



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 5: Βιταμίνες

Γεώργιος Παπαδόπουλος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων

Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας

Ενότητα 5: Βιταμίνες

Γεώργιος Παπαδόπουλος

Καθηγητής

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





Χρηματοδότηση

- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Ηπείρου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

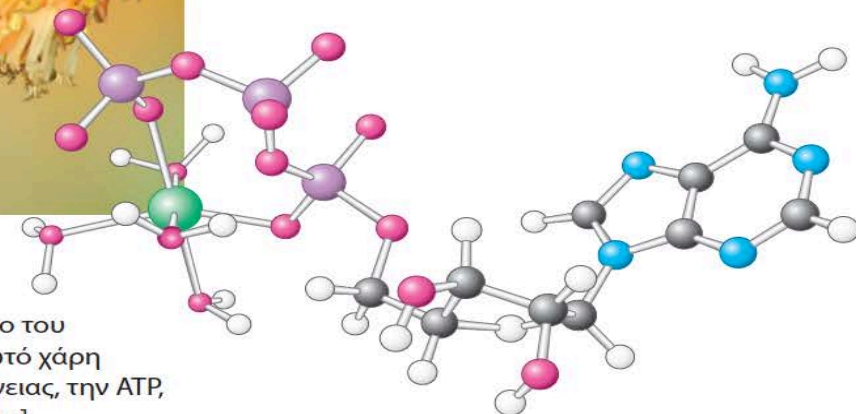


ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

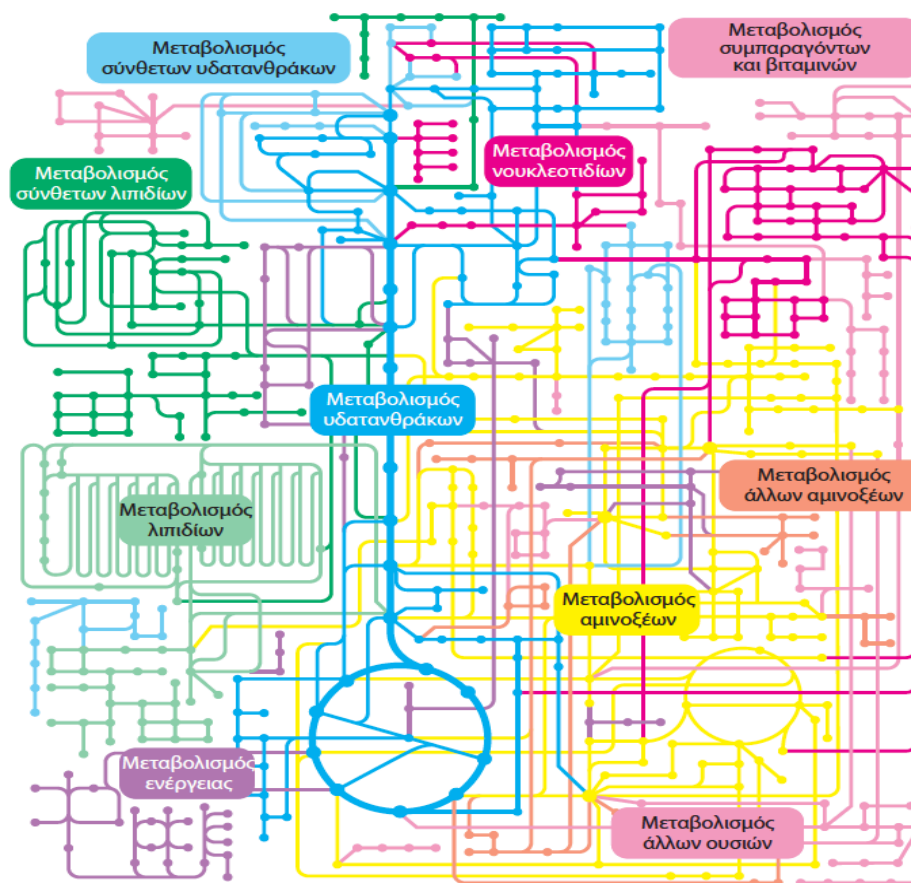


ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ, ΣΥΝΕΝΖΥΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

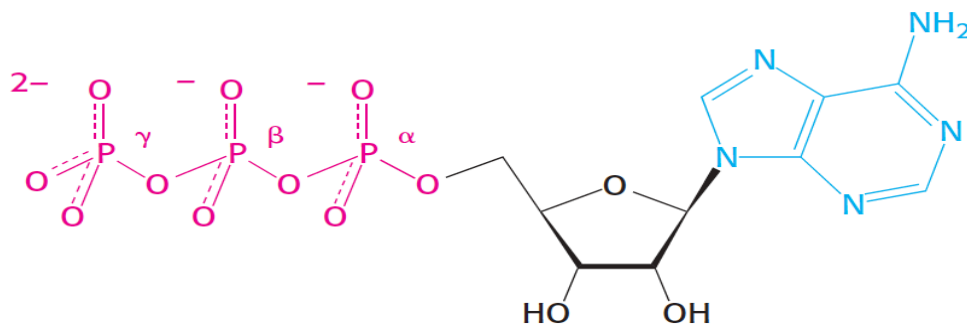
- Βιταμίνες: μικρού ΜΒ οργανικά μόρια, που δεν μπορεί να τα συνθέσει ο ζωικός οργανισμός.
- Συνένζυμα: παράγωγα ορισμένων βιταμινών (ή βιταμίνες) απαραίτητα για τη λειτουργία πολλών ενζύμων.
- Μεταβολισμός: αφομοίωση τροφών σε χρήσιμες ουσίες, αποβολή «υποπροϊόντων» στο περιβάλλον.



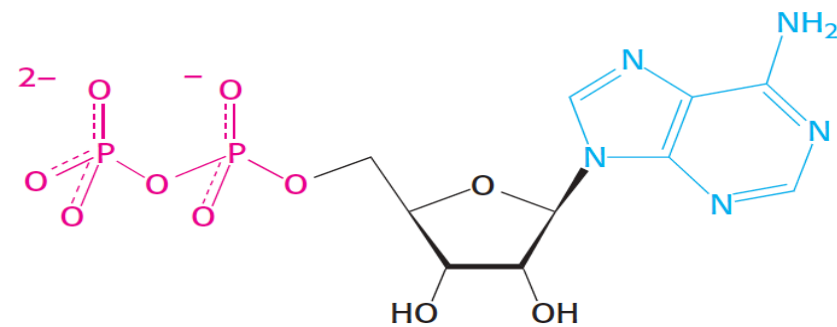
Τα κολύβρια είναι ικανά για θαυμαστά κατορθώματα αντοχής. Παραδείγματος χάριν, το μικροσκοπικό κοκκινόλαιμο κολύβριο *Archilochus colubris* μπορεί να αποθηκεύσει αρκετά καύσιμα για να πετάξει χωρίς στάση επάνω από τον Κόλπο του Μεξικού, διανύοντας μια απόσταση περίπου 800 χιλιομέτρων. Αυτό είναι κατορθωτό χάρη στην ικανότητά του να μετατρέπει τα καύσιμα μόρια σε νόμισμα κυτταρικής ενέργειας, την ATP, που αναπαριστάνεται από το μοντέλο στα δεξιά. [(Αριστερά) Willim Leaman/Alamy.]



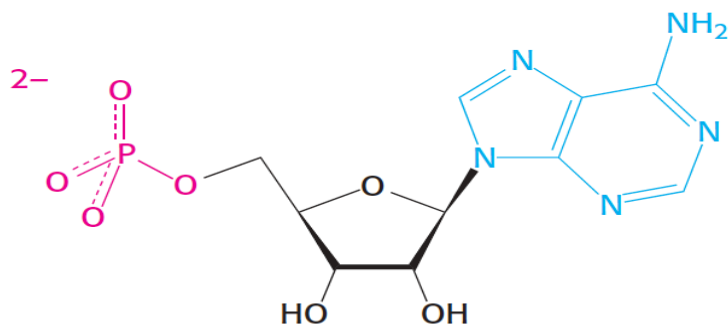
Εικόνα 15.2 Μεταβολικές πορείες. [Από Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (www.genome.ad.jp/kegg).]



Τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)



Διφωσφορική Αδενοσίνη (ADP)

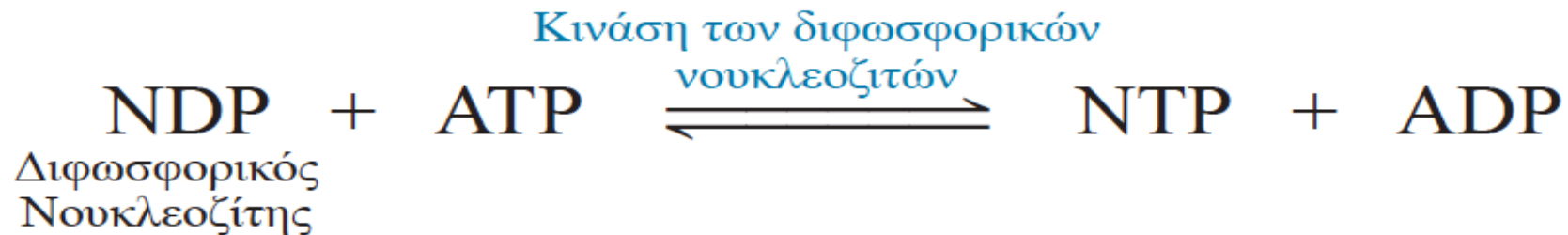
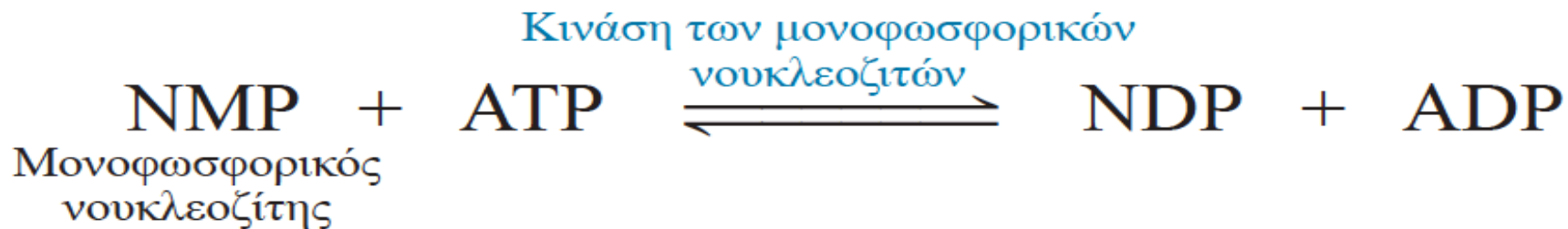


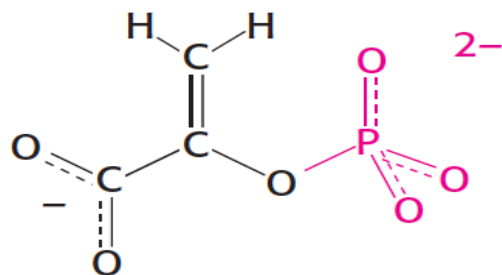
Μονοφωσφορική αδενοσίνη (AMP)

Εικόνα 15.3 Δομές των ATP, ADP, AMP.

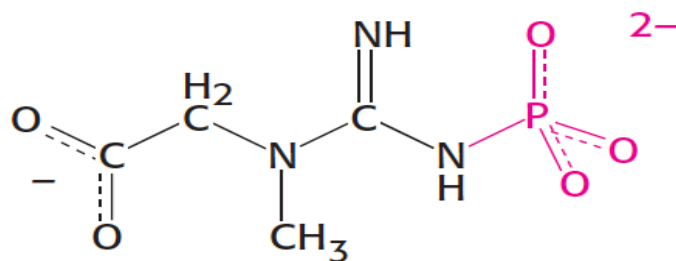
Αυτές οι αδενυλικές ενώσεις αποτελούνται από αδενίνη (μπλε), ριβόζη (μαύρο) και μία τρι-, δι-, ή μονοφωσφορική μονάδα (κόκκινο). Το εσωτερικό άτομο φωσφόρου ορίζεται ως P_{α} , το μεσαίο ως P_{β} και το εξωτερικό ως P_{γ} .

3. Δομές τ
ενυλικές εν
η (μπλε)
ή μονοφω
ο εσωτερικ
 P_{α} , το μεσο
ως P_{β}

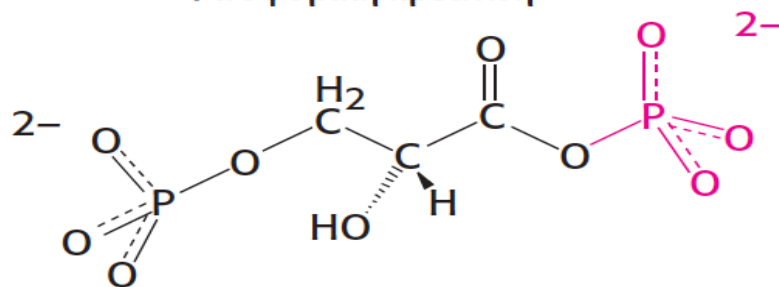




Φωσφο-ενολοπυροσταφυλικό (PEP)

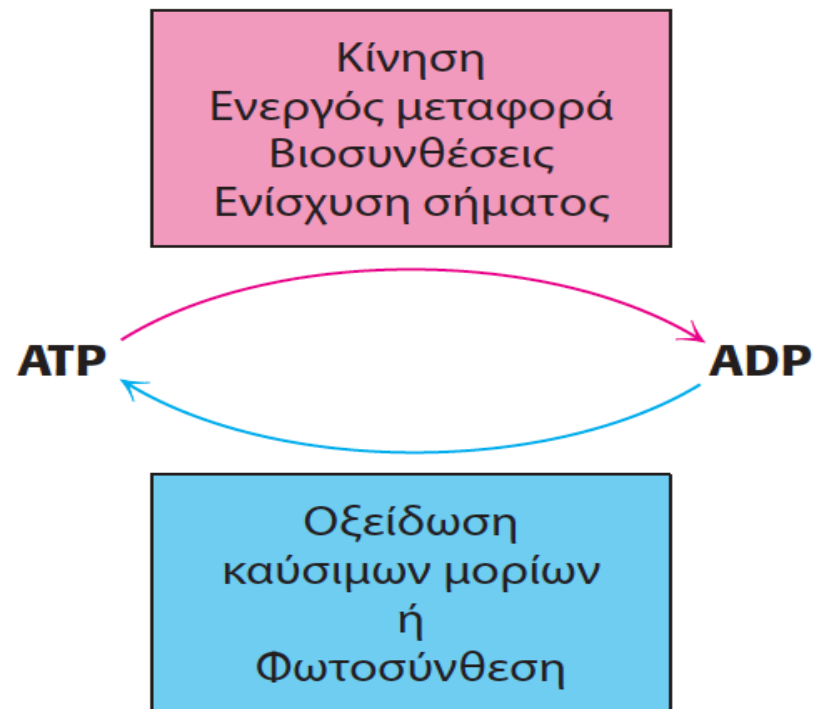


Φωσφορική κρεατίνη



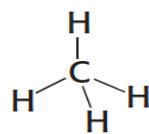
1,3-Διφωσφογυκερικό (1,3-BPG)

Εικόνα 15.6 Ενώσεις με υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας. Αυτές οι ενώσεις έχουν υψηλότερο δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας απ' ό,τι η ATP και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φωσφορυλιώσουν την ADP για να σχηματιστεί ATP.

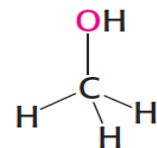


Εικόνα 15.8 Κύκλος ATP-ADP. Αυτός ο κύκλος είναι ο θεμελιώδης τρόπος ανταλλαγής ενέργειας στα βιολογικά συστήματα.

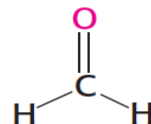
Μέγιστη ενέργεια \longrightarrow Ελάχιστη ενέργεια



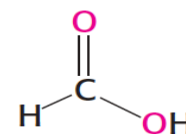
Μεθάνιο



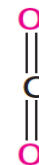
Μεθανόλη



Φορμαλδεΐδη



Μυρμηκικό οξύ



Διοξείδιο του άνθρακα

$\Delta G^{\circ\prime}$ οξειδωσης
(kJ mol⁻¹)

-820

-703

-523

-285

0

$\Delta G^{\circ\prime}$ οξειδωσης
(kcal mol⁻¹)

-196

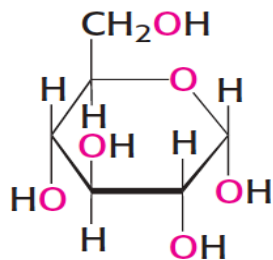
-168

-125

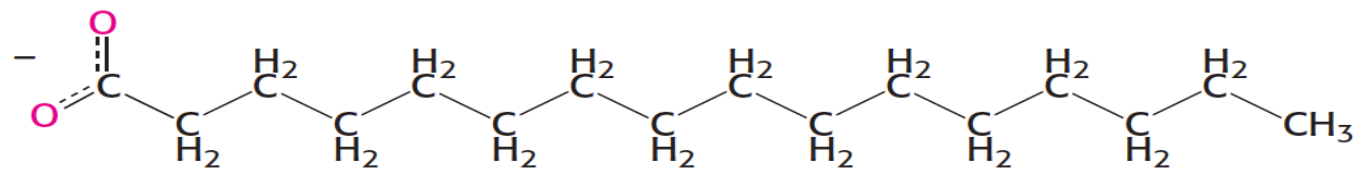
-68

0

**Εικόνα 15.9 Ελεύθερη
ενέργεια οξειδωσης
μονοανθρακικών ενώσεων.**



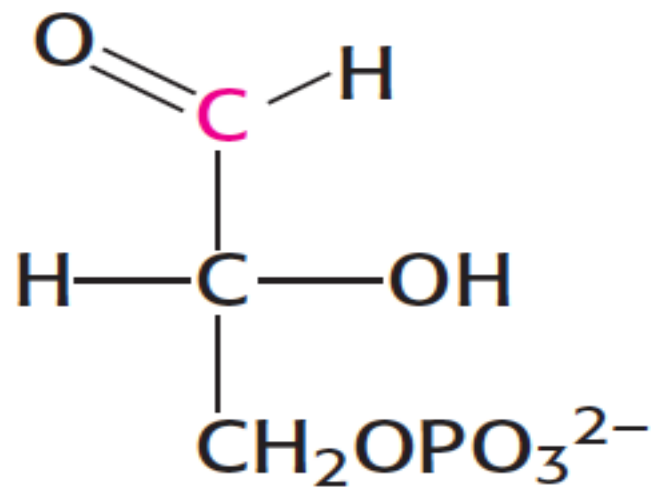
Γλυκόζη



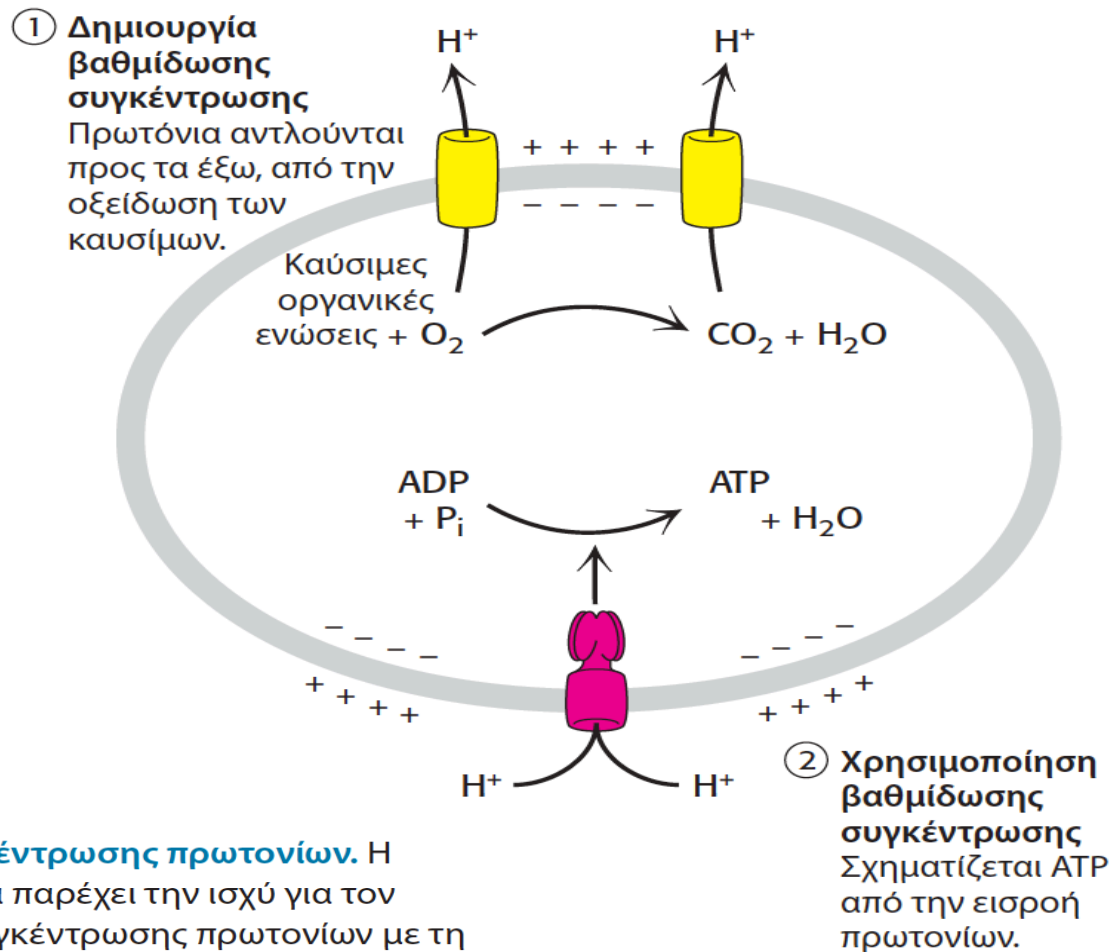
Λιπαρό οξύ

Εικόνα 15.10 Καύσιμα πρώτης γραμμής.

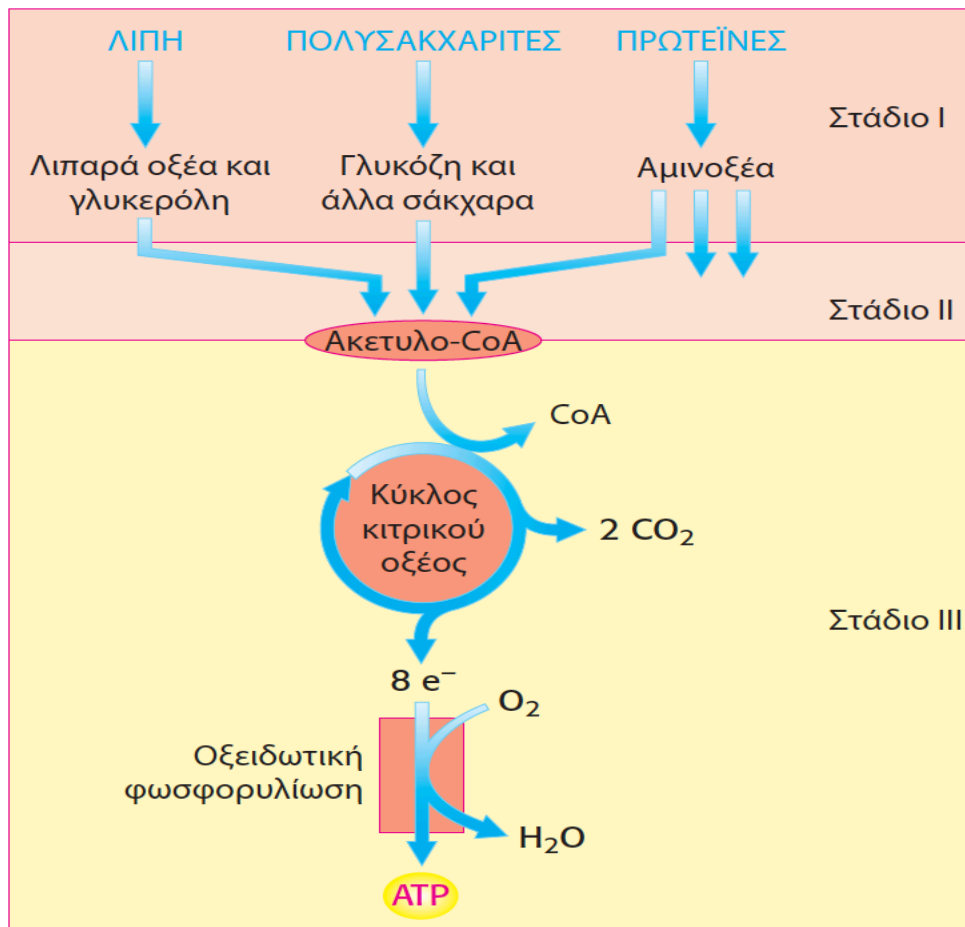
Τα λίπη είναι πιο αποδοτική πηγή καυσίμων από τους υδατάνθρακες, όπως π.χ. από τη γλυκόζη, διότι ο άνθρακας στα λίπη είναι πιο ανηγμένος.



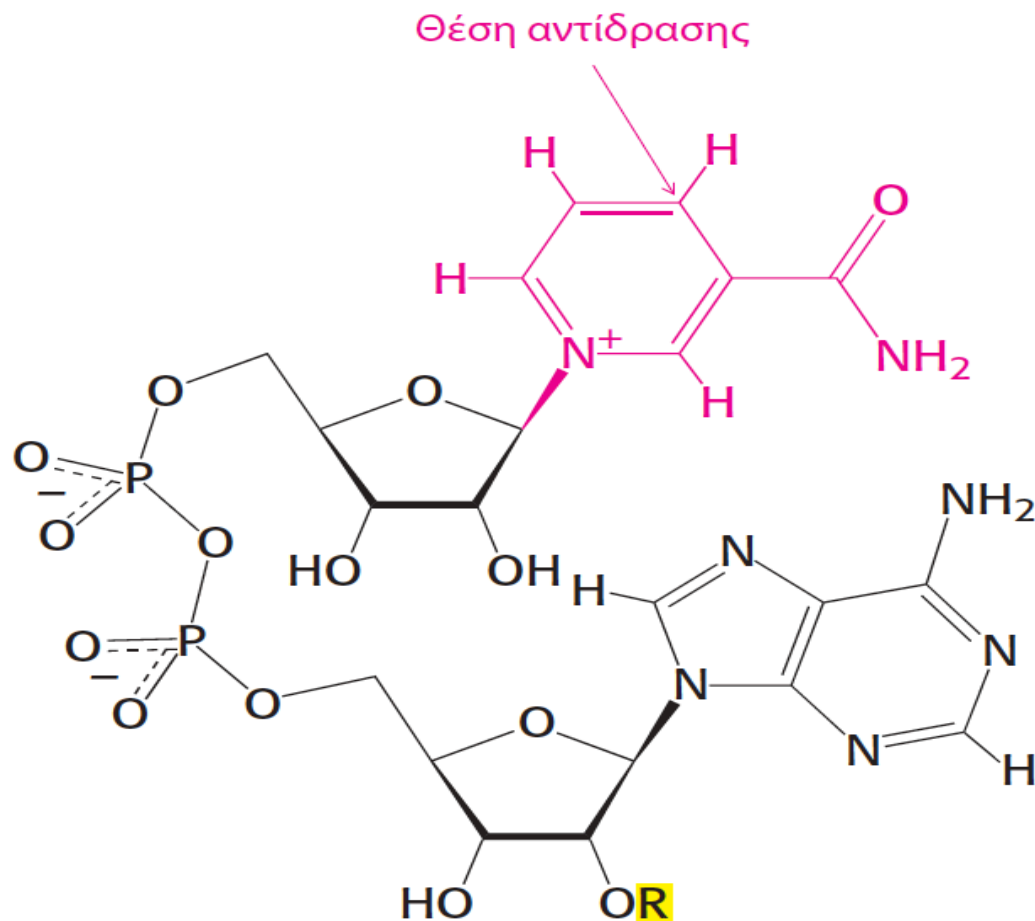
**3-Φωσφορική γλυκεραδεΐδη
(GAP)**



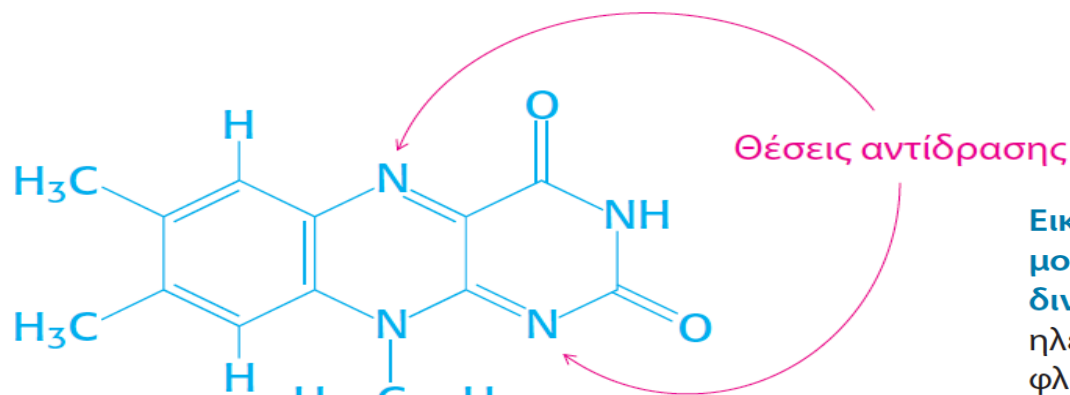
Εικόνα 15.11 Βαθμιδώσεις συγκέντρωσης πρωτονίων. Η οξείδωση των καυσίμων μπορεί να παρέχει την ισχύ για τον σχηματισμό των βαθμιδώσεων συγκέντρωσης πρωτονίων με τη δράση ειδικών αντλιών πρωτονίων. Αυτές οι βαθμιδώσεις μπορούν με τη σειρά τους να ωθήσουν τη σύνθεση της ATP όταν τα πρωτόνια ρέουν μέσα από ένα ένζυμο που συνθέτει ATP.



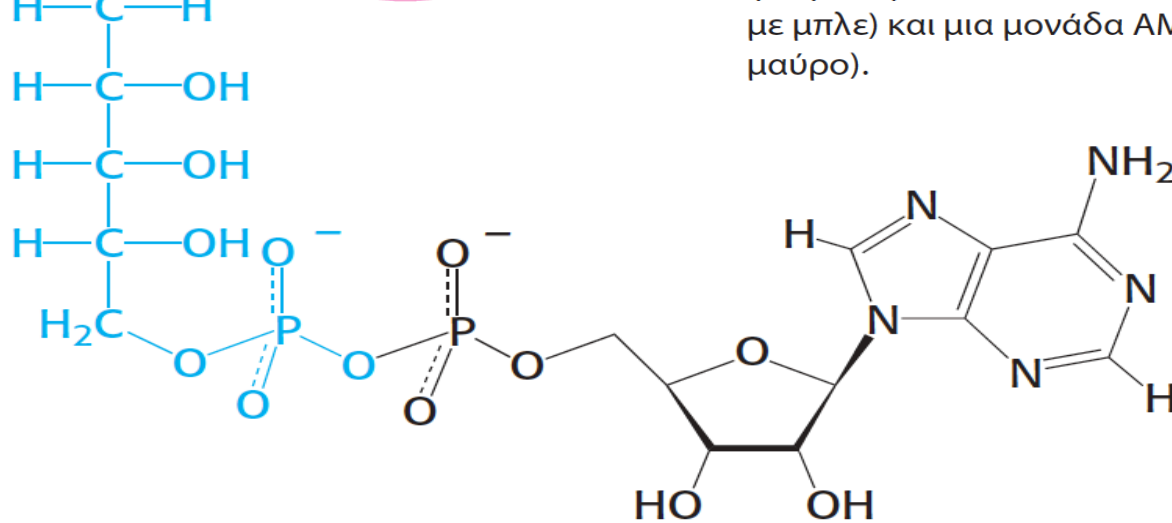
Εικόνα 15.12 Στάδια του καταβολισμού. Η εξαγωγή ενέργειας από τα καύσιμα μπορεί να διαιρεθεί σε τρία στάδια.

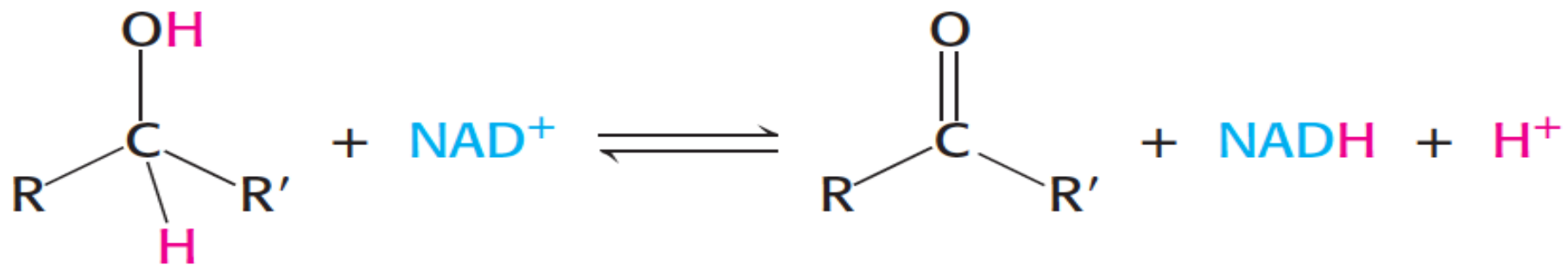


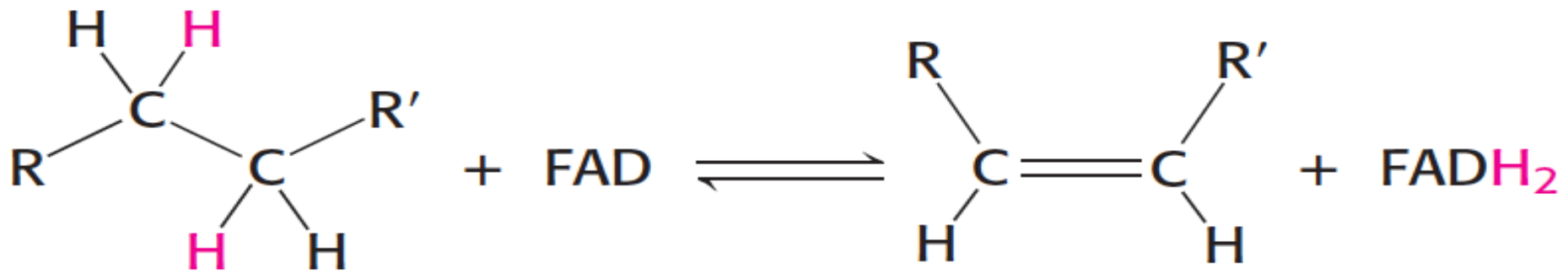
Εικόνα 15.13 Δομές των οξειδωμένων μορφών φορέων ηλεκτρονίων που προέρχονται από νικοτιναμίδιο. Το νικοτιναμίδιο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NAD⁺) και το φωσφορικό νικοτιναμίδιο-αδενινοδινουκλεοτίδιο (NADP⁺) είναι σημαντικοί φορείς ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας. Στο NAD⁺, R = H· στο NADP⁺, R = PO₃²⁻.

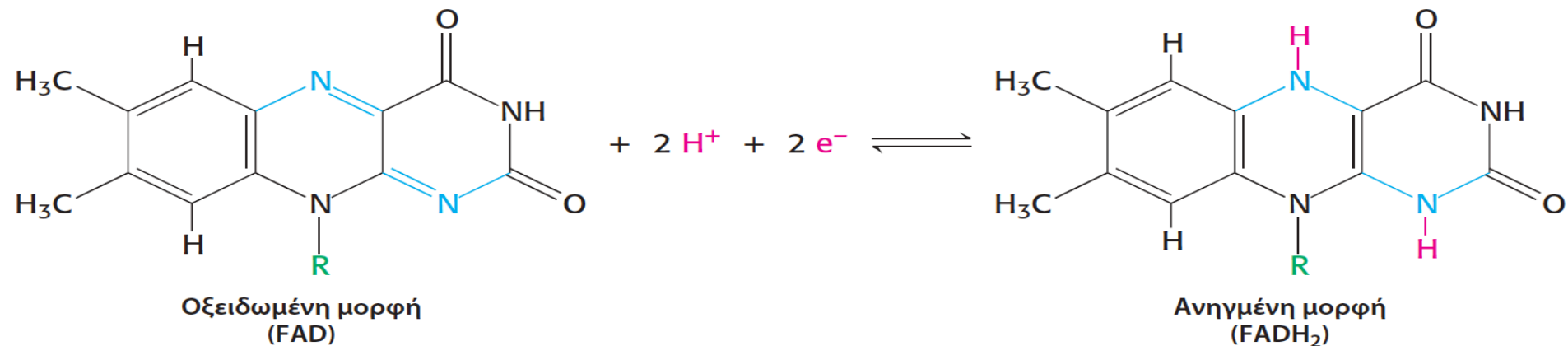


Εικόνα 15.14 Δομή της οξειδωμένης μορφής του φλαβινο-αδενινουκλεοτιδίου (FAD). Αυτός ο φορέας ηλεκτρονίων αποτελείται από μια μονάδα φλαβινο-μονονουκλεοτιδίου (FMN) (δείχνεται με μπλε) και μια μονάδα AMP (δείχνεται με μαύρο).

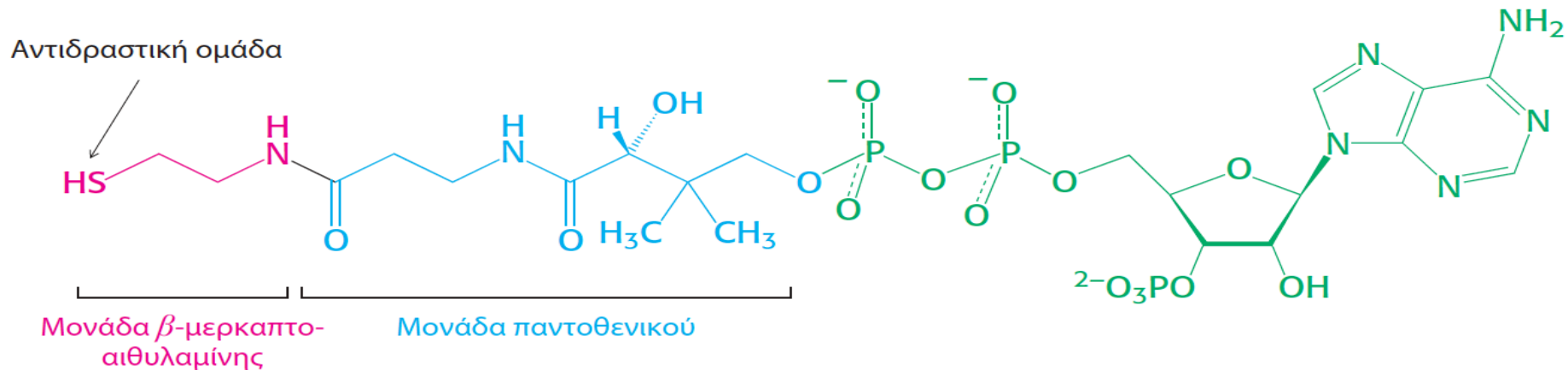




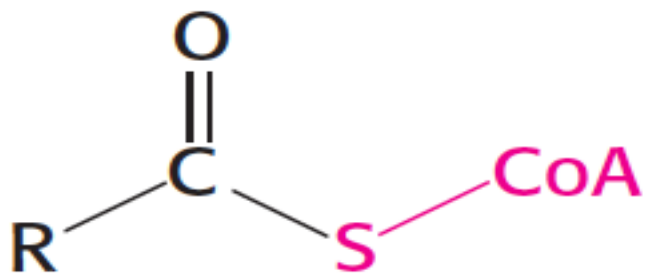




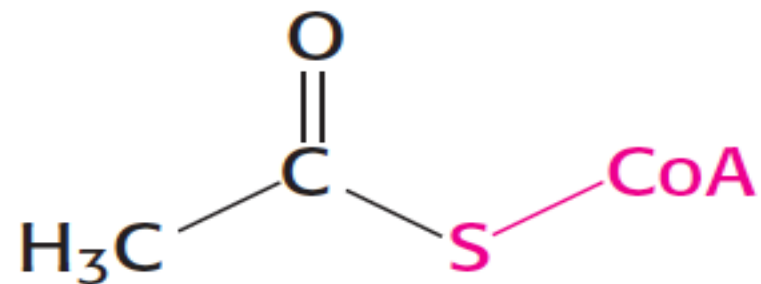
Εικόνα 15.15 Δομές των δραστικών μερών των FAD και FADH₂. Τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια μεταφέρονται από τον δακτύλιο ισοαλλοξαζίνης των FAD και FADH₂.



Εικόνα 15.16 Δομή του συνενζύμου Α (CoA-SH).



Ακυλο-CoA



Ακετυλο-CoA



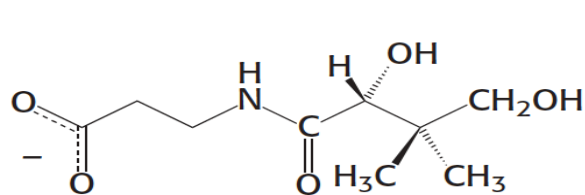
Πίνακας 15.2 Μερικοί ενεργοποιημένοι φορείς στον μεταβολισμό

Μόριο-φορέας στην ενεργοποιημένη μορφή	Μεταφερόμενη ομάδα	Πρόδρομη βιταμίνη
ATP	Φωσφορική	
NADH and NADPH	Ηλεκτρόνια	Νικοτινικό (νιασίνη)
FADH ₂	Ηλεκτρόνια	Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη Β ₂)
FMNH ₂	Ηλεκτρόνια	Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη Β ₂)
Συνένζυμο Α	Ακυλική	Παντοθενικό
Λιποαμίδιο	Ακυλική	
Πυροφωσφορική θειαμίνη	Αλδεϋδική	Θειαμίνη (βιταμίνη Β ₁)
Βιοτίνη	CO ₂	Βιοτίνη
Τετραϋδροφυλλικό	Μονοανθρακικές μονάδες	Φυλλικό
S-Αδενοσυλομεθειονίνη	Μεθυλική	
Ουριδινοδιφωσφορική γλυκόζη	Γλυκόζη	
Κυτιδινοδιφωσφορική διακυλογλυκερόλη	Φωσφατιδική	
Τριφωσφορικοί νουκλεοζίτες	Νουκλεοτίδια	

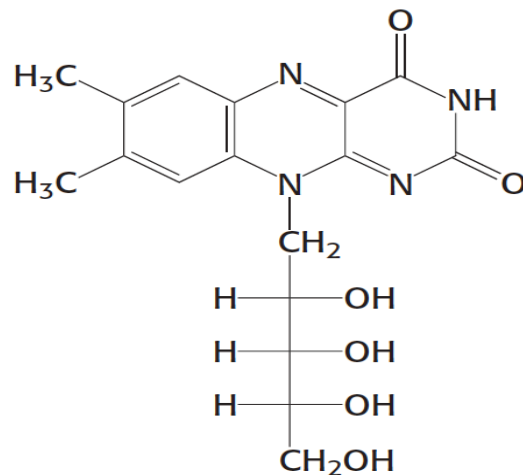


Πίνακας 15.3 Οι βιταμίνες Β

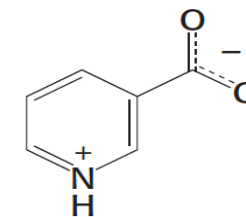
Βιταμίνη	Συνένζυμο	Τυπικός τύπος αντίδρασης	Συνέπειες ανεπάρκειας
Θειαμίνη (B ₁)	Πυροφωσφορική θειαμίνη	Μεταφορά αλδεϋδης	Μπέρι-μπέρι (απώλεια βάρους, καρδιακά προβλήματα, νευρική δυσλειτουργία)
Ριβοφλαβίνη (B ₂)	Φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο	Οξειδωση-αναγωγή	Χείλωση και γωνιώδης στοματίτιδα, δερματίτιδα
Πυριδοξίνη (B ₆)	Φωσφορική πυριδοξάλη	Μεταφορά ομάδας σε ή από αμινοξέα	Κατάθλιψη, σύγχυση, σπασμοί
Νικοτινικό οξύ (νιασίνη)	Νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο	Οξειδωση-αναγωγή	Πελλάγρα (δερματίτιδα, κατάθλιψη, διάρροια)
Παντοθενικό οξύ	Συνένζυμο Α	Μεταφορά ακυλομάδας	Υπέρταση
Βιοτίνη	Προϊόντα προσθήκης βιοτίνης-λυσίνης (βιοκυτίνη)	Καρβοξυλίωση εξαρτώμενη από ATP και μεταφορά καρβοξυλομάδας	Εξάνθημα γύρω από τα φρύδια, μυϊκός πόνος, κάματος (σπάνια)
Φυλλικό οξύ	Τετραϋδροφυλλικό	Μεταφορά μονανθρακικών ενώσεων· σύνθεση θυμιδίνης	Αναιμία, ατέλειες του νευρικού σωλήνα κατά την ανάπτυξη
B ₁₂	5'-Δεοξυαδενοσυλοκοβαλαμίνη	Μεταφορά μεθυλομάδων· ενδομοριακές αναδιατάξεις	Αναιμία, μεγαλοβλαστική αναιμία, μεθυλομηλονική οξέωση



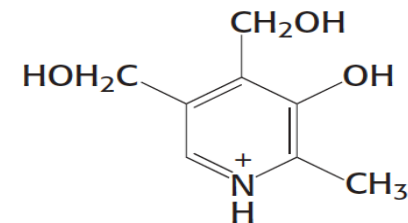
Βιταμίνη Β₅
(Παντοθενικό)



Βιταμίνη Β₂
(Ριβοφλαβίνη)



Βιταμίνη Β₃
(Νιασίνη)



Βιταμίνη Β₆
(Πυριδοξίνη)

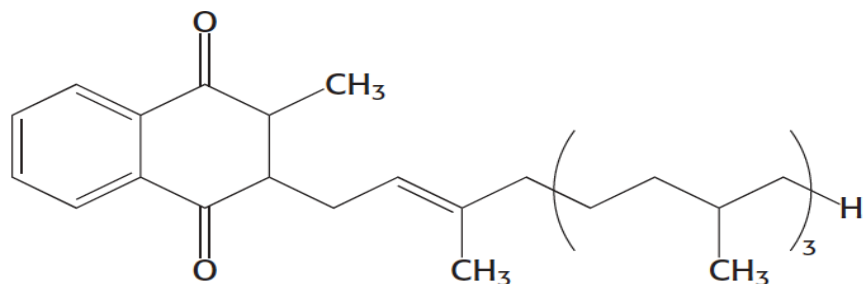
Εικόνα 15.17

Εικόνα 15.17 Δομές μερικών βιταμινών Β.

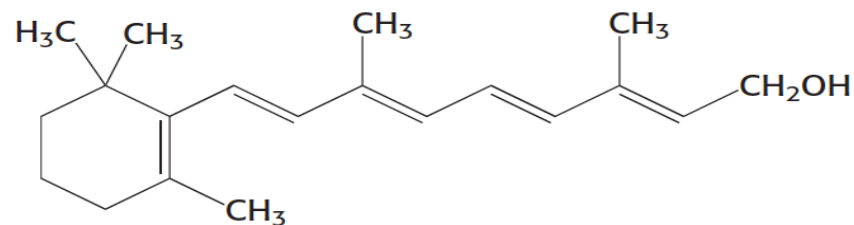


Πίνακας 15.4 Βιταμίνες που δεν είναι συνένζυμα

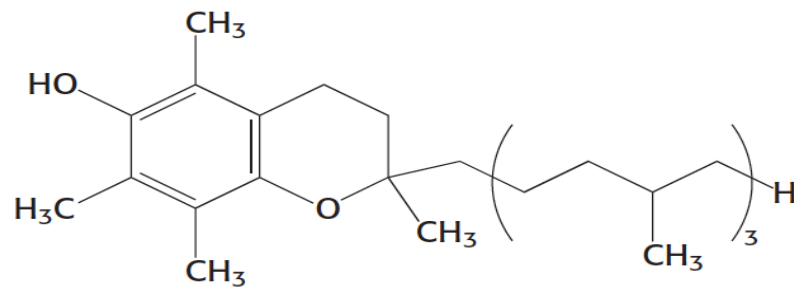
Βιταμίνη	Λειτουργία	Ανεπάρκεια
A	Ρόλος στην όραση, ανάπτυξη, αναπαραγωγή	Νυκταλωπία, βλάβη του κερατοειδούς χιτώνα, βλάβη στον αναπνευστικό και τον γαστρεντερικό σωλήνα
C (ασκορβικό οξύ)	Αντιοξειδωτικό	Σκορβούτο (πρησμένα ούλα που αιμορραγούν, υποδερμική αιμορραγία)
D	Ρύθμιση του μεταβολισμού ασβεστίου και φωσφόρου	Ραχίτιδα (παιδιά)· σκελετικές παραμορφώσεις, διαταραχές στην ανάπτυξη Οστεομαλάκυνση (ενήλικοι)· μαλακά, κεκαμμένα οστά
E	Αντιοξειδωτικό	Αναστολή παραγωγής σπερματοζωαρίων· αλλοιώσεις στους μυς και τα νεύρα (σπάνια)
K	Πήξη αίματος	Υποδερμική αιμορραγία



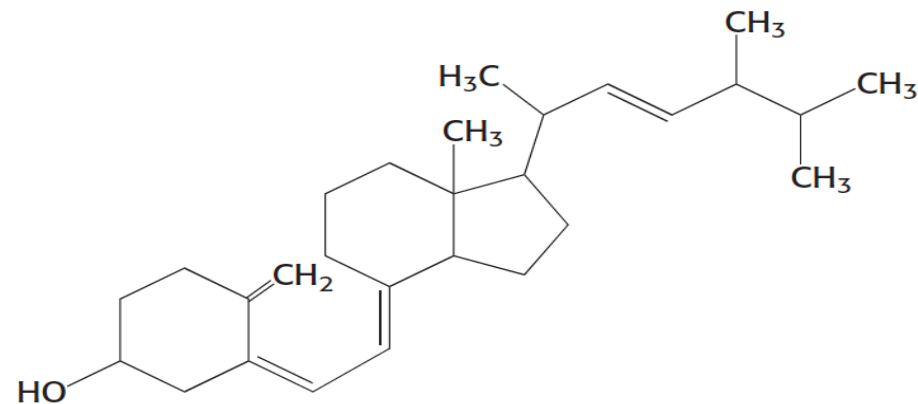
Βιταμίνη K₁



Βιταμίνη A (Ρετινόλη)

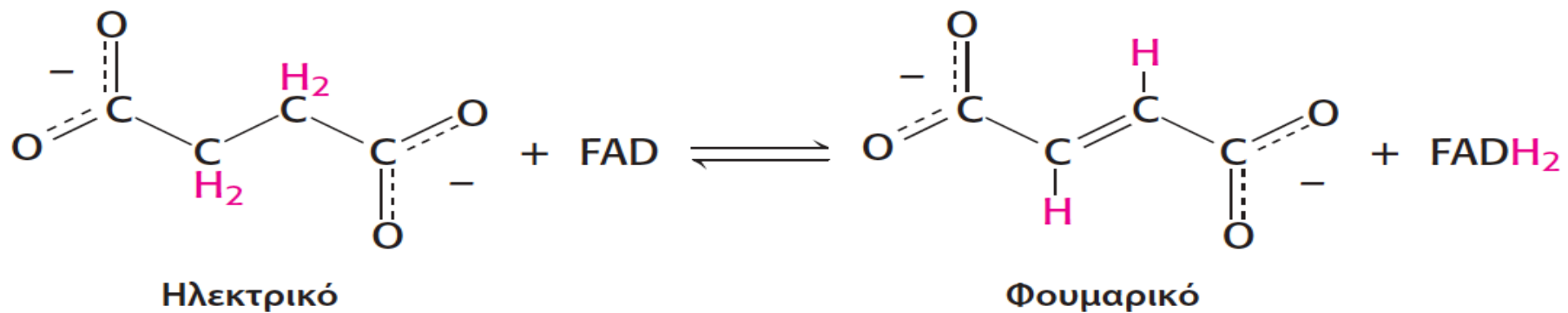


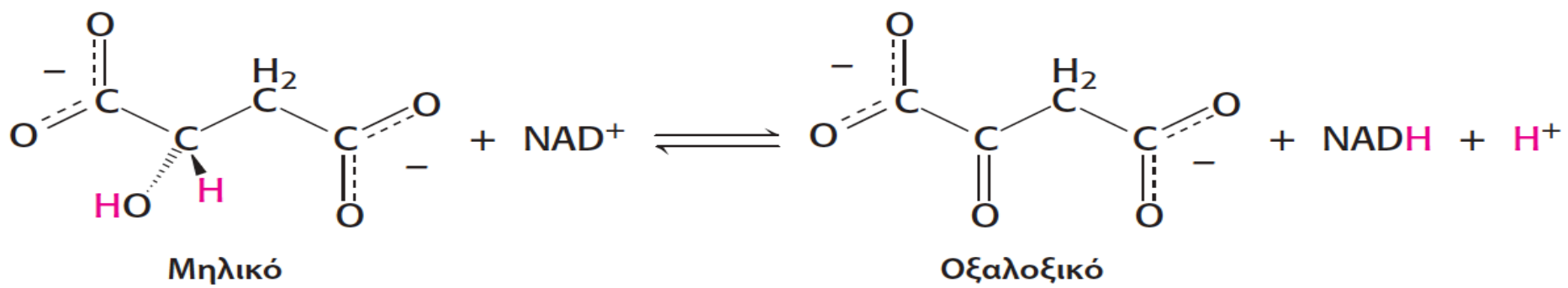
Βιταμίνη E (α-Τοκοφερόλη)

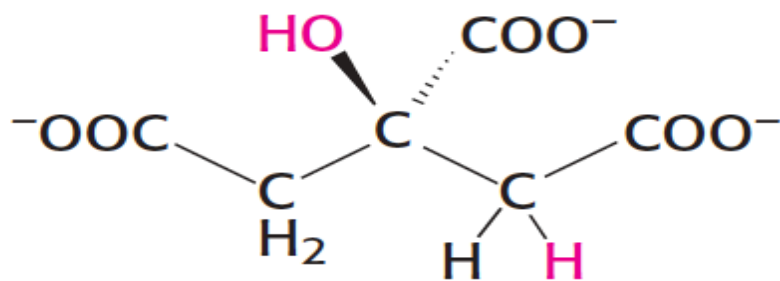


Βιταμίνη D₂ (Εργοασβεστιοφερόλη)

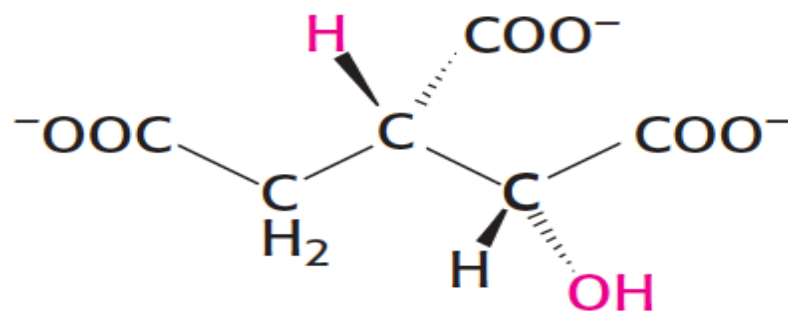
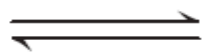
Εικόνα 15.18 Δομές μερικών βιταμινών οι οποίες δεν λειτουργούν ως συνένζυμα.



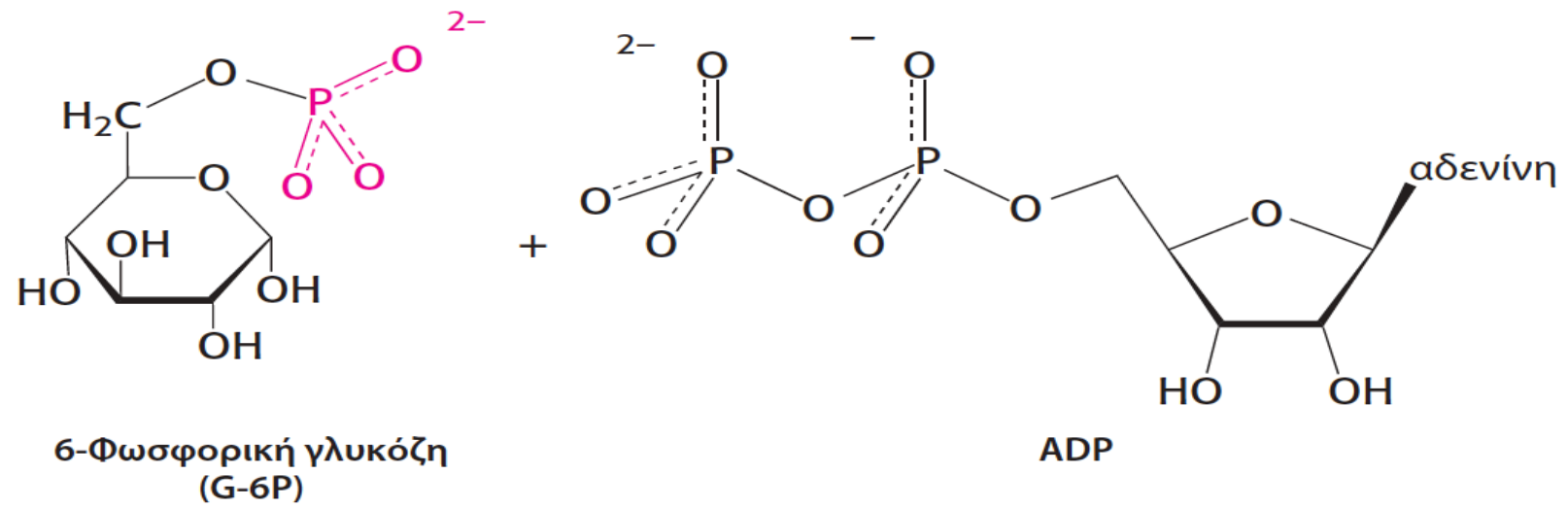
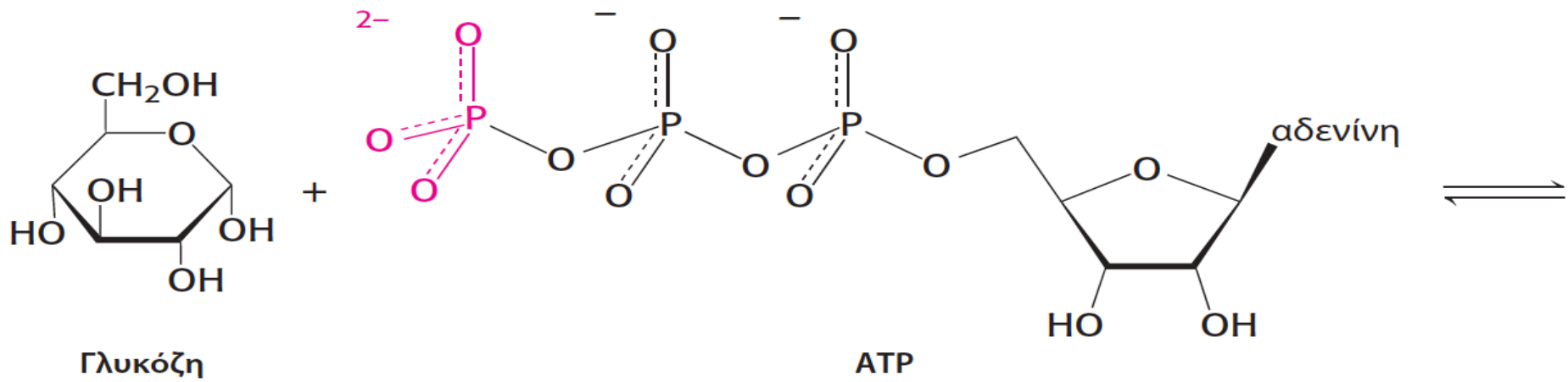


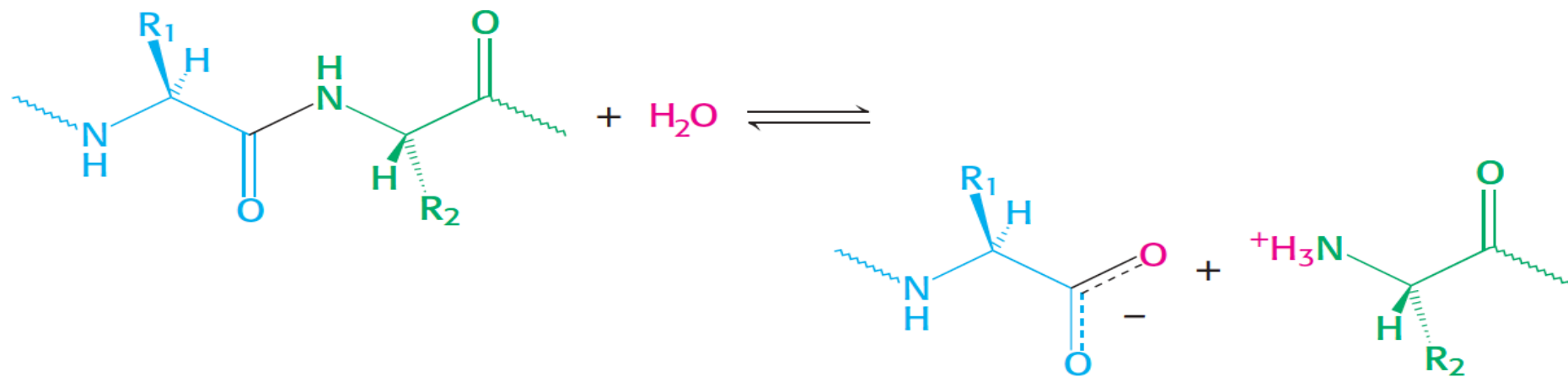


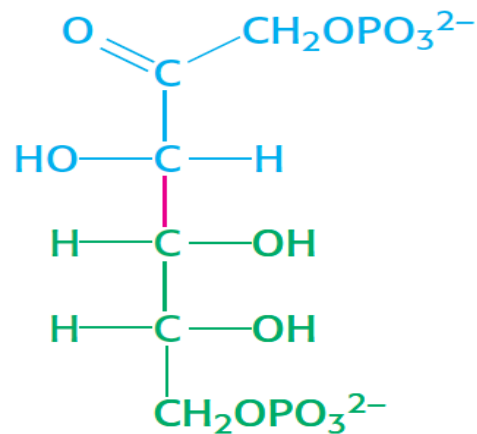
Κιτρικό



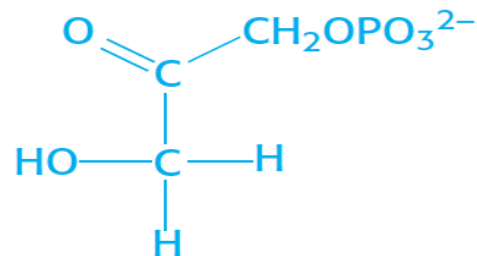
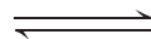
Ισοκιτρικό



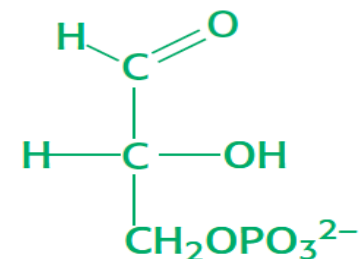




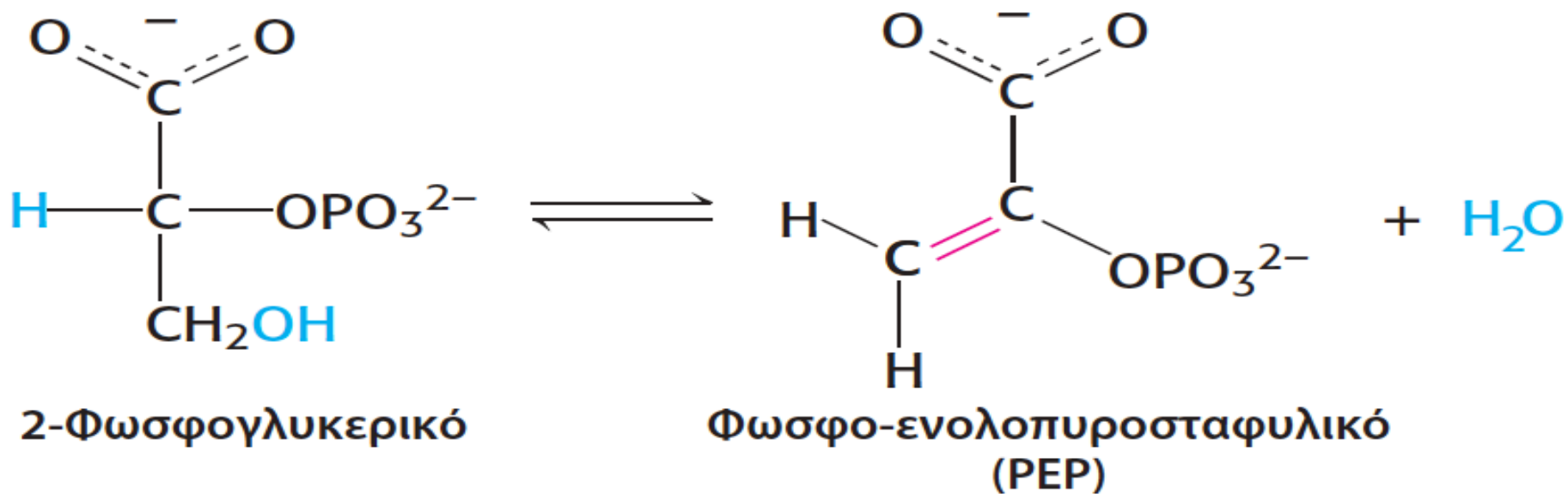
1,6-Διφωσφορική φρουκτόζη
(F-1,6-BP)

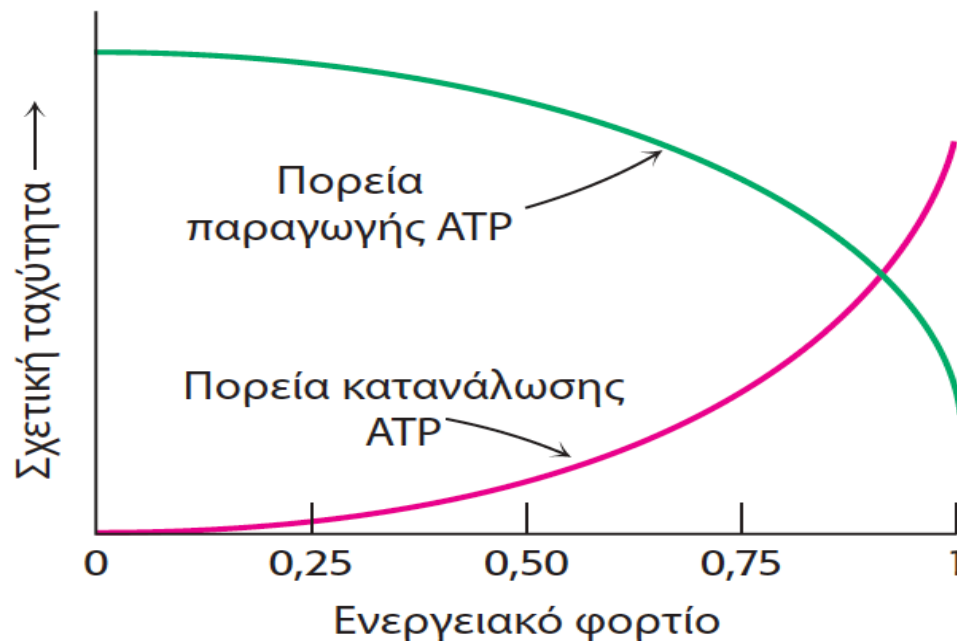


Φωσφορική διυδροξυακετόνη
(DHAP)



3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη
(GAP)





Εικόνα 15.19 Το ενεργειακό φορτίο ρυθμίζει τον μεταβολισμό. Υψηλές συγκεντρώσεις ATP αναστέλλουν τις σχετικές ταχύτητες μιας τυπικής πορείας παραγωγής ATP (καταβολική) και διεγείρουν μια τυπική πορεία που χρησιμοποιεί ATP (αναβολική).



Πίνακας 15.5 Τύποι χημικών αντιδράσεων στον μεταβολισμό

Τύπος αντίδρασης	Περιγραφή
Οξείδωση-αναγωγή	Μεταφορά ηλεκτρονίων
Σύνδεση που χρειάζεται διάσπαση της ATP	Σχηματισμός ομοιοπολικών δεσμών (δεσμοί άνθρακα-άνθρακα)
Ισομερείωση	Αναδιατάξεις ατόμων για να σχηματίσουν ισομερή
Μεταφορά ομάδας	Μεταφορά μιας λειτουργικής ομάδας από ένα μόριο σε άλλο
Υδρόλυση	Διάσπαση δεσμών με προσθήκη νερού
Προσθήκη ή αφαίρεση λειτουργικών ομάδων	Προσθήκη λειτουργικών ομάδων σε διπλούς δεσμούς ή αφαίρεσή τους για να σχηματιστούν διπλοί δεσμοί



Βιβλιογραφία

1. Jeremy M Berg, John L Tymoczko, Lubert Stryer, ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 5^η έκδοση, Α τόμος, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2004. Βλέπε και διαδικτυακό τόπο του βιβλίου www.whfreeman.com/Berg7e/
2. Διαμαντίδη Γρ., ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, 3^η έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2007/2010.
3. Campbell NA, Reece JB. *Βιολογία*, τόμος Ι. 8^η έκδοση, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 2010.
4. Γ. Μουρκίδη, Γεωργική Χημεία, Θεσσαλονίκη, 1971. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
5. Geoffrey [Zubay](#), William [Parson](#), Diane E. [Vance](#). Αρχές βιοχημείας, [ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα 1999. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
6. David L. [Nelson](#), Michael M. [Cox](#). *Lehninger, Principles of Biochemistry* (υπάρχει και μεταφρασμένη ελληνική έκδοση) Βασικές αρχές βιοχημείας. Μεταφραστές: Κ.Ε. [Σταματόπουλος](#), Α.Ν. [Χατζηδημητρίου](#). Επιμελητής: Α.Γ. [Παπαβασιλείου](#). [ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης](#), Αθήνα, 2007. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
7. Mathews D, van Holde KE. BIOCHEMISTRY, 3rd edition, Benjamin Cummings, Menlo Park, 2003. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
8. John Clark, Robert ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ. Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 1992, 2^η εκτύπωση, 2001. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
9. ΙΓ Γεωργιάτσου, Δ. Κυριακίδης, Τ. Γιουψάνης, κ.ά. Εργαστηριακές Ασκήσεις Βιοχημείας. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη, 2004. Υπάρχει στη Βιβλιοθήκη του ιδρύματος.
10. Οδηγός μελέτης του μαθήματος (φυλλάδιο που χορηγείται στη διάλεξη).



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.





Σημείωμα Αναφοράς

Παπαδόπουλος, Γ. Βιοχημεία - Αρχές Βιοτεχνολογίας.
Τεχνολογικό Ίδρυμα Ηπείρου. Διαθέσιμο από:
<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG119/>





Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Αντώνιος Σακελλάριος
Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΒΟΝΤΠΕΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





Τέλος Ενότητας

Βιταμίνες

