

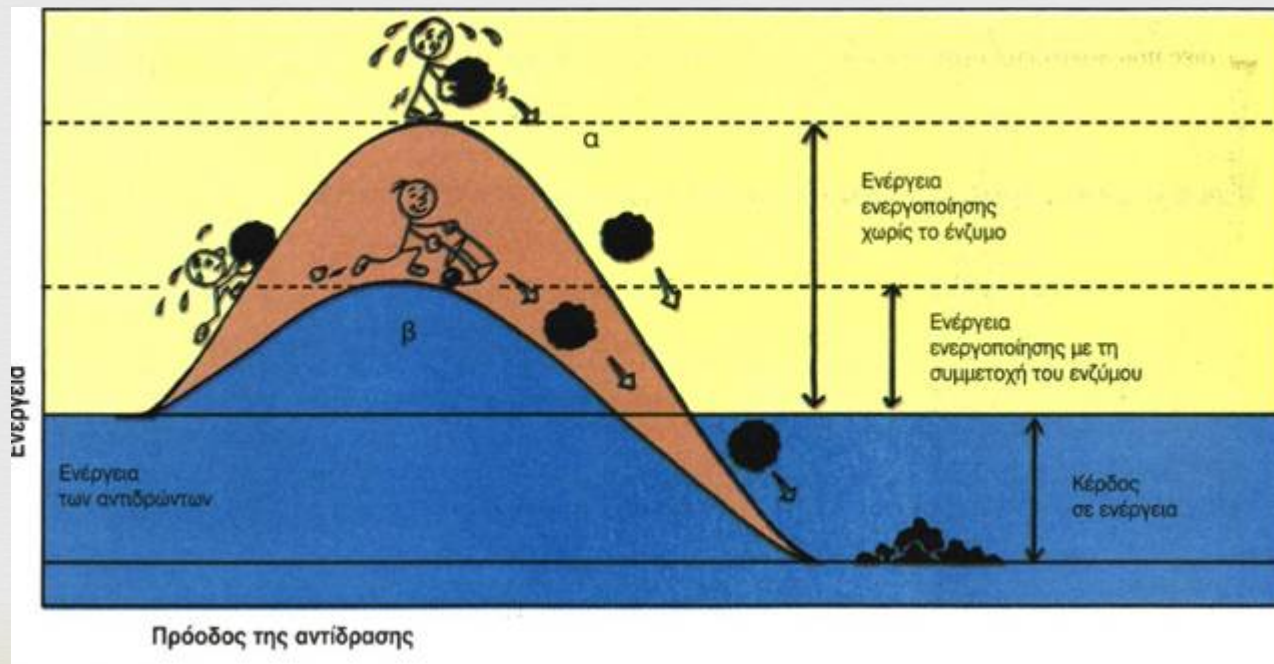
# 3. Μεταβολισμός



Βιολογία Γ' Λυκείου Ο.Π. Σπουδών Υγείας &  
Ζωής – Τεύχος Α'

# 3.2 Ένζυμα – Βιολογικοί καταλύτες

- ✉ Όλες οι αντιδράσεις χρειάζονται **αρχική ενέργεια** για να πραγματοποιηθούν (ενδόθερμες – εξώθερμες) ☾  
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ



# Μηχανισμός δράσης ενζύμων

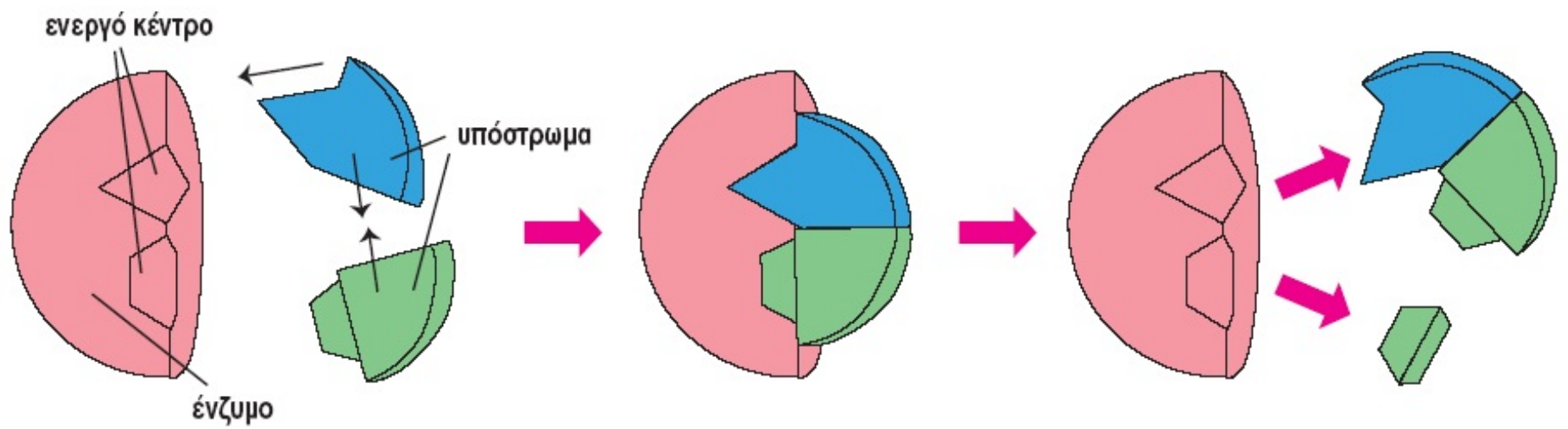
---

- ✉ Ενέργεια ενεργοποίησης: πρέπει να προσφερθεί ενέργεια σε όλα τα αντιδρώντα μόρια, ακόμα και σε εξώθερμες αντιδράσεις
- ✉ Στο περιβάλλον: ενέργεια ενεργοποίησης = θερμότητα – ΟΜΩΣ: έξω από τα κύτταρα, τα ποσά της θερμότητας που πρέπει να προσφερθούν είναι απαγορευτικά για επιβίωση + χρόνος για τις αντιδράσεις εξαιρετικά μεγάλος
- ✉ Μείωση ενέργειας ενεργοποίησης → ENZYMA: πρωτεΐνες (εκτός ελαχίστων περιπτώσεων: ριβόζυμα) : μηχανισμός που επιτρέπει άμεσες και ταχύτατες αντιδράσεις

# ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ENZYMΩΝ


---

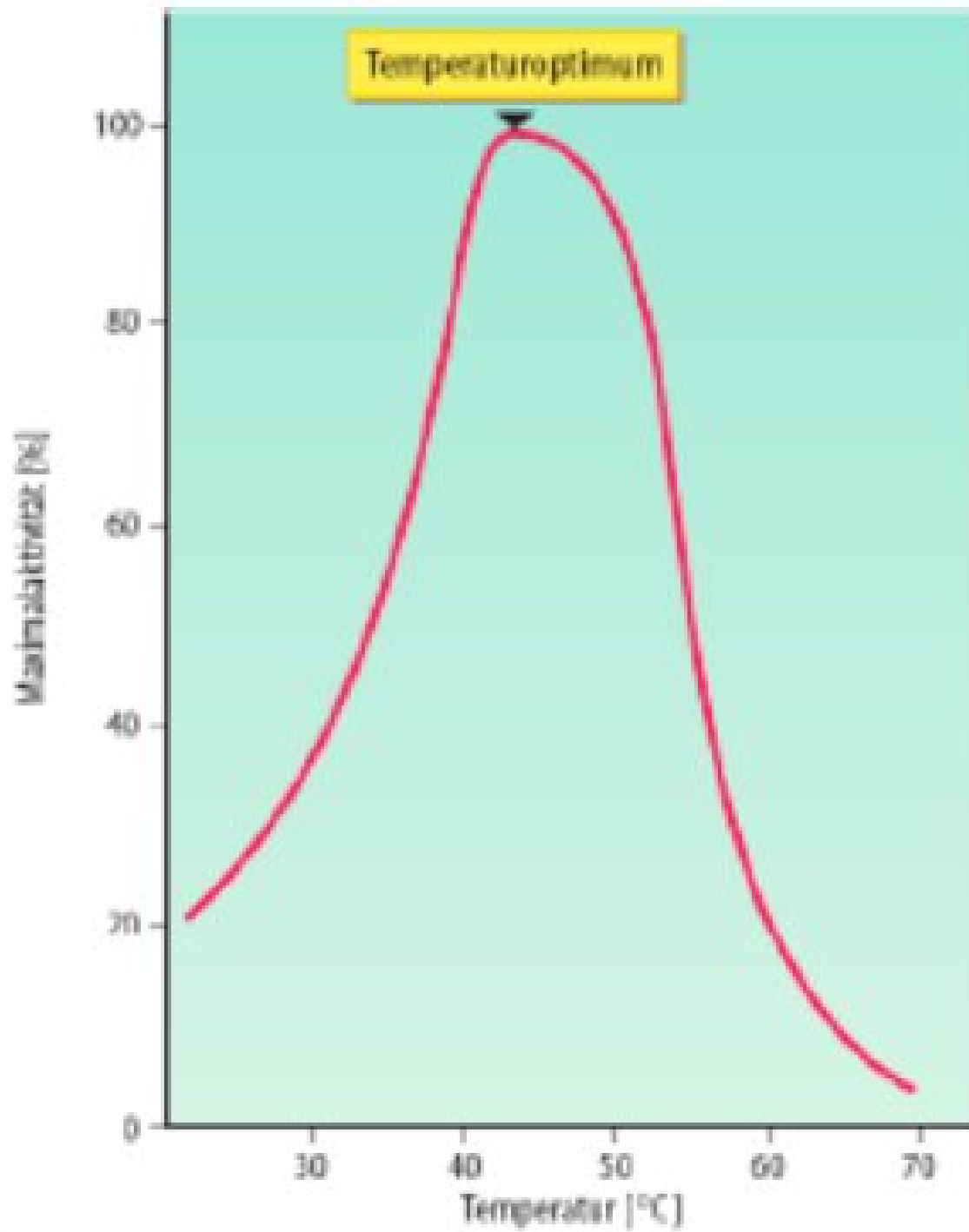
- ✓ Ένζυμα = Πρωτεΐνες
- ✓ Καταλυτική δράση ενζύμων καθορίζεται από την τριτοταγή δομή τους
- ✓ Ταχύτατη δράση π.χ. καταλάση: διάσπαση 6 εκατ. μορίων  $H_2O_2$  σε ένα λεπτό
- ✓ Μη συμμετοχή στην καταλυόμενη αντίδραση
- ✓ Υψηλός βαθμός εξειδίκευσης: διάταξη στο χώρο + δυνατότητα σύνδεσης του ενεργού τους κέντρου με το υπόστρωμα – κατάλυση μίας αντίδρασης ή μίας σειράς πολύ συγγενικών αντιδράσεων
- ✓ Επήρρεια από διάφορους παράγοντες: θ, pH κτλ.
- ✓ Ενδοκυτταρικά – Εξωκυτταρικά ένζυμα (π.χ. σε κοιλότητες του σώματος) – Ελεύθερα ή δεσμευμένα πάνω σε μεμβράνες



# ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



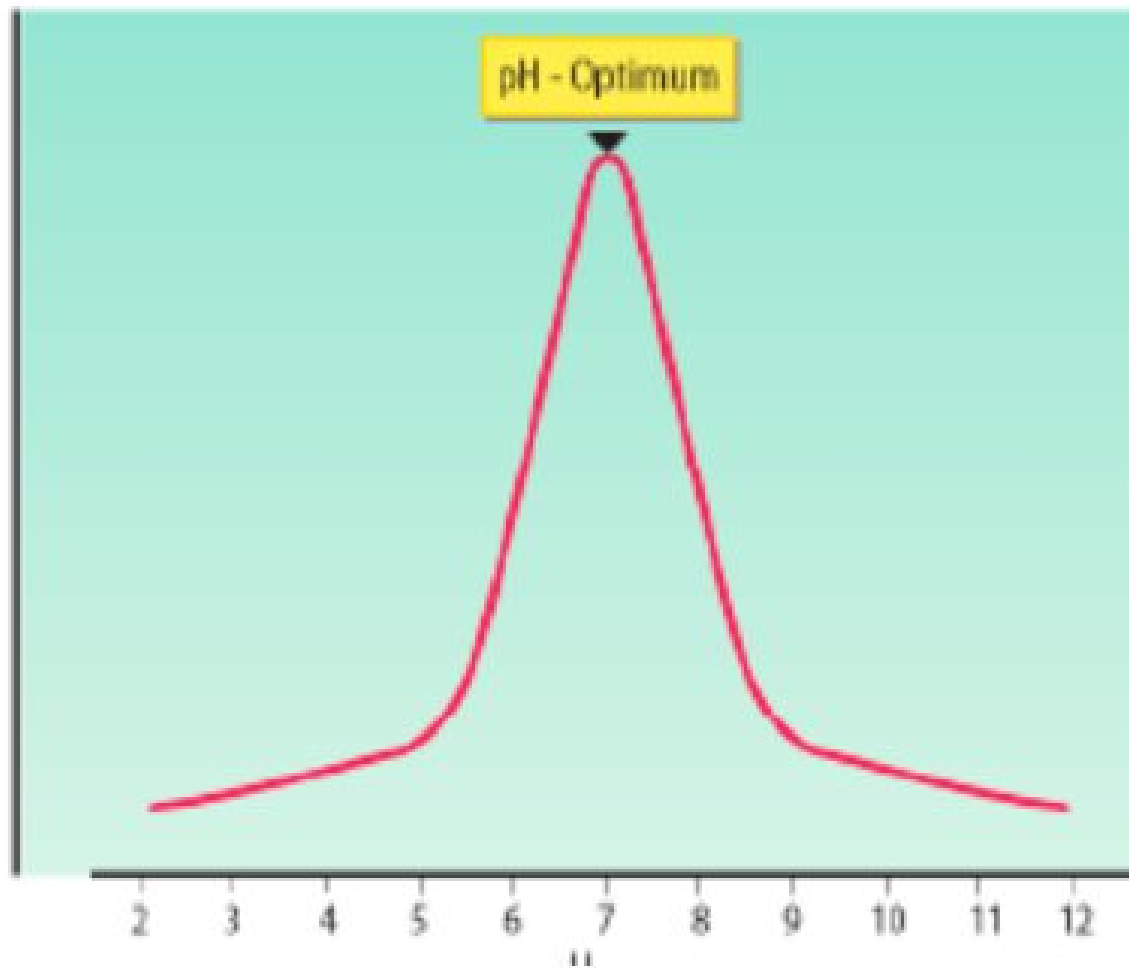
- ✉ Για κάθε ένζυμο → άριστη θερμοκρασία → ταχύτητα αντίδρασης μέγιστη
- ✉ Περισσότερα ένζυμα: 36 – 38 °C (περίπου θερμοκρασία ανθρώπινου σώματος) – αύξηση πάνω απ' αυτή τη θ   
Μείωση ταχύτητας αντίδρασης, λόγω μείωσης δραστηριότητας ενζύμων
- ✉ 50 °C: μόνιμη μεταβολή στη δραστηριότητα ενζύμων – καμία επαναφορά με ελάττωση θερμοκρασίας, λόγω αλλαγής τριτοταγούς δομής πρωτεΐνης



# pH



- ✘ Ισχυρά όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον → Μερική ή ολική καταστροφή των ενζύμων
- ✘ Ορισμένη τιμή pH: Μέγιστη ταχύτητα κατάλυσης μιας αντίδρασης
- ✘ Περισσότερα ενδοκυτταρικά ένζυμα:  $pH \approx 7$
- ✘ Αντίθετα, πεπτικά ένζυμα: Πεψίνη (στομάχι) άριστο σε  $pH 2$ , Θρυψίνη (λ. έντερο) Άριστο σε  $pH 8,5$  περίπου
- ✘ Αύξηση συγκέντρωσης υποστρώματος → Αύξηση ταχύτητας αντίδρασης (από ένα σημείο και μετά: καμία αλλαγή, λόγω πλήρους κάλυψης του ενεργού κέντρου των διαθέσιμων ενζυμικών μορίων από το υπόστρωμα)

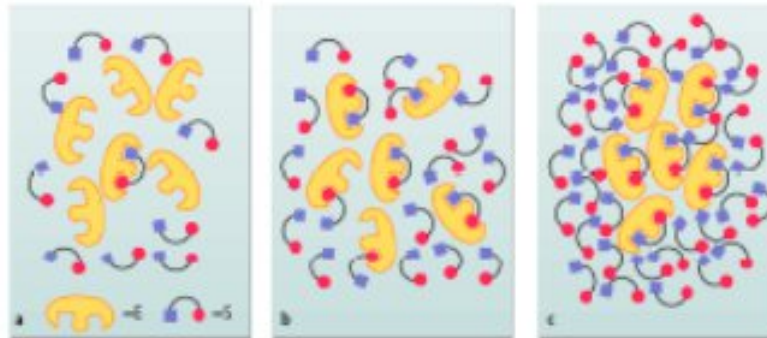


Γλυκοφρύδη Αλεξάνδρα, Βιολόγος Msc

# συγκέντρωση υποστρώματος / ενζύμου

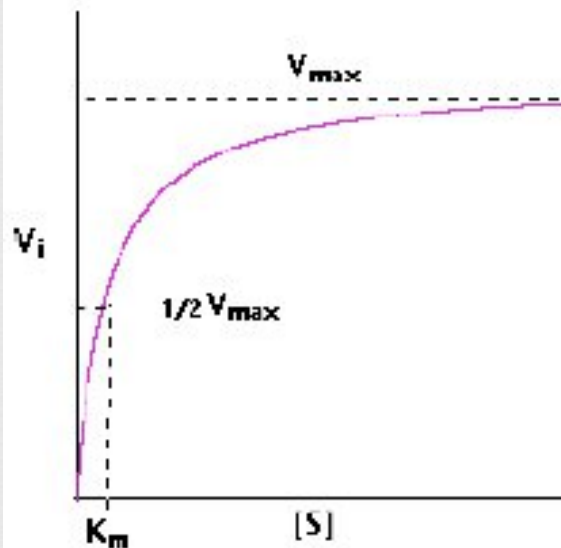


- ✉ Αύξηση συγκέντρωσης υποστρώματος → Αύξηση ταχύτητας αντίδρασης (από ένα σημείο και μετά: καμία αλλαγή, λόγω πλήρους κάλυψης του ενεργού κέντρου των διαθέσιμων ενζυμικών μορίων από το υπόστρωμα)



**Εικόνα 4. 4**

Το παραπάνω διάγραμμα συνοψίζει την κινητική κορεσμού των ενζυμικών αντιδράσεων σε τρεις φάσεις: (α) χαμηλή συγκέντρωση υποστρώματος S, (β) μεσαία συγκέντρωση υποστρώματος S, κοντά στον κορεσμό και (γ) υψηλή συγκέντρωση υποστρώματος S, όπου όλα τα καταλυτικά κέντρα του ενζύμου είναι κατειλημένα από το υπόστρωμα και υπάρχει επίσης ελεύθερο υπόστρωμα, δηλαδή κατάσταση υπερκορεσμού.



$V_i$  = initial velocity (moles/time)  
 $[S]$  = substrate concentration (molar)  
 $V_{max}$  = maximum velocity  
 $K_m$  = substrate concentration when  
 $V_i$  is one-half  $V_{max}$   
 (Michaelis-Menton constant)

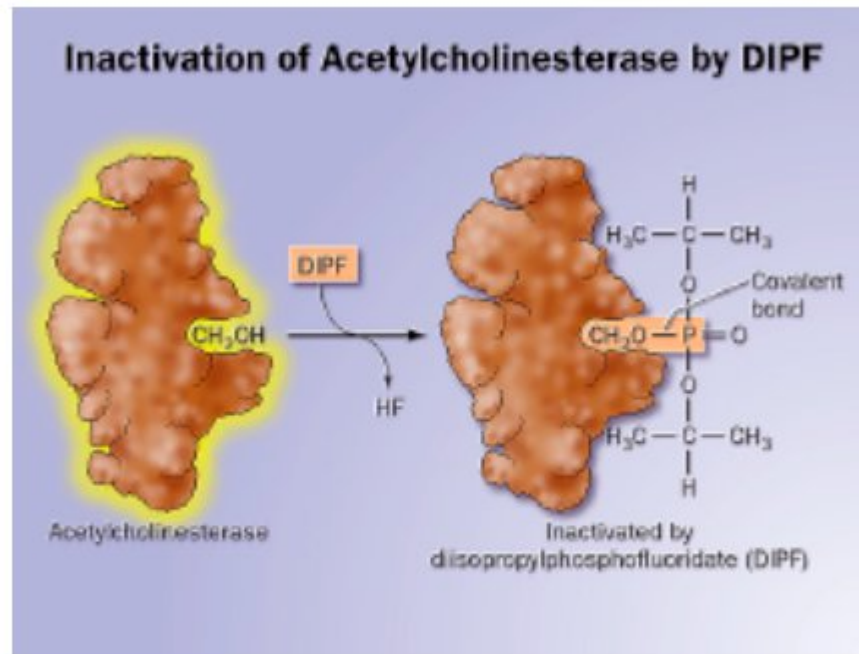
**Εικόνα 4. 5**

Εξάρτηση της ταχύτητας της αντίδρασης από τη συγκέντρωση υποστρώματος (σε περίπτωση σταθερής συγκέντρωσης ενζύμου).

# Αναστολείς δράσης ενζύμων

---

- ☒ Αντιστρεπτοί: παροδική παρεμπόδιση δράσης ενζύμων
- ☒ Μη αντιστρεπτοί: μόνιμη σύνδεση με ένζυμο και αναστολή δράσης του – διάφορα αέρια (εντομοκτόνα), ιόντα βαρέων μετάλλων π.χ. Hg, Pb, Ag – κίνδυνοι για υγεία ανθρώπου



**Εικόνα 4. 8**

Αδρανοποίηση της ακετυλχολινεστεράσης από Διίσοπροφυλφωσφοφλουορίδιο

# Συμπαράγοντες ενζύμων



- ✉ Ορισμένα ένζυμα δραστικά μόνο με παρουσία ουσιών, μη πρωτεϊνικής φύσης, τους συμπαράγοντες: ανόργανα ιόντα ( $Zn^{+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) ή οργανικές ενώσεις (συνένζυμα)
- ✉ Πολλά συνένζυμα: βιταμίνες ή περιέχουν στο μόριο τους βιταμίνες – σύνθεση μόνο λίγων στον οργανισμό μας ☾ απαραίτητα στη διατροφή μας
- ✉ Ένζυμο – Συνένζυμο μόνα τους ανενεργά – «Ισχύς εν τη ενώσει»



**without  
enzyme**



**With  
enzyme**

# Ενέργεια & ένζυμα



- ☒ Προσφορά ενέργειας στο περιβάλλον;
  - ☪ Θερμότητα
- ☒ Προσφορά ενέργειας στο κύτταρο;
  - ☪ Θερμότητα ☾ θα κατέστρεφε το κύτταρο!
  - ☪ Χρόνος

## ☒ ΛΥΣΗ: ENZYMA

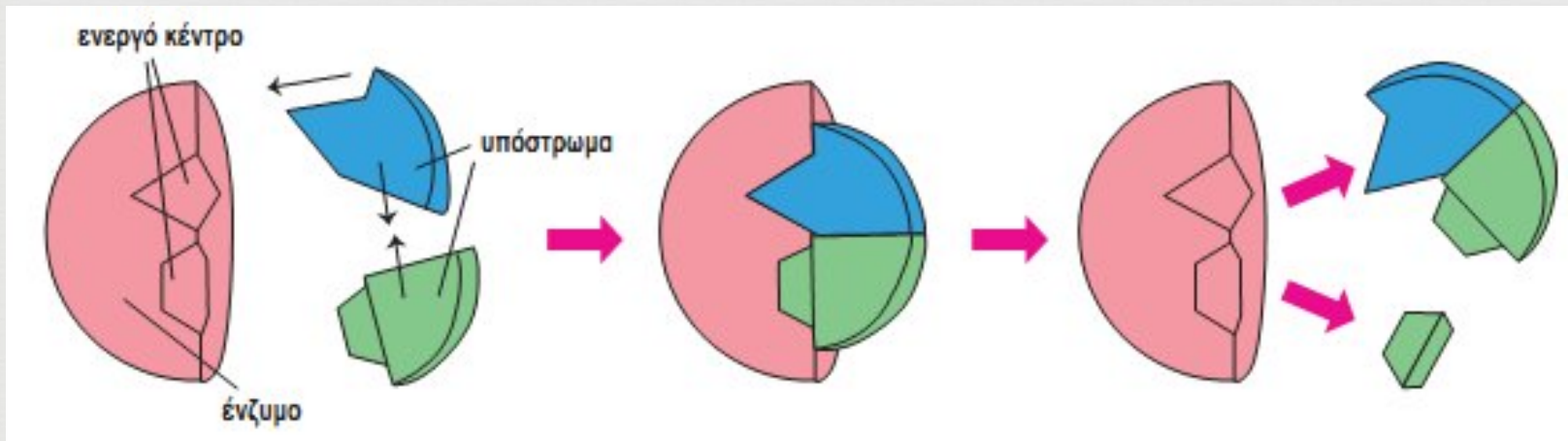
1. Κατεβάζουν ενέργεια ενεργοποίησης
2. Επιταχύνουν τις αντιδράσεις (μέχρι και 100.000.000!)



# Μηχανισμός δράσης ενζύμων



1. Σύνδεση ενζύμου – υποστρώματος
2. Ασταθείς δεσμοί αντιδρώντων  $\rightarrow$  σπάνε
3. Δημιουργία νέων δεσμών
4. Απελευθέρωση προϊόντων



# Μηχανισμός δράσης ενζύμων

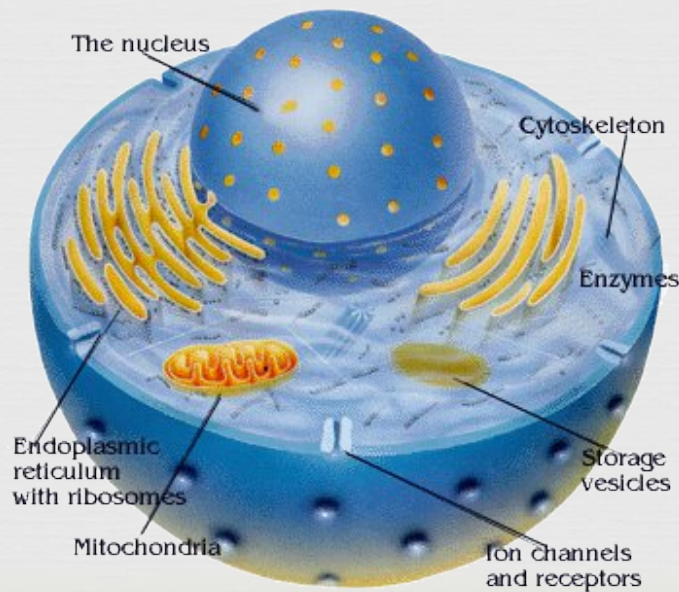
---



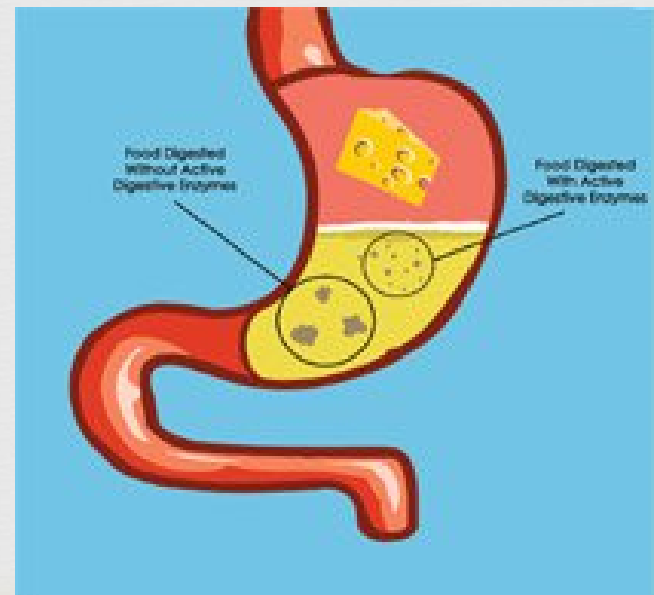
# Δράσεις των ενζύμων

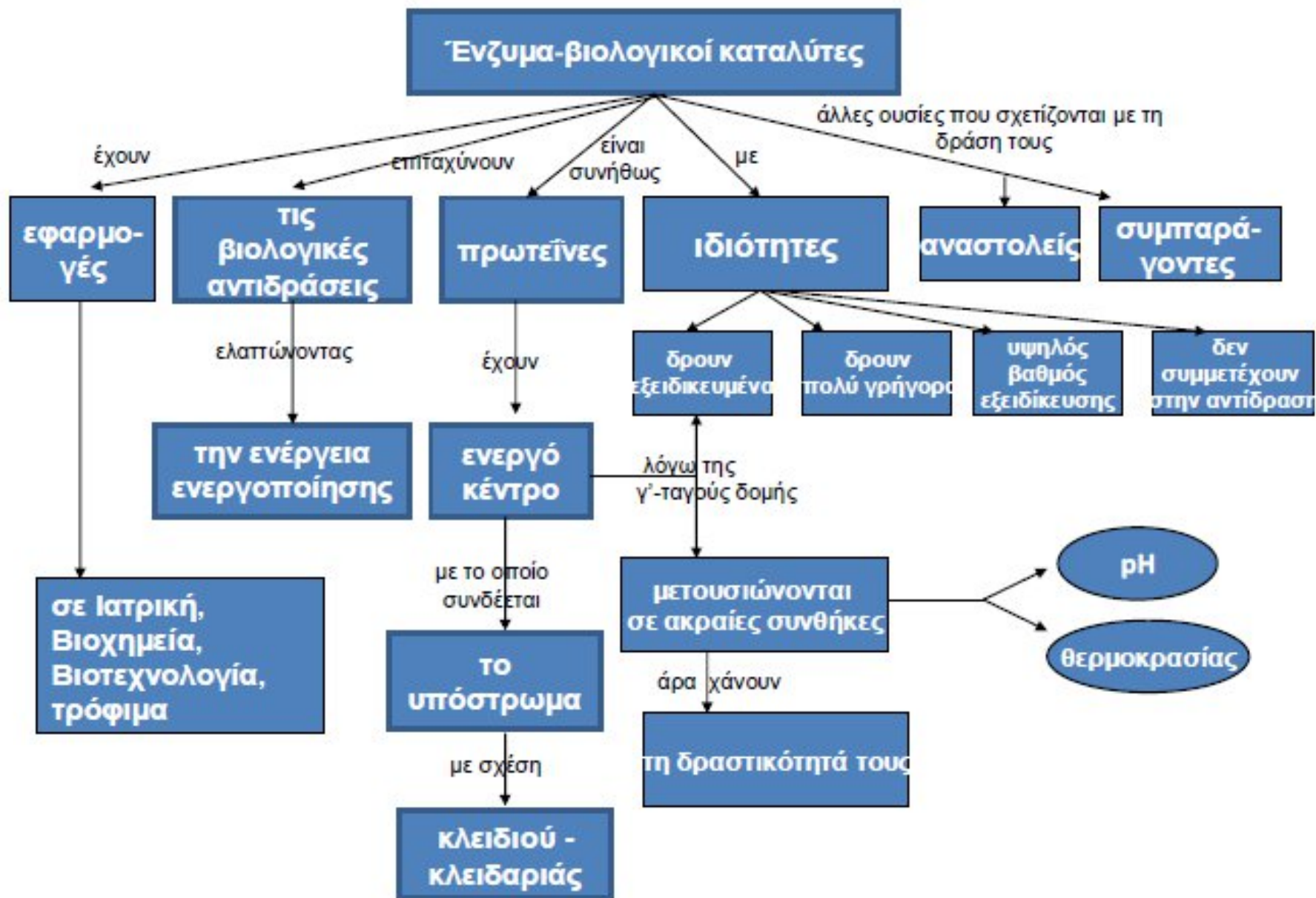


- ✉ Μέσα στα κύτταρα ☾  
**ενδοκυτταρικά**  
☺ Π.χ. καταλάση



- ✉ Έξω από τα κύτταρα ☾  
**εξωκυτταρικά**  
☺ Π.χ. κοιλότητες, στομάχι





# Σύνδεσμοι



- ✉ Μηχανισμό Δράσης των Ενζύμων:  
<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6667>» ,
- ✉ Δομικά και Λειτουργικά χαρακτηριστικά των ενζύμων:  
<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6647>
- ✉ Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων  
<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6650>
- ✉ Αναστολείς της ενζυμικής δράσης  
<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6649>
- ✉ Σταυρόλεξο: Ένζυμα βιολογικοί καταλύτες  
<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6648>

# Ερωτήσεις...



**A5.** Το σχήμα 1 αναπαριστά μία ενζυμική αντίδραση.

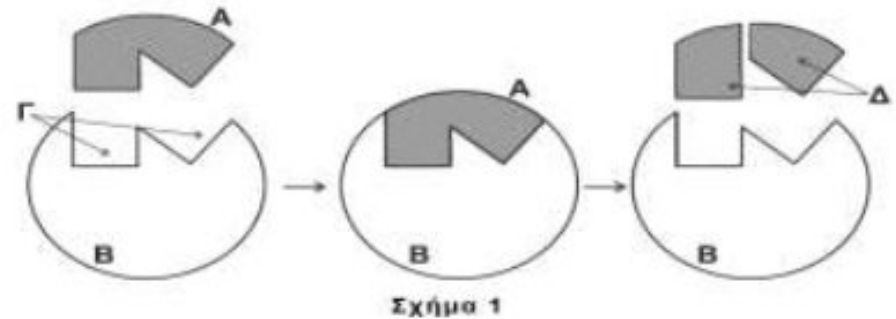
Τα Α, Β, Γ και Δ απεικονίζουν αντίστοιχα:

**α.** υπόστρωμα, ενεργό κέντρο, ένζυμο, προϊόντα.

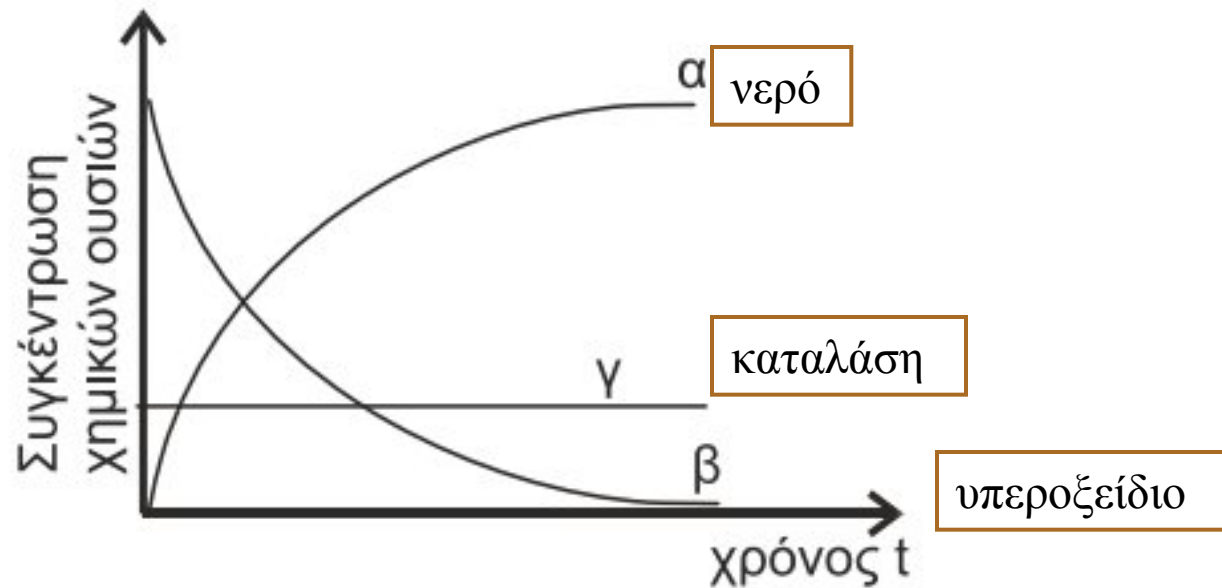
**β.** προϊόντα, υπόστρωμα, ένζυμο, ενεργό κέντρο.

**γ.** ενεργό κέντρο, ένζυμο, προϊόντα, υπόστρωμα.

**δ.** υπόστρωμα, ένζυμο, ενεργό κέντρο, προϊόντα.



**B1.** Δίνεται το παρακάτω διάγραμμα, το οποίο σχετίζεται με τη χημική αντίδραση που καταλύει η καταλάση.



α) Να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες της στήλης I με τις χημικές ουσίες της στήλης II (ένα στοιχείο της στήλης II περισσεύει).

Στήλη I	Στήλη II
α	καταλάση
β	υπεροξειδίο του υδρογόνου
γ	διοξειδίο του άνθρακα
	νερό

(Μονάδες 3)

β) Σε ποια κατηγορία μακρομορίων ανήκουν τα ένζυμα;

Πρωτεΐνες

(Μονάδα 1)

γ) Πώς ονομάζονται τα μονομερή από τα οποία δομούνται τα ένζυμα;

Αμινοξέα

(Μονάδα 1)

*Να βάλετε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση ή στη φράση που συμπληρώνει σωστά την πρόταση:*

1. Η εμφάνιση καταλυτικών ιδιοτήτων σε ένα πρωτεϊνικό μόριο εξαρτάται πάντα από
  - α. την ύπαρξη ενός μικρού οργανικού μορίου, του συνένζυμου
  - β. την ύπαρξη καταλλήλων συνθηκών θερμοκρασίας και ΡΗ
  - γ. την εξειδίκευση της δράσης του
  - δ. την καθορισμένη αλληλουχία των αμινοξέων του.
  
2. Η δράση ενός ενζύμου πάνω στο υποστρώμά του έχει ως αποτέλεσμα
  - α. την ισχυροποίηση των δεσμών του υποστρώματος
  - β. την εξασθένηση των δεσμών του υποστρώματος
  - γ. την αδρανοποίηση των δεσμών του υποστρώματος
  - δ. τη χαλάρωση και το σπάσιμο των δεσμών του ενζύμου.