

Ουσίες και χημικές οντότητες

Μια διδακτική προσέγγιση στην απλή αντικατάσταση (Γ' Γυμνασίου)

Γενικά

Η Χημεία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη της σύστασης των ουσιών καθώς και με τις μεταβολές τους κατά τις αλληλεπιδράσεις τους. Οι ουσίες δεν είναι κάτι το “γυμνό”, αλλά χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο ιδιοτήτων. Η φυσική κατάσταση, η μάζα, ο όγκος, το ηλεκτρικό φορτίο, το χρώμα, η οσμή είναι μερικές ιδιότητες με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι σε αρκετό βαθμό οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης των πρώτων χρόνων. Αλλά και άλλες ιδιότητες όπως το ιξώδες, η ενθαλπία, η ηλεκτρονιακή κατάσταση διδάσκονται στα τελευταία χρόνια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στα πρώτα χρόνια της πανεπιστημιακής. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι μια ουσία ορίζεται από το σύνολο των ιδιοτήτων της. Είναι επίσης κατανοητό ότι όσες πιο πολλές ιδιότητες γνωρίζουμε για μια ουσία τόσο πιο καλά τη γνωρίζουμε, άρα μπορούμε να προβλέψουμε και τη συμπεριφορά της κατά την αλληλεπίδρασή της με άλλες ουσίες. Το σύνολο των ιδιοτήτων που έχει μια ουσία και το οποίο είναι υπεύθυνο για τη χημική συμπεριφορά της θα το ονομάσω **χημική οντότητα**.

Οι χημικές οντότητες πρέπει κατά τη γνώμη μου να παίξουν θεμελιώδη ρόλο στη διδασκαλία της Χημείας. Τα τελευταία χρόνια έχουμε γίνει μάρτυρες μιας αλλαγής στον τρόπο προσέγγισης της διδασκαλίας της Χημείας κυρίως στο Γυμνάσιο. Προσπαθούμε πιο πολύ να δείξουμε τη σχέση της Χημείας με την καθημερινή ζωή, με το περιβάλλον, την υγεία, την οικονομία κ.α και ασχολούμαστε λιγότερο με τον “παραδοσιακό τρόπο” διδασκαλίας. Δεν είναι στις προθέσεις μου η κριτική του νέου τρόπου προσέγγισης της διδασκαλίας (άλλωστε συμφωνώ γενικά με αυτόν), αλλά νομίζω ότι κατά τη διδασκαλία του “παραδοσιακού” τμήματος της Χημείας που υπάρχει στη διδακτέα ύλη πρέπει να δοθεί έμφαση σε αυτό που αποκάλεσα παραπάνω **χημική οντότητα**.

Για να γίνω σαφέστερος θα παραθέσω την εμπειρία μου από τη διδασκαλία της Χημείας Γ' Γυμνασίου αναφέροντας μια κοινή παρανόηση των μαθητών και τις επιπτώσεις που έχει στην κατανόηση των χημικών αντιδράσεων. Ακολουθώθω θα προτείνω μέθοδο θεραπείας με τη χρήση των χημικών οντοτήτων.

Μια συνηθισμένη μαθητική παρανόηση

Συνηθίζω πάντα να ρωτάω τους μαθητές μου, όταν παρασκευάζουν κάποιο διάλυμα ή όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουν κάποια διαλύματα για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων: “Τι υπάρχει μέσα σε αυτό το μπουκάλι;” Η απάντηση έρχεται σχεδόν αμέσως. “Υπάρχει υδροχλωρικό οξύ” ή “Υπάρχει διάλυμα υδροχλωρικού οξέος”. Όμως τα πράγματα δυσκολεύουν αρκετά όταν προχωρώ στην αμέσως επόμενη ερώτηση: “Ναι, αλλά ποια ξεχωριστά σώματα υπάρχουν μέσα σε αυτό μπουκάλι;” Σε αυτό το ερώτημα η απάντηση έρχεται αργότερα και αφού έχει προηγηθεί μια συζήτηση για τα διαλύματα, τις ιδιότητες του νερού, τη σύσταση και τη διάσταση των οξέων. “Πράγματι, μέσα σε αυτό το μπουκάλι υπάρχουν νερό, κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα χλωρίου”¹.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι μαθητές (οι δικοί μου τουλάχιστον) αδυνατούν να

1 Η και υδροξειδία

αντιληφθούν τι συμβαίνει μέσα σ' αυτό το διαφανές υγρό που είναι κλεισμένο σ' ένα μπουκάλι που απ' έξω γράφει: “Υδροχλωρικό οξύ”.

Οι παρακάτω δύο εικόνες απεικονίζουν την εντύπωση που έχουν συνήθως οι μαθητές και μια πιο λειτουργική εντύπωση που θα πρέπει να έχουν.

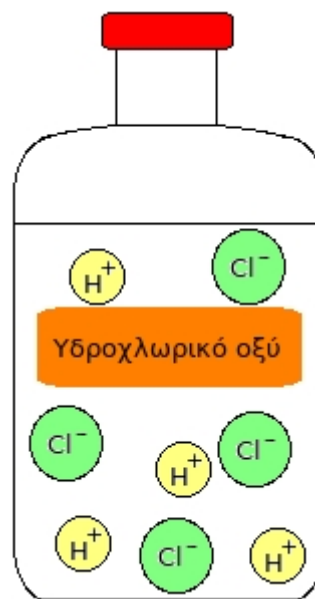
Εικόνα 1

Οι μαθητές αντιλαμβάνονται αυτό που υπάρχει στο μπουκάλι απλά σαν ένα υγρό. Οι καλοί μαθητές μπορεί να αποδίδουν σ' αυτό τις γνωστές όξινες ιδιότητες².



Εικόνα 2

Μια πιο λειτουργική αντίληψη για το υγρό “υδροχλωρικό οξύ” που υπάρχει μέσα στο μπουκάλι. Η αντίληψη αυτή επιτρέπει να γίνουν λογικές συσχετίσεις βάσει κάποιων αρχών ή δεδομένων και να οδηγήσουν σε συμπεράσματα που μπορεί να επιβεβαιωθούν ή να διαψευστούν.



Η παραπάνω αντίληψη της εικόνας 2 πιστεύω ότι μπορεί να επιτευχθεί σχετικά εύκολα από τους μαθητές, εάν αυτοί έχουν συνδέσει στις διάφορες ουσίες που συμμετέχουν στο υγρό “υδροχλωρικό οξύ” μερικές ιδιότητες:

- νερό: υγρό που προκαλεί τη διάλυση και διάσπαση πολλών ουσιών.
- υδροχλώριο: αέριο που δίσταται στο νερό σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα

² Που τις μαθαίνει σχεδόν αξιωματικά

χλωρίου.

- *κατιόν υδρογόνου*: άτομο υδρογόνου που έχει χάσει ένα ηλεκτρόνιο και ως εκ τούτου έχει αποκτήσει ένα στοιχειώδες θετικό φορτίο.
- *ανιόν χλωρίου*: άτομο χλωρίου που έχει κερδίσει ένα ηλεκτρόνιο και ως εκ τούτου έχει αποκτήσει ένα στοιχειώδες αρνητικό φορτίο.

Ένα ζήτημα στη διδασκαλία της Χημείας

Στην αρχή των εγχειριδίων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών αφιερώνεται χώρος για την παρουσίαση της Επιστημονικής Μεθόδου. Όμως οι αρχές της επιστημονικής μεθόδου (παρατήρηση – υπόθεση – πείραμα – επαλήθευση) απουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό από τη διδασκαλία της Χημείας. Η Χημεία διδάσκεται ως επί το πλείστον περιγραφικά και αξιωματικά. Κατανώ βέβαια ότι οι χημικές δομές και διαδικασίες είναι αρκετά πολύπλοκες για να μπορέσουν μικροί μαθητές να ανταποκριθούν σε μια τέτοια προσέγγιση, αλλά αξίζει όπου είναι δυνατόν να δίνουμε στη Χημεία μια ευκαιρία να χαράζει σαφή διαχωριστική γραμμή με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα, αλλά και να φαίνεται ότι η επιστημονική μέθοδος είναι ο συνδετικός ιστός μεταξύ των επιστημών.

Παρακάτω θα προσπαθήσω με ένα σχέδιο διδασκαλίας να προσεγγίσω την παραπάνω αντίληψη με τη χρήση των χημικών οντοτήτων. Οι χημικές οντότητες θα πρέπει να οικοδομούνται εύκολα από προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών.

Σχέδιο διδασκαλίας: Η απλή αντικατάσταση (Χημεία Γ' Γυμνασίου)

Σύμφωνα με το βιβλίο Χημείας της Γ' Γυμνασίου, στις αντιδράσεις απλής αντικατάστασης ένα μέταλλο αντικαθιστά κατιόντα υδρογόνου ή κατιόντα άλλου μετάλλου σε διαλύματά τους³. Κλασικά παραδείγματα η αντίδραση μαγνησίου και κατιόντων υδρογόνου και η αντίδραση σιδήρου και κατιόντων χαλκού. Για τις ανάγκες αυτού του σχεδίου διδασκαλίας θα χρησιμοποιήσω τη δεύτερη αντίδραση. Η διδασκαλία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε από το διδάσκοντα, είτε υπό μορφή εργαστηριακής δραστηριότητας από τους μαθητές. Όποια όμως και να είναι η περίπτωση πρέπει να εκτελεστούν τα παρακάτω βήματα:

1. Συλλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν
2. Συζήτηση για τις ιδιότητες των ουσιών. Η συζήτηση αυτή είναι αναγκαία για να οικοδομηθούν στο μυαλό των μαθητών οι αναγκαίες χημικές οντότητες.
3. Εκτέλεση του πειράματος
4. Αναγνώριση των χημικών φαινομένων (χημικών αντιδράσεων)
5. Αναγνώριση καινούργιων χημικών οντοτήτων
6. Υπόθεση για την ερμηνεία των φαινομένων
7. Έλεγχος της υπόθεσης

3 Σαν αντιδράσεις απλής αντικατάστασης θεωρούνται και άλλες περιπτώσεις αντιδράσεων

Υλικά που θα χρειαστούν

θειικός χαλκός (ένυδρος)



θειικός σίδηρος (ένυδρος)



νερό

(κατά προτίμηση αποσταγμένο ή απιονισμένο)



έλασμα χαλκού

(μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σύρμα χαλκού από καλώδια)



σιδερένιο καρφί

(φροντίζουμε να μην είναι σκουριασμένο)



δύο ποτήρια ζέσεως

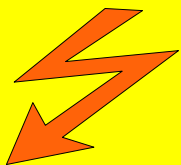
(μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διάφανα πλαστικά ποτήρια)



Οικοδόμηση χημικών οντοτήτων

Θειικός χαλκός (ένυδρος): έχει μπλε χρώμα, είναι άλας, έχει κρυσταλλική μορφή, αποτελείται από ιόντα χαλκού (Cu^{+2}) και ιόντα θειικά (SO_4^{-2}) και έχει εγκλωβισμένα στο κρυσταλλικό του πλέγμα μόρια νερού, διαλύεται εύκολα στο νερό με σύγχρονη καταστροφή του κρυστάλλου και απελευθέρωση των ιόντων. Πρέπει να γίνει αφυδάτωση και ενυδάτωση του ένυδρου θειικού χαλκού για να αντιληφθούν οι μαθητές ότι το μπλε χρώμα οφείλεται στην παρουσία του νερού.

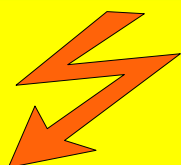
Θειικός σίδηρος (ένυδρος): έχει πρασινωπό χρώμα, είναι άλας, έχει κρυσταλλική μορφή, αποτελείται από ιόντα σιδήρου (Fe^{+2}) και ιόντα θειικά (SO_4^{-2}) και έχει εγκλωβισμένα στο κρυσταλλικό του πλέγμα μόρια νερού, διαλύεται εύκολα στο νερό με σύγχρονη καταστροφή του κρυστάλλου και απελευθέρωση των ιόντων. Πρέπει να γίνει αφυδάτωση και ενυδάτωση του ένυδρου θειικού σιδήρου για να αντιληφθούν οι μαθητές ότι το πρασινωπό χρώμα οφείλεται στην παρουσία του νερού.



Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μια συζήτηση με τους μαθητές για να γίνει κατανοητό ότι το χρώμα των αλάτων οφείλεται στην συνύπαρξη των μεταλλικών κατιόντων με το νερό και όχι των θειικών ανιόντων με το νερό (αυτά είναι παρόντα και στα δύο άλατα).

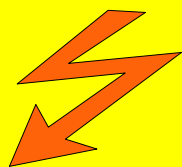
Χαλκός: έχει κεραμιδί χρώμα, είναι στερεός, είναι μέταλλο, αποτελείται από άτομα, έχει τάση να οξειδώνεται. Υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι όταν ένα μέταλλο οξειδώνεται, τα άτομά του χάνουν ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε κατιόντα ($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}$).

Σίδηρος: έχει σταχτί χρώμα, είναι στερεός, είναι μέταλλο, αποτελείται από άτομα, έχει τάση να οξειδώνεται. Υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι όταν ένα μέταλλο οξειδώνεται, τα άτομά του χάνουν ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε κατιόντα ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}$).



Στο σημείο αυτό πρέπει να ρωτήσουμε τους μαθητές αν περιμένουν ο χαλκός και ο σίδηρος να έχουν την ίδια ικανότητα να οξειδώνονται. Δεν λέμε τίποτα παραπάνω, απλά ακούμε τις απόψεις τους.

Νερό: Διαφανές υγρό, έχει την ικανότητα να διαλύει πολλές ουσίες και μεταξύ αυτών τον ένυδρο θειικό χαλκό και τον ένυδρο θειικό σίδηρο.



Στο σημείο αυτό παρασκευάζουμε τα υδατικά διαλύματα θειικού χαλκού και θειικού σιδήρου τα οποία θα μας χρειαστούν αργότερα. Επειδή δημιουργήθηκαν δύο νέες χημικές οντότητες (τα διαλύματα θειικού χαλκού και θειικού σιδήρου) συζητάμε με τους μαθητές μας τα χαρακτηριστικά τους (ορατά και αόρατα).

Διάλυμα θειικού χαλκού: Έχει μπλε χρώμα, αποτελείται από νερό που μέσα του υπάρχουν κατιόντα χαλκού (Cu^{+2}) και ανιόντα θειικά (SO_4^{-2}). Το μπλε χρώμα οφείλεται στην παρουσία των ιόντων χαλκού στο διάλυμα.

Διάλυμα θειικού σιδήρου: Έχει πρασινωπό χρώμα, αποτελείται από νερό που μέσα του υπάρχουν κατιόντα σιδήρου (Fe^{+2}) και ανιόντα θειικά (SO_4^{-2}). Το πρασινωπό χρώμα οφείλεται στην παρουσία των ιόντων σιδήρου στο διάλυμα.

Κατιόντα χαλκού (Cu^{+2}): πρόκειται για άτομα χαλκού που τους λείπουν δύο ηλεκτρόνια και ως εκ τούτου έχουν θετικό φορτίο που αντιστοιχεί στο φορτίο δύο πρωτονίων ($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}$). Η παρουσία κατιόντων χαλκού στο νερό δίνει στο διάλυμα μπλε χρώμα.

Κατιόντα σιδήρου (Fe^{+2}): πρόκειται για άτομα σιδήρου που τους λείπουν δύο ηλεκτρόνια και ως εκ τούτου έχουν θετικό φορτίο που αντιστοιχεί στο φορτίο δύο πρωτονίων ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}$). Η παρουσία κατιόντων σιδήρου στο νερό δίνει στο διάλυμα πρασινωπό χρώμα.

Εκτέλεση του πειράματος – Συμπλήρωση φύλλου εργασίας

1. Παρατήρησε το διάλυμα θειικού χαλκού. Από τι αποτελείται αυτό το διάλυμα; Τι χρώμα έχει; Που οφείλεται το χρώμα του;

Αποτελείται από:

Έχει χρώμα:

Το χρώμα οφείλεται:
2. Παρατήρησε το διάλυμα του θειικού σιδήρου. Από τι αποτελείται αυτό το διάλυμα; Τι χρώμα έχει; Που οφείλεται το χρώμα του;

Αποτελείται από:

Έχει χρώμα:

Το χρώμα οφείλεται:
3. Παρατήρησε το έλασμα του χαλκού. Από τι αποτελείται; Τι χρώμα έχει;

Αποτελείται από:

Έχει χρώμα:
4. Παρατήρησε το σιδερένιο καρφί. Από τι αποτελείται; Τι χρώμα έχει;

Αποτελείται από:

Έχει χρώμα:
5. Τοποθέτησε το σιδερένιο καρφί μέσα στο διάλυμα του θειικού χαλκού με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι μισό μέσα και μισό έξω.
6. Τοποθέτησε το έλασμα χαλκού μέσα στο διάλυμα του θειικού σιδήρου με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι μισό μέσα και μισό έξω.
7. Περίμενε 5 περίπου λεπτά και κατέγραψε τις παρατηρήσεις σου στο διάλυμα του θειικού χαλκού.

Τι έχει συμβεί στο καρφί;

Τι χρώμα απέκτησε το διάλυμα;

Τι υλικό έχει επικαθίσει στο καρφί;

Που οφείλεται το χρώμα του διαλύματος;

Έχει γίνει χημική αντίδραση;
8. Κατέγραψε τις παρατηρήσεις σου στο διάλυμα του θειικού σιδήρου.

Τι έχει συμβεί στο έλασμα χαλκού;

Τι χρώμα έχει το διάλυμα;

Έχει γίνει χημική αντίδραση;.....

8. Πρότεινε μια υπόθεση για την εξήγηση του φαινομένου.⁴

.....
.....

9. Γράψε τη χημική εξίσωση της χημικής αντίδρασης που έγινε στο διάλυμα του θειικού χαλκού.

.....

10. Γιατί κατά τη γνώμη σου δεν μπορεί να γίνει αντίδραση στο διάλυμα του θειικού σιδήρου;⁵

.....

.....

Έλεγχος υποθέσεων – Επαλήθευση

Προφανώς ο έλεγχος της υπόθεσης “έγινε μεταφορά ηλεκτρονίων από τα άτομα σιδήρου στα ιόντα χαλκού” είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί. Η κατασκευή γαλβανικού στοιχείου με το οποίο θα μπορούσε να γίνει ο έλεγχος, είναι πέρα από όρια της ύλης του Γυμνασίου και επί πλέον είναι ένα πείραμα διαφορετικό από αυτό που έγινε.

Ένας άλλος τρόπος για έλεγχο υποθέσεων είναι η συμφωνία με επιστημονικά συμπεράσματα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρουσιάζουμε την ηλεκτροχημική σειρά των μετάλλων σαν μια σειρά όπου τα στοιχεία που βρίσκονται αριστερότερα έχουν μεγαλύτερη τάση να οξειδώνονται (δηλαδή να χάνουν ηλεκτρόνια) από αυτά που βρίσκονται δεξιότερα.

αύξηση της τάσης για οξείδωση (προσφοράς ηλεκτρονίων)



Li K Ca Na Mg Al Zn Fe H Cu Ag Pt Au

Η υπόθεση στην οποία πρέπει να οδηγηθούν οι μαθητές είναι: “έγινε αντίδραση στο διάλυμα του θειικού χαλκού γιατί ο σίδηρος έδωσε ηλεκτρόνια στα κατιόντα του χαλκού, ενώ στο διάλυμα του θειικού σιδήρου δεν έγινε αντίδραση γιατί ο χαλκός δεν μπόρεσε να δώσει ηλεκτρόνια στα κατιόντα σιδήρου”.⁶

Η παραπάνω υπόθεση ελέγχεται εύκολα με βάση την ηλεκτροχημική σειρά των μετάλλων

4 Εδώ δεν ακούμαστε απλά στην υπόθεση “έγινε αντίδραση μεταξύ ιόντων χαλκού και σιδήρου”, γιατί αυτό δεν είναι μια ερμηνευτική υπόθεση. Θέλουμε μια υπόθεση που να ερμηνεύει το “γιατί έγινε η αντίδραση”. Θέλουμε να οδηγήσουμε τους μαθητές μας να αντιληφθούν την παραπάνω αντίδραση σαν αποτέλεσμα μεταφοράς ηλεκτρονίων από τον σίδηρο στα ιόντα χαλκού.

5 Πρόταση μιας συμπληρωματικής υπόθεσης.

6 Ή κάποια παρόμοια υπόθεση.

γιατί ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη τάση να δίνει ηλεκτρόνια απ' ό τι ο χαλκός.

Με βάση την υπόθεση και έχοντας υπόψη την ηλεκτροχημική σειρά των στοιχείων μπορούν να εκτελεστούν πειράματα που να επιβεβαιώνουν την υπόθεση.⁷

Επίλογος

Κλείνοντας θα αναφέρω μια εμπειρία από τη διδασκαλία της απλής αντικατάστασης στην τάξη μου.

Είχαμε σχεδόν τελειώσει με την αντίδραση $\text{Fe} - \text{Cu}^{+2}$ και στον πίνακα ήταν γραμμένη η σχετική εξίσωση και ο πίνακας δραστηριότητας, όταν διέκρινα έναν καλό και έξυπνο μαθητή να κοιτάζει επίμονα και με δυσπιστία την εξίσωση. Παραθέτω το διάλογο που έγινε.

- *Κύριε, είπατε ότι ο σίδηρος είναι πιο δραστικός από το χαλκό, έτσι;*
- *Ναι.*
- *Τότε, γιατί δεν αντιδρούν τα ιόντα σιδήρου με το χαλκό και να πάρουμε τα αρχικά σώματα;*
- *Γιατί ότι ο χαλκός είναι λιγότερος δραστικός από το σίδηρο, γι' αυτό.*
- *Εννοείτε κύριε, ότι ο χαλκός είναι λιγότερος δραστικός από τα ιόντα σιδήρου, έτσι;*
- *Περίπου έτσι.*
- *Τότε κύριε, τα ιόντα σιδήρου είναι περισσότερο δραστικά από τον χαλκό. Γιατί δεν γίνεται η αντίδραση;*
- *Κοίταξε, ο κανόνας μιλάει για μέταλλα που αντικαθιστούν ιόντα μετάλλων και όχι για ιόντα μετάλλων που αντικαθιστούν μέταλλα.*

Οι παρανοήσεις αυτές, που πολλές φορές προκαλούν σύγχυση και στους διδάσκοντες, θα μπορούσαν να αποφευχθούν, αν αντί για κανόνες, που πολλές φορές απαιτούν δικηγορικές ικανότητες για να ξεδιαλυθούν, χρησιμοποιούσαμε για την εξήγηση των φαινομένων πραγματικές διαδικασίες, όπως η μεταφορά των ηλεκτρονίων. Πιστεύω ότι, αν μέσα στους διδακτικούς στόχους μπει σαν επιπλέον στόχος οι ουσίες να περιγράφονται σαν ένα σύνολο ιδιοτήτων⁸ (κυρίως μικροσκοπικών), αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση των χημικών φαινομένων και σε μια πιο επιστημονική προσέγγιση της Χημείας.

⁷ Ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει υπόψη του ότι οι αντιδράσεις αυτού του είδους ανήκουν στην κατηγορία των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων και ότι το βασικό κριτήριο για την πραγματοποίησή τους είναι τα δυναμικά τους. Όμως τα δυναμικά οξειδοαναγωγής των στοιχείων εξαρτώνται από αρκετούς παράγοντες (συγκέντρωση διαλύματος, θερμοκρασία κλπ) και ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας για την πραγματοποίηση μιας αντίδρασης είναι η ταχύτητά της (δηλαδή μπορεί θεωρητικά να γίνεται, αλλά να μη συμβαίνει στην πράξη λόγω πολύ μικρής ταχύτητας).

⁸ Πιθανόν με τη χρήση χαρτών εννοιών.