

ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗ - ΑΝΑΓΩΓΗ**Κατηγορίες οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων**

Ο αριθμός οξείδωσης είναι μια συμβατική έννοια η οποία επινοήθηκε για να διευκολύνει:

- Τη γραφή των χημικών τύπων και την ονοματολογία των ενώσεων.
- Τον ορισμό κατά πληρέστερο τρόπο της οξείδωσης και της αναγωγής.
- Την εύρεση των συντελεστών στις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής.

Αριθμός οξείδωσης ονομάζεται:

- Το πραγματικό **φορτίο** ενός ιόντος σε μία ιοντική (**ετεροπολική**) ένωση.
- Το φαινομενικό **φορτίο** που θα αποκτήσει ένα άτομο μοριακής (**ομοιοπολικής** ένωσης, αν τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων αποδοθούν στο ηλεκτραρνητικότερο άτομο.

- Υπολογισμός αριθμού οξείδωσης με βάση το συντακτικό τύπο:**

Όταν γνωρίζουμε το συντακτικό τύπο μίας ομοιοπολικής ένωσης, μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό οξείδωσης των ατόμων της, αν τα κοινά ζεύγη κάθε δεσμού τα αποδώσουμε στο ηλεκτραρνητικότερο άτομο. Το φορτίο των ατόμων στη “φαινομενική” ιοντική δομή που δημιουργείται, δηλώνει τον Α.Ο. του ατόμου στο μόριο.

Παρατήρηση: Είναι προφανές ότι για να υπολογίσουμε τον Α.Ο. με το παραπάνω τρόπο, πρέπει να γνωρίζουμε τη σειρά ηλεκτραρνητικότητας. Σειρά ηλεκτραρνητικότητας: $F > O > N, Cl > Br > S, I, C > P > H$

Παράδειγμα: Θα υπολογίσουμε τον αριθμό οξείδωσης των ατόμων στο μόριο του χλωροφόρμιου ($CHCl_3$):

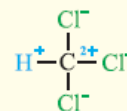
Ο άνθρακας είναι ηλεκτραρνητικότερος του υδρογόνου, με αποτέλεσμα το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων του δεσμού C-H να αποδίδεται σε αυτόν. Το χλώριο είναι ηλεκτραρνητικότερο του άνθρακα, με αποτέλεσμα το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων του δεσμού C-Cl να αποδίδεται σε αυτό. Συνεπώς, το άτομο του H έχει φαινομενικό φορτίο $1+$, κάθε άτομο Cl έχει φαινομενικό φορτίο $1-$ και το άτομο του C έχει φαινομενικό φορτίο $1 \cdot (-1) + 3 \cdot (+1) = +2$.

Άρα, στο μόριο $CHCl_3$: $A.O.(H) = +1$, $A.O.(Cl) = -1$, $A.O.(C) = +2$.

Συντακτικός τύπος



“Φαινομενική”
Ιοντική δομή



- Υπολογισμός αριθμού οξείδωσης με τη βοήθεια πρακτικών κανόνων:**

Τις περισσότερες φορές, ο Α.Ο. ενός ατόμου σε μία ένωση υπολογίζεται από το χημικό τύπο της ένωσης, με την εφαρμογή των παρακάτω πρακτικών κανόνων:

1. Στα ελεύθερα στοιχεία τα άτομα έχουν αριθμό οξείδωσης μηδέν.

π.χ. Ο αριθμός οξείδωσης του σιδήρου (Fe) στο μεταλλικό σίδηρο είναι μηδέν.

Ο αριθμός οξείδωσης του χλωρίου (Cl) στο μόριό του (Cl_2) είναι μηδέν.

2. Ο αριθμός οξείδωσης ενός μονοατομικού ιόντος είναι ίσος με το φορτίο του ιόντος.

π.χ. Ο αριθμός οξείδωσης του κατιόντος νατρίου (Na^+) είναι $+1$.

Ο αριθμός οξείδωσης του ανιόντος θείου (S^{2-}) είναι -2 .

3. Όλα τα μέταλλα στις ενώσεις τους έχουν θετικό Α.Ο.

- Τα αλκάλια Na, K... έχουν Α.Ο. $+1$

- Οι αλκαλικές γαίες Mg, Ca, Ba .. έχουν Α.Ο. $+2$

4. Το φθόριο (F) στις ενώσεις του έχει πάντα Α.Ο. -1 .

5. Το οξυγόνο (O) στις ενώσεις του έχει Α.Ο. -2 . εκτός από την ένωση OF_2 που έχει Α.Ο. $+2$ και τα υπεροξείδια, στα οποία έχει Α.Ο. -1

π.χ. Ο αριθμός οξείδωσης του οξυγόνου (O) στο νερό (H_2O) είναι -2 .

Ο αριθμός οξείδωσης του οξυγόνου (O) στο υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) είναι -1 .

6. Το υδρογόνο (H) έχει Α.Ο. +1, εκτός αν πρόκειται για ένωση του υδρογόνου με μέταλλο (υδρίδιο) όπου έχει Α.Ο. -1.

π.χ. Ο αριθμός οξείδωσης του υδρογόνου (H) στην αμμωνία (NH₃) είναι +1.

Ο αριθμός οξείδωσης του υδρογόνου (H) στο υδρίδιο του νατρίου (NaH) είναι -1.

7. Το αλγεβρικό άθροισμα των Α.Ο. όλων των ατόμων μια ένωσης είναι μηδέν.

8. Το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ατόμων ενός πολυατομικού ιόντος είναι ίσο με το φορτίο του ιόντος.

Οι δύο τελευταίοι κανόνες είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τον υπολογισμό του Α.Ο. ενός ατόμου σε μία ένωση ή ιόν.

Παράδειγμα:

• Θα υπολογίσουμε τον Α.Ο. του θείου στο μόριο του H₂SO₄:

Έστω ότι ο Α.Ο.(S) = x, στο μόριο του H₂SO₄.

Το αλγεβρικό άθροισμα των Α.Ο. όλων των ατόμων του H₂SO₄ είναι μηδέν, δηλαδή:

$$2 \cdot \text{Α.Ο.}(\text{H}) + \text{Α.Ο.}(\text{S}) + 4 \cdot \text{Α.Ο.}(\text{O}) = 0 \text{ άρα: } 2(+1) + x + 4(-2) = 0 \Leftrightarrow x = +6$$

Συνεπώς, στο μόριο του H₂SO₄, το S έχει Α.Ο. +6.

• Θα υπολογίσουμε τον αριθμό οξείδωσης του θείου στο ιόν SO₃²⁻

Έστω ότι ο Α.Ο.(S) = x, στο ιόν SO₃²⁻ Το αλγεβρικό άθροισμα των Α.Ο. όλων των ατόμων του είναι -2, δηλαδή: Α.Ο.(S) + 3 · Α.Ο.(O) = -2 άρα: x + 3(-2) = -2 $\Leftrightarrow$ x = +4

Συνεπώς, στο ιόν του SO₃²⁻ το S έχει Α.Ο. +4.

Παρατήρηση:

Όταν αναφερόμαστε στον αριθμό οξείδωσης, το + ή το - προηγούνται του αριθμού, ενώ όταν αναφερόμαστε στο φορτίο συμβαίνει το αντίθετο.

Αριθμοί οξείδωσης και ονοματολογία των κυριότερων πολυατομικών ιόντων

NO ₃ ⁻ νιτρικό	ClO ₄ ⁻ υπερχλωρικό	CO ₃ ²⁻ ανθρακικό
OH ⁻ υδροξείδιο	ClO ₃ ⁻ χλωρικό	SO ₃ ²⁻ θειώδες
CN ⁻ κυάνιο	ClO ₂ ⁻ χλωριώδες	SO ₄ ²⁻ θειικό
NH ₄ ⁺ αμμώνιο	ClO ⁻ υποχλωριώδες (Όμοια τα Br και I)	PO ₄ ³⁻ φωσφορικό

Συνηθισμένες τιμές Α.Ο. στοιχείων στις ενώσεις τους

Μέταλλα		Αμέταλλα	
K, Na, Ag	+1	F	-1
Ba, Ca, Mg, Zn	+2	H	+1 (-1)
Al	+3	O	-2 (-1, +2)
Cu, Hg	+1, +2	Cl, Br, I	-1 (+1, +3, +5, +7)
Fe	+2, +3	S	-2 (+4, +6)
Pb, Sn	+2, +4	N, P	-3 (+3, +5)
Mn	+2, +4, +7	C, Si	-4, +4
Cr	+3, +6		

Γραφή μοριακών τύπων (Μ.Τ.) ανόργανων χημικών ενώσεων

Κατ' αρχάς δεχόμαστε ότι η ανόργανη ένωση αποτελείται από δύο μέρη, που μπορεί να είναι άτομα ή ιόντα. Αν το πρώτο μέρος, π.χ. Α, έχει θετικό αριθμό οξείδωσης +x, ενώ το δεύτερο τμήμα Β έχει αριθμό οξείδωσης -ψ, τότε ο μοριακός τύπος της ένωσης είναι **A_ψB_x**.

Παρατηρήσεις

α. Εάν κάποιος δείκτης είναι 1, τότε αυτός παραλείπεται.

β. Εάν ο λόγος ψ : x απλοποιείται, τότε προηγείται απλοποίηση πριν από τη γραφή του μοριακού τύπου.

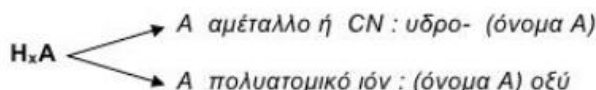
γ. Όταν τοποθετείται δείκτης σε συγκρότημα ατόμων, βάζουμε σε παρένθεση το συγκρότημα ατόμων και έξω από την παρένθεση τοποθετούμε το δείκτη.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Να γραφούν οι μοριακοί τύποι των ενώσεων που αποτελούνται από :

**ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ****1. ΟΞΕΑ**

Γενικός συμβολισμός



π.χ, HF : υδροφθόριο, H_2S : υδρόθειο, HCN : υδροκυάνιο
 H_2SO_4 : θειικό οξύ, HNO_3 : νιτρικό οξύ, HClO_4 : υπερχλωρικό οξύ

2. ΒΑΣΕΙΣ

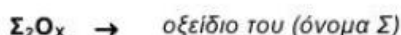
Γενικός συμβολισμός



π.χ, NaOH : υδροξείδιο του νατρίου, $\text{Ca}(\text{OH})_2$: υδροξείδιο του ασβεστίου,
 $\text{Fe}(\text{OH})_2$: υδροξείδιο του σιδήρου II, CuOH : υδροξείδιο του χαλκού I

3. ΟΞΕΙΔΙΑ

Γενικός συμβολισμός

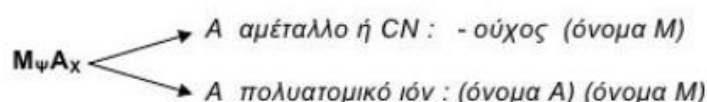


*** Για στοιχεία που σχηματίζουν περισσότερα οξείδια (συνήθως αμέταλλα), προτάσσουμε στο όνομα τα αριθμητικά μονο-, δι-, τρι- κλπ., ανάλογα με τον αριθμό ατόμων οξυγόνου.

π.χ, K_2O : οξείδιο του καλίου, Al_2O_3 : οξείδιο του αργιλίου,
 CO : μονοξείδιο του άνθρακα, SO_3 : τριοξείδιο του θείου

4. ΑΛΑΤΑ

Γενικός συμβολισμός



π.χ, NaCl : χλωριούχο νάτριο, NH_4Br : βρωμιούχο αμμώνιο,
 KCN : κυανιούχο κάλιο, FeS : θειούχος σίδηρος II,
 CuCl : χλωριούχος χαλκός I, MgSO_4 : θειικό μαγνήσιο,
 AgNO_3 : νιτρικός άργυρος, KClO_3 : χλωρικό κάλιο

**ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

1. Να ονομάσετε τις παρακάτω ενώσεις :

1. CaCO_3	5. K_2O	9. $\text{Mg}(\text{CN})_2$	13. ZnO	17. AgBr
2. FeCl_3	6. $\text{Ba}(\text{OH})_2$	10. N_2O_5	14. $\text{Ca}(\text{ClO}_2)_2$	18. HI
3. H_3PO_4	7. HBr	11. HNO_3	15. CuS	19. NaOH
4. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	8. NaClO	12. $\text{Al}(\text{OH})_3$	16. Fe_2S_3	20. SO_3

2. Να γράψετε τους μοριακούς τύπους των παρακάτω ενώσεων :

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1. χλωριούχο ασβέστιο | 11. ανθρακικό κάλιο |
| 2. ιωδιούχο αργίλιο | 12. διοξείδιο του άνθρακα |
| 3. υδροξείδιο του μαγνησίου | 13. φωσφορικό βάριο |
| 4. υπερχλωρικό οξύ | 14. χλωριούχο αμμώνιο |
| 5. οξείδιο του υδραργύρου II | 15. υδροξείδιο του ασβεστίου |
| 6. νιτρικό βάριο | 16. θειικό νάτριο |
| 7. θειούχος άργυρος | 17. χλωριώδες οξύ |
| 8. υδροκυάνιο | 18. μονοξείδιο του άνθρακα |
| 9. ιωδικό νάτριο | 19. υποβρωμιώδες οξύ |
| 10. υδροξείδιο του ψευδαργύρου | 20. κυανιούχος άργυρος |

• Οξείδωση - Αναγωγή:

Οξείδωση χαρακτηρίστηκε κάθε αντίδραση στην οποία γίνεται πρόσληψη οξυγόνου από ένα στοιχείο ή αφαίρεση υδρογόνου από μία χημική ένωση.

Πχ: Στην αντίδραση $2\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ ο σίδηρος οξειδώνεται γιατί ενώνεται με το οξυγόνο.

Στην αντίδραση $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{H}_2$, η ένωση $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ οξειδώνεται γιατί αφαιρούνται από αυτή άτομα H.

Αναγωγή χαρακτηρίστηκε κάθε αντίδραση που γίνεται πρόσληψη υδρογόνου από ένα στοιχείο ή χημική ένωση, ή αφαίρεση οξυγόνου από μία ένωση.

Πχ: Στην αντίδραση $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ το χλώριο ανάγεται, γιατί ενώνεται με το υδρογόνο.

Στην αντίδραση $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$, η ένωση KClO_3 ανάγεται γιατί αφαιρούνται από αυτή άτομα οξυγόνου.

Παρατήρηση: Ο παραπάνω ορισμός έχει ως βασικό μειονέκτημα ότι για να χαρακτηριστεί μία αντίδραση ως οξείδωση ή αναγωγή, πρέπει να έχουμε προσθήκη ή αφαίρεση υδρογόνου ή οξυγόνου.

Πχ: Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, στην αντίδραση: $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$ δεν έχουμε οξείδωση ή αναγωγή κάποιου ατόμου.

• Ορισμοί που δόθηκαν όταν έγινε γνωστή η ηλεκτρονιακή θεωρία για τη δομή των ατόμων:

Οξείδωση είναι η αποβολή ηλεκτρονίων από ένα άτομο ή ιόν.

Αναγωγή είναι η πρόσληψη ηλεκτρονίων από ένα άτομο ή ιόν.

Πχ: Στην αντίδραση: $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$

Το Na οξειδώνεται γιατί αποβάλλει ένα ηλεκτρόνιο και μετατρέπεται σε Na^+ .

Το Cl ανάγεται γιατί προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο και μετατρέπεται σε Cl^- .

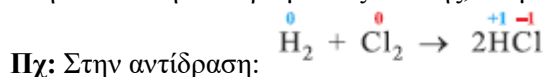
Παρατήρηση: Ο παραπάνω ορισμός έχει ως βασικό μειονέκτημα ότι για να χαρακτηριστεί μία αντίδραση ως οξείδωση ή αναγωγή, πρέπει να έχουμε αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίων από κάποιο άτομο με αποτέλεσμα να μην καλύπτει τις περιπτώσεις σχηματισμού ομοιοπολικών ενώσεων, που δεν έχουμε μεταφορά αλλά αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων.

Πχ: Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, στην αντίδραση: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ δεν έχουμε οξείδωση ή αναγωγή κάποιου ατόμου.

• Ορισμοί που δόθηκαν με βάση τη μεταβολή του αριθμού οξείδωσης:

Οξείδωση είναι η αύξηση του αριθμού οξείδωσης, ατόμου ή ιόντος.

Αναγωγή είναι η ελάττωση του αριθμού οξείδωσης, ατόμου ή ιόντος.



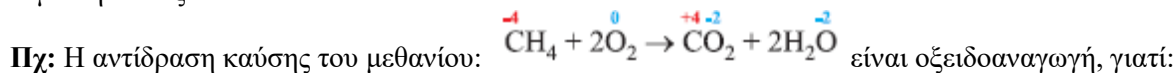
Το H οξειδώνεται γιατί αυξάνεται ο αριθμός οξείδωσής του από 0 σε +1.

Το Cl ανάγεται γιατί ελαττώνεται ο αριθμός οξείδωσής του από 0 σε -1.

• Οξειδοαναγωγή:

Κάθε αντίδραση οξείδωσης ενός ατόμου ή ιόντος, συνοδεύεται απαραίτητα από την αναγωγή ενός άλλου ατόμου ή ιόντος. Για αυτό οι αντιδράσεις αυτές ονομάζονται οξειδοαναγωγικές.

Δηλαδή, αν σε μία αντίδραση αυξάνεται ο Α.Ο. ενός ατόμου ή ιόντος, πρέπει να ελαττώνεται ο Α.Ο. κάποιου άλλου ατόμου ή ιόντος.



είναι οξειδοαναγωγή, γιατί:

- Ο άνθρακας οξειδώνεται, αυξάνεται ο Α.Ο. από -4 σε +4.

- Το οξυγόνο ανάγεται, ελαττώνεται ο Α.Ο. από 0 σε -2.

Παρατήρηση: Οι αντιδράσεις στις οποίες δεν μεταβάλλεται ο αριθμός οξείδωσης των στοιχείων που συμμετέχουν, χαρακτηρίζονται μεταθετικές.

• Οξειδωτικά - αναγωγικά:

Οξειδωτικές ουσίες ή **οξειδωτικά** ονομάζονται οι ουσίες που προκαλούν οξείδωση. Τα οξειδωτικά προκαλούν οξείδωση γιατί περιέχουν άτομα που μπορούν να αναχθούν, δηλαδή να ελαττώσουν τον Α.Ο. τους. Στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις που συνοδεύεται από μεταφορά ηλεκτρονίων, τα οξειδωτικά προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια.



υδρογόνου.

το Cl₂ είναι οξειδωτικό, γιατί προκαλεί την οξείδωση του

Αναγωγικές ουσίες ή **αναγωγικά** ονομάζονται οι ουσίες που προκαλούν αναγωγή. Τα αναγωγικά προκαλούν αναγωγή γιατί περιέχουν άτομα που μπορούν να οξειδωθούν, δηλαδή να αυξήσουν τον Α.Ο. τους. Στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις που συνοδεύεται από μεταφορά ηλεκτρονίων, τα αναγωγικά αποβάλλουν ηλεκτρόνια.



χλωρίου.

το H₂ είναι αναγωγικό, γιατί προκαλεί την αναγωγή του

Οξειδωτικό

- προκαλεί οξείδωση
- ανάγεται
- προσλαμβάνει ηλεκτρόνια
- ελαττώνεται ο αριθμός οξείδωσης

Αναγωγικό

- προκαλεί αναγωγή
- οξειδώνεται
- αποβάλλει ηλεκτρόνια
- αυξάνεται ο αριθμός οξείδωσης

Α.Ο.	Μόριο
+6	H ₂ SO ₄
+4	SO ₂
0	S
-2	H ₂ S

Επομένως σύμφωνα με τα προηγούμενα:

α. Σώματα τα οποία περιέχουν ένα στοιχείο στη μεγαλύτερη βαθμίδα οξείδωσης ώστε να είναι δυνατόν να ελαττωθεί, δηλαδή το σώμα να αναχθεί, είναι οξειδωτικά.

π.χ. Το H₂SO₄, το οποίο περιέχει το θείο στη μεγαλύτερη βαθμίδα οξείδωσης (+6) είναι οξειδωτικό.

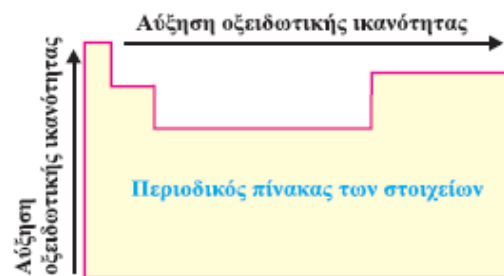
β. Σώματα τα οποία περιέχουν ένα στοιχείο στη μικρότερη βαθμίδα οξείδωσης, ώστε να είναι δυνατόν να αυξηθεί, δηλαδή το σώμα να οξειδωθεί, θα είναι αναγωγικά.

π.χ. Το H₂S, το οποίο περιέχει το θείο στη μικρότερη βαθμίδα οξείδωσης (-2) θα είναι αναγωγικό.

γ. Σώματα τα οποία περιέχουν ένα στοιχείο με ενδιάμεσο αριθμό οξείδωσης ώστε να είναι δυνατόν να ελαττωθεί ή να αυξηθεί, δηλαδή μπορούν να αναχθούν και να οξειδωθούν, θα είναι και οξειδωτικά και αναγωγικά.

π.χ. Το SO_2 , το οποίο περιέχει το θείο σε ενδιάμεση βαθμίδα οξείδωσης (+4) είναι και οξειδωτικό και αναγωγικό ανάλογα την οξειδωτική ικανότητα του σώματος με το οποίο αντιδρά.

δ. Η οξειδωτική ικανότητα των χημικών στοιχείων, σε ελεύθερη κατάσταση αυξάνει από αριστερά προς τα δεξιά για τα στοιχεία της ίδιας περιόδου και από κάτω προς τα πάνω για τα στοιχεία της ίδιας ομάδας στον περιοδικό πίνακα, ενώ η αναγωγική τους ικανότητα ελαττώνεται.



Παράδειγμα:

Το άζωτο (N) έχει αριθμούς οξείδωσης από -3 έως +5, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα:

Η ένωση στην οποία το N έχει το μικρότερο αριθμό οξείδωσης, δηλαδή η αμμωνία (NH_3), να μπορεί να δράσει μόνο σαν αναγωγικό: $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$, στην αντίδραση αυτή η NH_3 προκαλεί την αναγωγή του CuO .

Η ένωση στην οποία το N έχει το μεγαλύτερο αριθμό οξείδωσης, δηλαδή το νιτρικό οξύ (HNO_3) να μπορεί να δράσει μόνο σαν οξειδωτικό: $\text{C} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, στην αντίδραση αυτή το νιτρικό οξύ προκαλεί την οξείδωση του C.

Οι ενώσεις στις οποίες το άζωτο (N) έχει ενδιάμεσο Α.Ο. μπορούν να δράσουν είτε ως οξειδωτικά είτε ως αναγωγικά: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$, στην αντίδραση αυτή το άζωτο προκαλεί την οξείδωση του υδρογόνου.

$\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$, στην αντίδραση αυτή το άζωτο προκαλεί την αναγωγή του οξυγόνου.

Α.Ο.	Μόριο
+5	HNO_3
+4	NO_2
+3	HNO_2
+2	NO
+1	N_2O
0	N_2
-1	NH_2OH
-2	H_2NNH_2
-3	NH_3

• Εύρεση συντελεστών με τη μέθοδο μεταβολής του αριθμού οξείδωσης:

Κάθε αντίδραση οξειδοαναγωγής έχει τη γενική μορφή:

οξειδωτικό + αναγωγικό + ... → προϊόν αναγωγής + προϊόν οξείδωσης + ...

Για να υπολογίσουμε τους συντελεστές με τη μέθοδο αυτή εργαζόμαστε ως εξής:

1. Στα αντιδρώντα, βρίσκουμε το οξειδωτικό και το αναγωγικό σώμα και με βάση τον πίνακα των οξειδωτικών και των αναγωγικών σωμάτων, γράφουμε τα προϊόντα. Αν η αντίδραση γίνεται σε όξινο περιβάλλον στα αντιδρώντα γράφουμε και το αντίστοιχο οξύ.
2. Σημειώνουμε στην αντίδραση το στοιχείο που οξειδώνεται και το στοιχείο που ανάγεται και υπολογίζουμε τη μεταβολή στους αριθμούς οξείδωσής τους.
3. Τη μεταβολή του αριθμού οξείδωσης του στοιχείου που οξειδώνεται τη βάζουμε συντελεστή στο προϊόν που περιέχει το χημικό στοιχείο που ανάγεται (προϊόν αναγωγής) και αντίστοιχα τη μεταβολή του αριθμού οξείδωσης του στοιχείου που ανάγεται τη βάζουμε συντελεστή στο προϊόν που περιέχει το χημικό στοιχείο που οξειδώνεται (προϊόν οξείδωσης).
4. Αν το στοιχείο που οξειδώνεται ή ανάγεται έχει στα προϊόντα δείκτη διαφορετικό της μονάδας, τότε η μεταβολή του αριθμού οξείδωσης τοποθετείται σαν συντελεστής, αφού πρώτα διαιρεθεί με το δείκτη.
5. Αν οι μεταβολές του αριθμού οξείδωσης απλοποιούνται, κάνουμε την απλοποίηση, ενώ αν προκύψουν κλασματικοί συντελεστές, τους μετατρέπουμε σε ακέραιους πολλαπλασιάζοντας με το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο του παρονομαστή. Έτσι εξασφαλίζουμε ότι:

Συνολική μεταβολή Α.Ο. οξειδωτικού = Συνολική μεταβολή Α.Ο. αναγωγικού

6. Με βάση τους συντελεστές που τοποθετήσαμε στα προϊόντα, τοποθετούμε τους κατάλληλους συντελεστές και στα αντιδρώντα.
7. Ισοσταθμίζουμε τα άτομα του υδρογόνου στα δύο μέλη της χημικής εξίσωσης, προσθέτοντας στο μέλος που χρειάζεται τον κατάλληλο αριθμό μορίων νερού.

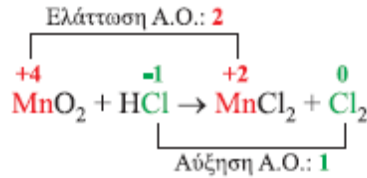
Παράδειγμα:

Να συμπληρωθεί η αντίδραση: $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \dots$

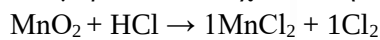
1. Το οξειδωτικό σώμα είναι το MnO_2 ενώ το αναγωγικό είναι το HCl . Με βάση τον πίνακα γράφουμε τα προϊόντα: $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2$

οξειδωτικό αναγωγικό προϊόν αναγωγής προϊόν οξείδωσης

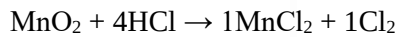
2. Το στοιχείο που οξειδώνεται είναι το Cl και η μεταβολή στον αριθμό οξείδωσής του είναι 1 (από -1 σε 0) ενώ το στοιχείο που ανάγεται είναι το Mn και η μεταβολή στον αριθμό οξείδωσής του είναι 2 (από +4 σε +2).



3, 4, 5. Στο MnCl_2 τοποθετούμε ως συντελεστή τη μεταβολή στον αριθμό οξείδωσης του Cl , ενώ στο Cl_2 τοποθετούμε ως συντελεστή τη μεταβολή στον αριθμό οξείδωσης του Mn , διαιρεμένη με το δύο, γιατί το Cl στο μόριο του Cl_2 έχει δείκτη 2.



6. Με βάση τους συντελεστές που τοποθετήσαμε στα προϊόντα τοποθετούμε τους κατάλληλους συντελεστές στα αντιδρώντα. Δηλαδή, 4 στο HCl για να ισοσταθμιστούν τα άτομα του Cl :



7. Για να ισοσταθμίσουμε τα άτομα του H προσθέτουμε δύο μόρια νερού στα προϊόντα:



Άρα η χημική εξίσωση της αντίδρασης είναι:



Πίνακας κυριότερων οξειδωτικών και αναγωγικών ουσιών

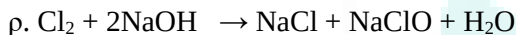
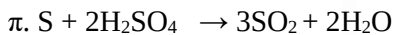
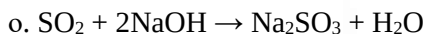
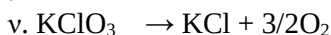
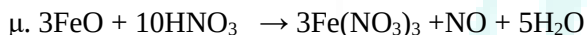
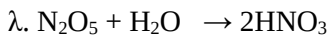
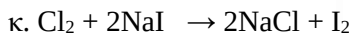
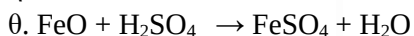
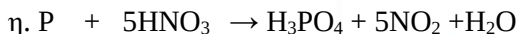
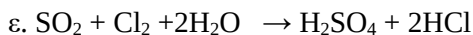
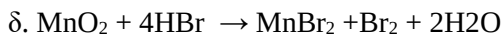
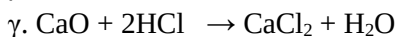
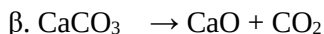
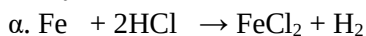
Οξειδωτικά σώματα		Αναγωγικά σώματα	
I. Στοιχεία $F_2^0 \rightarrow F^{-1}$ $O_3^0 \rightarrow O^{-2}$ $Cl_2^0 \rightarrow Cl^{-1}$ $Br_2^0 \rightarrow Br^{-1}$ $I_2^0 \rightarrow I^{-1}$ $O_2^0 \rightarrow O^{-2}$		I. Στοιχεία $Me^0 \rightarrow \overset{+x}{Me}$ (Me = μέταλλα) $H_2^0 \rightarrow H^{+1}$ $C^0 \rightarrow \overset{+2}{C}O \rightarrow \overset{+4}{C}O_2$ $P^0 \rightarrow \overset{+3}{P} \rightarrow \overset{+5}{P}$ $As^0 \rightarrow \overset{+3}{As} \rightarrow \overset{+5}{As}$ $S^0 \rightarrow \overset{+4}{S} \rightarrow \overset{+6}{S}$	
II. Οξείδια $\overset{+2}{Cu}O \rightarrow Cu^0$ $\overset{+1}{Ag}_2O \rightarrow Ag^0$ $H_2\overset{-1}{O}_2 \rightarrow H_2\overset{-2}{O}$ $\overset{+4}{S}O_2 \rightarrow \overset{0}{S}$ $\overset{+4}{N}O_2 \rightarrow \overset{+2}{N}O$ $\overset{+4}{Mn}O_2 \xrightarrow{H^+} Mn^{+2}$ $\overset{+4}{Pb}O_2 \xrightarrow{H^+} \overset{+2}{Pb}$ $\overset{+6}{Cr}O_3 \xrightarrow{H^+} \overset{+3}{Cr}$		II. Οξείδια $\overset{+2}{C}O \rightarrow \overset{+4}{C}O_2$ $\overset{+1}{Cu}_2O \rightarrow \overset{+2}{Cu}O$ $\overset{+2}{Fe}O \rightarrow \overset{+3}{Fe}_2O_3$ $H_2\overset{-1}{O}_2 \rightarrow \overset{0}{O}_2$ $\overset{+4}{S}O_2 \rightarrow \overset{+6}{S}O_3$	
III. Οξέα $H_2\overset{+6}{S}O_4 \xrightarrow[\thetaερ.]{\piυκν.} \overset{+4}{S}O_2$ $HNO_3 \xrightarrow[\thetaερ.]{\piυκν.} \overset{+4}{N}O_2$ $HNO_3 \xrightarrow{\alphaραιό} \overset{+2}{N}O$		III. Βάσεις $\overset{-3}{NH}_3 \rightarrow N_2^0$ IV. Οξέα $H\overset{-1}{X} \rightarrow \overset{0}{X}_2$ $H_2\overset{-2}{S} \rightarrow \overset{0}{S} \rightarrow \overset{+4}{S}O_2 \rightarrow H_2\overset{+6}{S}O_4$ $H_2\overset{+4}{S}O_3 \rightarrow H_2\overset{+6}{S}O_4$ $H_3\overset{+3}{P}O_3 \rightarrow H_3\overset{+5}{P}O_4$	
IV. Άλατα $K\overset{+5}{Cl}O_3 \rightarrow K\overset{-1}{Cl}$ $\begin{matrix} O-Cl^{+1} \\ \\ Ca \\ \\ Cl^{-1} \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} Cl^{-1} \\ \\ Ca \\ \\ Cl^{-1} \end{matrix}$ $K\overset{+7}{Mn}O_4 \xrightarrow{H^+} Mn^{+2} + K^{+1}$ $K_2\overset{+6}{Cr}_2O_7 \xrightarrow{H^+} \overset{+3}{Cr} + K^{+1}$ $K_2\overset{+6}{Cr}O_4 \xrightarrow{H^+} \overset{+3}{Cr} + K^{+1}$ $\overset{+3}{Fe} \rightarrow \overset{+2}{Fe}$ $\overset{+4}{Sn} \rightarrow \overset{+2}{Sn}$		V. Άλατα Αλογονούχα (εκτός των φθοριούχων) άλατα K, Na, οξειδώνονται παρουσία H_2SO_4 και οξειδωτικού. $Na\overset{-1}{X} \rightarrow \overset{0}{X}_2$ (X ≠ F) $Pb\overset{-2}{S} \rightarrow Pb\overset{+6}{S}O_4$ (με O_3 ή H_2O_2) $Pb\overset{-2}{S} \rightarrow PbO + \overset{+4}{S}O_2$ (με ήπια οξειδωτικά, π.χ O_2) $\overset{+2}{Fe}Cl_2 \rightarrow \overset{+3}{Fe}Cl_3$ (παρουσιάζει αντίστοιχο οξέος) $Na_2\overset{+4}{S}O_3 \rightarrow Na_2\overset{+6}{S}O_4$ (Τα -ώδη $\rightarrow$ ικά)	

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. Να υπολογίσετε τον αριθμό οξείδωσης των ατόμων με τα έντονα γράμματα στις ενώσεις και στα ιόντα που ακολουθούν:

α. **K****Mn**O₄ β. K₂**Cr**₂O₇ γ. **P**O₄³⁻ δ. **N**O₃⁻

2. Ποιες από τις παρακάτω αντιδράσεις είναι οξειδοαναγωγικές; Να προσδιορίσετε στις αντιδράσεις αυτές ποιο είναι το οξειδωτικό και ποιο το αναγωγικό.



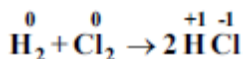
• **Κατηγορίες οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων:**

Για να γίνει ευκολότερη η μελέτη των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων, τις ταξινομούμε στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αντιδράσεις **σύνθεσης**
- Αντιδράσεις **αποσύνθεσης** και **διάσπασης**
- Αντιδράσεις **απλής αντικατάστασης**
- Αντιδράσεις **πολύπλοκης μορφής**

• **Αντιδράσεις σύνθεσης:**

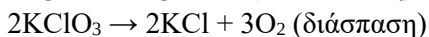
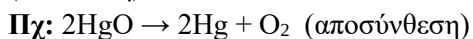
Είναι οι αντιδράσεις στις οποίες δύο ή περισσότερα χημικά στοιχεία ενώνονται και σχηματίζουν μία χημική ένωση.



Κάθε άτομο H παρουσιάζει αύξηση του Α.Ο. κατά 1 και κάθε άτομο Cl παρουσιάζει ελάττωση του Α.Ο. κατά 1. Το H₂ είναι το αναγωγικό και το Cl₂ είναι το οξειδωτικό.

• **Αντιδράσεις αποσύνθεσης και διάσπασης:**

Κατά τις αντιδράσεις αυτές μια ένωση διασπάται στα στοιχεία της (αποσύνθεση) ή σε απλούστερες ενώσεις (διάσπαση).



Ωστόσο, υπάρχουν αντιδράσεις διάσπασης που δεν είναι οξειδοαναγωγής, π.χ. $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$

- **Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης:**

Κατά τις αντιδράσεις αυτές ένα στοιχείο αντικαθιστά ένα άλλο σε μια χημική ένωση. Οι σπουδαιότερες αντιδράσεις απλής αντικατάστασης είναι:

α. Αντικατάσταση μετάλλου από μέταλλο:

Ένα μέταλλο μπορεί να αντικαταστήσει ένα άλλο σε μια ένωση αρκεί να είναι αναγωγικότερο από αυτό. Η αναγωγική ικανότητα των μετάλλων εξαρτάται από την τάση αυτών να αποδώσουν ηλεκτρόνια. Όσο μεγαλύτερη είναι η τάση αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η αναγωγική ικανότητα ενός μετάλλου.

Η αναγωγική ικανότητα των μετάλλων παρέχεται από τη σειρά αναγωγικής ισχύος:

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Ni, Sn, Pb, **H₂**, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au

Στη σειρά αυτή η αναγωγική ισχύς ελαττώνεται από αριστερά προς τα δεξιά.

Συνεπώς κάθε μέταλλο αντικαθιστά όσα μέταλλα βρίσκονται μετά από αυτό και αντικαθίσταται από τα μέταλλα που βρίσκονται πριν από αυτό.

Πχ: Η αντικατάσταση του χαλκού από σίδηρο στο θειικό χαλκό:
$$\overset{0}{\text{Fe}} + \overset{+2}{\text{Cu}} \text{SO}_4 \rightarrow \overset{+2}{\text{Fe}} \text{SO}_4 + \overset{0}{\text{Cu}}$$

Στη παραπάνω αντίδραση οξειδωτικό είναι ο CuSO₄ και αναγωγικό είναι ο Fe.

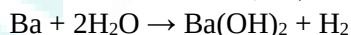
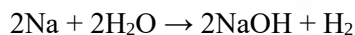
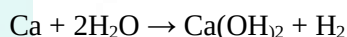
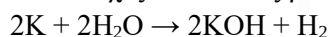
β. Αντικατάσταση του υδρογόνου των οξέων από μέταλλο:

Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται όταν το μέταλλο είναι δραστικότερο του υδρογόνου. Και στη περίπτωση αυτή, το μέταλλο στα προϊόντα έχει το μικρότερο από τους αριθμούς οξείδωσής του. Το γενικό σχήμα της αντίδρασης είναι: Μέταλλο + οξύ → αλάτι + υδρογόνο

Πχ: $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$

γ. Αντικατάσταση του υδρογόνου του νερού:

Τα πολύ δραστικά μέταλλα K, Na, Ca, Ba αντικαθιστούν το H του νερού σε κοινή θερμοκρασία και δίνουν τις αντίστοιχες ευδιάλυτες βάσεις και αέριο H₂.



δ. Αντικατάσταση αμετάλλου από αμέταλλο:

Η οξειδωτική ικανότητα των αμετάλλων παρέχεται από την σειρά οξειδωτικής ισχύος:

F₂, O₃, Cl₂, Br₂, O₂, I₂, S...

Στη σειρά αυτή η οξειδωτική ισχύς ελαττώνεται από αριστερά προς τα δεξιά.

Συνεπώς κάθε αμέταλλο αντικαθιστά τα επόμενά του στις ενώσεις τους με αρνητικό αριθμό οξείδωσης και τα προηγούμενά του στις ενώσεις τους με θετικό αριθμό οξείδωσης.

Πχ:
$$\overset{0}{\text{Cl}_2} + 2\overset{-1}{\text{KBr}} \rightarrow 2\overset{-1}{\text{KCl}} + \overset{0}{\text{Br}_2}$$
 και
$$\overset{0}{\text{Cl}_2} + \overset{+5}{\text{KBrO}_3} \rightarrow \text{δεν γίνεται}$$

- **Πολύπλοκες αντιδράσεις:**

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις που δεν μπορούν να ταξινομηθούν σε μία από τις προηγούμενες κατηγορίες

Πχ: α) $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$

συνολική μεταβολή A.O. N = συνολική μεταβολή A.O. Cu

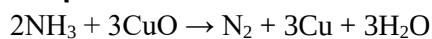
β)
$$\overset{+2}{6\text{FeCl}_2} + \overset{+6}{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} + 14\text{HCl} \rightarrow \overset{+3}{6\text{FeCl}_3} + \overset{+3}{2\text{CrCl}_3} + 2\text{KCl} + 7\text{H}_2\text{O}$$

Παρατήρηση: Αν οι μεταβολές των αριθμών οξείδωσης δεν είναι αριθμοί πρώτοι μεταξύ τους, τότε για να βρούμε τους συντελεστές των οξειδωτικών και αναγωγικών ουσιών διαιρούμε τις μεταβολές με το μέγιστο κοινό διαιρέτη τους. Με άλλα λόγια αν οι μεταβολές σχηματίζουν κλάσμα που δέχεται απλοποίηση κάνουμε απλοποίηση και τους απλοποιημένους αριθμούς βάζουμε συντελεστές στη χημική εξίσωση.

Ισοσταθμίζουμε τα άτομα του H προσθέτοντας στο μέλος της αντίδρασης που χρειάζεται τον κατάλληλο αριθμό μορίων H₂O. Αν έχουμε εργαστεί σωστά τα άτομα του O θα πρέπει να είναι ισοσταθμισμένα, όπως φαίνεται στο παράδειγμα: $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$

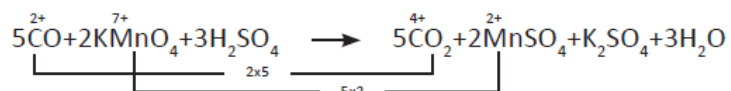
Παραδείγματα οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων σχολικού βιβλίου

1. Οξείδωση NH_3 από CuO



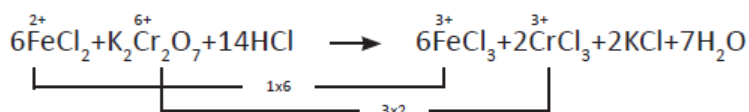
2. Οξείδωση CO από KMnO_4 παρουσία H_2SO_4

Το CO οξειδώνεται σε CO_2 και το Mn^{7+} ανάγεται σε Mn^{2+} δηλαδή σε $\text{Mn}^{2+}\text{SO}_4$, ενώ το K^+ δε συμμετέχει στην οξειδοαναγωγική δράση.



3. Οξείδωση FeCl_2 από $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ παρουσία HCl

Ο FeCl_2 οξειδώνεται σε FeCl_3 και το Cr^{6+} του $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ανάγεται σε Cr^{3+} , δηλαδή σε CrCl_3 .



Υπολογίζουμε τη μεταβολή για το 1 άτομο Cr που είναι 3 και για το 1 άτομο Fe που είναι 1. Στη συνέχεια ο τύπος του $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ μας αναγκάζει να πάρουμε 2 άτομα Cr και αντίστοιχα 6 άτομα Fe . Για το σχηματισμό των χλωριούχων αλάτων χρειάζονται 26 ιόντα Cl^- . Απ' αυτά 12 Cl^- προέρχονται από το FeCl_2 και 14 από το HCl .