται το διάχυτο φάσμα εκπομπής και γι' αυτό το όσμιο ανήκει στο d-block (το d στα αγγλικά αντιπροσωπεύει τη λέξη diffuse που σημαίνει διάχυτος).^[37]

Οι ενέργειες ιονισμού (σε KJ/mol) των σταδιακών μετατροπών του οσμίου σε ιόντα από Os⁺ έως Os⁸⁺ καθώς και τα δυναμικά ημιαντιδράσεων αναγωγής διαφόρων ενώσεων και ιόντων του Os, βρίσκονται στους «κρυμμένους» πίνακες που ακολουθούν :

Ενέργειες ιονισμού και ημιαντιδράσεις αναγωγής ενώσεων του οσμίου

Ενέργειες ιονισμού		Δυναμικά αναγωγής	
Μετατροπή	Ενέργεια ιονισμού (KJ/mol)	Ημιαντίδραση	Δυναμικό E ⁰ (V)
Os - Os ⁺	840	Os ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Os	+0,85
Os ⁺ - Os ²⁺	1600	OsO _{2(s)} + 2H ₂ O + 4e ⁻ ⇌ Os _(s) + 4OH ⁻	-0,15
Os ²⁺ - Os ³⁺	2400	OsO _{4(s)} + 8H ⁺ + 8e ⁻ ⇌ Os _(s) + 4H ₂ O	+0,85
Os ³⁺ - Os ⁴⁺	3900	OsO _{4(s)} + 8H ⁺ + 6Cl ⁻ + 4e ⁻ ⇌ OsCl ₆ ²⁻ + 4H ₂ O	+1,0
Os ⁴⁺ - Os ⁵⁺	5200	HOsO ₅ ⁻ + 2e ⁻ ⇌ OsO ₄ ²⁻ + OH ⁻	+0,3
Os ⁵⁺ - Os ⁶⁺	6600	OsO ₄ ²⁻ + 2H ₂ O + 2e ⁻ ⇌ OsO _{2(s)} + 4OH ⁻	+0,1
Os ⁶⁺ - Os ⁷⁺	8100	OsCl ₆ ²⁻ + e ⁻ ⇌ OsCl ₆ ³⁻	+0,85
Os ⁷⁺ - Os ⁸⁺	9500	OsCl ₆ ³⁻ + e ⁻ ⇌ Os ²⁺ + 6Cl ⁻	+0,4
		OsCl ₆ ³⁻ + 3e ⁻ ⇌ Os _(s) + 6Cl ⁻	+0,71

Όπως φαίνεται σ' αυτούς τους πίνακες, το κανονικό δυναμικό αναγωγής της αντίδρασης: Os²⁺ + 2e⁻ ⇌ Os είναι θετικό (+ 0,85 V) πράγμα που σημαίνει ότι το μέταλλο βρίσκεται μετά το υδρογόνο στην ηλεκτροχημική σειρά των μετάλλων, δεν αντικαθιστά το H στις ενώσεις του (π.χ οξέα) και χημικώς θεωρείται ευγενές μέταλλο.

Όπως όλα τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου, το όσμιο είναι σχετικά χημικά αδρανές, αδιάλυτο σε όλα τα οξέα, ανόργανα και οργανικά ακόμη και στο βασιλικό νερό.^[24] Σκόνη Os αντιδρά αργά με το οξυγόνο στους 25 °C. Όταν θερμανθεί αντιδρά με φθόριο και χλώριο στους 100 °C περίπου, προσβάλλεται από διαλύματα υδροχλωρικού οξέος, από οξειδωτικά αντιδραστήρια και από λιωμένα αλκάλια.^[15]

Επίδραση οξέων

Το όσμιο δε διαβρώνεται από το πυκνό θειικό οξύ, H₂SO₄, ούτε από πυκνό υδροφθορικό, HF, και υδροχλωρικό, HCl. Μέτρια διάβρωση παρατηρείται μόνο από HCl 36 % και HBr 36 % στους 100 °C. Μόνο το πυκνό νιτρικό οξύ, HNO₃ 62 % και το βασιλικό νερό διαβρώνουν σοβαρά το όσμιο σε όλες τις θερμοκρασίες. Το πυκνό υδροϊωδικό οξύ διαβρώνει μέτρια το όσμιο και στους 20 °C και στους 100 °C.^[3]

Επίδραση βάσεων

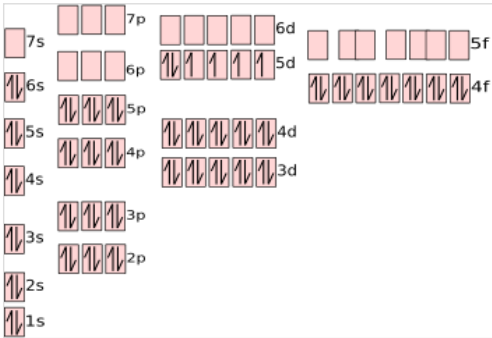
Με υδροξείδιο καλίου (KOH) σχηματίζεται η ασταθής ένωση OsO₄.2KOH^[38]

Επίδραση αλάτων

Το υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl) διαβρώνει σοβαρά το όσμιο και σε χαμηλή και σε υψηλή θερμοκρασία.^[3]

Αντιδράσεις του οσμίου με το O₂

Ατομικός αριθμός (Z)	Χημικό στοιχείο	Ηλεκτρόνια ανά στιβάδα
26	Σίδηρος	2, 8, 14, 2
44	Ρουθένιο	2, 8, 18, 15, 1
76	Όσμιο	2, 8, 18, 32, 14, 2
108	Χάσιο	2, 8, 18, 32, 32, 14, 2



Ηλεκτρονιακή διαμόρφωση Os

Δεν υπάρχει οξείδιο του Os(V), ενώ για το Os(VII) και το Os(VI) υπάρχουν οξοσύμπλοκα της μορφής OsO₄⁻ και OsOCl₄. Το οξείδιο του οσμίου(IV), OsO₂, σχηματίζεται με ήπια αναγωγή από το OsO₄.^[39] Το οξείδιο του οσμίου(VIII), OsO₄, σχηματίζεται έμμεσα με οξείδωση διαφόρων ενώσεων του οσμίου, με απευθείας σύνθεση στους 300 - 800 °C όταν χρησιμοποιηθεί συμπαγές κομμάτι οσμίου και σε θερμοκρασία δωματίου όταν χρησιμοποιηθεί σκόνη Os:^[15] Os + 2O₂ → OsO₄

Αντιδράσεις του οσμίου με τα αλογόνα

Δεν έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη αλογονιδίων στα οποία το όσμιο να έχει αριθμό οξείδωσης μικρότερο του +3.^[40]
Φθορίδια: Το OsF₇, υπάρχει μόνο σε υψηλές πιέσεις ενώ δεν υπάρχει το OsF₈.^[39] Το φθοριούχο όσμιο(V), OsF₅, σχηματίζεται έμμεσα. Όπως πολλά βαριά μέταλλα, έτσι και το όσμιο(VI) σχηματίζει πτητικό φθορίδιο.^[24] Το κίτρινο φθοριούχο όσμιο(VI) προκύπτει σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση και στους 250-300 °C : Os + 3F₂ → OsF₆
Χλωρίδια: Το χλωριούχο όσμιο(III) σχηματίζεται έμμεσα. Το μαύρο χλωριούχο όσμιο(IV) OsCl₄ σχηματίζεται σε δύο μορφές. Σε χαμηλή θερμοκρασία παράγεται έμμεσα, ενώ στους 700 °C προκύπτει με απευθείας αντίδραση: Os + 2Cl₂ → OsCl₄
Βρωμίδια: Το βρωμιούχο όσμιο(III) σχηματίζεται έμμεσα. Το μαύρο βρωμιούχο όσμιο(IV) OsBr₄ σχηματίζεται έμμεσα στους 330 °C και στις 120 Atm, ενώ στους 470 °C και στις 10 Atm προκύπτει από την αντίδραση: Os + 2Br₂ → OsBr₄
Ιωδίδια: Το ιωδιούχο όσμιο(III), OsI₃, σχηματίζεται έμμεσα.

Ισότοπα

Το Os έχει επτά φυσικά ισότοπα, πέντε από τα οποία είναι σταθερά: ¹⁸⁷Os, ¹⁸⁸Os, ¹⁸⁹Os, ¹⁹⁰Os και το πιο συχνό ¹⁹²Os. Τα άλλα δύο, ¹⁸⁴Os και ¹⁸⁶Os, έχουν τόσο μεγάλο χρόνο ημιζωής, που πρακτικά θεωρούνται σταθερά. Το ¹⁸⁷Os προκύπτει από το ¹⁸⁷Re (ημιζωή 4.56x10¹⁰ χρόνια) με β⁻-διάσπαση^[41] και μετρίεται συνήθως από το λόγο ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os. Αυτός ο λόγος, όπως και ο ¹⁸⁷Re/¹⁸⁷Os, χρησιμοποιείται για τη χρονολόγηση εξωγήινων αντικειμένων όπως οι μετεωρίτες. Έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του παλαιοκλίματος δηλαδή των καιρικών συνθηκών του παρελθόντος, αλλά και στον καθορισμό της ηλικίας του μανδύα της Γης.

Η κυριότερη όμως χρήση του οσμίου (μαζί με το ιρίδιο) είναι η χρονολόγηση του χαλαζιακού στρώματος στο όριο K-T (Κρητιδικής και Τριτογενούς γεωλογικής περιόδου), το οποίο σηματοδοτεί την εξαφάνιση των δεινοσαύρων πριν 65 εκατομμύρια χρόνια.^[42]

Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι - Βιολογικός ρόλος - Προφυλάξεις

Το μεταλλικό όσμιο δεν είναι τοξικό. Η πολύ λεπτή σκόνη του είναι εύφλεκτη.^[43] Το μεταλλικό όσμιο δεν προσβάλλεται από το οξυγόνο της ατμόσφαιρας αλλά η σκόνη του αντιδρά με το οξυγόνο σε θερμοκρασία δωματίου σχηματίζοντας το πτητικό OsO₄. Στο οξείδιο αυτό μετατρέπονται επίσης ορισμένες ενώσεις του οσμίου παρουσία οξυγόνου.^[43] Το γεγονός αυτό καθιστά το OsO₄ την κύρια πηγή επαφής του οσμίου με το περιβάλλον. Το οξείδιο είναι εξαιρετικά ασταθές και διαπερνά το δέρμα εύκολα, είναι πολύ τοξικό μέσω της εισπνοής, της κατάποσης και της επαφής με το δέρμα.^[44] Ακόμη και μικρές συγκεντρώσεις ατμών οξειδίου του οσμίου (VIII) μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στους πνεύμονες, στο δέρμα και στα μάτια και θα πρέπει επομένως να χρησιμοποιηθεί απαγωγός αερίων.^[45] Το OsO₄, επειδή είναι ισχυρότατο οξειδωτικό, ανάγεται εύκολα προς OsO₂ που είναι σχετικά αδρανές, αν αντιδράσει με πολυακόρεστα φυτικά έλαια, όπως το καλαμποκέλαιο.^[46] Δεν υπάρχουν στοιχεία για την τοξικότητα του οσμίου στα τρόφιμα γιατί οι συγκεντρώσεις του είναι εξαιρετικά χαμηλές.

Ενώσεις του οσμίου

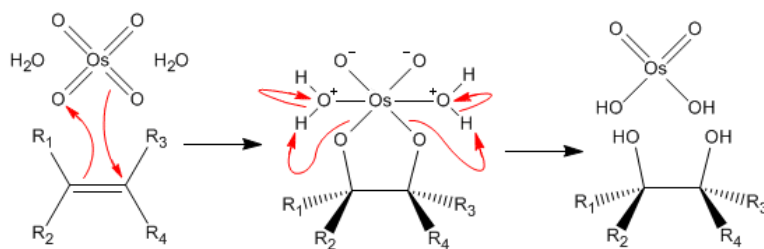
Οι περισσότερες ενώσεις του οσμίου (αλλά και γενικά των στοιχείων μετάπτωσης) είναι έγχρωμες γιατί ο αριθμός των διαθέσιμων τροχιακών στα οποία μπορεί να μεταπηδήσει ένα ηλεκτρόνιο όταν διεγερθεί είναι μεγάλος, οπότε η ενέργεια που χρειάζεται για να αλλάξει τροχιακό είναι πολύ μικρή και η ενέργεια της ορατής περιοχής του φάσματος είναι επαρκής. Έτσι, απορροφούνται ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και οι ενώσεις φαίνονται έγχρωμες.^[37]

Το όσμιο, το ρουθίνιο και το ξένο παρουσιάζουν, μεταξύ άλλων, το μεγαλύτερο αριθμό οξείδωσης από όλα τα χημικά στοιχεία: +8.^[47] Οι συνηθέστερες βαθμίδες οξείδωσής του Os είναι +2 ([Os(CO)₆]²⁺), +3 (OsI₃), +4 (OsBr₄), +8 (OsO₄). Επίσης αναφέρονται και οι αριθμοί οξείδωσης +1 (OsI), +5 (OsF₅), +6 (OsF₆), +7(OsOF₅). Οι αριθμοί οξείδωσης −1 και −2 εμφανίζονται σε δύο δραστικές ενώσεις, Na₂[Os₄(CO)₁₃] και Na₂[Os(CO)₄] αντίστοιχα, οι οποίες χρησιμοποιούνται στη σύνθεση βοτρυσειδών (cluster) συμπλόκων δηλαδή αυτών που έχουν τρία ή περισσότερα άτομα μετάλλου ενωμένα όλα μεταξύ τους.^{[48][49]} Με θέρμανση με θειό σχηματίζεται το θειούχο όσμιο(IV), OsS₂.^[38]

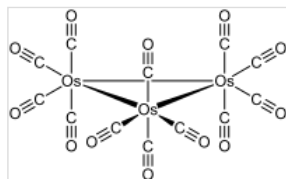
Το όσμιο δε σχηματίζει σταθερά δυαδικά υδρίδια, αλλά πολύ πρόσφατα θερμάνθηκαν υπό πίεση μίγματα του μετάλλου με υδρίδια μετάλλων αλκαλικών γαιών σε ατμόσφαιρα υδρογόνου, οπότε προέκυψαν ενώσεις των μορφών M₂OsH₆ (M = Mg, Ca, Sr, Ba) και Li₄OsH₆.^[24] Παρόλο που δεν έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη του OsF₈, υπάρχουν οξο-φθορίδια του Os⁺⁸, όπως τα OsO₂F₄ και OsO₃F₂.^[24] Η πιο ενδιαφέρουσα ένωση του οσμίου είναι το **οξείδιο του οσμίου(VIII)**, OsO₄, το οποίο ονομάζεται και "οσμικό οξύ".^[15] Είναι ιδιαίτερα τοξική ένωση ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και πρέπει να αντιμετωπίζεται με μεγάλη προσοχή.^[50] Όταν είναι καθαρό είναι άχρωμο αλλά συνήθως είναι επιμολυσμένο με πολύ μικρές ποσότητες καφεκίτρινου οξειδίου του Os(IV) (OsO₂) οπότε αποκτά μια κιτρινωπή χροιά. Το OsO₄ εξαχνώνεται, περνά δηλαδή απευθείας από τη στερεή στην αέρια φάση, σε θερμοκρασία δωματίου και έχει χαρακτηριστική δηκτική οσμή, παρόμοια με εκείνη του όζοντος. Είναι τόσο ισχυρή η τάση του να προστίθεται σε διπλούς δεσμούς, ώστε αντιδρά και με το μπακμινστερφυλλερένιο-C₆₀.^[51] Δρα ως ισχυρότατο οξειδωτικό οξειδώνοντας τα αλκένια προς κορεσμένες 1,2-διόλες,^[52] όπως φαίνεται στον παρακάτω μηχανισμό:

Χρώματα ορισμένων αλογονιδίων του Os^[24]

Ένωση	Χρώμα	Ένωση	Χρώμα
OsCl ₃		OsBr ₃	
OsI		OsF ₄	
OsI ₂		OsF ₅	
OsF ₆		OsF ₇	



Σύμπλοκα του οσμίου



$\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$

Έχει παρασκευαστεί μια μεγάλη ποικιλία μεταλλοκαρβονυλίων στα οποία το όσμιο έχει αριθμό οξείδωσης 0 : $\text{Os}(\text{CO})_5$, $\text{Os}_2(\text{CO})_9$, $\text{Os}_3(\text{CO})_{12}$, $\text{Os}_4(\text{CO})_x$ ($x = 14, 15, 16$), $\text{Os}_5(\text{CO})_y$ ($y = 16, 18, 19$), $\text{Os}_6(\text{CO})_z$ ($z = 18, 21$), $\text{Os}_7(\text{CO})_{21}$, $\text{Os}_8(\text{CO})_{23}$ και $\text{Os}_{10}(\text{CO})_{26}$.

Από τα σύμπλοκα με $\text{Os}(\text{III})$ μεγάλη σημασία για τη συνθετική οργανική χημεία έχει το κατιόν $[\text{Os}(\text{NH}_3)_5(\text{N}_2)]^{2+}$ από το οποίο παράγονται πάρα πολλά σύμπλοκα με αμμωνία (NH_3). Στα σύμπλοκα με άζωτο, το μόριο του N_2 μπορεί να συναρμόζεται με ένα ή δύο κεντρικά άτομα με γραμμική διάταξη $\text{Os}-\text{N}\equiv\text{N}$ ή $\text{Os}-\text{N}\equiv\text{N}-\text{Os}$, ή το N_2 να συναρμόζεται πλευρικά με το κεντρικό άτομο. Επειδή το μήκος του δεσμού $\text{N}-\text{N}$ στα σύμπλοκα είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από ότι στο ελεύθερο στοιχειακό άζωτο, έπεται ότι και στα σύμπλοκα υπάρχει ο τριπλός δεσμός $\text{N}\equiv\text{N}$.

Στα σύμπλοκα αυτά το N_2 εύκολα μετατρέπεται σε NH_3 και η εύρεση του μηχανισμού ίσως εξηγήσει τον τρόπο με

τον οποίο τα φυτά δεσμεύουν ατμοσφαιρικό άζωτο και το μετατρέπουν σε NH_3 .^[53]

Τα σύμπλοκα που περιέχουν $\text{Os}(\text{VII})$ και $\text{Os}(\text{VIII})$ είναι λίγα όπως π.χ. το $[\text{Os}(\text{N})\text{O}_3]^-$ που περιέχει τριπλό δεσμό μεταξύ οσμίου και αζώτου. Αντιθέτως, υπάρχουν πολλά σύμπλοκα με $\text{Os}(\text{VI})$ όπως τα πολύ σημαντικά σύμπλοκα με φωσφίνη π.χ. $\text{OsO}_2\text{X}_2(\text{PR}_3)_2$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$ και $\text{PR}_3 = \text{PMe}_2\text{Ph}, \text{PEt}_2\text{Ph}, \text{PPh}_3$, κλπ.^[Σημ. 7] τα οποία σχηματίζουν και τα άλλα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το σύμπλοκο οσμικό ανιόν, $[\text{OsO}_2(\text{OH})_4]^{2-}$. Παρόλο που είναι οκταεδρικό με d^2 διαμόρφωση, δεν είναι παραμαγνητικό αλλά διαμαγνητικό και σ' αυτό το όσμιο έχει αριθμό οξείδωσης +6.^[15] Η *cis*-μορφή του προκύπτει από την επίδραση αλκαλίων στο οξείδιο του οσμίου(VIII), OsO_4 . Το οσμικό κάλιο, $\text{K}_2[\text{OsO}_2(\text{OH})_4]$, παράγεται από τη διάλυση του OsO_4 σε αιθανολικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (KOH) και χρησιμοποιείται ως καταλύτης σε διάφορες αντιδράσεις όπως η ασύμμετρη υδροξυλίωση Sharpless^[54] αλλά και στην προκατεργασία δειγμάτων για παρατήρηση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.^[55] Το όσμιο σχηματίζει επίσης μεγάλη ποικιλία υδριδο-συνπλόκων όπως $\text{OsH}_6(\text{PR}_3)_2$, $\text{OsH}_4(\text{PR}_3)_3$ και $\text{OsH}_2(\text{PR}_3)_4$, νιτροζυλοσυνπλόκων όπως π.χ. $\text{Os}(\text{NO})_2(\text{PPh}_3)_2$, αλκυλο- και άρυλο-συνπλόκων, ιμιδο-συνπλόκων κ.ά.

Χρήσεις - Εφαρμογές

Το 1897 ένας Αυστριακός χημικός, ο Καρλ φον Ουέλσπαχ (Carl von Welsbach), επινόησε μια λάμπα πυράκτωσης με νήμα από όσμιο, την οποία και εμπορεύθηκε ο ίδιος από το 1902. Μετά από λίγα χρόνια όμως, το όσμιο αντικαταστάθηκε από βολφράμιο που έχει υψηλότερο σημείο τήξης από όλα τα χημικά στοιχεία και έτσι η λάμπα φωτοβολεί εντονότερα ενώ παρατείνεται και η διάρκεια ζωής της.^[11]

Οι βελόνες στους πρώτους φωνογράφους ήταν από όσμιο, ιδίως για δίσκους 78 στροφών, αλλά αργότερα στις βελόνες των πικ-απ 45 και 33 στροφών το μέταλλο αντικαταστάθηκε από ζαφείρια και συνθετικά διαμάντια.^[56]

Το όσμιο σήμερα χρησιμοποιείται με μορφή κραμάτων με άλλα μέταλλα και σπάνια σε καθαρή κατάσταση. Τα κράματα του οσμίου, όπως το οσμιρίδιο, είναι πολύ σκληρά και χρησιμοποιούνται, μαζί με τα άλλα PGMs, σε εφαρμογές στις οποίες απαιτούνται υψηλή αντοχή στη διάβρωση και μεγάλη σκληρότητα όπως σε στυλογράφους, ηλεκτρικές επαφές μηχανικών διακοπών, διατηρητικά εργαλεία κλπ. Κράμα αποτελούμενο από 90 % λευκόχρυσο και 10 % όσμιο χρησιμοποιείται σε χειρουργικά εμφυτεύματα όπως οι βηματοδότες και για αντικατάσταση πνευμονικών βαλβίδων.^[57]

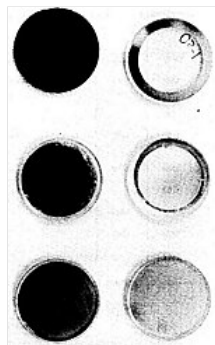
Το OsO_4 χρησιμοποιείται επίσης σε πολλές περιπτώσεις στην οργανική σύνθεση επειδή περιέχει το μέταλλο με το μέγιστο αριθμό οξείδωσης και επομένως αυτός μπορεί μόνο να ελαττωθεί δηλαδή να υποστεί το οξείδιο αναγωγή. Επίσης, επειδή μετατρέπει τους ακόρεστους δεσμούς C-C σε κορεσμένους, χρησιμοποιείται ως παράγοντας χρώσης λιπιδίων σε βιολογικά παρασκευάσματα για το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο,^[60] το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και το οπτικό μικροσκόπιο βελτιώνοντας σημαντικά την αντίθεση (contrast) της εικόνας καθώς και για την παρασκευή σκευασμάτων ανίχνευσης δακτυλικών αποτυπωμάτων.^[61] Μια άλλη ένωση του οσμίου, το σιδηρικούανιούχο όσμιο (OsFeCN), έχει παρόμοια δράση και χρησιμοποιείται στη βιολογία για τον ίδιο σκοπό.^[62]

Όπως το παλλάδιο, έτσι και η σκόνη οσμίου απορροφά αποτελεσματικά το υδρογόνο. Έτσι το όσμιο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ηλεκτρόδιο σε μπαταρίες μεταλλικών υδριδίων. Ωστόσο, το όσμιο είναι ακριβό και αντιδρά με υδροξείδιο του καλίου που είναι ο πιο κοινός ηλεκτρολύτης των μπαταριών.^[63]

Η υψηλή ανακλαστικότητα του οσμίου στην υπεριώδη περιοχή (σε μήκη κύματος μικρότερα των 100 nm) είναι επιθυμητή σε κάτοπτρα μικρού μεγέθους που χρησιμοποιήθηκαν πολλές φορές σε φασματοφωτόμετρα υπεριώδους (UV) φωτός στα διαστημικά λεωφορεία. Αποδείχθηκε όμως ότι οι ελεύθερες ρίζες οξυγόνου της ανώτερης ατμόσφαιρας οξειδώναν το λεπτό φιλμ οσμίου σχηματίζοντας οξείδιο. Οι επιστρώσεις λευκόχρυσου και ιριδίου που τοποθετήθηκαν για σύγκριση συμπεριφέρθηκαν πολύ καλύτερα.^[64]

Σημειώσεις

1. Αναφέρεται και η τιμή 630 KJ/mol (<http://www.webelements.com/osmium/thermochemistry.html>)



Εμφάνιση καθρεπτών Os, Ag, Au από μπροστά (αριστερά) και από πίσω (δεξιά) μετά την πτήση του Διαστημικού Λεωφορείου σε χαμηλή γήινη τροχιά. Το μαύρισμα οφείλεται στην οξείδωση από το ατομικό οξυγόνο. [58][59]

2. Στους 0 °C είναι 81,2 nΩ·m
3. Η ουγγιά (troy ounce) είναι η παραδοσιακή μονάδα μέτρησης της μάζας των ευγενών μετάλλων. 1 ουγγιά = 31,1035 g και 1 Kg = 32,1507 troy oz
4. Ο Σμίθσον Τένναντ (1761-1815) ήταν Άγγλος χημικός. Το 1796 απέδειξε, με καύση, ότι το διαμάντι αποτελείται αποκλειστικά από άνθρακα. Το 1804 ανακάλυψε την ανακάλυψη του οσμίου και του ιριδίου
5. Fritz Haber (1868 - 1934). Γερμανός χημικός. Κέρδισε το **Βραβείο Νόμπελ** το 1918 για τη «σύνθεση της αμμωνίας από τα στοιχεία της»
6. Τιμή spot είναι το κόστος προϊόντος για πληρωμή και άμεση παράδοση, συνήθως μέσα σε δυο εργάσιμες μέρες. Στην περίπτωση των μετάλλων, αυτά είναι ραφιναρισμένα (εξευγενισμένα) αλλά όχι μορφοποιημένα σε πλινθώματα («τούβλα»)
7. Me = μεθύλιο = CH₃·, Et = αιθύλιο = CH₃CH₂·)

Παραπομπές

1. WolframAlpha : Osmium (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=osmium+>)
2. 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.
3. «The PGM DataBase» (<https://web.archive.org/web/20100310075858/http://www.platinummetalsreview.com/jmpgm/index.jsp>). Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.platinummetalsreview.com/jmpgm/index.jsp>) στις 10 Μαρτίου 2010. Ανακτήθηκε στις 13 Μαΐου 2010.
4. E. Richard Booser (1997). *Tribology Data Handbook: An Excellent Friction, Lubrication, and Wear Resource* (<http://books.google.gr/books?id=VRmLry00pQC&pg=PA541&dq=osmium+Young's+modulus&lr=&cd=22#v=onepage&q=osmium%20&f=false>). CRC Press. σελ. 541.
5. Os, Pt, Ir, Pd, Ru, Rh - Wolfram|Alpha (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=Os%2C+Pt%2C+Ir%2C+Pd%2C+Ru%2C+Rh>)
6. Mineral Species containing Osmium (Os) (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-Os.shtml>)
7. McDonald, M. (959). «The Platinum of New Granada: Mining and Metallurgy in the Spanish Colonial Empire» (<https://web.archive.org/web/20110609195507/http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v3-i4-140-145>). *Platinum Metals Review* 3 (4): 140–145. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v3-i4-140-145>) στις 2011-06-09. <https://web.archive.org/web/20110609195507/http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v3-i4-140-145>. Ανακτήθηκε στις 2010-05-13.
8. Juan, J.; de Ulloa, A. (1748). *Relación histórica del viage a la América Meridional* (στα Spanish). 1. σελ. 606.
9. Hunt, L. B. (1987). «A History of Iridium» (<https://web.archive.org/web/20110609193607/http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v31-i1-032-041>). *Platinum Metals Review* 31 (1): 32–41. Αρχειοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v31-i1-032-041>) στις 2011-06-09. <https://web.archive.org/web/20110609193607/http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v31-i1-032-041>. Ανακτήθηκε στις 2010-05-13.
10. John Emsley "Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements", New York 2001
11. Griffith, W. P. (2004). «Bicentenary of Four Platinum Group Metals. Part II: Osmium and iridium – events surrounding their discoveries» (<http://www.ingentaconnect.com/content/matthey/pmr/2004/00000048/00000004/art00011?token=005a119513033297d33757e6f3f2f2730673f232f26773870335a666f3a7b6c2440426f386b65477d766cfde28>). *Platinum Metals Review* 48 (4): 182–189. <http://www.ingentaconnect.com/content/matthey/pmr/2004/00000048/00000004/art00011?token=005a119513033297d33757e6f3f2f2730673f232f26773870335a666f3a7b6c2440426f386b65477d766cfde28>
12. Tennant, S. (1804). «On Two Metals, Found in the Black Powder Remaining after the Solution of Platina» (<http://www.jstor.org/pss/107152>). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 94: 411–418. doi:10.1098/rstl.1804.0018 (<https://dx.doi.org/10.1098/rstl.1804.0018>). <http://www.jstor.org/pss/107152>.
13. Fritz Haber:Biography (http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1918/haber-bio.html)
14. John C. Kotz, Paul Treichel, Gabriela C. Weaver (2006). *Chemistry and chemical reactivity* (<http://books.google.gr/books?id=72XrywleZSoC&printsec=frontcover#v=onepage&q=osmium&f=false>). Thomson Brooks/Cole. σελ. 757.
15. Catherine E. Housecroft, A. G. Sharpe (2005). *Inorganic chemistry* (http://books.google.gr/books?id=_1gFM51qpAMC&printsec=frontcover&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=osmium&f=false) (2η έκδοση). Pearson Education Limited.
16. John Emsley (2003). *Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements* (http://books.google.gr/books?id=j-Xu07p3cKwC&printsec=frontcover&dq=Nature%27s+Building+Blocks:+An+A-Z+Guide+to+the+Elements&source=bl&ots=lsSYkD8Zli&sig=0wL8XldQuw-x7fYLQtWsnXCUJ-0&hl=el&ei=SKHtS4qkIYGROly8nY8l&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAYQ6AEwAA#v=onepage&q=osmium&f=false). Oxford University Press. σελ. 295.
17. webelements: Osmium (<http://www.webelements.com/osmium/>)
18. Hartman, H. L.; Britton, S. G., επιμ. (1992). *SME mining engineering handbook* (<http://books.google.com/books?id=Wm6QMRaX9C4C&pg=PA69>). Littleton, Colo.: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. σελ. 69. ISBN 9780873351003.
19. Seymour, R. J. (2001). «Platinum-group metals». *Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley. doi:10.1002/0471238961.1612012019052513.a01.pub2 (<https://doi.org/10.1002/0471238961.1612012019052513.a01.pub2>). Unknown parameter |coauthors= ignored (|author= suggested) (βοήθεια)

20. «Commodity Report: Platinum-Group Metals» (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2008-plati.pdf>) (PDF). United States Geological Survey USGS. Ανακτήθηκε στις 16 Σεπτεμβρίου 2008.
21. «United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)» (<https://web.archive.org/web/20100511044326/http://unctad.org/infocomm/anglais/platinum/chain.htm>). Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.unctad.org/infocomm/anglais/platinum/chain.htm>) στις 11 Μαΐου 2010. Ανακτήθηκε στις 15 Μαΐου 2010.
22. *SAVE Tangle lakes* (<http://www.savetanglelakes.org/docs/PGMuse.pdf>). <http://www.savetanglelakes.org/docs/PGMuse.pdf>. Ανακτήθηκε στις 27/5/2010.
23. Μανουσάκης Γ.Ε. (1983). *Γενική και Ανόργανη Χημεία*. τόμος 2. Εκδοτικός Οίκος Αφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
24. S.A. Cotton (1997). *Chemistry of precious metals* (https://archive.org/details/chemistryprecious00cott_946). Blackie Academic & Professional. σελίδες 1 (https://archive.org/details/chemistryprecious00cott_946/page/n13)-78.
25. Live Osmium Prices (<http://www.taxfreegold.co.uk/osmiumpricesusdollars.html>)
26. The U.S. Geological Survey (USGS) Mineral Resources Program (<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/550798.pdf>)
27. «National Physical Laboratory: Superconductivity» (https://web.archive.org/web/20110202093406/http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_6/2_6_4.html). Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_6/2_6_4.html) στις 2 Φεβρουαρίου 2011. Ανακτήθηκε στις 16 Μαΐου 2010.
28. W. Martienssen, Hans Warlimont (2005). *Springer handbook of condensed matter and materials data* (<http://www.google.com/books?id=TnHJX79b3RwC&pg=PA402&dq=Osmium+Optical+reflectivity&lr=&hl=el&cd=5#v=onepage&q=Osmium%20Optical%20reflectivity&f=false>). Springer Berlin Heidelberg New York. σελίδες 402 – 406.
29. Sahu, B. R.; Kleinman, L. (2005). «Osmium Is Not Harder Than Diamond» (<http://prb.aps.org/abstract/PRB/v72/i11/e113106>). *Physical Review B* 72. <http://prb.aps.org/abstract/PRB/v72/i11/e113106>.
30. «The PGM Database» (<https://web.archive.org/web/20100310075858/http://www.platinummetalsreview.com/jmpgm/index.jsp>). Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.platinummetalsreview.com/jmpgm/index.jsp>) στις 10 Μαρτίου 2010. Ανακτήθηκε στις 13 Μαΐου 2010.
31. David W. Lynch, W.R.Hunter (1998). «Comments on the Optical Constants of Metals and an Introduction to the Data for Several Metals». Στο: Edward D. Palik, επιμ. *Handbook of optical constants of solids, Τόμος 5* (<http://books.google.gr/books?id=rxuG1kXvSqqC&pg=PA324&dq=osmium+reflectivity&cd=1#v=onepage&q&f=false>). Academic Press. σελίδες 324 – 333.
32. *The Physics Hypertextbook* (<http://physics.info/refraction/>)
33. Torr, Marsha R. (1985). «Osmium coated diffraction grating in the Space Shuttle environment: performance» (<http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?URI=ao-24-18-2959>). *Applied Optics* 24: 2959. <http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?URI=ao-24-18-2959>.
34. WolframAlpha: PGMs conductivity (<http://www.wolframalpha.com/input/?i=PGM+conductivity>)
35. Arblaster, J. W. (1995). «Osmium, the Densest Metal Known» (<https://web.archive.org/web/20110927045236/http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v39-i4-164-164>). *Platinum Metals Review* 39 (4): 164. Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v39-i4-164-164>) στις 2011-09-27. <https://web.archive.org/web/20110927045236/http://www.platinummetalsreview.com/dynamic/article/view/pmr-v39-i4-164-164>. Ανακτήθηκε στις 2010-05-16.
36. Cotton S.A., "Chemistry of Precious Metals", New York, 1997
37. Μπαζάκης Ι.Α. *Γενική Χημεία*. Αθήνα.
38. Jeanne Mager Stellman (1998). «Metals: chemical properties and toxicity». Στο: Gunnar Nordberg, επιμ. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety* (<http://books.google.gr/books?id=nDhpLa1rl44C&pg=PT139&dq=osmium+chemical+properties&lr=&cd=23#v=twopage&q=osmium%20chemical%20properties&f=true>) (4η έκδοση). International Labour Organization. σελ. 63.34.
39. Kenneth Malcolm Mackay, Rosemary Ann Mackay, W. Henderson (2002). *Introduction to modern inorganic chemistry* (<http://books.google.gr/books?id=e9SjYftJmOYC&printsec=frontcover&dq=Introduction+to+modern+inorganic+chemistry&lr=&cd=1#v=onepage&q=osmium&f=false>) (6th έκδοση). CRC Press. σελίδες 372–375.
40. S.A. Cotton (1996). *Chemistry of precious metals*. Blackie Academic & Professional. σελίδες 2–75.
41. The Photographic Periodic Table of the Elements (<http://www.periodictable.com/Isotopes/076.187/index.full.html>)
42. Alvarez L. W., Alvarez, W.; Asaro, F.; Michel, H. V. (1980). «Extraterrestrial cause for the Cretaceous–Tertiary extinction». *Science* 208 (4448): 1095– 1108. PMID 17783054 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17783054>).
43. Smith, Ivan C.; Carson, Bonnie L.; Ferguson, Thomas L. (1974). «Osmium: An Appraisal of Environmental Exposure» (<https://archive.today/20130801115307/http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1474945>). *Environmental Health Perspectives* 8: 201–213. Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1474945>) στις 2013-08-01. <https://archive.today/20130801115307/http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1474945>. Ανακτήθηκε στις 2010-05-16.
44. Luttrell, William E.; Giles, Cory B. (2007). «Toxic tips: Osmium tetroxide». *Journal of Chemical Health and Safety* 14 (5): 40–41. doi:10.1016/j.jchas.2007.07.003 (<https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.jchas.2007.07.003>).
45. Mager Stellman, J. (1998). «Osmium». *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety* (<http://books.google.de/books?id=nDhpLa1rl44C>). International Labour Organization. σελ. 63.34.
46. «University of medicine & dentistry of New Jersey: Safe Work Practices for the use of Osmium Tetroxide in the Laboratory» (<https://web.archive.org/web/20100610123032/http://www.umd.edu/eohssweb/publications/OsmiumTetroxideSOP.pdf>) (PDF). Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.umd.edu/eohssweb/publications/OsmiumTetroxideSOP.pdf>) (PDF) στις 10 Ιουνίου 2010. Ανακτήθηκε στις 16 Μαΐου 2010.
47. Barnard, C. F. J. (2004). «Oxidation States of Ruthenium and Osmium» (<http://www.ingentaconnect.com/content/matthey/pmr/2004/00000048/00000004/art00003?token=006a178f6f892617630504c2a726e2d58464340592f713b672c57582a67232d45232b2f246c3853574b79737a28873d457f17d5f57>). *Platinum Metals Review* 48: 157. <http://www.ingentaconnect.com/content/matthey/pmr/2004/00000048/00000004/art00003?token=006a178f6f892617630504c2a726e2d58464340592f713b672c57582a67232d45232b2f246c3853574b79737a28873d457f17d5f57>
48. Krause, J. (1993). «Preparation of [Os₃(CO)₁₁] (https://archive.org/details/sim_journal-of-organometallic-chemistry_1993-07-27_454_1-2_0/page/n272)²⁻ and its reactions with Os₃(CO)₁₂; structures of [Et₄N][HOS₃(CO)₁₁] and H₂O₂Os₃(CO)₁₁]. *Journal of Organometallic Chemistry* 454: 263–271. doi:10.1016/0022-328X(93)83250-Y (<https://dx.doi.org/10.1016%2F0022-328X%2893%2983250-Y>). https://archive.org/details/sim_journal-of-organometallic-chemistry_1993-07-27_454_1-2_0/page/n272.
49. Carter, Willie J.; Kelland, John W.; Okrasinski, Stanley J.; Warner, Keith E.; Norton, Jack R. (1982). «Mononuclear hydrido alkyl carbonyl complexes of osmium and their polynuclear derivatives». *Inorganic Chemistry* 21: 3955–3960. doi:10.1021/ic00141a019 (<https://dx.doi.org/10.1021%2Fic00141a019>).
50. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: Osmium tetroxide (<https://www.cdc.gov/niosh/npgd0473.html>)
51. Taylor R. (1998). *The chemistry of fullerenes* (http://books.google.gr/books?id=08McFNdBTDOc&printsec=frontcover&dq=chemistry+of+fullerene&as_brr=3&cd=1#v=onepage&q=). World Scientific Publishing Co Pte Ltd. ISBN 981-02-2304-8.






52. Francis A. Carey, Richard J. Sundberg (2007). *Advanced organic chemistry: Reactions and synthesis* (<http://books.google.gr/books?id=cEdTbu2f6UC&pg=PA1076&dq=OsO4+as+oxidant&lr=&cd=2#v=onepage&q=OsO4%20as%20oxidant&f=false>) (5η έκδοση). Springer. σελίδες 1074–1077.
53. Ιωάννης Τοσσίδης (1986). *Χημεία ενώσεων συναρμογής*. Α.Π.Θ. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.
54. Jie Jack Li, E. J. Corey (2007). *Name Reactions of Functional Group Transformations* (<http://books.google.gr/books?id=WZ0DxnPNAdAC&pg=PA67&dq=Sharpless+reaction&cd=10#v=onepage&q=Sharpless%20reaction&f=false>) (5η έκδοση). John Wiley & Sons, Inc. σελίδες 67–69.
55. M. A. Hayat (2000). *Principles and techniques of electron microscopy: biological applications* (<http://books.google.gr/books?id=Gj82DZTxeKwC&printsec=frontcover&dq=Principles+and+techniques+of+electron+microscopy:+biological+applicationsM.+A.+Hayat&cd=1#v=onepage&q&f=false>) (4η έκδοση). Cambridge University Press. σελίδες 304–306.
56. Stephen D. Cramer and Bernard S. Covino, Jr. (2005). *ASM Handbook Volume 13B. Corrosion: Materials* (<http://books.google.com/books?id=QV0sWU2qF5oC&>). ASM International. ISBN 9780871707079.
57. François Cardarelli (2008). «4.5.4.4 Osmium». *Materials Handbook: A Concise Desktop Reference* (http://books.google.gr/books?id=ArsfQZig_9AC&pg=PA414&dq=osmium+uses&lr=&cd=13#v=onepage&q=osmium%20uses&f=false). Springer. σελ. 414.
58. «Second LDEF post-retrieval symposium interim results of experiment A0034» (https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930019094_1993019094.pdf) (PDF). NASA. Ανακτήθηκε στις 6 Ιουνίου 2009.
59. «LDEF experiment A0034: Atomic oxygen stimulated outgassing» (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1992ldef.symp..763L>). NASA. Ανακτήθηκε στις 6 Ιουνίου 2009.
60. Bozzola (1999). «Specimen Preparation for Transmission Electron Microscopy». *Electron microscopy: principles and techniques for biologists* (<http://books.google.de/books?id=RqSMzR-IXk0C&pg=PA21>). Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett. σελίδες 21–31. Unknown parameter `|coauthor=` ignored (`|author=` suggested) (βοήθεια); Unknown parameter `|jirst=` ignored (βοήθεια)
61. MacDonell, Herbert L. (1960). «The Use of Hydrogen Fluoride in the Development of Latent Fingerprints Found on Glass Surfaces» (<http://www.jstor.org/stable/1140672>). *The Journal of Criminal Law, Criminology, and Police Science* **51** (4): 465–470. doi:10.2307/1140672 (<https://dx.doi.org/10.2307%2F1140672>). <http://www.jstor.org/stable/1140672>.
62. D. Chadwick (2002). *Role of the sarcoplasmic reticulum in smooth muscle* (<https://archive.org/details/roleofsarcoplasm0000unse/page/259>). John Wiley and Sons. σελίδες 259–264 (<https://archive.org/details/roleofsarcoplasm0000unse/page/259>). ISBN 0470844795.
63. Antonov, V. E.; Belash, I. T.; Malyshev, V. Yu.; Ponyatovsky, E. G. (1984). «The Solubility of Hydrogen in the Platinum Metals under High Pressure» (<https://web.archive.org/web/20130131165432/http://www.platinummetalsreview.com/pdf/pmr-v28-i4-158-163.pdf>). *Platinum Metals Review* **28** (4): 158–163. Αρχαιοθετήθηκε από το πρωτότυπο (<http://www.platinummetalsreview.com/pdf/pmr-v28-i4-158-163.pdf>) στις 2013-01-31. <https://web.archive.org/web/20130131165432/http://www.platinummetalsreview.com/pdf/pmr-v28-i4-158-163.pdf>. Ανακτήθηκε στις 2010-05-20.
64. Gull, T. R. (1985). «Low earth orbit environmental effects on osmium and related optical thin-film coatings» (<http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?URI=ao-24-16-2660>). *Applied Optics* **24**: 2660. <http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?URI=ao-24-16-2660>.

Επιλεγμένη βιβλιογραφία

- Booser, E. Richard (1997). *Tribology data handbook*. CRC Press. ISBN 978-0-8493-3904-2.
- Carey, Francis A.· Sundberg, Richard J. (2007). *Advanced organic chemistry: Reactions and synthesis* (5η έκδοση). Springer. ISBN 978-0-3876-8354-6.
- Chadwick, D. (2002). *Role of the sarcoplasmic reticulum in smooth muscle* (<https://archive.org/details/roleofsarcoplasm0000unse>). John Wiley & Sons. ISBN 978-0-4708-4479-3.
- Cotton, Simon A. (1997). *Chemistry of Precious Metals*. New York: Springer. ISBN 978-0-7514-0413-5.
- Crabtree, Robert H. (2005). *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals* (https://archive.org/details/The_Organometallic_Chemistry_Of_Transition_Metals) (4η έκδοση). Yale University, New Haven, Connecticut: Wiley-Interscience. ISBN 0-4716-6256-9.
- Ebbing, Darrell D.· Gammon, Steven D. (2008). *General Chemistry* (9η έκδοση). Cengage Learning. ISBN 0-618-85748-6.
- Greenwood, Norman Neill· Earnshaw, Alan (1997). *Chemistry of the Elements* (2η έκδοση). Oxford: Butterworth–Heinemann. ISBN 0-7506-3365-4.
- Hayat, M. A. (2000). *Principles and techniques of electron microscopy: biological applications* (4η έκδοση). Cambridge University Press. ISBN 0-521-63287-0.
- Housecroft, Catherine E.· Sharpe, Alan G. (2005). *Inorganic chemistry* (2η έκδοση). Prentice Hall. ISBN 978-0-1303-9913-7.
- Juan, Jorge· de Ulloa, Antonio (1748). *Relación histórica del viaje a la América Meridional* (http://books.google.gr/books?id=07w5opBS7OYC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). Madrid: Antonio Marin. ISBN 978-84739-2046-9. Ανακτήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 2014. Ψηφιοποιήθηκε στις 2 Δεκεμβρίου 2010 από το πρωτότυπο στη Δημόσια βιβλιοθήκη της Λυών. Κυκλοφορεί επανέκδοση από το Fundación Universitaria Española, 1978, ISBN 978-84739-2047-6.
- Kotz, John C.· Treichel, Paul M.· Weaver, Gabriela C. (2005). *Chemistry and chemical reactivity* (6η έκδοση). Thomson Brooks/Cole. ISBN 0-534-99766-X.
- Li· Corey, E. J. (2007). *Name reactions for functional group transformations* (<https://archive.org/details/namereactionsfor0000unse>) (5η έκδοση). John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-74868-7. Unknown parameter `|first1=` ignored (βοήθεια)
- Lynch, David W.· Hunter, W. R. (1998). Edward D. Palik, επιμ. *Handbook of optical constants of solids* (3η έκδοση). University of Maryland, College Park: Academic Press. ISBN 0-125-44415-X.
- Mackay, Ken M.· Mackay, Rosemary Ann· Henderson, W. (2002). *Introduction to modern inorganic chemistry* (http://books.google.gr/books?id=STxHXRR4VKIC&pg=PR13&pg=PR13&dq=%22Introduction+to+modern+inorganic+chemistry%22&source=bl&ots=EF4qHL8_-&sig=59HPZLdZGI94Cb8krZBzperMzug&hl=el&sa=X&ei=oFvcUpbhCo3zyAP1s4HgBw&ved=0CGkQ6AEwBw#v=onepage&q&f=false) (6η έκδοση). CRC Press. ISBN 978-0-7487-6420-4. Ανακτήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 2014.
- Morrison, Robert Thornton· Boyd, Robert Neilson (1988). *Οργανική Χημεία (3 Τόμοι)* (http://195.251.197.63/ipac20/ipac.jsp?session=1390175V69YV8.102099&profile=clib-1&uri=link=3100006~1065714~!3100001~!3100002&aspect=subtab13&menu=search&ri=2&source=~!uoq_library&term=%CE%9F%CF%81%CE%B3%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE+%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%B1&index=ALITITLE) (4η έκδοση). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. ISBN 0-1364-3669-2. Ανακτήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 2014. (μετάφραση: Σακαρέλλος, Κωνσταντίνος; Πηλίδης, Γεώργιος Α.; Γεροθανάσης, Ιωάννης Π.; κ.ά.).
- Μανουσάκης, Γεώργιος Ε. (1994). *Γενική και Ανόργανη Χημεία*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη. ISBN 960-343-272-5.

- Μπαζάκης, Ιωάννης Α. *Γενική Χημεία*. Αθήνα.
- Pauling, Linus (1988). *General Chemistry* (https://archive.org/details/generalchemistry00paul_0) (3η έκδοση). Dover Publications. ISBN 978-04866-5622-9.
- Τσασίδης, Ιωάννης Α. (2001). *Χημεία Ενώσεων Συναρμογής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη. ISBN 978-96043-1754-7.
- Andrew Ure, M. D. (1808). *A Dictionary of Art, Manufactures, and Mines (2 volumes)* (http://books.google.gr/books?id=MAzLPjibkxkC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). New York: D. Appleton & Company. ISBN 1-1474-5213-X. Ανακτήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 2014. Ψηφιοποιήθηκε στις 23 Νοεμβρίου 2005 από το πρωτότυπο στο Πανεπιστήμιο του Μίτσιγκαν. Κυκλοφορεί επανέκδοση από την General Books, 19 Μαΐου 2012, ISBN 978-123-625612-6.

Δείτε επίσης

- [Λευκόχρυσος](#) 
- [Παλλάδιο](#) 
- [Ιρίδιο](#) 
- [Ρόδιο](#) 
- [Ρουθίνιο](#) 

Εξωτερικοί σύνδεσμοι

- Theodore Gray : Elements Display (<http://www.theodoregray.com/periodictabledisplay/Elements/076/index.s9.html>)
- Mineral Species containing Osmium (Os) (<http://www.webmineral.com/chem/Chem-Os.shtml>)
- Library of Inorganic Structures : Os (<https://web.archive.org/web/20100113214954/http://3dchem.com/element.asp?selected=Os>)
- Pictures of Osmium, its minerals and applications (<http://periodictable.com/Elements/076/pictures.pr.html>)
- Molecule of the month : OsO₄ (<http://www.chm.bris.ac.uk/motm/oso4/oso4h.htm>)
- BBC News Online. "What is Osmium tetroxide" (<http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/3604857.stm>)

Ανακτήθηκε από ["https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Όσμιο&oldid=10957292"](https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Όσμιο&oldid=10957292)