

# Αντιδράσεις οξείδωσης - αναγωγής

## ΣΚΟΠΟΣ

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τον σημαντικότερο ίσως τύπο αντιδράσεων, τις αντιδράσεις οξείδωσης – αναγωγής.

# Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτή την ενότητα, θα μπορείτε να:

- ❖ Αντιληφθείτε σε βάθος την έννοια του αριθμού οξείδωσης.
- ❖ Ορίζετε τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής και να τις αναγράφετε υπό μορφή ημιαντιδράσεων.
- ❖ Κατατάσσετε τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής σε αντιδράσεις συνδυασμού, διάσπασης και καύσης.
- ❖ Ισοσταθμίζετε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

# Έννοιες κλειδιά

- ❖ Αναγωγή
- ❖ Αναγωγικό μέσο
- ❖ Αντίδραση διάσπασης
- ❖ Αντίδραση καύσης
- ❖ Αντίδραση οξείδωσης-αναγωγής
- ❖ Αντίδραση συνδυασμού
- ❖ Αριθμός οξείδωσης
- ❖ Ημιαντίδραση
- ❖ Οξείδωση
- ❖ Οξειδωτικό μέσο

**Ebbing – Gammon (Ενότητες)**

**4.4 Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής**

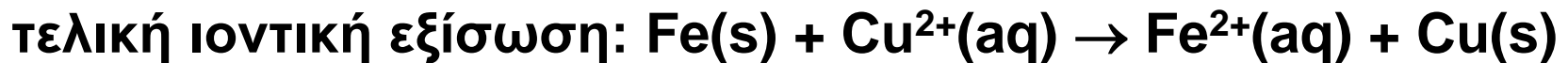
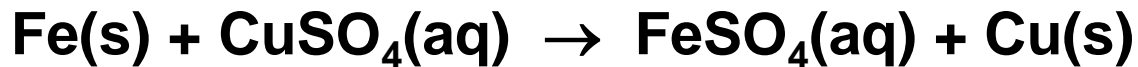
**4.5 Ισοστάθμιση αντιδράσεων οξειδοαναγωγής**

**19.1 Ισοστάθμιση αντιδράσεων οξειδοαναγωγής σε όξινα και βασικά διαλύματα**

## 4.5 Αντιδράσεις οξείδωσης – αναγωγής

**Αντίδραση οξείδωσης-αναγωγής (ή αντίδραση οξειδοαναγωγής):** είναι η αντίδραση κατά την οποία μεταφέρονται ηλεκτρόνια ανάμεσα σε οντότητες, ή αλλιώς, η αντίδραση κατά την οποία τα άτομα αλλάζουν αριθμό οξείδωσης.

**Αριθμός οξείδωσης (ή κατάσταση οξείδωσης) ενός ατόμου σε μια ένωση:** είναι το πραγματικό φορτίο του ατόμου, αν το άτομο εμφανίζεται στην ένωση ως μονατομικό ιόν, ή το υποθετικό φορτίο που αποδίδεται στο άτομο βάσει κάποιων απλών κανόνων.



# (α) Κανόνες για την απόδοση αριθμών οξείδωσης (α.ο.)

**Προσοχή!** τους παρακάτω κανόνες τους μαθαίνουμε απ' έξω και τους εφαρμόζουμε κατά σειρά προτεραιότητας:

1. Ο α.ο. ενός ατόμου σε στοιχειακή κατάσταση είναι μηδέν.
2. Το αλγεβρικό άθροισμα των α.ο. όλων των ατόμων σε μια ένωση είναι μηδέν. Το άθροισμα των α.ο. των ατόμων σε ένα πολυατομικό ιόν ισούται με το φορτίο του ιόντος.
3. Ο α.ο. ενός ατόμου σε μονατομικό ιόν είναι το φορτίο του ιόντος.
4. Ο α.ο. του H είναι +1.
5. Ο α.ο. του F είναι -1.
6. Ο α.ο. του O είναι -2.
7. Σε ενώσεις αμετάλλων στοιχείων, βρίσκουμε το πιο ηλεκτραρνητικό στοιχείο (βλ. Ηλεκτραρνητικότητα) και δίνουμε σε αυτό έναν αρνητικό α.ο. ίσον με το φορτίο του πιο κοινού μονατομικού ιόντος του στοιχείου.

**Παρατήρηση!** στους θετικούς αριθμούς οξείδωσης βάζουμε υποχρεωτικά το πρόσημο +

# Παράδειγμα 4.7

## Απόδοση αριθμών οξείδωσης

Να βρεθεί ο αριθμός οξείδωσης όλων των στοιχείων στις ενώσεις:  
(α)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (β)  $\text{KH}$  (γ)  $\text{H}_2\text{O}_2$  (δ)  $\text{OF}_2$  (ε)  $\text{MnO}_4^-$

### Απάντηση

(α)  $\text{H}_3\text{PO}_4$  : ο α.ο. του H είναι +1 και του O είναι -2 (ο Κανόνας 4 προηγείται του Κανόνα 6). Αν x είναι ο α.ο. του P, θα ισχύει:

$$3(+1) + x + 4(-2) = 0 \text{ (Κανόνας 2)} \Rightarrow x = +5$$

(β)  $\text{KH}$  : ο α.ο. του K είναι +1 (ο Κανόνας 3 προηγείται του 4)  $\Rightarrow$   
α.ο. του H = -1

(γ)  $\text{H}_2\text{O}_2$  : ο α.ο. του H είναι +1 (ο Κανόνας 4 προηγείται του 6)  
α.ο. του O = -1

(δ)  $\text{OF}_2$  : ο α.ο. του F είναι -1 (ο Κανόνας 5 προηγείται του 6)  
α.ο. του O = +2

(ε)  $\text{MnO}_4^-$  : ο α.ο. του O είναι -2. Αν x είναι ο α.ο. του Mn, θα ισχύει:  
 $x + 4(-2) = -1 \text{ (Κανόνας 2)} \Rightarrow x = +7$

## (β) Περιγραφή αντιδράσεων οξειδοαναγωγής



**Ημιαντίδραση:** είναι το ένα από τα δύο μέρη μιας αντίδρασης οξείδωσης-αναγωγής, όπου το ένα μέρος περιλαμβάνει την απώλεια ηλεκτρονίων (ή την αύξηση του α.ο.) και το άλλο την απόκτηση ηλεκτρονίων (ή την ελάττωση του α.ο.).



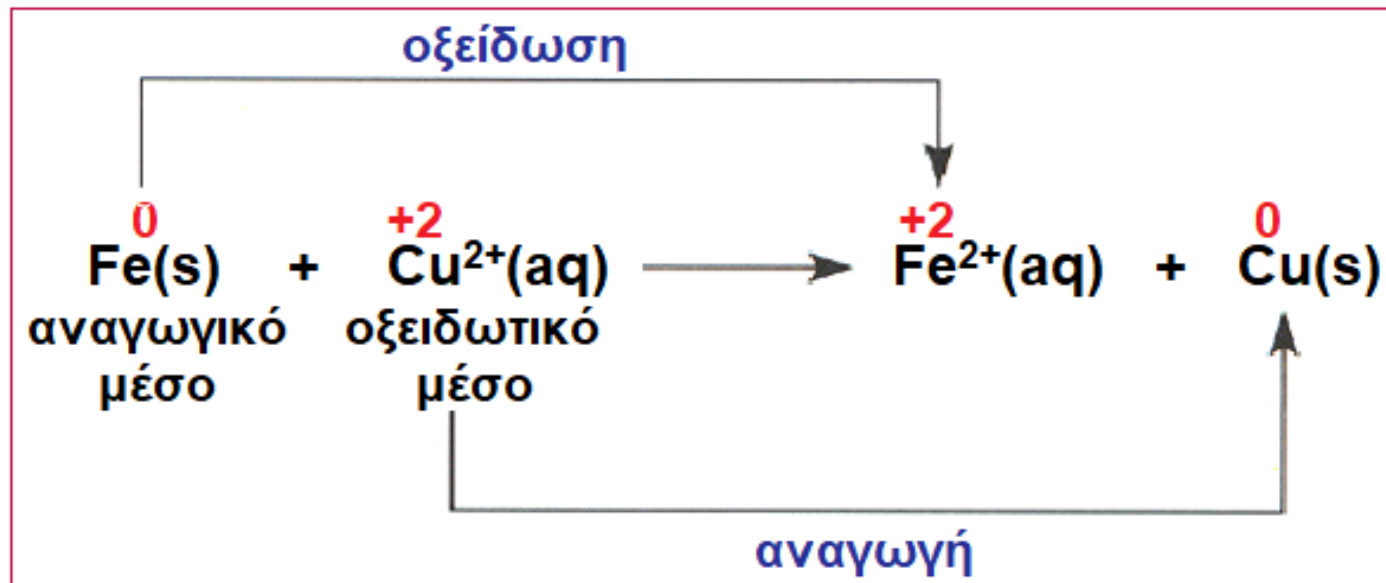
αύξηση του α.ο. του Fe = οξείδωση

Fe = αναγωγικό μέσο



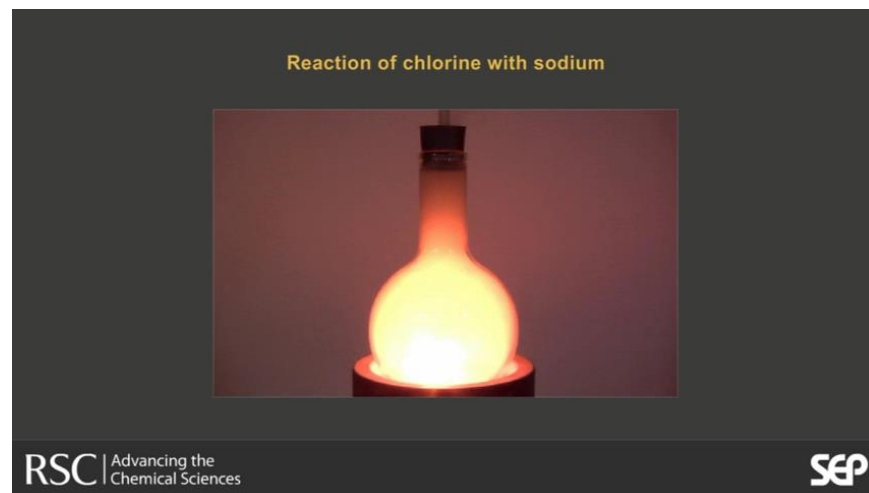
ελάττωση του α.ο. του Cu = αναγωγή

Cu<sup>2+</sup> = οξειδωτικό μέσο



# (γ) Κοινές αντιδράσεις οξειδοαναγωγής

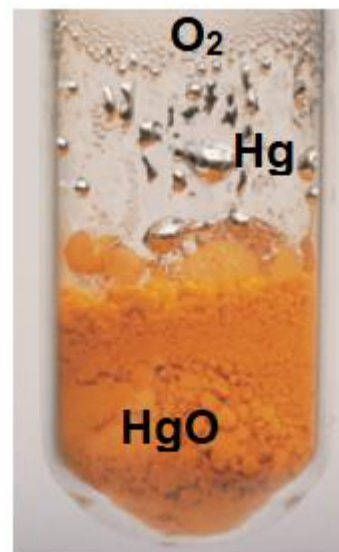
**1. Αντιδράσεις συνδυασμού:** όταν δύο ουσίες συνδυάζονται για να σχηματίσουν μια τρίτη ουσία π.χ.  $2\text{Na}(s) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow 2\text{NaCl}(s)$



**2. Αντιδράσεις διάσπασης:**

όταν μία και μόνο ένωση διασπάται προς δύο ή περισσότερες ουσίες

π.χ. η θερμική διάσπαση HgO:



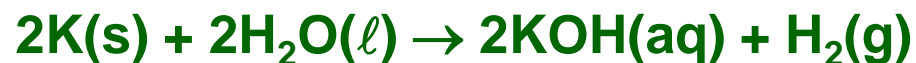


# Κοινές αντιδράσεις οξειδοαναγωγής (συνέχεια)

**3. Αντιδράσεις (απλής) αντικατάστασης:** όταν ένα στοιχείο αντιδρά με μια ένωση αντικαθιστώντας ένα από τα στοιχεία της



(α) Αντικατάσταση υδρογόνου



(β) Αντικατάσταση μετάλλου



αυξανόμενη αναγωγική ισχύς μετάλλων

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H<sub>2</sub>, Cu, Hg, Ag, Au

Παρατηρήσεις επί της ανωτέρω σειράς (σειρά δραστηριότητας)

1. Li = το ισχυρότερο αναγωγικό μέταλλο

2. Ένα ελεύθερο μέταλλο A ανάγει (αντικαθιστά) ένα ιόν B<sup>n+</sup>, αν το μέταλλο B βρίσκεται δεξιά του A. Π.χ.,  $Zn + Ni^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Ni$

3. Τα Li, K, Ca, Na αντιδρούν βίαια με H<sub>2</sub>O εκλύοντας H<sub>2</sub>

4. Τα Li ... Pb αντιδρούν με υδρατμούς και με οξέα παράγοντας H<sub>2</sub>

5. Τα Cu, Hg, Ag, Au δεν παράγουν H<sub>2</sub> όταν αντιδρούν με οξέα

# Κοινές αντιδράσεις οξειδοαναγωγής (συνέχεια)

## (γ) Αντικατάσταση αλογόνου

Σειρά δραστηριότητας αλογόνων:  $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2 \Rightarrow$

κάθε αλογόνο αντικαθιστά (οξειδώνει) όλα τα αλογονίδια που βρίσκονται στα δεξιά του. **Το  $F_2$  είναι το πλέον οξειδωτικό από όλα τα στοιχεία!**



## 4. Αντιδράσεις καύσης:

όταν μια ουσία αντιδρά με  $O_2$ , συνήθως υπό ταχεία έκλυση θερμότητας, ικανής να παράγει φλόγα:

Καύση βουτανίου:



Καύση σιδηροβάμβακα



καύση βουτανίου



καύση σιδηροβάμβακα



## (δ) Ισοστάθμιση απλών αντιδράσεων οξειδοαναγωγής Μέθοδος των ημιαντιδράσεων

Ακολουθούμε τα εξής 5 βήματα:

1. Γράφουμε τη σκελετική εξίσωση (προκύπτει από την εκφώνηση) και σημειώνουμε τους αριθμούς οξείδωσης
2. Χωρίζουμε τη σκελετική εξίσωση σε δύο ημιαντιδράσεις
3. Εξισώνουμε τα φορτία σε κάθε εξίσωση χρησιμοποιώντας  $e^-$
4. Πολλαπλασιάζουμε επί έναν κατάλληλο συντελεστή για απαλοιφή των  $e^-$
5. Προσθέτουμε κατά μέλη τις δύο ημιαντιδράσεις και λαμβάνουμε την ισοσταθμισμένη εξίσωση

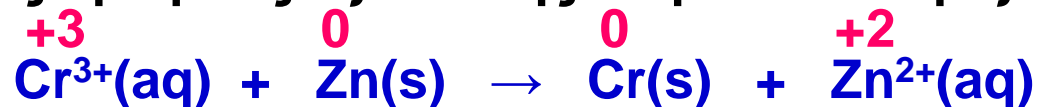
# Παράδειγμα 4.8

## Ισοστάθμιση απλών αντιδράσεων οξειδοαναγωγής

Ισοσταθμίστε την ακόλουθη αντίδραση οξειδοαναγωγής με τη μέθοδο των ημιαντιδράσεων:  $\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Cr}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

### Απάντηση

1. Βρίσκουμε τους αριθμούς οξείδωσης στη σκελετική εξίσωση:



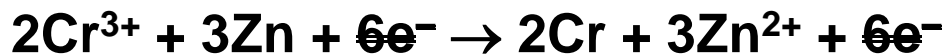
2. Χωρίζουμε τη σκελετική εξίσωση σε δύο ημιαντιδράσεις:



3. Εξισώνουμε τα φορτία σε κάθε εξίσωση χρησιμοποιώντας  $e^-$  :



4 & 5. Πολλαπλασιάζουμε επί έναν κατάλληλο συντελεστή για απαλοιφή των  $e^-$  και προσθέτουμε τις δύο εξισώσεις κατά μέλη:



Τελική ισοσταθμισμένη εξίσωση:  $2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Cr}(\text{s}) + 3\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$

## (ε) Ισοστάθμιση αντιδράσεων οξειδοαναγωγής σε **όξινο διάλυμα** με τη μέθοδο των ημιαντιδράσεων

Ακολουθούμε τα εξής 7 βήματα:

1. Γράφουμε τη σκελετική εξίσωση (προκύπτει από την εκφώνηση) και σημειώνουμε τους αριθμούς οξείδωσης
2. Χωρίζουμε τη σκελετική εξίσωση σε δύο ημιαντιδράσεις
3. Ισοσταθμίζουμε όλα τα άτομα, πλην O και H
4. Ισοσταθμίζουμε τα άτομα O προσθέτοντας μόρια  $H_2O$  στη μία πλευρά της εξίσωσης
5. Ισοσταθμίζουμε τα άτομα H προσθέτοντας ιόντα  $H^+$  στη μία πλευρά της εξίσωσης
6. Ισοσταθμίζουμε τα ηλεκτρικά φορτία προσθέτοντας ηλεκτρόνια ( $e^-$ ) στη θετικότερη πλευρά
7. Συνδυάζουμε τις δύο ημιαντιδράσεις για να βρούμε την τελική ισοσταθμισμένη εξίσωση οξειδοαναγωγής (απαλοιφή ηλεκτρονίων και απλοποίηση συντελεστών όμοιων χημικών ειδών)

# Παράδειγμα 4.9

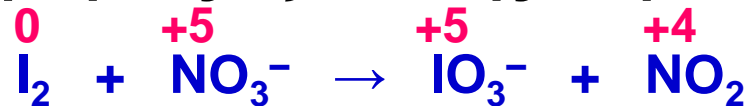
Ισοστάθμιση αντιδράσεων οξειδοαναγωγής σε όξινο διάλυμα

Το ιωδικό οξύ,  $\text{HIO}_3$ , μπορεί να παρασκευασθεί από την αντίδραση ιωδίου,  $\text{I}_2$ , με πυκνό νιτρικό οξύ.

Η σκελετική εξίσωση είναι:  $\text{I}_2(\text{s}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{IO}_3^-(\text{aq}) + \text{NO}_2(\text{g})$   
Ισοσταθμίστε αυτή την εξίσωση.

## Απάντηση

1. Βρίσκουμε τους αριθμούς οξείδωσης στη σκελετική εξίσωση:



2. Χωρίζουμε την αντίδραση σε δύο ημιαντιδράσεις:



3. Ισοσταθμίζουμε κάθε ημιαντίδραση ως προς I, ως προς O (προσθήκη  $\text{H}_2\text{O}$ ) και ως προς H (προσθήκη  $\text{H}^+$ ):



## Παράδειγμα 4.9 (συνέχεια)

4. Ισοσταθμίζουμε τα ηλεκτρικά φορτία προσθέτοντας  $e^-$  :



5. Πολλαπλασιάζουμε τις ημιαντιδράσεις με κατάλληλο παράγοντα για απαλοιφή των ηλεκτρονίων:



6. Προσθέτουμε τις δύο ημιαντιδράσεις και διαγράφουμε τα  $e^-$  :



## Παράδειγμα 4.10

Ισοστάθμιση αντιδράσεων οξειδοαναγωγής σε βασικό διάλυμα

Ισοσταθμίστε την ακόλουθη αντίδραση η οποία λαμβάνει χώρα σε βασικό διάλυμα:



**Απάντηση**

Σε βασικό διάλυμα, δεν αλλάζουμε πορεία, μόνο που στην εξίσωση που περιέχει τα ιόντα  $\text{H}^+$  προσθέτουμε τόσα ιόντα  $\text{OH}^-$  στις δύο πλευρές της εξίσωσης, όσα είναι τα ιόντα  $\text{H}^+$  και απλοποιούμε τα μόρια  $\text{H}_2\text{O}$  που προκύπτουν.

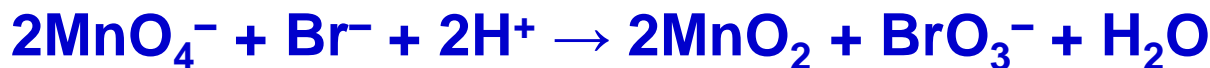
Οι δύο ισοσταθμισμένες ημιαντιδράσεις είναι:



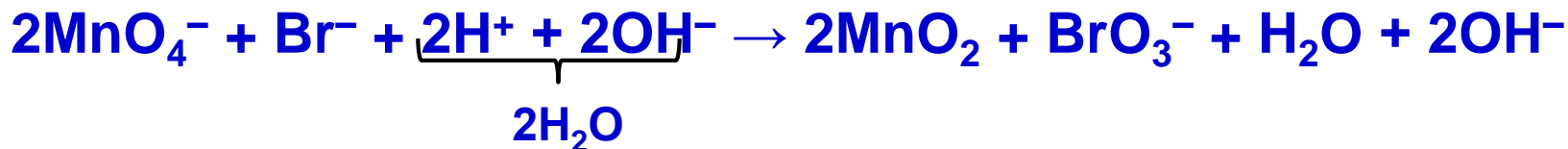


## Παράδειγμα 4.10 (συνέχεια)

Πολλαπλασιάζουμε την ημιαντίδραση αναγωγής επί 2 και προσθέτουμε τις δύο ημιαντιδράσεις:



Προσθέτουμε  $2\text{OH}^-$  σε κάθε πλευρά:



Αντικαθιστούμε  $2\text{OH}^- + 2\text{H}^+$  από  $2\text{H}_2\text{O}$  και διαγράφουμε από ένα  $\text{H}_2\text{O}$  σε κάθε πλευρά.

Η τελική ισοσταθμισμένη εξίσωση είναι:



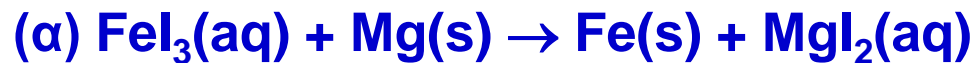
# Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

4.11 Προσδιορίστε τους αριθμούς οξειδωσης όλων των στοιχείων σε καθεμία από τις ακόλουθες ενώσεις.



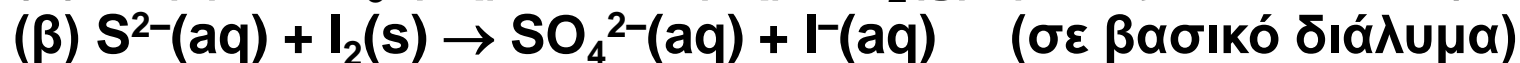
4.12 Ποιο είναι το οξειδωτικό και ποιο το αναγωγικό στην αντίδραση  $\text{ICl}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{HCl}(\text{aq}) + \text{HOI}(\text{aq})$  ;

4.13 Ισοσταθμίστε την ακόλουθη αντίδραση, αφού προηγουμένως εξηγήστε γιατί αυτή είναι εφικτή:



(β) Η αντίδραση  $\text{Cu}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CuCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2$  δεν είναι εφικτή. Γιατί;

4.14 Ισοσταθμίστε τις ακόλουθες αντιδράσεις:



4.15 Ποια είναι ημιαντίδραση αναγωγής;

