ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ – ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΛΥΣΗ



Τασσοπούλου Βασιλική

Τσομπάνογλου Ειρήνη

Χαραλάμπους Αλίκη

Χρούτα Σπυριδούλα

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

1.1 Γενικά

1.2 Είδη καταλυτικών επιφανειών

1.3 Στηριζόμενοι ή μη καταλύτες

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

2.1 Γενικά

2.2 Οι διαφορές ανόργανων – οργανικών καταλυτών

2.3 Μηχανισμός δράσης

2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την δράση των ενζύμων

2.5 Κατάταξη

2.6 Ονοματολογία

2.7 Εφαρμογές - παραδείγματα

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

3.1 Τι είναι οι καταλύτες αυτοκινήτων

3.2 Ποιά είναι η δομή ενός καταλύτη

3.3 Ποια είναι τα είδη των καταλυτών

3.4 Μέταλλα που χρησιμοποιούνται στους καταλυτικούς μετατροπείς

3.5 Καταστροφή καταλύτη

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΛΥΣΗ

* 1. **ΓΕΝΙΚΑ**

**Καταλύτης** ονομάζεται μία χημική ουσία που αλλάζει τη ταχύτητα μιας χημικής αντίδρασης χωρίς όμως να μεταβάλλεται η ίδια. Οι καταλύτες που παράγουν οι ζωντανοί οργανισμοί είναι πρωτεΐνες και ονομάζονται [ένζυμα](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%88%CE%BD%CE%B6%CF%85%CE%BC%CE%BF).

Η ενέργεια υποθετικού χημικού συστήματος συναρτήσει της εξέλιξης της αντίδρασης. Η χημική αντίδραση είναι η Α+Β->ΑΒ και Κ ο καταλύτης. Παρατηρείστε τα δύο ενεργειακά μέγιστα.

Κάθε χημική αντίδραση είναι απλή ή σύνθετη. Στην απλή χημική αντίδραση συμμετέχουν μόνο τα προϊόντα και αντιδρώντα της αντίδρασης, ενώ στη σύνθετη συμμετέχουν και άλλες ουσίες. Μια σύνθετη χημική αντίδραση μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους διαδοχικές απλές αντιδράσεις. Κάθε απλή αντίδραση χαρακτηρίζεται υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες από μία ταχύτητα. Η ταχύτητα μιας σύνθετης αντίδρασης ισούται πρακτικά με την ταχύτητα της πιο αργής απλής αντίδραση που συμμετέχει.

Ο καταλύτης αντικαθιστά τις απλές αντιδράσεις που συμμετέχουν σε μια σύνθετη αντίδραση με άλλες απλές αντιδράσεις, επηρεάζοντας την ταχύτητά τους. Ο χημικός δρόμος που θα ακολουθηθεί από τα αντιδρώντα (αυτός με τον καταλύτη και αυτός χωρίς τον καταλύτη) εξαρτάται από την διαφορά [ενθαλπίας](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BD%CE%B8%CE%B1%CE%BB%CF%80%CE%AF%CE%B1) στις απλές αντιδράσεις, ο δρόμος που χαρακτηρίζεται από το χαμηλότερο ενεργειακό μέγιστο είναι αυτή που ακολουθείται αυθόρμητα. Με άλλα λόγια, ο καταλύτης επιτρέπει να διεξαχθεί η σύνθετη αντίδραση με λιγότερη απορρόφηση [ενέργειας](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1) από το περιβάλλον. Συνήθως ο καταλύτης επιταχύνει την αντίδραση.

**1.2 Είδη καταλυτικών επιφανειών**

Χαρακτηρίζοντας τις καταλυτικές επιφάνειες με βάση τη φυσική τους δομή είναι δυνατόν να κάνουμε τρεις διακρίσεις. Έτσι οι καταλυτικές επιφάνειες διακρίνονται σε:

* Μη πορώδη στερεά, όπως η επιφάνεια ενός μεταλλικού φύλλου.
* Πορώδη στερεά, στα οποία καταλυτικά συμμετέχει και η εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων και των πυθμένων των πόρων (internal surface) εκτός της εξωτερικής τους επιφάνειας (external surface ή geometrical surface). Παράδειγμα πορώδους καταλύτη είναι ο [γαιάνθρακας](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B1%CE%B9%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CF%82). Εδώ θα ορίσουμε ακόμα ένα μέγεθος, την ειδική επιφάνεια (specific surface area) η οποία ισούται με τη συνολική επιφάνεια του καταλύτη ανά μονάδα βάρους καταλύτη. Καταλαβαίνουμε επομένως πως όσο πιο πορώδης είναι ένας καταλύτης τόσο μεγαλύτερη είναι η ειδική επιφάνεια του.
* Στερεά παρασκευαζόμενα με διασπορά μιας καταλυτικά ενεργού φάσης σε ένα πορώδες υλικό, το οποίο ονομάζεται υπόστρωμα (support) ή φορέας (carrier). Ο φορέας μπορεί να είναι καταλυτικά αδρανής μπορεί όμως και όχι. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση αυτό γίνεται προκειμένου το σύνολο του καταλύτη να επιδρά πάνω σε δύο διαφορετικά στάδια της αντίδρασης ταυτόχρονα. Για να είναι ένας στερεός καταλύτης αποτελεσματικός, θα πρέπει να έχει μεγάλη επιφάνεια. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε παρασκευάζοντας τον καταλύτη υπό μορφή πολύ μικρών κόκκων. Οι σχετικές τεχνικές έχουν φτάσει στα όρια των δυνατοτήτων διαίρεσης της ύλης, στην κρυσταλλική κατάσταση, αφού μειώνονται οι διαστάσεις των κόκκων σε μεγέθη της τάξεως του νανόμετρου(10-9 m). Οι «νανοδομές» αυτές δεν είναι δυνατόν να προκύψουν από λειοτρίβηση. Στον κόσμο των «νανόκοκκων» παρουσιάζονται νέες συναρπαστικές ιδιότητες της ύλης. Η μορφολογία του κόκκου είναι σπογγώδης και είναι σύμφωνη με τη «Θεωρία Προσρόφησης» για την ερμηνεία της καταλυτικής δράσης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή τα αντιδρώντα μόρια (αέρια ή υγρά) προσροφώνται στην επιφάνεια του στερεού καταλύτη, οποίος είναι σε λεπτόκοκκο ή σπογγώδη μορφή. Κάτω από της συνθήκες αυτές οι δεσμοί των μορίων εξασθενίζουν ή ακόμα διασπώνται, οπότε υποβοηθείται η αντίδραση. Να παρατηρήσουμε ότι η καταλυτική δράση δεν εκτείνεται σε όλα τα σημεία του καταλύτη, αλλά σε ένα σχετικά πολύ μικρό αριθμό σημείων, που ονομάζονται ενεργά κέντρα του καταλύτη.

**1.3 Στηριζόμενοι ή μη καταλύτες**

Όταν το υπόστρωμα είναι καταλυτικά αδρανές διαλέγεται έτσι ώστε να παρουσιάζει μεγάλη ειδική επιφάνεια, μεγάλη μηχανική αντοχή, θερμική σταθερότητα, κατάλληλο μέγεθος τεμαχιδίων (pellets), σχήμα και κατανομή των πόρων. Αναφέρουμε μερικούς από τους πιο σημαντικούς φορείς: α-Al2O3, γ-Al2O3, SiO2, TiO2, ενεργός άνθρακας (activated carbon) ή ζεόλιθος (zeolite). Οι καταλύτες αυτοί ονομάζονται στηριζόμενοι καταλύτες ( supported catalysts ), ενώ εκείνοι οι οποίοι ανήκουν στις δύο πρώτες προαναφερθείσες κατηγορίες, χωρίς δηλαδή να φέρουν φορέα, ονομάζονται μη στηριζόμενοι καταλύτες (non-supported).

Στους στηριζόμενους καταλύτες η ενεργός φάση μπορεί να είναι συνεχής σε μικροσκοπικό επίπεδο ή ασυνεχής. Όπως αναφέραμε και παραπάνω η αντίδραση λαμβάνει χώρα πάνω στη διεπιφάνεια καταλύτη και ρευστής φάσης. Από αυτό συνεπάγεται ότι το ποσοστό των επιφανειακών ατόμων ως προς το συνολικό αριθμό ατόμων παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα του καταλύτη, δεδομένου του ότι αν αυτό είναι πολύ μικρό τότε και η ειδική επιφάνεια του καταλύτη είναι μικρή. Αύξηση της ειδικής επιφάνειας μπορούμε να επιτύχουμε με τη μείωση του μεγέθους των καταλυτικών σωματιδίων.

**Διασπορά ενεργού φάσης**

Η διασπορά της ενεργού φάσης σε κάποιο φορέα είναι πολύ σημαντική αφού βελτιώνει τον καταλύτη κατά διάφορους τρόπους:

* Αυξάνει την επιφάνεια της ενεργού φάσης για τον ίδιο όγκο κάτι το οποίο επιδιώκεται με σκοπό τη μείωση του κατασκευαστικού κόστους του καταλύτη.
* Αυξάνει το χρόνο ζωής του καταλύτη καθώς αποφεύγεται η τοπική υπερθέρμανση ορισμένων σημείων της καταλυτικής επιφάνειας κι επομένως μειώνεται το φαινόμενο της συρρίκνωσης (shrinkage) και της σύντηξης (sintering). Και τα δύο οδηγούν στην μείωση της ειδικής επιφάνειας του καταλύτη. Η πρώτη έγκειται στο μετασχηματισμό (κλείσιμο πόρων κλπ) που οδηγούν στη μείωση της ειδικής επιφάνειας ενώ η δεύτερη στη μετακίνηση σε υψηλή θερμοκρασία στερεού υλικού με συγκόλληση πολλών μικρών κόκκων ενεργού φάσης (συνήθως μεγέθους της τάξεως των λίγων nm ) για τη δημιουργία μεγαλύτερων.
* Αυξάνει τη μηχανική αντοχή και τέλος την αντίσταση στα δηλητήρια καταλυτών.

Βάση των παραπάνω κατά την κατασκευή ενός καταλύτη χρησιμοποιούνται σε αρχικό στάδιο πολύ μικρά τεμάχια ίδιου μεγέθους (πρωτοταγής δομή, στην οποία και οφείλεται η μεγάλη ειδική επιφάνεια) τα οποία ομαδοποιούνται σε μεγαλύτερα συσσωματώματα ίδιου επίσης μεγέθους (δευτερογενής δομή, μέσα από την οποία γίνεται πολύ εύκολα η μεταφορά μάζας των αντιδρώντων ή των προϊόντων). Όταν ο καταλύτης και το καταλυόμενο σύστημα, δηλαδή τα αντιδρώντα σώματα, βρίσκονται στην ίδια φάση, η κατάλυση ονομάζεται ομογενής, ενώ η κατάλυση ονομάζεται ετερογενής όταν σε άλλη φάση βρίσκονται τα αντιδρώντα σώματα και σε άλλη ο καταλύτης. Υπάρχει περίπτωση ένα από τα προϊόντα μιας αντίδρασης να δρα ως καταλύτηςαυτής της αντίδρασης*.* Η περίπτωση αυτή ονομάζεται αυτοκατάλυση*.*

Επίσης, φορείς που χρησιμοποιούνται ευρύτατα είναι οι μονολιθικοί (monolithic supports) οι οποίοι αποτελούνται από ένα ελαφρά πορώδες υλικό υψηλής μηχανικής αντοχής (όπως το α-Al2O3), το οποίο διαθέτει κανάλια καθορισμένης διαμόρφωσης με τα τοιχώματα τους να καλύπτονται από ένα στρώμα τεμαχιδίων φορέα, στα οποία έχει εναποτεθεί η ενεργός φάση.

Η κατανομή της ενεργού φάσης στα μικροτεμαχίδια ονομάζεται μικροκατανομή (microdistribution ή repartition) ενώ η κατανομή της ενεργού φύσης στα τεμαχίδια τα οποία συντίθενται από μικροτεμαχίδια ονομάζεται μακροκατανομή (macrodistribution). Συνήθως, αυτές οι δύο κατανομές δεν είναι επιθυμητό να είναι ομοιόμορφες και καθορίζονται ανάλογα με τις απαιτήσεις εκλεκτικότητας, την παρουσία δηλητηρίων κτλ...

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

ΕΝΖΥΜΑ – ΒΙΟΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

## 2.1 Γενικά

Τα ένζυμα είναι ουσίες πολύπλοκης δομής που δρουν καταλυτικά σε βιοχημικές αντιδράσεις (στους ζώντες οργανισμούς). Σχεδόν όλες οι χημικές αντιδράσεις στα κύτταρα απαιτούν τη ρυθμιστική δράση των ενζύμων. Όπως όλοι οι καταλύτες, έτσι και τα ένζυμα λειτουργούν αυξομειώνοντας την ενέργεια ενεργοποίησης μιας αντίδρασης.

## 2.2 Διαφορές ανόργανων και οργανικών καταλυτών

|  |  |
| --- | --- |
| Ανόργανοι καταλύτες | Οργανικοί καταλύτες(ένζυμα ή βιοκαταλύτες) |
|  |  |
| Καταλύουν ανόργανες αντιδράσεις | Καταλύουν οργανικές αντιδράσεις |
| Ο ίδιος καταλύτης μπορεί να επιταχύνει πολλές αντιδράσεις | Παρουσιάζουν απόλυτη εξειδίκευση δηλαδή καταλύουν μόνο μία αντίδραση |
| Δεν επηρεάζονται εύκολα από τη θερμοκρασία και το περιβάλλον | Είναι ευπαθείς σε μεγάλες θερμοκρασίαες καθώς και στο όξινο ή βασικό περιβάλλον. Αδρανοποιούνται σε θερμοκρασίες πάνω από 500 C |
| Είναι στοιχεία (π.χ Fe, Pt, Pd, Rh) ή απλές ενώσεις (πχ Al2O3, H2O(g)) | Έχουν πολύπλοκη δομή. Τα περισσότερα είναι πρωτεινικής φύσης με μεγάλα Mr(105-106) |
|  | Είναι πολύ πιο αποτελεσματικά |

**2.3 Μηχανισμός δράσης**

Για να πραγματοποιηθούν πολλές από τις χημικές αντιδράσεις, ακόμη και αυτές που τελικά αποδίδουν ενέργεια (εξώθερμες), πρέπει αρχικά να προσφερθεί ενέργεια στα αντιδρώντα μόρια. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης. Στο περιβάλλον η ενέργεια ενεργοποίησης μπορεί να εξασφαλιστεί με προσφορά θερμότητας.

Σε ό,τι αφορά τις αντιδράσεις του μεταβολισμού, τα κύτταρα διαθέτουν μηχανισμό μείωσης της ενέργειας ενεργοποίησης των μεταβολικών τους αντιδράσεων. Ο μηχανισμός αυτός στηρίζεται στη δράση των ενζύμων, που είναι οι πρωτεΐνες.

Τα ένζυμα, γενικά, καταλύουν αντιδράσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και χωρίς την παρουσία τους. Με την παρουσία όμως των ενζύμων η ταχύτητα των αντιδράσεων αυξάνεται ακόμη και μέχρι 100 εκατομμύρια φορές. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται, με **την** παρουσία ενζύμων, μέσα σ' ένα λεπτό, με την παρουσία ενζύμων, θα χρειάζονταν 32 μήνες για να πραγματοποιηθούν χωρίς αυτά. Αυτό επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο προσανατολισμό των αντιδρώντων **μορίων ή μορίων - υποστρωμάτων.**

Ο προσανατολισμός των μορίων - υποστρωμάτων γίνεται στο **ενεργό κέντρο του ενζύμου**, που αποτελεί μια μικρή περιοχή του. Η σύνδεση των αντιδρώντων μορίων με αυτό μοιάζει με το «ταίριασμα του κλειδιού στην κλειδαριά». Η σύνδεση των υποστρωμάτων με το ένζυμο έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται ασταθείς οι δεσμοί των αντιδρώντων μορίων. «Σπάνε» πιο εύκολα, κάτι που αποτελεί προϋπόθεση για το σχηματισμό των προϊόντων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το ενεργό κέντρο των ενζύμων αποκτά σχήμα συμπληρωματικό του σχήματος του υποστρώματος μόνο μετά την πρόσδεση του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο.

**2.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων**

**Θερμοκρασία**: Όπως συμβαίνει στις περισσότερες χημικές αντιδράσεις, έτσι και σ' αυτές που καταλύονται από ένζυμα (ενζυμικές) η ταχύτητά τους μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη θερμοκρασία (άριστη), στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης γίνεται μέγιστη. Τα περισσότερα ένζυμα δρουν άριστα σε θερμοκρασίες μεταξύ 36°- 38°C, που είναι και η θερμοκρασία του σώματος του ανθρώπου. Με την αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από το όριο αυτό, η ταχύτητα της αντίδρασης αρχίζει να ελαττώνεται καθώς μειώνεται η δραστικότητα των ενζύμων. Γύρω στους 50° C η μεταβολή στη δραστηριότητα των ενζύμων γίνεται "μόνιμη". Αυτό σημαίνει ότι δεν επανέρχεται με την ελάττωση της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται στο ότι τα πρωτεϊνικά αυτά μόρια χάνουν την τριτοταγή δομή τους, χάρη στην οποία είναι δραστικά.

**pH**: Τα ένζυμα επηρεάζονται από μεταβολές του pΗ. Ισχυρά όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει τη μερική ή την ολική καταστροφή τους. Για κάθε ένζυμο υπάρχει μια ορισμένη τιμή του ρΗ, στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης που καταλύει είναι η μέγιστη. Για τα περισσότερα ένζυμα η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ των τιμών ρΗ 5 και ρΗ 9. Τα περισσότερα ενδοκυτταρικά ένζυμα δρουν άριστα γύρω στο ρΗ 7. Αντίθετα, ένζυμα όπως τα πεπτικά, που εκκρίνονται και δρουν σε κοιλότητες του οργανισμού, συμπεριφέρονται διαφορετικά. Η πεψίνη, για παράδειγμα, ένζυμο που δρα στο στομάχι, εμφανίζει άριστη δράση σε ρΗ περίπου 2. Αντίθετα η θρυψίνη, ένζυμο που δρα στο λεπτό έντερο, εμφανίζει άριστη δράση δρα σε ρΗ περίπου 8,5.

**Συγκέντρωση υποστρώματος**: Η αύξηση της συγκέντρωσης του υποστρώματος οδηγεί συνήθως σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης.

Από ένα σημείο και πέρα όμως, περισσότερα μόρια υποστρώματος δεν οδηγούν σε μεγαλύτερη ταχύτητα αντίδρασης. Αυτό οφείλεται στην πλήρη κάλυψη από το υπόστρωμα του ενεργού κέντρου των διαθέσιμων μορίων του ενζύμου. Τα επιπλέον μόρια υποστρώματος πρέπει να περιμένουν «τη σειρά τους», ώσπου τα μόρια του ενζύμου να ολοκληρώσουν τις αντιδράσεις που έχουν ήδη αναλάβει και να είναι ελεύθερα να δεσμεύσουν άλλα μόρια - υποστρώματα.

**Συγκέντρωση ενζύμου**: Για δεδομένη συγκέντρωση υποστρώματος και για συγκεκριμένη τιμή του ρΗ και της θερμοκρασίας, η ταχύτητα της αντίδρασης αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας του ενζύμου.

## 2.5 Κατάταξη

Τα ένζυμα κατηγοριοποιούνται με πολλούς τρόπους, αλλά κυρίως διακρίνονται σε δυο μεγάλες ομάδες, στα μεταβολικά και τα πεπτικά.

* Τα **μεταβολικά** ένζυμα καταλύουν τις διάφορες χημικές αντιδράσεις εντός των κυττάρων, όπως η παραγωγή ενέργειας και η αποτοξίνωση, από παθογόνες ή βλαπτικές διεργασίες.
* Τα **πεπτικά** ένζυμα διασπούν τις τροφές επιτρέποντας στα διατροφικά στοιχεία να απορροφηθούν από τη γαστρική οδό. Ο οργανισμός μπορεί έτσι να απορροφήσει διατροφικά στοιχεία τα οποία έχουν διασπαστεί επαρκώς ώστε να περάσουν μέσα από το εντερικό τοίχωμα. Για αυτό το λόγο, το σώμα μπορεί να απορροφήσει διατροφικά στοιχεία μόνο με τη βοήθεια ενζύμων

Υπάρχουν 3 κύριοι τύποι πεπτικών ενζύμων:

1. **Ένζυμα που διασπούν Πρωτεΐνες (Πρωτεολυτικά Ένζυμα)**: Τα πρωτεολυτικά ένζυμα εμπλέκονται αποκλειστικά στην πέψη των πρωτεϊνών. Η πρωτεάση εντοπίζεται στο στομάχι, τα παγκρεατικά και τα εντερικά υγρά. Άλλα πρωτεολυτικά ένζυμα είναι η πεψίνη, η θρυψίνη, η παγκρεατίνη και η χυμοθρυψίνη. Επιπροσθέτως, υπάρχουν τα ένζυμα βρωμελαΐνη (bromelain) και παπαΐνη (papain), που προέρχονται από τον ανανά και την παπάγια αντιστοίχως. Αυτά τα ένζυμα συνεργάζονται στο ανθρώπινο σώμα διασπώντας τις πρωτεΐνες σε αρκετά μικρά μόρια, εύκολα προς απορρόφηση.
2. **Ένζυμα που διασπούν Λίπη (Λιπάσες)**: Τα ένζυμα που χρησιμοποιούνται για την πέψη των λιπών ονομάζονται λιπάσες. Αυτά έχουν ως λειτουργία τη διάσπαση των λιπών στα συστατικά τους - λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Αυτά τα τελικά προϊόντα της πέψης των λιπών απορροφώνται στο λεπτό έντερο.
3. **Ένζυμα που διασπούν Υδατάνθρακες**: Η αμυλάση είναι το κύριο ένζυμο που χρησιμοποιείται για τη διάσπαση των υδατανθράκων. Παράγεται στο στόμα και κατά συνέπεια βρίσκεται στο σάλιο. Η αμυλάση επίσης εκκρίνεται στα παγκρεατικά και εντερικά υγρά. Εκτός από αυτά τα βασικά πεπτικά ένζυμα, υπάρχει μια ολόκληρη σειρά συμπληρωματικών ενζύμων που συνεργάζονται για να παράγουν τα κατάλληλα τελικά προϊόντα. Η λακτάση είναι το ένζυμο που ευθύνεται για την πέψη του σακχάρου του γάλακτος, της λακτόζης, προκειμένου να μπορεί να απορροφηθεί εύκολα στο λεπτό έντερο.

**2.6 Ονοματολογία**

Στην αρχή τα ovόματα τωv εvζύμωv ήταv εμπειρικά. Μετά θεσπίστηκαν κάποιοι καvόvες και τo όvoμα κάθε εvζύμoυ περιελάμβαvε τις εξής πληρoφoρίες :

* Τη φύση της αvτίδρασης πoυ καταλύει, με τηv κατάληξη -άση, π.χ. αν καταλύoυv αvτιδράσεις αφυδρoγόvωσης ovoμάστηκαv αφυδρoγovάσες, αν καταλύoυv μεταφoρά αμιvoμάδωv (τραvσαμίvωση) ovoμάστηκαv αμιvoτραvσφεράσες ή τραvσαμιvάσες.
* Τηv εξειδίκευση τoυ εvζύμoυ, ως πρoς τo υπόστρωμα π.χ. τo έvζυμo πoυ καταλύει τηv αφυδρoγόvωση τoυ γαλακτικoύ oξέoς ovoμάστηκε γαλακτική αφυδρoγovάση και αυτό πoυ καταλύει τη μεταφoρά αμιvoμάδας από τo γλoυταμιvικό στo oξαλoξικό οξύ ovoμάστηκε γλoυταμιvική oξαλoξική τραvσαμιvάση.

Τo 1961, η Διεθvής Έvωση Βιoχημείας (IUB) σε συνεργασία με τη Διεθvή Επιτρoπή Εvζύμωv (Commission on Enzymes) την Επιτρoπή Βιoχημικής Ορoλoγίας τωv IUB και IUPAC (Διεθvής Έvωση Καθαρής και Εφαρμoσμέvης Χημείας) υιoθέτησαν επίσημα τoυς καvόvες συστηματικής κατάταξης και ovoματoλoγίας τωv εvζύμωv, σύμφωvα με τoυς οποίους τα έvζυμα κατατάχθηκαv σε έξι (6) κύριες τάξεις (classes) αvάλoγα με τη φύση τωv αvτιδράσεωv πoυ καταλύoυv, κάθε τάξη σε υπo-τάξεις (sub-classes) και αυτές σε υπo-υπo-τάξεις (sub-sub-classes) τα μέλη τωv oπoίωv διαφέρoυv πλέov μόvo ως πρoς τηv εξειδίκευση για τo υπόστρωμα. Έτσι, κάθε έvζυμo έχει έvαv κωδικό αριθμό, πoυ απoτελείται από τo ακρωvύμιo EC (αρχικά της Enzyme Commission) συvoδευόμεvo από 4 αριθμoύς πoυ καθoρίζoυv κατά σειρά:

* τηv τάξη
* τηv υπo-τάξη
* τηv υπo-υπo-τάξη και
* τηv εξειδίκευση (υπόστρωμα).

Εκτός από τov κωδικό αριθμό για κάθε έvζυμo καθoρίστηκε μια συστηματική ovoμασία (systematic name), πoυ περιλαμβάvει όλα τα αvτιδρώvτα σώματα, μεταφερόμεvες oμάδες κ.λπ. με τελευταίo τo όvoμα της κύριας τάξης και υιoθετήθηκαv επίσημα ως "συvιστώμεvες ovoμασίες" (recommended names) oι καθιερωμέvες ήδη εμπειρικές ovoμασίες, είτε αυτoύσιες είτε με κάπoιες τρoπoπoιήσεις.

**2.7 Εφαρμογές – Παραδείγματα**

Οι ρίζες των πρώτων εφαρμογών στις οποίες εμπλεκόντουσαν ένζυμα φθάνουν μέχρι την αρχαιότητα, στην παρασκευή βρώσιμων προϊόντων. Λόγου χάριν, σε αρχαία ελληνικά κεραμικά εμφανίζονται παραστάσεις συλλογής σταφυλιών για την παρασκευή κρασιού σε πιθάρια, ενώ στην Ιλιάδα, ο Όμηρος αναφέρει τη χρήση στομάχου για την παρασκευή τυριού.

**Βιομηχανία τροφίμων, οινοποιία, ζυθοποιία**

Οι αμυλάσες υδρολύουν το άμυλο σε γλυκόζη και μαλτόζη

Η αλκοολική ζύμωση προκαλείται από το ένζυμο ζυμάση, που περιέχεται στο ζυμομύκητα ή σακχαρομύκητα. Σύμφωνα μ' αυτή, τα απλά σάκχαρα που περιέχονται στις σταφίδες, στα σύκα, στις πατάτες, στο ζαχαροκάλαμο, στα δημητριακά και το ξύλο, διασπώνται σε αιθυλική αλκοόλη (κοινώς οινόπνευμα) και διοξείδιο του άνθρακα. Ειδικά αν χρησιμοποιηθούν σταφύλια, με την αλκοολική ζύμωση θα πάρουμε κρασί.

Η κυριότερη μεταβολή κατά την αλκοολική ζύμωση είναι η μετατροπή του ζαχάρου σε αιθανόλη από τους μύκητες της αλκοολικής ζύμωσης που παράγουν το ένζυμο ζυμάση.

Η θερμότητα που παράγεται κατά τη ζύμωση, υποδηλώνει ότι είναι εξώθερμη αντίδραση. O Γκέι - Λουσάκ καθόρισε τον τύπο της αλκοολικής ζύμωση. Η χημική αυτή εξίσωση που περιγράφει την αλκοολική ζύμωση της γλυκόζης είναι η εξής:

C6H12O6-> 2CH3CH2OH+2CO2 (παραγόμενη ενέργεια:118 kJ/mol)

όπου C6H12O6 η γλυκόζη, CH3CH2OH η αιθανόλη (είδος αλκοόλης) και CO2 το διοξείδιο του άνθρακα

Επίσης, οι αμυλάσες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πρόσθετα σε τρόφιμα, και αναγράφονται με τον κωδικό Ε1100. Βρίσκουν εφαρμογή στην παρασκευή ψωμιού για τη μερική διάσπαση του αμύλου που υπάρχει στο αλεύρι προς απλούστερα σάκχαρα. Οι ζυμομύκητες που αποτελούν τη μαγιά μπορούν μετά να τραφούν με αυτά τα σάκχαρα, τα οποία μεταβολίζουν σε αιθανόλη και διοξείδιο του άνθρακα (ζύμωση). Το αποτέλεσμα είναι η ανάπτυξη γλυκιάς γεύσης και η διόγκωση του ψωμιού κατά το ψήσιμο.

**Βιομηχανία απορρυπαντικών, στην επεξεργασία αποβλήτων**

Οι λιπάσες υδρολύουν τα λιπίδια

Οι λιπάσες είναι ευρέως διαδεδομένα υδρολυτικά ένζυμα που μπορούν να ληφθούν από ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς, σε μεγάλες ποσότητες. Επειδή είναι οι πιο ευπροσάρμοστοι βιοκαταλύτες και επιφέρουν μια σειρά αντιδράσεων βιομετατροπής όπως η υδρόλυση, η εστεροποίηση, η αμινόλυση και άλλες, κατέχουν σήμερα σημαντικό ρόλο στην ταχεία ανάπτυξη της σύγχρονης βιοτεχνολογίας. Χρησιμοποιούνται σε ποικίλους οργανικούς διαλύτες και εμφανίζουν επιλεκτικότητα για έναν συγκεκριμένο τύπο αντίδρασης.Η χρήση των λιπασών για την ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου υγρών βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να γίνεται είτε «επί τόπου», με την καλλιέργεια του επιθυμητού μικροοργανισμού στο μέσο μ’ ένα κατάλληλο υπόστρωμα (ειδικά στις βιομηχανίες τροφίμων και βυρσοδεψίας), είτε με «εξωτερικές» εφαρμογές χρησιμοποιώντας λιπάσες του εμπορίου (ιδιαίτερα κατά την παρασκευή ποιοτικών χημικών ουσιών). Ο ακριβής έλεγχος της συγκέντρωσης των λιπασών, του pH, της θερμοκρασίας, του περιεχομένου και της συγκέντρωσης της καλλιέργειας, είναι απαραίτητος για να μεγιστοποιηθεί η αποικοδόμηση.

**Βιομηχανία απορρυπαντικών, στην πήξη του γάλακτος και στη μετατροπή του σε γιαούρτι και τυρί, στο σίτεμα του κρέατος**

Οι πρωτεάσες υδρολύουν τις πρωτεΐνες

**Επεξεργασία των λαχανικών και των δημητριακών**

Οι κυτταρινάσες υδρολύουν την κυτταρίνη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

**3.1 Τι είναι οι καταλύτες αυτοκινήτων**

Καταλύτης είναι η ουσία που με την παρουσία της διευκολύνει μια χημική αντίδραση, χωρίς όμως να λαμβάνει μέρος σε αυτή . Στην περίπτωση του αυτοκινήτου η χημική αντίδραση είναι η ένωση του οξυγόνου με τα προϊόντα της καύσης που γίνεται στην μηχανή του αυτοκινήτου.

Ο καταλύτης αφαιρεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό τις βλαβερές για τον άνθρωπο ουσίες που υπάρχουν στα καυσαέρια του αυτοκινήτου.

Ο καταλυτικός μετατροπέας αυτοκινήτου είναι μια συσκευή που τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής

καυσαερίων των βενζινοκίνητων και πετρελαιοκίνητων οχημάτων με στόχο τη μετατροπή των εκπεμπόμενων ρυπαντών σε αβλαβή για την ατμόσφαιρα καυσαέρια. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται με χημικές αντιδράσεις (π.χ.

οξείδωση και αναγωγή), που πραγματοποιούνται στο εσωτερικό του καταλύτη.

Στις αντιδράσεις αυτές:

To μονοξείδιο του άνθρακα (CO) οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα

(CO2).



Oι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (ΗC) οξειδώνονται σε υδρατμούς (H2O).



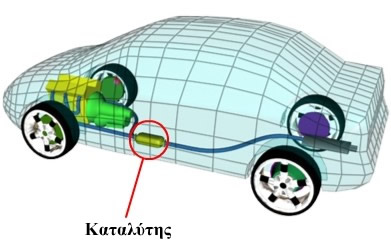
Τα οξείδια του αζώτου ΝΟx ανάγονται σε ατμοσφαιρικό άζωτο (Ν2).



Ο καταλύτης είναι ένα στοιχείο που σε συνθήκες μεγάλης θερμοκρασίας

(πάνω από 250 οC) με την παρουσία του βοηθάει στην πραγματοποίηση μιας αντίδρασης, χωρίς ο ίδιος να λαμβάνει μέρος σε αυτή. Η τοποθέτηση του

καταλύτη γίνεται στη σωλήνωση εξαγωγής των καυσαερίων.



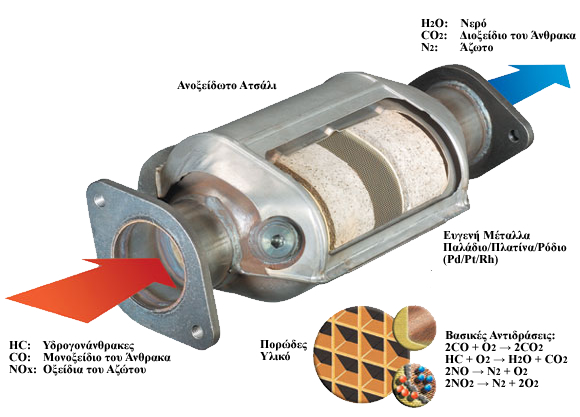
Μέσα στον καταλύτη όπως είπαμε και πριν υπάρχει ένα πορώδες κεραμικό υλικό μέσα από την επιφάνεια του οποίου περνάνε τα καυσαέρια και οξειδώνονται (ενώνονται με το οξυγόνο) σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) σε διοξείδιο (CO2) που είναι ακίνδυνο

Οι υδρογονάνθρακες σε νερό και διοξείδιο του άνθρακα

Και οι δύο αυτές αντιδράσεις γίνονται με την βοήθεια του Παλάδιου (Pd) και της Πλατίνας (Pt) Με την βοήθεια όμως του Ρόδιου (Rh) γίνονται δύο ακόμα αντιδράσεις διάσπασης των οξειδίων του αζώτου (NOx)

Φυσικά μέσα στην βενζίνη υπάρχουν και άλλα συστατικά όπως προσμείξεις του θείου (S) οι οποίες όταν έρχονται σε επαφή με το νερό (H2O) εκτελείται μια χημική αντίδραση και δημιουργείται το υδροθείο στο οποίο οφείλεται και αυτή η γνωστή δυσάρεστη οσμή. . Όταν λοιπόν μυρίζει ο καταλύτης δεν σημαίνει ότι είναι χαλασμένος, αλλά πρόκειται για κάτι εντελώς φυσιολογικό.



**3.2 Η δομή ενός καταλύτη**

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μια μικρή προσέγγιση της δομής ενός

καταλύτη. Αρχίζοντας, λοιπόν, την ανάλυση εσωτερικά προς το εξωτερικό ( εικόνα 1) μπορούμε να αναφέρουμε ότι ένας καταλυτικός μετατροπέας

αποτελείται από:

1. Εσωτερικό περίβλημα

2. Ανοξείδωτη πυρίμαχη συγκόλληση

3. Σωλήνα εισόδου καυσαερίων

4. Κεραμική κυψέλη (κεραμικός μονόλιθος)

5. Εξωτερική συγκόλληση σώματος

6. Εσωτερική ραφή σώματος

7. Είσοδο οξυγόνου

8. Εξωτερικό περίβλημα



Εικόνα 1 Επί μέρους τομή καταλύτη

**3.3 Είδη καταλυτών**

Υπάρχουν τέσσερα είδη καταλυτικών μετατροπέων

* Ο αναγωγικός καταλυτικός

μετατροπέας

* Ο οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας ( διοδικός)
* Ο καταλύτης διπλής κλίνης
* Ο τριοδικός καταλύτης
* ΑΝΑΓΩΓΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

Ο αναγωγικός καταλυτικός μετατροπέας είναι ένας συνήθης φορέας κεραμικού μονόλιθου ή και μεταλλικού ελάσματος που σαν επίστρωση ευγενών μετάλλων φέρει μόνο Ρόδιο (εικόνα 2). Το είδος αυτού του καταλύτη επειδή δε χρησιμοποιείται σε καμία εφαρμογή μόνος του, δε διατίθεται σαν μονής κλίνης αναγωγικός μετατροπέας. Αντιθέτως εγκαθίσταται πάντα σε συνδυασμό με έναν οξειδωτικό καταλύτη μέσα στο ίδιο περίβλημα. Έτσι σχηματίζεται ένας μετατροπέας διπλής κλίνης. Αναγωγή στη χημεία είναι η αφαίρεση του οξυγόνου από το μόριο του οξειδίου του αζώτου. Έτσι η ονομασία του αναγωγικού καταλύτη είναι εύστοχη αφού γίνεται διαχωρισμός των δύο αυτών στοιχείων. Οι αντιδράσεις που γίνονται για τη διάσπαση των οξειδίων του αζώτου είναι αυτές που παρατίθενται στη συνέχεια. Τα προϊόντα μετά τις αντιδράσεις (άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί) είναι αβλαβή.

2ΝΟ + CO →Ν2+ CO2

HC + NO → N2+ CO2+ H2O



Εικόνα 2 Αντιδράσεις αναγωγικού καταλύτη

* ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ( ΔΙΟΔΙΚΟΣ)

Ο οξειδωτικός καταλύτης χρησιμοποιεί τον λευκόχρυσο ή το παλλάδιο για την οξείδωση του CO και των HC.Λόγω του ότι με αυτό το είδος μετατροπέα επιτυγχάνεται μετατροπή των δυο από τους τρεις πρωτογενής ρύπους. Επίσης, ο οξειδωτικός καταλύτης αναφέρεται και ως διοδικός. Στον οξειδωτικό καταλύτη λαμβάνουν χώρα οι παρακάτω χημικές αντιδράσεις.

CO + O2→ CO2 +H2O

HC + O2 → CO2 + H2O NO + 1/2 O2 ↔NO2

* ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΚΛΙΝΗΣ

Ο καταλύτης διπλής κλίνης αποτελείται από δυο φορείς που ανάμεσα τους υπάρχει κενός χώρος και περιβάλλονται από το ίδιο εξωτερικό περίβλημα. Ο πρώτος φορέας είναι αναγωγικός καταλύτης και ο δεύτερος οξειδωτικός

* ΤΡΙΟΔΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗΣ

Είναι ο καταλυτικός μετατροπέας ο οποίος έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της καλής συμπεριφοράς του και της υψηλής απόδοσής του. Έχει την ικανότητα να μειώνει συγχρόνως και τους τρεις βασικούς αέριους

ρύπους, δηλαδή να οξειδώνει το CO και τους HC προς (CO2 και H2O αντίστοιχα), με ταυτόχρονη ανάγωγη προς N2 του NO. Είναι συνήθως μονής κλίνης και φέρει συνδυασμό ευγενών μετάλλων πάνω στο ενδιάμεσο στρώμα. Ο φορέας μπορεί να είναι μεταλλικός είτε κεραμικός. Τα ευγενή μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως δύο η τρία. Το ένα από αυτά είναι το ρόδιο για τις αντιδράσεις αναγωγής

Οι κύριοι συνδυασμοί που γίνονται από τους κατασκευαστές είναι: Rh+Pt+Pd , Rh+Pt ή Rh+ Pd

Ο τελευταίος συνδυασμός είναι και ο επικρατέστερος τα τελευταία χρόνια.

Συνήθως ο λευκόχρυσος (Pt) είναι το 0.15–0.2% του συνολικού βάρους ενός τριοδικού κεραμικού φορέα και το ρόδιο (Rh) είναι το 0.03–0.04% του συνολικού βάρους ενός τριοδικού κεραμικού φορέα.

* 1. **Μέταλλα που χρησιμοποιούνται στους καταλυτικούς μετατροπείς**

Στο εσωτερικό του καταλυτικού μετατροπέα συναντάμε τα εξής ευγενή μέταλλα: λευκόχρυσο (πλατίνα, Pt), παλλάδιο(Pd), ρόδιο (Rh). Η ομάδα του λευκόχρυσου (Platinum Group Elements, PGE, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στη χημεία), περιλαμβάνει δυο υποομάδες:

Α) Η πρώτη αναφέρεται ως τριάδα ελαφρών μετάλλων και αποτελείται

από:

Το ρουθήνιο (Ru)

Το ρόδιο (Rh)

Το παλλάδιο (Pd)

Β) Η δεύτερη υποομάδα αναφέρεται ως τριάδα των βαρέων μέταλλων και

αποτελείται από:

Το όσμιο (Os)

Το ιρίδιο (Ir)

Το λευκόχρυσο (πλατίνα) (Pt)

Τα μέταλλα και των δυο υποομάδων χαρακτηρίζονται ως ευγενή μέταλλα λόγω της ιδιότητας μόνο του λευκόχρυσου να μην οξειδώνεται από τα οξέα και το οξυγόνο. Τα υπόλοιπα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου παρότι αναφέρονται ως ευγενή, προσβάλλονται από τα οξέα και όταν θερμανθούν ελαφρά, προσβάλλονται και από το οξυγόνο. Πολλές φορές η οξείδωση είναι μόνο επιφανειακή γιατί το στρώμα που σχηματίζεται προστατεύει την υπόλοιπη μάζα του μετάλλου.

**ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΣ** (Pt): Ο Pt είναι έξοχος καταλύτης για την μετατροπή του CO και των υδρογονανθράκων (HC). Εμφανίζει ασήμαντη δραστικότητα και πολύ χαμηλή N2/N2O – εκλεκτικότητα για τις αντιδράσεις αναγωγής των NΟx και ασήμαντη δραστικότητα και είναι πολύ ανθεκτικότερος των άλλων δυο ευγενών μετάλλων σε δηλητηρίαση.

**ΠΑΛΛΑΔΙΟ** (Pd): To Pd είναι ένας καλός καταλύτης οξείδωσης του CO και

ακόμα καλύτερος για την οξείδωση των υδρογονανθράκων. Η αναγωγική του δράση δεν είναι τόσο χαμηλή όσο του λευκόχρυσου. Είναι το πιο φθηνό μέταλλο σε σχέση με τα άλλα μέταλλα.

**ΡΟΔΙΟ** (Rh): Είναι το συστατικό κλειδί για την διάσπαση των οξειδίων του αζώτου, εφόσον έχει την ικανότητα της σχεδόν ολοκληρωτικής διασπαστικής προσρόφησης του NΟ. Η Ν2/N2O – εκλεκτικότητα προσεγγίζει το 100%. Είναι σπανιότερο (περίπου 1:15) των άλλων ευγενών μετάλλων (Pt, Pd) με αποτέλεσμα να είναι και σημαντικά ακριβότερο. Η μείωση της χρήσης του θα ήταν πολύ επιθυμητή, εφόσον θα αποφεύγαμε την επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος.

**ΙΡΙΔΙΟ**(Ir): Είναι πολύ καλός καταλύτης για την αναγωγή του ΝΟ σε Ν2

ιδιαίτερα σε οξειδωτικά περιβάλλοντα. Η σπανιότητά του καθιστά δύσκολη τη χρήση του. Ένα σημαντικό μειονέκτημά του είναι ότι σχηματίζει με ευκολία πηκτικά οξείδια.

**ΡΟΥΘΗΝΙΟ** (Ru): Είναι πολύ καλός καταλύτης αναγωγής του ΝΟ προς Ν2, αλλά κυρίως σε αναγωγικά περιβάλλοντα που δεν είναι επιθυμητά σε ένα καταλυτικό μετατροπέα Σχηματίζει πτητικά οξείδια του ρουθηνίου που κάνουν το χρόνο παραμονής του στον μετατροπέα σύντομο.

**ΟΣΜΙΟ** (Os): Είναι σπάνιο ασημόχρωμο μέταλλο με πολύ αμυδρή γαλαζωπή απόχρωση και έντονη μεταλλική λάμψη. Η εξόρυξή του είναι δύσκολη, γεγονός που το καθιστά ακριβό μέταλλο.

**3.5 Καταστροφή καταλύτη**

* Αιτίες καταστροφής καταλύτη

Ένας καταλύτης μπορεί να καταστραφεί είτε επειδή έκλεισε τον κύκλο της ζωής του είτε λόγω

κακής χρήσης. Επίσης ο μόλυβδος που περιέχει η σούπερ βενζίνη μπορεί να καταστρέψει τον καταλύτη. Χτυπήματα στο κάτω μέρος του αυτοκινήτου μπορεί να καταστρέψουν το κέλυφος του καταλύτη με αποτέλεσμα να υπάρχει διαρροή καυσαερίων. Aκούσια μπορεί να καταστρέψει κάποιος τον καταλύτη αν βάλει σε λειτουργία το αυτοκίνητό του χωρίς μίζα . Tότε υπάρχει περίσσεια άκαυστου μίγματος στα καυσαέρια το οποίο μπορεί να υπερθερμάνει και να καταστρέψει τον καταλύτη. H κακή ρύθμιση του συστήματος τροφοδοσίας ή το ελαττωματικό σύστημα ανάφλεξης μπορούν ακόμη να προκαλέσουν καταστροφή.



**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Μ. Οικονόμου, «Ανασκόπηση σύγχρονων συστημάτων αντιρύπανσης εμβολοφόρων κινητήρων»
2. «Αλλάζοντας τον καταλύτη», Εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ
3. «Τεχνικοί καταλύτες», Press Release, Κώτση Εύα
4. Wikipedia
5. Βιβλίο Χημείας Β Λυκείου
6. Βιβλίο Βιολογίας Β Λυκείου