

Σπύρος Μιχέλης – Δικαία Μιχέλη

# Χημεία

Γ΄ Γενικού Λυκείου

ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Α΄ τόμος



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΠΑΤΑΚΗ

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Οξειδοαναγωγή – Ηλεκτρόλυση .....	7
Κεφάλαιο 2: Θερμοχημεία .....	117
Κεφάλαιο 3: Χημική κινητική .....	143
Κεφάλαιο 4: Χημική ισορροπία .....	197
Απαντήσεις – υποδείξεις στις ασκήσεις του βιβλίου .....	363
Πίνακες σχετικών ατομικών μαζών (Ar) .....	461
Περιοδικός πίνακας των χημικών στοιχείων .....	464

# Κεφάλαιο 1

## Οξειδοαναγωγή – Ηλεκτρόλυση



### Περιεχόμενα κεφαλαίου 1

#### 1.1 Αριθμός οξείδωσης. Οξείδωση – Αναγωγή

1.1.1 Τι είναι οξείδωση και αναγωγή. ....	9
1.1.2 Αριθμός οξείδωσης. ....	12
1.1.3 Οξειδοαναγωγή. ....	19
Ερωτήσεις 2ου θέματος με αιτιολόγηση. ....	21
Ερωτήσεις σύμφωνα με το 1ο θέμα των εξετάσεων. ....	26
Ερωτήσεις σύμφωνα με το 2ο θέμα των εξετάσεων. ....	27

#### 1.2 Κυριότερα οξειδωτικά – αναγωγικά. Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής

1.2.1 Οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα. ....	31
1.2.2 Συμπλήρωση αντιδράσεων οξειδοαναγωγής. ....	43
1.2.3 Παραδείγματα αντιδράσεων οξειδοαναγωγής. ....	51
Ερωτήσεις 2ου θέματος με αιτιολόγηση. ....	57
Ερωτήσεις σύμφωνα με το 1ο θέμα των εξετάσεων. ....	63
Ερωτήσεις σύμφωνα με το 2ο θέμα των εξετάσεων. ....	65

#### 1.3 Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

Στοιχειομετρικές ασκήσεις για λύση. ....	102
1ο διαγώνισμα στο κεφάλαιο 1. ....	111
2ο διαγώνισμα στο κεφάλαιο 1. ....	114





# 1.1

## Αριθμός οξείδωσης. Οξείδωση – Αναγωγή

### 1.1.1 Τι είναι οξείδωση και αναγωγή

#### A. Αρχική (κλασική) άποψη

Πριν γίνει γνωστή η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων, δόθηκαν για την οξείδωση και την αναγωγή οι ορισμοί που ακολουθούν.

**Οξείδωση** ονομάζεται η ένωση ενός στοιχείου ή μιας χημικής ένωσης με το οξυγόνο, ή η αφαίρεση υδρογόνου από μια χημική ένωση.

#### Παραδείγματα

1. Το Mg οξειδώνεται σε MgO σύμφωνα με την αντίδραση:  $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ , εφόσον το μαγνήσιο ενώνεται με το οξυγόνο.
2. Ο C οξειδώνεται σε  $\text{CO}_2$  σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ , εφόσον ο άνθρακας ενώνεται με το οξυγόνο.
3. Το HCl οξειδώνεται σε  $\text{Cl}_2$  σύμφωνα με την αντίδραση:  $4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ , εφόσον του υδροχλωρίου ενώνεται με το οξυγόνο.
4. Η μεθανόλη ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) οξειδώνεται σε μεθανάλη ( $\text{CH}_2 = \text{O}$ ) σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{O} + \text{H}_2$ , αφού αποβάλλει υδρογόνο.

**Αναγωγή** ονομάζεται η αφαίρεση οξυγόνου από μια χημική ένωση, ή η ένωση με το υδρογόνο ενός στοιχείου ή μιας χημικής ένωσης.

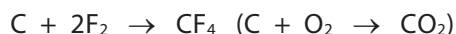
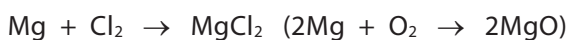
#### Παραδείγματα

1. Το MgO ανάγεται σε Mg σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{MgO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Mg} + \text{H}_2\text{O}$ , εφόσον από το οξείδιο του μαγνησίου αφαιρείται οξυγόνο.
2. Το ZnO ανάγεται σε Zn σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{ZnO} + \text{C} \rightarrow \text{Zn} + \text{CO}$ , εφόσον από το οξείδιο του ψευδαργύρου αφαιρείται οξυγόνο.

**3.** Το  $\text{Cl}_2$  ανάγεται σε  $\text{HCl}$  σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ , αφού το χλώριο ενώνεται με το υδρογόνο.

**4.** Η αιθανάλη ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$ ) ανάγεται σε αιθανόλη ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) σύμφωνα με την αντίδραση:  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , αφού προσλαμβάνει (ενώνεται) με το υδρογόνο.

Η παραπάνω προσέγγιση της οξειδωσης και της αναγωγής αναφέρεται σε εκείνες τις αντιδράσεις όπου συμμετέχουν ενώσεις που περιέχουν οξυγόνο ή υδρογόνο. Αυτός ο περιορισμός αποτέλεσε σημαντικό μειονέκτημα, εφόσον ανάλογες συμπεριφορές δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως οξείδωση ή αναγωγή. Π.χ.:



## B. Ηλεκτρονιακή άποψη

Για να δοθεί εξήγηση σε ανάλογες συμπεριφορές με αυτές των αντιδράσεων οξείδωσης και αναγωγής σύμφωνα με τις αρχικές απόψεις, έγινε διεύρυνση του ορισμού της οξείδωσης και της αναγωγής. Στη διεύρυνση αυτή βοήθησε η γνώση της ηλεκτρονιακής δομής των ατόμων και των χημικών ενώσεων. Έτσι προέκυψαν οι παρακάτω ορισμοί για την οξείδωση και την αναγωγή.

**Οξείδωση** ονομάζεται η αποβολή ηλεκτρονίων από στοιχείο.

**Αναγωγή** ονομάζεται η πρόσληψη ηλεκτρονίων από στοιχείο.

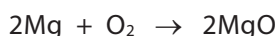
Σύμφωνα με τους νέους ορισμούς γίνεται κατανοητό ότι:

**α.** για την οξείδωση δεν είναι απαραίτητη η παρουσία του οξυγόνου, αλλά οποιοδήποτε στοιχείο έχει την τάση να προσλάβει ηλεκτρόνια (ηλεκτραρνητικό αμέταλλο στοιχείο), όπως του N, Cl, Br κ.ά.

**β.** για την αναγωγή δεν είναι απαραίτητη η παρουσία του υδρογόνου, αλλά οποιοδήποτε στοιχείο έχει την τάση να αποβάλει ηλεκτρόνια (ηλεκτροθετικό στοιχείο), όπως του Mg, Na, K κ.ά.

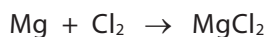
### Παραδείγματα

**1.** Στην περίπτωση της αντίδρασης:



κάθε άτομο του Mg αποβάλλει δύο ηλεκτρόνια από την εξωτερική του στιβάδα και γίνεται κατιόν  $\text{Mg}^{2+}$  ( $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ ), άρα οξειδώνεται. Κάθε άτομο του οξυγόνου προσλαμβάνει δύο ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα και γίνεται ανιόν  $\text{O}^{2-}$  ( $\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}$ ), και κατά συνέπεια ανάγεται.

2. Όμοια για την αντίδραση:



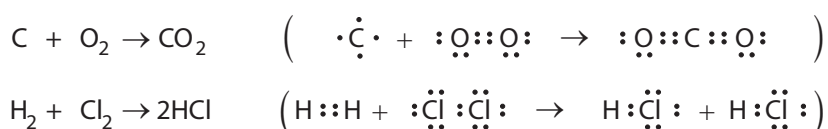
κάθε άτομο του Mg αποβάλλει δύο ηλεκτρόνια ( $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ ), άρα οξειδώνεται, ενώ κάθε άτομο του χλωρίου προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο ( $\text{Cl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-$ ) και ανάγεται.

### Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την ηλεκτρονιακή άποψη της οξειδωσης και της αναγωγής, συμπεραίνουμε:

1. Η **οξείδωση και η αναγωγή είναι φαινόμενα αλληλένδετα**, αφού όταν κάποιο στοιχείο αποβάλλει ηλεκτρόνια (δηλαδή οξειδώνεται), κάποιο άλλο στοιχείο προσλαμβάνει αυτά τα ηλεκτρόνια (δηλαδή ανάγεται). Για αυτό τον λόγο οι αντιδράσεις ονομάζονται **αντιδράσεις οξειδοαναγωγής**.
2. Για να οξειδωθεί ένα στοιχείο –δηλαδή να αποβάλει ηλεκτρόνια–, μεσολαβεί επίδραση ενός μέσου, το οποίο προκαλεί την οξείδωση. Το μέσο αυτό περιέχει στοιχείο που προσλαμβάνει ηλεκτρόνια (ανάγεται) και χαρακτηρίζεται **οξειδωτικό μέσο**.  
Ανάλογα, για να αναχθεί ένα στοιχείο –δηλαδή να προσλάβει ηλεκτρόνια–, μεσολαβεί επίδραση ενός μέσου, το οποίο προκαλεί την αναγωγή. Το μέσο αυτό περιέχει στοιχείο που αποβάλλει ηλεκτρόνια (οξειδώνεται) και ονομάζεται **αναγωγικό μέσο**.

Η παραπάνω προσέγγιση της οξειδωσης και της αναγωγής, παρά τη διεύρυνση, δεν καλύπτει αντιδράσεις όπως αυτές που ακολουθούν, όπου δεν έχουμε αποβολή ή πρόσληψη ηλεκτρονίου:



Σε αυτές τις αντιδράσεις πραγματοποιείται συνεισφορά ηλεκτρονίων με αποτέλεσμα τη δημιουργία κοινού ή κοινών ζευγών ηλεκτρονίων. Στις ενώσεις αυτές δημιουργούνται κοινό ή κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων, όπου γίνεται απλή μετατόπιση φορτίων λόγω των πολωμένων ομοιοπολικών δεσμών στις μοριακές ενώσεις που σχηματίζονται.

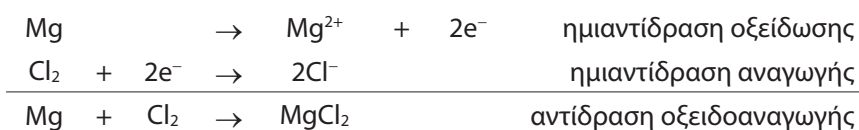
Συνεπώς ήταν αναγκαία μια γενικότερη προσέγγιση των εννοιών της οξειδωσης και της αναγωγής, έτσι ώστε να καλύπτει όλες τις περιπτώσεις. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας νέος όρος για τη χημεία, ο αριθμός οξειδωσης (Α.Ο.). Ο αριθμός οξειδωσης εξυπηρετεί:

- τη γραφή και την ονοματολογία των χημικών ενώσεων (Α' Λυκείου),
- την ταξινόμηση των χημικών αντιδράσεων (Α' Λυκείου),

- την εύρεση των συντελεστών σε χημικές αντιδράσεις, όπως οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

### Επισήμανση

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς της οξείδωσης και της αναγωγής, μια αντίδραση οξειδοαναγωγής μπορεί να θεωρηθεί άθροισμα δύο αντιδράσεων, της ημιαντίδρασης οξείδωσης και της ημιαντίδρασης αναγωγής. Π.χ.:



## 1.1.2 Αριθμός οξείδωσης

### A. Ορισμός του αριθμού οξείδωσης

Ος **αριθμός οξείδωσης** ορίζεται το ηλεκτρικό φορτίο που έχει ένα ιόν σε μια ιοντική ένωση ή που φαίνεται να έχει ένα άτομο (φαινομενικό φορτίο) σε μια ομοιοπολική ένωση, αν υπολογίσουμε τα ηλεκτρόνια της χημικής ένωσης με βάση τους παρακάτω κανόνες:

- α.** Τα ηλεκτρόνια μεταξύ ίδιων ατόμων μοιράζονται εξίσου στα δύο άτομα.
- β.** Τα ηλεκτρόνια μεταξύ ανόμοιων ατόμων υπολογίζονται βάσει της παραδοχής ότι ανήκουν στο πιο ηλεκτραρνητικό άτομο.

Για τον προσδιορισμό του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου σε μια χημική ένωση πρέπει να γνωρίζουμε:

- τον ηλεκτρονιακό τύπο της χημικής ένωσης, Ηλεκτρονιακός τύπος ονομάζεται ο χημικός τύπος που δείχνει ό,τι και ο μοριακός, καθώς και τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων στο μόριο μέσω της διευθέτησης των ηλεκτρονίων στην εξωτερική στιβάδα του κάθε ατόμου.
- τη σειρά ηλεκτραρνητικότητας των ατόμων που συμμετέχουν στη χημική ένωση.

#### Σειρά ηλεκτραρνητικότητας των κυριότερων αμετάλλων



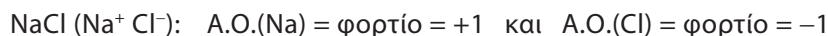
Ηλεκτραρνητικότητα ενός ατόμου είναι η τάση του να προσλαμβάνει ηλεκτρόνια ή η τάση του να έλκει ηλεκτρόνια από το κοινό ζεύγος του με άλλα άτομα.

### Παραδείγματα

#### 1. NaCl (ιοντική ένωση)

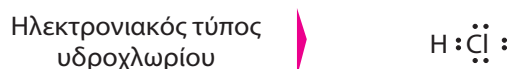


Στην περίπτωση του χλωριούχου νατρίου (NaCl) τα δομικά συστατικά είναι τα κατιόντα νατρίου ( $\text{Na}^+$ ) και τα ανιόντα χλωρίου ( $\text{Cl}^-$ ). Επομένως, ο αριθμός οξείδωσης κάθε στοιχείου είναι ίσος με το πραγματικό του φορτίο:



## 2. HCl (ομοιοπολική ένωση)

Στην περίπτωση του HCl τα δομικά συστατικά είναι τα μόρια του υδροχλωρίου.



Επομένως, ο αριθμός οξείδωσης κάθε στοιχείου είναι ίσος με το φαινομενικό φορτίο που έχουν το υδρογόνο και το χλώριο, αν το κοινό ζεύγος δοθεί στο άτομο του χλωρίου, που είναι το ηλεκτραρνητικότερο στοιχείο:



Με βάση τη φαινομενική κατάσταση έχουμε τους αριθμούς οξείδωσης:



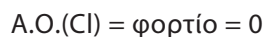
## 3. Cl<sub>2</sub> (ομοιοπολική ένωση)



Στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρόνια του κοινού ζεύγους μοιράζονται εξίσου στα δύο άτομα του χλωρίου:



Με βάση τη φαινομενική κατάσταση έχουμε τον αριθμό οξείδωσης:



## 4. HBrO (ομοιοπολική ένωση)



Επομένως, ο αριθμός οξείδωσης κάθε στοιχείου είναι ίσος με το φαινομενικό φορτίο που έχουν το υδρογόνο, το οξυγόνο και το βρόμιο, αν κάθε κοινό ζεύγος δοθεί στο άτομο του οξυγόνου, που είναι το ηλεκτραρνητικότερο στοιχείο:



Με βάση τη φαινομενική κατάσταση έχουμε τους αριθμούς οξείδωσης:

$$\text{A.O.}(H) = \text{φορτίο} = +1, \quad \text{A.O.}(O) = \text{φορτίο} = -2 \quad \text{και} \quad \text{A.O.}(Br) = \text{φορτίο} = +1$$

## B. Συμβατικοί κανόνες για τον ορισμό του αριθμού οξείδωσης

Στην πράξη δεν είναι εύκολο να οριστεί ο αριθμός οξείδωσης ενός στοιχείου με τη βοήθεια του ορισμού του αριθμού οξείδωσης. Χρειάζεται να γνωρίζουμε τους ηλεκτρονιακούς τύπους των χημικών ενώσεων και τις τιμές ηλεκτραρνητικότητας των στοιχείων. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται κάποιοι πρακτικοί κανόνες, που στις περισσότερες περιπτώσεις επιτρέπουν τον εύκολο προσδιορισμό του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου.

### Πρακτικοί κανόνες για την εύρεση του αριθμού οξείδωσης

- Ο αριθμός οξείδωσης ενός στοιχείου σε ελεύθερη κατάσταση είναι πάντοτε μηδέν.  
Π.χ.:  $\text{Na}^0, \text{Fe}^0, \text{Hg}^0, \text{H}_2^0, \text{O}_2^0, \text{N}_2^0, \text{F}_2^0, \text{Cl}_2^0, \text{Br}_2^0, \text{I}_2^0$ .
- Μερικά βασικά στοιχεία έχουν σταθερούς αριθμούς οξείδωσης, όπως:
  - Το **υδρογόνο** (H) στις ενώσεις του έχει αριθμό οξείδωσης +1.  
Εξαιρούνται οι ιοντικές ενώσεις του υδρογόνου με τα μέταλλα, όπως  $\text{NaH}, \text{CaH}_2, \dots$ , που ονομάζονται υδρίδια, όπου το υδρογόνο έχει αριθμό οξείδωσης -1.
  - Το **φθόριο** (F) έχει πάντα αριθμό οξείδωσης -1.
  - Το **οξυγόνο** (O) στις ενώσεις του έχει αριθμό οξείδωσης -2.  
Εξαιρούνται το οξειδίό του με το φθόριο ( $\text{OF}_2$ ), όπου έχει αριθμό οξείδωσης +2, και τα υπεροξείδια (όπως το υπεροξείδιο του υδρογόνου,  $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$  ή  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), όπου έχει αριθμό οξείδωσης -1.
  - Τα **μέταλλα της IA (1) ομάδας του περιοδικού πίνακα (αλκάλια)**, δηλαδή τα στοιχεία: Li (λίθιο), Na (νάτριο), K (κάλιο), Rb (ρουβίδιο), Cs (καίσιο) και Fr (φράγκιο) έχουν αριθμό οξείδωσης +1.
  - Τα **μέταλλα της IIA (2) ομάδας του περιοδικού πίνακα (αλκαλικές γαίες)**, δηλαδή τα στοιχεία: Be (βηρύλλιο), Mg (μαγνήσιο), Ca (ασβέστιο), Sr (στρόντιο), Ba (βάριο) και Ra (ράδιο) έχουν αριθμό οξείδωσης +2.
- Σε μια χημική ένωση το αλγεβρικό άθροισμα των αριθμών οξείδωσης όλων των ατόμων που την αποτελούν είναι ίσο με μηδέν.
- Σε ένα πολυατομικό ιόν το αλγεβρικό άθροισμα των αριθμών οξείδωσης όλων των ατόμων που το αποτελούν είναι ίσο με το φορτίο του ιόντος.  
Είναι προφανές ότι ο αριθμός οξείδωσης κάθε μονοατομικού ιόντος ισούται με το φορτίο του ιόντος. Π.χ.: για το κατιόν του αργιλίου  $\text{Al}^{3+}$  ο αριθμός οξείδωσης του Al είναι ίσος με +3, που είναι το φορτίο του.

### Βασικές εφαρμογές

**1. Εύρεση του αριθμού οξείδωσης στοιχείου σε ανόργανα μόρια ή ιόντα, με ένα άτομο του στοιχείου στο μόριο ή στο ιόν**

**Να οριστούν οι αριθμοί οξείδωσης:**

- α. του αζώτου (N) στο μόριο του αζώτου (N<sub>2</sub>),**
- β. του θείου (S) στο θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>),**
- γ. του μαγγανίου (Mn) στο υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO<sub>4</sub>),**
- δ. του αζώτου (N) στο νιτρικό ανιόν (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).**

#### Απάντηση

Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε τους βασικούς αριθμούς οξείδωσης των στοιχείων και τον θεμελιώδη κανόνα ότι το αλγεβρικό άθροισμα των αριθμών οξείδωσης όλων των ατόμων είναι ίσο με μηδέν (για χημική ένωση) ή ίσο με το φορτίο (για ιόν).

**α.** Σύμφωνα με τους κανόνες για την εύρεση του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου σε ελεύθερη κατάσταση, έχουμε: A.O.(N) = 0 στο μόριο του αζώτου (N<sub>2</sub>).

**β.** Γνωρίζουμε ότι ο A.O.(H) = +1, ο A.O.(O) = -2, ενώ έστω ότι ο A.O.(S) = x.

Για μια χημική ένωση το άθροισμα των αριθμών οξείδωσης όλων των ατόμων που την αποτελούν είναι ίσο με το μηδέν. Επομένως, για το θειικό οξύ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ισχύει:

$$(+1) \cdot 2 + x \cdot 1 + (-2) \cdot 4 = 0 \quad \text{ή} \quad +2 + x - 8 = 0 \quad \text{ή} \quad x = +6$$

Άρα ο A.O.(S) = +6 στο θειικό οξύ.

**γ.** Γνωρίζουμε ότι ο A.O.(K) = +1, ο A.O.(O) = -2, ενώ έστω ότι ο A.O.(Mn) = x.

Για το υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO<sub>4</sub>) ισχύει:

$$(+1) \cdot 1 + x \cdot 1 + (-2) \cdot 4 = 0 \quad \text{ή} \quad +1 + x - 8 = 0 \quad \text{ή} \quad x = +7$$

Συνεπώς ο A.O.(Mn) = +7 στο υπερμαγγανικό κάλιο.

**δ.** Γνωρίζουμε ότι ο A.O.(O) = -2, ενώ έστω ότι ο A.O.(N) = x.

Για το νιτρικό ανιόν (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ισχύει:

$$x \cdot 1 + (-2) \cdot 3 = -1 \quad \text{ή} \quad x - 6 = -1 \quad \text{ή} \quad x = +5$$

Άρα ο A.O.(N) = +5 στο νιτρικό ανιόν.

**2. Εύρεση του αριθμού οξείδωσης στοιχείου σε ανόργανα μόρια ή ιόντα, με περισσότερα από ένα άτομα του στοιχείου στο μόριο ή στο ιόν**

**Να οριστεί ο αριθμός οξείδωσης του χρωμίου (Cr) στο διχρωμικό κάλιο (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).**

**Απάντηση**

Όταν υπάρχουν δύο ή περισσότερα άτομα του στοιχείου στο μόριο ή στο ιόν, πρέπει να είναι γνωστή η δομή του μορίου ή του ιόντος, δηλαδή ο ηλεκτρονιακός τύπος. Με δεδομένο ότι δε γίνεται μελέτη της δομής για μια ανόργανη ένωση ή ιόν, στις ενώσεις ή τα ιόντα που συναντάμε θα υποθέτουμε ότι όλα τα άτομα του στοιχείου έχουν τον ίδιο αριθμό οξείδωσης. Κατά συνέπεια μπορούμε να στηριχθούμε στους συμβατικούς κανόνες. Για το διχρωμικό κάλιο ( $K_2Cr_2O_7$ ) γνωρίζουμε ότι:

$$\text{o A.O.}(K) = +1, \text{ o A.O.}(O) = -2, \text{ ενώ έστω ότι o A.O.}(Cr) = x$$

Ισχύει:

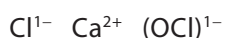
$$(+1) \cdot 2 + x \cdot 2 + (-2) \cdot 7 = 0 \quad \text{ή} \quad +2 + 2x - 14 = 0 \quad \text{ή} \quad x = +6$$

Άρα ο A.O.(Cr) = +6 στο διχρωμικό κάλιο.

Στην περίπτωση που τα άτομα του στοιχείου ενώνονται με διαφορετικούς τρόπους και επομένως εμφανίζουν διαφορετικούς αριθμούς οξείδωσης, πρέπει να μας δίνεται η δομή της ένωσης.

**Παράδειγμα**

Στην περίπτωση της χλωρασβέστου ( $CaOCl_2$ ) έχουμε τη δομή:



Στο ανιόν του χλωρίου, το χλώριο έχει αριθμό οξείδωσης ίσο με το φορτίο του, δηλαδή  $-1$ .

Στο υποχλωριώδες ανιόν  $(OCl)^{1-}$  ισχύει:

$$(-2) \cdot 1 + x \cdot 1 = -1 \quad \text{ή} \quad -2 + x = -1 \quad \text{ή} \quad x = +1$$

**3. Εύρεση του αριθμού οξείδωσης στοιχείου σε οργανικές ενώσεις**

**Να προσδιορίσετε τον αριθμό οξείδωσης κάθε ατόμου άνθρακα στο μόριο του προπανίου. Τι προκύπτει από τη χρησιμοποίηση των πρακτικών κανόνων για την εύρεση του αριθμού οξείδωσης του άνθρακα στο προπάνιο; Τι εκφράζει το αποτέλεσμα που προκύπτει;**

**Απάντηση**

Εκτός από απλές ενώσεις (όπως  $CH_4$ ,  $CH_3OH$ ,  $CH_2=O$ ,  $HCOOH$ ,  $CH_3CH_3$ ,  $CH_2=CH_2$ ,  $HC \equiv CH$  κ.ά.) όπου χρησιμοποιούμε τους συμβατικούς κανόνες, στις οργανικές ενώσεις τα άτομα του άνθρακα ενώνονται με διαφορετικό τρόπο, άρα έχουν διαφορετικούς μεταξύ τους αριθμούς οξείδωσης. Επομένως, για τον προσδιορισμό των αριθμών οξείδωσης στηρίζομαστε στον ορισμό του αριθμού οξείδωσης.

**Μεθοδολογία εύρεσης του Α.Ο. του άνθρακα στις οργανικές ενώσεις**

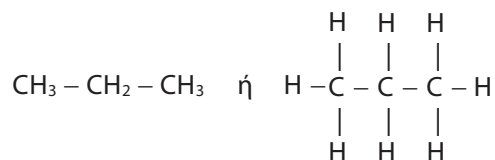
**1.** Γράφουμε τον συντακτικό τύπο της οργανικής ένωσης και στη συνέχεια τον αναλυτικό

συντακτικό τύπο της. Με βάση τον αναλυτικό συντακτικό τύπο σχηματίζουμε τον ηλεκτρονιακό τύπο της ένωσης.

2. Για κάθε άτομο του άνθρακα βρίσκουμε το φαινομενικό φορτίο του, άρα και τον αριθμό οξειδωσής του.

Για την εύρεση του φαινομενικού φορτίου στηρίζομαστε στη γνώση ότι ο άνθρακας είναι ηλεκτραρνητικότερος από το υδρογόνο (άρα, κερδίζει το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων) και ηλεκτροθετικότερος από τα υπόλοιπα αμέταλλα των οργανικών ενώσεων O, N, X, S (επομένως, χάνει το κοινό ή τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων).

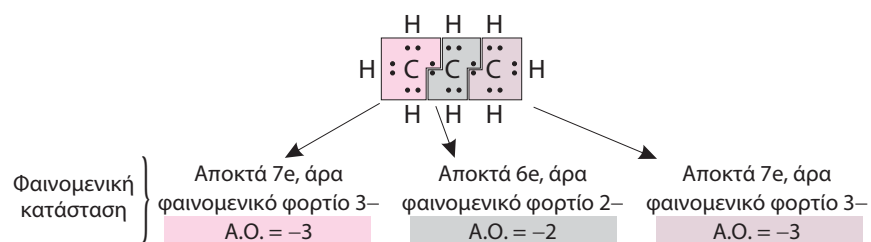
Για το προπάνιο, επομένως, θα στηριχθούμε στον ορισμό του αριθμού οξειδωσης και θα βρούμε τον συντακτικό τύπο. Ο συντακτικός τύπος του προπανίου είναι:



Με οδηγό τον αναλυτικό συντακτικό τύπο του προπανίου, σχηματίζεται ο ηλεκτρονιακός τύπος του προπανίου:



Ο άνθρακας κερδίζει το κοινό ζεύγος που έχει με το άτομο του υδρογόνου. Με τον προσδιορισμό του φαινομενικού φορτίου, έχουμε τον αριθμό οξειδωσης για κάθε άτομο του άνθρακα.



Σύμφωνα με τους συμβατικούς κανόνες για την εύρεση του αριθμού οξειδωσης, θεωρούμε ότι όλα τα άτομα άνθρακα έχουν τον ίδιο αριθμό οξειδωσης.

Γνωρίζουμε ότι ο A.O.(H) = +1, ενώ έστω ότι ο A.O.(C) = x. Το άθροισμα των αριθμών οξείδωσης των ατόμων που αποτελούν το μόριο του προπανίου είναι ίσο με το μηδέν, οπότε ισχύει:

$$x \cdot 3 + (+1) \cdot 8 = 0 \quad \text{ή} \quad 3x + 8 = 0 \quad \text{ή} \quad 3x = -8 \quad \text{ή} \quad x = -\frac{8}{3}$$

Ο κλασματικός αριθμός οξείδωσης που προκύπτει με τη χρήση των συμβατικών κανόνων εκφράζει τον μέσο όρο των διαφορετικών αριθμών οξείδωσης του ατόμου στην ένωση. Πράγματι έχουμε:

$$\text{Μέσος όρος A.O.(C)} = \frac{-3 - 2 - 3}{3} = -\frac{8}{3}$$

Συνηθέστεροι αριθμοί οξείδωσης ορισμένων στοιχείων σε ενώσεις τους			
Μέταλλα		Αμέταλλα	
Na, K, Ag	+1	H	+1 (−1 στα υδρίδια)
Mg, Ca, Ba, Zn	+2	F	−1
Al	+3	O	−2
			(+2 στο OF <sub>2</sub> , −1 στα υπεροξειδία)
Hg, Cu	+1, +2	Cl, Br, I	−1 (+1, +3, +5, +7)
Fe, Ni	+2, +3	S	−2 (+4, +6)
Sn, Pb	+2, +4	C	−4, +4
Cr	+3, +6	B	−3, +3
Mn	+2, +4, +6, +7	N	−3 (+1, +2, +3, +4, +5)
		P	−3 (+3, +5)

### Γ. Σύγχρονη άποψη για την οξείδωση και την αναγωγή

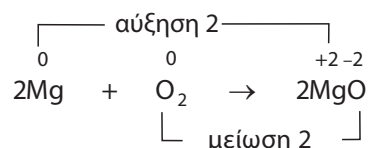
Με τη βοήθεια του αριθμού οξείδωσης ορίστηκαν η οξείδωση και η αναγωγή, έτσι ώστε να καλύπτονται όλες οι περιπτώσεις αντιδράσεων οξειδοαναγωγής.

**Οξείδωση** ονομάζεται η αλγεβρική αύξηση του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου.

**Αναγωγή** ονομάζεται η αλγεβρική μείωση του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου.

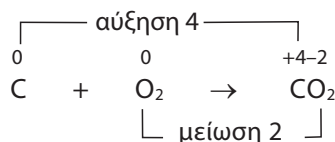
#### Παραδείγματα

1.



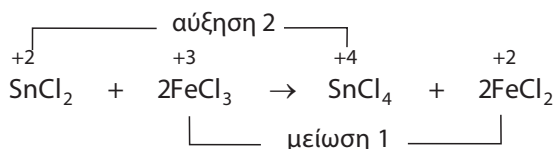
- Το μαγνήσιο (Mg) οξειδώνεται, εφόσον αυξάνεται ο αριθμός οξειδωσής του από 0 σε +2 (αύξηση κατά 2).
- Το οξυγόνο (O) ανάγεται, εφόσον ελαττώνεται ο αριθμός οξειδωσής του από 0 σε -2 (μείωση κατά 2).

2.



- Ο άνθρακας (C) οξειδώνεται, εφόσον αυξάνεται ο αριθμός οξειδωσής του από 0 σε +4 (αύξηση κατά 4).
- Το οξυγόνο (O) ανάγεται, εφόσον ελαττώνεται ο αριθμός οξειδωσής του από 0 σε -2 (μείωση κατά 2).

3.



- Ο κασσίτερος (Sn) οξειδώνεται, εφόσον αυξάνεται ο αριθμός οξειδωσής του από +2 σε +4 (αύξηση κατά 2).
- Ο σίδηρος (Fe) ανάγεται, εφόσον ελαττώνεται ο αριθμός οξειδωσής του από +3 σε +2 (μείωση κατά 1).

### Συνοπτική παρουσίαση των ορισμών της οξειδωσής και της αναγωγής

Οξειδωση	Αναγωγή
1. Πρόσληψη οξυγόνου ή αφαίρεση υδρογόνου	1. Αφαίρεση οξυγόνου ή πρόσληψη υδρογόνου
2. Αποβολή ηλεκτρονίων	2. Πρόσληψη ηλεκτρονίων
3. Αύξηση του αριθμού οξειδωσής	3. Μείωση του αριθμού οξειδωσής

### 1.1.3 Οξειδοαναγωγή

Όπως είδαμε στην ηλεκτρονιακή άποψη και στα παραπάνω παραδείγματα, δεν είναι δυνατόν να έχουμε οξείδωση χωρίς αναγωγή και αναγωγή χωρίς οξείδωση. Επομένως, το φαινόμενο της οξείδωσης και το φαινόμενο της αναγωγής είναι αλληλένδετα. Έτσι, δεν υπάρχουν αντιδράσεις οξείδωσης και αντιδράσεις αναγωγής, αλλά αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

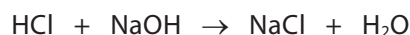
**Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής** ονομάζονται εκείνες οι αντιδράσεις στις οποίες έχουμε μεταβολή του αριθμού οξείδωσης ενός ή περισσότερων στοιχείων.

Οι αντιδράσεις στις οποίες δεν παρατηρείται μεταβολή στον αριθμό οξείδωσης των στοιχείων ονομάζονται μεταθετικές αντιδράσεις. Οι σημαντικότερες μεταθετικές αντιδράσεις είναι:

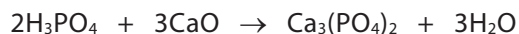
**α. Αντιδράσεις εξουδετέρωσης**

#### Παραδείγματα

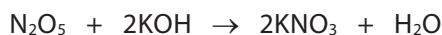
1. Οξύ + Βάση → Άλας + Νερό



2. Οξύ + Ανυδρίτης βάσης → Άλας + Νερό



3. Ανυδρίτης οξέος + Βάση → Άλας + Νερό



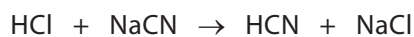
4. Ανυδρίτης οξέος + Ανυδρίτης βάσης → Άλας



**β. Αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης**

#### Παραδείγματα

1. Οξύ (1) + Άλας (1) → Οξύ (2) + Άλας (2)



2. Βάση (1) + Άλας (1) → Βάση (2) + Άλας (2)



3. Άλας (1) + Άλας (2) → Άλας (3) + Άλας (4)

