



Ρόλος κυτταρικών οργανιδίων

- Πυρήνας περιέχει τα μόρια DNA μαζί με άλλες συνδεδεμένες πρωτεΐνες και περιβάλλονται από την πυρηνική μεμβράνη
- Μιτοχόνδρια: είναι τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας όπου πραγματοποιείται η αναπνοή και η οξειδωτική φωσφορυλίωση
- Λυσοσώματα: σωματίδια που απελευθερώνουν πεπτικά ένζυμα, συνεισφέρουν στη χώνευση θρεπτικών που εισέρχονται στο κύτταρο
- Κενοτόπια: οργανίδια χαμηλής πυκνότητας συνδεδεμένα με μεμβράνες με ειδίκευση την πέψη, την ωσμωτική ρύθμιση και την αποθήκευση αποβλήτων
- Χλωροπλάστες: πράσινα οργανίδια που περιέχουν χλωροφύλλη και είναι υπεύθυνα για τη φωτοσύνθεση.
- Επιμήκη μαστίγια: δομές συνδεδεμένες στο κύτταρο και υπεύθυνα για την κίνηση του



Συστατικά του κυττάρου

- Τα κύρια συστατικά του κυττάρου είναι το υδρογόνο, το οξυγόνο, ο άνθρακας, το άζωτο ο φωσφόρο και το θείο.

Σχηματίζουν βιοπολυμερή:

- Λιπίδια, χρησιμοποιούνται για αποθήκευση ενέργειας και κατασκευή του κυτταρικού τοιχώματος και της κυτταρικής μεμβράνης.
- Υδατάνθρακες κατ' εξοχή εμφανίζονται ως δομικά υλικά φυτικών ιστών με τη μορφή της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης
- Νουκλεϊκά οξέα. Το RNA και το DNA ονομάζονται και πληροφοριακά βιομόρια λόγω του ρόλου τους στη μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας



Συστατικά του κυττάρου

- Πρωτεΐνες. Αποτελούν το 50-70% του στερεού μέρους του κυττάρου και μπορούν να είναι:
 - Δομικές, βασικό υλικό στη δομή του κυτταρικού τοιχώματος (κολλαγόνο)
 - Συσταλτικές, αποτελούν μέρος του μηχανισμού κίνησης
 - Αποθηκευτικές: η καζεΐνη στο γάλα
 - Μεταφορικές, χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ουσιών (αιμοσφαιρίνη)
 - Προστατευτικές, παίζουν ρόλο στην προστασία του οργανισμού (αντισώματα)
 - Τοξίνες, προκαλούν δηλητηρίαση (ενδοτοξίνες)
 - Ορμόνες, παίζουν ρυθμιστικό ρόλο
 - Καταλυτικές, βιολογικοί καταλύτες - ένζυμα



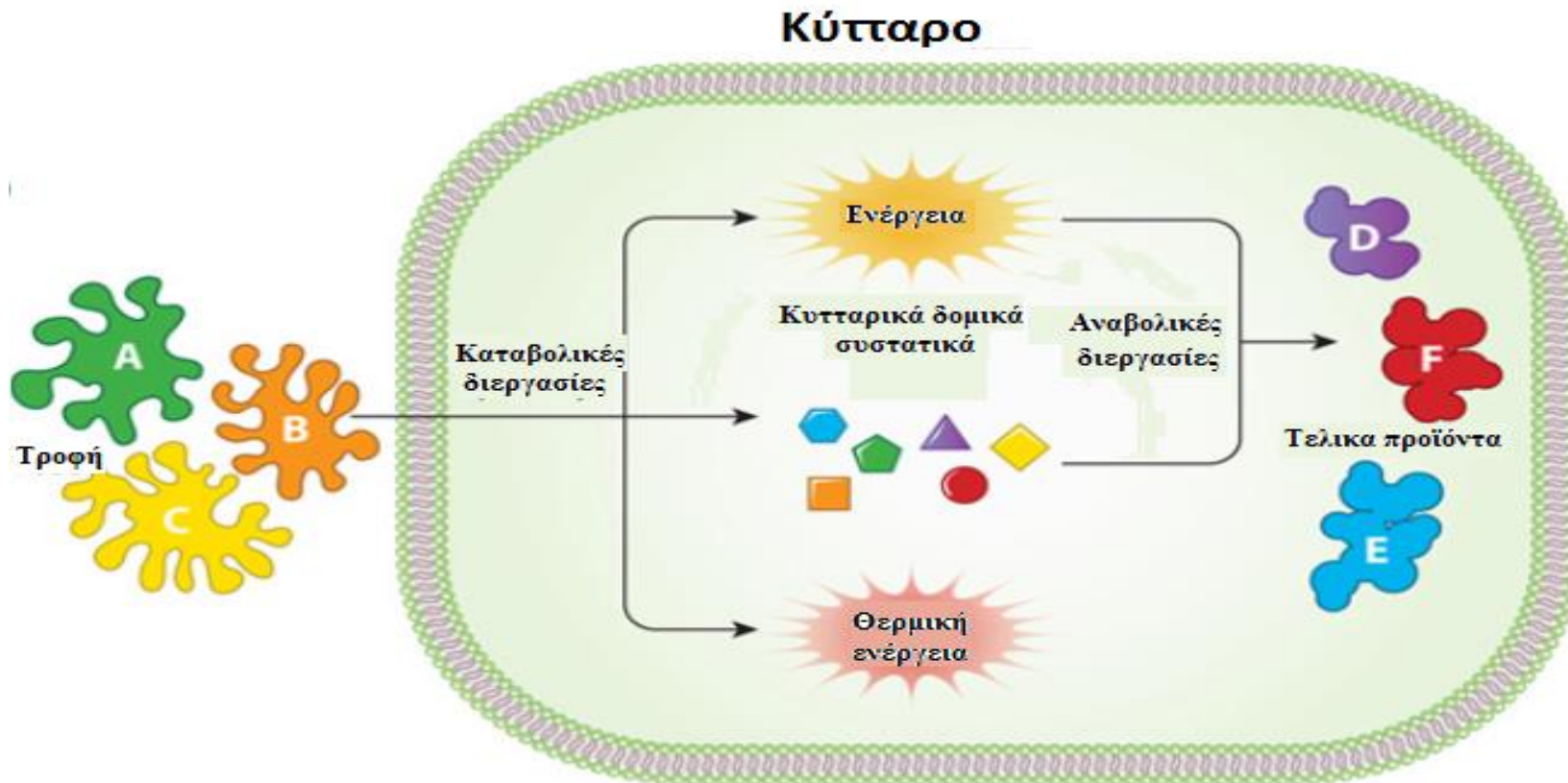
Σύσταση ενός οργανισμού *e.coli*

Μακρομόριο	Τοις εκατό περιεκτικότητα σε ξηρό βάρος	Διαφορετικά μόρια
Πρωτεΐνη	55,0	1050
RNA	20,5	
rRNA	16,7	3
tRNA	3,0	60
mRNA	0.8	400
DNA	3.1	1
Λιπίδια	9.1	4
Λιποπολυσακχαρίτες	3,4	1
πεπτιδογλυκάνη	2.5	1
Γλυκογόνο	2.5	1
Διαλυτά υλικά	3,9	



Κυτταρικός μεταβολισμός

- Στο εσωτερικό των κυττάρων λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις με σκοπό
 - Τη διάσπαση μορίων τα οποία χρησιμεύουν ως τροφή
 - Σύνθεση κυτταρικών συστατικών





Ο κυτταρικός μεταβολισμός

- Μεταβολισμός χαρακτηρίζεται το αθροιστικό σύνολο των χημικών διεργασιών που γίνονται στα κύτταρα ενός ζωικού οργανισμού κατά τις οποίες είτε αποθηκεύεται ενέργεια (διαδικασία αναβολισμού), είτε απελευθερώνεται από τα μόρια ενέργεια (περίπτωση καταβολισμού)
- Ο μεταβολισμός περιλαμβάνει όλες εκείνες τις χημικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην παραγωγή και απελευθέρωση της ενέργειας, καθώς και στην αύξηση



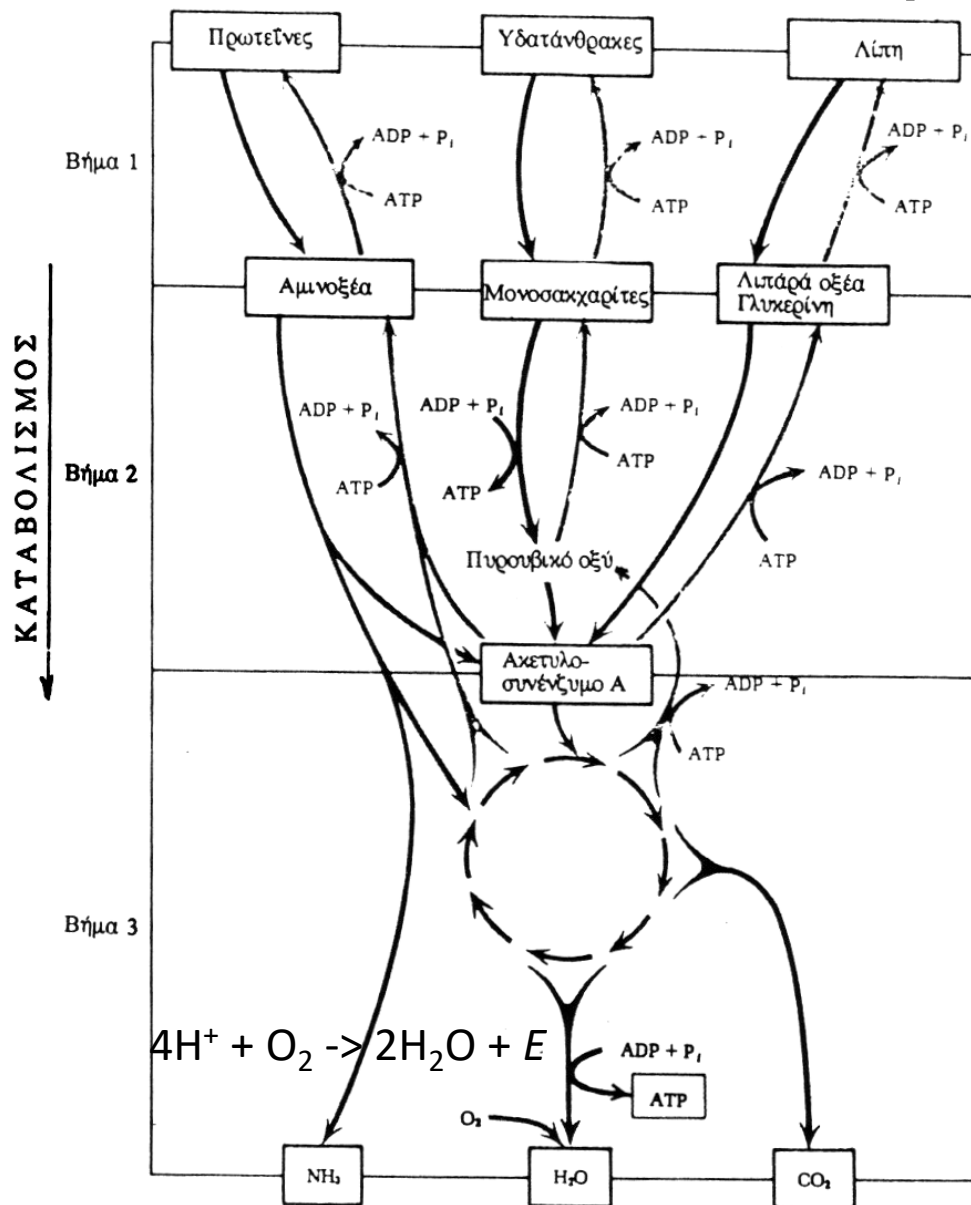
- Όλες οι μεταβολικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται σε διάφορα χρονικά στάδια όπου δημιουργούνται ή διασπώνται βαθμιαία χημικές ενώσεις. Κάθε τέτοιο στάδιο της "μεταβολικής οδού" καταλύεται από διαφορετικό κάθε φορά ένζυμο η δομή του οποίου κωδικοποιείται από συγκεκριμένο γονίδιο. Το τελικό προϊόν κάθε τέτοιας διαδικασίας ονομάζεται μεταβολίτης
- Όλη η ενέργεια που περιέχεται στις θρεπτικές ουσίες εκδηλώνεται είτε ως θερμότητα, είτε ως έργο που γίνεται στο περιβάλλον, είτε ως αύξηση
- Το πρώτο βήμα στον ενεργειακό καταβολισμό είναι η διάσπαση του γλυκογόνου ή των τριγλυκεριδίων σε απλούστερες ενώσεις
- Το δεύτερο στάδιο του καταβολισμού των υδατανθράκων είναι η γλυκόλυση
- ενώ αυτού των τριγλυκεριδίων είναι η β οξείδωση των λιπαρών οξέων
- Το τελικό, κοινό, στάδιο είναι ο κύκλος του κιτρικού οξέος και η οξειδωτική φωσφορυλίωση



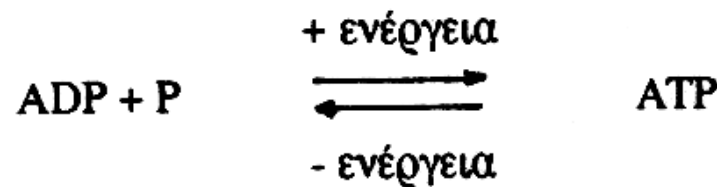
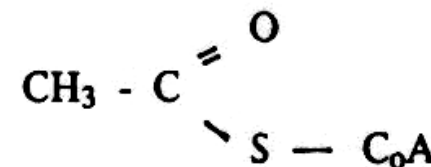
Όροι

- ATP Τριφωσφορική αδενοσίνη, παράγεται κατά την κυτταρική αναπνοή, τη γλυκόλυση και κατά τον κύκλο του Krebs
- ADP Διφωσφορική αδενοσίνη, Ενδιάμεσο μεταβολικό προϊόν.
 $ATP \rightarrow ADP + P_i$
- AMP Μονοφωσφορική αδενοσίνη,
 $ATP \rightarrow AMP + 2P_i$
- $NAD^+ / NADH$, Νικοτιναμιδο-αδενικο-δινουκλεοτίδιο, συνένζυμο που η παρουσία του είναι απαραίτητη σε οξειδωτικές αντιδράσεις ως φορέας και δότης ηλεκτρονίων
- $FAD^+ / FADH / FADH_2$, Φλαβίνο-αδενίνο-δινουκλεοτίδιο, σκοπός του είναι η μεταφορά δυο ηλεκτρονίων και δυο πρωτονίων σε αντιδράσεις οξειδωτικής φωσφορυλίωσης

Τα στάδια του μεταβολισμού

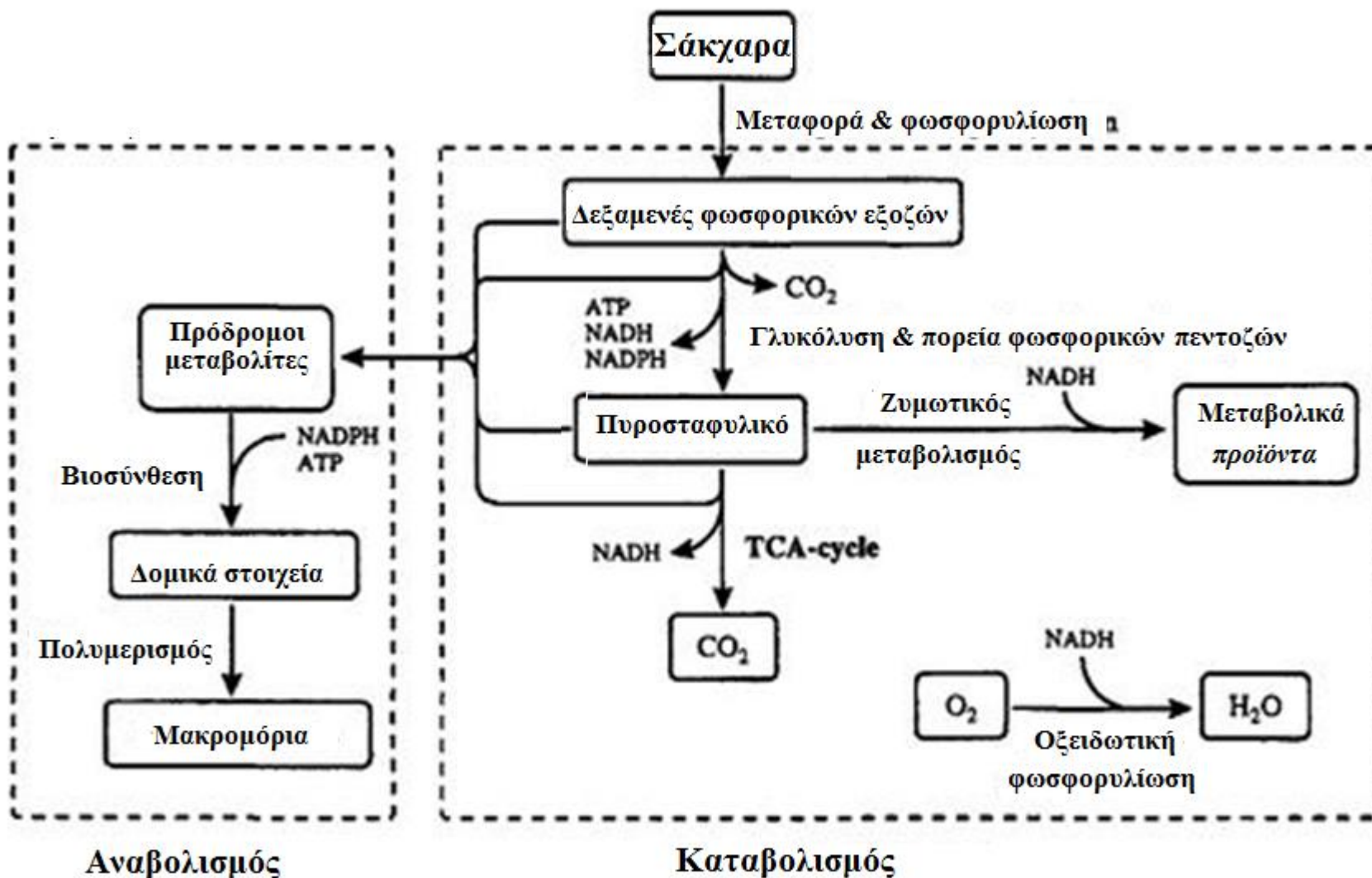


ΑΝΑΒΟΛΙΣΜΟΣ



ADP = διφωσφορική αδενοσύνη
P = ανόργανα φωσφορικά
ATP = τριφωσφορική αδενοσύνη

Δομή της κυτταρικής σύνθεσης από σάκχαρα



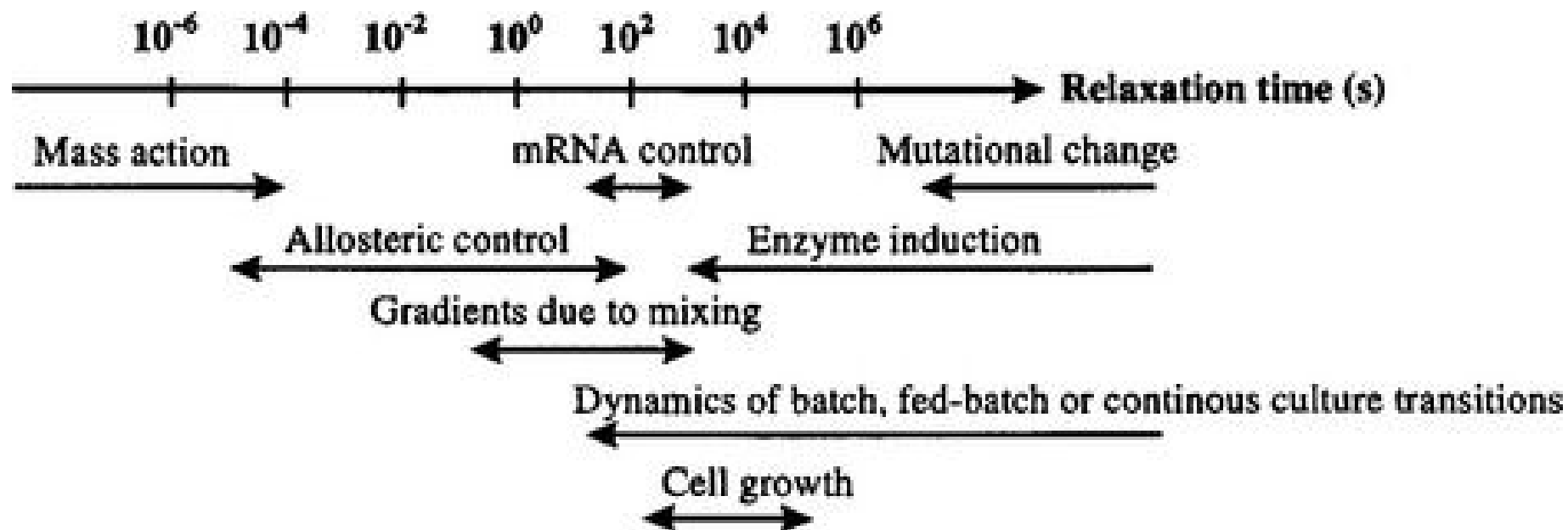


Χρόνοι Χαλάρωσης.

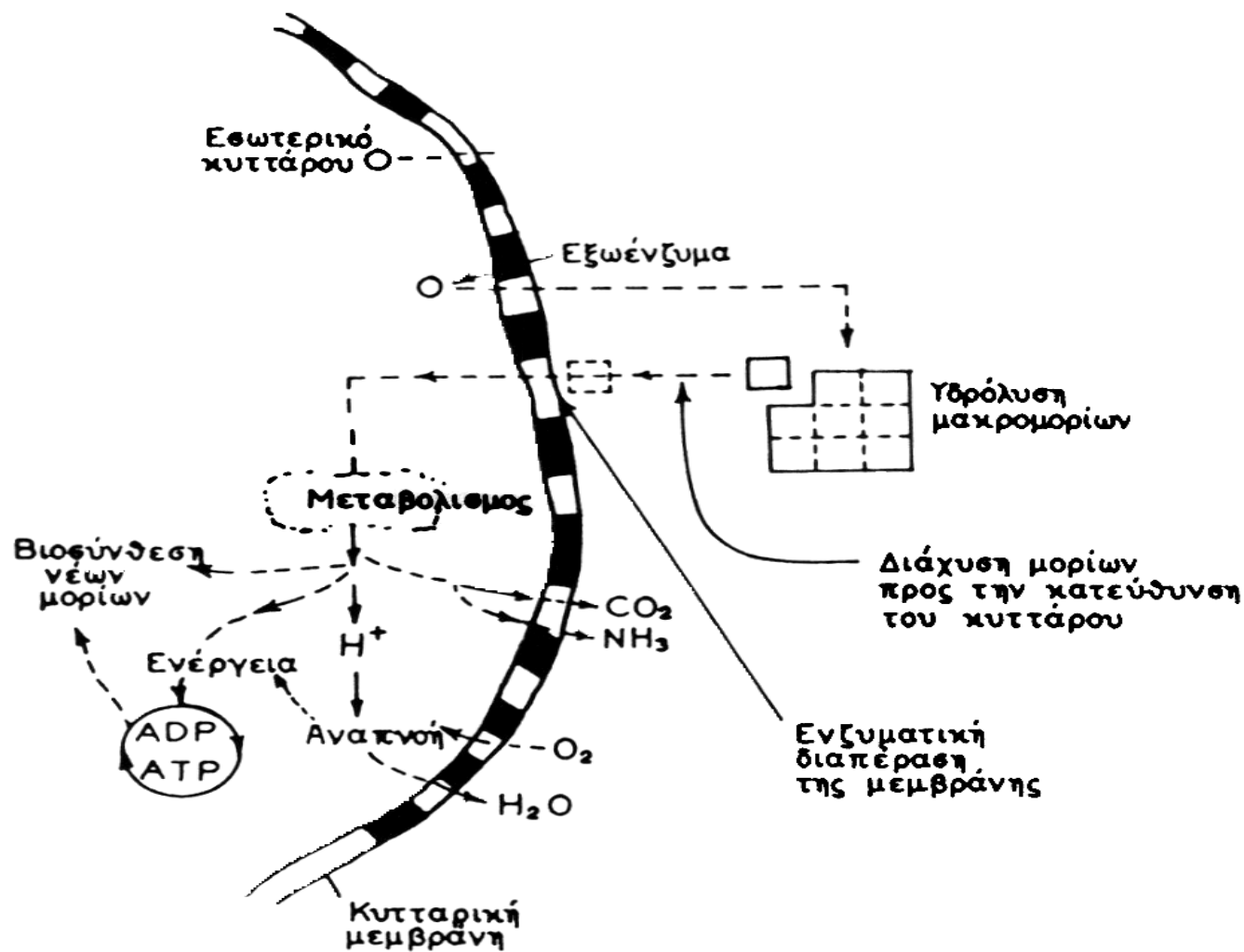
- Ο χρόνος χαλάρωσης μια αντίδρασης πρώτης τάξης ($v=kc$) αντιστοιχεί στο αντίστροφο της σταθεράς ταχύτητας της αντίδρασης ($\tau=1/k$).
- Ο χρόνος χαλάρωσης αντιστοιχεί στο χρόνο που απαιτείται ώστε το σύστημα, έπειτα από μια διαταραχή, που το απομακρύνει από την ισορροπία, να καλύψει απόσταση ίση με $(1-1/e)=0.63$ της απόστασης μεταξύ της προηγούμενης και της νέας σταθερής κατάστασης.
- Για διεργασίες οι οποίες δεν είναι πρώτης τάξης, ο χρόνος χαλάρωσης μπορεί να γραφεί ως $\tau=c/r(c)$ και χαρακτηρίζει το χρόνο που η αντίδραση θα απαιτούσε αν ήταν πρώτης τάξης



Χρόνοι χαλάρωσης κυτταρικών διεργασιών σε σύγκριση με τον χρόνο χαλάρωσης ενός βιοαντιδραστήρα



Είσοδος/μεταβολισμός τροφής





Αντιδράσεις μεταβολισμού

- **Αντιδράσεις συγκρότησης** – χημικής τροποποίησης μακρομορίων και μεταφοράς τους σε προκαθορισμένες θέσεις εντός του κυττάρου με σκοπό το σχηματισμό δομικών στοιχείων του κυττάρου
- **Αντιδράσεις πολυμερισμού.** Αντιδράσεις κατευθυνόμενης σύνδεσης ενεργοποιημένων μορίων σε αλυσίδες πολυμερών με σκοπό τη σύνθεση μακρομορίων και επιμέρους δομικών μονάδων
- **Βιοσυνθετικές αντιδράσεις,** αντιδράσεις που οδηγούν στο σχηματισμό δομικών μονάδων οι οποίες χρησιμοποιούνται στις αντιδράσεις πολυμερισμού, παράλληλα παράγονται συνένζυμα, μεταβολικοί παράγοντες και σηματοδικά μόρια.
- **Αντιδράσεις καταβολισμού,** οι αντιδράσεις αυτές παρέχουν τους 12 πρόδρομους μεταβολίτες που είναι απαραίτητοι για τις βιοσυνθετικές αντιδράσεις. Παρέχουν ελεύθερη ενέργεια με τη μορφή ATP η οποία είναι απαραίτητη για τις υπόλοιπες αντιδράσεις. Στις αντιδράσεις αυτές εντάσσεται το σύνολο του καταβολισμού.



Διεργασίες μεταφοράς

- Το κύτταρο απαιτεί τη λήψη θρεπτικών ουσιών από το εξωκυτταρικό περιβάλλον για να διατηρήσει τη μεταβολική του δραστηριότητα.

Τα μόρια εισέρχονται στο κύτταρο μέσω τριών μηχανισμών.

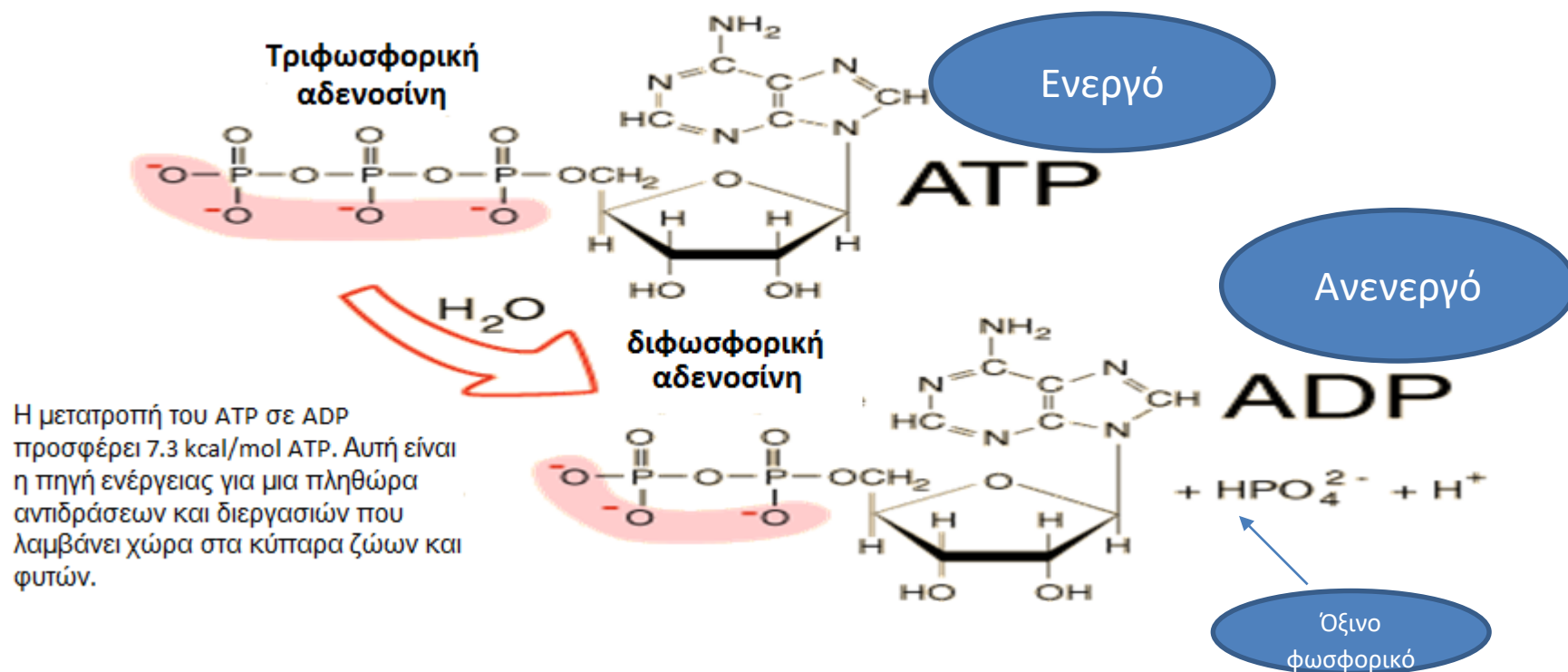
I. **Ελεύθερη διάχυση.** Με τη μέθοδο αυτή μεταφέρονται μόρια και ενώσεις όπως διοξείδιο του άνθρακα, αμμωνία, λιπαρά οξέα και κάποιες αλκοόλες. Τα μόρια κινούνται με τη βοήθεια μιας βαθμιδωτής συγκέντρωσης (από υψηλή σε χαμηλή συγκέντρωση)

II. **Διευκολυνόμενη διάχυση.** Μεταφορά ενώσεων των οποίων η διαλυτότητα στην κυτταρική μεμβράνη είναι περιορισμένη. Για τη διευκόλυνση πρωτεΐνες φορείς υποβοηθούν τη διεργασία, ωθώντας τα μόρια στην εσωτερική πλευρά της μεμβράνης. Η ακριβής διεργασία ακόμη δεν έχει αποσαφηνισθεί.

III. **Ενεργός μεταφορά.** Απαιτεί τη συνεισφορά ενέργειας και την παρουσία εξειδικευμένων μεμβρανικών πρωτεϊνών που ονομάζονται περμεάσες ή διαπεράσες.

Κυτταρική αναπνοή

- Αποτελεί την πλέον σημαντική και αποδοτική, ενεργειακά καταβολική πορεία, η οποία χρησιμοποιεί οξυγόνο και οργανικά μόρια όπως η γλυκόζη και προσφέρει ATP





Το ενεργειακό νόμισμα

- Μέρος κυττάρου που γίνεται **εξώθερμη** αντίδραση



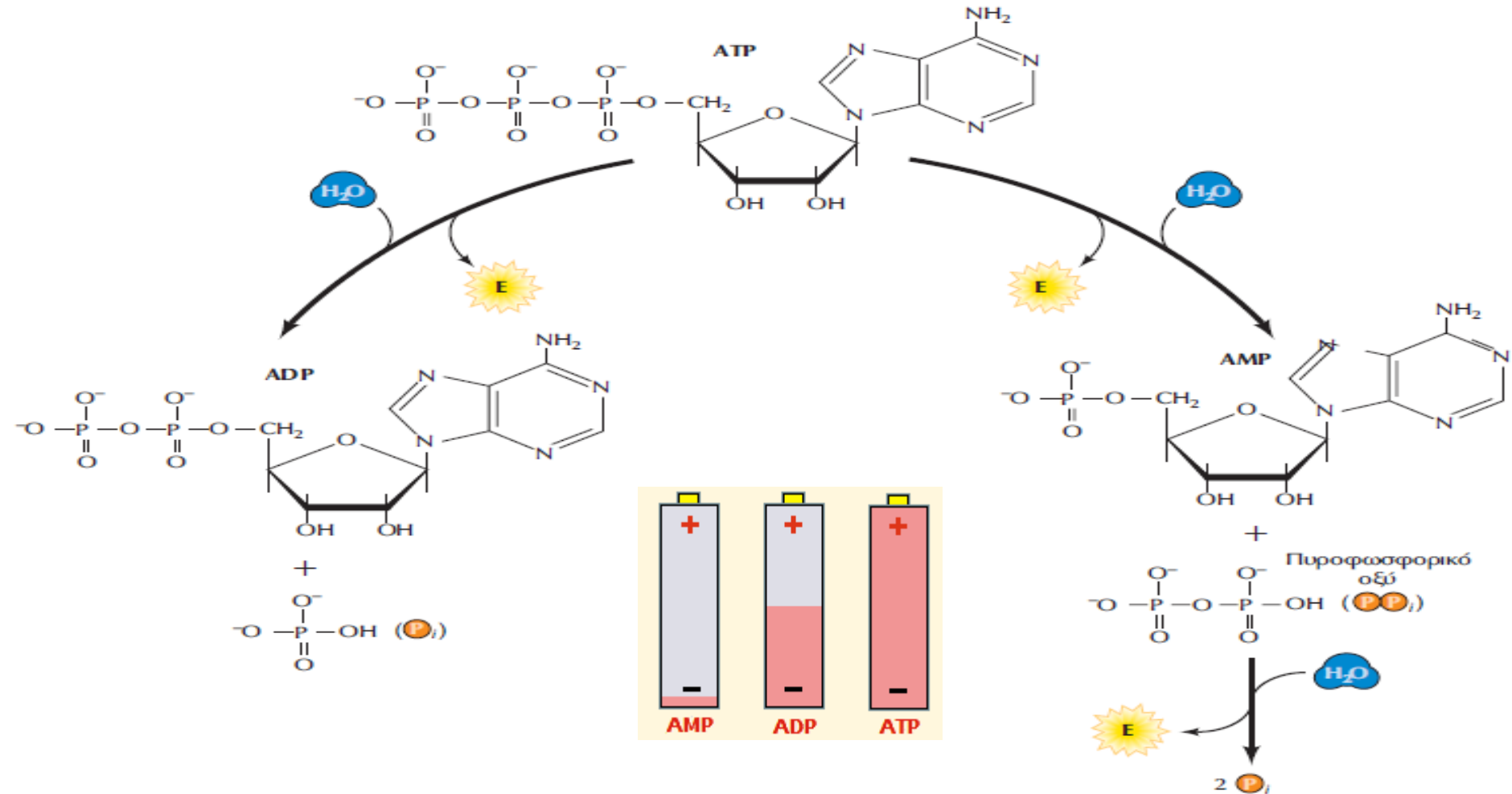
- Μέρος κυττάρου που γίνεται **ενδόθερμη** αντίδραση



- Το ATP χαρακτηρίζεται σαν ενεργειακό νόμισμα γιατί μεσολαβεί μεταξύ των κυτταρικών διεργασιών οι οποίες αποδίδουν ενέργεια και αυτών που καταναλώνουν ενέργεια
- Το ATP αναγεννάται συνεχώς, είναι σαν επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Η φορτισμένη μορφή της είναι το ATP και η αφόρτιστη το ADP. Το ATP δεν αποθηκεύεται αλλά μόλις συντεθεί γρήγορα καταναλώνεται.
- Όταν η αδενοσίνη είναι στην τριφωσφορική μορφή, τότε το ενεργειακό φορτίο παίρνει τη μέγιστη τιμή (1). Η τιμή είναι μικρή όταν τα κύτταρα αυξάνουν αλλά αυξάνει όταν τα κύτταρα παύουν να πολλαπλασιάζονται.



Το νόμισμα και τα παράγωγά του





Ενεργειακοί καταλύτες – ένζυμα

- Ένας βασικός ρόλος των πρωτεϊνών είναι να λειτουργούν ως ένζυμα-καταλύτες τα οποία αυξάνουν την ταχύτητα σχεδόν όλων των χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν στο εσωτερικό των κυττάρων
-
- Απουσία ενζυμικών καταλυτών, οι περισσότερες αντιδράσεις είναι τόσο βραδείες, που δε θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν'

Στο εσωτερικό του κυττάρου επικρατούν ήπιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης που είναι συμβατές με τη ζωή.

Τα ένζυμα αυξάνουν την ταχύτητα αυτών των αντιδράσεων τουλάχιστον ένα εκατομμύριο φορές

Τα κύτταρα περιέχουν εκατοντάδες διαφορετικά ένζυμα και οι ενεργότητές τους καθορίζουν ποιες από τις πολλές δυνητικές χημικές αντιδράσεις λαμβάνουν τελικά χώρα στο εσωτερικό του κυττάρου.



Επιτάχυνση των αντιδράσεων

Αύξηση ταχύτητας από επιλεγμένα ένζυμα.

Ένζυμο	Μη ενζυμική ημιζωή	Μη καταλυόμενη ταχύτητα (k_{un}, s^{-1})	Καταλυόμενη ταχύτητα (k_{cat}, s^{-1})	Αύξηση ταχύτητας (k_{cat}/k_{un})
Αποκαρβοξυλάση της OMP	78.000.000 χρόνια	$2,8 \times 10^{-16}$	39	$1,4 \times 10^{17}$
Σταφυλοκοκκική νουκλεάση	130.000 χρόνια	$1,7 \times 10^{-13}$	95	$5,6 \times 10^{14}$
Νουκλεοζιτάση της AMP	69.000 χρόνια	$1,0 \times 10^{-11}$	60	$6,0 \times 10^{12}$
Καρβοξυπεπτιδάση Α	7,3 χρόνια	$3,0 \times 10^{-9}$	578	$1,9 \times 10^{11}$
Ισομεράση των κετοστεροειδών	7 εβδομάδες	$1,7 \times 10^{-7}$	66.000	$3,9 \times 10^{11}$
Ισομεράση των φωσφορικών τριοζών	1,9 ημέρες	$4,3 \times 10^{-6}$	4.300	$1,0 \times 10^9$
Μουτάση του χορισμικού	7,4 ώρες	$2,6 \times 10^{-5}$	50	$1,9 \times 10^6$
Ανθρακική ανυδράση	5 δευτερόλεπτα	$1,3 \times 10^{-1}$	1×10^6	$7,7 \times 10^6$

Συντομογραφίες: OMP, μονοφωσφορική οροτιδίνη· AMP, μονοφωσφορική αδενοσίνη.

Πηγή: Κατά A. Radzicka and R. Wofenden. *Science* 267 (1995):90-93.



Τα ένζυμα

- Χαρακτηρίζονται από δύο θεμελιώδεις ιδιότητες. Πρώτον, αυξάνουν την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων χωρίς τα ίδια να καταναλώνονται ή να υφίστανται μόνιμη μεταβολή από την αντίδραση
- Αυξάνουν την ταχύτητα της αντίδρασης χωρίς να τροποποιούν τη χημική ισορροπία ανάμεσα στα αντιδρώντα και τα προϊόντα
 - $S \rightleftharpoons P$
 - Υπόστρωμα \rightleftharpoons προϊόν
- Η χημική ισορροπία ανάμεσα στο S και το P καθορίζεται από τους νόμους της θερμοδυναμικής και μπορεί να είναι αμφίδρομη.
- Με την προσθήκη ενζύμου η αντίδραση μεταβάλλεται σε





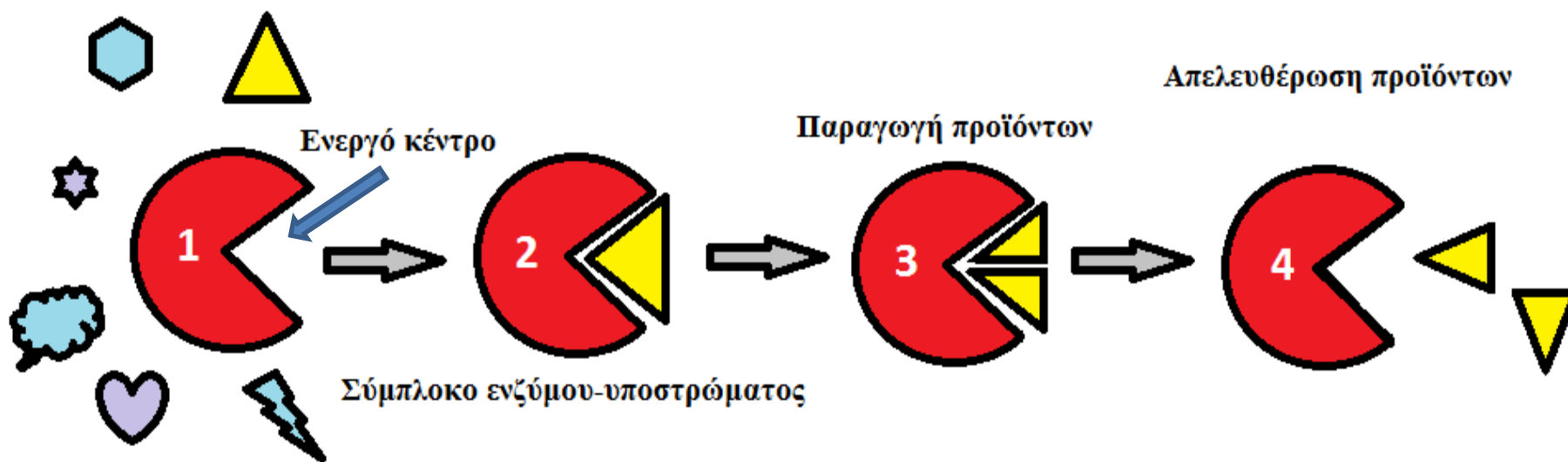
Ενεργότητα

- Η καταλυτική ενεργότητα των ενζύμων συνίσταται στη σύνδεσή τους με τα υποστρώματά τους, ώστε να σχηματιστεί ένα σύμπλοκο ενζύμου-υποστρώματος (ES). Το υπόστρωμα συνδέεται με μια συγκεκριμένη περιοχή του ενζύμου, που ονομάζεται **ενεργό κέντρο**.
 - Ενώ είναι συνδεδεμένο στο ενεργό κέντρο, το υπόστρωμα μετατρέπεται στο προϊόν της αντίδρασης, το οποίο στη συνέχεια απελευθερώνεται από το ένζυμο.
 - $S + E \rightleftharpoons ES \rightleftharpoons E + P$



Δράση ενζύμων

Μοντέλο κλειδιού κλειδαριάς



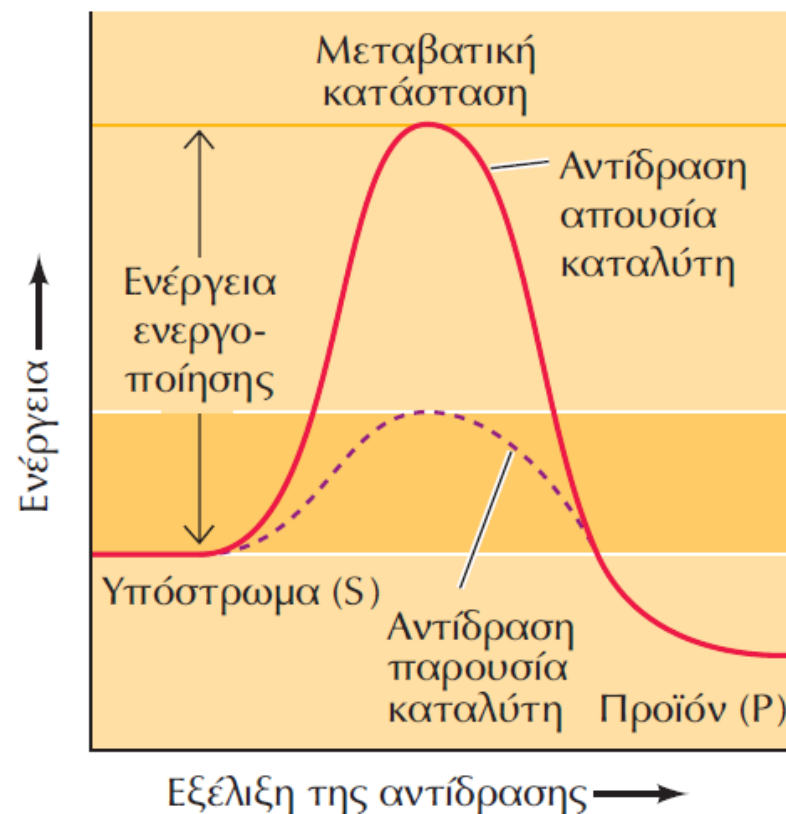
Εκλεκτικότητα ενζύμου

- Το ένζυμο παρέχει μια μήτρα επάνω στην οποία τα υποστρώματα έρχονται στην κατάλληλη θέση και με τον κατάλληλο προσανατολισμό, ώστε να αντιδράσουν μεταξύ τους.



Ενέργεια ενεργοποίησης

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η αντίδραση, το S πρέπει να διέλθει από μια μεταβατική κατάσταση υψηλής ενέργειας. Η ενέργεια που απαιτείται για να φτάσει στη μεταβατική κατάσταση συνιστά έναν φραγμό στην εξέλιξη της αντίδρασης και κατά συνέπεια καθορίζει την ταχύτητα με την οποία διεξάγεται η αντίδραση. Παρουσία ενός καταλύτη, η ενέργεια ενεργοποίησης μειώνεται και η αντίδραση πραγματοποιείται





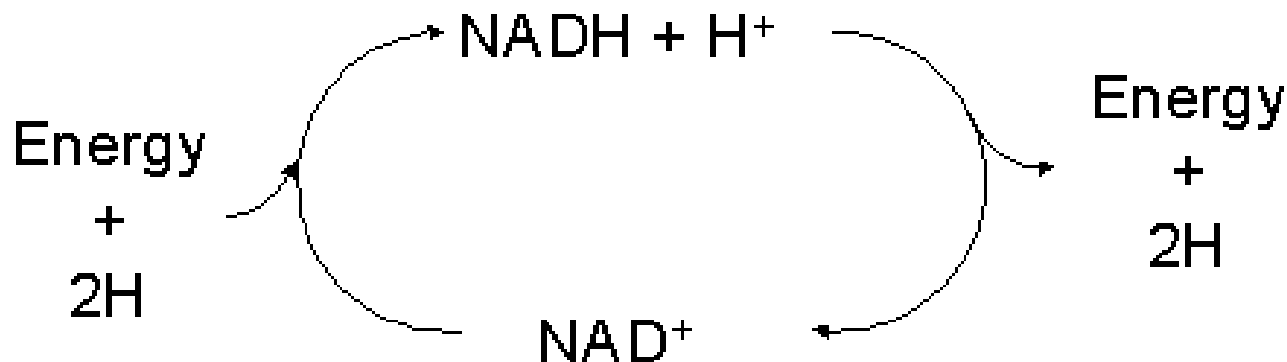
Συνένζυμα

- Τα ενεργά κέντρα πολλών ενζύμων συνδέονται όχι μόνο με τα υποστρώματά τους αλλά και με άλλα μικρά μόρια τα οποία συμμετέχουν στην κατάλυση
- Οι **προσθετικές ομάδες** είναι μικρά μόρια συνδεδεμένα με πρωτεΐνες, στις οποίες επιτελούν σημαντικές λειτουργίες. Για παράδειγμα, το οξυγόνο που μεταφέρεται από τη μυοσφαιρίνη και την αιμοσφαιρίνη είναι συζευγμένο με την αίμη, μια προσθετική ομάδα αυτών των πρωτεϊνών.
- Σε πολλές περιπτώσεις, ιόντα μετάλλων (όπως ο ψευδάργυρος ή ο σίδηρος) συζεύγγονται με ένζυμα και έχουν κεντρικούς ρόλους στη διαδικασία της κατάλυσης.
- Αυτά τα μόρια ονομάζονται **συνένζυμα** (co-enzymes), επειδή λειτουργούν μαζί με τα ένζυμα για να αυξήσουν τις ταχύτητες των αντιδράσεων. Σε αντίθεση με τα υποστρώματα, τα συνένζυμα δεν υφίστανται μόνιμη τροποποίηση από τις αντιδράσεις στις οποίες συμμετέχουν. Αντίθετα, ανακυκλώνονται και μπορούν να λάβουν μέρος σε πολλαπλές ενζυμικές αντιδράσεις.



Το NADH

- Τα συνένζυμα λειτουργούν ως μεταφορείς διαφορετικών τύπων χημικών ομάδων
- το **δινουκλεοτίδιο νικοτιναμιδίου-αδενίνης (NAD⁺)**, λειτουργεί ως μεταφορέας ηλεκτρονίων σε αντιδράσεις οξειδοαναγωγής. Το NAD⁺ μπορεί να δεχτεί ένα ιόν υδρογόνου (H⁺) και δύο ηλεκτρόνια (e⁻) από ένα υπόστρωμα, σχηματίζοντας NADH.
- Το NADH μπορεί να αποδώσει τα ηλεκτρόνια αυτά σε ένα δεύτερο υπόστρωμα και να ανασχηματιστεί NAD⁺. Συνεπώς, το NAD⁺ μεταφέρει ηλεκτρόνια από το πρώτο υπόστρωμα (το οποίο οξειδώνεται) στο δεύτερο υπόστρωμα (το οποίο ανάγεται).





Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση των ενζύμων

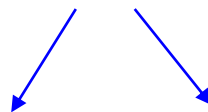
- **Θερμοκρασία:** Κάθε ένζυμο έχει μια άριστη θερμοκρασία δράσης στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης γίνεται μέγιστη. Στα ένζυμα του ανθρώπου η άριστη θερμοκρασία είναι 36-38 βαθμοί. Αν η θερμοκρασία φτάσει στους 50 βαθμούς τότε το ένζυμο χάνει μόνιμα τη δραστηκότητά του γιατί χάνει την τριτοταγή του δομή
- **pH:** τα ένζυμα επηρεάζονται από τις μεταβολές του pH. Για καθένα υπάρχει μία τιμή στην οποία παρουσιάζει τη μέγιστη δραστηκότητά του, η οποία για την πλειοψηφία κυμαίνεται μεταξύ 5 και 9. Σε ακραίες τιμές τα ένζυμα μπορεί να καταστραφούν. υπάρχουν βέβαια εξαιρέσεις όπως η πεψίνη η οποία δρα στο στομάχι σε pH=2 ή η θρυψίνη που δρα στο λεπτό έντερο σε pH=8,5.
- **Συγκέντρωση υποστρώματος:** Αύξηση συγκέντρωσης υποστρώματος οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας της αντίδρασης, μέχρι όμως ενός σημείου. Από εκεί και πέρα η ταχύτητα δεν αλλάζει γιατί όλα τα μόρια ενζύμων είναι ενωμένα με υπόστρωμα και συνεπώς τα επιπλέον μόρια υποστρώματος δε βρίσκουν ελεύθερα μόρια ενζύμων για να ενωθούν.



Το ένζυμο περιληπτικά

- Είναι πρωτεΐνη
- Η δράση του καθορίζεται από την τριτοταγή δομή του
- Μειώνει την ενέργεια ενεργοποίησης μιας αντίδρασης
- Αυξάνει την ταχύτητα της αντίδρασης
- Παρουσιάζει εξειδίκευση
- Είναι αναλλοίωτο ποσοτικά και ποιοτικά
- Η δράση του είναι συνδεδεμένη με το περιβάλλον που δρα

Ένζυμα



Ενδοκυτταρικά δρουν μέσα στο κύτταρο και είναι είτε ελεύθερα είτε δεσμευμένα σε πρωτεΐνες

Εξωκυτταρικά εκκρίνονται από τα κύτταρα και δρουν στο εξωτερικό των κυττάρων όπως πχ στο στομάχι και άλλες κοιλότητες



Κυτταρική αναπνοή

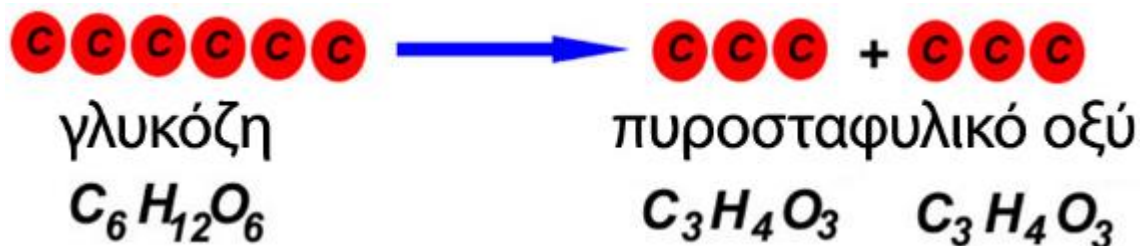
Λαμβάνει χώρα σε τρία στάδια

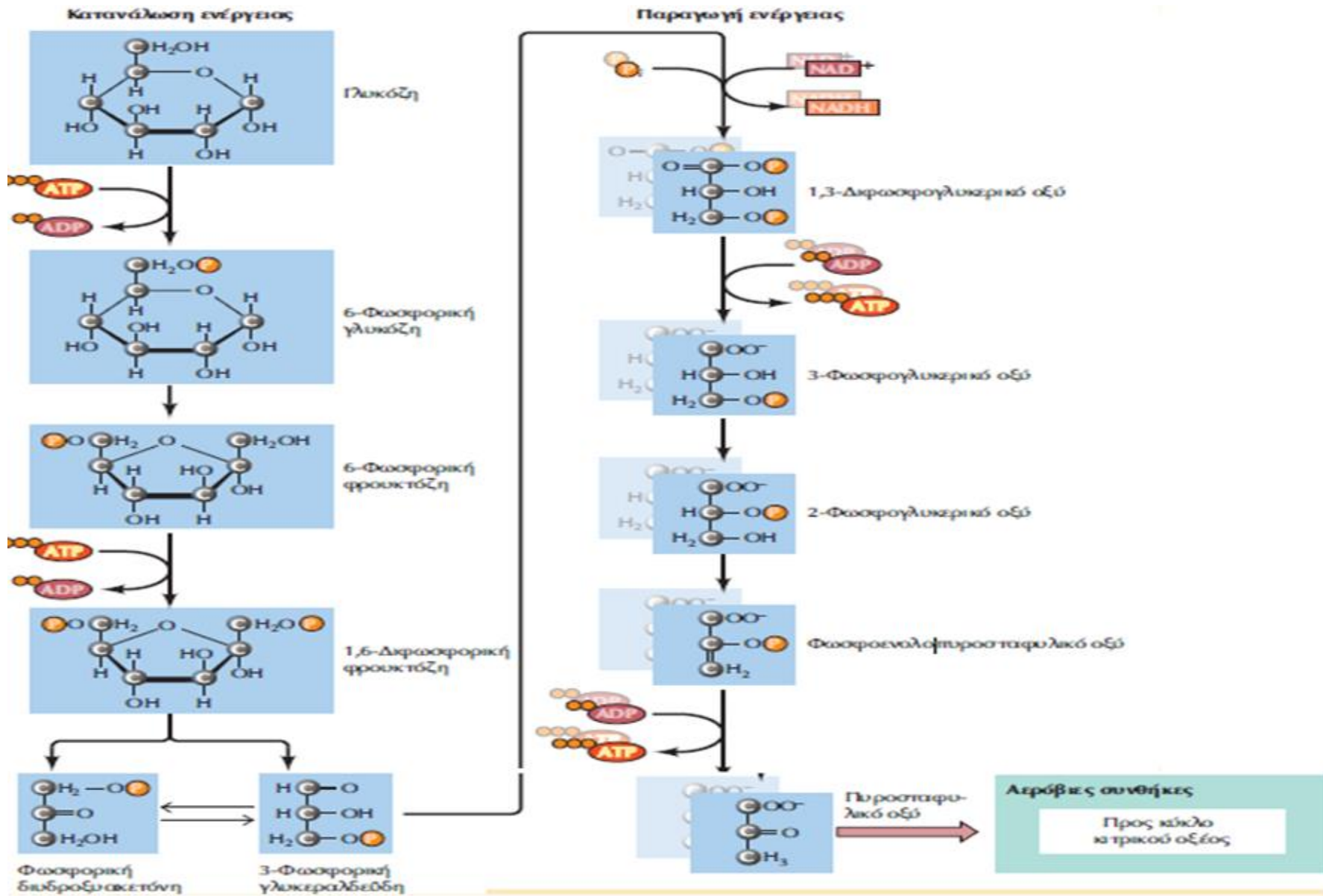
- Γλυκόλυση , ένα μόριο γλυκόζης διασπάται σε δυο μόρια πυροσταφυλικού οξέος
- Ο κύκλος του κιτρικού οξέος, ολοκληρώνει τη διάσπαση της γλυκόζης
- Η οξειδωτική φωσφορυλίωση, παράγει την κύρια ποσότητα ATP



Γλυκόλυση

- Λαμβάνει χώρα στο κυτταρόπλασμα απουσία οξυγόνου. Η γλυκόζη διασπάται αρχικά σε δυο μόρια τριοζών, και στη συνέχεια σε δυο μόρια πυροσταφυλικού οξέος, προσφέροντας 2 ATP
- Στην περίπτωση ύπαρξης οξυγόνου, το πυροσταφυλικό εισέρχεται στον κύκλο του κιτρικού οξέος. Αν όχι μετατρέπεται σε αιθυλική αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα ή γαλακτικό οξύ.

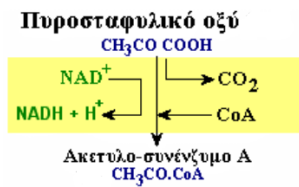




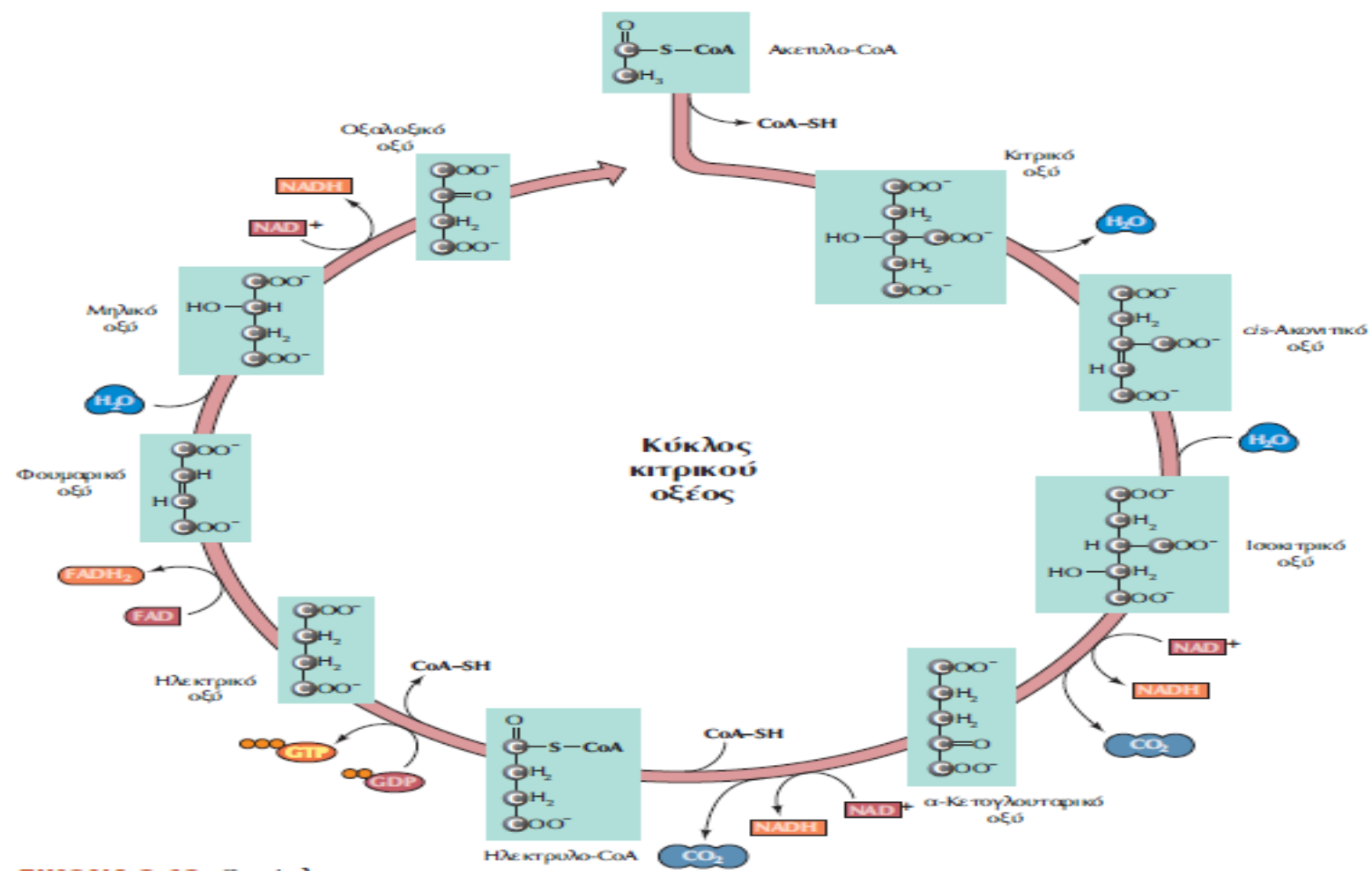


Κύκλος του κιτρικού οξέος

- Το πυροσταφυλικό οξύ, που είχε παραχθεί από τη γλυκόλυση, μετατρέπεται σε **ακετυλο-συνένζυμο A** και με τη μορφή αυτή εισέρχεται στον κύκλο του κιτρικού οξέος.
- Ο κύκλος είναι μια αλληλουχία αντιδράσεων στην οποία τελικό προϊόν είναι αντιδρών του αρχικού σταδίου. Ο κύκλος προσφέρει ενέργεια μέσω της παραγωγής NADH και $FADH_2$, που μπορούν να μετατραπούν σε ATP. Αν και απαραίτητος, ο κύκλος του κιτρικού οξέος, ο ρυθμός του ελέγχεται για να επιτευχθεί η σταθερότητα στο εσωτερικό του κυττάρου και οι συγκεντρώσεις προϊόντων δεν είναι μεγαλύτερες από τις ανάγκες.
- Ο έλεγχος επιτυγχάνεται μέσω των σταδίων της αναστολής, διέγερσης και των συγκεντρώσεων των ενζύμων αφυδρογονάση του πυροσταφυλικού, συνθετάση του κιτρικού, αφυδρογονάση του ισοκιτρικού και α-κετογλουταρική αφυδρογονάση.



Οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση πυροσταφυλικού οξέος

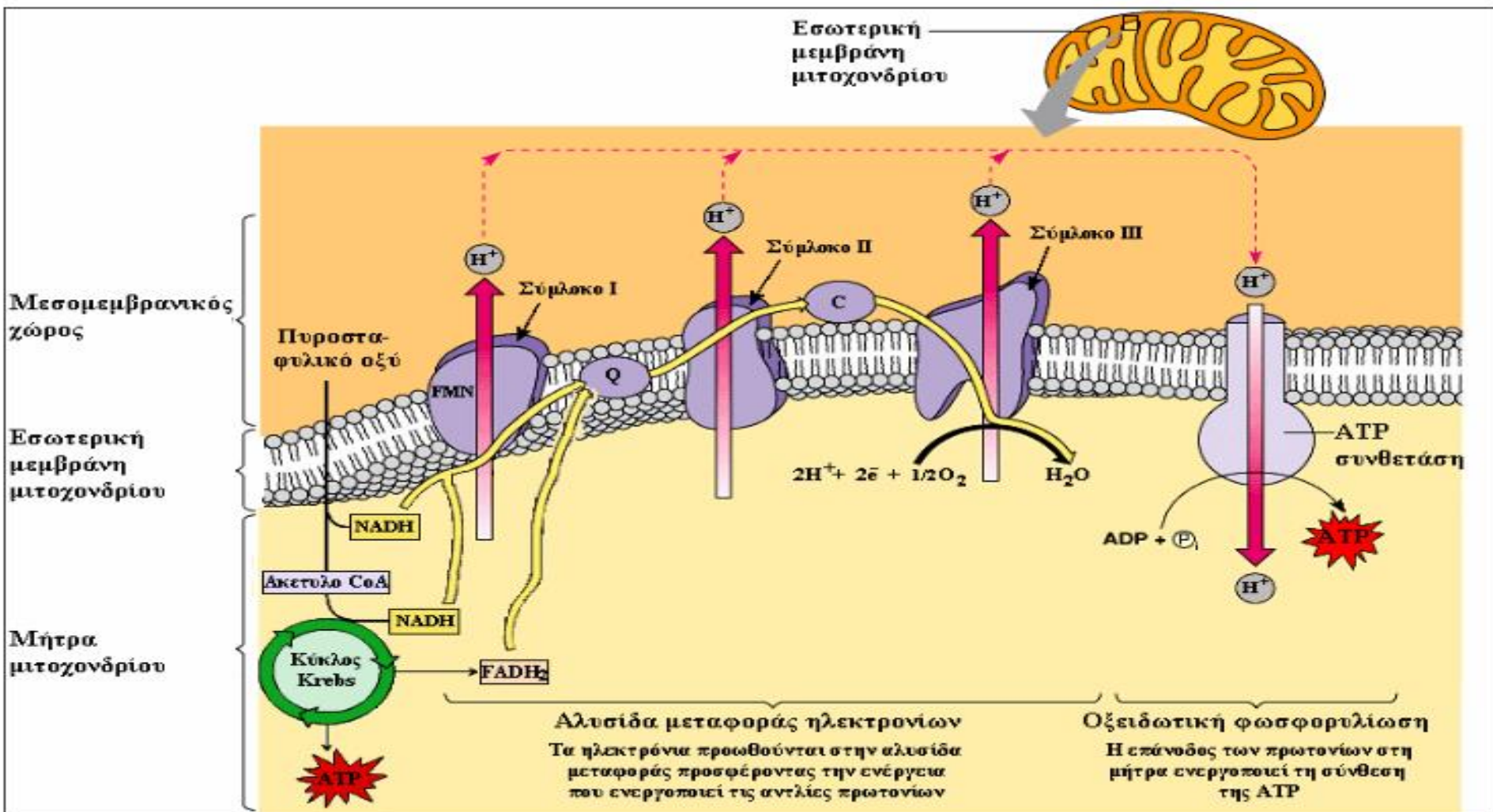


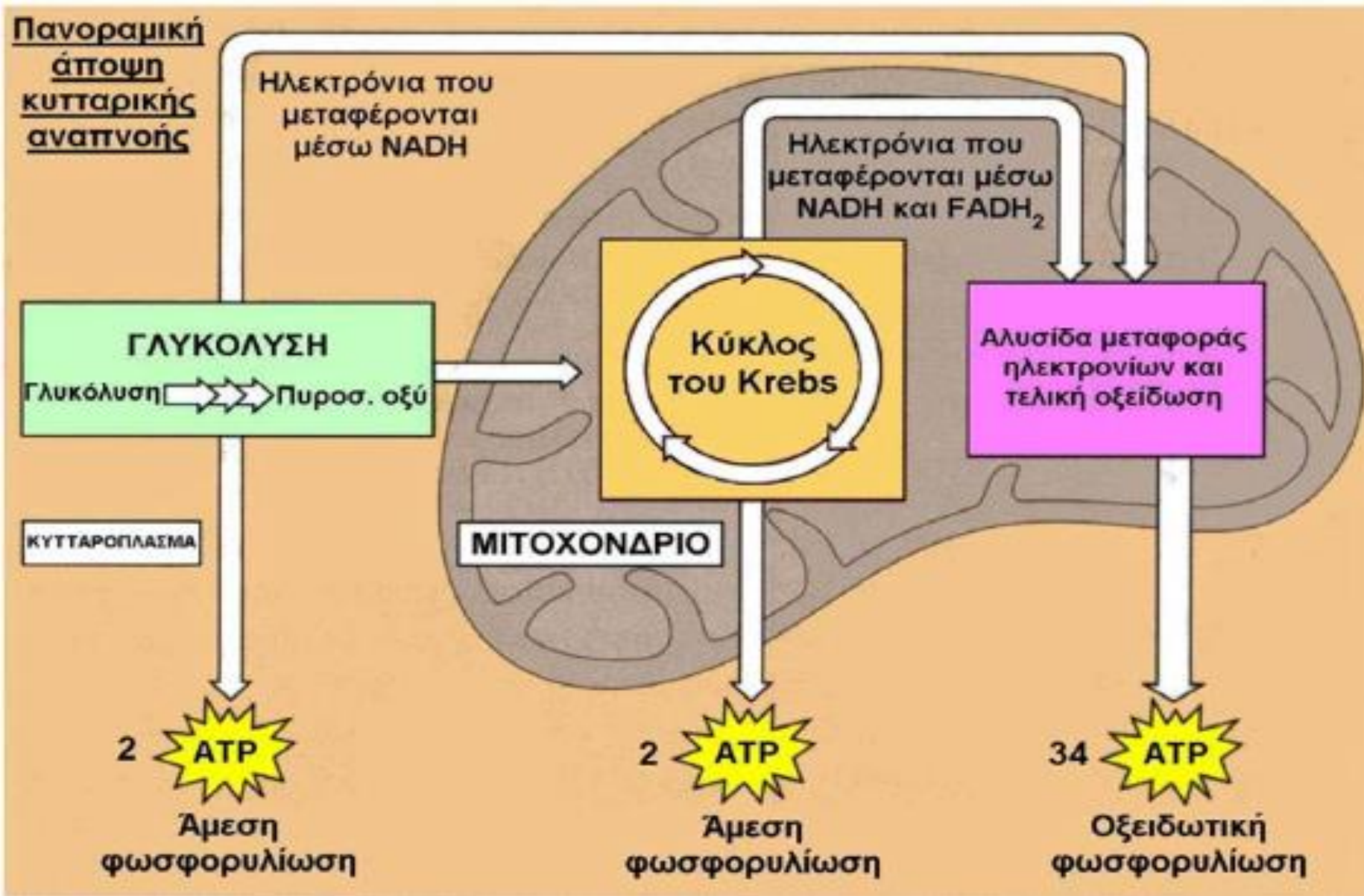


Οξειδωτική Φωσφορυλίωση

- Κατά την **οξειδωτική φωσφορυλίωση** (oxidative phosphorylation), τα ηλεκτρόνια του NAD και του FADH₂ μεταφέρονται στο O₂ και η ενέργεια που απελευθερώνεται από τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του ATP από ADP. Η μεταφορά ηλεκτρονίων από το NADH στο O₂ απελευθερώνει μεγάλα ποσά ελεύθερης ενέργειας: $\Delta G^{\circ} = -52,5 \text{ kcal/mol}$ για κάθε ζεύγος ηλεκτρονίων που μεταφέρεται. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα βαθμιαία μέσω της μεταφοράς των ηλεκτρονίων από μια σειρά φορέων, οι οποίοι συνιστούν την **αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων** (electron transport chain). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πλήρης αξιοποίηση της ελεύθερης ενέργειας
- Ηλεκτρόνια από το NADH και το FADH₂ μεταφέρονται στο O₂ μέσω μιας σειράς μεταφορέων που είναι οργανωμένοι σε τέσσερα ενεργειακά σύμπλοκα στη μιτοχονδριακή μεμβράνη. Η ελεύθερη ενέργεια που παράγεται από τις αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων στα σύμπλοκα I, III και IV χρησιμοποιείται για τη σύνθεση του ATP.

Αλυσίδα μεταφοράς ενέργειας



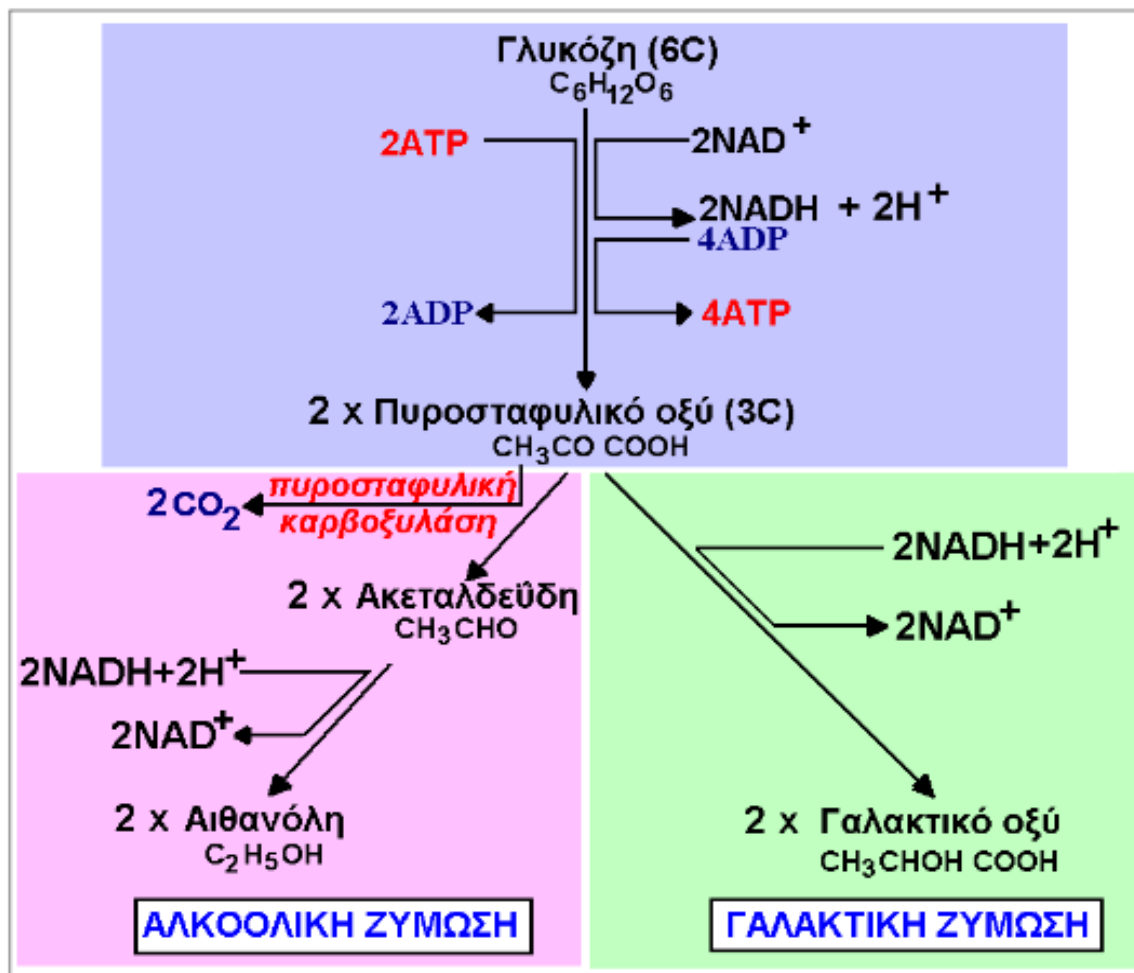




Αναερόβια αναπνοή

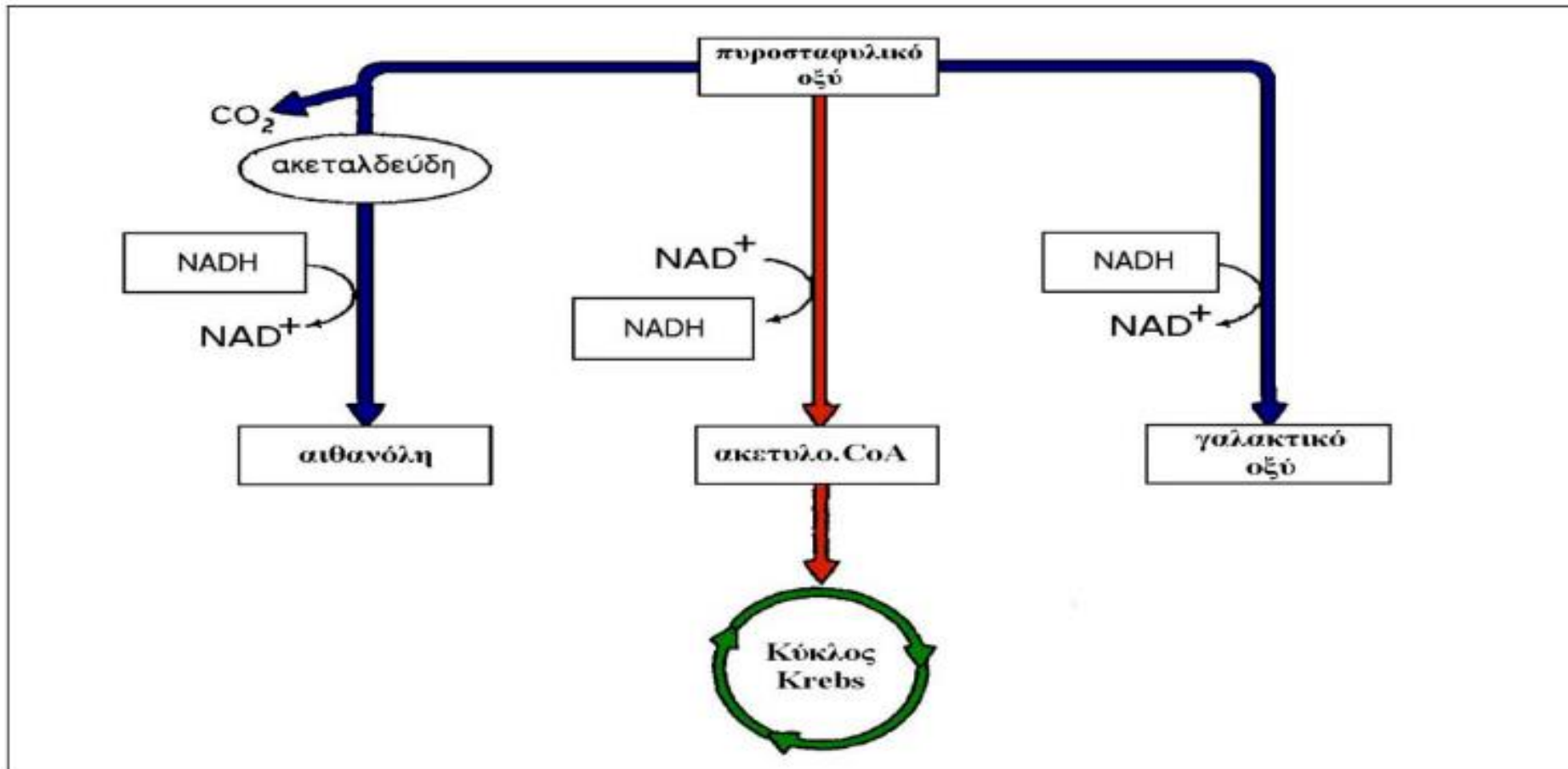
- Ορισμένα βακτήρια, μύκητες και μερικά φύκη χρησιμοποιούν άλλη διαδικασία απελευθέρωσης ενέργειας στο κύτταρο, τη **ζύμωση**. Η διαδικασία αυτή δεν έχει ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων το οξυγόνο αλλά κάποια οργανική ουσία. Το οξυγόνο επομένως, δεν είναι απαραίτητο και γι αυτό η διαδικασία γίνεται αναερόβια. Οι ζυμώσεις δηλαδή είναι αναερόβιες βιοχημικές οδοί που δεν περιλαμβάνουν σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων.
- Η συνολική ποσότητα της ATP που παράγεται κατά τις ζυμώσεις είναι αποτέλεσμα της φωσφορυλίωσης υποστρωματικού επιπέδου κατά τη γλυκόλυση (συνολικό κέρδος 2 μόρια ATP ανά μόριο γλυκόζης), τελικό προϊόν της οποίας είναι το πυροσταφυλικό οξύ. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβεί αν δεν υπάρχει στο κύτταρο ικανοποιητική ποσότητα NAD^+ . Αν ολόκληρη η διαθέσιμη ποσότητα NAD^+ αναχθεί σε NADH , τότε η γλυκόλυση σταματά. Στις ζυμώσεις για να επιλυθεί το πρόβλημα, τα μόρια NADH δίνουν τα υδρογόνα τους σε οργανικά μόρια, αφού δεν υπάρχει οξυγόνο και έτσι ξαναδημιουργείται το NAD^+ για να συνεχιστεί η γλυκόλυση. Οι ζυμώσεις διακρίνονται σε διάφορα είδη ανάλογα με το τελικό προϊόν που παράγεται (συνήθως αιθανόλη και γαλακτικό οξύ). Τα τελικά αυτά προϊόντα είναι τοξικά για τα κύτταρα και αποβάλλονται ως απόβλητα ή μεταποιούνται.

Αναερόβια αναπνοή





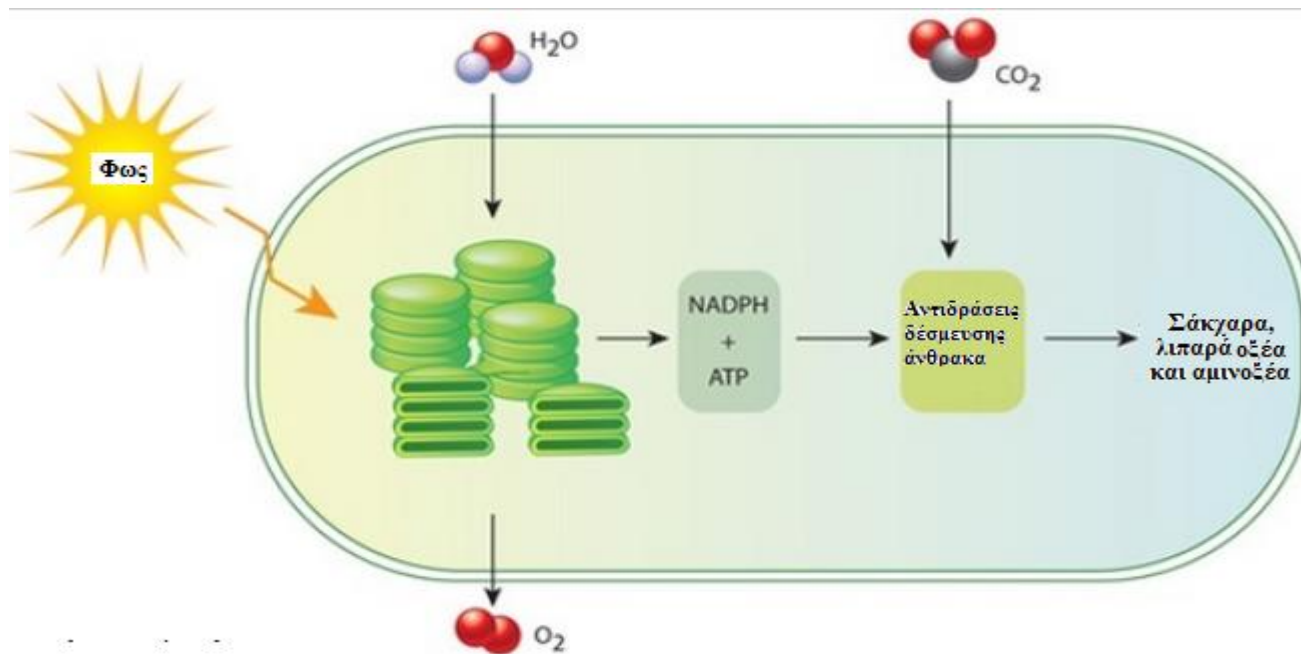
Οι τρεις οξειδωτικοί οδοί του πυροσταφυλικού

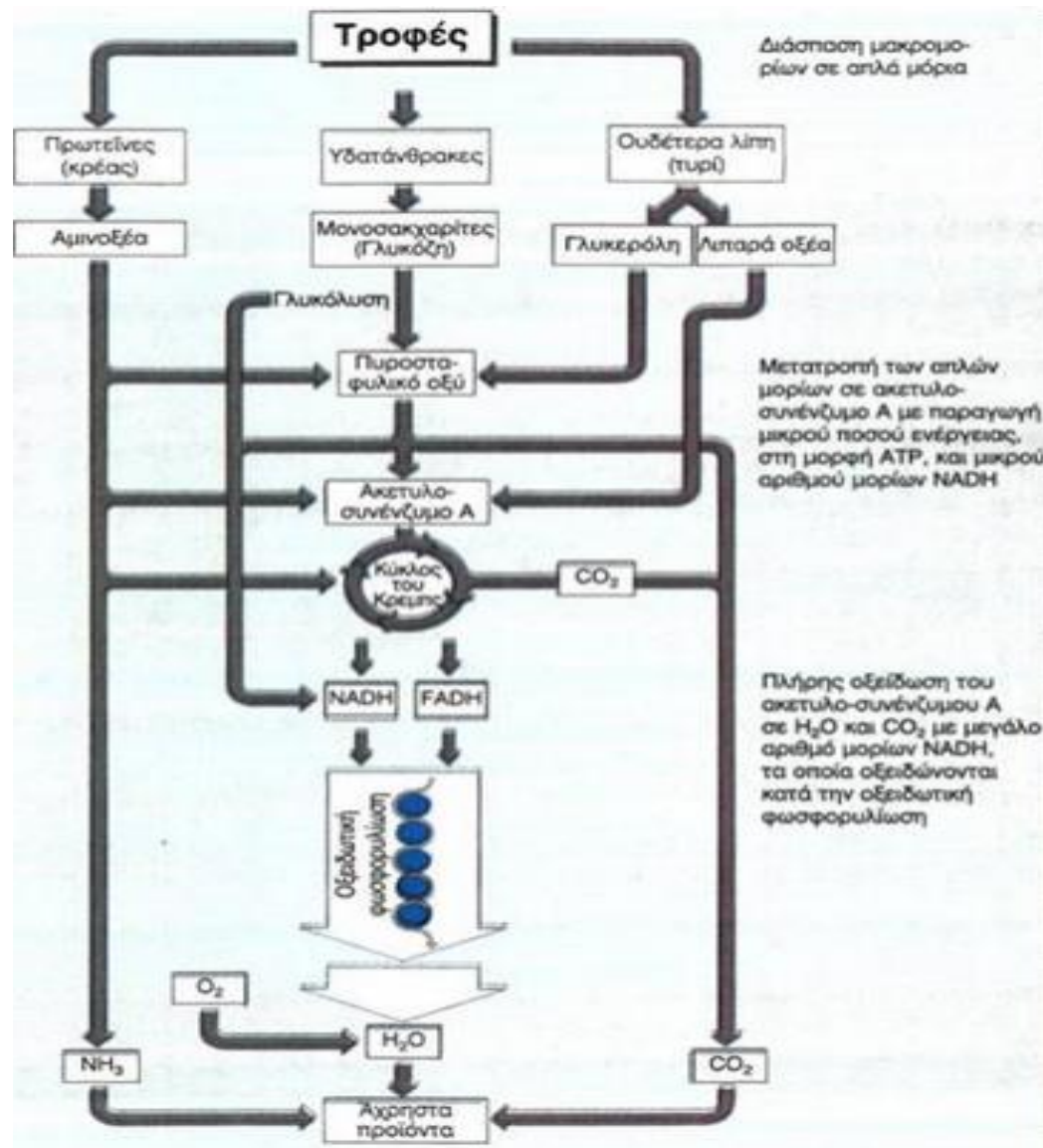
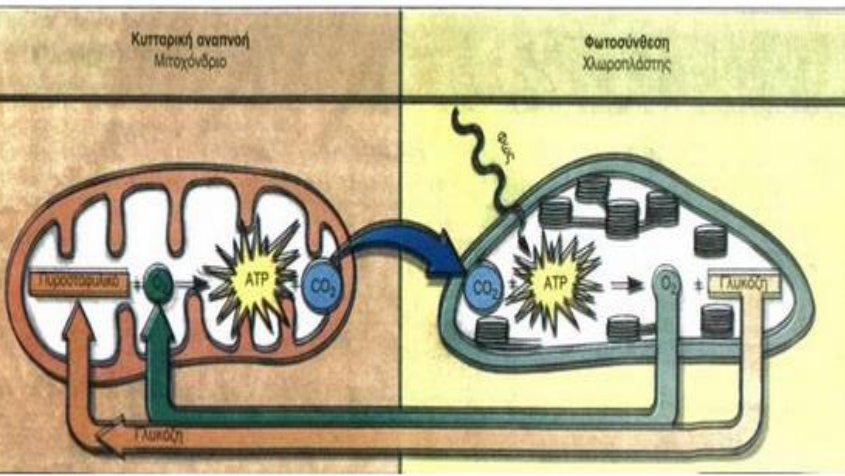


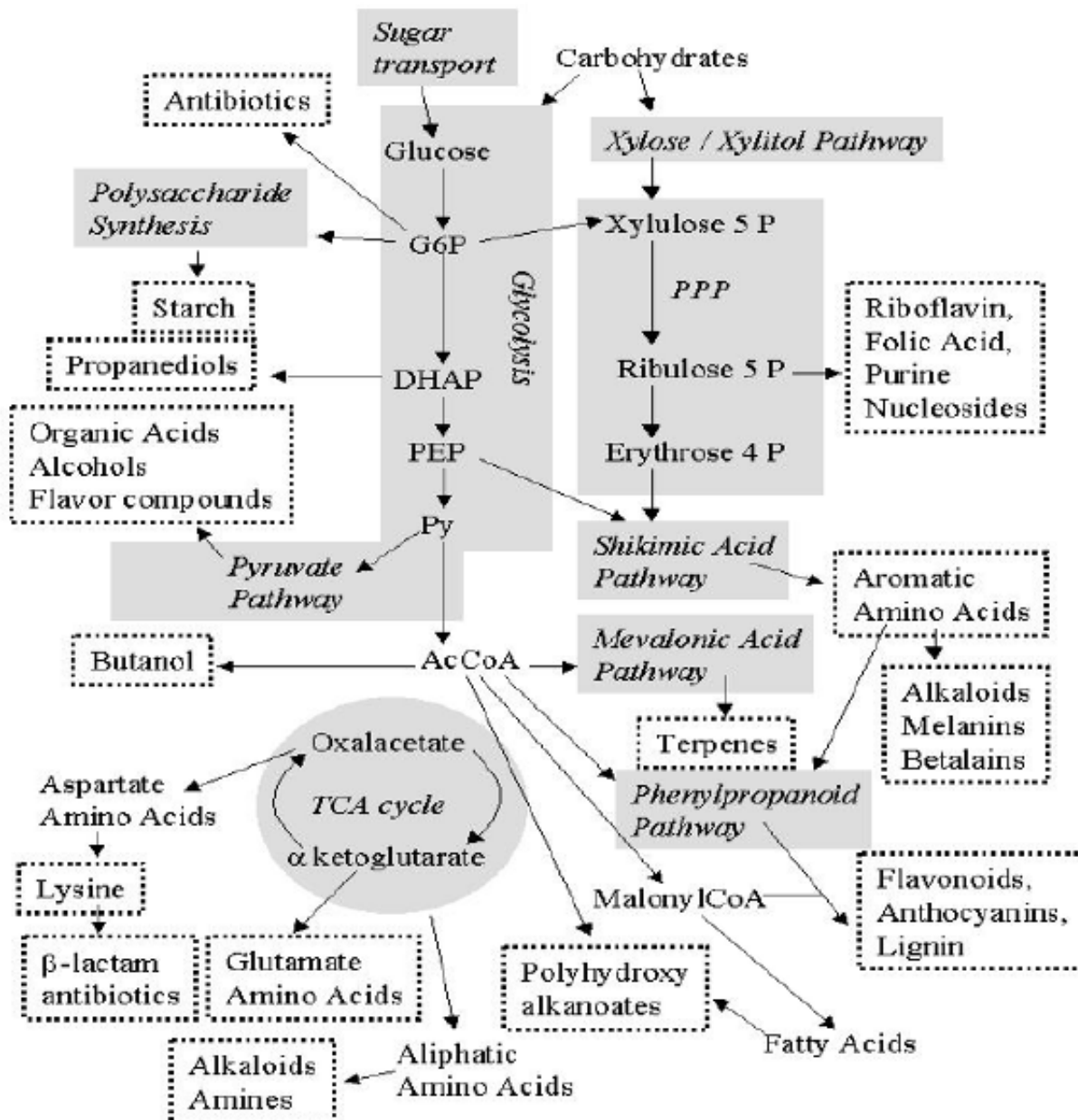


φωτοσύνθεση

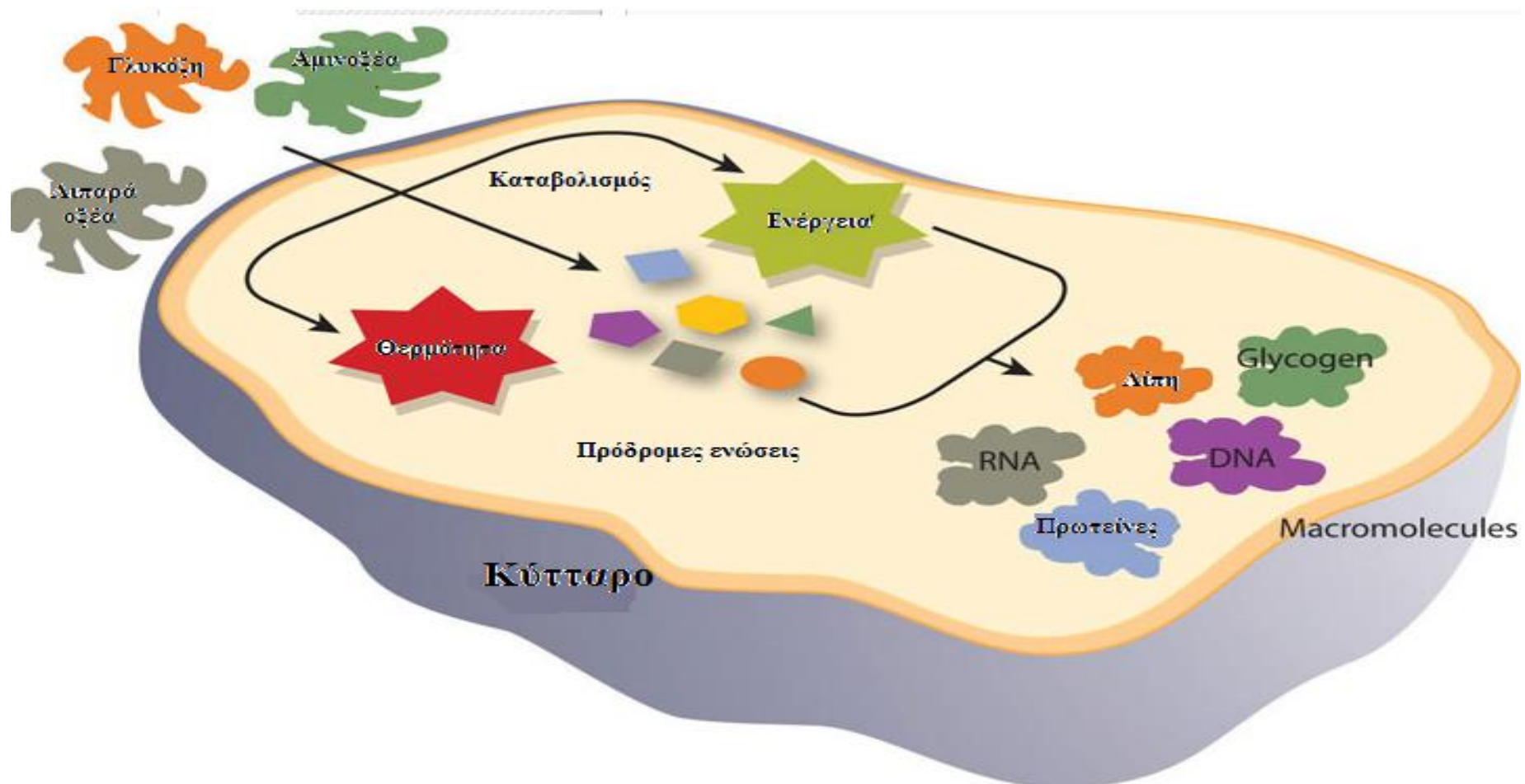
- Η παραγωγή ενέργειας από την οξείδωση υδατανθράκων και λιπιδίων στηρίζεται στη διάσπαση ήδη συντεθειμένων οργανικών ενώσεων. Η ενέργεια που απαιτείται για τη σύνθεση αυτών των ενώσεων προέρχεται ουσιαστικά από το ηλιακό φως, το οποίο συλλέγεται και χρησιμοποιείται από φυτά και φωτοσυνθετικά βακτήρια για να πραγματοποιηθεί η σύνθεση των υδατανθράκων. Μετατρέποντας την ενέργεια του ηλιακού φωτός σε χρησιμοποιήσιμη μορφή χημικής ενέργειας, η φωτοσύνθεση αποτελεί πρακτικά την πηγή όλης της μεταβολικής ενέργειας στα βιολογικά συστήματα.







Πρωτογενείς και δευτερογενείς μεταβολικές οδοί και οι διασυνδέσεις τους με κεντρικά καταβολικά μονοπάτια μέσω κοινών μεταβολιτών σε φυτά, βακτήρια και μύκητες





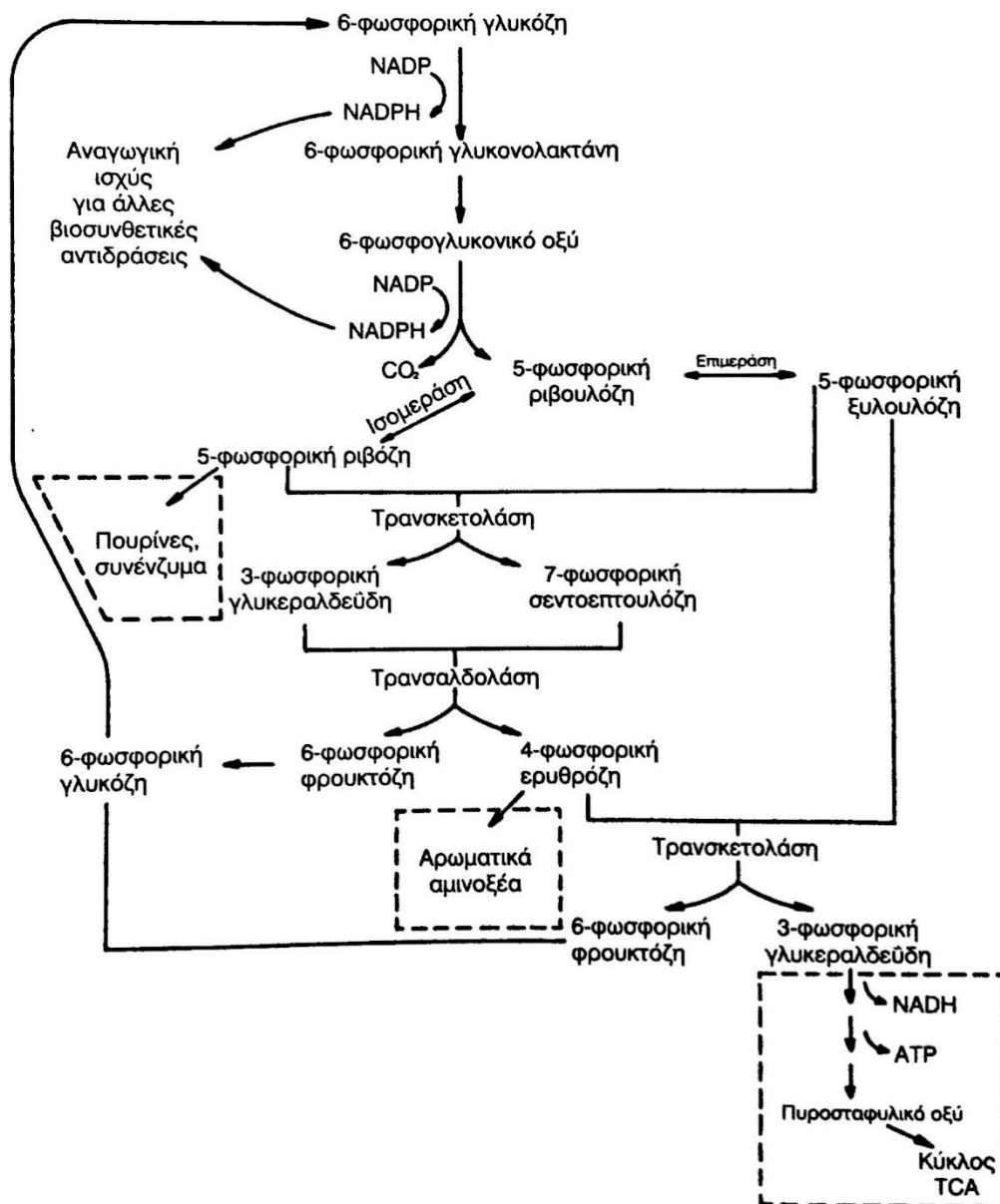
***Thank you for your kind
attention***



www.enve-lab.eu

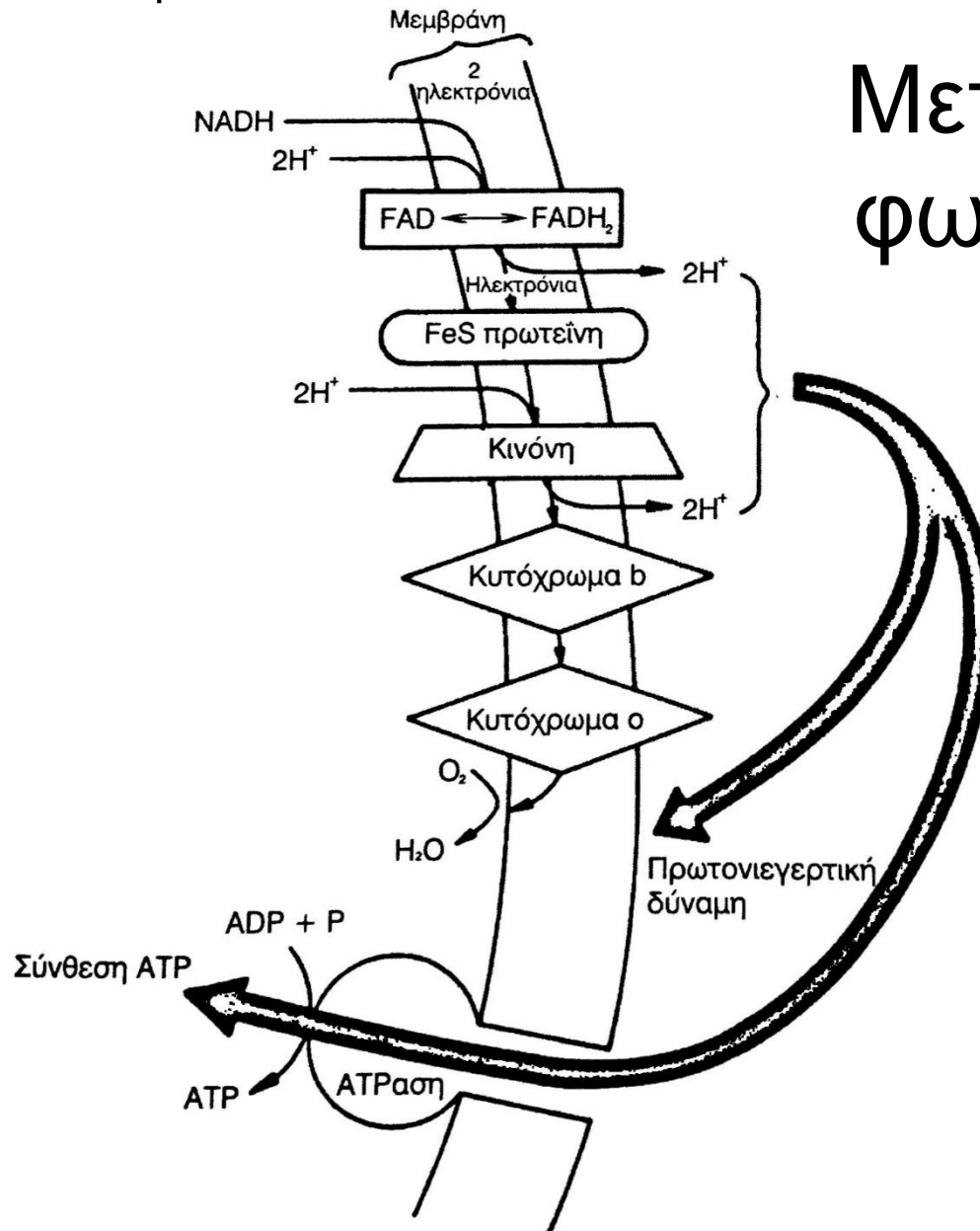
A connectivity perspective to environmental health

Μονοπάτι της φωσφορικής πεντόζης και σχέση με άλλες κυτταρικές διεργασίες

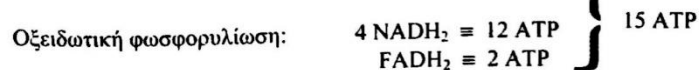
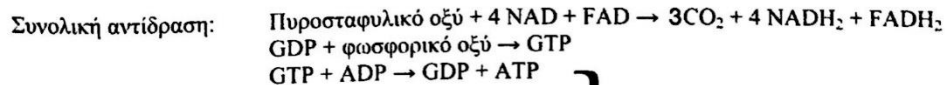
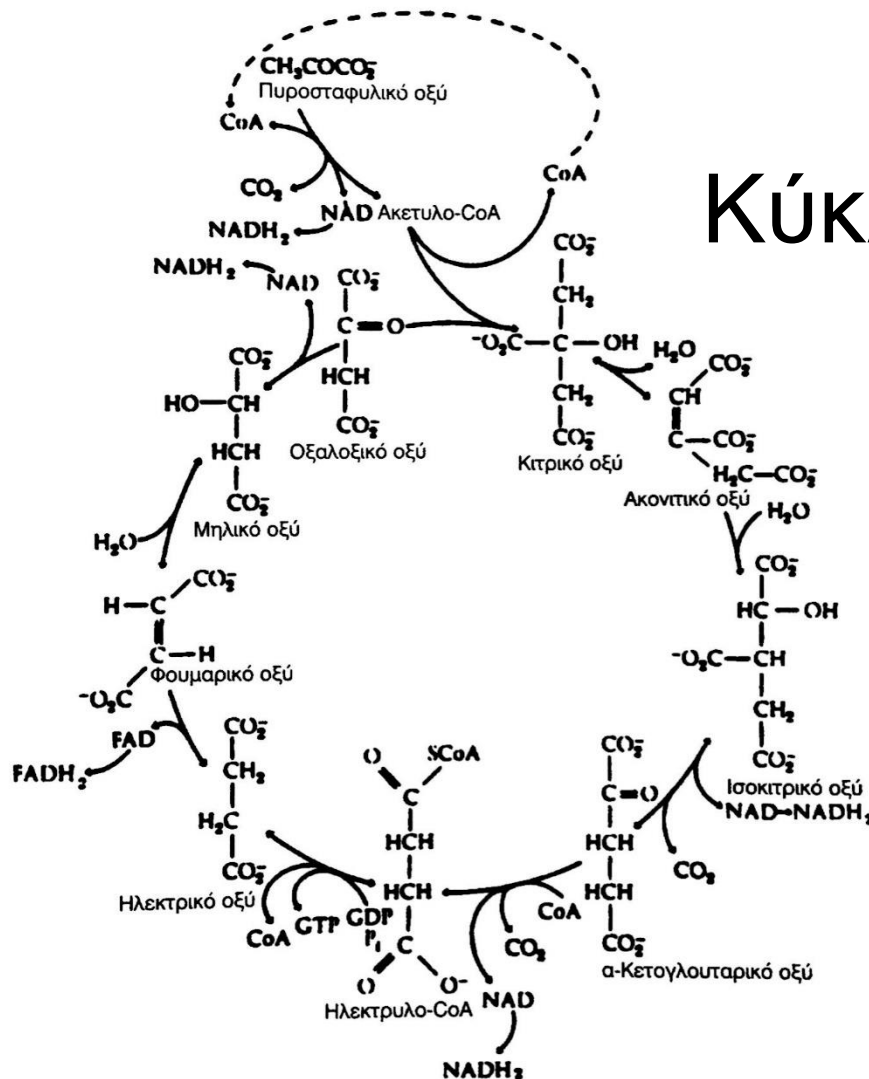




Μεταφορά e^- και φωσφορυλίωση

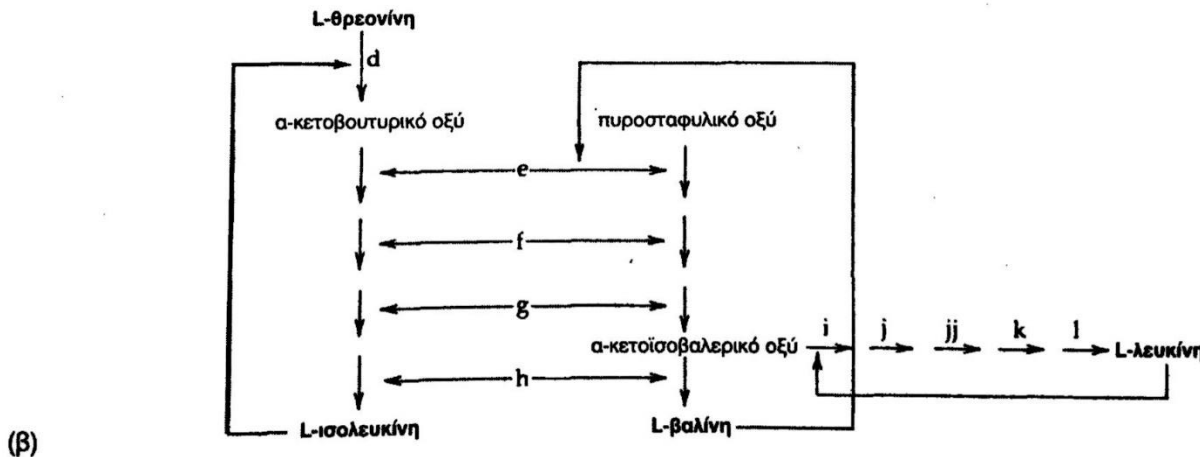
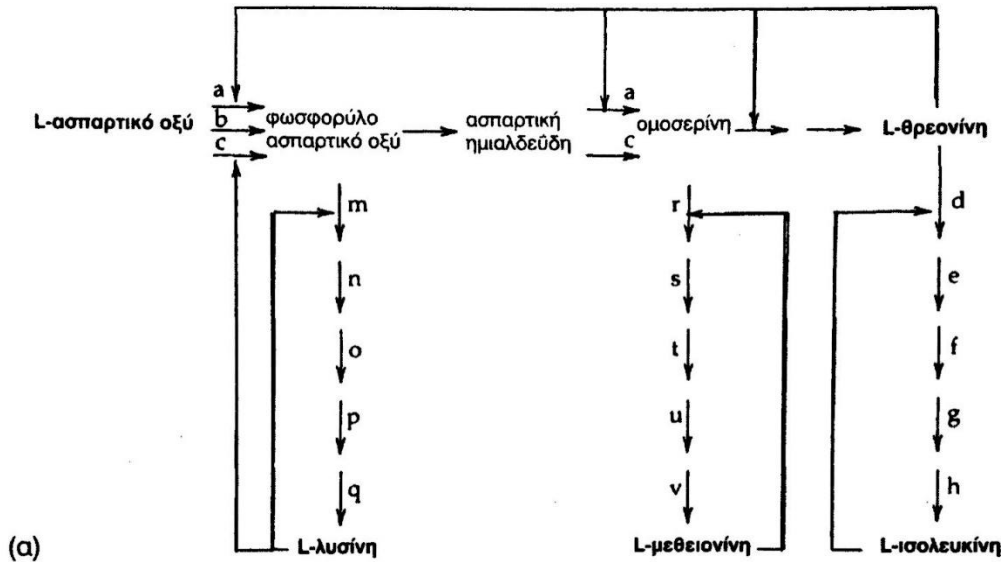


Κύκλος του Krebs





Μονοπάτι ασπαρτικού οξέος στο E. coli



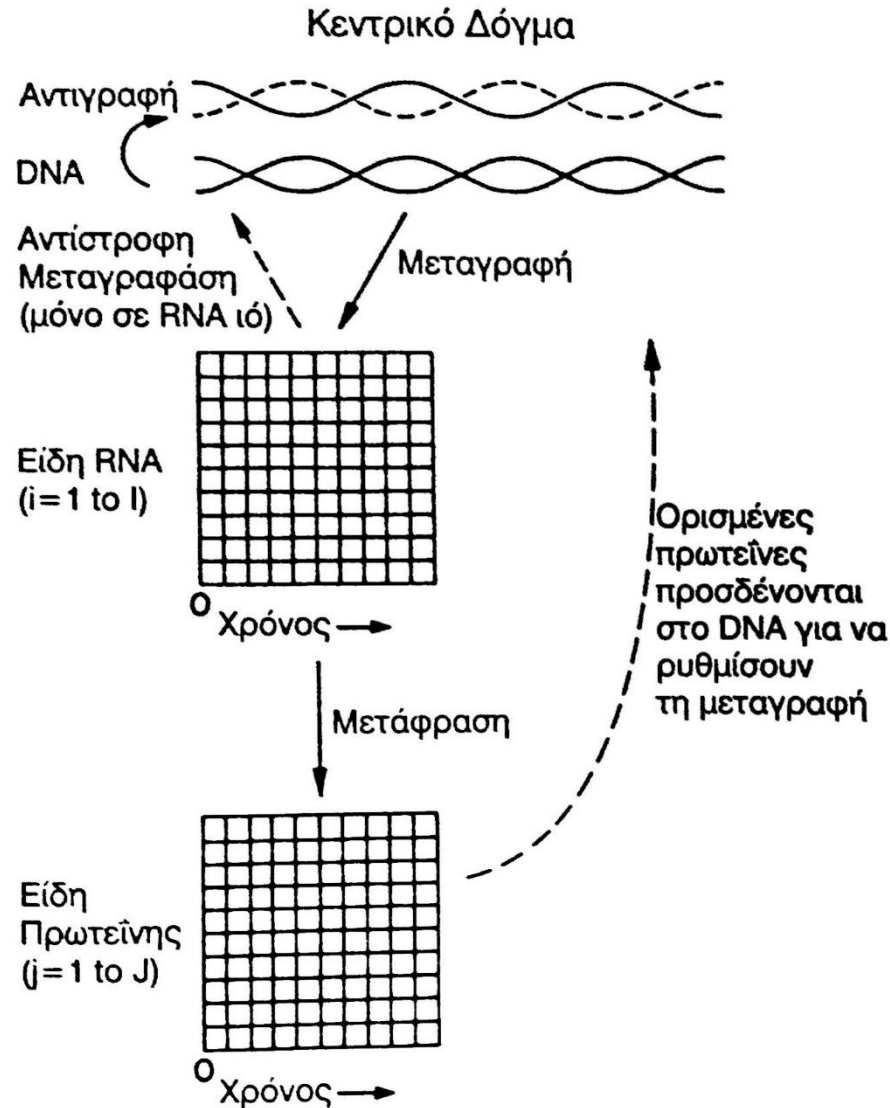


Διάσπαση γλυκόζης (γλυκόλυση)





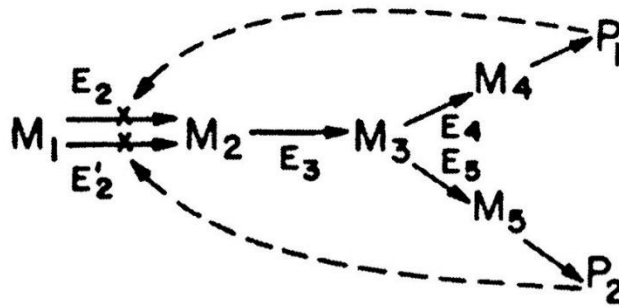
Μοριακή βιολογία



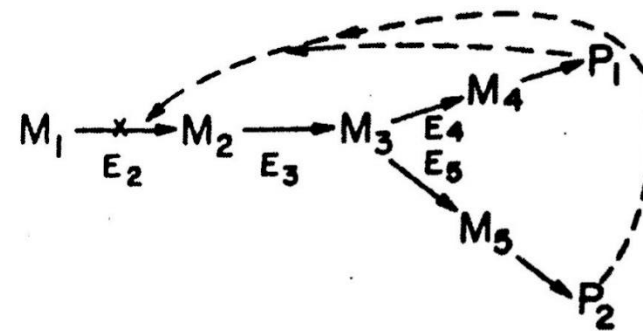


Έλεγχος ανάδρασης διακλαδισμένων μονοπατιών

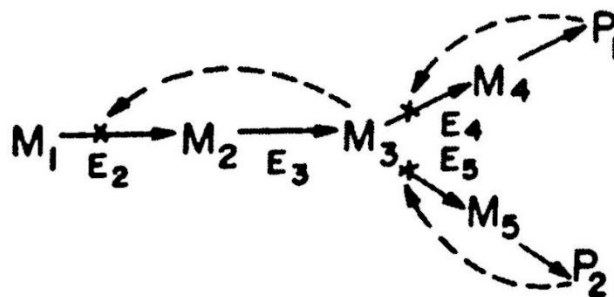
α) Ισοένζυμα



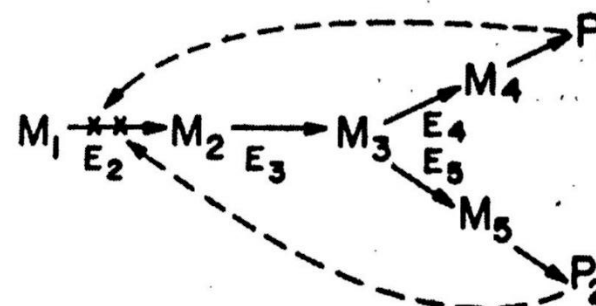
β) Εναρμονισμένη ανάδραση



γ) Διαδοχική ανάδραση

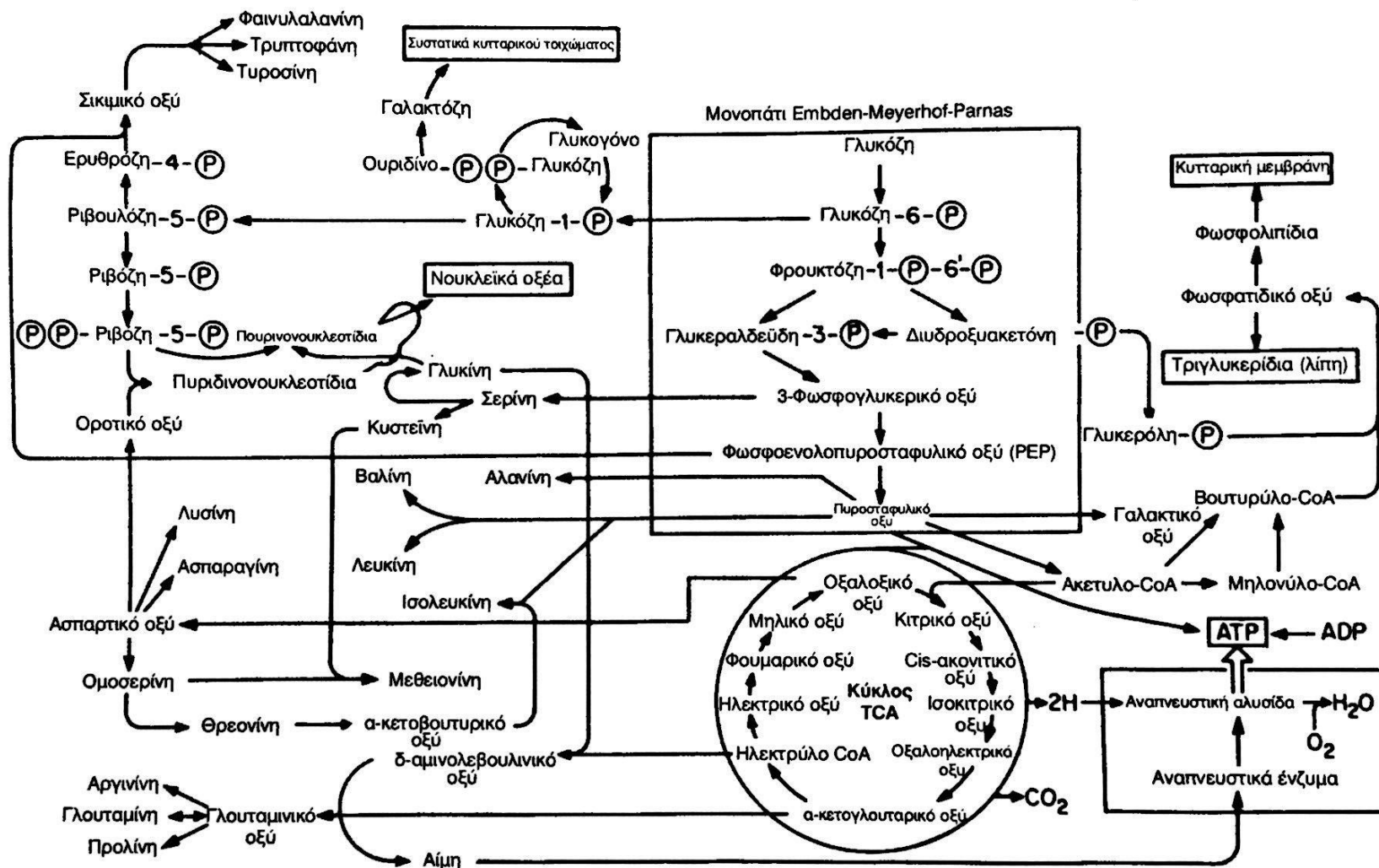


δ) Αθροιστική ανάδραση





Αλληλεξάρτηση μεταβολικών μονοπατιών στο E. coli





Αντιδράσεις σε βακτηριακό κύτταρο

