

# 15. ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ

## Θεωρίες οξέων - βάσεων

### ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι να γνωρίσουμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των οξέων και βάσεων, επεκτείνοντας τις γνώσεις που αποκτήσαμε περί αυτών στο Κεφάλαιο 4. Ο στόχος αυτός θα επιτευχθεί μέσα από τη μελέτη και εφαρμογή των τριών κλασικών θεωριών περί οξέων και βάσεων των Arrhenius, Brønsted-Lowry και Lewis.

# Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε να:

- ❖ Ορίζετε τι είναι οξύ και τι βάση, σύμφωνα με τη θεωρία του Arrhenius.
- ❖ Ορίζετε τι είναι οξύ και τι βάση, σύμφωνα με τη θεωρία των Brønsted–Lowry.
- ❖ Ορίζετε την έννοια συζυγές ζεύγος οξέος-βάσεως.
- ❖ Δίνετε τον ορισμό της αμφιπρωτικής χημικής οντότητας.
- ❖ Ορίζετε τι είναι οξύ και τι βάση κατά Lewis.
- ❖ Να γνωρίζετε τα όρια ισχύος καθεμιάς από τις τρεις θεωρίες στην ερμηνεία των οξεοβασικών ιδιοτήτων μιας ουσίας, προσπαθώντας να εφαρμόσετε και τις τρεις θεωρίες.

# Έννοιες κλειδιά

- ❖ Άλας
- ❖ Αμφιπρωτικό χημικό είδος
- ❖ Αντίδραση εξουδετέρωσης
- ❖ Ασθενή οξέα και βάσεις
- ❖ Βάση κατά Lewis
- ❖ Επαμφοτερίζον χημικό είδος
- ❖ Θεωρία Arrhenius
- ❖ Θεωρία Brønsted–Lowry
- ❖ Θεωρία Lewis
- ❖ Ιόν υδρονίου
- ❖ Ισχυρά οξέα και βάσεις
- ❖ Οξύ κατά Lewis
- ❖ Πρωτονιοδέκτης - Πρωτονιοδότης
- ❖ Συζυγές ζεύγος οξέος – βάσης

**Ebbing – Gammon (Ενότητες)**

**15.1 Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius**

**15.2 Οξέα και βάσεις κατά Brønsted – Lowry**

**15.3 Οξέα και βάσεις κατά Lewis**

# Οξέα και βάσεις (τρόποι διάκρισης)

Τα οξέα έχουν όξινη γεύση, ενώ οι βάσεις είναι πικρές.

Τα οξέα και οι βάσεις μεταβάλλουν το χρώμα ορισμένων χρωστικών που λέγονται δείκτες, όπως το ηλιοτρόπιο και η φαινολοφθαλεΐνη.

Τα οξέα αλλάζουν το χρώμα του ηλιοτροπίου από μπλε σε κόκκινο και της φαινολοφθαλεΐνης από ροζ σε άχρωμο. Οι βάσεις προκαλούν ακριβώς τις αντίθετες χρωματικές αλλαγές.

Οξέα και βάσεις εξουδετερώνουν ή αντιστρέφουν τα μεν τη δράση των δε. Στη διάρκεια της εξουδετέρωσης, οξέα και βάσεις αντιδρούν μεταξύ τους παράγοντας ουσίες που ονομάζονται άλατα.

Τα οξέα αντιδρούν με δραστικά μέταλλα, όπως μαγνήσιο και ψευδάργυρος, ελευθερώνοντας υδρογόνο.

## 15.1 Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

δείτε και την Ενότητα 4B "Αντιδράσεις Οξέων – Βάσεων"

**Arrhenius (πρώτη επιτυχής θεωρία περί οξέων και βάσεων)**

Οξέα είναι ουσίες που αυξάνουν τη συγκέντρωση των ιόντων  $H^+$  σε ένα υδατικό διάλυμα.

Βάσεις είναι ουσίες που αυξάνουν τη συγκέντρωση των ιόντων  $OH^-$  σε ένα υδατικό διάλυμα.

Πολλές αντιδράσεις που έχουν χαρακτηριστικά αντιδράσεων οξέων–βάσεων σε υδατικό διάλυμα, γίνονται και σε άλλους διαλύτες ή και χωρίς διαλύτη.

Π.χ., το υδροχλωρικό οξύ αντιδρά με υδατική αμμωνία, η οποία κατά την άποψη του Arrhenius είναι βάση επειδή αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων  $OH^-$  σε υδατικό διάλυμα. Η αντίδραση μπορεί να γραφεί ως εξής:



# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

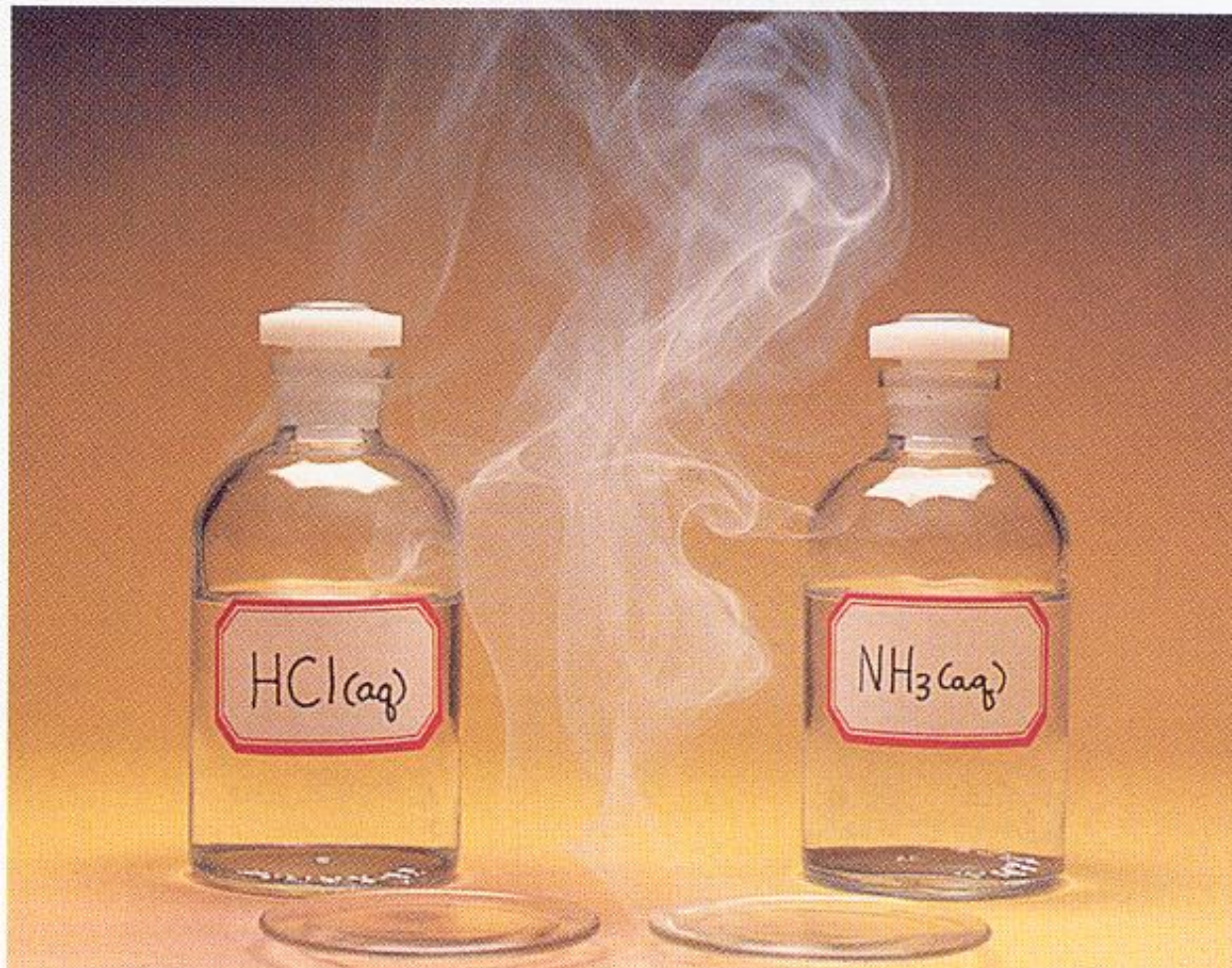
Μια τελείως όμοια αντίδραση λαμβάνει χώρα μεταξύ χλωριδίου του υδρογόνου και αμμωνίας που έχουν διαλυθεί σε **βενζόλιο**,  $C_6H_6$ . Το προϊόν είναι πάλι  $NH_4Cl$ , το οποίο στην περίπτωση αυτή καταβυθίζεται ως ίζημα:



Χλωρίδιο του υδρογόνου και αμμωνία αντιδρούν ακόμα και σε αέρια φάση, όπως δείχνει η επόμενη διαφάνεια.

Οι αντιδράσεις αυτές του  $HCl$  με  $NH_3$  σε βενζόλιο και σε αέρια φάση, ενώ είναι όμοιες με την αντίδραση σε υδατικό διάλυμα, δεν μπορούν να ερμηνευθούν από τη θεωρία του Arrhenius και γι' αυτό χρειαζόμαστε ευρύτερες θεωρίες περί οξέων και βάσεων.

# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius



Αέρια HCl και NH<sub>3</sub>  
από τα πυκνά  
διαλύματά τους,  
που βρίσκονται  
στα γυάλινα  
δισκία, διαχέονται  
και αντιδρούν  
σχηματίζοντας  
ένα νέφος από  
χλωρίδιο του  
αμμωνίου.

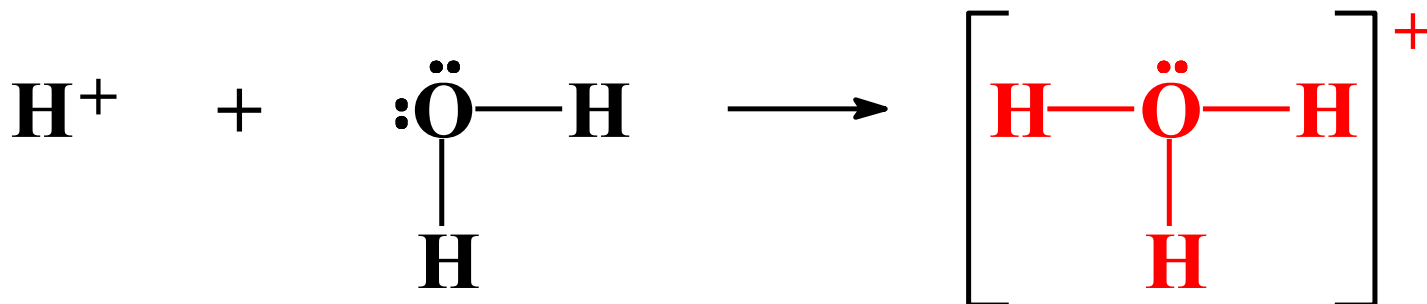


# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

Οξύ κατά Arrhenius είναι η ουσία η οποία, όταν διαλύεται σε νερό, αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρονίου,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ .

Για απλούστευση, οι χημικοί χρησιμοποιούν συχνά τον συμβολισμό  $\text{H}^+(\text{aq})$  για το ιόν  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  και ονομάζουν το  $\text{H}^+(\text{aq})$  ιόν υδρογόνου.

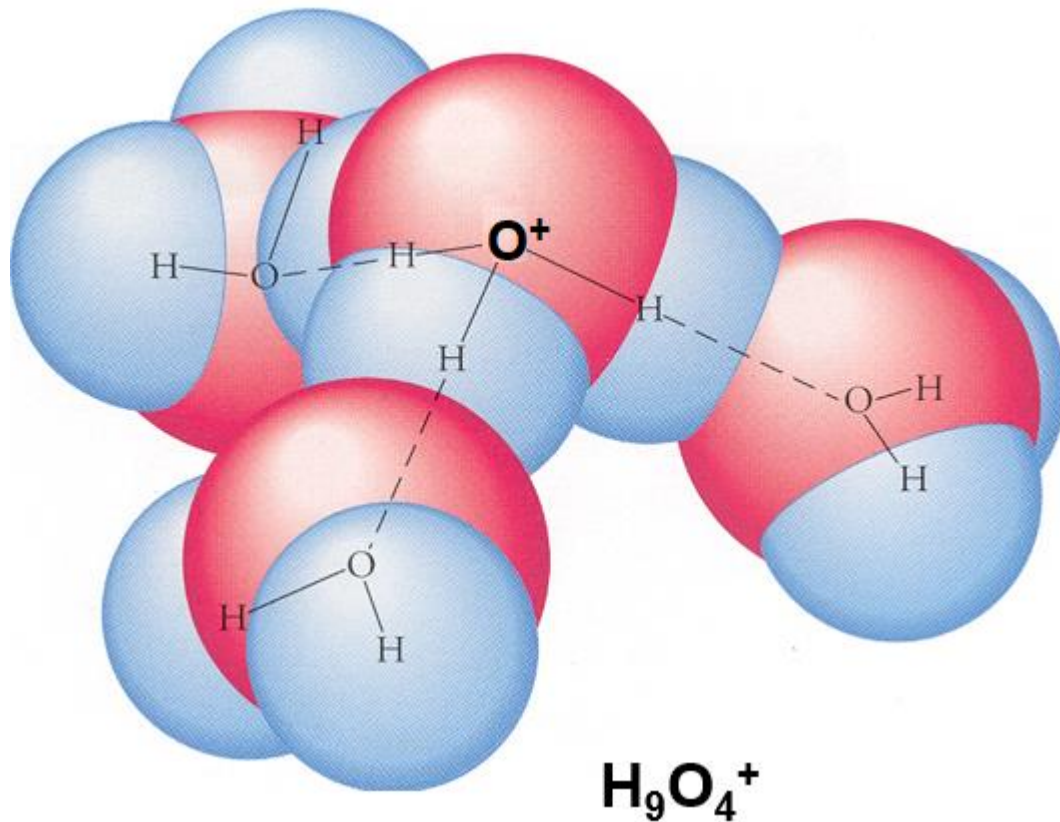
Το ιόν  $\text{H}^+$  (πρωτόνιο) δεν μπορεί να υπάρξει ελεύθερο μέσα στο νερό. Το θετικό φορτίο που φέρει έλκεται από ένα  $\text{HZ}$  ενός μορίου νερού και σχηματίζεται το ιόν υδρονίου ή υδροxonίου,  $\text{H}_3\text{O}^+$  :





# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

Το ιόν υδρονίου,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , συνδέεται μέσω δεσμών υδρογόνου με ένα μεταβλητό αριθμό μορίων νερού.



Το ιόν υδρονίου παρουσιάζεται εδώ συνδεδεμένο μέσω δεσμών υδρογόνου με *τρία* μόρια νερού.

Το θετικό φορτίο που σημειώνεται στο κεντρικό οξυγόνο είναι κατανεμημένο σε όλο το ιόν.

# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

Βάση κατά Arrhenius είναι μια ουσία η οποία, όταν διαλύεται σε νερό, αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων υδροξειδίου,  $\text{OH}^-(\text{aq})$ .

Ο ειδικός ρόλος του ιόντος υδρονίου και του ιόντος υδροξειδίου σε υδατικά διαλύματα οφείλεται στην ακόλουθη αντίδραση:



Η προσθήκη οξέων και βάσεων μεταβάλλει τις συγκεντρώσεις αυτών των ιόντων στο νερό.

# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

Στη θεωρία του Arrhenius, **ισχυρό οξύ** είναι μια ουσία η οποία ιοντίζεται πλήρως σε υδατικό διάλυμα δίνοντας  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  και ένα ανιόν. Π.χ. το υπερχλωρικό οξύ,  $\text{HClO}_4$



Άλλα ισχυρά οξέα:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$

Τα περισσότερα από τα υπόλοιπα οξέα που συναντούμε είναι **ασθενή οξέα**. Αυτά δεν ιοντίζονται πλήρως σε διάλυμα και συνυπάρχουν κατά μια αντίθετη αντίδραση μαζί με τα αντίστοιχα ιόντα.

Π.χ., η αντίδραση του οξικού οξέος είναι



Ποια άλλα ασθενή οξέα γνωρίζετε; Το  $\text{HF}(\text{aq})$  τι είναι;

# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

**Ισχυρή βάση** είναι μια ουσία η οποία ιοντίζεται πλήρως σε υδατικό διάλυμα δίνοντας  $\text{OH}^-$  και ένα κατιόν.

Π.χ. το υδροξείδιο του νατρίου,  $\text{NaOH}$ :



Άλλες ισχυρές βάσεις:  $\text{LiOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Sr(OH)}_2$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$

Οι περισσότερες από τις υπόλοιπες βάσεις που συναντούμε είναι **ασθενείς βάσεις**. Αυτές δεν ιοντίζονται πλήρως σε διάλυμα και συνυπάρχουν κατά μια αντίθετη αντίδραση μαζί με τα αντίστοιχα ιόντα.

Π.χ., η αντίδραση της αμμωνίας είναι



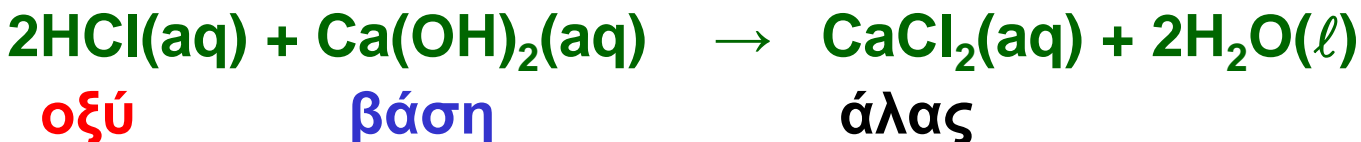
# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

**Αντίδραση εξουδετέρωσης** είναι η αντίδραση ενός οξέος και μιας βάσης που καταλήγει σε μια ιοντική ένωση και **πιθανώς νερό**.

Όταν μια βάση προστίθεται σε διάλυμα οξέος, λέμε ότι το οξύ εξουδετερώνεται.

Η ιοντική ένωση που προκύπτει ως προϊόν μιας αντίδρασης εξουδετέρωσης ονομάζεται **άλας**.

Οι περισσότερες ιοντικές ενώσεις, εκτός από τα υδροξείδια και τα οξειδία, είναι άλατα, τα οποία μπορούν να ληφθούν από αντιδράσεις εξουδετέρωσης, όπως π.χ.

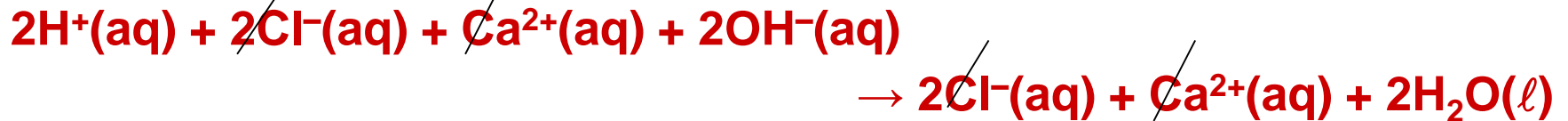


# Οξέα και βάσεις κατά Arrhenius

Το σχηματιζόμενο άλας σε μια αντίδραση εξουδετέρωσης απαρτίζεται από κατιόντα που λαμβάνονται από τη βάση και ανιόντα που λαμβάνονται από το οξύ.

Στο παράδειγμα, η βάση είναι το  $\text{Ca(OH)}_2$  που διαθέτει τα κατιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και το οξύ είναι το  $\text{HCl}$  που παρέχει τα ανιόντα  $\text{Cl}^-$ . Το άλας περιέχει ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Cl}^-$  ( $\text{CaCl}_2$ ).

Η ίδια αντίδραση υπό ιοντική μορφή είναι:



Μετά τη διαγραφή των ιόντων θεατών  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  και  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) \Rightarrow$



Αντίδραση εξουδετέρωσης είναι ο συνδυασμός ιόντων υδρογόνου (ή υδρονίου) και ιόντων υδροξειδίου προς σχηματισμό μορίων νερού.

# Παράδειγμα 15.1

Εξουδετέρωση βάσεως από οξύ

Ποιο από τα παρακάτω είναι το άλας που σχηματίζεται από την πλήρη εξουδετέρωση υδροξειδίου του βαρίου με νιτρώδες οξύ;

(α)  $\text{BaHNO}_2$ , (β)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , (γ)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , (δ)  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ , (ε)  $\text{BaNO}_2$

**Απάντηση**

Πλήρης εξουδετέρωση:



**Σωστό είναι το (δ)**

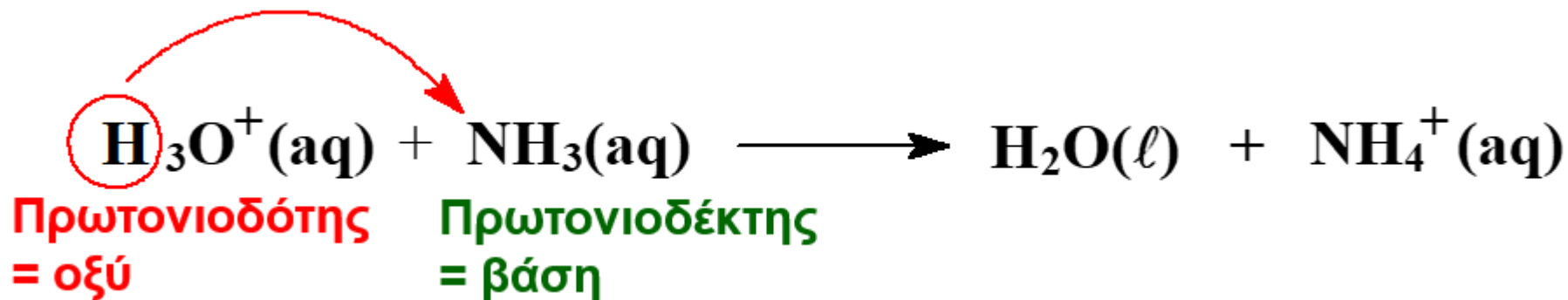
Τα (α) και (ε) δεν υπάρχουν, το (β) είναι το νιτρικό βάριο και το (γ) είναι το υδροξείδιο του βαρίου.

## 15.2 Οξέα και βάσεις κατά Brønsted-Lowry

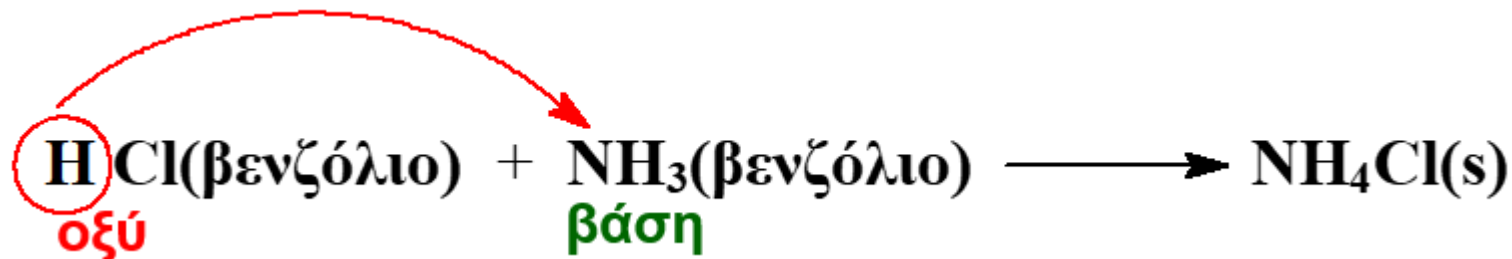
**Οξύ** κατά Brønsted-Lowry (B-L): το μόριο ή το ιόν που δίνει πρωτόνιο σε μια αντίδραση μεταφοράς πρωτονίου.

**Βάση:** το μόριο ή το ιόν που δέχεται το πρωτόνιο σε μια αντίδραση μεταφοράς πρωτονίου.

Αντίδραση υδροχλωρικού οξέος με αμμωνία:



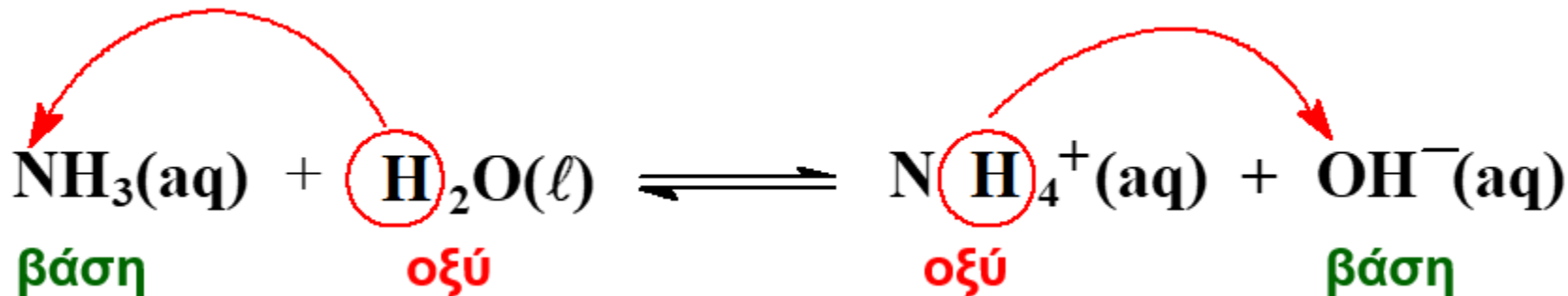
Εφαρμογή της θεωρίας B-L σε άλλους διαλύτες





# Οξέα και βάσεις κατά Brønsted-Lowry

Σε κάθε αντιστρεπτή αντίδραση οξέος–βάσης, τόσο η προς τα δεξιά όσο και η προς τα αριστερά αντίδραση εμπεριέχει μεταφορά πρωτονίου. Π.χ. η αντίδραση της  $\text{NH}_3$  με  $\text{H}_2\text{O}$ .



Τα χημικά είδη  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NH}_3$  αποτελούν ένα συζυγές ζεύγος οξέος–βάσης.

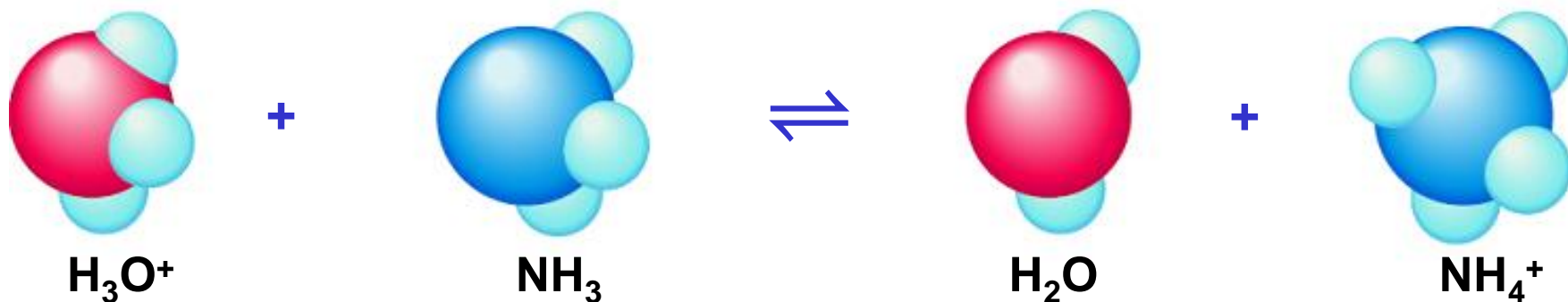
Ένα **συζυγές ζεύγος οξέος–βάσης** συνίσταται από δύο χημικά είδη σε μια αντίδραση οξέος–βάσης, ένα οξύ και μία βάση, τα οποία διαφέρουν κατά την απώλεια ή το κέρδος ενός πρωτονίου.

Το οξύ σε ένα τέτοιο ζεύγος ονομάζεται **συζυγές οξύ** της βάσης, ενώ η βάση ονομάζεται **συζυγής βάση** του οξέος.

Εδώ το  $\text{NH}_4^+$  είναι το συζυγές οξύ της  $\text{NH}_3$  και η  $\text{NH}_3$  η συζυγής βάση του  $\text{NH}_4^+$ .

# Οξέα και βάσεις κατά Brønsted-Lowry

Παρουσίαση της αντίδρασης  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4^+$   
με μοριακά μοντέλα:



Παρατηρούμε τη μεταφορά ενός πρωτονίου,  $\text{H}^+$ , από το ιόν  $\text{H}_3\text{O}^+$  στο μόριο  $\text{NH}_3$ .

Τα ενδεικτικά φορτία των ιόντων είναι συνολικά φορτία, δηλαδή δεν πρέπει να συνδέονται με κάποια συγκεκριμένα σημεία πάνω στα ιόντα.

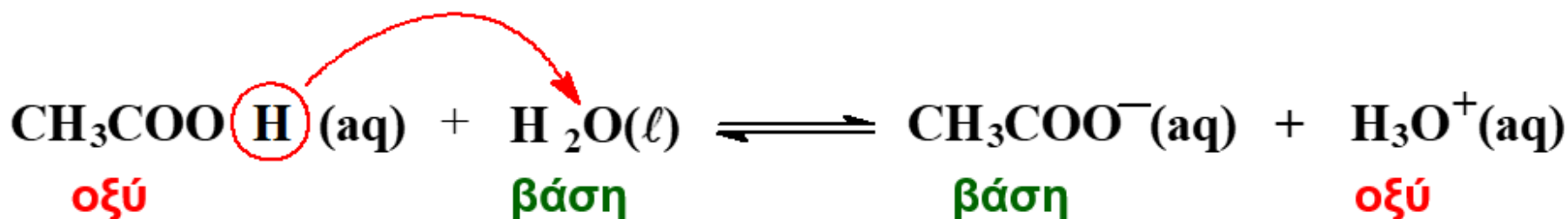
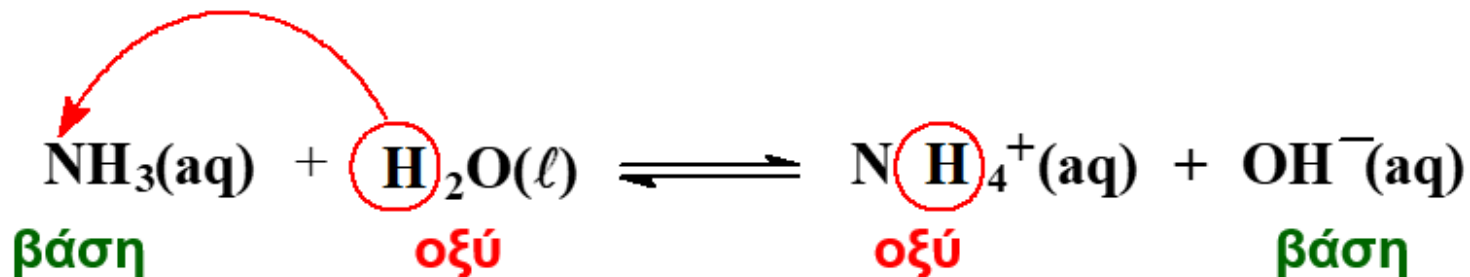
# Οξέα και βάσεις κατά Brønsted-Lowry

**Αμφιπρωτικό** χημικό είδος: το χημικό είδος που περιέχει H και μπορεί να δρα είτε ως οξύ είτε ως βάση, ανάλογα με το τι είναι το άλλο αντιδρών.

**Επαμφοτερίζον** (γενικότερος όρος): το χημικό είδος που μπορεί να δρα είτε ως οξύ είτε ως βάση, ανάλογα με το τι είναι το άλλο αντιδρών, αλλά δεν χρειάζεται να έχει πρωτόνια.

Π.χ., το  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , είναι ένα επαμφοτερίζον οξειδίο, επειδή αντιδρά τόσο με οξέα όσο και με βάσεις. Όμως, το  $\text{Al}_2\text{O}_3$  δεν είναι αμφιπρωτικό, αφού δεν έχει πρωτόνια.

Σημαντικός ο αμφιπρωτικός χαρακτήρας του νερού:



# Οξέα και βάσεις κατά Brønsted-Lowry

Ποια είναι τα κύρια σημεία που δείχνουν ότι η θεωρία των B-L είναι περισσότερο διευρυμένη από αυτή του Arrhenius;

1. Βάση είναι το χημικό είδος που δέχεται πρωτόνια.  
Το ιόν  $\text{OH}^-$  είναι μόνο ένα παράδειγμα βάσης.

2. Οξέα και βάσεις μπορεί να είναι ιόντα, αλλά και μοριακές ενώσεις.

Π.χ.  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{ROR}$ ,  $\text{RNH}_2$

3. Οι οξεοβασικές αντιδράσεις δεν περιορίζονται σε υδατικά διαλύματα, π.χ.  $\text{HCl}(\text{βενζόλιο}) + \text{NH}_3(\text{βενζόλιο}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$

4. Μερικά χημικά είδη μπορούν να δρουν είτε ως οξέα είτε ως βάσεις, ανάλογα με το τι είναι το άλλο αντιδρών.

Π.χ.  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$

## Παράδειγμα 15.2

Αναγνώριση μιας αμφιπρωτικής ουσίας και τρόπος αντίδρασης της αμφιπρωτικής ουσίας με οξέα και βάσεις

Προσδιορίστε την ουσία που είναι αμφιπρωτική και γράψτε μία εξίσωση για την αντίδρασή της με  $\text{OH}^-$  και μία για την αντίδρασή της με  $\text{HBr(aq)}$ :



### Απάντηση

$\text{H}_2\text{S}$  και το  $\text{H}_2\text{CO}_3$ : μπορούν μόνο να δώσουν  $\text{H}^+ \Rightarrow$  είναι οξέα.

$\text{SO}_2$  δεν μπορεί να δώσει  $\text{H}^+$

$\text{HSO}_3^-$  μπορεί και να δώσει και να δεχθεί ένα  $\text{H}^+$  (αμφιπρωτικό):



$\text{NO}_2^-$  μπορεί μόνο να δεχθεί ένα  $\text{H}^+ \Rightarrow$  είναι βάση.

## 15.3 Οξέα και βάσεις κατά Lewis

Μπορεί η παρακάτω αντίδραση να θεωρηθεί ως οξεοβασική κατά B-L;



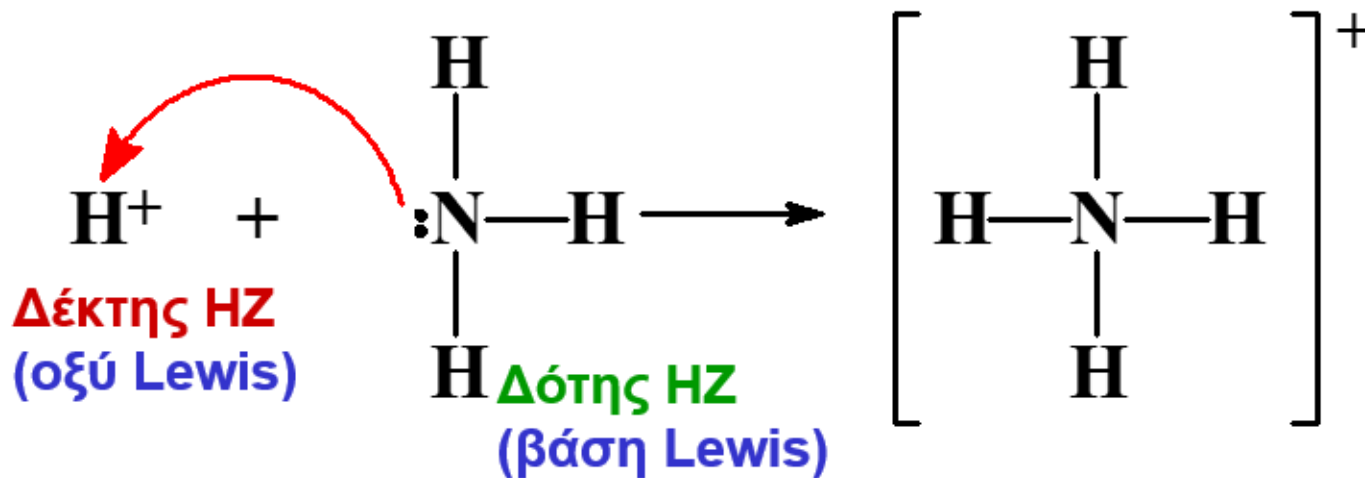
Ο Lewis σκέφθηκε ότι η θεωρία περί οξέων και βάσεων θα μπορούσε να γενικευθεί έτσι ώστε να συμπεριλάβει τις αντιδράσεις όξινων και βασικών οξειδίων, καθώς και πολλές άλλες αντιδράσεις, μαζί με αυτές της μεταφοράς πρωτονίων.

Σύμφωνα με αυτή την ιδέα:

**Οξύ κατά Lewis είναι κάθε ουσία που μπορεί να δεχθεί ένα ζεύγος ηλεκτρονίων προς σχηματισμό ομοιοπολικού δεσμού.  
(Το οξύ πρέπει να διαθέτει κενό τροχιακό σθένους!!!)**

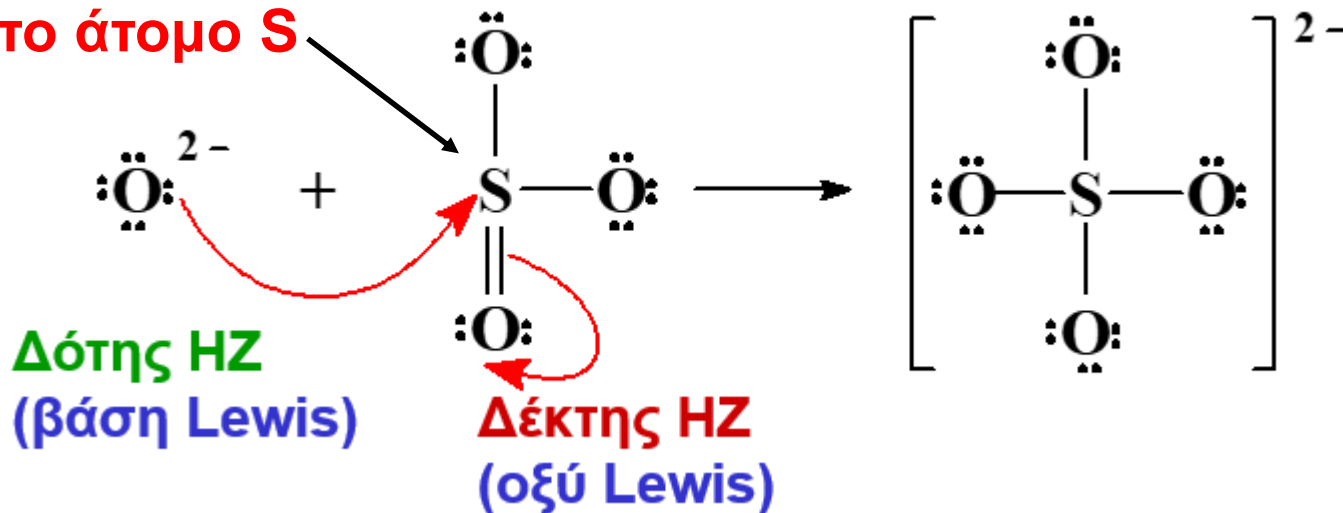
**Βάση κατά Lewis είναι κάθε ουσία που μπορεί να προσφέρει ένα ζεύγος ηλεκτρονίων προς σχηματισμό ομοιοπολικού δεσμού.  
(Η βάση πρέπει να διαθέτει μονήρες ζεύγος ηλεκτρονίων!!!)**

# Οξέα και βάσεις κατά Lewis



Η εξουδετέρωση της αμμωνίας από υδροχλωρικό οξύ

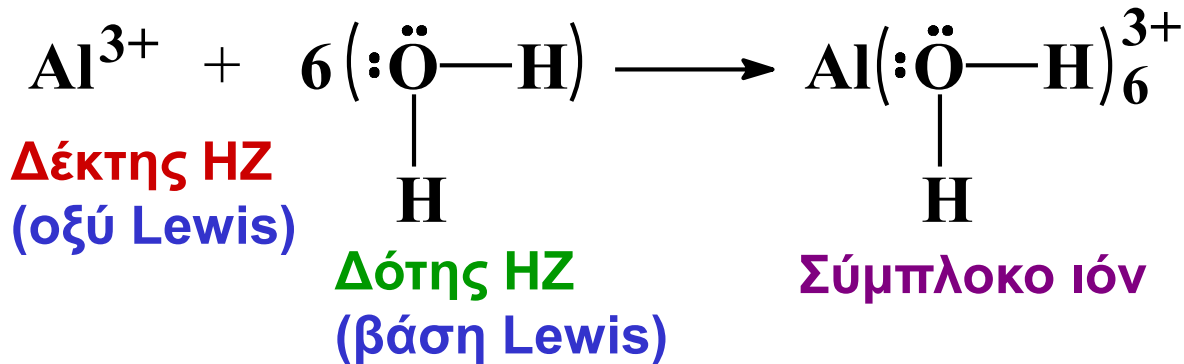
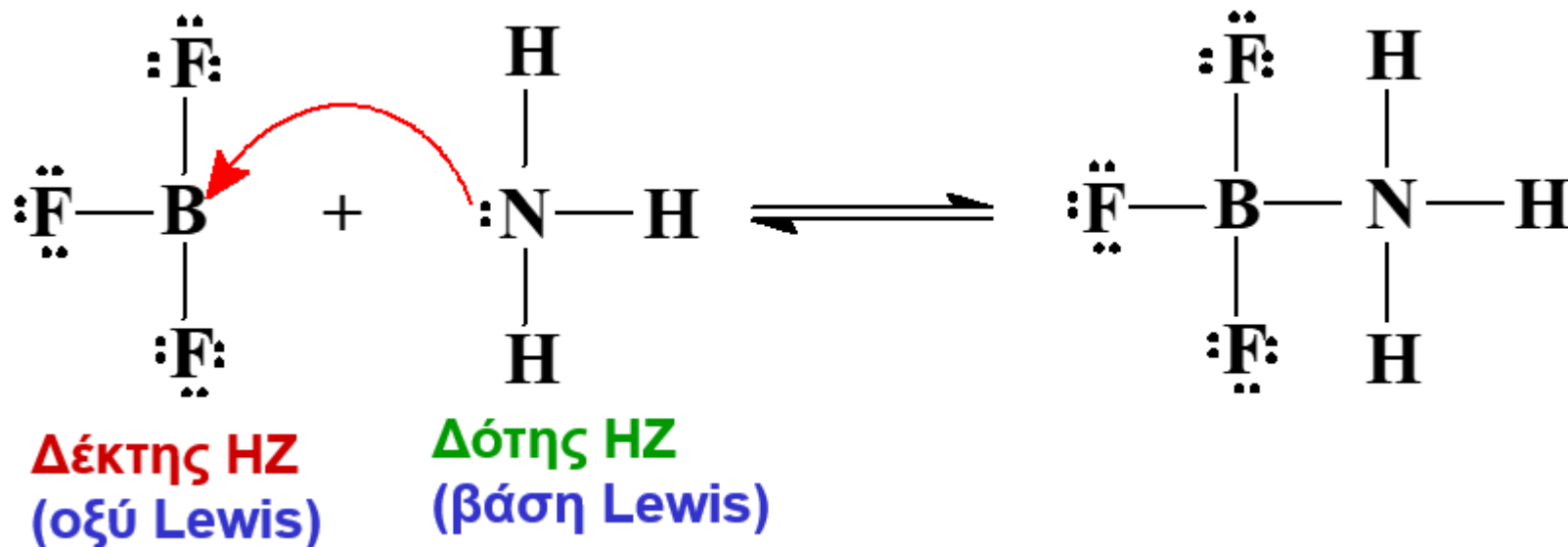
! Δημιουργία οξίνου κέντρου (+) στο άτομο S



Η αντίδραση  $Na_2O$  με  $SO_3$   
Το ιόν  $O^{2-}$  προέρχεται από το  $Na_2O$

# Οξέα και βάσεις κατά Lewis

Ο ορισμός οξέος – βάσεως του Lewis είναι τόσο ευρύς που χωράει και αντιδράσεις, όπως η επόμενη



**!! Και ο σχηματισμός ενός συμπλόκου ιόντος μπορεί να θεωρηθεί ως αντίδραση οξέος – βάσεως κατά Lewis**

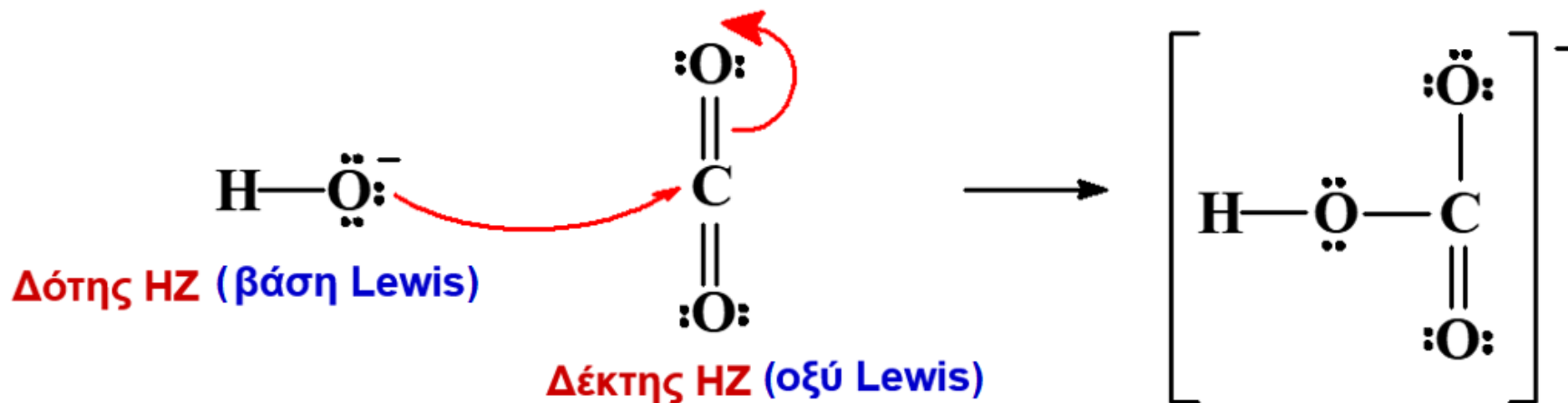
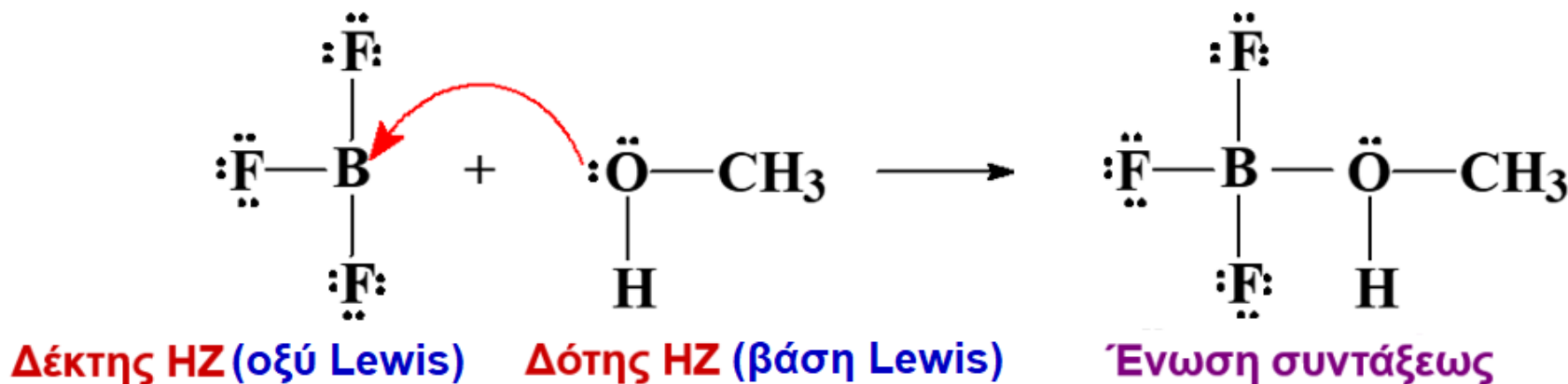


# Παράδειγμα 15.3

Αναγνώριση χημικών ειδών που είναι οξέα ή βάσεις κατά Lewis

Προσδιορίστε το οξύ και τη βάση κατά Lewis σε καθεμιά από τις ακόλουθες αντιδράσεις. Γράψτε τις χημικές εξισώσεις χρησιμοποιώντας δομές Lewis. (α)  $\text{BF}_3 + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{F}_3\text{B}-\text{O}(\text{H})\text{CH}_3$  (β)  $\text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$

Απάντηση



# Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

15.1 Ποιο από τα παρακάτω είναι άλας που σχηματίζεται από εξουδετέρωση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση;

(α)  $\text{Sr}(\text{NO}_2)_2$ , (β)  $\text{BaS}$ , (γ)  $\text{KF}$ , (δ)  $\text{CaI}_2$ , (ε)  $\text{NH}_4\text{Br}$

15.2 Το χημικό είδος που μπορεί να δράσει και ως οξύ και ως βάση Lewis είναι

(α)  $\text{BF}_3$  (β)  $\text{AsF}_3$  (γ)  $\text{CO}_2$  (δ)  $\text{H}^-$  (ε)  $\text{Na}^+$

15.3 Ποιο από τα ακόλουθα υδροξειδία διαλύεται τόσο σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου, όσο και σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος;

(α)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  (β)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (γ)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (δ)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (ε)  $\text{Sn}(\text{OH})_2$

15.4 Το συζυγές οξύ του  $\text{HF}$  είναι:

(α)  $\text{HF}$  (β)  $\text{H}_2\text{F}^+$  (γ)  $\text{F}^-$  (δ)  $\text{H}^+$  (ε)  $\text{HF}^-$

15.5 Ποιο από τα παρακάτω μπορεί να δράσει μόνο ως βάση κατά Brønsted–Lowry;

(α)  $\text{S}^{2-}$  (β)  $\text{H}_2\text{S}$  (γ)  $\text{HS}^-$  (δ)  $\text{H}_3\text{O}^+$  (ε)  $\text{HCO}_3^-$