



«Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας»

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η Θεωρία Μεταβατικής Κατάστασης και η Μεταφορά της Επιστημονικής
Γνώσης στη Σχολική Εκπαίδευση: Διδακτικός Σχεδιασμός και Παιδαγωγικές
Προεκτάσεις»**

Άννα Γκίνη

Επιβλέπουσα καθηγήτρια Α'

ΚΟΛΙΑΔΗΜΑ Α.

Επιβλέπων καθηγητής Β'

ΚΑΠΟΛΟΣ Ι.

Πάτρα, Μάιος 2026

ΕΑΠ 2026

Η συγγραφή της εργασίας ανήκει στο Πρόγραμμα των μεταπτυχιακών σπουδών «Εξειδίκευση Μεταπτυχιακή στους Καθηγητές στις Φυσικές Επιστήμες» και συγκεκριμένα στην ενότητα τη θεματική «Οργάνωση και Αλληλεπιδράσεις σε Επίπεδο μοριακό». Το ΕΑΠ και ο φοιτητής μπορούν να χρησιμοποιούν και να αναπαράγουν συνιδιοκτησιακά τα πορίσματα αυτής της εργασίας (μέρη της ή και συνολικά) για λόγους ερευνητικούς ή για διδακτικούς. Κάθε φορά όμως που θα γίνεται η παραπάνω χρήση θα πρέπει να αναφέρεται ο συγγραφέας της εργασίας, ο τίτλος της, το ΕΑΠ, οι επιβλέποντες καθηγητές καθώς και η επιτροπή κρίσης.

Περιεχόμενα

1ο ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	5
1.Εισαγωγή.....	5
1.2. Χημική Κινητική.....	6
1.2.1 Ταχύτητα αντίδρασης.....	6
1.3 Θεωρία των συγκρούσεων	8
1.4 Θεωρία μεταβατικής κατάστασης – Ενεργοποιημένο σύμπλοκο.....	10
1.5 Εξίσωση του Arrhenius.....	12
1.6 Παράγοντες που καθορίζουν την ενέργεια ενεργοποίησης.....	14
1.7 Ο ρόλος των καταλυτών σύμφωνα με την θεωρία μεταβατικής κατάστασης.....	14
1.8 Μηχανισμοί αντιδράσεων (Espenson, 1995, Steinfeld et al., 1999)	18
1.9 Κατηγορίες στοιχειωδών αντιδράσεων	20
1.10 Είδη χημικών αντιδράσεων	21
1.10.1 Παράλληλες αντιδράσεις.....	21
1.10.2 Διαδοχικές αντιδράσεις	22
1.10.3 Αλυσιδωτές αντιδράσεις.....	22
1.11 Σχέση σταθερά ισορροπίας συνολικής αντίδρασης και σταθερών ταχύτητας στοιχειωδών αντιδράσεων.	23
1.12 Σύνοψη	23
2ο ΜΕΡΟΣ: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	25
2.1 Εκπαίδευση και επαγγελματικές ικανότητες.....	25
2.2 Η εκπαίδευση και ο ρόλος της.....	26
2.3 Τρόποι μάθησης του ανθρώπου	26
2.4 Εκσυγχρονισμός γνώσης.....	28
2.5 Ο διδακτικός μετασχηματισμός.....	29
2.9 Τεχνικές διδασκαλίας.....	30
2.10 Οπτικοακουστικά μέσα	30
2.12 Καθορισμός των στόχων διδασκαλίας	31
2.13 Σχέδιο διδασκαλίας	32
2.14 Η κριτική σκέψη.....	32
2.15 Μηχανική απομνημόνευση.....	33
2.16 Κριτική εκπαίδευση.....	33
2.17 Σχεδιασμός και υλοποίηση διδακτικής παρέμβασης για τη θεωρία μεταβατικής κατάστασης στη Γ΄ Λυκείου	34
2.17.1 Θεωρητικό και διδακτικό πλαίσιο	34

2.17.2 Σκοπός και διδακτικοί στόχοι.....	34
2.17.3 Ερευνητικά ερωτήματα	34
2.17.5 Σχεδιασμός μικροδιδασκαλίας	35
2.17.6 Ανάλυση της κεντρικής μικροδιδασκαλίας.....	35
2.17.6.1 Πλαίσιο εφαρμογής και συμμετέχοντες	35
2.17.7 Συνοπτικός πίνακας μικροδιδασκαλίας.....	39
2.17.8 Διδακτικό υλικό και ερευνητικά εργαλεία	41
2.17.9 Ο ρόλος του εκπαιδευτικού	41
2.17.10 Ο ρόλος των μαθητών	42
2.18 Παρουσίαση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων	42
2.18.1 Περιγραφή των εργαλείων αξιολόγησης.....	42
2.18.2 Παρουσίαση των ατομικών αποτελεσμάτων.....	42
2.18.3 Επεξεργασία αποτελεσμάτων.....	43
2.18.4 Ανάλυση της επίδοσης ως προς τις γνωστικές περιοχές	44
2.18.5 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων	44
2.18.6 Απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα.....	45
2.18.7 Περιορισμοί στην χρήση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων.....	46
2.18.8 Συμπεράσματα.....	47
Βιβλιογραφία.....	48
Ελληνική βιβλιογραφία	48
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	49
Παραρτήματα	51
Παράρτημα 1	51
Παράρτημα 2.....	54
Παράρτημα 3.....	57
Παράρτημα 4.....	59
Παράρτημα 5.....	61
Παράρτημα 6.....	62

1^ο ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1. Εισαγωγή

Η θερμοδυναμική και η χημική κινητική αποτελούν δύο τομείς της Χημείας που είναι πολύ σημαντικοί για την κατανόηση των φαινομένων και ταυτόχρονα παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση τους στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς οι μαθητές καλούνται να συνδυάσουν φαινόμενα που πραγματοποιούνται στον μικρόκοσμο και στον μακρόκοσμο (Herron & Nurrenbern, 1999, Holbrook, 2005).

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολία σε βασικές έννοιες αυτών των τομέων, όπως η εντροπία, η ενθαλπία και η ενέργεια ενεργοποίησης καθώς είναι έννοιες αρκετά αφαιρετικές και για τον λόγο αυτό είναι αναγκαία η ενίσχυση της διδασκαλίας με μεθόδους πιο αποτελεσματικές που να μπορούν να συνδέσουν την θεωρία με την διαδικασία και την παρατήρηση του πειράματος (Herron & Nurrenbern, 1999, Obaya Valdivia et al., 2019).

Η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης είναι μια από τις πιο σημαντικές θεωρίες που προσπαθούν να ερμηνεύσουν τον μηχανισμό με τον οποίο πραγματοποιείται μια χημική αντίδραση αλλά και πως οι διάφοροι θερμοδυναμικοί και κινητικοί παράμετροι συνδέονται μεταξύ τους (Espenson, 1995, Steinfeld et al., 1999).

Σύμφωνα με την θεωρία της μεταβατικής κατάστασης κατά την πραγματοποίηση μιας χημικής αντίδρασης δημιουργείται ένα ενεργοποιημένο σύμπλοκο, το οποίο θα οδηγήσει στα τελικά προϊόντα της αντίδρασης.

Κατά την μελέτη αυτής της θεωρίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση γίνεται η προσπάθεια κατανόησης των μηχανισμών τους οποίους ακολουθεί ένα αντιδρών σύστημα για τον σχηματισμό προϊόντων και ταυτόχρονα οι μαθητές αναπτύσσουν την ικανότητα να σκέφτονται με επιστημονικό τρόπο με την βοήθεια μοντέλων (Espenson, 1995, Petrucci, 2017).

Την προσπάθεια αυτή την ενισχύουν οι διδακτικές μέθοδοι και προσεγγίσεις ώστε η θεωρία να παρουσιαστεί με τρόπο πιο κατανοητό για το μαθησιακό επίπεδο των μαθητών (Holbrook, 2005, Lazar, 2015).

1.2. Χημική Κινητική

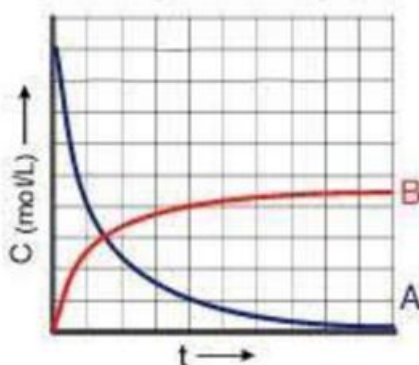
Η Χημική Κινητική είναι ο κλάδος της χημείας που μελετά την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων, τους παράγοντες που την επηρεάζουν και τους μηχανισμούς μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις, ενώ η θερμοδυναμική, ασχολείται με την μελέτη μιας αντίδρασης και αν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τους νόμους της θερμοδυναμικής.

1.2.1 Ταχύτητα αντίδρασης

Η ταχύτητα σε μια χημική αντίδραση είναι ίση με τη μεταβολή της συγκέντρωσης ενός αντιδρώντος ή ενός προϊόντος στη μονάδα του χρόνου. Για μια αντίδραση $A \rightarrow B$, η ταχύτητα μπορεί να οριστεί ως $v = -\Delta[A]/\Delta t$ ή $v = \Delta[B]/\Delta t$.

Το $-$ ή το $+$ στις παραπάνω εκφράσεις αφορούν στην μείωση της συγκέντρωσης του αντιδρώντος A και στην αύξηση της συγκέντρωσης του προϊόντος B αντίστοιχα.

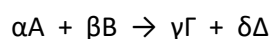
Η μονάδα μέτρησης που συνήθως χρησιμοποιείται για την έκφραση της ταχύτητας είναι mol/L s .



Εικόνα 1: Η ταχύτητα της αντίδρασης $A \rightarrow B$ παρουσιάζεται σαν τη μείωση της συγκέντρωσης του A και αύξηση της συγκέντρωσης του B σε σχέση με τον χρόνο.

Κατά την έκφραση της ταχύτητας, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η στοιχειομετρία της αντίδρασης, η οποία μπορεί να είναι διαφορετική από αντίδραση σε αντίδραση.

Έτσι, θεωρώντας μια γενική αντίδραση της μορφής:



$$\text{Η ταχύτητα δίνεται } v = -\frac{1}{\alpha} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{\beta} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{\gamma} \frac{\Delta[\Gamma]}{\Delta t} = \frac{1}{\delta} \frac{\Delta[\Delta]}{\Delta t}$$

Υπάρχουν περιπτώσεις αντιδράσεων στις οποίες η ταχύτητα της αντίδρασης δεν μπορεί να υπολογιστεί από την παρακολούθηση της μεταβολής της συγκέντρωσης των αντιδρώντων ή των προϊόντων σε σχέση με τον χρόνο. Αν πρόκειται για διαλύματα γίνεται με βάση την παρακολούθηση της συγκέντρωσης μέσω φασματοσκοπικής μεθόδου. Αν στην αντίδραση συμμετέχουν ιόντα, τότε ο προσδιορισμός της ταχύτητας γίνεται με ηλεκτρική αγωγιμομετρία, ενώ σε αντιδράσεις που συμμετέχουν αέριες ουσίες καταγράφεται η μεταβολή της πίεσης, ώστε να υπολογιστεί η ταχύτητα.

1.2.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα.

➤ Συγκέντρωση αντιδρώντων

Η ταχύτητα μιας χημικής αντίδρασης εξαρτάται από την συγκέντρωση των αντιδρώντων. Με την αύξηση στη συγκέντρωση κάποιου αντιδρώντος, θα υπάρχουν περισσότερα μόρια αντιδρώντων μορίων τα οποία θα συγκρουστούν δίνοντας περισσότερες συγκρούσεις. Αυτή η αύξηση στις συγκρούσεις, θα οδηγήσει στην αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης.

➤ Θερμοκρασία αντίδρασης

Η θερμοκρασία, είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την ταχύτητα της αντίδρασης με τρόπο ανάλογο με εκείνον της συγκέντρωσης, δηλαδή η αύξηση της προκαλεί αύξηση της ταχύτητας. Πιο συγκεκριμένα, προκαλώντας αύξηση κατά 10 °C η αντίδραση φαίνεται να διπλασιάζει την ταχύτητα της.

Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ένας παράγοντας που προκαλεί αύξηση της ταχύτητας γιατί αυξάνεται η κινητική ενέργεια των αντιδρώντων μορίων, με αποτέλεσμα να γίνονται περισσότερες αντιδράσεις, από τις οποίες θα προκύπτουν και περισσότερες αποτελεσματικές. Η σχέση της ταχύτητας από την θερμοκρασία εξηγείται από την εξίσωση του Arrhenius, η οποία αναλύεται παρακάτω (Laidler, 1984, Espenson, 1995).

➤ Καταλύτης

Ο καταλύτης είναι μια ουσία που μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα της αντίδρασης διότι μπορεί να επηρεάζει τον μηχανισμό που ακολουθεί. Κατά την δράση του, ο καταλύτης φαίνεται πως ο ίδιος δεν συμμετέχει και δεν καταναλώνεται και για τον λόγο αυτό δεν αναγράφεται στην ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση.

➤ Εμβαδόν επιφάνειας στερεού αντιδρώντος ή καταλύτη

Η ταχύτητα μιας αντίδρασης ενός στερεού με ένα υγρό ή αέριο επηρεάζεται από τη επιφάνεια του στερεού. Συγκεκριμένα, η αύξηση στην επιφάνεια του στερεού, προκαλεί αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης, γιατί έρχονται σε επαφή περισσότερα αντιδρώντα μόρια αυξάνοντας τις αποτελεσματικές συγκρούσεις που τελικά θα οδηγήσουν σε προϊόντα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα που φαίνεται να επηρεάζει η αύξηση στο εμβαδόν του στερεού είναι η γρήγορη καύση που συμβαίνει στα πριονίδια συγκριτικά με την καύση ενός κορμού δέντρου.

➤ Ακτινοβολίες

Οι ακτινοβολίες μπορούν να επηρεάσουν την ταχύτητα ορισμένων αντιδράσεων, προκαλώντας μοριακές μεταβολές στα αντιδρώντα μόρια, με αποτέλεσμα να αλλάξει ο μηχανισμός της αντίδρασης και να αυξηθεί η ταχύτητα τους.

➤ Πίεση

Η πίεση είναι ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα των αντιδράσεων στις οποίες όμως πρέπει να συμμετέχουν αέρια. Η μεταβολή της πίεσης για να επηρεάσει την ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται μια αντίδραση θα πρέπει να προκαλείται από την μεταβολή του όγκου. Η αύξηση της πίεσης, λόγω ελάττωσης του όγκου, οδηγεί στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων αντιδρώντων, με αποτέλεσμα να γίνονται περισσότερες αποτελεσματικές συγκρούσεις και η ταχύτητα να αυξάνεται.

1.3 Θεωρία των συγκρούσεων

Η θεωρία των συγκρούσεων υποστηρίζει πως μια αντίδραση για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί, θα πρέπει τα αντιδρώντα μόρια της να συγκρουστούν κατάλληλα και να προκύψουν αποτελεσματικές συγκρούσεις (Child, 1996, Bernstein, 2013, Petrucci, 2017).

Για να προκύψουν αποτελεσματικές συγκρούσεις είναι απαραίτητο τα αντιδρώντα μόρια που θα συγκρουστούν, να έχουν τουλάχιστον την ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται αλλά και τον κατάλληλο προσανατολισμό ώστε να μπορέσει να γίνει η διάσπαση των δεσμών στα αντιδρώντα και να σχηματιστούν νέοι στα προϊόντα.

Για την καλύτερη κατανόηση όσων υποστηρίζει η θεωρία των συγκρούσεων, μπορεί να αναλυθεί η αντίδραση: $\text{NO (g)} + \text{O}_3 \text{ (g)} \rightarrow \text{NO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)}$, η οποία γίνεται σε αέρια κατάσταση.

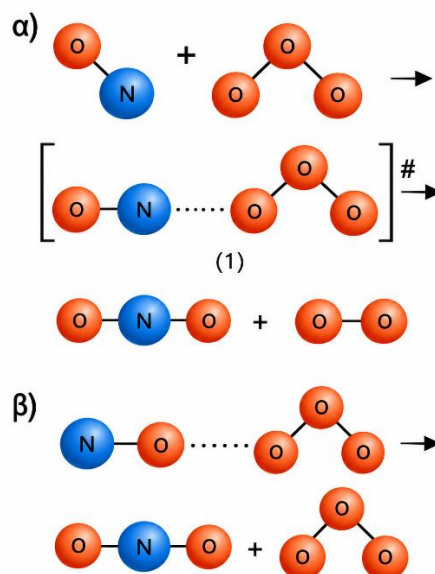
Σύμφωνα με την αντίδραση αυτή, τα μόρια του μονοξειδίου του αζώτου θα πρέπει να αντιδράσουν με τα μόρια του όζοντος. Όμως, τα αέρια μόρια έχουν μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους και οι συγκρούσεις που γίνονται δεν είναι πολλές στη μονάδα του χρόνου, με αποτέλεσμα η ταχύτητα της αντίδρασης να είναι μικρή.

Η συχνότητα των συγκρούσεων μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της κινητικής θεωρίας των αερίων και εξαρτάται από τη συγκέντρωση των αντιδρώντων μορίων, το μέγεθος τους και την κινητική τους ενέργεια. Η κινητική ενέργεια, όπως γνωρίζουμε, καθορίζεται από τη θερμοκρασία για αυτό και η ταχύτητα επηρεάζεται από τη θερμοκρασία.

Για την παραπάνω αντίδραση έχει υπολογιστεί ότι γίνονται περίπου $5 \cdot 10^{31}$ συγκρούσεις το δευτερόλεπτο και ανά λίτρο σε κανονικές συνθήκες. Η σύγκριση της τιμής των συγκρούσεων με την ταχύτητα της συγκεκριμένης αντίδρασης, μας βοηθάει να καταλάβουμε πως μόνο ένα μικρό ποσοστό των αντιδράσεων οδηγεί σε αντίδραση. Το μικρό αυτό ποσοστό των συγκρούσεων γίνονται από αντιδρώντα μόρια που έχουν ενέργεια μεγαλύτερη από μια ελάχιστη τιμή και ταυτόχρονα κατάλληλο προσανατολισμό.

Η ελάχιστη τιμή ενέργειας που απαιτείται να έχουν τα αντιδρώντα μόρια, είναι απαραίτητη για την υπερνίκηση των απώσεων που αναπτύσσονται ανάμεσα στα μόρια κατά την σύγκρουση τους, για τη διάσπαση των δεσμών και την ανακατάταξη των ηλεκτρονίων ώστε το σύστημα να καταλήξει στον σχηματισμό των προϊόντων.

Ο κατάλληλος προσανατολισμός που χρειάζεται να έχουν τα αντιδρώντα μόρια εξαρτάται από τη γεωμετρική διάταξη των συγκρουόμενων μορίων. Σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση, για να παραχθεί το διοξείδιο του αζώτου, πρέπει να δημιουργηθεί ένας δεσμός ανάμεσα στα άτομα αζώτου και ενός οξυγόνου από το όζον, όπως φαίνεται στην εικόνα. Άρα η σύγκρουση γίνεται ανάμεσα στο άζωτο και στο όζον. Το κλάσμα των συγκρούσεων των αντιδρώντων μορίων με τον κατάλληλο προσανατολισμό ονομάζεται στερεοχημικός παράγοντας και εξαρτάται από τη φύση των αντιδρώντων.



Εικόνα 2 : α) Η αντίδραση ανάμεσα στο NO και O₂ μπορεί να γίνει όταν το N του NO συγκρούεται με ένα από τα ακραία άτομα O του O₃. Το (1) είναι το ενεργοποιημένο σύμπλοκο της αντίδρασης.

β) Η αντίδραση δεν πραγματοποιείται όταν συγκρούεται το O του NO με το O₃.

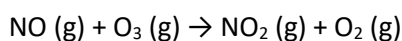
1.4 Θεωρία μεταβατικής κατάστασης – Ενεργοποιημένο σύμπλοκο

Η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης, υποστηρίζει πως για να πραγματοποιηθεί μια χημική αντίδραση θα πρέπει από την σύγκρουση των αντιδρώντων μορίων να δημιουργηθεί μια ασταθής ενεργειακά δομή, το ενεργοποιημένο σύμπλοκο.

Η θεωρία αυτή εξετάζει την πραγματοποίηση μιας αντίδρασης έχοντας μια διαφορετική προσέγγιση, ώστε να μπορέσει να υπάρξει πλήρης κατανόηση και ερμηνεία για τον ρόλο της ενέργειας ενεργοποίησης.

Μεταβατική κατάσταση ή ενεργοποιημένο σύμπλοκο είναι μια ενεργειακά ασταθής δομή που σχηματίζεται στιγμιαία από τα αντιδρώντα μόρια και διασπάται με σκοπό να οδηγήσει στον σχηματισμό προϊόντων.

Με βάση την αντίδραση που μελετήθηκε και τη θεωρία των συγκρούσεων:



ο σχηματισμός του ενεργοποιημένου συμπλόκου είναι δυνατόν να γραφεί ως εξής:



Εικόνα 3: Παρουσίαση τρόπου γραφής ενεργοποιημένου συμπλόκου για την αντίδραση $\text{NO (g)} + \text{O}_3 \text{ (g)} \rightarrow \text{NO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)}$.

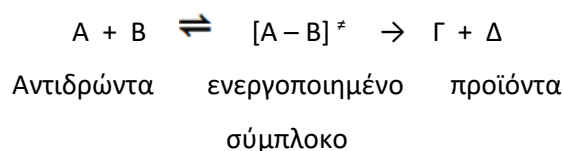
Με τη σύγκρουση δύο μορίων, που έχουν τον κατάλληλο προσανατολισμό, ξεκινάει να δημιουργείται ένας δεσμός ανάμεσα στο άτομο του οξυγόνου και στο άτομο του αζώτου. Παράλληλα, ένα μέρος της κινητικής ενέργειας των αντιδρώντων μετατρέπεται σε δονητική οδηγώντας σε αλλαγές στα μήκη των δεσμών και οι γωνίες. Όταν η ενέργεια που θα συσσωρευτεί στους δεσμούς του ενεργοποιημένου συμπλόκου είναι μεγάλη, ο δεσμός ίσως σπάσει.

Ανάλογα με το αν θα σπάσει ο δεσμός N-O ή O-O, το ενεργοποιημένο σύμπλοκο θα οδηγήσει το σύστημα είτε προς τα αντιδρώντα είτε προς τα προϊόντα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



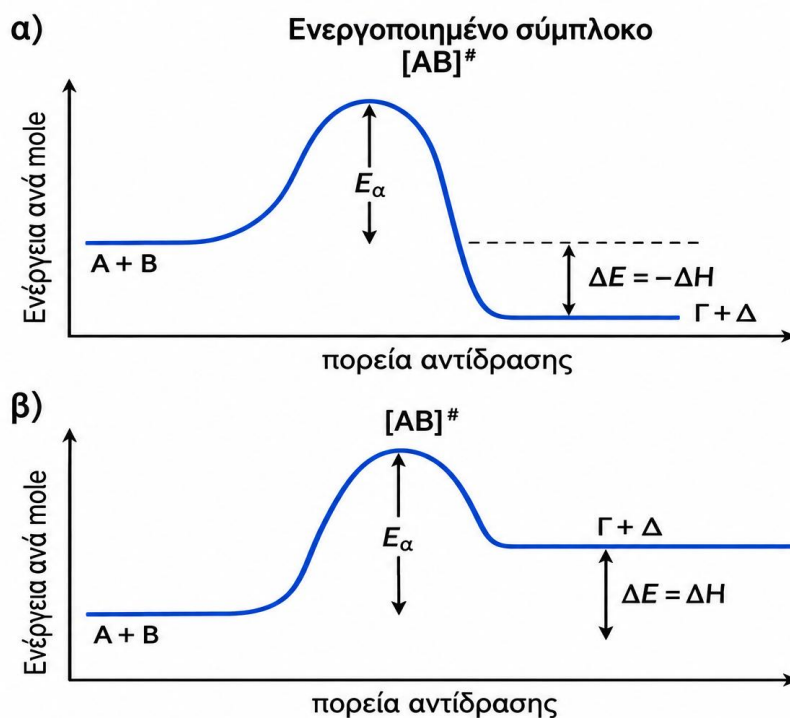
Εικόνα 4: Σπάσιμο του δεσμού N-O

Όλα τα παραπάνω μπορούν να συγκεντρωθούν και να δοθούν για την γενική αντίδραση:



σε ένα διάγραμμα δυναμικής ενέργειας.

Στο διάγραμμα αυτό παρουσιάζεται η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας καθώς πραγματοποιείται μια αντίδραση, είτε είναι ενδόθερμη είτε είναι εξώθερμη.



Εικόνα 5: Ενεργειακές σχέσεις ανάμεσα σε αντιδρώντα μόρια, προϊόντα και ενεργοποιημένο σύμπλοκο. E_a είναι η ενέργεια ενεργοποίησης και ΔE η εκλυόμενη (α) ή η απορροφούμενη (β) ενέργεια. Στην περίπτωση (α) παρατηρούμε ότι τα προϊόντα είναι σταθερότερα από τα αντιδρώντα, ενώ στην περίπτωση (β) συμβαίνει το αντίθετο.

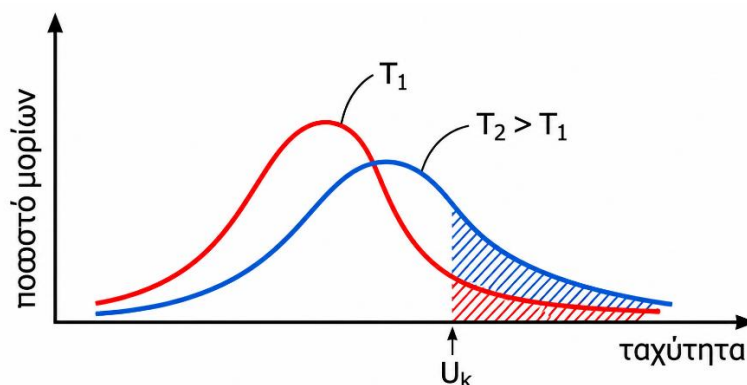
1.5 Εξίσωση του Arrhenius

Η σταθερά ταχύτητας για τις περισσότερες αντιδράσεις ακολουθεί την εμπειρική εξίσωση του Arrhenius: $k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$ (Laidler, 1984).

Στην εξίσωση αυτή k είναι η σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης, A μια σταθερά που ονομάζεται παράγοντας συχνότητας και έχει σχέση με το στερεοχημικό παράγοντα, e η βάση των φυσικών λογαρίθμων, E_a η ενέργεια ενεργοποίησης, R σταθερά των αερίων ίση με $8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ και T η απόλυτη θερμοκρασία σε K (Laidler, 1984, Espenson, 1995).

Η εξίσωση Arrhenius, προϋπήρχε της θεωρίας των συγκρούσεων και της μεταβατικής κατάστασης και έδειξε πως η σταθερά ταχύτητας εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί στην αύξηση της σταθεράς ταχύτητας, ενώ ήδη γνωρίζουμε ότι η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων, άρα και του ποσοστού των αποτελεσματικών συγκρούσεων (Laidler, 1984, Espenson, 1995).

Όλα τα παραπάνω παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί, στο οποίο η γραμμοσκιασμένη περιοχή δείχνει το ποσοστό των μορίων που διαθέτουν την ελάχιστη ενέργεια που πρέπει να έχουν τα αντιδρώντα μόρια ώστε να γίνουν αποτελεσματικές συγκρούσεις. Σύμφωνα με το διάγραμμα σε χαμηλή θερμοκρασία το ποσοστό των μορίων που μπορούν να οδηγήσουν σε αποτελεσματικές συγκρούσεις είναι μικρό, άρα και η ταχύτητα της αντίδρασης θα είναι μικρή.

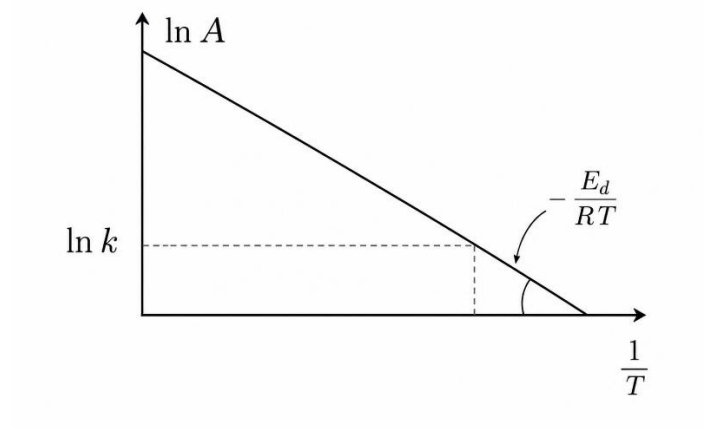


Εικόνα 6: Ποσοστό μορίων που έχουν την ελάχιστη ταχύτητα για να αντιδράσουν.

Η ταχύτητα της αντίδρασης παρουσιάζει ευαισθησία στις διάφορες μεταβολές της θερμοκρασίας. Το πόσο θα αλλάξει η τιμή της σταθεράς ταχύτητας, άρα και η τιμή της ταχύτητας σε οποιαδήποτε μεταβολή της θερμοκρασίας, ορίζεται ως το μέγεθος της ενέργειας ενεργοποίησης E_a . Κάθε αλλαγή της θερμοκρασίας, που οδηγεί σε αύξηση της ενέργειας ενεργοποίησης E_a , οδηγεί και σε αύξηση της ταχύτητας μιας αντίδρασης.

Η εξίσωση του Arrhenius, κατά την λογαρίθμηση της, παίρνει την μορφή $\ln k = \ln A - E_a/RT$ ή $\log k = \log A - E_a/2,303 \cdot RT$ και μπορεί να παρασταθεί γραφικά η τιμή $\ln k$ σε συνάρτηση με το αντίστροφο της θερμοκρασίας $1/T$, δίνοντας μια ευθεία γραμμή της οποίας η κλίση είναι ίση με $-E_a/R$ (Laidler, 1984).

Η εξίσωση $\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$ είναι της μορφής $x = \alpha - \beta y$, οπότε το σημείο τομής της ευθείας με τον άξονα $\ln k$ δίνει την τιμή $\ln A$.



Εικόνα 7: Γραφική παράσταση της τιμής $\ln k$ σε συνάρτηση με το αντίστροφο της θερμοκρασίας $1/T$.

1.6 Παράγοντες που καθορίζουν την ενέργεια ενεργοποίησης

Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ενέργεια ενεργοποίησης και να καθορίσουν την τιμή της. Κάποιοι από αυτούς είναι οι εξής (Espenson, 1995, Steinfeld et al., 1999):

- Η αύξηση ή μείωση στην ισχύ κάποιων χημικών δεσμών.
- Η άπωση μεταξύ ομώνυμων φορτίων ή η έλξη μεταξύ ετερόνυμων αλλά και η άπωση ή η έλξη ανάμεσα σε δίπολα.
- Οι ελκτικές ή οι απωστικές δυνάμεις ανάμεσα σε ηλεκτρονιακά νέφη κατά την προσέγγιση των σωματιδίων.
- Η υπερνίκηση των φυγόκεντρων δυνάμεων που αναπτύσσονται και που εμποδίζουν την περισσότερη προσέγγιση των μορίων στην αέρια φάση.
- Η ενέργεια διάχυσης των σωματιδίων, μέχρι αυτά να πλησιάσουν μεταξύ τους σε αντιδράσεις διαλυμάτων.

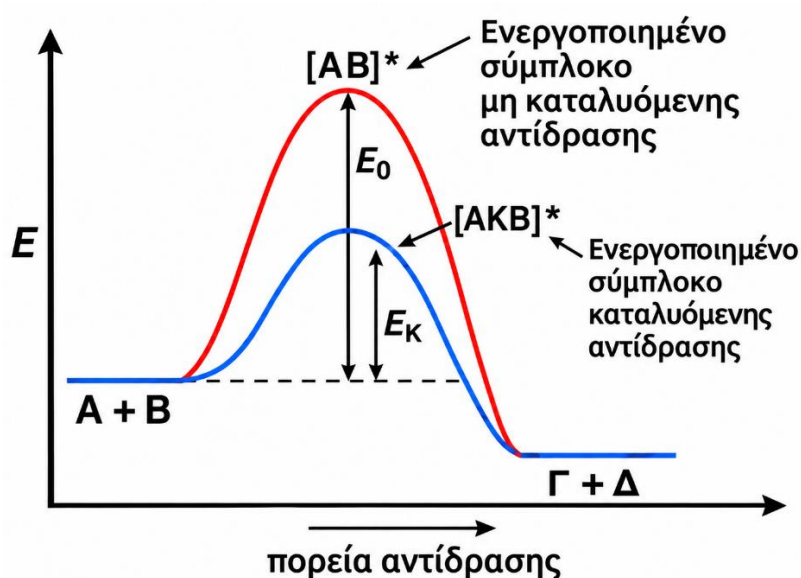
1.7 Ο ρόλος των καταλυτών σύμφωνα με την θεωρία μεταβατικής κατάστασης.

Σύμφωνα με όσα έχουν ήδη αναφερθεί, αντιλαμβανόμαστε πως η ενέργεια ενεργοποίησης λειτουργεί ως ένας ενεργειακός φραγμός στην εξέλιξη μιας αντίδρασης. Αυτό σημαίνει πως σε αντιδράσεις που παρουσιάζουν μεγάλη ενέργεια ενεργοποίησης, η ταχύτητα είναι μικρή. Για να μπορέσει επομένως να ξεπεραστεί αυτός ο ενεργειακός φραγμός και να αυξηθεί η ταχύτητα της αντίδρασης, χρησιμοποιούνται οι καταλύτες (Espenson, 1995, Chang and Goldsby, 2010).

Οι καταλύτες είναι οι ουσίες που μπορούν και αλλάζουν την ταχύτητα της αντίδρασης αλλάζοντας τον μηχανισμό που ακολουθεί, χωρίς να φαίνεται πως συμμετέχουν.

Στο διάγραμμα που παρουσιάζεται παρακάτω, φαίνεται πως επηρεάζεται η δυναμική ενέργεια μιας αντίδρασης ανάλογα αν γίνεται παρουσία ή απουσία καταλύτη.

Κατά την παρουσία του καταλύτη, το σύστημα απαιτεί μικρότερη ενέργεια για να ξεπεραστεί ο ενεργειακός φραγμός και να σχηματιστεί το ενεργοποιημένο σύμπλοκο, το οποίο στη συνέχεια με τη διάσπαση του θα δώσει τα προϊόντα, σε σύγκριση με το αν η αντίδραση γινόταν απουσία καταλύτη. Έτσι, η αντίδραση παρουσία καταλύτη, θα μπορέσει να ολοκληρωθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα (Chang and Goldsby, 2010, Petrucci, 2017).



Εικόνα 8: Επίδραση καταλύτη στην ενέργεια ενεργοποίησης μιας αντίδρασης. Το ενεργοποιημένο σύμπλοκο μιας κρίσιμης για την αντίδρασης βαθμίδας στην καταλυτική αντίδραση αναλογεί σε μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης σε σύγκριση με τη μη καταλυτική αντίδραση.

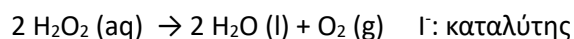
Ένας καταλύτης κατά την διάρκεια μιας αντίδρασης υφίσταται φυσικές ή χημικές μεταβολές και στο τέλος αναγεννάται και αυτό είναι που τον κάνει να φαίνεται αναλλοίωτος, δίνοντας την εντύπωση πως δεν συμμετέχει στην αντίδραση.

Σε παλαιότερες αναφορές βιβλίων υπάρχουν πληροφορίες για ουσίες που λειτουργούσαν ως αρνητικοί καταλύτες. Αυτό δεν ισχύει όμως, μια αντίδραση παρουσία μιας τέτοιας ουσίας, θα ακολουθήσει την πιο σύντομη πορεία λειτουργώντας απουσία καταλύτη. Υπάρχουν ουσίες όμως, που αναφέρονται ως παρεμποδιστές, οι οποίες επιβραδύνουν μια αντίδραση λόγω παρεμπόδισης της δράσης του καταλύτη.

Η δράση ενός καταλύτη διακρίνεται στην ομογενή κατάλυση και στην ετερογενή κατάλυση, ανάλογα με την φάση στην οποία βρίσκεται ο καταλύτης και τα αντιδρώντα. Η ομογενής κατάλυση πραγματοποιείται όταν τα αντιδρώντα και ο καταλύτης βρίσκονται στην ίδια φάση, ενώ η ετερογενής κατάλυση όταν ο καταλύτης είναι σε διαφορετική φάση από τα αντιδρώντα. Τις περισσότερες φορές ο καταλύτης είναι σε στερεή κατάσταση και έρχεται σε επαφή με τα αέρια ή με τη μορφή διαλύματος αντιδρώντα μόρια (Petrucci, 2017, Espenson, 1995).

Παραδείγματα ομογενούς κατάλυσης.

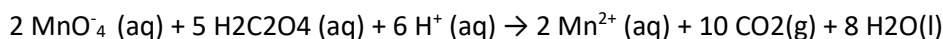
Ένα παράδειγμα ομογενούς κατάλυσης είναι η διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου. Το οξυζενέ είναι το υδατικό διάλυμα του H_2O_2 , το οποίο σε θερμοκρασία δωματίου είναι αρκετά σταθερό, επομένως, η ταχύτητα της αντίδρασης διάσπασης του είναι μικρή. Στην περίπτωση που γίνει ενσωμάτωση ιόντων ιωδίου, θα λειτουργήσουν ως καταλύτης και η ταχύτητα της αντίδρασης θα έχει σημαντική αύξηση.



Εικόνα 9: Διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου καταλυόμενη από ιόντα ιωδίου. Για να γίνει περισσότερο αντιληπτή η έκλυση του οξυγόνου προστέθηκε μικρή ποσότητα σαπουνιού.

Επίσης, υπάρχουν περιπτώσεις, όπως η οξείδωση του οξαλικού οξέος από το υπερμαγγανικό κάλιο, όπου η ταχύτητα της αντίδρασης επηρεάζεται από την συγκέντρωση προϊόντος της αντίδρασης. Οι αντιδράσεις αυτές αποτελούν περιπτώσεις αυτοκατάλυσης, καθώς το προϊόν λειτουργεί ως καταλύτης.

Η χημική εξίσωση της αντίδρασης είναι:

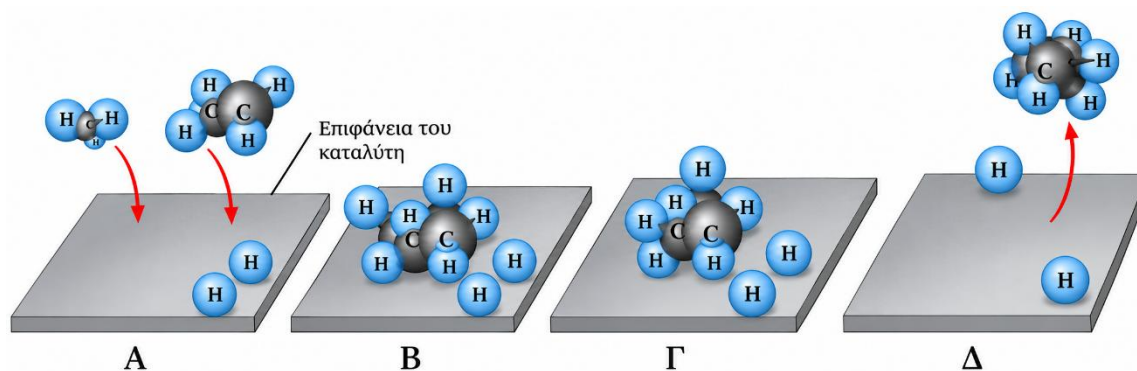


Στην αρχή η αντίδραση προχωρά με μικρή ταχύτητα, καθώς όμως το φαινόμενο εξελίσσεται και παραχθούν ιόντα Mn^{2+} , παρατηρείται αύξηση στην ταχύτητα της αντίδρασης. Αυτό συμβαίνει γιατί τα ιόντα Mn^{2+} που παράγονται από την αντίδραση αυτή, λειτουργούν και ως καταλύτες.

Παραδείγματα ετερογενούς κατάλυσης.

Μια περίπτωση ετερογενούς κατάλυσης είναι η καταλυτική υδρογόνωση. Στην αντίδραση αυτή, γίνεται προσθήκη υδρογόνου (H_2) σε ακόρεστες οργανικές ενώσεις παρουσία στερεού καταλύτη όπως μεταλλικού λευκόχρυσου ή νικελίου.

Για παράδειγμα στην περίπτωση του αιθυλενίου: $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_3$ χρησιμοποιείται στερεός καταλύτης Pt, με αποτέλεσμα τα αντιδρώντα μόρια του αιθυλενίου και του υδρογόνου συγκρούονται με την επιφάνεια του καταλύτη. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία δεσμών ανάμεσα στα αντιδρώντα και την επιφάνεια του καταλύτη. Οι δεσμοί στα μόρια του H_2 σπάνε και έτσι τα άτομα H είναι ελεύθερα να πάνε και να εισχωρήσουν στο διπλό δεσμό του αιθυλενίου. Το αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός της κορεσμένης ένωσης του αιθανίου, που δεν μπορεί να σχηματίσει δεσμό με τον καταλύτη και έτσι απελευθερώνεται αφήνοντας την επιφάνεια του καταλύτη να αναγεννηθεί.

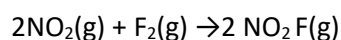


Εικόνα: παρουσιάζεται ο μηχανισμός για την καταλυτική υδρογόνωση του αιθυλενίου.

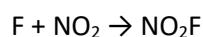
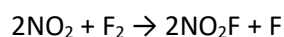
1.8 Μηχανισμοί αντιδράσεων (Espenson, 1995, Steinfeld et al., 1999)

Ο μηχανισμός μιας χημικής αντίδρασης δεν μπορεί να παρατηρηθεί και να προσδιοριστεί άμεσα. Μπορεί να περιγράφεται από μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση, όμως σε μοριακό επίπεδο αυτό που πραγματοποιείται είναι πιο σύνθετο από ότι απεικονίζει μια απλή χημική εξίσωση.

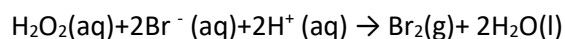
Ας υποθέσουμε την αντίδραση:



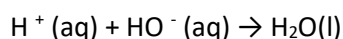
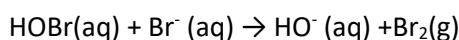
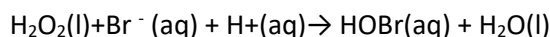
Ο μηχανισμός της αντίδρασης αυτής πιστεύεται πως περιλαμβάνει τα εξής δύο στάδια:



Επίσης, σε μια αντίδραση όπως η επόμενη:



δεν γίνεται η ταυτόχρονη σύγκρουση 1 μορίου υπεροξειδίου του υδρογόνου με δύο ιόντα υδρογόνου και δύο ιόντων βρωμίου, γιατί μια τέτοιου είδους σύγκρουση είναι σχεδόν απίθανη. Στην πραγματικότητα η εξέλιξη της αντίδρασης γίνεται σε περισσότερα από ένα στάδια, και σε κάθε ένα από αυτά γίνεται η σύγκρουση έως τριών σωματιδίων:



Το κάθε στάδιο σε μια αντίδραση δείχνει τι ακριβώς συμβαίνει σε μοριακό επίπεδο και λέγεται στοιχειώδης αντίδραση. Όλες οι στοιχειώδεις αντιδράσεις μαζί αποτελούν τον μηχανισμό της αντίδρασης και δίνουν την ολική αντίδραση (Espenson, 1995, Steinfeld et al., 1999).

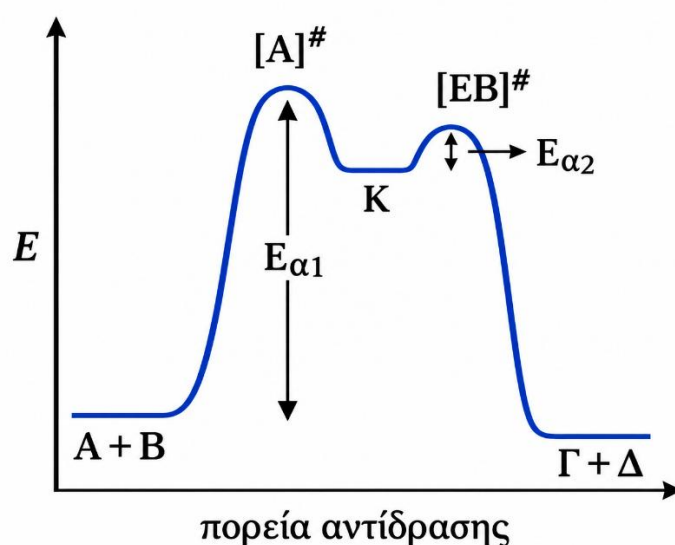
Οι στοιχειώδεις αντιδράσεις ανάλογα με την μοριακότητα τους, δηλαδή με τον αριθμό των αντιδρώντων μορίων που συγκρούονται, μπορούν να ταξινομηθούν. Με ένα αντιδρών λέγεται μονομοριακή, με δύο αντιδρώντα λέγεται διμοριακή και αν υπάρχουν τρία αντιδρώντα τριμοριακή. Αντιδράσεις που παρουσιάζουν μεγαλύτερη μοριακότητα συνήθως δεν συναντάμε, γιατί η πιθανότητα να μπορέσουν να συγκρουστούν και να δώσουν προϊόντα είναι εξαιρετικά μικρή.

Κάθε χημική αντίδραση χαρακτηρίζεται και από την τάξη της αντίδρασης. Η τάξη της αντίδρασης, σε αντίθεση με την μοριακότητα, αφορά τη συνολική αντίδραση και προκύπτει από το άθροισμα των εκθετών στον νόμο της ταχύτητας που την περιγράφει. Στην περίπτωση όμως, των στοιχειωδών αντιδράσεων παρατηρούμε πως η μοριακότητα και η τάξη της

αντίδρασης συμπίπτουν, γιατί από τη χημική εξίσωση κάθε στοιχειώδους αντίδρασης προκύπτει και η ταχύτητα της.

Επίσης, ενώσεις που συμμετέχουν σε κάποιο στάδιο της αντίδρασης, αλλά δεν εμφανίζονται στην συνολική αντίδραση, ονομάζονται ενδιάμεσο αντίδρασης. Αυτή η ένωση είναι ασταθής, με μικρό χρόνο ζωής και δεν μπορεί να απομονωθεί εύκολα, παρά μόνο να ανιχνευθεί με φασματοσκοπικές μεθόδους. Ο προσδιορισμός του μηχανισμού μαζί με τον νόμο της ταχύτητας της συνολικής αντίδρασης αποτελούν βασικούς παράγοντες για την κατανόηση και την περιγραφή του νόμου της ταχύτητας μιας αντίδρασης.

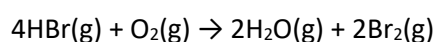
Όλα τα παραπάνω απεικονίζονται στο επόμενο διάγραμμα δυναμικής πορείας μιας αντίδρασης που έχει ένα ενδιάμεσο K.



Εικόνα 11: Μηχανισμός της αντίδρασης $A+B \rightarrow G+\Delta$: $A \rightarrow K$
 $K+B \rightarrow G+\Delta$,
 όπου K ενδιάμεσο και $[A]^\#$, $[EB]^\#$ ενεργοποιημένα σύμπλοκα.

Ταχύτητες στοιχειωδών αντιδράσεων

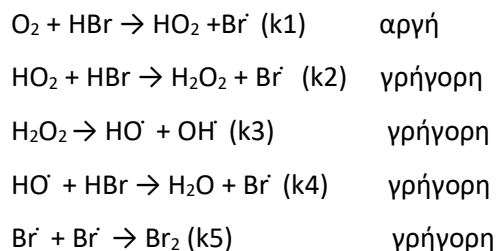
Ο μηχανισμός μιας αντίδρασης που ακολουθείται, προκύπτει από τα πειραματικά δεδομένα αφού θα πρέπει να είναι μπορεί να τα ερμηνεύσει. Για παράδειγμα η ταχύτητα της συνολικής αντίδρασης (Espenson, 1995):



υπολογίζεται με πειραματικό τρόπο από την ακόλουθη σχέση και όχι από τη χημική εξίσωση:

$$u = -d[\text{O}_2]/dt = k [\text{HBr}] * [\text{O}_2]$$

Με σκοπό να μπορεί να δικαιολογηθεί νόμος της ταχύτητας της αντίδρασης αυτής, προτείνεται ο παρακάτω μηχανισμός:



Για τις παραπάνω αντιδράσεις, οι νόμοι της ταχύτητας διαμορφώνονται ως εξής:

$$u_1 = k_1 [\text{HBr}] * [\text{O}_2]$$

$$u_2 = k_2 [\text{H}_2\text{O}_2] * [\text{HBr}]$$

$$u_3 = k_3 [\text{H}_2\text{O}_2]$$

$$u_4 = k_4 [\text{OH}\cdot] * [\text{HBr}]$$

$$u_5 = k_5 [\text{Br}\cdot]^2$$

Η ταχύτητα για κάθε στοιχειώδη αντίδραση προκύπτει από την αντίστοιχη χημική εξίσωση της οποίας οι στοιχειομετρικοί συντελεστές ορίζονται ως εκθέτες.

Η ολική ταχύτητα που παρουσιάζει μια αντίδραση δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα που έχει το πιο αργό στάδιο του μηχανισμού της. Άρα αυτό μας βοηθά να καταλάβουμε πως το πιο αργό στάδιο του μηχανισμού της αντίδρασης είναι εκείνο που καθορίζει την συνολική ταχύτητα της και ονομάζεται καθορίζουσα βαθμίδα. Είναι επομένως, ξεκάθαρο πως ο νόμος της ταχύτητας, συμπίπτει με τον νόμο ταχύτητας του πιο αργού σταδίου (Μαντάς κ.α., 2009).

1.9 Κατηγορίες στοιχειωδών αντιδράσεων

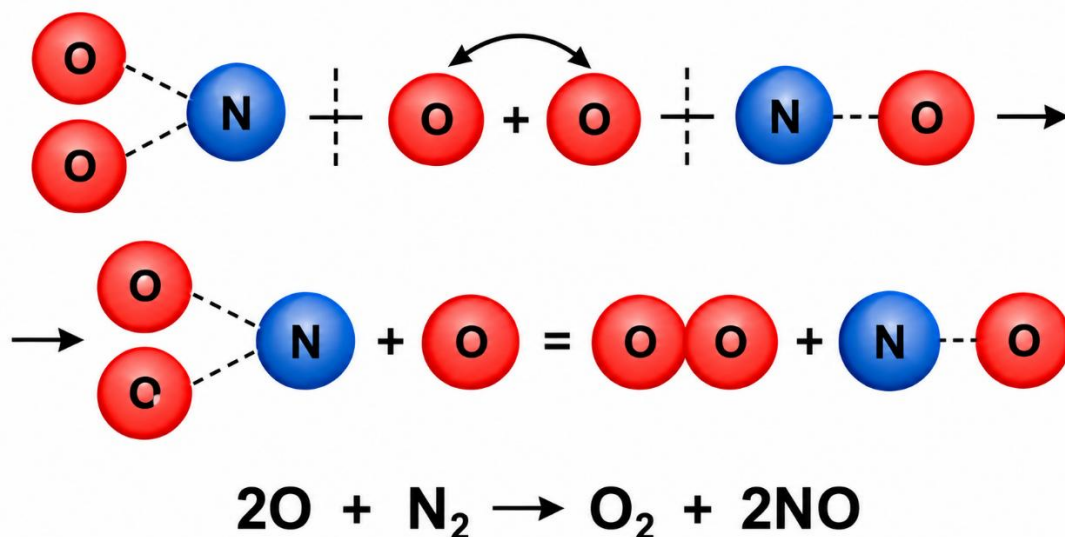
Ο μηχανισμός που ακολουθεί μια αντίδραση, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποτελείται από στοιχειώδεις αντιδράσεις. Πρέπει, λοιπόν, να γίνει διευκρίνιση ποιες αντιδράσεις θεωρούνται στοιχειώδεις ώστε να γίνεται πιο εύκολα ο προσδιορισμός του μηχανισμού (Holbrook, 2005, Roblyer and Doering, 2007).

Ως στοιχειώσεις θεωρούνται οι αντιδράσεις:

- i. Μεταφοράς ηλεκτρονίου χωρίς διάσπαση ή σχηματισμού δεσμών
- ii. Διάσπασης ή σχηματισμού ενός χημικού δεσμού. Η διάσπαση του δεσμού μπορεί να γίνει είτε ομολυτικά κατά την οποία τα δύο θραύσματα έχουν από ένα ηλεκτρόνιο δεσμικού ζεύγους, είτε ετερολυτικά κατά την οποία το ένα από τα δύο θραύσματα θα έχει και τα δύο ηλεκτρόνια του δεσμικού ζεύγους.

- iii. Διάσπασης ενός δεσμού με ταυτόχρονη δημιουργία άλλου.
- iv. Διάσπασης δύο δεσμών και ταυτόχρονος σχηματισμός νέων (Herron and Nurrenbern, 1999).

Παρακάτω δίνεται ένα παράδειγμα διάσπασης δύο δεσμών και δημιουργίας νέων.



Εικόνα 12: Διάσπαση δύο δεσμών με ταυτόχρονη δημιουργία καινούργιων

1.10 Είδη χημικών αντιδράσεων

Η παρακολούθηση της εξέλιξης μιας αντίδρασης και ο προσδιορισμός του μηχανισμού της είναι μια διαδικασία αρκετά δύσκολη, γιατί οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι διάφορων τύπων. Τα είδη των αντιδράσεων που συμμετέχουν σε μια αντίδραση παρουσιάζονται παρακάτω.

1.10.1 Παράλληλες αντιδράσεις

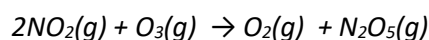
Ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες εξελίσσεται μια αντίδραση, μια ουσία μπορεί να αντιδράσει με διαφορετικό τρόπο δίνοντας σε κάθε περίπτωση διαφορετικά προϊόντα. Για παράδειγμα είναι η αντίδραση του CO_2 και H_2 μπορεί να οδηγήσει είτε στην παραγωγή CH_4 είτε βενζίνης, ανάλογα με τον καταλύτη που θα χρησιμοποιηθεί.

Οι αντιδράσεις αυτής της κατηγορίας λέγονται παράλληλες καθώς μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα με την χρήση κάποιων οξειδωτικών.

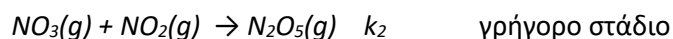
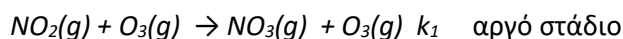
Η επιλογή βέβαια των συνθηκών της αντίδρασης μπορεί να ευνοήσει μια από τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα λαμβάνοντας το επιθυμητό προϊόν χωρίς τις διάφορες προσμίξεις.

1.10.2 Διαδοχικές αντιδράσεις

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν αντιδράσεις στις οποίες το προϊόν μιας αντίδρασης λειτουργεί ως αντιδρών για την άλλη. Για παράδειγμα η αντίδραση:



ακολουθεί τον νόμο της ταχύτητας δεύτερης τάξης: $k = [\text{NO}_2]^2 \cdot [\text{O}_3]$ και πιστεύεται πως ο μηχανισμός της συνίσταται από τις δύο στοιχειώδεις αντιδράσεις:



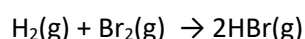
οι αντιδράσεις αυτές είναι διαδοχικές καθώς το NO_3 παράγεται στο αργό στάδιο και έπειτα καταναλώνεται στο γρήγορο στάδιο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της κινητικής των διαδοχικών αντιδράσεων κατά την παρασκευή διάφορων πολυμερών ή προϊόντων συμπύκνωσης. Ο πολυμερισμός είναι πολύ γνωστός στην οργανική χημεία στην παραγωγή συνθετικών προϊόντων όπως για παράδειγμα το νylon, καθώς έχει πολύ σημαντικό ρόλο και στην ανόργανη χημεία.

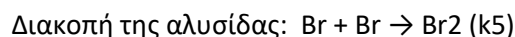
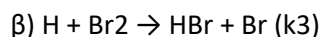
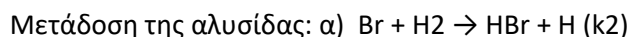
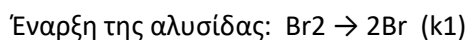
1.10.3 Αλυσιδωτές αντιδράσεις

Κατά την εξέλιξη των αντιδράσεων αυτών παράγονται ενδιάμεσα προϊόντα με υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο τα οποία στην συνέχεια αντιδρούν και σχηματίζονται ξανά τα προηγούμενα μέχρι να ολοκληρωθεί η αντίδραση.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει η αντίδραση του υδρογόνου με το βρώμιο για τον σχηματισμό του βρωμιδίου του υδρογόνου (Herron and Nurrenbern, 1999, Obaya Valdivia et al., 2019):



Μπορούμε να θεωρήσουμε ως μηχανισμό της αντίδρασης αυτής τον εξής:



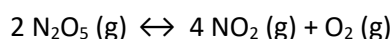
Παρατηρούμε πως τα άτομα του βρωμίου και του υδρογόνου καταναλώνονται και στη συνέχεια σχηματίζονται ξανά κατά την μετάδοση της αλυσίδας. Τα άτομα του βρωμίου και του υδρογόνου έπειτα ανακυκλώνονται, ενώ ταυτόχρονα καταναλώνεται το H_2 και το Br_2 για τη σύνθεση του HBr . Ο τερματισμός αυτής της αλυσίδας γίνεται με τον σχηματισμό του H_2 και Br_2 .

Τέλος, πολλές εκρήξεις εξηγούνται με πολύ γρήγορες αλυσιδωτές αντιδράσεις, οι οποίες συνήθως είναι εξώθερμες. Οι αντιδράσεις αυτές είναι γενικά γρήγορες, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει πως όλες οι γρήγορες αντιδράσεις θα πρέπει να είναι οπωσδήποτε και αλυσιδωτές.

1.11 Σχέση σταθερά ισορροπίας συνολικής αντίδρασης και σταθερών ταχύτητας στοιχειωδών αντιδράσεων.

Ήδη γνωρίζουμε πως σε μια ισορροπία η ταχύτητα των δύο αντίθετων αντιδράσεων είναι ίση. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι η σταθερά ισορροπίας των δύο αντίθετων αντιδράσεων, οι οποίες δεν είναι στοιχειώδεις, θα ισούται και με το λόγο των σταθερών ταχύτητας.

Για παράδειγμα έχουμε την ισορροπία:



με σταθερές ταχύτητας k_1 για την προς τα δεξιά και k_{-1} για την προς αριστερά αντίδραση.

Για τις αντιδράσεις αυτές οι νόμοι ταχύτητας είναι $u_1 = k_1 [\text{N}_2\text{O}_5]$ και $u_2 = k_{-1} [\text{NO}_2]^2 [\text{O}_2]$

Αφού $u_1 = u_2$ τότε $k_1 [\text{N}_2\text{O}_5] = k_{-1} [\text{NO}_2]^2 [\text{O}_2]$ κι αν διαμορφωθούν οι λόγοι: $k_1/k_{-1} = [\text{NO}_2]^2 [\text{O}_2] / [\text{N}_2\text{O}_5]$ παρατηρείται πως δεν υπάρχει κάποια σχέση με την σταθερά ισορροπίας K της ολικής αντίδρασης.

Στην περίπτωση που οι δύο αντίθετες αντιδράσεις της ισορροπίας είναι στοιχειώδεις, τότε ο λόγος των σταθερών των ταχυτήτων θα είναι ίση με τη σταθερά ισορροπίας.

1.12 Σύνοψη

Στην εργασία αυτή, παρουσιάστηκαν βασικές έννοιες της Χημικής Κινητικής και της Θεωρίας Μεταβατικής Κατάστασης. Έγινε ανάλυση της ταχύτητας των χημικών αντιδράσεων καθώς και των παραγόντων που την επηρεάζουν, όπως επίσης και της θεωρίας των συγκρούσεων, με έμφαση στη σημασία των αποτελεσματικών συγκρούσεων για την πραγματοποίηση μιας αντίδρασης. Έπειτα, παρουσιάστηκε η Θεωρία Μεταβατικής Κατάστασης, οι έννοιες του ενεργοποιημένου συμπλόκου, της ενέργειας ενεργοποίησης και της ενεργειακής πορείας που μπορεί να ακολουθήσει μια χημική αντίδραση.

Παράλληλα, έγινε αναφορά στην εξίσωση Arrhenius και στη σχέση της σταθεράς ταχύτητας με τη θερμοκρασία και την ενέργεια ενεργοποίησης. Παρουσιάστηκε ο ρόλος που έχουν οι καταλύτες, οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν μια αντίδραση μέσω μιας διαφορετικής πορείας με μια μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης. Τέλος, αναφέρθηκαν οι μηχανισμοί των χημικών αντιδράσεων, οι στοιχειώδεις αντιδράσεις και οι βασικές κατηγορίες αντιδράσεων. Συνολικά, στο θεωρητικό μέρος έγινε προσπάθεια να αναδειχθεί η σχέση ανάμεσα στη θεωρία των συγκρούσεων, στην ενέργεια ενεργοποίησης, στη μεταβατική κατάσταση και του

μηχανισμού μιας χημικής αντίδρασης. Οι έννοιες αυτές είναι απαραίτητες και σημαντικές για το επόμενο μέρος της εργασίας, στο οποίο εξετάζεται πως θα γίνει η μεταφορά της επιστημονικής γνώσης κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης.

2^ο ΜΕΡΟΣ: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 Εκπαίδευση και επαγγελματικές ικανότητες

Με τον όρο εκπαίδευση αναφερόμαστε στην διαδικασία με την οποία γίνεται απόκτηση γνώσεων, δεξιοτήτων και ικανοτήτων, οι οποίες είναι σημαντικές και απαραίτητες για την πραγματοποίηση μιας εργασίας με σωστό τρόπο.

Η εκπαίδευση μπορεί να γίνει στα πλαίσια είτε της εργασίας μας, με την βοήθεια σεμιναρίων είτε με ατομική προσπάθεια. Πιθανόν κατά την διαδικασία της εκπαίδευσης να γίνονται διαλέξεις, πρακτικές, ασκήσεις, να δίνονται ερωτηματολόγια και η πραγματοποίηση της γίνεται από κατάλληλους εκπαιδευτές.

Η εκπαιδευτική διαδικασία είναι σύνθετη και δύσκολη, καθώς ο εκπαιδευόμενος είναι εκείνος που καθορίζει αν θα επιτρέψει να γίνει αλλαγή στις γνώσεις του. Η ανάγκη για να υπάρχει εξέλιξη και να γίνει απόκτηση γνώσεων μπορεί να προκύψει σε οποιαδήποτε στιγμή και να οδηγήσει ουσιαστικά στην ανάπτυξη και την απόδοση του εκπαιδευόμενου σε κάθε τομέα.

Αυτή η συνεχής επιμόρφωση είναι που θα βοηθήσει, ώστε να υπάρχει βελτίωση και ανταπόκριση στις διαφορετικές ανάγκες που παρουσιάζονται στον καθένα από τις αλλαγές που μπορεί να υπάρχουν στο περιβάλλον του.

Κάθε άνθρωπος που δουλεύει στον εκπαιδευτικό τομέα είναι υποχρεωμένος να μεταδίδει τις γνώσεις του στον εκπαιδευόμενο, με σκοπό να είναι εφαρμόσιμες και να συνεισφέρει στην εξέλιξή του. Σε κάθε αντίθετη περίπτωση, η εκπαίδευση δεν έχει κανένα όφελος.

Η απόκτηση της γνώσης κατά την εκπαιδευτική διαδικασία φέρει ατομική ευθύνη και διαφέρει σαν διαδικασία σε κάθε περίπτωση, αφού οι εκπαιδευόμενοι είναι εκείνοι που καθορίζουν την απόδοση και την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης.

Στην διαδικασία της εκπαίδευσης θα πρέπει εκπαιδευόμενοι να αναπτύσσουν ορισμένες δεξιότητες. Οι δεξιότητες αυτές μπορεί είναι:

- Τεχνικές: Καθώς η ανάπτυξη της τεχνολογίας γίνεται με ραγδαίο ρυθμό είναι απαραίτητο να υπάρχει ενημέρωση.
- Οργανωτικές: Η λήψη πρωτοβουλιών, η δημιουργία, η αξιολόγηση ενός έργου και ανάληψη ευθυνών είναι σημαντικά προσόντα.
- Κοινωνικές: Η σωστή επικοινωνία, η συνεργασία, η κοινωνικοποίηση και η συμμετοχή σε ομαδικές ενέργειες, αποτελούν σημαντικά εφόδια.

- Συμπεριφορικές: Δεξιότητες όπως η οργανωμένη και υπεύθυνη δουλειά, η ευελιξία, η αντοχή, η αυτογνωσία, η αυτοκριτική είναι επίσης σημαντικές.

Κατά την εκπαιδευτική διαδικασία πρέπει να γίνεται μια αξιολόγηση, αν τελικά προσφέρει δεξιότητες που είναι σημαντικές και αναγκαίες για την επιμόρφωση του ατόμου, αλλά και αν οι πληροφορίες που δίνονται μπορούν να είναι εφαρμόσιμες.

Η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και της μεθόδου που ακολουθείται, μπορεί να δώσει απαντήσεις στο ερώτημα, πώς προσαρμόζονται και εφαρμόζονται στα προγράμματα εκπαίδευσης, οι συνεχόμενες αλλαγές σε σχέση με τις απαιτούμενων δεξιότητες και γνώσεις. Η συνεχής δουλειά από τον εκπαιδευτή και τον αρμόδιο φορέα που ορίζει το περιεχόμενο της εκπαίδευσης, επομένως, είναι απαραίτητη, προκειμένου τα εκπαιδευτικά προγράμματα που πρόκειται να ακολουθήσουν να οργανώνονται και να βασίζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της κάθε περίπτωσης.

2.2 Η εκπαίδευση και ο ρόλος της

Η εκπαίδευση και ο ρόλος της μέσα στα χρόνια χρειάζονται αναθεώρηση, όχι μόνο για τις διάφορες τεχνικές που ακολουθούνται αλλά και στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εκτίμηση των εκπαιδευτικών αναγκών, στον τρόπο που οργανώνεται, που πραγματοποιείται και ελέγχεται στην πράξη.

Θα πρέπει να γίνει επανεξέταση στο κλασσικό μοντέλο εκπαίδευσης από αρμόδιους φορείς, που είναι υπεύθυνοι για την εφαρμογή της εκπαιδευτικής διαδικασίας και ταυτόχρονα να γίνει η κατάλληλη εξειδίκευση των εκπαιδευτών ανάλογα με τις νέες απαιτήσεις.

Αυτό σημαίνει πως ο ρόλος του εκπαιδευτή θα γίνεται πιο περίπλοκος και με περισσότερες απαιτήσεις. Οι παραδοσιακές μέθοδοι και δεξιότητες θα αντικατασταθούν ή θα συνδυαστούν με νέες πιο σύγχρονες σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εποχής.

Όμως ενώ ο ρόλος του εκπαιδευτικού θα πρέπει να προσαρμόζεται στις σύγχρονες ανάγκες της εκπαίδευσης, παραμένει πάντα υπεύθυνος στην οργάνωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

2.3 Τρόποι μάθησης του ανθρώπου

Ο τρόπος με τον οποίο κάποιος μπορεί να μάθει μπορεί να διαφέρει και καθένas από αυτούς έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και στοχεύει στις διαφορετικές ανάγκες που έχει ο εκπαιδευόμενος.

Κατά την γνωστική μάθηση, το άτομο επικεντρώνεται στην απόκτηση γνώσεων και όχι απλά πληροφοριών. Στον τύπο αυτό μάθησης, η ατομική έρευνα, η επανάληψη των ασκήσεων, το παίξιμο ρόλων και η μελέτη περιπτώσεων καθώς και η χρήση διαλέξεων, είναι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται έχοντας σημαντικά αποτελέσματα.

Κατά την ψυχοκινητική μάθηση, εφαρμόζονται οι τεχνικές ώστε να αποκτηθούν όλες εκείνες οι δεξιότητες που χρειάζεται να έχει ένας εκπαιδευόμενος για να ολοκληρώσει μια εργασία, όπως μια προφορική παρουσίαση. Για παράδειγμα, ένας χημικός θα μπορεί να είναι σε θέση να μάθει και να αποδώσει μέσα σε ένα εργαστήριο, με την εξάσκηση και την απόκτηση εμπειρίας. Με την διάλεξη, ο εκπαιδευτής απλώς δίνει τις κατάλληλες πληροφορίες είτε σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο είτε σε σχέση με την διαδικασία του πειράματος που θα ακολουθήσει.

Ένα πιο δύσκολος τύπος μάθησης είναι η συναισθηματική μάθηση, γιατί η μάθηση δεν αφορά μόνο την κατανόηση των γνώσεων που θα δεχτεί ο εκπαιδευόμενος, αλλά σχετίζεται και με τον τρόπο που ένα άτομο αντιμετωπίζει διάφορες καταστάσεις, ανάλογα με τις αξίες του και τις εμπειρίες που μπορεί να έχει. Οι δεξιότητες που έχει ο εκπαιδευτής, οι συνθήκες και το περιβάλλον της εκπαίδευσης παίζουν σημαντικό και καθοριστικό ρόλο στον συγκεκριμένο τύπο εκπαίδευσης, καθιστώντας τον αρκετά δύσκολο και απαιτητικό.

Για να μπορέσει να ακολουθήσει ένας εκπαιδευτής αυτόν τον τύπο θα πρέπει να φέρει κάποια χαρακτηριστικά όπως επαγγελματισμό, αντίληψη, κατανόηση, ευαισθησία και σωστή διαχείριση στις μεταβολές συμπεριφοράς και των εκπαιδευόμενων.

Μια εκπαιδευτική διαδικασία θεωρείται επιτυχημένη όταν διαθέτει ένταση και ζωντάνια, εξάσκηση και επανάληψη, εφαρμογή με επιτυχία εργαστηριακά, καινοτομία και άμεση εφαρμογή στην εργασία.

Σε όλη τη διαδικασία της εκπαίδευσης είναι αντιληπτό πως ο εκπαιδευόμενος είναι εκείνος που καθορίζει τον ρυθμό και τον τρόπο της μάθησης και την ελέγχει. Ο εκπαιδευτής απλώς προσφέρει την γνώση και βοηθά να γίνει η διαδικασία της μάθησης πιο εύκολη και κατανοήτη, δημιουργώντας μια θετική διάθεση στους εκπαιδευόμενους.

Φυσικά βασική προϋπόθεση ώστε μια εκπαιδευτική διαδικασία να είναι επιτυχημένη και αποτελεσματική, είναι ο εκπαιδευόμενος να επιθυμεί, να θέλει να μάθει και να έχει κάποιο κίνητρο, δηλαδή να γνωρίζει τους λόγους για τους οποίους θα εκπαιδευτεί, να έχει ενεργό ρόλο στη διαδικασία και να έχει θέσει τους στόχο του.

Καταλήγουμε, λοιπόν, ότι οι άνθρωποι μαθαίνουν όταν το επιθυμούν, όταν το έχουν ανάγκη, όταν το περιβάλλον τους βοηθά, όταν έχουν ενεργό ρόλο στην διαδικασία, όταν συνδυάζουν

την θεωρία με την πράξη, όταν η γνώση είναι εφαρμόσιμη και όταν υπάρχει σωστή καθοδήγηση.

Αντιθέτως, ο φόβος να μην αποτύχουν, να μην εκτεθούν τους στους άλλους, να αγνοούν σημαντικές πληροφορίες, η μεγάλη ηλικία στην οποία ίσως βρίσκονται και η έλλειψη αυτοπεποίθησης αποτελούν σοβαρούς ανασταλτικούς παράγοντες της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

2.4 Εκσυγχρονισμός γνώσης

Οι πληροφορίες και οι θεωρίες που παρουσιάζονται στις διάφορες εκπαιδευτικές δομές θα πρέπει μέσα στα χρόνια να εκσυγχρονίζονται. Οι γνώσεις που παραμένουν σημαντικές και απαραίτητες για τους εκπαιδευόμενους πρέπει να ανανεώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκτούν μια πιο σύγχρονη μορφή που να συμβαδίζει και με την εποχή χωρίς να χάνουν το νόημα και την αξία τους.

Η διαδικασία του εκσυγχρονισμού της γνώσης είναι μια σημαντική διαδικασία με την οποία γίνεται αλλαγή στον τρόπο που θα παρουσιαστεί μια πληροφορία, ανάλογα με τις εκπαιδευτικές απαιτήσεις, τη σχέση που διαμορφώνεται ανάμεσα στον εκπαιδευτή και τον εκπαιδευόμενο αλλά και τις ανάγκες κάθε εποχής.

Κάποιες βασικές θεωρίες που έχουν αναφερθεί για τον εκσυγχρονισμό της γνώσης είναι:

- Η προσέγγιση με κοινωνιολογικά κριτήρια (Bernstein, 2013).
- Η προσέγγιση με βάση την διδακτική των επιστημών (Chevalard, 1985).
- Η προσέγγιση με κριτήρια τις κοινωνικές και τεχνικές πρακτικές, δίνοντας έμφαση στα πρακτικά μαθήματα (Martinand, 1986).
- Η προσέγγιση της εκπαιδευτικής γνώσης με βάση τις επιστήμες (Shulman, 1986) καθώς και την τεχνολογική παιδαγωγική γνώση ώστε να ενταχθεί η τεχνολογία στην εκπαίδευση και να αντιμετωπιστούν τα διάφορα σύγχρονα γνωστικά αντικείμενα (Mishra and Koehler, 2006).

2.5 Ο διδακτικός μετασχηματισμός

Ο διδακτικός μετασχηματισμός αφορά την διαδικασία με την οποία η επιστημονική γνώση θα μπορέσει να μεταφερθεί και προσαρμοστεί, για την αξιοποίηση της στα πλαίσια μιας εκπαιδευτικής διδασκαλίας.

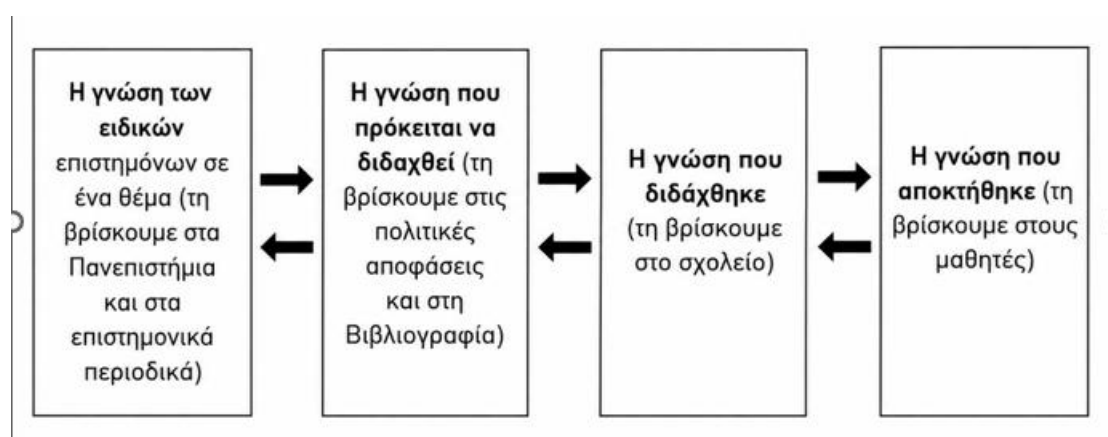
Η διαδικασία αυτή στοχεύει στην απόκτηση της απαιτούμενης γνώσης από τον εκπαιδευόμενο, με τρόπο κατανοητό στα πλαίσια μιας σχολικής αίθουσας χωρίς ταυτόχρονα όμως, να αφαιρείται η επιστημονική της προέλευση.

Ο Chevallard (1985) ήταν εκείνος που με τον όρο διδακτικός μετασχηματισμός αναφερόταν στην μεταφορά της γνώσης από ένα κοινωνικό σύνολο σε ένα άλλο, προσαρμόζοντας την κατάλληλα ανάλογα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του κοινωνικού συνόλου στο οποίο θα απευθυνθεί.

Με τον διδακτικό μετασχηματισμό γίνεται ένα διαχωρισμός ανάμεσα στην επιστημονική γνώση, που προκύπτει μέσα από τις επιστημονικές μελέτες και τις έρευνες και στην γνώση που διδάσκεται και προκύπτει μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία.

Ένας διδακτικός μετασχηματισμός πραγματοποιείται γενικά όταν κάποιος θέλει να διδάξει ένα γνωστικό αντικείμενο ή να παρουσιάσει δικές του ιδέες, σε διάφορους άλλους τομείς της ζωής και όχι αποκλειστικά μέσα σε μια σχολική τάξη.

Ως διαδικασία περιλαμβάνει μια σταδιακή αλλαγή και μετατροπή της γνώσης που πρόκειται να μεταφερθεί από ένα περιβάλλον σε ένα άλλο και πιθανόν να περιλαμβάνει αλλαγή στην οργάνωσή της, διαφορετικούς τρόπους παρουσίασής της, να γίνει πιο απλή και να εμπλουτιστεί.



Εικόνα 13: η διαδικασία του διδακτικού μετασχηματισμού (Chevallard & Bosch, 2014)

2.9 Τεχνικές διδασκαλίας

Ο εκπαιδευτικός κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας θα πρέπει να ξεκινάει δίνοντας μια γενική εικόνα του θέματος που πρόκειται να αναλύσει και έπειτα να εξηγήσει τα επιμέρους τμήματα του. Θα πρέπει να ξεκινά από την παρουσίαση ενός γενικού στοιχείου και στη συνέχεια να μεταβαίνει στις λεπτομέρειες.

Τέλος, η παρουσίαση που θα κάνει, να γίνεται ομαλά από την γενική αναφορά προς τα εξειδικευμένα τμήματα, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να μπορούν να παρακολουθούν, να καταλαβαίνουν και να επεξεργάζονται τις πληροφορίες που δέχονται.

2.10 Οπτικοακουστικά μέσα

Κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, η χρήση διάφορων εκπαιδευτικών μέσων την κάνουν την πιο ενδιαφέρουσα και ελκυστική ως διαδικασία και την εμπλουτίζουν. Όμως τα μέσα αυτά από μόνα τους δεν μπορούν να προσφέρουν κάτι στη διαδικασία της μετάδοσης γνώσης.

Κάποια από τα οπτικοακουστικά μέσα που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτές και στοχεύουν στην καλύτερη παρουσίαση του μαθήματος αλλά στην καλύτερη κατανόηση του από τους εκπαιδευόμενους είναι:

- Οι διαφάνειες
- Τα βίντεο
- Οι πίνακες
- Οι σημειώσεις
- Οι μακέτες
- Οι φωτογραφίες
- Ο ηλεκτρονικός πίνακας
- Εφαρμογές μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή
- Τα μοντέλα

Οι άνθρωποι έχουν την ικανότητα να μάθουν με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους για αυτό και έχουν αναπτυχθεί διαφορετικοί τρόποι και τύποι εκπαίδευσης καθώς και πολλών εκπαιδευτικών μέσων που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες και με την δυνατότητα κατανόησης και μάθησης ενός συνόλου μιας τάξης.

Τα οπτικοακουστικά μέσα ανήκουν στα εκπαιδευτικά μέσα που συνεισφέρουν στην μάθηση, ανεξάρτητα με τον τρόπο που μαθαίνει ένα άτομο. Αυτό συμβαίνει γιατί καταφέρνουν και απλοποιούν δύσκολα θέματα με την βοήθεια ενός γραφήματος ή με την παρουσίαση κάποιου πίνακα. Επίσης, δημιουργούν μια ποικιλία στην διαδικασία βγάζοντας τους μαθητές

από την μονοτονία και έτσι δημιουργείται ένα κλίμα πιο ευχάριστο. Η χρήση τους εξοικονομεί χρόνο και βοηθά στην στόχευση των πιο σημαντικών τμημάτων της θεωρίας που αναλύεται, με αποτέλεσμα να γίνεται πιο κατανοητό το μάθημα.

Δεν θα πρέπει οι εκπαιδευτές όμως να καθισχύζονται χρησιμοποιώντας ένα μόνο είδος τέτοιων μέσων, αλλά να προσπαθεί να κάνει εναλλαγές ώστε να μην χάνεται το ενδιαφέρον των μαθητών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι μαθητές έχουν στις μέρες μας πολλά ερεθίσματα και λόγω της τεχνολογικής ανάπτυξης, έχουν αυξηθεί και οι απαιτήσεις στην διδασκαλία.

Η επιλογή του κατάλληλου εκπαιδευτικού μέσου δεν είναι πάντα εύκολη, καθώς υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που θα καθορίσουν την επιτυχία του. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να έχει ξεκάθαρους τους στόχους που αφορούν το μάθημα, να έχει οργανώσει κατάλληλα την ύλη που έχει να διαχειριστεί στον χρόνο που διαθέτει, να έχει βρει τον χώρο που θα κάνει την παρουσίαση. Οι παραπάνω παράγοντες καθώς και η εκπαιδευτική ομάδα είναι όλοι εκείνοι που θα έχουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή όλων των εκπαιδευτικών μέσων.

2.12 Καθορισμός των στόχων διδασκαλίας

Ο καθορισμός των στόχων που έχει ένας εκπαιδευτής είναι μια κρίσιμη και απαιτητική διαδικασία που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την επιτυχία του μαθήματος. Ο εκπαιδευτής θα πρέπει να έχει σαφείς και ρεαλιστικούς στόχους ανάλογα με την εκπαιδευτική βαθμίδα στην οποία απευθύνεται, να μπορούν να αξιολογηθούν και να μπορούν να επιτευχθούν στον χρόνο που είναι διαθέσιμος.

Σε σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες, θεωρείται κατάλληλη η ταξινόμηση Klopfer (1971), αφού καλύπτει τόσο τον γνωστικό, συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα, όσο και την μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών.

Πιο αναλυτικά:

1. Στόχοι που αφορούν την γνώση και την κατανόηση
 - 1.1 γνώση συγκεκριμένων γεγονότων
 - 1.2 γνώση ορολογίας
 - 1.3 γνώση νόμων, κανόνων και θεωριών
 - 1.4 γνώση του φαινομένου
 - 1.5 γνώση συμβόλων
2. Στόχοι που αφορούν την επιστημονική έρευνα
 - 2.1 παρατήρηση και μέτρηση

- 2.2 εύρεση του προβλήματος και τρόποι λύσης του
 - 2.3 αξιολόγηση δεδομένων
 - 2.4 ανάπτυξη, έλεγχος και τροποποίηση ενός θεωρητικού μοντέλου
 - 2.5 εφαρμογή των γνώσεων και των μεθόδων.
3. Στόχοι που σχετίζονται με δεξιότητες στον χειρισμό
 4. Στόχοι για θετική στάση απέναντι στην επιστήμη και απόκτηση ενδιαφέροντος για αυτήν

2.13 Σχέδιο διδασκαλίας

Ένα σχέδιο διδασκαλίας περιέχει όλα τα στοιχεία που θα εφαρμοστούν σε μια εκπαιδευτική διαδικασία, σε σχέση με τον προγραμματισμό της. Στο σχέδιο αυτό αναφέρεται το περιεχόμενο του μαθήματος, η σειρά που θα ακολουθήσει ο εκπαιδευτικός στην παρουσίαση του, τα τεχνικά μέσα που θα χρησιμοποιήσει και ο χρόνος στον οποίο θα χρειαστεί.

Η βοήθεια που προσφέρει το σχέδιο διδασκαλίας στον εκπαιδευτικό είναι σημαντική γιατί εκτός ότι τον βοηθά να οργανώσει και καταγράψει όλα όσα θα ακολουθήσει κατά την παρουσίαση μιας ενότητας, ταυτόχρονα τον βοηθά να ώστε κατά την διάρκεια της παρουσίασης να παραμένει μέσα στο χρονοδιάγραμμα του ακολουθώντας τα βήματα όπως τα είχε αρχικά σχεδιάσει.

Βεβαία, η επιτυχία μετάδοσης της πληροφορίας, των γνώσεων και των τεχνικών που διδάχθηκαν δεν εξασφαλίζεται από ένα σχέδιο διδασκαλίας όσο τέλεια οργανωμένο και δομημένο αν είναι. Όμως η σχεδίαση του είναι ένα πρώτο και βασικό βήμα που θα εξασφαλίσει τον σωστό διαχωρισμό του περιεχομένου παρουσίασης σε ενότητες και την καλύτερη αξιοποίηση των ικανοτήτων του εκπαιδευτικού αλλά και των τεχνικών μέσων που διαθέτει, ώστε να υπάρχουν τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα κατά την διδασκαλία.

2.14 Η κριτική σκέψη

Η κριτική σκέψη είναι μια πολύ σημαντική ικανότητα που θα πρέπει ο κάθε εκπαιδευόμενος να αναπτύσσει. Αποτελεί ένα σύνολο απόψεων, ιδεών και τρόπων αντιμετώπισης πληροφοριών που λαμβάνει.

Ως κριτική ικανότητα δεχόμαστε την ικανότητα του ανθρώπου να σχηματίζει άποψη, εξετάζοντας τα δεδομένα, να τα αμφισβητεί και ερευνά. Επίσης, ένα άτομο με κριτική σκέψη θα πρέπει να είναι όσο πιο αντικειμενικό γίνεται ώστε να μπορεί να κρίνει σωστά τόσο τις δικές του ιδέες όσο και των άλλων με βάση τα ίδια κριτήρια. Να μπορεί να αμφισβητήσει και

να κρίνει ιδέες και θεωρίες, χωρίς να επαναπαύεται πως κάθε διατυπωμένη θεωρία δεν χρειάζεται παραπάνω μελέτη και διερεύνηση.

Βέβαια, η κριτική σκέψη είναι μια δεξιότητα που σε κάθε άτομο αποκτά κατά τη διάρκεια της ζωής του και η καλλιέργεια της γίνεται σε διαφορετικό βαθμό, με διαφορετικό ρυθμό και μέσα από διαφορετικές διαδικασίες. Αυτό συμβαίνει γιατί τα βιώματα, η προσωπικότητα του ατόμου, το κοινωνικό περιβάλλον στο οποίο έχει μεγαλώσει, τα όρια και οι φραγμοί που έχει, σε κάθε περίπτωση διαφέρουν.

2.15 Μηχανική απομνημόνευση

Στη σημερινή εποχή είναι πολλοί οι επικριτές της παραδοσιακής διδασκαλίας που κρύβει μια παθητική στάση από τον εκπαιδευόμενο, ο οποίος δέχεται την πληροφορία και οδηγείται στην αναμετάδοση αυτής χωρίς να την έχει επεξεργαστεί ιδιαίτερα.

Σύμφωνα με τον παιδαγωγό Paulo Freire: η εκπαίδευση δεν γίνεται να αποτελεί μια διαδικασία μεταλαμπάδευσης πληροφοριών από αυτόν που διδάσκει σε αυτόν που εκπαιδεύεται. Αυτή είναι μια μηχανιστική μεταφορά από την οποία αναδύεται η μηχανιστική απομνημόνευση.

Όμως, ενώ όλοι μιλούν για την κριτική σκέψη που θα πρέπει να έχει ο εκπαιδευόμενος και πως πρέπει να ενισχύεται κατά την διδασκαλία, παρατηρείται πως τελικά δεν εφαρμόζεται, με τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας τελικά να επικρατούν.

Οι λόγοι στους οποίους μπορεί να οφείλεται αυτό είναι η έλλειψη του χρόνου που έχει ο εκπαιδευτής σε σχέση με τον πολύ μεγάλο όγκο ύλης που έχει να διαχειριστεί. Επίσης, ίσως να ευθύνεται και η τάση της εποχής για έτοιμες λύσεις και ιδέες, χωρίς κόπο και προβληματισμό.

Όλα τα παραπάνω ενισχύονται και από την πεποίθηση αρκετών εκπαιδευτικών, πως ο δάσκαλος είναι η αυθεντία που δεν πρέπει να αμφισβητείται και που μεταφέρει την γνώση χωρίς προβληματισμούς και αναζητήσεις από τους εκπαιδευόμενους.

2.16 Κριτική εκπαίδευση

Οι υποστηρικτές της κριτικής σκέψης ως δεξιότητα ενός ατόμου που πρόκειται να εκπαιδευτεί, θεωρούν πως η διδασκαλία θα πρέπει να είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα άτομα αποκτούν γνώση στην οποία μπορούν να εμβαθύνουν και να αντιληφθούν μέσα από μια ατομική διαδρομή.

Στις φυσικές επιστήμες, η κριτική εκπαίδευση περιλαμβάνει στόχους όπως:

- Την κριτική κατανόηση της χρήσης των φυσικών επιστημών από το κοινωνικό, οικονομικό και πολιτικό σύστημα
- Την ανάπτυξη της ιδέας πως οι φυσικές επιστήμες είναι βασικό στοιχείο της καθημερινότητας του ανθρώπου, με άμεση επίδραση στην παιδεία του, τον πολιτισμό του, στις αξίες του και την εξέλιξη του (Σκορδούλης και Στεφανίδου, 2021).

Οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να μπορούν να σκέφτονται, να κρίνουν και να διατυπώνουν χρησιμοποιώντας σωστά τον επιστημονικό λόγο, ενώ ταυτόχρονα να είναι σε θέση να δέχονται να αποκτούν νέες γνώσεις, αφήνοντας πίσω παλιότερες και ίσως και λανθασμένες απόψεις.

Καταλήγουμε λοιπόν, στην ανάγκη που υπάρχει η εκπαιδευτική διδασκαλία να έχει μια προσέγγιση ώστε να μπορεί να βοηθά τον εκπαιδευόμενο να μάθει, αναπτύσσοντας ταυτόχρονα νοητικές, ψυχικές και σωματικές ικανότητες ανεξάρτητα από το φύλο, το κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, ώστε να σχηματίσουν ολοκληρωμένες προσωπικότητες.

2.17 Σχεδιασμός και υλοποίηση διδακτικής παρέμβασης για τη θεωρία μεταβατικής κατάστασης στη Γ' Λυκείου

2.17.1 Θεωρητικό και διδακτικό πλαίσιο

Η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης παρουσιάζει την μετατροπή που γίνεται κατά την χημική αντίδραση μέσω μιας ενεργειακής πορείας κατά την οποία το σύστημα οδεύει προς μια υψηλή ενεργειακά και ασταθή διαμόρφωση, τη μεταβατική κατάσταση, που θα οδηγήσει τελικά στο σχηματισμό προϊόντων.

2.17.2 Σκοπός και διδακτικοί στόχοι

Ο σκοπός είναι η διερεύνηση της βοήθειας που προσφέρει μια μικροδιδασκαλία σχεδιασμένη για την κατανόηση των εννοιών της θεωρίας της μεταβατικής κατάστασης, για τους μαθητές που φοιτούν στην Γ Λυκείου.

Ως στόχοι, ορίζονται η κατανόηση της μεταβατικής κατάστασης, η ικανότητα ερμηνείας των ενεργειακών διαγραμμάτων, η διάκριση της ενέργειας ενεργοποίησης από την συνολική ενεργειακή μεταβολή, η ικανότητα ερμηνείας της δράσης των καταλυτών αλλά και η σύνδεση της θεωρίας των συγκρούσεων με το ενεργειακό μοντέλο.

2.17.3 Ερευνητικά ερωτήματα

- Πόσο αλλάζει η επίδοση των μαθητών μετά την διδακτική παρέμβαση;

- II. Ποιες εννοιολογικές δυσκολίες εμφανίζονται πριν και μετά την παρέμβαση;
- III. Σε ποιο βαθμό οι μαθητές μπορούν να μεταφέρουν τη θεωρητική γνώση που απέκτησαν από τα ενεργειακά διαγράμματα σε νέα προβλήματα;

2.17.5 Σχεδιασμός μικροδιδασκαλίας

Η μικροδιδασκαλία οργανώθηκε σε 3 φάσεις:

1. Αρχικό τεστ
2. Κεντρική παρέμβαση στη διδασκαλία
3. Τελικό τεστ

Η χρήση του αρχικού τεστ έχει ως σκοπό να εντοπίσει και να καταγράψει τις αρχικές γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών και δίνεται πριν την έναρξη της κεντρικής διδασκαλίας, ενώ το τελικό τεστ δίνεται για να διαπιστωθεί αν έγινε κάποια αλλαγή στην επίδοση και την κατανόηση όσων παρουσιάστηκαν στην τάξη και δίνεται στους μαθητές στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης.

Τα τεστ αποτελούνται από 20 ερωτήσεις κλειστού τύπου, σύντομης απάντησης και ερμηνείας διαγραμμάτων, συνολικής βαθμολογίας 20 μονάδων.

Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι τα τεστ αυτά, δεν αποτελούν μέρος της διδασκαλίας και της κύριας παρέμβασης, αλλά σημαντικά εργαλεία για την ερευνητική διαδικασία και την αξιολόγηση της παρέμβασης.

Το αρχικό τεστ και το τελικό τεστ παρατίθενται στο παράρτημα 1 και 2 αντίστοιχα.

Κατά την κεντρική διδακτική παρέμβαση, γίνεται μια εισαγωγική συζήτηση, χρησιμοποιούνται ενεργειακά διαγράμματα, γίνονται ερωτήσεις διερεύνησης από τον εκπαιδευτικό, δίνονται φύλλα εργασίας, γίνεται συζήτηση και ανατροφοδότηση καθώς και εφαρμογή της γνώσης σε νέο πρόβλημα.

Τα δίνονται φύλλα εργασίας, τα οποία παρουσιάζονται στο Παράρτημα 3 και 4, έχουν σχεδιαστεί με βάση με το ενεργειακό διάγραμμα και ζητείται από τα παιδιά να εντοπίσουν την μεταβατική κατάσταση, να προσδιορίσουν την ενέργεια των αντιδρώντων και των προϊόντων, να εντοπίσουν την ενέργεια ενεργοποίησης, να συγκρίνουν πορείες αλλά και να ερμηνεύσουν την επίδραση του καταλύτη.

217.6 Ανάλυση της κεντρικής μικροδιδασκαλίας

2.17.6.1 Πλαίσιο εφαρμογής και συμμετέχοντες

Το σχέδιο της διδακτικής παρέμβασης σχεδιάστηκε για να εφαρμοστεί στα πλαίσια φροντιστηριακού μαθήματος, σε παιδιά που φοιτούν στη Γ' Λυκείου.

Οι μαθητές που συμμετείχαν συνολικά ήταν 20 και χωρίστηκαν σε δύο τμήματα των 10 ατόμων.

Φορέας: Φροντιστήριο

Περιοχή: Σαλαμίνα

Τάξη: Γ' Λυκείου

Αριθμός μαθητών: 20

Διάρκεια: Δύο διδακτικές ώρες των 60' σε κάθε τμήμα.

1^η διδακτική ώρα

Φάση 1 - Ανάκληση προηγούμενων γνώσεων

Χρόνος: 5 λεπτά

Γίνονται σύντομες ερωτήσεις από τον εκπαιδευτικό σχετικά με τη θεωρία των συγκρούσεων, τις αποτελεσματικές συγκρούσεις, την ενέργεια ενεργοποίησης καθώς και την σχέση που έχει η ταχύτητα με την θερμοκρασία.

Ο ρόλος των μαθητών είναι να δείξουν γνώσεις που μπορεί να έχουν στο συγκεκριμένο μέρος της θεωρίας και να διατυπώνουν υποθέσεις.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να καθοδηγεί τη συζήτηση εντοπίζοντας τις δυσκολίες.

Φάση 2 - Συμπλήρωση αρχικού τεστ και συγκέντρωση δυσκολιών των μαθητών σε σχέση με τη θεωρία, πριν την παρέμβαση

Χρόνος 20 λεπτά

Φάση 3 - Εισαγωγή στη θεωρία της μεταβατικής κατάστασης και σύνδεση της με την ενέργεια ενεργοποίησης

Χρόνος: 10 λεπτά

Παρουσιάζεται ένα ενεργειακό διάγραμμα και οι μαθητές πρέπει να προσπαθήσουν να εντοπίσουν τα αντιδρώντα, τα προϊόντα και την ενέργεια ενεργοποίησης.

Έπειτα, γίνεται παρουσίαση από τον καθηγητή η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης και της δημιουργίας μιας υψηλά ενεργειακής και ασταθούς δομής, η οποία είναι δυνατόν να οδηγήσει σε προϊόντα.

Στη φάση αυτή του μαθήματος, γίνεται διευκρίνιση πως η μεταβατική κατάσταση δεν είναι ενδιάμεσο προϊόν της αντίδρασης.

Φάση 3 - Ερμηνεία ενεργειακού διαγράμματος

Χρόνος: 10 λεπτά

Οι μαθητές επεξεργάζονται και δουλεύουν με το ενεργειακό διάγραμμα, ώστε να το κατανοήσουν πλήρως και να μπορούν να το ερμηνεύουν, βγάζοντας συμπεράσματα σε σχέση

με την θέση της μεταβατικής κατάστασης, την ενέργεια ενεργοποίησης, τη διαφορά ενέργειας ενεργοποίησης και της μεταβολής της ενθαλπίας και τον χαρακτηρισμό μιας αντίδρασης ως ενδόθερμη ή εξώθερμη.

Φάση 4 - Φύλλο εργασίας 1 και διαγράμματα

Χρόνος: 5 λεπτά

Το φύλλο εργασίας περιέχει ερωτήσεις σωστού – λάθους και ερωτήσεις σύντομης απάντησης με αιτιολόγηση. Επίσης, περιέχει ένα ενεργειακό διάγραμμα και ζητείται από τους μαθητές να βρουν την μεταβατική κατάσταση και την ενέργεια των αντιδρώντων και των προϊόντων και να εντοπίσουν την ενέργεια ενεργοποίησης.

Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές κάνοντας ερωτήσεις και υποστηρίζοντας τους όποτε χρειάζεται, ώστε να μπορέσουν να εφαρμόσουν όλα όσα άκουσαν κατά την παράδοση της θεωρίας.

Το φύλλο εργασίας παρουσιάζεται στο παράρτημα 3.

Φάση 5 - Συζήτηση για πιθανές απορίες και παρανοήσεις

Χρόνος 5 λεπτά

Συνήθως, υπάρχουν παρανοήσεις και δυσκολίες κατά την διδασκαλία, που ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να διευκρινίσει και να διορθώσει. Κάποια από τα πιθανά μέρη της θεωρίας που παρουσιάζουν οι μαθητές παρανοήσεις είναι πως θεωρούν την μεταβατική κατάσταση ενδιάμεσο προϊόν της αντίδρασης, συγχέουν την ενέργεια ενεργοποίησης με την μεταβολή ενθαλπίας και πιστεύουν πως η ταχύτητα της αντίδρασης μπορεί να επηρεαστεί από την μεταβολή της ενθαλπίας.

Ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήματα σε σχέση με τις παραπάνω παρανοήσεις, αφήνοντας τους μαθητές να εκφράσουν την άποψη τους και στη συνέχεια τους βοηθά ώστε κατανοήσουν την θεωρία που έχουν ακούσει και να αναθεωρήσουν τις λανθασμένες απόψεις.

Φάση 6 - Ανακεφαλαίωση – Σύντομος έλεγχος

Χρόνος: 5 λεπτά

Στο στάδιο αυτό, ο εκπαιδευτικός κάνει μια σύντομη ανακεφαλαίωση όλης της θεωρίας που αναλυτικά είχε παρουσιάσει και ταυτόχρονα ελέγχει αν όντως οι μαθητές μπόρεσαν να την κατανοήσουν.

2^η διδακτική ώρα

Φάση 1 - Ανάκληση προηγούμενων γνώσεων

Χρόνος: 5 λεπτά

Γίνονται σύντομες ερωτήσεις από τον εκπαιδευτικό σχετικά με τη θεωρία της μεταβατικής κατάσταση και ενεργειακά διαγράμματα που εξετάστηκαν την προηγούμενη ώρα.

Ο ρόλος των μαθητών είναι να ανακαλούν προηγούμενες γνώσεις και να διατυπώνουν υποθέσεις. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να καθοδηγεί τη συζήτηση και να εντοπίζει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές.

Φάση 2 - Αναφορά στην ταχύτητα μια αντίδρασης

Χρόνος: 10 λεπτά

Στο σημείο αυτό της παρέμβασης, γίνεται σύνδεση της ταχύτητας μιας αντίδρασης με τις έννοιες της θερμοδυναμικής που έχουν ήδη αναπτυχθεί.

Φάση 3 - Εισαγωγή στους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης και της δράσης των καταλυτών στον μηχανισμό μιας αντίδρασης.

Χρόνος: 15 λεπτά

Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης αλλά και τον τρόπο με τον οποίο το πετυχαίνουν. Από τους παράγοντες που αναφέρονται, ο εκπαιδευτικός, εστιάζει περισσότερο στον ρόλο που έχουν οι καταλύτες, όταν μια αντίδραση γίνεται παρουσία τους.

Φάση 4 - Προσομοίωση μέσω υπολογιστή

Χρόνος 10 λεπτά

Ο εκπαιδευτικός με την βοήθεια μιας προσομοίωσης σε ηλεκτρονικό υπολογιστή επιτρέπει στους μαθητές να εξοικειωθούν με το πως ένας παράγοντας μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα. Με την δική του λοιπόν καθοδήγηση, αφήνει τους μαθητές να αλλάξουν διάφορους παράγοντες και να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα που μπορεί να έχουν στην ενέργεια ενεργοποίησης και στην ταχύτητα της αντίδρασης.

Χρησιμοποιείται η δωρεάν προσομοίωση PhET Interactive Simulations - Reactions & Rates από το Πανεπιστήμιο του Colorado.

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/reactions-and-rates/latest/reactions-and-rates.html?simulation=reactions-and-rates&locale=el>

Φάση 5 - Φύλλο εργασίας 2 και διαγράμματα

Χρόνος: 10 λεπτά

Στο δεύτερο φύλλο εργασίας περιέχονται ερωτήσεις σύντομης απάντησης και αιτιολόγησης από τους μαθητές, σχετικά με τα όσα άκουσαν κατά την παράδοση της θεωρίας.

Ο εκπαιδευτικός και σε αυτό το σημείο παρακολουθεί τους μαθητές κατά την συμπλήρωση των ερωτήσεων μαθητών και παράλληλα κάνει ερωτήσεις ώστε να καθοδηγήσει και να βοηθήσει τους μαθητές όπου χρειάζεται.

Το φύλλο εργασίας βρίσκεται στο παράρτημα 4.

Φάση 6 - Συζήτηση για πιθανές απορίες και παρανοήσεις.

Χρόνος: 5 λεπτά

Οι πιο συνηθισμένες παρανοήσεις στο συγκεκριμένο μέρος της θεωρίας, είναι σε σχέση με τον τρόπο που δρουν οι καταλύτες στην αντίδραση και αν συμμετέχουν σε αυτήν.

Ο εκπαιδευτικός θα αφήσει τους μαθητές να εκφράσουν την άποψη τους και τις απορίες τους και στη συνέχεια τους βοηθά ώστε να τα ερμηνεύσουν σωστά.

Φάση 7 - Ανακεφαλαίωση – Σύντομος έλεγχος

Χρόνος: 5 λεπτά

Ο εκπαιδευτικός κάνει μια σύντομη ανακεφαλαίωση της θεωρίας και στη συνέχεια προχωρά σε έναν προφορικό έλεγχο για την κατανόηση εννοιών σχετικά τους παράγοντες που επηρεάζουν μια χημική αντίδραση.

2.17.7 Συνοπτικός πίνακας μικροδιδασκαλίας

1 ^η Διδακτική ώρα			
Φάση	Χρόνος	Δραστηριότητα	Στόχος
Ενεργοποίηση	5'	Ερωτήσεις σχετικές με τις αποτελεσματικές συγκρούσεις	Εντοπισμός προηγούμενων γνώσεων
Αξιολόγηση	20'	Συμπλήρωση αρχικού τεστ	Παρατήρηση εννοιολογικών δυσκολιών πριν την παρέμβαση
Διεύρυνση	10'	Εισαγωγή στην μεταβατική κατάσταση - Σύνδεση με την ενέργεια ενεργοποίησης	Διάρθρωση εννοιών

Κύρια διδασκαλία	10'	Επεξεργασία ενεργειακού διαγράμματος	Εξήγηση του ενεργειακού φραγμού
Εφαρμογή	5'	Φύλλο εργασίας 1 και διαγράμματα	Μεταφορά γνώσης
Ανατροφοδότηση	5'	Συζήτηση για πιθανές απορίες και παρανοήσεις	Κατανόηση και παγίωση της θεωρίας
Αξιολόγηση	5'	Σύντομος έλεγχος	Έλεγχος επίτευξης στόχων

2 ^η Διδακτική ώρα			
Φάση	Χρόνος	Δραστηριότητα	Στόχος
Ενεργοποίηση	5'	Ερωτήσεις σχετικές με την μεταβατική κατάσταση και τα ενεργειακά διαγράμματα	Εντοπισμός προηγούμενων γνώσεων
Διεύρυνση	10'	Αναφορά στην ταχύτητα μια αντίδρασης	Σύνδεση ταχύτητας και θερμοδυναμικών εννοιών
Κύρια διδασκαλία	15'	Εισαγωγή στους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης και της δράσης των καταλυτών στον μηχανισμό μιας αντίδρασης.	Κατανόηση βασικών εννοιών της θεωρίας
Προσομοίωση μέσω υπολογιστή	10	Ψηφιακό Εργαστήριο (PhET Simulation)	Κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την

			ταχύτητα μιας αντίδρασης και της ενέργειας της μεταβατικής κατάστασης.
Εφαρμογή	10'	Φύλλο εργασίας 2 και διαγράμματα	Εφαρμογή γνώσης
Ανατροφοδότηση	5'	Συζήτηση για επίλυση αποριών και παρανοήσεων	Καλύτερη αντίληψη της θεωρίας και ορθή ερμηνεία της.
Αξιολόγηση	5'	Σύντομος έλεγχος	Έλεγχος επίτευξης στόχων

2.17.8 Διδακτικό υλικό και ερευνητικά εργαλεία

Κατά την διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία:

- Αρχικό τεστ
- Φύλλα εργασίας 1 και 2
- Δωρεάν προσομοίωση PhET Interactive Simulations - Reactions & Rates από το Πανεπιστήμιο του Colorado.
- Διαδραστικός πίνακας
- Τελικό τεστ
- Ενεργειακά διαγράμματα

2.17.9 Ο ρόλος του εκπαιδευτικού

Ο εκπαιδευτικός κατά την διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, είναι υπεύθυνος να μπορέσει να την οργανώσει και να βοηθήσει ώστε να διεξαχθεί σωστά. Εντοπίζει προηγούμενες γνώσεις των μαθητών και τις φέρνει στο προσκήνιο, θέτει ερωτήματα, καθοδηγεί, αντιλαμβάνεται και φροντίζει να αντιμετωπίσει παρανοήσεις, κάνει ανατροφοδότηση, δίνει χώρο στους μαθητές και τους παροτρύνει να αιτιολογούν τις απαντήσεις τους, ενώ παράλληλα συνδέει έννοιες στο πλαίσιο του μαθήματος.

2.17.10 Ο ρόλος των μαθητών

Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν ενεργό στη διαδικασία απαντώντας σε ερωτήσεις, να ερμηνεύουν ενεργειακά διαγράμματα, να μπορούν να λύνουν προβλήματα, να συνεργάζονται, να αιτιολογούν τις απαντήσεις τους, να ελέγχουν και να αξιολογούν τις αρχικές τους απόψεις.

2.18 Παρουσίαση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των τεστ και θα γίνει προσπάθεια να δοθούν εξηγήσεις για τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης, που σχεδιάστηκε και παρουσιάστηκε, με αντικείμενο τη θεωρία της μεταβατικής κατάστασης και τη μεταφορά της επιστημονικής γνώσης, σε μαθητές που φοιτούν στην Γ' Λυκείου.

Κατά την διάρκεια της μικροδιδασκαλίας αξιοποιούνται οι προφορικές απαντήσεις των μαθητών, οι απαντήσεις στα φυλλάδια εργασίας, οι ερωτήσεις και οι αιτιολογήσεις τους και η συμμετοχής τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Επίσης, ο έλεγχος για τη βελτίωση της μαθησιακής επίδοσης γίνεται με την σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από το αρχικό τεστ και από το τελικό τεστ.

2.18.1 Περιγραφή των εργαλείων αξιολόγησης

Τα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογηθούν οι επιδόσεις των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση, είναι το αρχικό και το τελικό τεστ. Τα τεστ αυτά αποτελούνταν από 20 ερωτήσεις.

Οι ερωτήσεις έχουν ως στόχο την αξιολόγηση των μαθητών σε βασικές γνώσεις της Χημικής Κινητικής και της θεωρίας συγκρούσεων. Περιέχουν, δηλαδή, ερωτήσεις που αφορούν την έννοια της ενέργειας ενεργοποίησης, την αναγνώριση και τη ερμηνεία ενεργειακών διαγραμμάτων, την διάκριση της μεταβατικής κατάστασης και ενδιάμεσου προϊόντος, την διάκριση μεταξύ ενέργειας ενεργοποίησης και συνολικής ενεργειακής μεταβολής, την επίδραση που έχει η θερμοκρασία σε μια αντίδραση, τον ρόλο του καταλύτη και την εφαρμογή της θεωρίας σε νέα προβλήματα.

2.18.2 Παρουσίαση των ατομικών αποτελεσμάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται η επίδοση κάθε μαθητή στο αρχικό τεστ και στο τελικό τεστ.

Πίνακας 1

Μαθητής	Αρχικό τεστ /20	Τελικό τεστ/20
M1	11	17
M2	12	17

M3	8	13
M4	11	15
M5	7	12
M6	8	13
M7	12	17
M8	10	14
M9	7	12
M10	11	16
M11	12	18
M12	9	15
M13	10	15
M14	8	12
M15	10	14
M16	12	18
M17	10	15
M18	9	15
M19	8	12
M20	11	18

2.18.3 Επεξεργασία αποτελεσμάτων

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή που προκύπτουν από τα αποτελέσματα των τεστ.

Πίνακας Β.2

Δείκτης	Αρχικό τεστ	Τελικό τεστ
Αριθμός μαθητών	20	20
Μέσος όρος	10,30	14,90
Ελάχιστη επίδοση	7	12
Μέγιστη επίδοση	12	18

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως μετά την ολοκλήρωση της κύριας διδακτικής παρέμβασης, υπήρξε εμφανής βελτίωση στην επίδοση των μαθητών.

2.18.4 Ανάλυση της επίδοσης ως προς τις γνωστικές περιοχές

Εκτός όμως, από τη συνολική επίδοση, σημαντική είναι και η βελτίωση που μπορεί να παρουσιάζει η επίδοση των μαθητών σε κάποια κομμάτια της θεωρίας που εξετάστηκαν.

Υπάρχουν κάποιες έννοιες που χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή κατά την παρουσίαση τους, και απαιτούν περισσότερη εξήγηση και επεξεργασία.

Από τις απαντήσεις που δόθηκαν στο αρχικό τεστ, οι ερωτήσεις που αφορούσαν την διάκριση μεταβατικής κατάστασης και ενδιάμεσου προϊόντος, τη διάκριση μεταξύ E_a και ΔH , την ερμηνεία ενεργειακών διαγραμμάτων και την σύνδεση της θεωρίας συγκρούσεων με τη Θεωρία Μεταβατικής Κατάστασης, έδειξαν πως τα συγκεκριμένα κομμάτια της θεωρίας δυσκολεύουν τους μαθητές, δημιουργώντας παρανοήσεις.

Μετά την διδακτική παρέμβαση, όπως ήταν αναμενόμενο φάνηκε η βελτίωση στις έννοιες αυτές, καθώς όλες οι δυσκολίες και οι παρανοήσεις που εμφάνισαν οι μαθητές, καθόρισαν τον σχεδιασμό των φύλλων εργασίας και της διδακτικής διαδικασίας.

2.18.5 Ερμηνεία των αποτελεσμάτων

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές, παρατηρείται μια θετική μεταβολή στην επίδοση τους μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης.

Η αύξηση στον μέσο όρο από 10,30 σε 14,90, στις 20 ερωτήσεις δείχνει ότι οι μαθητές, μετά τη διδασκαλία, κατάφεραν να απαντήσουν σωστά σε περισσότερες ερωτήσεων σχετικές με τη Θεωρία Μεταβατικής Κατάστασης και τη Χημική Κινητική.

Η βελτίωση αυτή, πιθανόν να συνδέεται και με τον τρόπο με τον οποίο οργανώθηκε η διδασκαλία. Όλα τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν, όπως η αξιοποίηση ενεργειακών διαγραμμάτων, η ενεργοποίηση γνώσεων που ήδη είχαν οι μαθητές, η διερεύνηση και η χρήση των φύλλων εργασίας και η χρήση του ψηφιακού εργαστηρίου, έδωσαν στους μαθητές περισσότερες ευκαιρίες για να επεξεργαστούν και να αντιληφθούν βασικές έννοιες. Πολύ σημαντικό ρόλο στην βελτίωση της επίδοσης των μαθητών, έχει επίσης η αντιμετώπιση και η διόρθωση των παρανοήσεων. Η μεταβατική κατάσταση συχνά μπορεί να συγχέεται από τους μαθητές με ένα ενδιάμεσο προϊόν, ενώ η ενέργεια ενεργοποίησης σε πολλές περιπτώσεις συγχέεται με τη συνολική ενεργειακή μεταβολή της αντίδρασης. Η αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών με επιτυχία, μέσα από ενεργειακά διαγράμματα και δραστηριότητες βοηθά ουσιαστικά στη βελτίωση της κατανόησης εννοιών.

2.18.6 Απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα

Στην αρχή του σχεδιασμού της διδακτικής παρέμβασης τέθηκαν ορισμένα ερωτήματα, τα οποία είχαν ως σκοπό κατά την ολοκλήρωση της διδακτικής διαδικασίας να βοηθήσουν στην αξιολόγηση της σε σχέση με την αποτελεσματικότητα της.

Ερευνητικό ερώτημα I

Πόσο αλλάζει η επίδοση των μαθητών μετά την διδακτική παρέμβαση;

Η σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών μεταξύ του αρχικού και του τελικού τεστ, έδειξε πως υπήρξε βελτίωση και πως οι μαθητές κατάφεραν να καταλάβουν την θεωρία. Ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των μαθητών στο αρχικό τεστ ήταν 10,30, ενώ ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων στο τελικό τεστ αυξήθηκε σε 14,90.

Ερευνητικό ερώτημα II

Ποιες εννοιολογικές δυσκολίες εμφανίζονται πριν και μετά την παρέμβαση;

Πριν από την παρέμβαση, οι μαθητές περιμένουμε να δυσκολεύονται κυρίως στη διάκριση βασικών εννοιών της θεωρίας μεταβατικής κατάστασης, όπως:

- η μεταβατική κατάσταση θεωρείται ενδιάμεσο προϊόν της αντίδρασης,
- η ενέργεια ενεργοποίησης συγχέεται με τη μεταβολή της ενθαλπίας,
- θεωρείται ότι η ταχύτητα της αντίδρασης επηρεάζεται από τη μεταβολή της ενθαλπίας.

Η παρέμβαση, στοχεύει στην αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών, με εξήγηση και αναλυτική παρουσίαση της θεωρίας σε σχέση με την έννοια της μεταβατικής κατάστασης, με επεξεργασία και μελέτη των ενεργειακών διαγραμμάτων και με συζήτηση των διάφορων παρανοήσεων. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στο ότι η μεταβατική κατάσταση είναι μια υψηλής ενέργειας και ασταθής δομή και δεν αποτελεί ενδιάμεσο προϊόν.

Μετά την παρέμβαση, λοιπόν, οι μαθητές περιμένουμε να είναι σε θέση να διακρίνουν τη μεταβατική κατάσταση, το ενεργειακό μέγιστο, την ενέργεια ενεργοποίησης και την μεταβολή της ενέργειας ενθαλπίας και να αξιοποιούν τα δεδομένα μιας άσκησης και να την λύνουν σωστά.

Η αξιολόγηση της βελτίωσης στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών και στην αντιμετώπιση λανθασμένων συμπερασμάτων, γίνεται όχι μόνο με τη σύγκριση αρχικού και τελικού τεστ

αλλά και από τις απαντήσεις, τις αιτιολογήσεις, τα φύλλα εργασίας και τη συμμετοχή των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Ερευνητικό ερώτημα III

Σε ποιο βαθμό μπορεί να γίνει η μεταφορά της θεωρητικής γνώσης στα νέα προβλήματα;

Κατά την διδακτική παρέμβαση, γίνεται μια αξιολόγηση κατά πόσον έγινε μεταφορά γνώσης μέσω των ερωτήσεων, με την επεξεργασία και την ερμηνεία ενεργειακών διαγραμμάτων καθώς και μέσω της εφαρμογής της γνώσης σε νέα προβλήματα.

Στους μαθητές δόθηκαν φύλλα εργασίας με τη βοήθεια των οποίων προσπάθησαν να εφαρμόσουν όλα όσα διδάχθηκαν και να εξοικειωθούν με την θεωρία και τις διάφορες έννοιες σε σχέση με την ταχύτητα, την μεταβατική κατάσταση, τους καταλύτες και την ενέργεια του συστήματος.

Επιπλέον, κατά τη δεύτερη διδακτική ώρα έγινε χρήση της προσομοίωσης PhET – Reactions & Rates, που φάνηκε να βοηθά τους μαθητές.

Επομένως, αν η διδασκαλία ήταν επιτυχής όσον αφορά τη μεταφορά της γνώσης, μπορεί να διαπιστωθεί από το αν οι μαθητές μπορούν τελικά να χρησιμοποιήσουν σωστά τις νέες έννοιες και να αντιμετωπίσουν με επιτυχία ένα νέο πρόβλημα, χωρίς να έχουν την βοήθεια λυμένου παραδείγματος ή του εκπαιδευτικού.

2.18.7 Περιορισμοί στην χρήση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων

Από τη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση προέκυψαν κάποια συμπεράσματα σημαντικά για την επίδοση των μαθητών. Τα αποτελέσματα αυτά βοηθούν ώστε να προκύψουν συμπεράσματα σε σχέση με την σωστά οργανωμένη διδασκαλία, η οποία γίνεται χρησιμοποιώντας και τα κατάλληλα μέσα. Όμως υπάρχουν και ορισμένοι περιορισμοί από την μελέτη αυτής της εφαρμογής που δεν επιτρέπουν την γενίκευση των αποτελεσμάτων στο σύνολο των μαθητών.

Το δείγμα των μαθητών ήταν μικρό και σε φροντιστηριακό πλαίσιο, δηλαδή εφαρμόστηκε σε μια μικρή ομάδα μαθητών με χαρακτηριστικά και δεξιότητες διαφορετικές σε σχέση με το σύνολο των μαθητών που φοιτούν σε διαφορετικές εκπαιδευτικές δομές.

Επομένως, τα αριθμητικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην συγκεκριμένη εργασία και τα συμπεράσματα που προκύπτουν, δεν μπορούν να αξιοποιηθούν και να χρησιμοποιηθούν ως ερευνητικά δεδομένα για το σύνολο των μαθητών που συμμετέχουν σε μια εκπαιδευτική διαδικασία.

2.18.8 Συμπεράσματα

Η ανάλυση που έγινε για τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν από τα τεστ που δόθηκαν στους μαθητές, δείχνει μια θετική μεταβολή στην επίδοση τους μετά την διδακτική παρέμβαση, αφού ο μέσος όρος στην επίδοση των μαθητών παρουσίασε αύξηση από 10,30 στο αρχικό τεστ σε 14,90 στο τελικό τεστ.

Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ίσως μπορέσουν να εξηγήσουν πως μια διδακτική προσέγγιση σχεδιασμένη κατάλληλα ώστε να συνδυάζει τα ενεργειακά διαγράμματα, την υπενθύμιση παλαιότερων γνώσεων, την παρουσίαση και την εξήγηση της θεωρίας που μελετάται με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού και τα φύλλα εργασίας, προσφέρουν ουσιαστική βοήθεια στην κατανόηση της Θεωρίας Μεταβατικής Κατάστασης από μαθητές της Γ' Λυκείου.

Όμως, αυτά τα συμπεράσματα που προκύπτουν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και να αξιολογηθούν αυστηρά στα όρια της συγκεκριμένης εκπαιδευτικής εφαρμογής και όχι ως γενικά αποτελέσματα που αφορούν το σύνολο των μαθητών της Γ' Λυκείου.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

Δερμιτζάκης, Μ., & Ιωαννίδη, Β. (2004). Ο σύγχρονος ρόλος του εκπαιδευτικού – Αξιοποίηση αρχών της προαγωγής της υγείας στην εκπαιδευτική διαδικασία. *Τιμητικός Τόμος Λουκά Σπάρου*, 329–339.

Δημητράκος, Δ. (1991). Επιστημονική γνώση και κριτική σκέψη. *Επιθεώρηση Κοινωνικών Ερευνών*, 82, 3–11. doi.org.

Κατάκης, Δ., & Πνευματικάκης, Γ. (1983). *Πανεπιστημιακή Ανόργανος Χημεία (Τεύχος Α')*. Ο.Ε.Δ.Β. (Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων).

Κλούρας, Ν. Δ. (1999). *Βασική ανόργανη χημεία*. Π. Τραυλός.

Κούτμος, Π., Δόγκας, Ε., Πατεράκης, Γ. και Σούφλας, Κ. (2015) *Εισαγωγή στις βασικές αρχές της θεωρίας και της τεχνολογίας της καύσης* [Κεφάλαιο: Χημική κινητική]. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών - Κάλλιπος

Κουτσελίνη - Ιωαννίδου, Μ. (2010). Η έρευνα δράσης ως εκπαιδευτική διαδικασία ανάπτυξης εκπαιδευτικών και εκπαιδευομένων. *Action Researcher in Education*, 2, 4–9.

Μαντάς, Π., Ταβουλάρη, Ζ., & Δαλαβίκας, Θ. (2009). Αξιολόγηση του εκπαιδευτικού έργου. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 15, 195–209.

Μολοχίδης, Τ., Καριώτογλου, Π., & Ψύλλος, Δ. (2007). Η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου ως σχεδιαστική αρχή ανάπτυξης επιμορφωτικών προγραμμάτων: Αξιολόγηση μιας μελέτης περίπτωσης. *Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 5, 514–522.

Παπαστεφάνου, Σ., & Λάλια-Καντούρη, Μ. (2012). *Γενική και ανόργανη χημεία*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.

Τσακίρη, Δ., Καπετανίδου, Μ. Μ., Τσατσαρώνη, Α., Κούρου, Μ., Μαυρίκης, Γ., Δημόπουλος, Κ., & Αναγνωστοπούλου, Κ. (2011). *Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη κριτικής-δημιουργικής σκέψης για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Αθήνα: Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων / Ο.Ε.Π.ΕΚ.

Χαμηλάκης, Σ. (2015). *Θερμοδυναμική και κινητική των αντιδράσεων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Shriver, D. F., Atkins, P. W., & Langford, C. H. (1994). *Inorganic chemistry* (2nd ed.). Oxford University Press.

Bernstein, R. B. (Ed.). (2013). *Atom-molecule collision theory: a guide for the experimentalist*. Springer Science & Business Media.

Chang, R. (2010). *Chemistry* (10th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage.

Child, M. S. (1996). *Molecular collision theory*. Mineola, New York: Courier Corporation.

Douglas, B. E., McDaniel, D. H., & Alexander, J. J. (1994). *Concepts and models of inorganic chemistry* (Vol. 928). New York: Wiley.

Ebbing, D. (1989). Teaching descriptive chemistry in the general chemistry course. *Abstracts of Papers of the American Chemical Society, 198*, 115-CHED. Washington, DC: American Chemical Society.

Espenson, J. H. (1995). *Chemical kinetics and reaction mechanisms* (Vol. 102, p. 296). New York: McGraw-Hill.

Herron, J. D., & Nurrenbern, S. C. (1999). Chemical education research: Improving chemistry learning. *Journal of Chemical Education, 76*(10), 1353–1361.

Hofmann, S., Csanyi, G., Ferrari, A. C., Payne, M. C., & Robertson, J. (2005). Surface diffusion: The low activation energy path for nanotube growth. *Physical Review Letters, 95*(3), 036101.

Holbrook, J. (2005). Making chemistry teaching relevant. *Chemical Education International, 6*(1), 1–12.

Gillespie, R. J. (1997). The great ideas of chemistry. *Journal of Chemical Education, 74*(7), 862–865.

Laidler, K. J. (1984). The development of the Arrhenius equation. *Journal of Chemical Education, 61*(6), 494–498.

Lazar, S. (2015). The importance of educational technology in teaching. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 3(1), 111–114.)

Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière: Des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Bern, Switzerland: Peter Lang.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). *Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge*. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.

Obaya Valdivia, A. E., Vargas-Rodríguez, Y. M., Giammatteo, L., & Ruiz Solórzano, C. (2019). The role of educational research in teaching chemistry. *International Journal of Development Research*, 9(1), 25253–25257.

Pauling, L. (1988). *General chemistry*. Mineola, New York: Courier Corporation.

Petrucchi, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2017). *General chemistry: Principles and modern applications* (11th ed.). Boston, MA: Pearson.

Roblyer, M., & Doering, A. H. (2007). *Integrating educational technology into teaching*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. doi.org

Steinfeld, J. I., Francisco, J. S., & Hase, W. L. (1999). *Chemical kinetics and dynamics* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Wells, A. F. (2012). *Structural inorganic chemistry*. New York, NY: Oxford University Press.

Παραρτήματα

Παράρτημα 1

Αρχικό τεστ

20 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής — 20 μονάδες

1. Ποια είναι βασική προϋπόθεση για μια αποτελεσματική σύγκρουση;
Α. Επαρκής ταχύτητα
Β. Κατάλληλος προσανατολισμός και επαρκής ενέργεια
Γ. Υψηλή πίεση
Δ. Υψηλή θερμοκρασία
2. Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι:
Α. Η ενέργεια των προϊόντων
Β. Η ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για την υπέρβαση του ενεργειακού φραγμού
Γ. Η ΔΗ
Δ. Η θερμότητα της αντίδρασης
3. Σε ένα ενεργειακό διάγραμμα, η μεταβατική κατάσταση βρίσκεται:
Α. Στο χαμηλότερο σημείο
Β. Στην αρχή
Γ. Στην κορυφή του ενεργειακού φραγμού
Δ. Πάντα στα προϊόντα
4. Η μεταβατική κατάσταση είναι:
Α. Σταθερό προϊόν
Β. Ασταθής διαμόρφωση υψηλής ενέργειας
Γ. Πάντα ενδιάμεσο προϊόν
Δ. Καταλύτης
5. Η μεταβατική κατάσταση και το ενδιάμεσο προϊόν είναι:
Α. όμοιες έννοιες
Β. Διαφορετικές έννοιες
Γ. Πάντα ταυτόσημα
Δ. Δύο διαφορετικά προϊόντα
6. Αν τα αντιδράντα έχουν ενέργεια 40 kJ και η μεταβατική κατάσταση 90 kJ, η ενέργεια ενεργοποίησης E_a είναι:
Α. 40 kJ
Β. 50 kJ
Γ. 90 kJ
Δ. 130 kJ
7. Αν τα αντιδράντα έχουν ενέργεια 80 kJ και τα προϊόντα 30 kJ, η μεταβολή της ενθαλπίας ΔΗ είναι:
Α. +50 kJ
Β. -50 kJ
Γ. +110 kJ
Δ. -110 kJ
8. Μια αντίδραση που έχει υψηλή ενέργεια ενεργοποίησης E_a θα είναι:
Α. Ταχύτερη
Β. Βραδύτερη

- Γ. $+110 \text{ kJ}$
 Δ. -110 kJ
8. Μια αντίδραση που έχει υψηλή ενέργεια ενεργοποίησης E_a θα είναι:
 Α. Ταχύτερη
 Β. Βραδύτερη
 Γ. Πάντα εκρηκτική
 Δ. Ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία
9. Η αύξηση της θερμοκρασίας συνήθως οδηγεί σε:
 Α. Μείωση της κινητικής ενέργειας
 Β. Αύξηση των αποτελεσματικών συγκρούσεων
 Γ. Μηδενισμό της ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Δ. Αλλαγή των προϊόντων
10. Ο καταλύτης:
 Α. Αυξάνει την ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Β. οδηγεί σε μια διαφορετική πορεία με μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Γ. Αλλάζει πάντα τη μεταβολή της ενθαλπίας ΔH
 Δ. Καταναλώνεται πλήρως
11. Μια εξώθερμη αντίδραση:
 Α. Είναι υποχρεωτικά γρήγορη
 Β. Μπορεί να είναι αργή αν έχει μεγάλη ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Γ. Δεν έχει ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Δ. Δεν έχει ενεργειακό φραγμό
12. Αν η ενέργεια ενεργοποίησης E_a είναι 70 kJ/mol και η ενέργεια των αντιδρώντων 25 kJ/mol , η ενέργεια της μεταβατικής κατάστασης είναι:
 Α. 45 kJ/mol
 Β. 70 kJ/mol
 Γ. 95 kJ/mol
 Δ. 25 kJ/mol
13. Ποια πρόταση είναι σωστή;
 Α. Η ενέργεια ενεργοποίησης E_a είναι ίση πάντα με τη ΔH
 Β. Η ενέργεια ενεργοποίησης E_a είναι ένας ενεργειακός φραγμός σε μια αντίδραση
 Γ. Η ενέργεια ενεργοποίησης E_a είναι η ενέργεια των προϊόντων
 Δ. Η ενέργεια ενεργοποίησης E_a δεν επηρεάζει την ταχύτητα
14. Η Θεωρία Μεταβατικής Κατάστασης εστιάζει κυρίως:
 Α. Στην ατομική μάζα
 Β. Στη διαμόρφωση υψηλής ενέργειας κατά τη μετάβαση προς τα προϊόντα
 Γ. Στο χρώμα των ουσιών
 Δ. Στον όγκο του δοχείου
15. Υψηλότερο ενεργειακό μέγιστο σε ένα διάγραμμα σημαίνει:
 Α. Μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Β. Μεγαλύτερο ενεργειακό φραγμό
 Γ. Μηδενική ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Δ. Πάντα μικρότερη μεταβολή ενθαλπίας ΔH
16. Ποια ακολουθία είναι ορθή;
 Α. Αντιδρώντα $\rightarrow$ ενεργειακός φραγμός $\rightarrow$ μεταβατική κατάσταση $\rightarrow$ προϊόντα
 Β. Προϊόντα $\rightarrow$ ενέργεια ενεργοποίησης E_a $\rightarrow$ αντιδρώντα

- Γ. Καταλύτης $\rightarrow$ προϊόν $\rightarrow$ ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 Δ. Μεταβολή ενθαλπίας $\Delta H \rightarrow$ σύγκρουση $\rightarrow$ αντιδρώντα
17. Η παρουσία του καταλύτη επηρεάζει κυρίως:
- Α. Την ενεργειακή πορεία και την ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 - Β. Την ατομική μάζα
 - Γ. Την ταυτότητα των στοιχείων
 - Δ. Πάντα τη ΔH
18. Αν δύο αντιδράσεις έχουν ίδια μεταβολή ενθαλπίας ΔH αλλά διαφέρουν στην ενέργεια ενεργοποίησης E_a , τότε μεγαλύτερη ταχύτητα έχει εκείνη με:
- Α. Την μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 - Β. Την μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 - Γ. Τη μεγαλύτερη μεταβολή ενθαλπίας ΔH
 - Δ. Τη μικρότερη θερμοκρασία
19. Η μεταβατική κατάσταση θεωρείται ως:
- Α. Σταθερό ενδιάμεσο
 - Β. Κορυφή του ενεργειακού φραγμού
 - Γ. Τελικό προϊόν
 - Δ. Καταλύτης
20. Ποια πρόταση συνδέει καλύτερα τη θεωρία συγκρούσεων με την θεωρία της μεταβατικής κατάστασης;
- Α. Κάθε σύγκρουση δημιουργεί προϊόντα
 - Β. Οι αποτελεσματικές συγκρούσεις συνδέονται με την υπέρβαση του ενεργειακού φραγμού προς τη μεταβατική κατάσταση
 - Γ. Δεν υπάρχει σχέση
 - Δ. Η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης αφορά μόνο τη θερμοκρασία

Παράρτημα 2

Τελικό τεστ

1. Η μεταβατική κατάσταση είναι:
Α. Σταθερό προϊόν
Β. Ασταθής διαμόρφωση υψηλής ενέργειας
Γ. Καταλύτης
Δ. Αντιδρών
2. Η E_a σε ένα διάγραμμα ενέργειας μετριέται από:
Α. Τα προϊόντα προς τα αντιδρώντα
Β. Τα αντιδρώντα προς τη μεταβατική κατάσταση
Γ. Τα προϊόντα προς τη μεταβατική κατάσταση
Δ. Τη μεταβολή ενθαλπίας ΔH προς τα προϊόντα
3. Αν τα αντιδρώντα έχουν 40 kJ και η μεταβατική κατάσταση 100 kJ, η E_a είναι:
Α. 40
Β. 60
Γ. 100
Δ. 130 kJ
4. Αν τα αντιδρώντα έχουν 70 kJ και τα προϊόντα 30 kJ, η μεταβολή ενθαλπίας ΔH είναι:
Α. +40
Β. -40
Γ. +80
Δ. -80 kJ
5. Μπορεί μια εξώθερμη αντίδραση να πραγματοποιείται με μικρή ταχύτητα;
Α. Όχι
Β. Ναι, εάν έχει μεγάλο ενεργειακό φραγμό
Γ. Μόνο σε χαμηλή πίεση
Δ. Ποτέ
6. Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε:
Α. Αύξηση της μέσης κινητικής ενέργειας
Β. Μηδενισμό της E_a
Γ. Αλλαγή της ΔH
Δ. Τερματισμό της αντίδρασης

7. Ο ρόλος του καταλύτη είναι να επιταχύνει την αντίδραση επειδή:
- A. Αυξάνει τη μεταβολή ενθαλπίας ΔH
 - B. Παρέχει εναλλακτική πορεία μικρότερης E_a
 - Γ. Προκαλεί αύξηση στη μάζα των αντιδρώντων
 - Δ. Αφαιρεί τα προϊόντα
8. Ποια πρόταση είναι λάθος;
- A. Η μεταβατική κατάσταση είναι μια ασταθής δομή
 - B. Η μεταβατική κατάσταση είναι σταθερό και ενδιάμεσο προϊόν
 - Γ. Η E_a είναι ο ενεργειακός φραγμός για μια αντίδραση
 - Δ. Η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης ερμηνεύει την ενεργειακή πορεία
9. Δύο αντιδράσεις έχουν ίδια μεταβολή ενθαλπίας ΔH . Η A έχει $E_a=25 \text{ kJ/mol}$ και η B $E_a=75 \text{ kJ/mol}$. Ποια περιμένουμε να γίνει με μεγαλύτερη ταχύτητα;
- A. A
 - B. B
 - Γ. και οι δύο θα έχουν την ίδια ταχύτητα
 - Δ. Η B
10. Με τη χρήση του καταλύτη:
- A. Μηδενίζεται η μεταβολή ενθαλπίας ΔH
 - B. Δεν αλλάζει η μεταβολή ενθαλπίας ΔH της αντίδρασης
 - Γ. Αλλάζουν τα προϊόντα που θα προκύψουν
 - Δ. Μηδενίζεται την ενέργεια
11. Η μεταβατική κατάσταση βρίσκεται:
- A. Πριν από τα αντιδρώντα
 - B. Στην κορυφή του ενεργειακού φραγμού
 - Γ. Πάντα στα προϊόντα
 - Δ. Σε μηδενική ενέργεια
12. Αν η ενέργεια των αντιδρώντων είναι 85 kJ και ενέργεια ενεργοποίησης είναι $E_a=155 \text{ kJ}$, η ενέργεια της μεταβατικής κατάστασης είναι:
- A. 95 kJ
 - B. 195 kJ
 - Γ. 100 kJ
 - Δ. 85 kJ

13. Η θεωρία συγκρούσεων και η μεταβατική κατάσταση συνδέονται γιατί:
- A. Εξηγούν τη δυνατότητα υπέρβασης του ενεργειακού φραγμού
 - B. Αφορούν μόνο στερεές ουσίες
 - Γ. Δεν σχετίζονται
 - Δ. Ορίζουν τη μεταβολή ενθαλπίας ΔH
14. Μια αποτελεσματική σύγκρουση για να πραγματοποιηθεί έχει ως προϋπόθεση :
- A. τον κατάλληλο προσανατολισμό και την επαρκή ενέργεια των αντιδρώντων
 - B. τη μεγάλη μάζα των αντιδρώντων
 - Γ. την υψηλή πίεση
 - Δ. τη χαμηλή θερμοκρασία
15. Δεν αποτελεί χαρακτηριστικό της μεταβατικής κατάστασης:
- A. Υψηλή ενέργεια
 - B. Ενεργειακό μέγιστο
 - Γ. Σταθερό ενδιάμεσο προϊόν
 - Δ. Αστάθεια
16. Αν αυξηθεί η ενέργεια ενεργοποίησης E_a , διατηρώντας τις υπόλοιπες παραμέτρους σταθερές, θα έχουμε:
- A. Αύξηση στην ταχύτητα
 - B. Μείωση στην ταχύτητα
 - Γ. Καμία αλλαγή
 - Δ. Αλλαγή στα προϊόντα
17. Ο καταλύτης:
- A. Προσφέρει έναν διαφορετικό μηχανισμό
 - B. Μετατρέπεται σε τελικό προϊόν
 - Γ. Αυξάνει υποχρεωτικά τη μεταβολή ενθαλπίας ΔH
 - Δ. Καταργεί τη μεταβατική κατάσταση
18. Η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των αντιδρώντων και της κορυφής του διαγράμματος αντιστοιχεί στην:
- A. μεταβολή ενθαλπίας ΔH
 - B. ενέργεια ενεργοποίησης E_a
 - Γ. Ενέργεια προϊόντων
 - Δ. Θερμοκρασία
19. Το ενεργοποιημένο σύμπλοκο δεν μπορεί να απομονωθεί γιατί :
- A. Είναι μια ασταθής δομή με υψηλή ενέργεια
 - B. Δεν περιέχει άτομα
 - Γ. Δεν έχει ενέργεια
 - Δ. Είναι ο καταλύτης της αντίδρασης
20. Ποια πρόταση εξηγεί πιο σωστά τη Θεωρία Μεταβατικής Κατάστασης;
- A. Η αντίδραση οδεύει, ξεπερνώντας τον ενεργειακό φραγμό του ενεργοποιημένου συμπλόκου
 - B. Η ταχύτητα εξαρτάται μόνο από τη μεταβολή της ενθαλπίας ΔH
 - Γ. Όλες οι συγκρούσεις που γίνονται μεταξύ των αντιδρώντων είναι αποτελεσματικές
 - Δ. Ο καταλύτης έχει την δυνατότητα να αλλάζει τα προϊόντα της αντίδρασης.

Παράρτημα 3

Φύλλο εργασίας 1

Δραστηριότητα 1 – Πρότερες γνώσεις

1. Είναι κάθε σύγκρουση μεταξύ σωματιδίων αποτελεσματική; Εξήγησε.

.....
.....

2. Τι είναι η ενέργεια ενεργοποίησης σε μια αντίδραση;

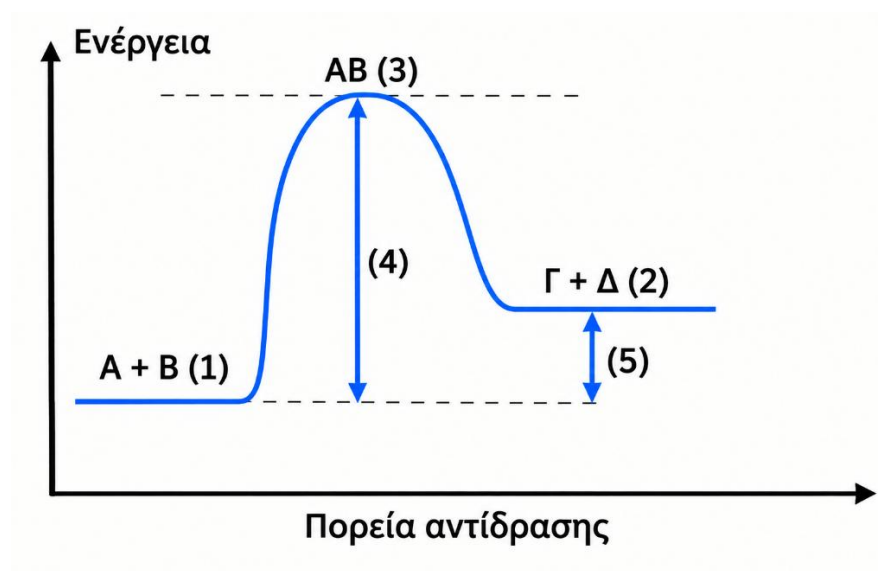
.....

3. Πότε μια σύγκρουση είναι αποτελεσματική ;

.....

Δραστηριότητα 2 – Ενεργειακό διάγραμμα

Μελέτησε το παρακάτω απλοποιημένο διάγραμμα:



1. Ποιος είναι ο αριθμός που αντιστοιχεί στα αντιδρώντα;
2. Ποιος είναι αριθμός που αντιστοιχεί στα προϊόντα;
3. Ποιος είναι αριθμός που αντιστοιχεί στη μεταβατική κατάσταση;
4. Γιατί η μεταβατική κατάσταση βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο;

Δραστηριότητα 3 – Κατανόηση της μεταβατικής κατάστασης

Συμπλήρωσε:

Η μεταβατική κατάσταση είναι μια _____ και _____ δομή του συστήματος και βρίσκεται στην κορυφή του _____. Δεν αποτελεί _____ προϊόν μιας _____.

Πρόταση	Σωστό Λάθος	
Η μεταβατική κατάσταση είναι το τελικό προϊόν μιας αντίδρασης.	☐	☐
Η μεταβατική κατάσταση δεν έχει υψηλή ενέργεια.	☐	☐
Η μεταβατική κατάσταση είναι σταθερό ενδιάμεσο προϊόν.	☐	☐
Η μεταβατική κατάσταση σχετίζεται με την κορυφή του ενεργειακού φραγμού.	☐	☐

Δραστηριότητα 4 – Υπολογίζω ενέργεια ενεργοποίησης E_a και μεταβολή ενθαλπίας ΔH

Δίνονται:

- Ενέργεια αντιδρώντων = 60 kJ
- Ενέργεια μεταβατικής κατάστασης = 120 kJ
- Ενέργεια προϊόντων = 350 kJ

1. Υπολόγισε την ενέργεια ενεργοποίησης E_a .
2. Υπολόγισε τη μεταβολή ενθαλπίας ΔH .
3. Η αντίδραση είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη;
4. Γιατί η ενέργεια ενεργοποίησης E_a και η μεταβολή ενθαλπίας ΔH δεν είναι το ίδιο μέγεθος;

Παράρτημα 4

Φύλλο εργασίας 2

Δραστηριότητα 1 – Πως επιδρά η θερμοκρασία σε μια αντίδραση

1. Τι θα συμβεί στη μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων με την αύξηση της θερμοκρασίας;
2. Πως επηρεάζεται ο αριθμός των σωματιδίων που μπορούν να υπερβούν τον ενεργειακό φραγμό;
3. Πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα της αντίδρασης με την αύξηση της θερμοκρασίας;

Δραστηριότητα 2 – Πως επιδρά η μεταβολή της συγκέντρωσης

1. Τι συμβαίνει στη μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων όταν αυξάνεται η συγκέντρωση;
2. Πως επηρεάζεται ο αριθμός των αντιδρώντων μορίων που μπορούν να υπερβούν τον ενεργειακό φραγμό;
3. Πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα της αντίδρασης με αύξηση της συγκέντρωσης;

Δραστηριότητα 3– Πως επιδρά στην αντίδραση η παρουσία καταλύτη

Ο καταλύτης προσφέρει μια εναλλακτική πορεία στην αντίδραση με μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης.

1. Γιατί αυτό οδηγεί και σε αύξηση της ταχύτητας;

.....

2. Τι θα συμβεί στην ενέργεια ενεργοποίησης E_a ;

.....

3. Τι θα παραμείνει σταθερό κατά την χρήση καταλύτη σε μια αντίδραση;

.....

Δραστηριότητα 4 – Εντοπίζω παρανοήσεις

Ένας μαθητής υποστηρίζει:

«Η μεταβατική κατάσταση είναι το ενδιάμεσο προϊόν της αντίδρασης.»

Συμφωνείς ή διαφωνείς; Διόρθωσε την πρόταση αν χρειάζεται.

.....

.....

Ένας άλλος μαθητής υποστηρίζει ότι:

«Αν μια αντίδραση είναι εξώθερμη, είναι και υποχρεωτικά γρήγορη.»

Συμφωνείς ή διαφωνείς; Αιτιολόγησε.

.....

Δραστηριότητα 5 – Εφαρμογή

Έχουμε δύο αντιδράσεις:

- Αντίδραση A: $E_a = 455 \text{ kJ/mol}$
- Αντίδραση B: $E_a = 25 \text{ kJ/mol}$

Οι δύο αντιδράσεις έχουν την ίδια μεταβολή ενθαλπίας ΔH .

1. Ποια περιμένουμε να έχει μεγαλύτερη ταχύτητα στην ίδια θερμοκρασία;

.....

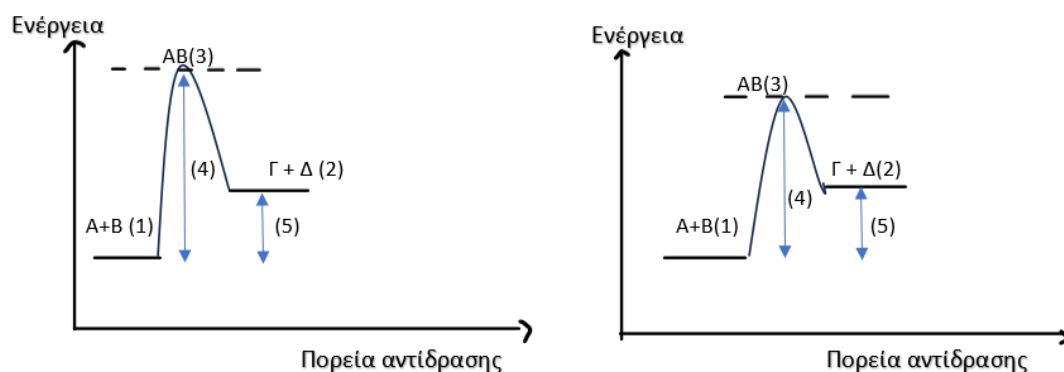
2. αιτιολόγησε την παραπάνω απάντηση σου;

.....

3. Σε ποια από τις δύο θα σχηματιστεί πιο εύκολα το ενεργοποιημένο σύμπλοκο;

.....

Δραστηριότητα 6 – ενεργειακό διάγραμμα



Η αντίδραση $A + B \rightarrow \Gamma + \Delta$, έγινε απουσία και παρουσία καταλύτη.

Η παρουσία του:

1. Επηρέασε την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης; Αν ναι, πως;
2. Επηρέασε την μεταβολή ενθαλπίας; Αν ναι, πως;

Η αύξηση στην συγκέντρωση του αντιδρώντος A ή B, θα οδηγήσει σε κάποια αλλαγή στα δύο διαγράμματα;

Παράρτημα 5

φύλλο απαντήσεων και οδηγός εκπαιδευτικού

Απαντήσεις στο αρχικό τεστ

1B, 2B, 3Γ, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9B, 10B, 11B, 12Γ, 13B, 14B, 15B, 16A, 17A, 18B, 19B, 20B.

Απαντήσεις στο τελικό τεστ

1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6A, 7B, 8B, 9A, 10B, 11B, 12Γ, 13A, 14A, 15Γ, 16B, 17A, 18B, 19A, 20A.

Παράρτημα 6

Πλάνο μικροδιδασκαλίας

1 ^η Διδακτική ώρα			
Φάση	Χρόνος	Δραστηριότητα	Στόχος
Ενεργοποίηση	5΄	Ερωτήσεις σχετικές με τις αποτελεσματικές συγκρούσεις	Εντοπισμός προηγούμενων γνώσεων
Αξιολόγηση	20΄	Συμπλήρωση αρχικού τεστ	Παρατήρηση εννοιολογικών δυσκολιών πριν την παρέμβαση
Διεύρυνση	10΄	Εισαγωγή στην μεταβατική κατάσταση - Σύνδεση με την ενέργεια ενεργοποίησης	Διάρθρωση εννοιών
Κύρια διδασκαλία	10΄	Επεξεργασία ενεργειακού διαγράμματος	Εξήγηση του ενεργειακού φραγμού
Εφαρμογή	5΄	Φύλλο εργασίας 1 και διαγράμματα	Μεταφορά γνώσης
Ανατροφοδότηση	5΄	Συζήτηση για πιθανές απορίες και παρανοήσεις	Κατανόηση και παγίωση της θεωρίας
Αξιολόγηση	5΄	Σύντομος έλεγχος	Έλεγχος επίτευξης στόχων

2 ^η Διδακτική ώρα				
Φάση	Χρόνος	Δραστηριότητα		Στόχος
Ενεργοποίηση	5'	Ερωτήσεις σχετικές με την μεταβατική κατάσταση και τα ενεργειακά διαγράμματα		Εντοπισμός προηγούμενων γνώσεων
Διεύρυνση	10'	Αναφορά ταχύτητα αντίδρασης	στην μια και	Σύνδεση ταχύτητας και θερμοδυναμικών εννοιών
Κύρια διδασκαλία	15'	Εισαγωγή στους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης και της δράσης των καταλυτών στον μηχανισμό μιας αντίδρασης.		Κατανόηση βασικών εννοιών της θεωρίας
Προσομοίωση μέσω υπολογιστή	10	Ψηφιακό Εργαστήριο (PhET Simulation)	Κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ταχύτητα μιας αντίδρασης και της ενέργειας της μεταβατικής κατάστασης.	
Εφαρμογή	10'	Φύλλο εργασίας 2 και διαγράμματα		Εφαρμογή γνώσης

Ανατροφοδότηση	5'	Συζήτηση για επίλυση αποριών και παρανοήσεων	Καλύτερη αντίληψη της θεωρίας και ορθή ερμηνεία της.
Αξιολόγηση	5'	Σύντομος έλεγχος	Έλεγχος επίτευξης στόχων