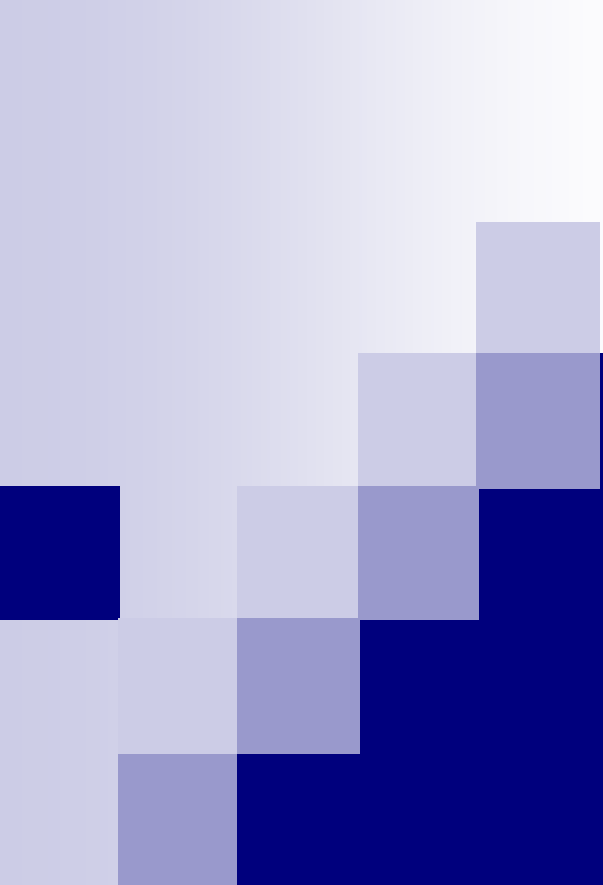




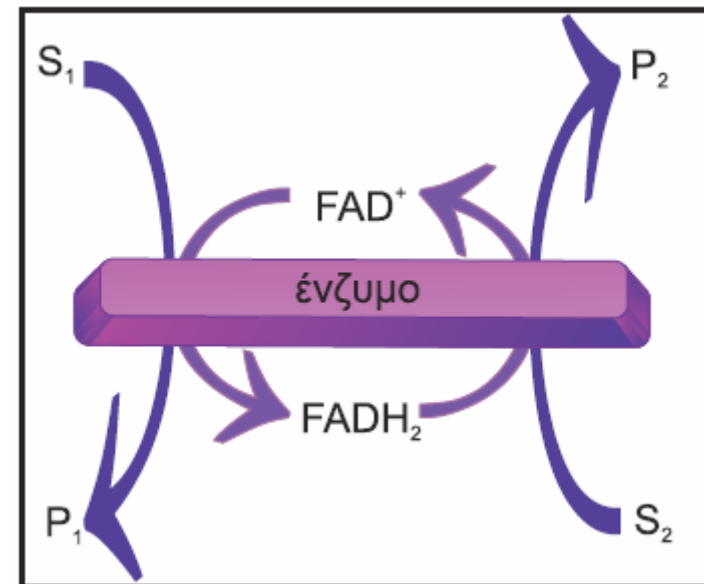
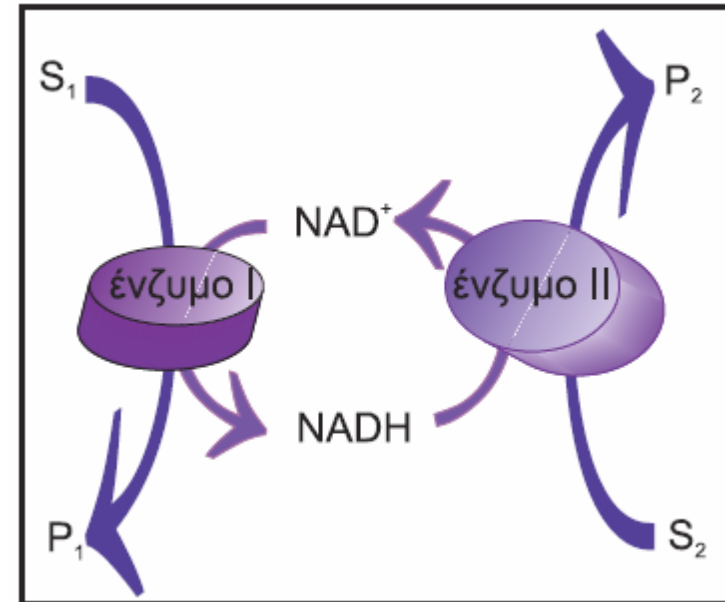
BIOΧΗΜΕΙΑ Ι

Συνένζυμα

Συνένζυμα

Οι **συμπαράγοντες** των ενζύμων, τα **συνένζυμα** και οι **προσθετικές ομάδες**, είναι μικρά οργανικά μόρια απαραίτητα για να εκδηλώσει το ένζυμο την καταλυτική του δράση

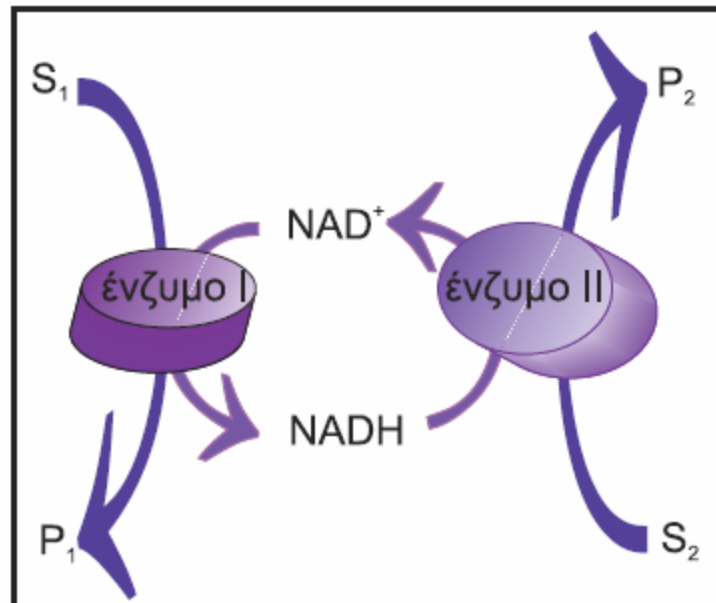
- Τα **συνένζυμα**, είναι χαλαρά συνδεδεμένα με το ένζυμο και διασπώνται με ήπια μέσα,
- Οι **προσθετικές ομάδες** είναι πιο ισχυρά ή και μη αντιστρεπτά συνδεδεμένες με το ένζυμο
- Τα **συνένζυμα** και οι **προσθετικές ομάδες**, συμμετέχουν στην αντίδραση και υφίστανται χημικές μεταβολές. Συνεπώς, δεν είναι καταλύτες με την παλιά έννοια, αλλά αποκαθίστανται στην αρχική κατάστασή τους με μια δεύτερη αντίδραση



Συνένζυμα

Ένα **συνένζυμο** καθώς συμμετέχει σε δύο αντιδράσεις που καταλύονται από δύο διαφορετικά ένζυμα

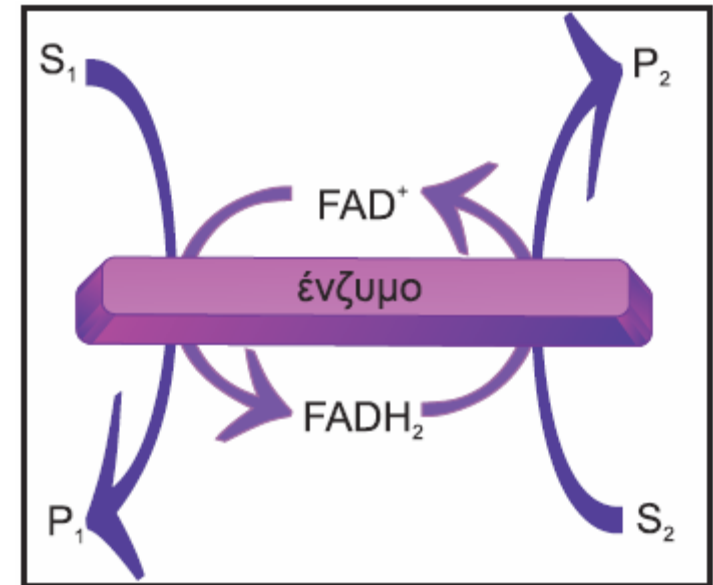
- στην πρώτη αντίδραση είναι συνυπόστρωμα που αντιδρά στοιχειομετρικά και δίνει - παίρνει ομάδες
- στη δεύτερη αντίδραση, είναι εκ νέου συνυπόστρωμα, που αντιδρά και πάλι στοιχειομετρικά και ξανά παίρνει - δίνει ομάδες, με αποτέλεσμα να αποκαθίσταται στην αρχική του κατάσταση.



Προσθετική ομάδα

Μια **προσθετική ομάδα** καθώς συμμετέχει σε δύο αντιδράσεις με κοινό ένζυμο

➤ δεν αναγεννάται από άλλο ένζυμο, αλλά το όλο ένζυμο αντιδρώντας ταυτόχρονα ή σχεδόν ταυτόχρονα με τα δύο υποστρώματα, αναγεννά την προσθετική ομάδα.



ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΥΝΕΝΖΥΜΩΝ ΜΕ ΝΟΥΚΛΕΟΤΙΔΙΑ ΚΑΙ ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

Συνένζυμο	Νουκλεοτίδιο	Βιταμίνη
Νικοτιναμιδο-αδενινο (φωσφο-ρικό) δινουκλεοτίδιο [NAD(P)]	Δινουκλεοτίδιο αποτελούμενο από ένα μονονουκλεοτίδιο με “βάση” το νικοτιναμίδιο και από το μονονουκλεοτίδιο της αδερίνης	Νιασίνη (Νικοτινικό οξύ) (της ομάδας B ₂)
Φλαβινο-μονονουκλεοτίδιο (FMN)	“Μονονουκλεοτίδιο” με “βάση” δακτύλιο ισοαλλοξαζίνης και “πεντόζη” την ριβιτόλη	Ριβοφλαβίνη (της ομάδας B ₂)
Φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (FAD)	Δινουκλεοτίδιο αποτελούμενο από το “μονονουκλεοτίδιο” του FMN και από το μονονουκλεοτίδιο της αδερίνης	Ριβοφλαβίνη (της ομάδας B ₂)
Αδενοσινο-τριφωσφορικό οξύ (ATP)	Τριφωσφο-νουκλεοτίδιο της αδερίνης	
Συνένζυμο A (CoASH)		Παντοθενικό οξύ (της ομάδας B ₂)
Πυροφωσφορική θειαμίνη (TPP)		Θειαμίνη (B ₁)
Τετραϋδρο-φολικό οξύ		Φολικό οξύ
Φωσφορική πυριδοξάλη (PP)		Πυριδοξάλη (B ₆)
Βιοτίνη (βιοκυτίνη)		Βιοτίνη (H)
Συνένζυμο B ₁₂	Μονονουκλεοτίδιο της αδερίνης	Κοβαλαμίνη (B ₁₂)

Συνένζυμα - Κατάταξη

Τα συνένζυμα μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τις κύριες τάξεις των ενζύμων σε συνένζυμα:

- **Μεταφοράς υδρογόνου** (κατηγορία αντίστοιχη με εκείνη των οξειδοαναγωγασών στα ένζυμα)
- **Μεταφοράς ομάδων** (κατηγορία αντίστοιχη με εκείνη των τρανσφερασών στα ένζυμα) και
- **Ισομερασών κ.λπ.** (κατηγορία αντίστοιχη με εκείνη των ισομερασών κ.λπ.)

Από την κατάταξη αυτή **λείπουν τρεις τάξεις, οι υδρολάσες, οι λιγάσες και οι λυάσες**, είτε επειδή τις περισσότερες φορές οι συμπαράγοντες είναι **μεταλλικά ιόντα**, είτε επειδή ο μηχανισμός της αντίδρασης **συμπεριλαμβάνει κάποια ενδιάμεση μεταφορά** (οξειδοαναγωγή κ.λπ.) που γίνεται μεν με ένα από τα συνένζυμα των παραπάνω κατηγοριών, χωρίς όμως να φαίνεται στη συνολική χημική αντίδραση που καταλύεται.



ΣΥΝΕΝΖΥΜΑ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΑΣΩΝ

Νουκλεοτίδια του Νικοτιναμιδίου

Τα νουκλεοτίδια αποτελούνται από μία **αζωτούχο βάση**, ένα **μονοσακχαρίτη** και μία ή περισσότερες **φωσφορικές ομάδες**

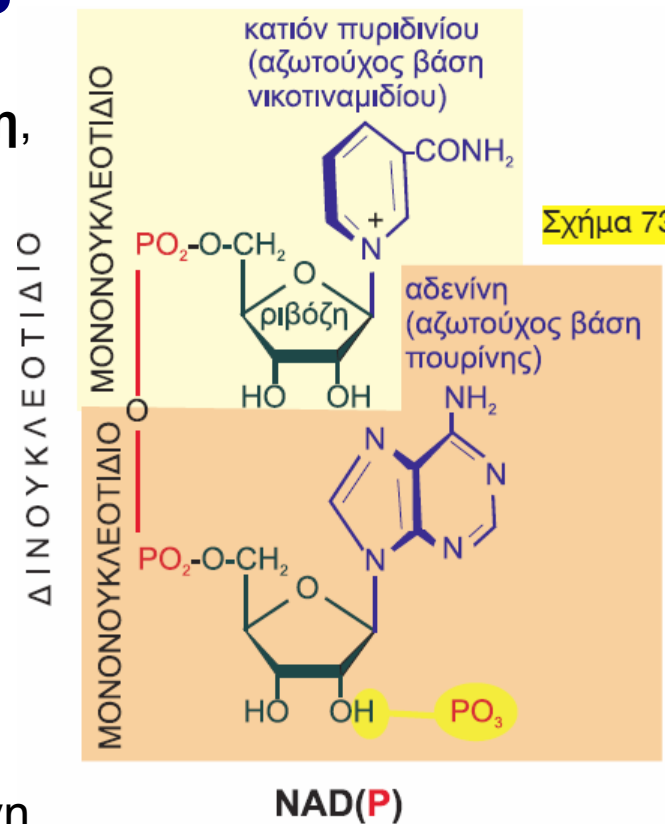
Η αζωτούχος βάση για το ένα μονονουκλεοτίδιο είναι το νικοτιναμίδιο (που έχει ένα κατιόν πυριδινίου)

Η **νιασίνη (νικοτινικό οξύ)** και τα παράγωγά του αποτελούν βιταμίνη για τον οργανισμό
Έλλειψη => πελάγρα (αλλοιώσεις στο δέρμα, ανωμαλίες πέψης, κατάθλιψη)

Στο άλλο νουκλεοτίδιο η αζωτούχος βάση είναι η αδενίνη

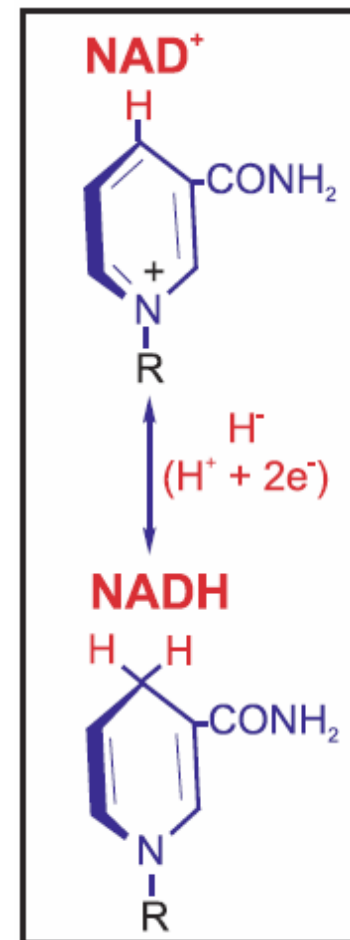
Το συνένζυμο αυτό είναι ένα δινουκλεοτίδιο του νικοτιναμιδίου-αδενίνης ή ένα **Νικοτιναμιδο-Αδενινο-Δινουκλεοτίδιο** (Nicotinamide-Adenine Dinucleotide, **NAD**)

Όταν το OH στη θέση 2 της ριβόζης του μονονουκλεοτιδίου της αδενίνης είναι φωσφορυλιωμένο τότε προκύπτει το **Νικοτιναμιδο-Αδενινο-Φωσφορικο-Δινουκλεοτίδιο** (Nicotinamide-Adenine Dinucleotide Phosphate, **NADP**)



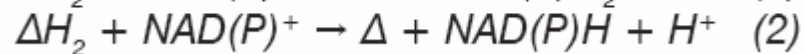
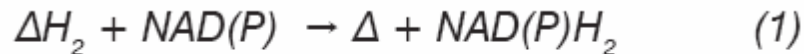
Νουκλεοτίδια του Νικοτιναμιδίου

- Τα συνένζυμα αυτά μεταφέρουν “**αναγωγικά ισοδύναμα**” ή “**αναγωγική δύναμη**” με τη μορφή $2e^- + H^+$.
- Με την αλλαγή της δομής του δακτυλίου μπορεί να παραληφθεί και να αποδοθεί ένα **υδρίδιο** (H^-) δηλαδή ένα **κατιόν H** (H^+) μαζί με $2e^-$
- τα συνένζυμα μπορούν να γραφούν αυτά με τις συντμήσεις NAD^+ , $NADH$ και $NADP^+$, $NADPH$, όπου **$NAD(P)^+$ η οξειδωμένη μορφή τους και $NAD(P)H$ η ανηγμένη μορφή τους**
- Η αδενίνη, η ριβόζη και το πυροφωσφορικό οξύ αποτελούν τις ομάδες του συνενζύμου που εμπλέκονται στη δέσμευσή του με το ένζυμο
- Ένζυμα που απαιτούν NAD για να δράσουν, έχουν ασπαραγινικό οξύ στο ενεργό τους κέντρο. Τα ένζυμα αυτά δεν μπορούν να δεσμεύσουν $NADP$, γιατί απωθείται λόγω αρνητικών φορτίων.



Νουκλεοτίδια του Νικοτιναμιδίου

Αντίδραση μεταφοράς αναγωγικής δύναμης



- Ο συμβολισμός NAD(P)+, αντίδραση (2), δεν εκφράζει την πραγματικότητα διότι το φορτίο (+) είναι εντοπισμένο μόνο στο δακτύλιο του νικοτιναμιδίου, ενώ το συνολικό φορτίο του όλου μορίου σε φυσιολογικές συνθήκες (pH 7) είναι αρνητικό (-)
- Αλλά και στην αντίδραση (1) όπου το μόριο παρουσιάζεται χωρίς το φορτίο (+) δεν είναι σωστό, γιατί τελικά στο περιβάλλον ελευθερώνεται ένα H⁺.

Φλαβ(ιν)ο-νουκλεοτίδια (Φλαβινο-συνένζυμα)

Αποτελούν προσθετικές ομάδες των φλαβ(ιν)οπρωτεϊνών με δεσμό μεταξύ μιας μεθυλομάδας του συνενζύμου και της ιστιδίνης της φλαβοπρωτεΐνης

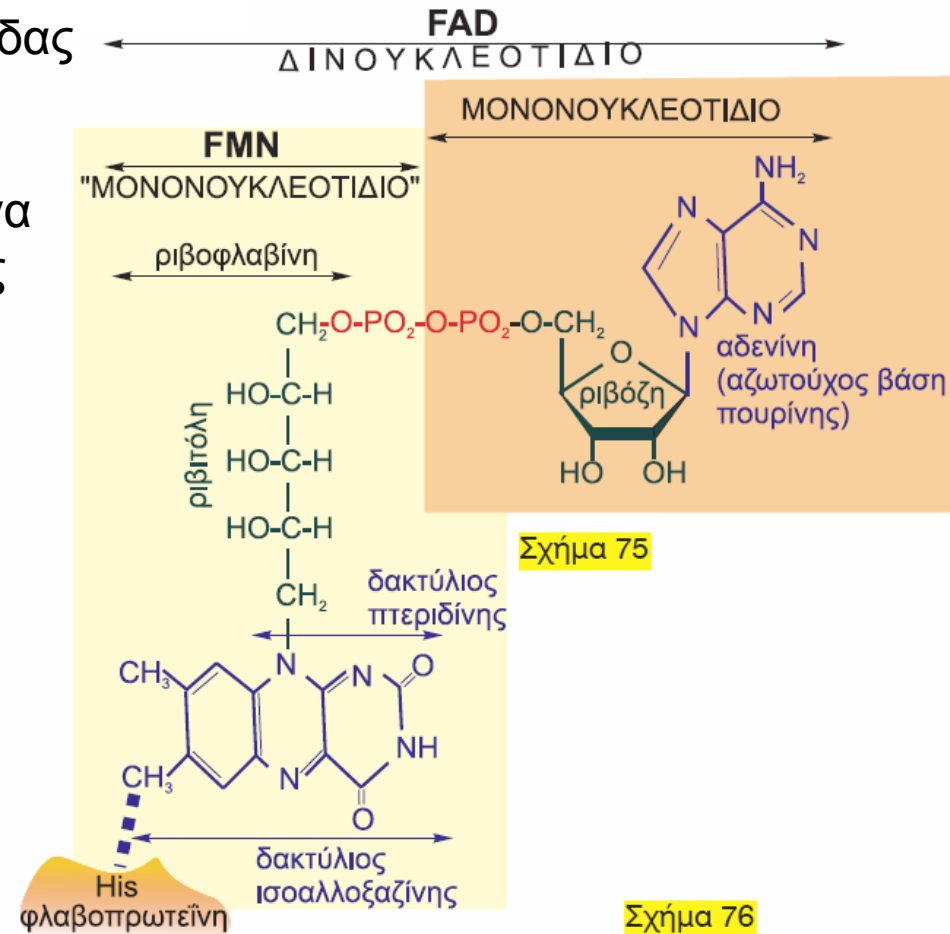
✓ Η βιταμίνη που περιέχεται στο μόριο του συνενζύμου είναι η **ριβοφλαβίνη** (της ομάδας B2)

✓ Δεν είναι γνωστή κάποια ασθένεια που να οφείλεται στην έλλειψη της βιταμίνης αυτής

✓ Τα φλαβινο-νουκλεοτίδια μπορεί να είναι

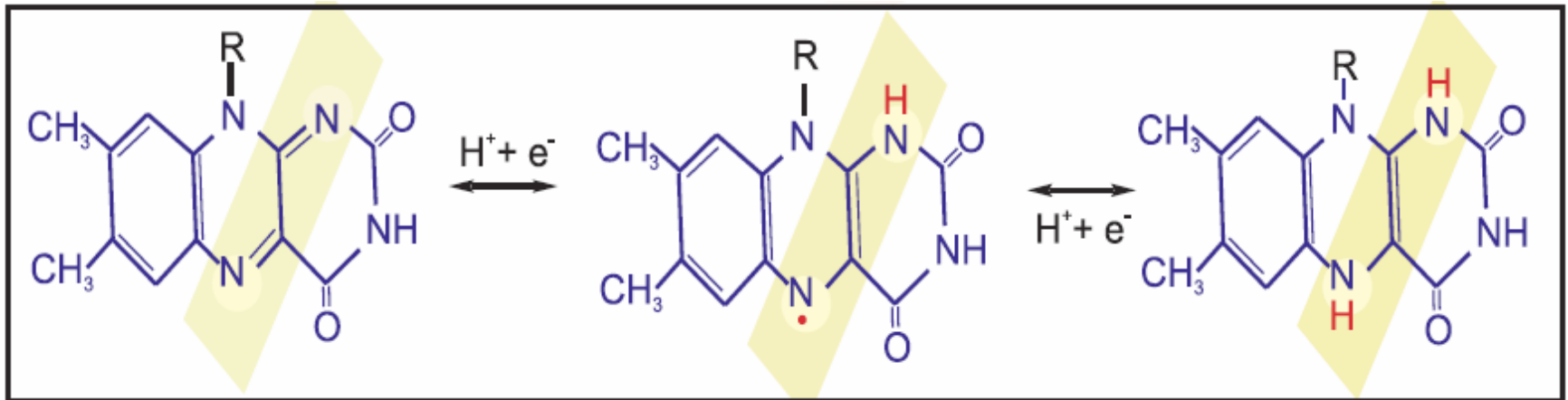
είτε **Φλαβινο-Μονο-Νουκλεοτίδια**
(Flavine-Mono-Nucleotides, **FMN**)

είτε **Φλαβινο-Αδενινο-Δινουκλεοτίδια**
(Flavine-Adenine-Dinucleotides, **FAD**)

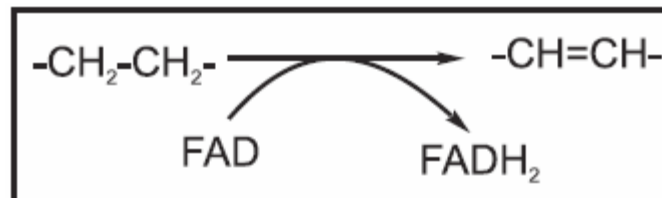


Φλαβ(ιν)ο-νουκλεοτίδια (Φλαβινο-συνένζυμα)

Τα συνένζυμα αυτά μεταφέρουν “αναγωγική δύναμη” είτε με μορφή 1H ($\text{H}^+ + \text{e}^-$), είτε 2H , είτε H^- ($\text{H}^+ + 2\text{e}^-$) και τέλος 2e^- .



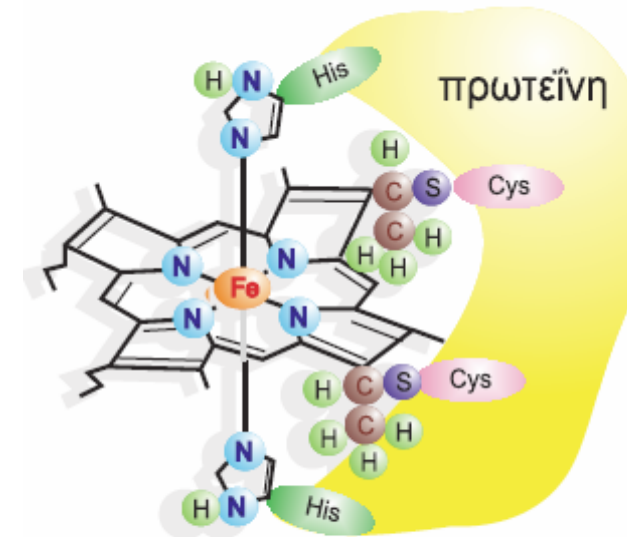
Το FAD είναι ισχυρότερο οξειδωτικό από το NAD, με αποτέλεσμα να οξειδώνει το NADH στην αναπνευστική αλυσίδα και να μπορεί να δημιουργεί διπλό δεσμό (που δεν μπορεί να κάνει το NAD⁺)



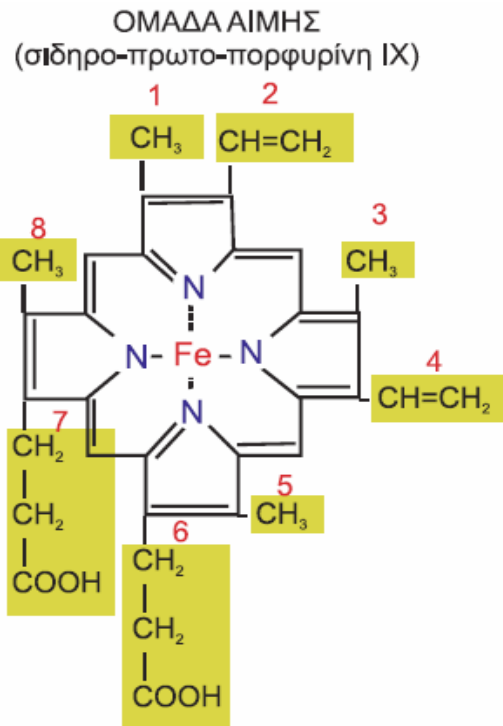
Κυτοχρώματα (Cytochromes)

- ✓ Αποτελούν μια κατηγορία πρωτεϊνών που έχουν προσθετική ομάδα την αίμη
- ✓ Μπορούν να μεταφέρουν e^- με αλλαγή του Fe^{2+} σε Fe^{3+}

ΚΥΤΟΧΡΩΜΑ C



Διάφορες κατηγορίες
κυτοχρωμάτων ανάλογα με:
▣ Την προσθετική ομάδα
▣ Τον τρόπο σύνδεσης αυτής
με την πρωτεΐνη

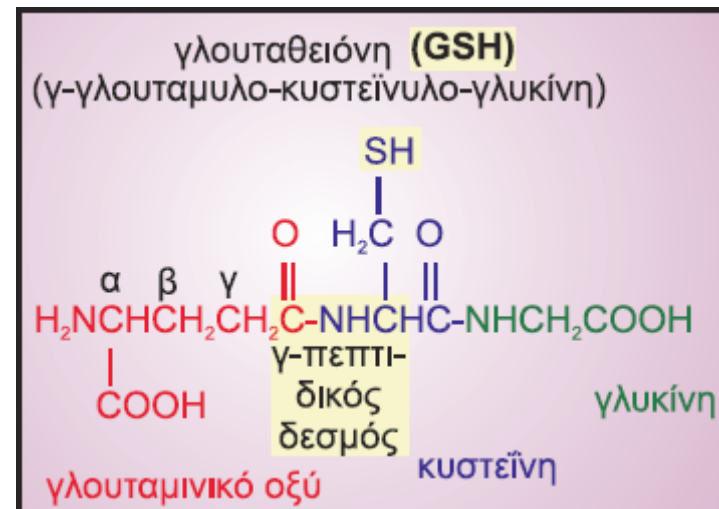


Διάφορες κατηγορίες πορφυρινών
ανάλογα με τους υποκαταστάτες (1-8)
(αιπιο-πορφυρίνες, μεσο-πορφυρίνες,
κοππο-πορφυρίνες, πρωτο-πορφυρίνες)

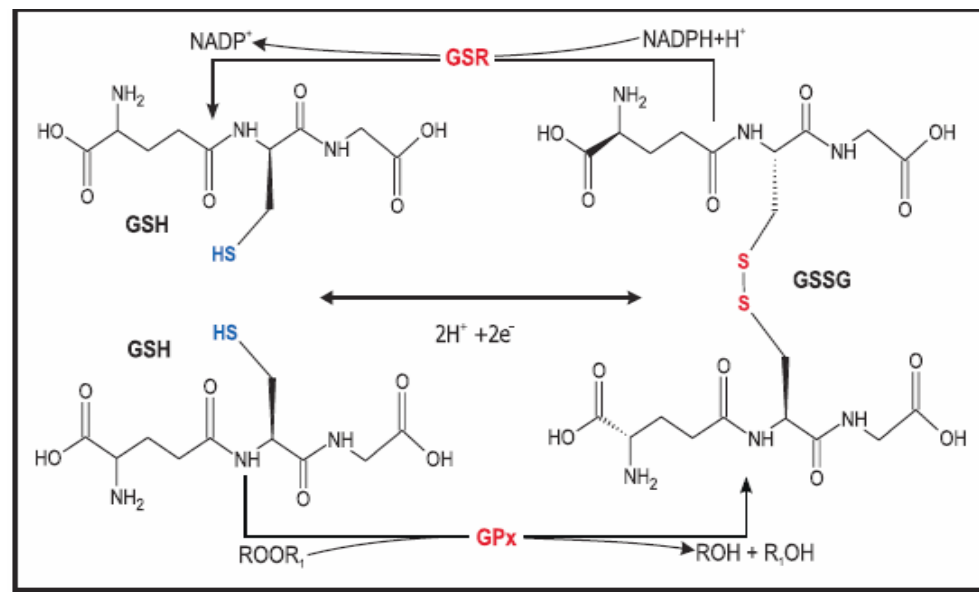
Ανάλογα με τους υποκαταστάτες
των πυρρολικών δακτυλίων και με τον
τρόπο που ενώνεται η προσθετική ομά-
δα με την πρωτεΐνη (ομοιοπολική ή μη
σύνδεση) κατατάσσονται σε διάφορες
κατηγορίες όπως **Cyta**, **Cytb**, **Cytc** κ.λπ.

Γλουταθειόνη

- ✓ Είναι ένα τριπεπτίδιο που αποτελείται από γλουταμινικό οξύ, κυστεΐνη και γλυκίνη
- ✓ Αποτελεί συμπράγοντα σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις καθώς η ομάδα -SH της κυστεΐνης επιδέχεται οξειδοαναγωγή

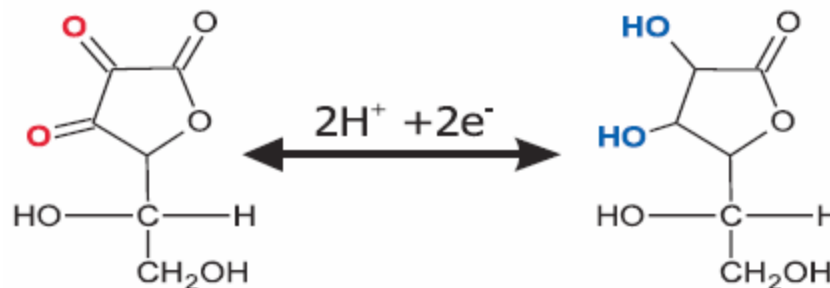


- ✓ Υπάρχει στην **ανηγμένη μορφή της (GSH)** στην οποία η -SH της κυστεΐνης μεταφέρει αναγωγική δύναμη με τη μορφή ενός **H** ($H^+ + e^-$) οποία αντιδρά με μία δεύτερη δραστική μορφή **γλουταθειόνης**, για να μετατραπεί στην **οξειδωμένη (GSSG) μορφή** της
- ✓ Η αντίδραση αυτή διευκολύνεται από την υψηλή συγκέντρωση της γλουταθειόνης στα κύτταρα (~ 5mM για το ηπατικό κύτταρο)
- ✓ Η αναγέννηση της GSH από την GSSG γίνεται με το ένζυμο της **αναγωγάσης της γλουταθειόνης (GSR)**.



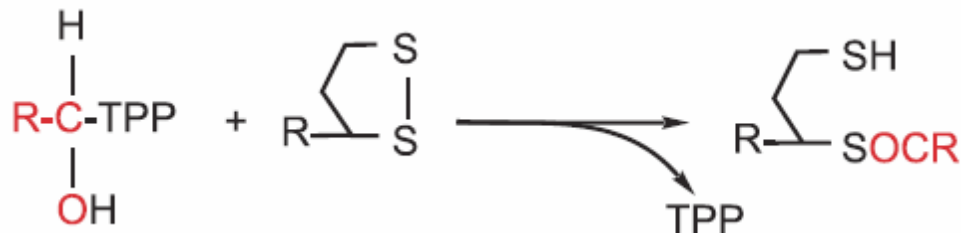
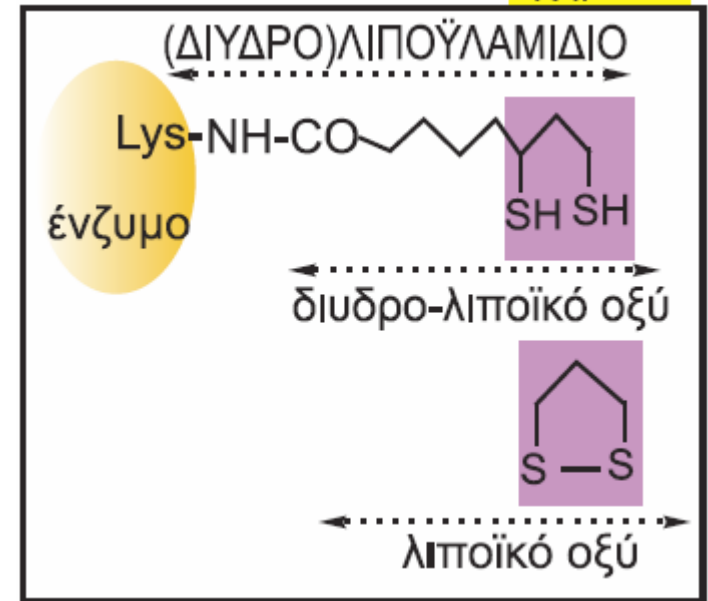
Ασκορβικό οξύ (L-Ασκορβικό οξύ ή βιταμίνη C)

- ✓ Αποτελεί συνένζυμο για διάφορες **μονοοξυγονάσεις** και **διοξυγονάσεις** οι οποίες καταλύουν υδροξυλιώσεις μορίων
- ✓ το ασκορβικό οξύ από την **ανηγμένη μορφή** του (ένα σχετικά ισχυρό οξύ) μετατρέπεται στην **οξειδωμένη μορφή** του, γνωστή ως δεϋδροασκορβικό οξύ, μεταφέροντας αναγωγική δύναμη με τη μορφή **2H**.
- ✓ Εμπλέκεται στην **υδροξυλίωση της προλίνης** και λυσίνης κατά τη βιοσύνθεση του κολλαγόνου, στην υδροξυλίωση της ντοπαμίνης προς νορεπινεφρίνη (νοραδρεναλίνη) που αφορά τη σύνθεση των κατεχολαμινών, στη σύνθεση των χολικών οξέων αλλά και στον καταβολισμό της τυροσίνης.



Λιποϊκό οξύ (Lipoic acid)

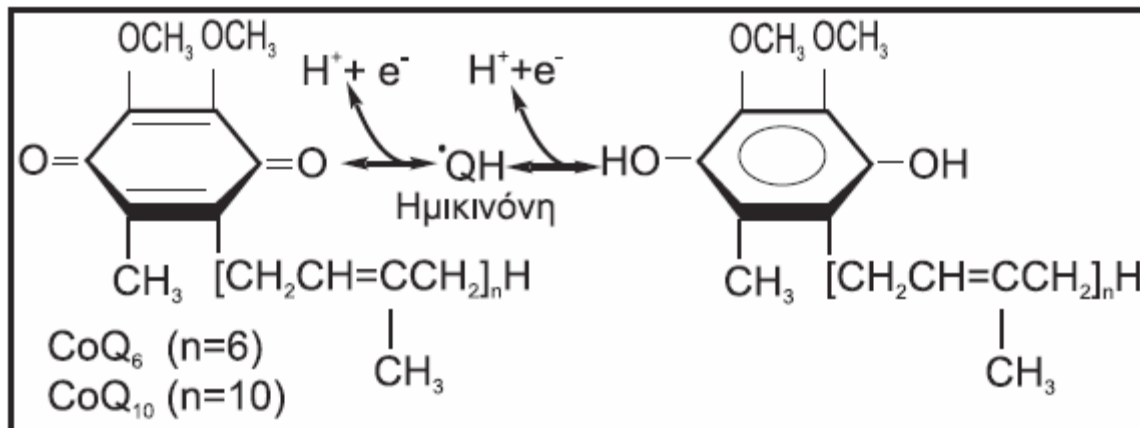
- ✓ Συνδέεται σαν προσθετική ομάδα με το ένζυμο μέσω της ε-αμινομάδας της λυσίνης του ενζύμου
- ✓ Το προκύπτον **λιποϋλαμίδιο** μπορεί να βρίσκεται και με τη μορφή του **διυδρο-λιποϋλαμιδίου**
- ✓ Το λιποϊκού οξέος έχει μικτή δράση:
 - Οξειδώνει την “ενεργό αλδεϋδη”
 - Είναι φορέας ακυλομάδων



Συνένζυμο Q (CoQ, ουβικινόνη)

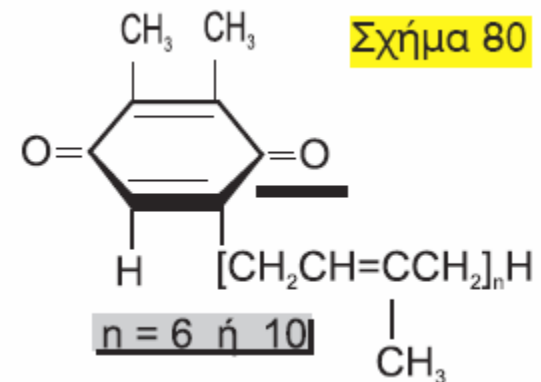
Η ονομασία του προέρχεται από το ubiquitous που σημαίνει πανταχού παρούσα (ένωση)

Συμμετέχει στο σύστημα μεταφοράς αναγωγικής δύναμης με μορφή e^- , $2H^++2e^-$ στην αναπνευστική αλυσίδα



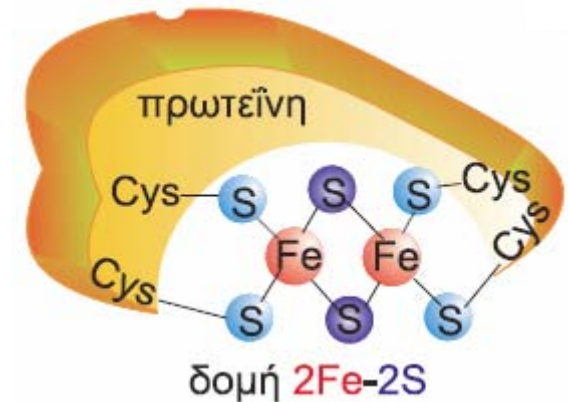
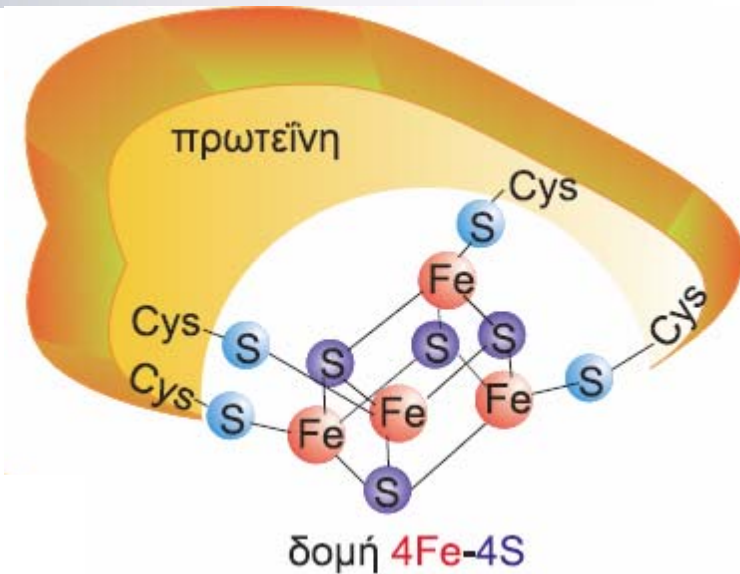
Πλαστοκινόνη

Είναι μια ένωση ανάλογη της ουβικινόνης που συμμετέχει στο σύστημα μεταφοράς e^- στη φωτο-φωσφορυλίωση



Σιδηρο-θειο-πρωτεΐνες

- ✓ Ανήκουν σε μία γενικότερη κατηγορία ενώσεων που περιέχουν **μεταλλικά ιόντα** (κυρίως Fe και Cu) και στις οποίες, αυτά τα μέταλλα, συνδέονται χημικά απ' ευθείας με κάποια ομάδα του πρωτεϊνικού μορίου π.χ. κυστεΐνη, ιστιδίνη
- ✓ Οι πρωτεΐνες αυτές αποτελούν απαραίτητο συμπράγοντα των ενζύμων για να καταλύσουν οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις με μεταφορά 1 e-
- ✓ Παράδειγμα τέτοιας πρωτεΐνης είναι η **φερρεδοξίνη** (ferredoxine). Είναι μικρού μοριακού βάρους πρωτεΐνη που περιέχει 4-7 άτομα Fe συνδεδεμένα με ομάδες κυστεΐνης της πεπτιδικής αλυσίδας





ΣΥΝΕΝΖΥΜΑ ΤΡΑΝΣΦΕΡΑΣΩΝ (ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΟΜΑΔΩΝ)

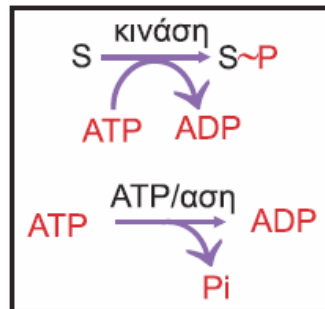
Σύστημα αδενυλικών παραγώγων

- ✓ Κάθε δεσμός περικλείει μια ενέργεια, που την αποδίδει κατά την υδρόλυσή του. Κατά συνέπεια, υπάρχουν λιγότερο ή περισσότερο **“πλούσιοι σε ενέργεια δεσμοί”** και, αντίστοιχα, **μόρια “πλούσια σε ενέργεια”**.
- ✓ Στο κύτταρο αποφεύγεται η ισχυρά εξώθερμη υδρόλυση “των πλούσιων σε ενέργεια ενώσεων”, αλλά γίνεται η μεταφορά της “πλούσιας σε ενέργεια ομάδας” από μόριο σε μόριο. Επομένως, είναι σωστό να μιλάμε για **“δυναμικό μεταφοράς ομάδων”**.
- ✓ Τους δεσμούς με αυτές τις ομάδες τους συμβολίζουμε με ($\sim$). Έτσι, ενώσεις με “υψηλό δυναμικό μεταφοράς ομάδων” μεταφέρουν ενέργεια, με αποτέλεσμα να προχωρούν και ενδεργονικές αντιδράσεις (που απαιτούν ενέργεια, δηλαδή $\Delta G > 0$) με **σύζευξη** αυτών με άλλη εξεργονική αντίδραση, εφ'όσον το συνολικό $\Delta G < 0$.
- ✓ Υπάρχουν πάρα πολλές ενώσεις με “υψηλό δυναμικό μεταφοράς ομάδας” ή, ενώσεις “υψηλής ενέργειας” (όπως το UTP, CTP, GTP, ITP κ.λπ.)
- ✓ Από αυτές, η σταθερότερη θερμοδυναμικά ένωση που όλες, λίγο-πολύ, μεταπίπτουν σε αυτήν, είναι το αδενοσινο-τριφωσφορικό οξύ (ATP)



Σύστημα αδενυλικών παραγώγων

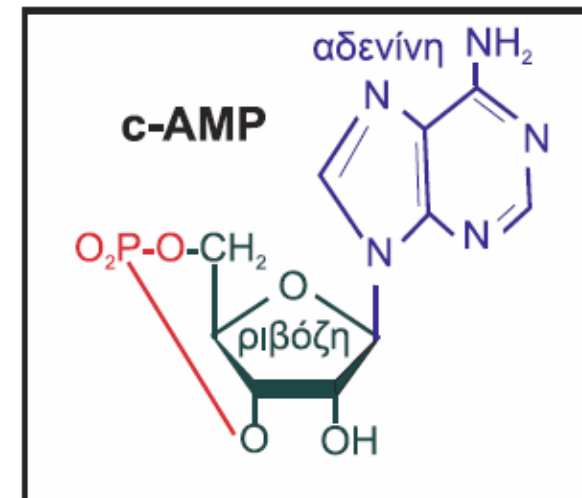
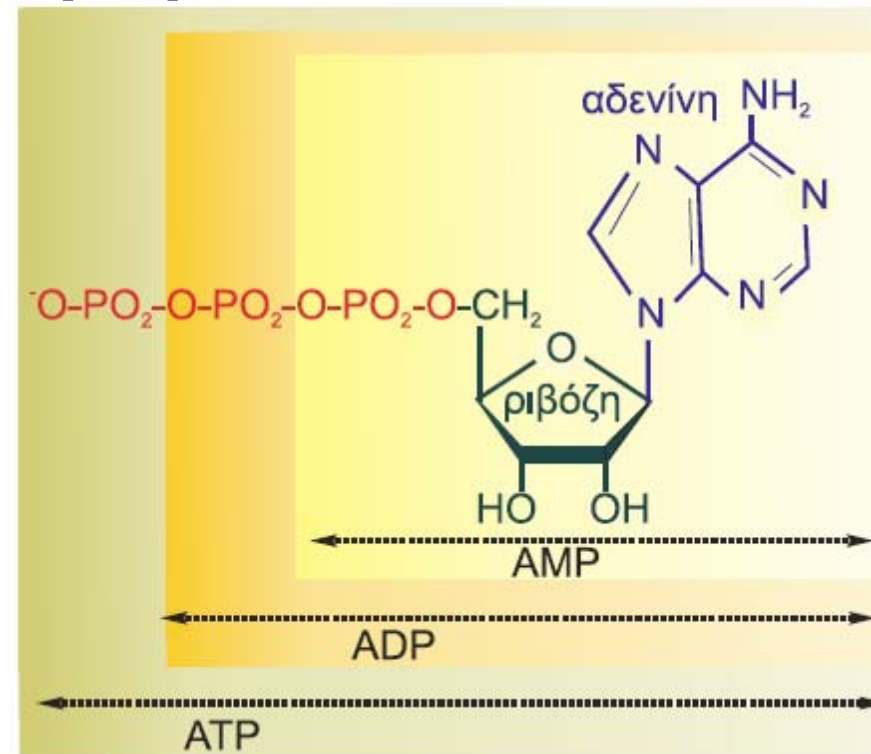
- ✓ Το ATP αποτελεί το **ενεργειακό νόμισμα του κυττάρου**.
- ✓ Τα ένζυμα που καταλύουν τη μεταφορά ομάδων του ATP, λέγονται **λιγάσες** ή **κινάσες** και έχουν ως υπόστρωμα το ATP-Mg^{2+} .



- ✓ Τα ένζυμα που υδρολύουν το ATP λέγονται **ATPάσες**

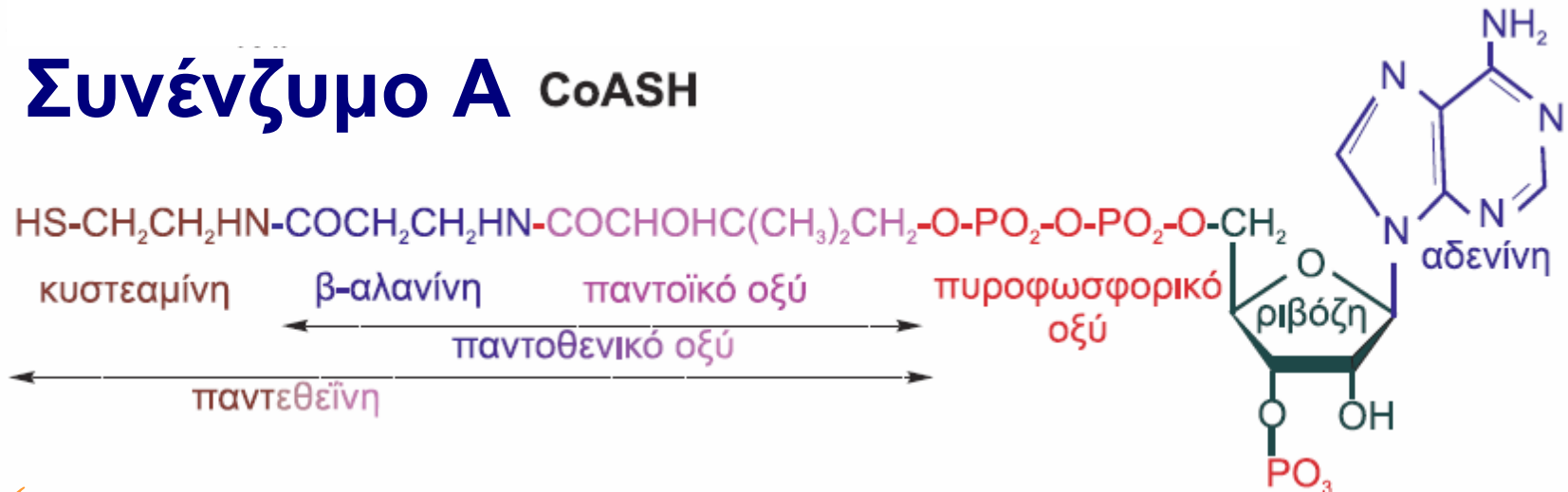
- ✓ **Ενεργοποίηση μιας ένωσης** μπορεί να γίνει και με τη μεταφορά του αδενυλικού οξέος (AMP) απελευθερώνοντας PP_i .

- ✓ Το **κυκλικό AMP** (c-AMP) αποτελεί το “**δεύτερο μήνυμα (αγγελιοφόρος)**” (second messenger) στη δράση των ορμονών

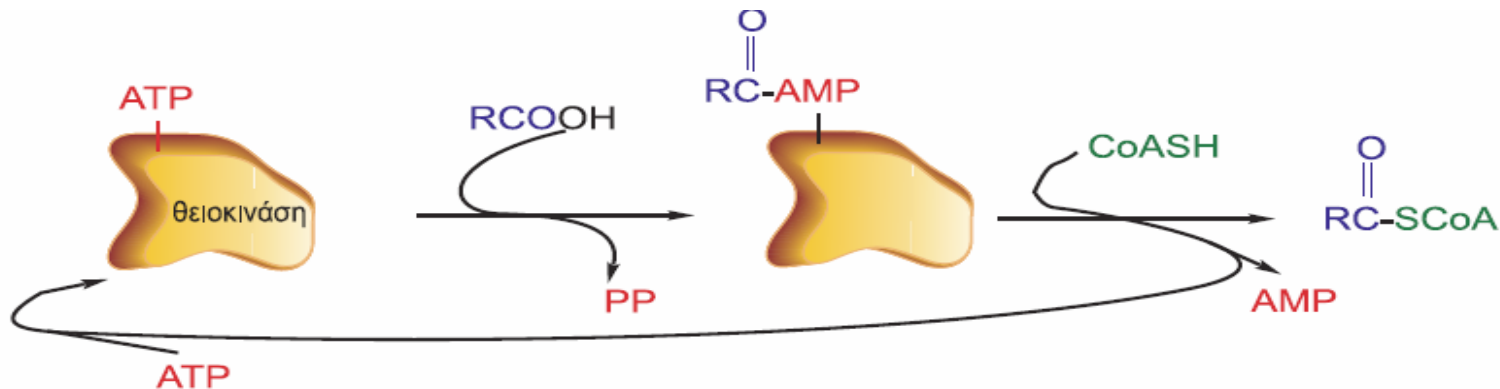


Συνένζυμα μεταφοράς ομάδων δύο ατόμων άνθρακα

Συνένζυμο A CoASH



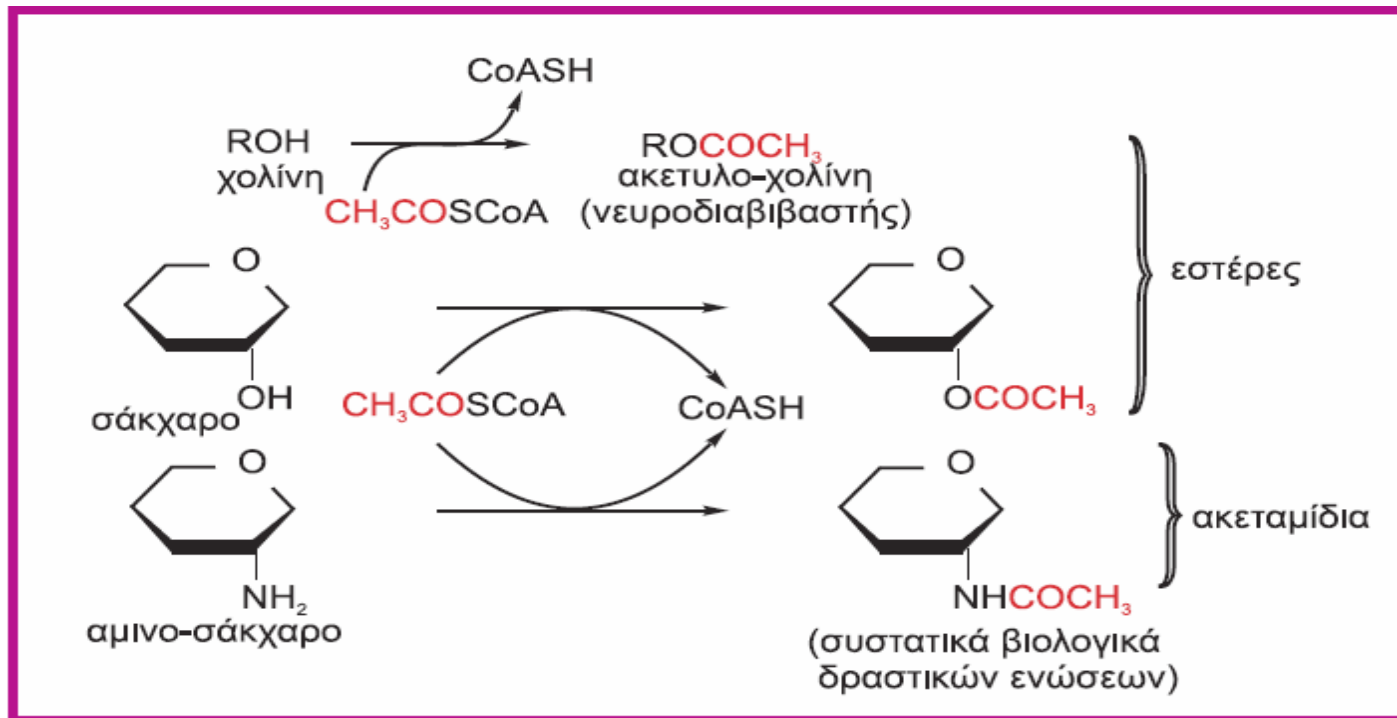
- ✓ Το παντοθενικό οξύ είναι κοινό συστατικό της τροφής και σπάνια παρατηρείται έλλειψη αυτού (βιταμίνη B2)
- ✓ Το HSCoA μπορεί να μεταφέρει όχι μόνο ακετυλομάδα, αλλά και ακυλομάδα, η δε ένωση RCO^-SCoA είναι ένωση υψηλής ενέργειας
- ✓ Η δέσμευση μιας ακυλομάδας από το CoA γίνεται με μια **αντίδραση θειοκινάσης**



Συνένζυμο Α

✓ Αντιδράσεις καρβοξυλομάδας:

Αλκοόλες ή σάκχαρα ή αμινοσάκχαρων μπορούν να αντιδράσουν με το ακετυλο-CoA και να προκύψουν εστέρες ή ακεταμίδια

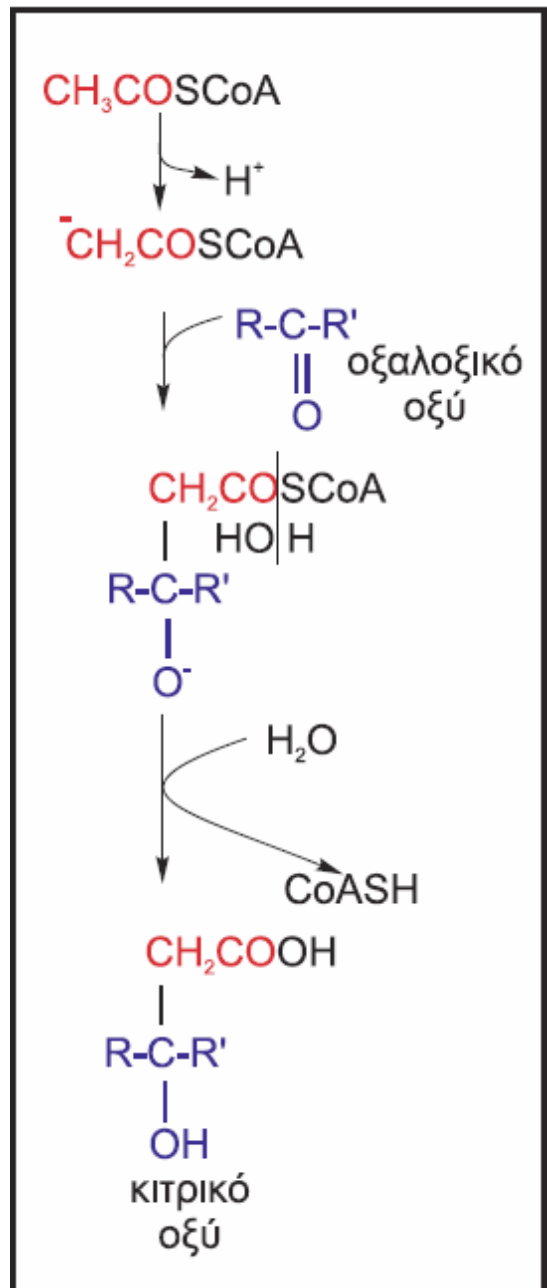


Συνένζυμο Α

✓ Αντιδράσεις α-μεθυλομάδας

Η δραστικότητα αυτής της ομάδας οφείλεται στο σχηματισμό καρβανιόντος.

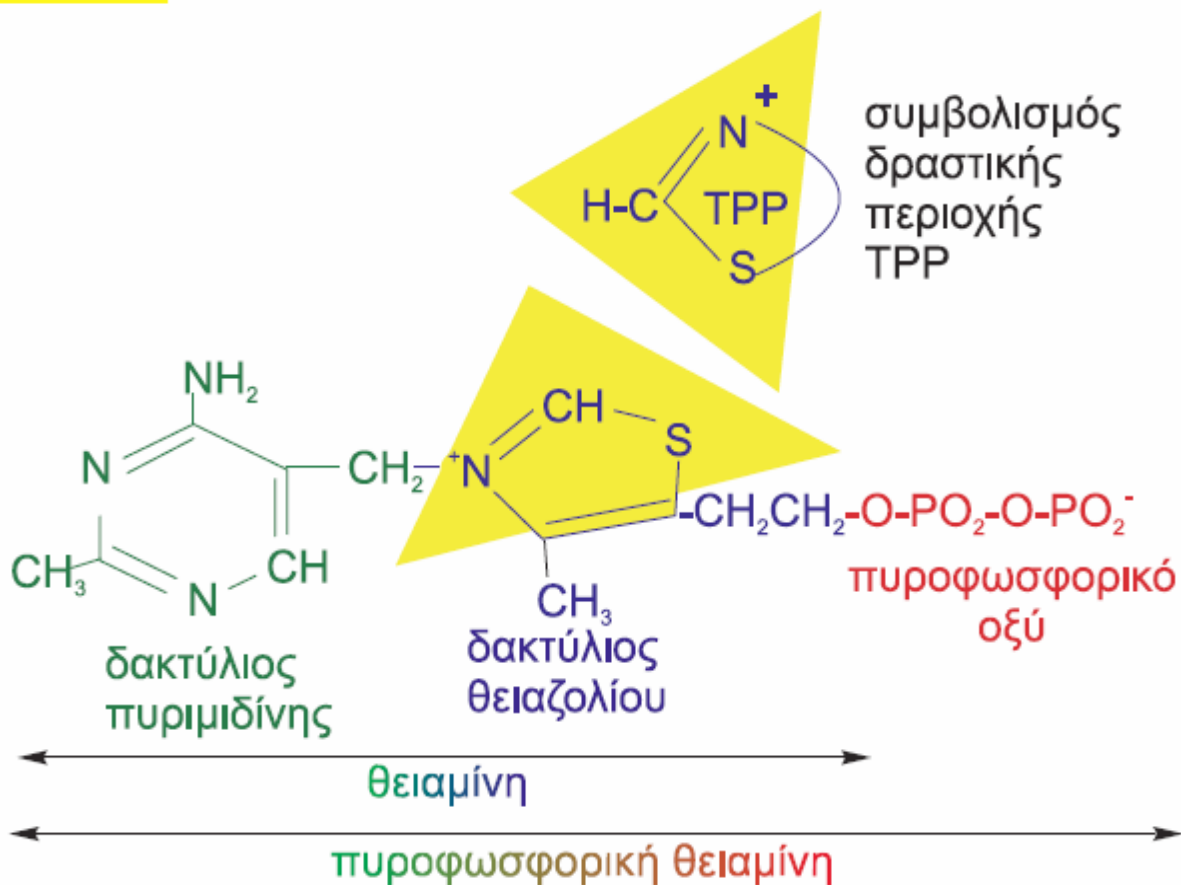
Μια από τις πολλές αντιδράσεις είναι η συμπύκνωση του $\text{CH}_3\text{CO}^-\text{SCoA}$ και του οξαλοξικού στον κύκλο του Krebs προς σχηματισμό κιτρικού



Πυροφωσφορική θειαμίνη

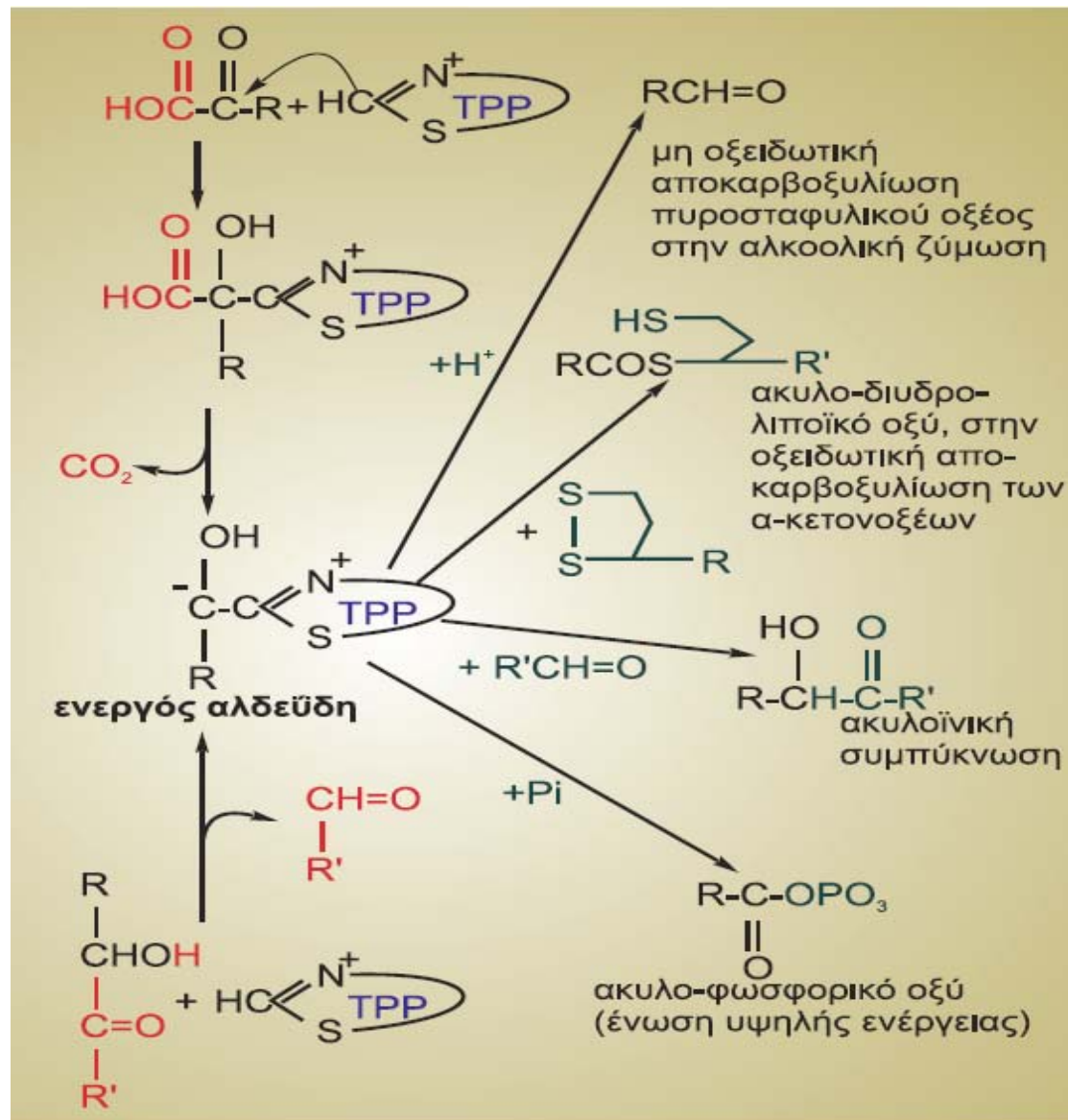
- ✓ Η θειαμίνη (B1) είναι απαραίτητη στη διατροφή των περισσότερων θηλαστικών.
- ✓ Η έλλειψή της προκαλεί την **ασθένεια beriberi**. Τα κλινικά συμπτώματα της ασθένειας αυτής είναι νευρολογικές διαταραχές, παράλυση και απώλεια βάρους.

Σχήμα 84



Πυροφωσφορική θειαμίνη

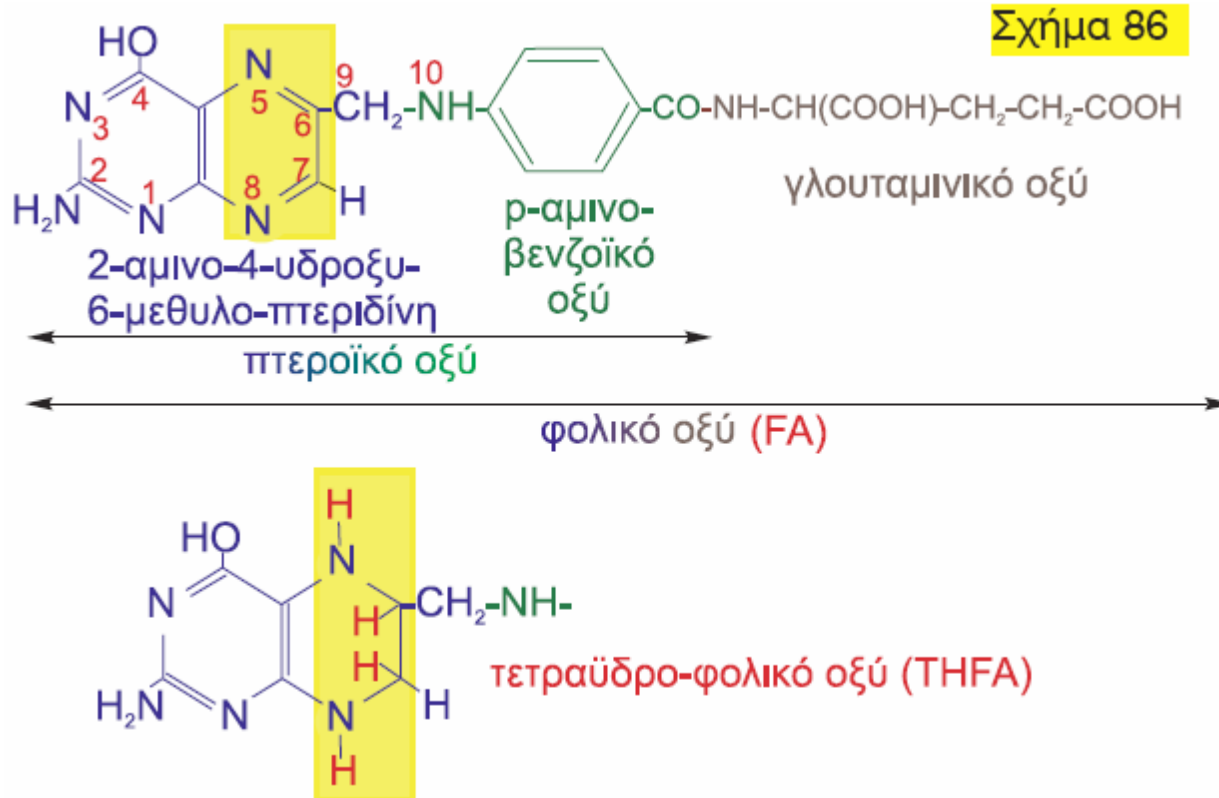
✓ Το συνένζυμο αυτό μπορεί να μεταφέρει αλδεϋδομάδες, που προκύπτουν από τη διάσπαση του δεσμού -CO-C- .





Συνένζυμα μεταφοράς μονο-ανθρακικών ομάδων

Τετραϋδρο-φολικό ή τετραϋδρο-φυλλικό οξύ (THFA)

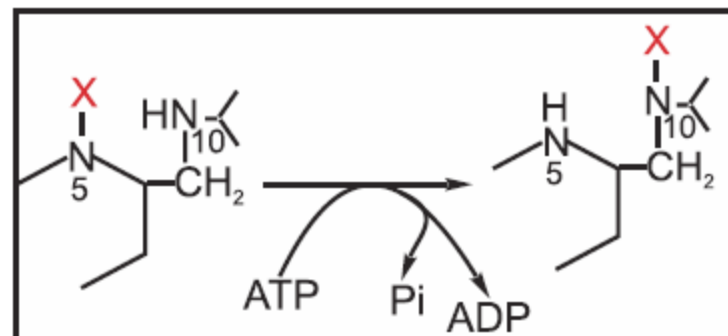


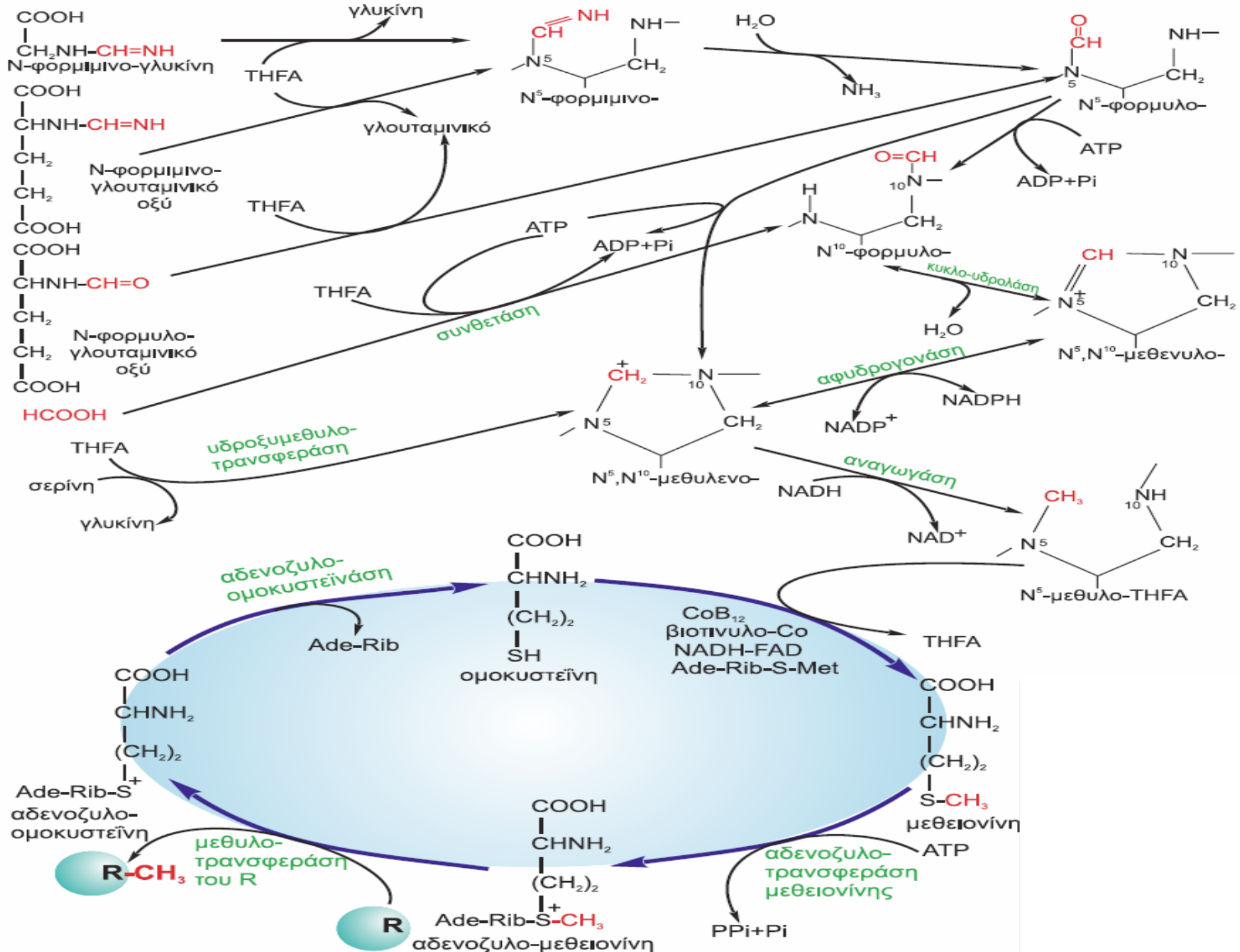
Παρουσία **σουλφοναμίδης**, τα μικρόβια που μπορούν να συνθέτουν το φολικό οξύ, δεσμεύουν σουλφοναμίδα αντί π-αμινο-βενζοϊκό (που έχει ανάλογη δομή) με αποτέλεσμα το προκύπτον μόριο του αναλόγου του φολικού οξέος να μην μπορεί να φέρει σε πέρας το βιολογικό του ρόλο

Τετραϋδρο-φολικό

- ✓ Η αναγωγή του φολικού οξέος σε τετραϋδροφολικό οξύ γίνεται σε δύο βήματα, από τα οποία το δεύτερο βήμα καταλύεται από τη διυδροφολική αναγωγή.
- ✓ Το ένζυμο αυτό αναστέλλεται από ορισμένα φάρμακα που χρησιμοποιούνται στη θεραπεία κάποιων μορφών καρκίνου. Η θεραπευτική δράση των φαρμάκων αυτών οφείλεται στο γεγονός ότι το τετραϋδροφολικό οξύ είναι απαραίτητο συνένζυμο για τη βιοσύνθεση του **θυμιδικού οξέος**, που είναι δομικό νουκλεοτίδιο του DNA. Έτσι τα φάρμακα αυτά αναστέλλουν τον αναδιπλασιασμό του DNA στα καρκινικά κύτταρα.
- ✓ Το συνένζυμο αυτό μπορεί να μεταφέρει **μεθυλομάδες, μεθυλενομάδες, μεθενυλομάδες, φορμυλομάδες και φορμιμινομάδες**
- ✓ Οι ενεργοποιημένες μονο-ανθρακικές ομάδες προστίθενται στα N5 και N10 του μορίου

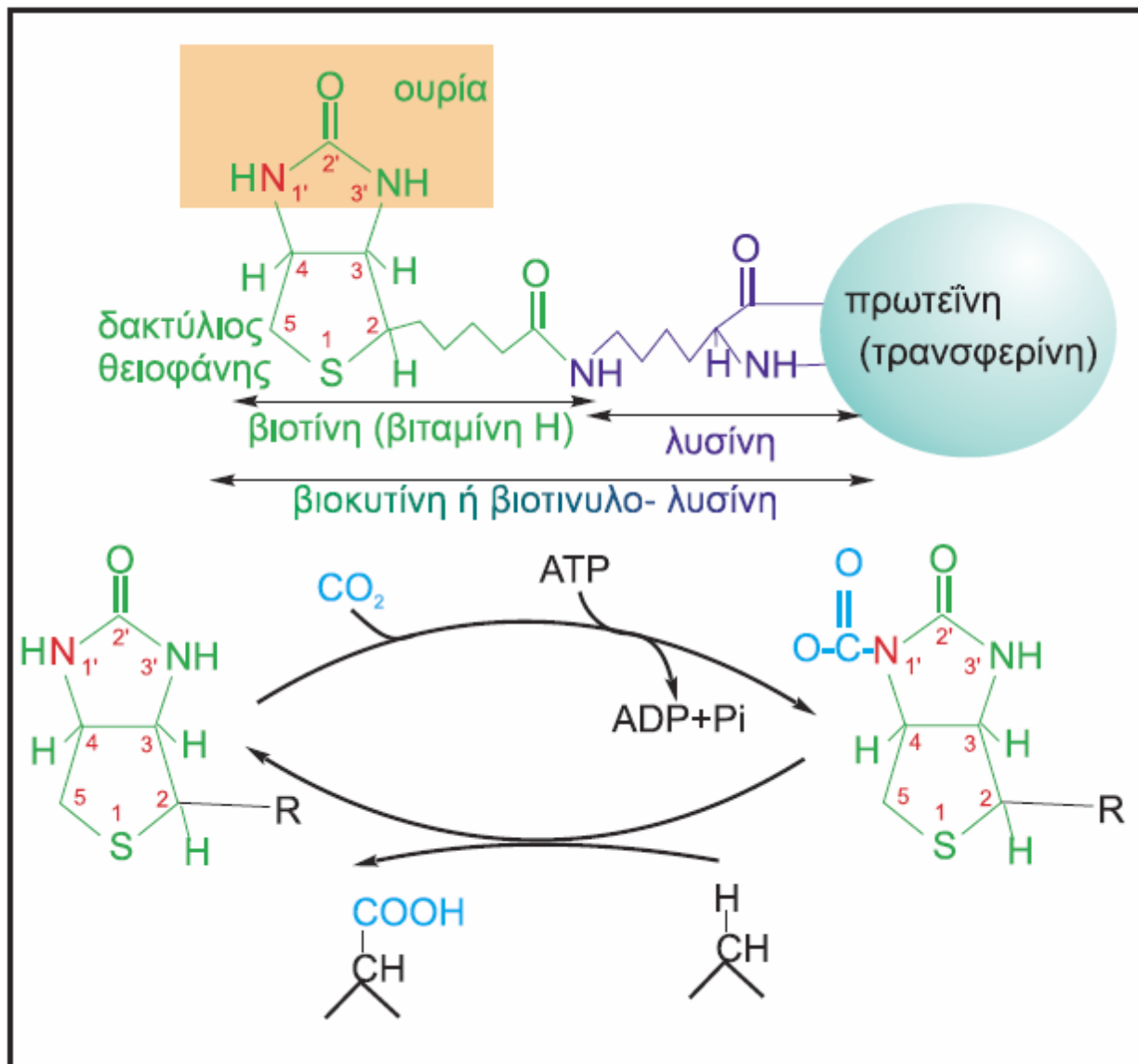
μεθυλομάδα	-CH ₃
μεθυλενομάδα	-CH ₂ -
μεθενυλομάδα	-CH=
φορμυλομάδα	-CHO
φορμιμινομάδα	-CH=NH





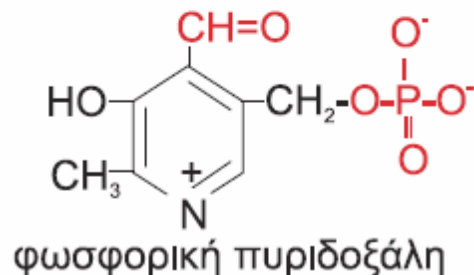
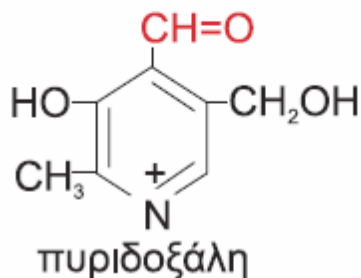
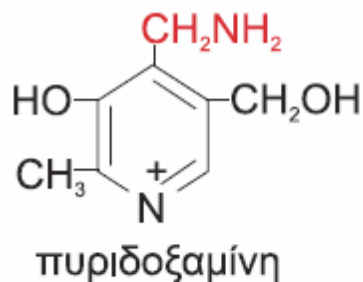
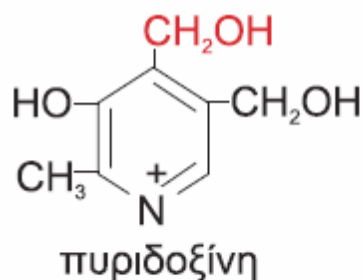
Βιοτίνη

- ✓ Το συνένζυμο αυτό μπορεί να ενσωματώνει ένα μόριο CO_2 και να το μεταφέρει σαν καρβοξυλομάδα
- ✓ Η κατανάλωση ωμών αυγών μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη της βιοτίνης, γιατί στο λεύκωμα των αυγών περιέχεται η αβιδίνη, μια πρωτεΐνη με την οποία προσδένεται η βιοτίνη και έτσι δεσμεύεται και δεν είναι διαθέσιμη στον οργανισμό



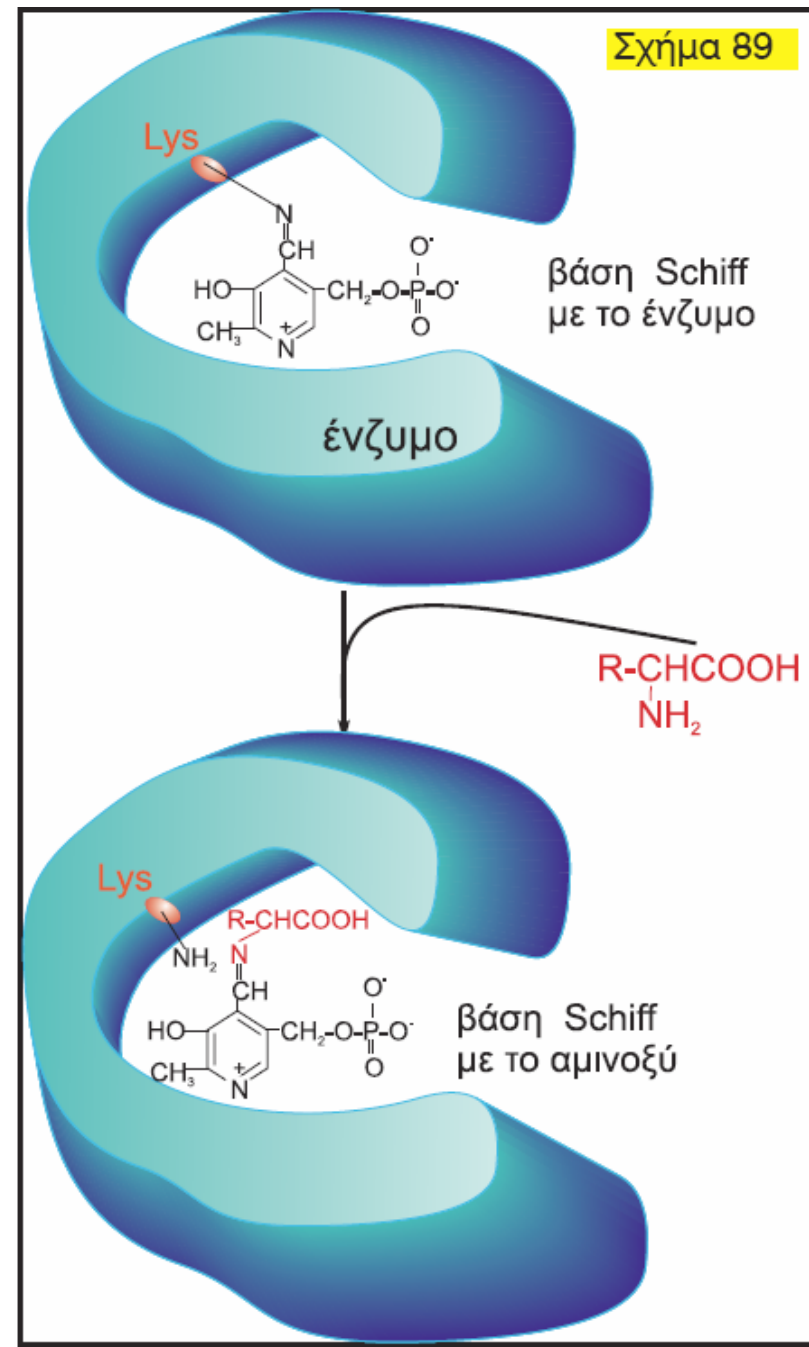
Φωσφορική πυριδοξάλη (PP)

- ✓ Η βιταμίνη B6 βρίσκεται σε τρεις δραστικές μορφές: την **πυριδοξίνη**, την **πυριδοξάλη** και την **πυριδοξαμίνη**
- ✓ Η πυριδοξάλη, όταν φωσφορυλιωθεί, δίνει τη φωσφορική πυριδοξάλη



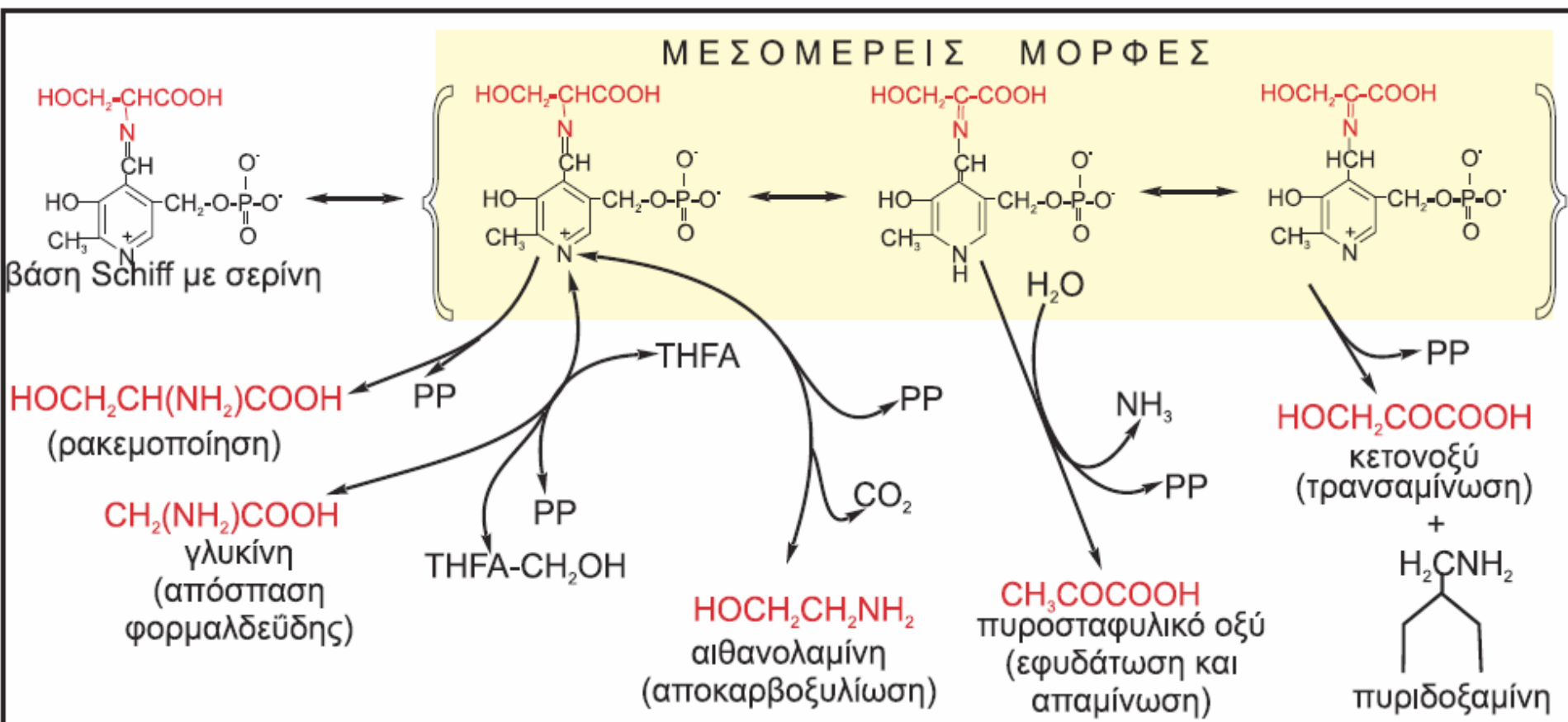
Φωσφορική πυριδοξάλη (PP)

- ✓ Παρουσία ενζύμου, κατ' αρχήν σχηματίζεται μια βάση Schiff μεταξύ της PP και της $-NH_2$ της λυσίνης του ενεργού κέντρου του ενζύμου
- ✓ Στη συνέχεια, αντικατάσταση της λυσίνης με ένα ελεύθερο αμινοξύ, ώστε να σχηματισθεί μια νέα βάση Schiff από την PP και το αμινοξύ, που αποτελεί το υπόστρωμα



Φωσφορική πυριδοξάλη (PP)

✓ Στη συνέχεια, το **σύμπλοκο της βάση Schiff** (PP-αμινοξύ) που σχηματίζεται, είτε παρουσία, είτε απουσία ενζύμου, έχει **διάφορες μεταβολικές τύχες που συναντάμε στο μεταβολισμό των αμινοξέων**



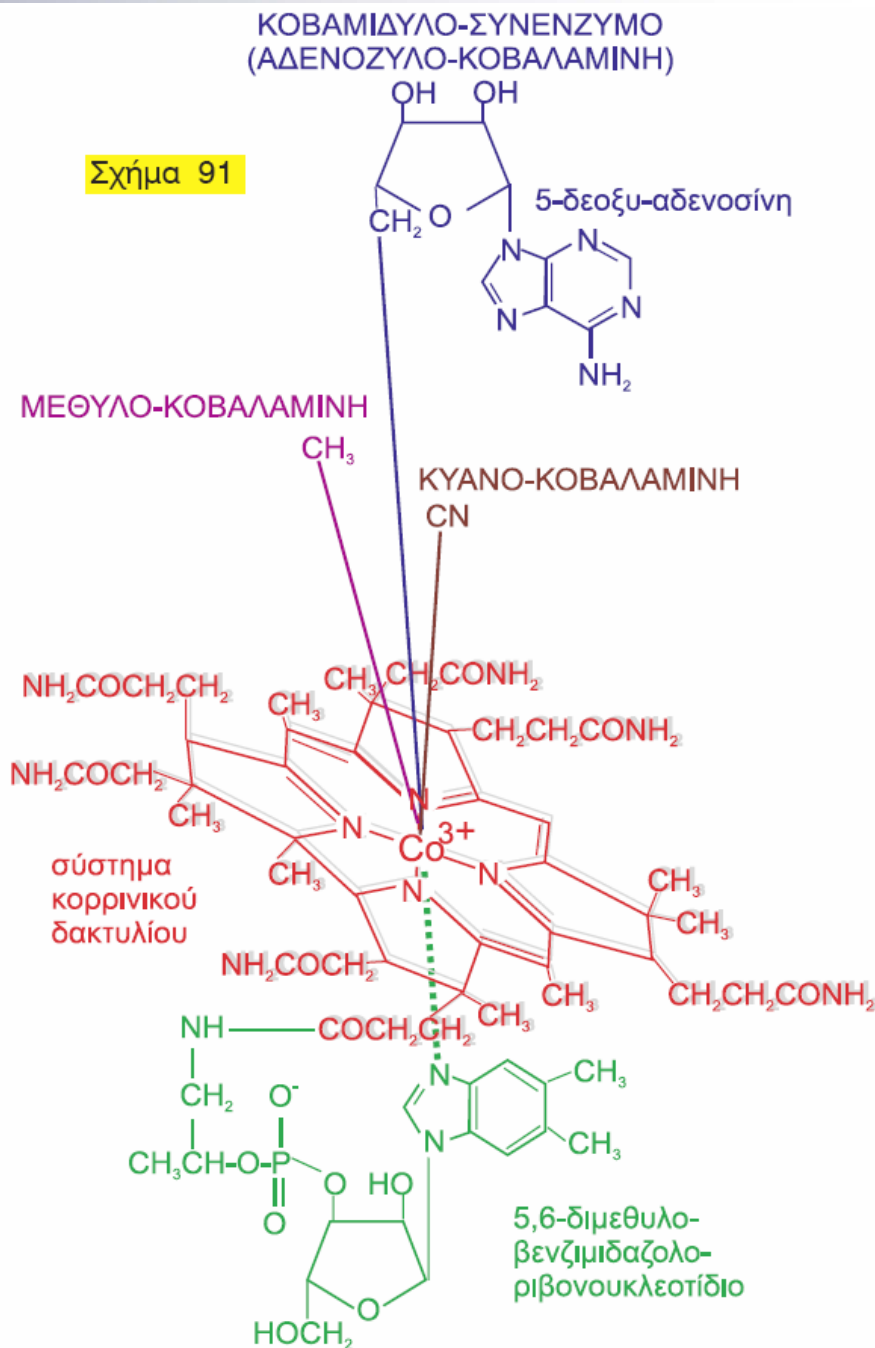


ΣΥΝΕΝΖΥΜΑ ΥΔΡΟΛΑΣΩΝ, ΙΣΟΜΕΡΑΣΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ENZYMΩΝ

Κοβαλαμίνη, B12

Αν το μόριο

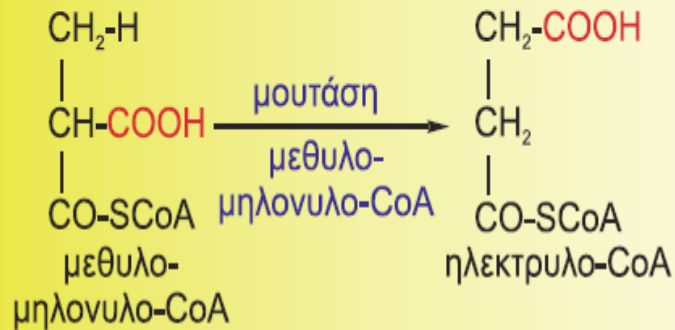
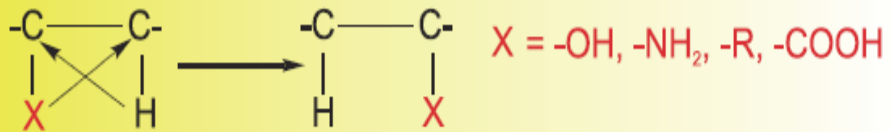
- ✓ περιέχει CN λέγεται **κυανοκοβαλαμίνη**
- ✓ περιέχει 5-δεοξυ-αδενοσίνη αποτελεί το **κοβαμιδυλο-συνένζυμο (αδενοζυλο-κοβαλαμίνη)**
- ✓ περιέχει μεθυλομάδα αποτελεί τη **μεθυλο-κοβαλαμίνη**



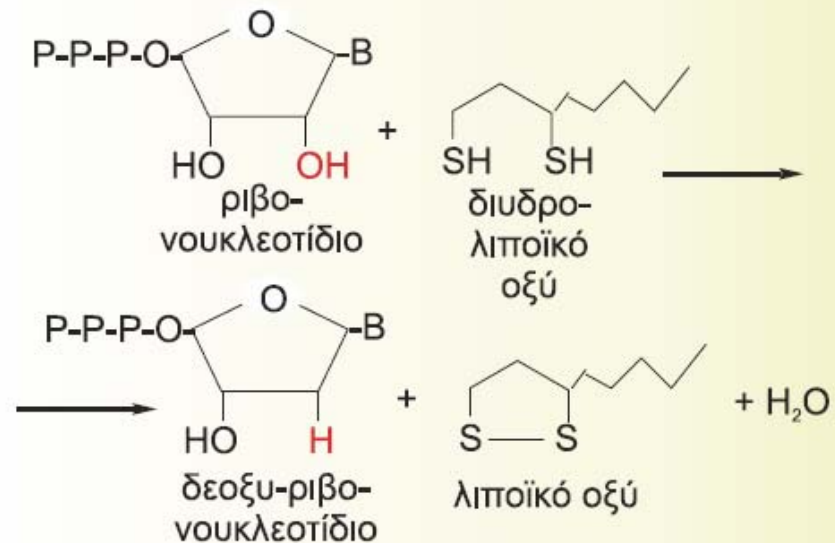
Κοβαλαμίνη, B12

Η αδενozυλο-κοβαλαμίνη συμμετέχει σε αντιδράσεις μετάθεσης

✓ στο ίδιο μόριο



✓ σε διαφορετικά μόρια



Κοβαλαμίνη, B12

Η **μεθυλο-κοβαλαμίνη** συμμετέχει, στη μεταφορά ομάδας ενός ατόμου άνθρακα με το THFA στην αντίδραση:

