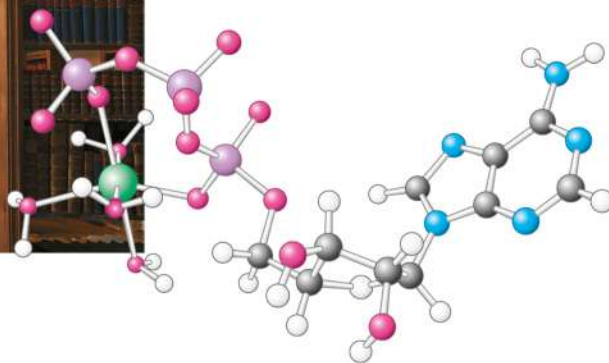


Βιοχημεία I

Κεφάλαιο 15

Μεταβολισμός: βασικές έννοιες και σχεδιασμός



- Με ποιο τρόπο το κύτταρο αντλεί ενέργεια από το περιβάλλον του;
- Με ποιον τρόπο συνθέτει τις δομικές μονάδες των μακρομορίων του και στη συνέχεια αυτά τα ίδια τα μακρομόρια;

Αυτές οι διεργασίες διεκπεραιώνονται από ένα εξαιρετικά ολοκληρωμένο δίκτυο χημικών αντιδράσεων, που είναι συνολικά γνωστές ως **μεταβολισμός**



15.0 Εισαγωγή

Γενικές αρχές του μεταβολισμού:

1. Τα καύσιμα ανοικοδομούνται και βήμα προς βήμα κατασκευάζονται μεγάλα μόρια σε μια σειρά από συνδυασμένες αντιδράσεις που ονομάζονται μεταβολικές πορείες
2. Ένα νόμισμα κοινό σε όλες τις μορφές ζωής, η ATP, συνδέει τις πορείες που απελευθερώνουν ενέργεια με τις πορείες που απαιτούν ενέργεια
3. Η οξείδωση των καύσιμων μορίων ωθεί τον σχηματισμό της ATP



15.0 Εισαγωγή

Γενικές αρχές του μεταβολισμού:

4. Αν και υπάρχουν πολλές μεταβολικές πορείες, σε πολλές από αυτές είναι κοινός ένας πεπερασμένος αριθμός τύπων αντιδράσεων και ιδιαίτερων ενδιάμεσων
5. Οι μεταβολικές πορείες ρυθμίζονται σε πολύ υψηλό βαθμό
6. Τα ένζυμα που μετέχουν στον μεταβολισμό είναι οργανωμένα σε μεγάλα σύμπλοκα

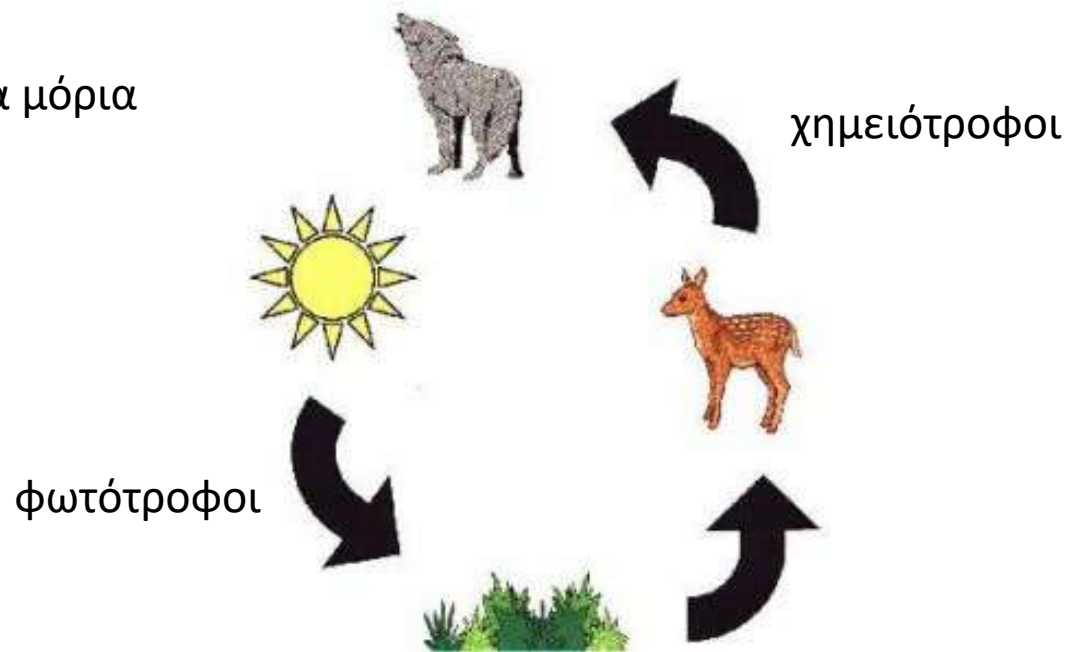
Γιατί;

15.1 Ο μεταβολισμός αποτελείται από πολλές συζευγμένες και διασυνδεδεμένες αντιδράσεις

Οι ζώντες οργανισμοί απαιτούν συνεχή τροφοδότηση ενέργειας για τρεις κυρίως σκοπούς:

1. εκτέλεση μηχανικού έργου (σύσπαση μυών, κυτταρικές κινήσεις)
2. ενεργό μεταφορά μορίων και ιόντων
3. σύνθεση μακρομορίων και άλλων βιομορίων από απλά πρόδρομα μόρια

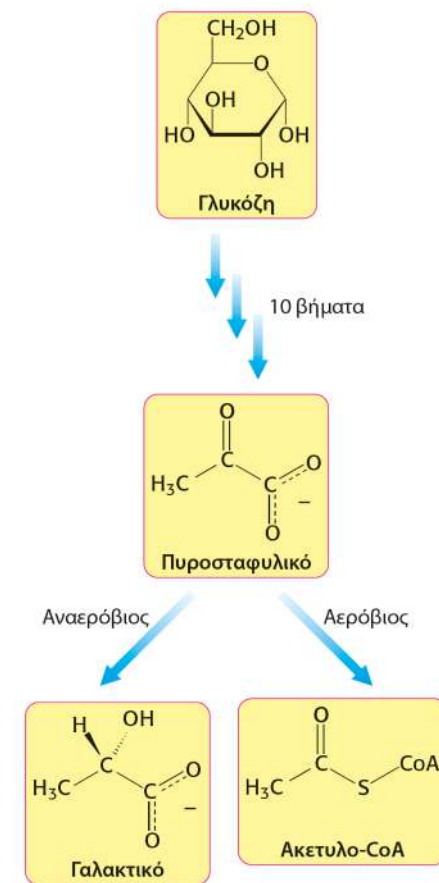
Η ελεύθερη ενέργεια που χρησιμοποιείται στις διεργασίες αυτές προέρχεται από το περιβάλλον



15.1 Ο μεταβολισμός αποτελείται από πολλές συζευγμένες και διασυνδεδεμένες αντιδράσεις

Ο μεταβολισμός είναι μια σειρά χημικών αντιδράσεων οι οποίες αρχίζουν με ένα συγκεκριμένο μόριο και το καταλήγουν στο σχηματισμό ενός άλλου μορίου ή μορίων με προσεκτικά καθορισμένο τρόπο

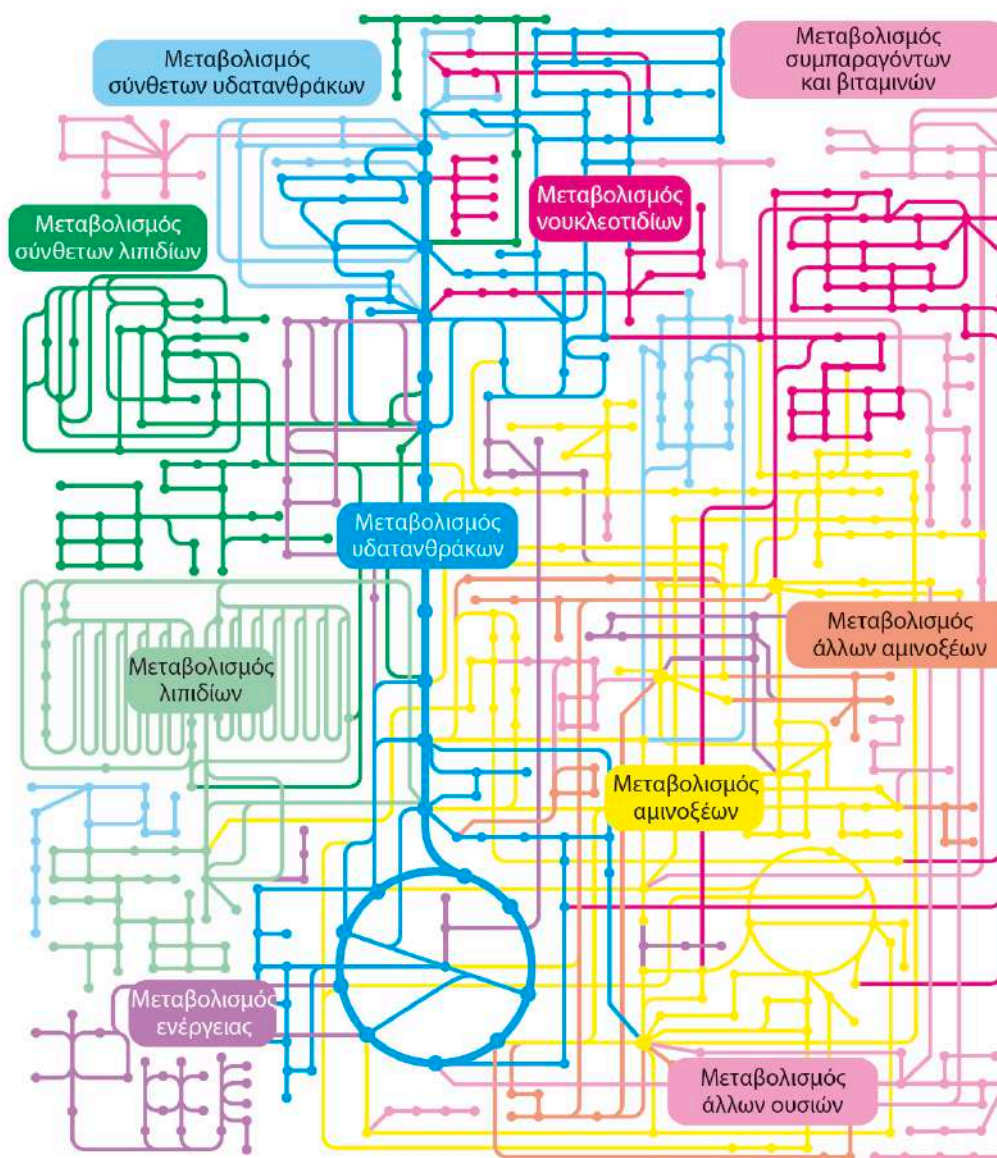
Οι πορείες αυτές είναι αλληλεξαρτώμενες και η δραστηρότητα τους συντονίζεται από εξαιρετικά ευαίσθητα μέσα επικοινωνίας στα οποία επικρατούν τα αλλοστερικά ένζυμα.



Μεταβολισμός της γλυκόζης

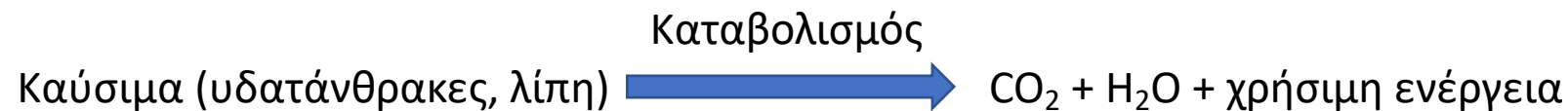
15.1

Μεταβολικές πορείες



15.1 Ο μεταβολισμός αποτελείται από πολλές συζευγμένες και διασυνδεδεμένες αντιδράσεις

Ο μεταβολισμός αποτελείται από αντιδράσεις που παράγουν ενέργεια και από αντιδράσεις που απαιτούν ενέργεια

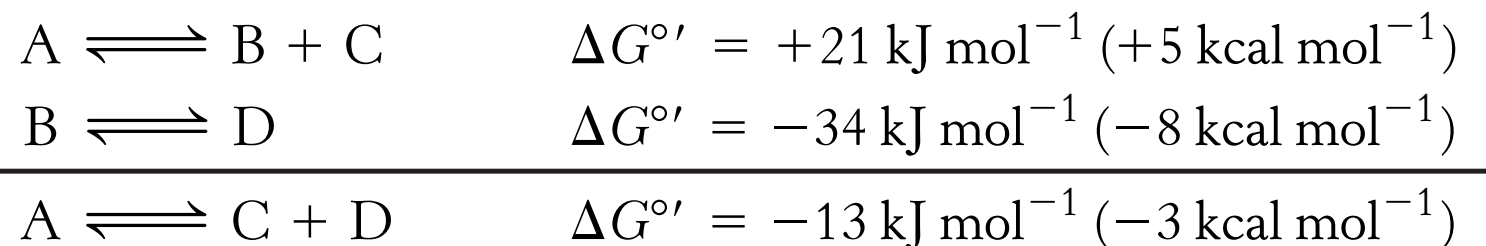


Μερικές πορείες μπορούν να είναι είτε αναβολικές είτε καταβολικές, αναλόγως της ενεργειακής κατάστασης του κυττάρου (αμφιβολικές πορείες).

15.1 Ο μεταβολισμός αποτελείται από πολλές συζευγμένες και διασυνδεδεμένες αντιδράσεις

Μια θερμοδυναμικά ευνοούμενη αντίδραση μπορεί να ωθήσει μια μη ευνοούμενη αντίδραση

Οι μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας είναι προσθετικές

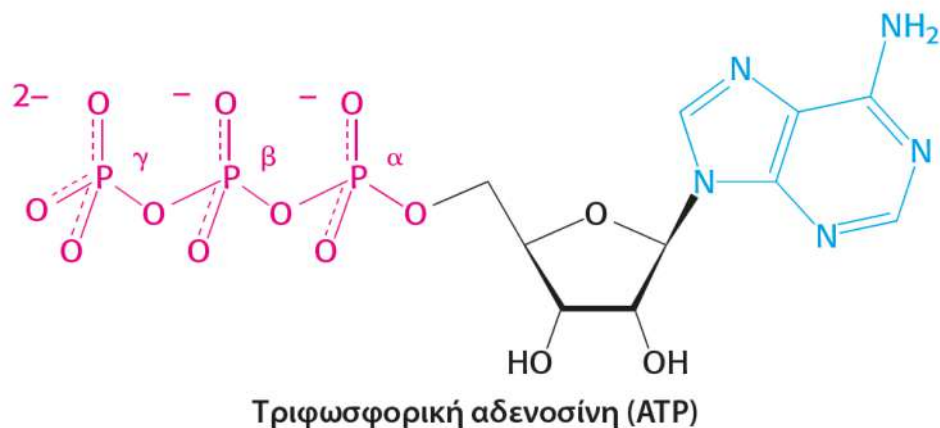


Η ολική μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας για μια σειρά χημικά συζευγμένων αντιδράσεων ισούται με το άθροισμα των επιμέρους μεταβολών ελεύθερης ενέργειας

Οι μεταβολικές πορείες σχηματίζονται από σύζευξη ενζυμικά καταλυόμενων αντιδράσεων, έτσι ώστε η συνολική ελεύθερη ενέργεια της πορείας να είναι αρνητική

15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Όπως το εμπόριο διευκολύνεται από την χρησιμοποίηση κοινού νομίσματος, έτσι και το εμπόριο του κυττάρου, ο μεταβολισμός, διευκολύνεται από την χρήση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) ως κοινού νομίσματος

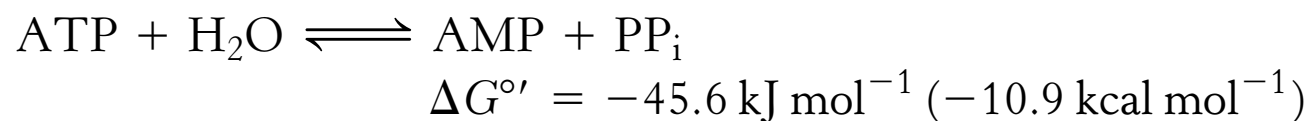
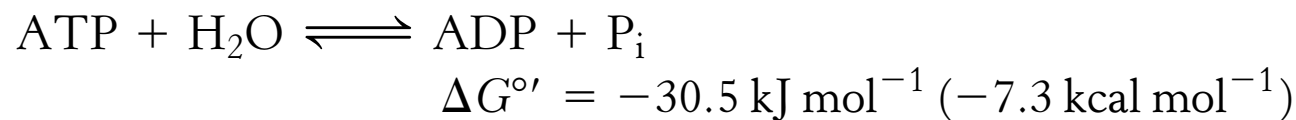


- Μέρος της ελεύθερης ενέργειας που προέρχεται από την οξείδωση τροφίμων (όπως υδατάνθρακες, λίπη) και από το φως μετατρέπεται σε ATP
- Δρα ως δότης ελεύθερης ενέργειας στις περισσότερες πορείες που χρειάζονται ενέργεια, όπως η κίνηση, βιοσύνθεση

15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

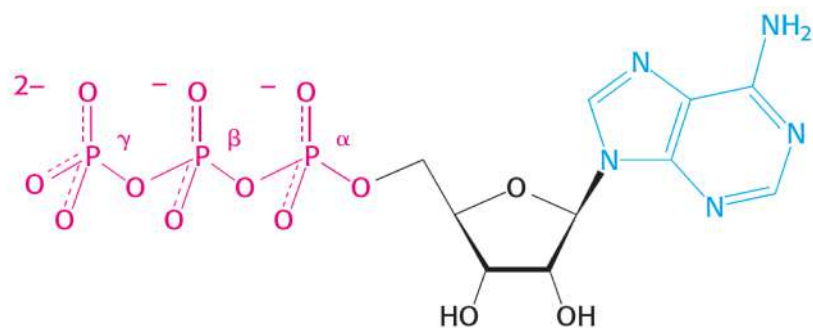
Η υδρόλυση της ATP είναι εξώεργη

- Αδενίνη, ριβόζη και τριφωσφορική ομάδα
- Η ενεργός μορφή της ATP είναι σύμπλοκο με Mg^{2+} ή Mn^{2+}

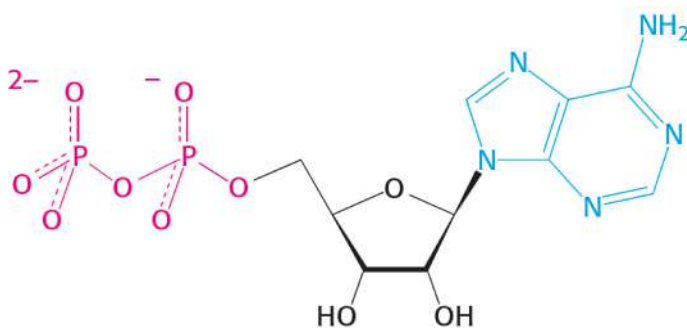


P_i: ορθοφωσφορικό

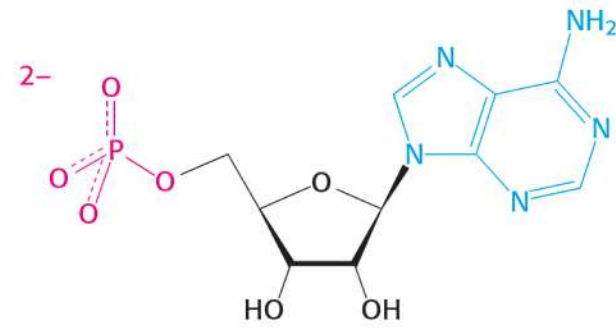
PP_i: πυροφωσφορικό



Τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP)



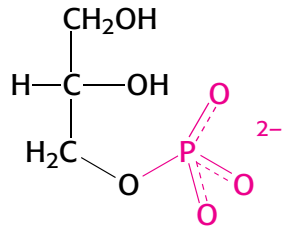
Διφωσφορική αδενοσίνη (ADP)



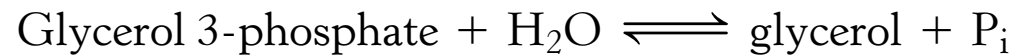
Μονοφωσφορική αδενοσίνη (AMP)

15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Τι κάνει την ATP έναν ιδιαίτερα αποτελεσματικό δότη φωσφορικής ομάδας;

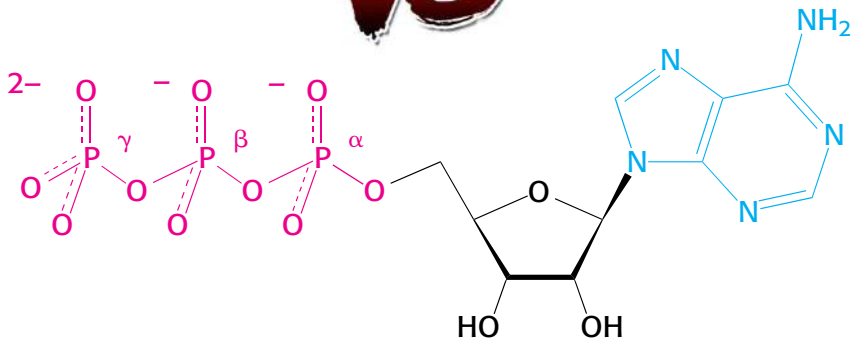


3-φωσφορική γλυκερόλη

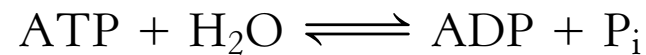


$$\Delta G^{\circ'} = -9.2 \text{ kJ mol}^{-1} (-2.2 \text{ kcal mol}^{-1})$$

VS



Adenosine triphosphate (ATP)



$$\Delta G^{\circ'} = -30.5 \text{ kJ mol}^{-1} (-7.3 \text{ kcal mol}^{-1})$$

Η ATP έχει υψηλότερο δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας!

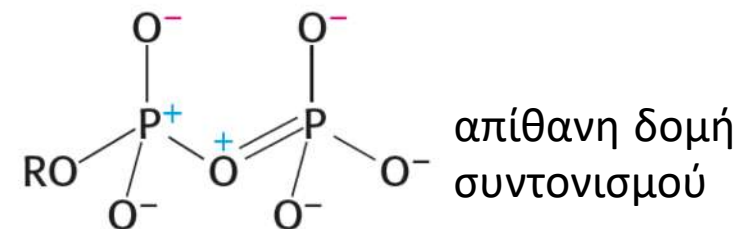
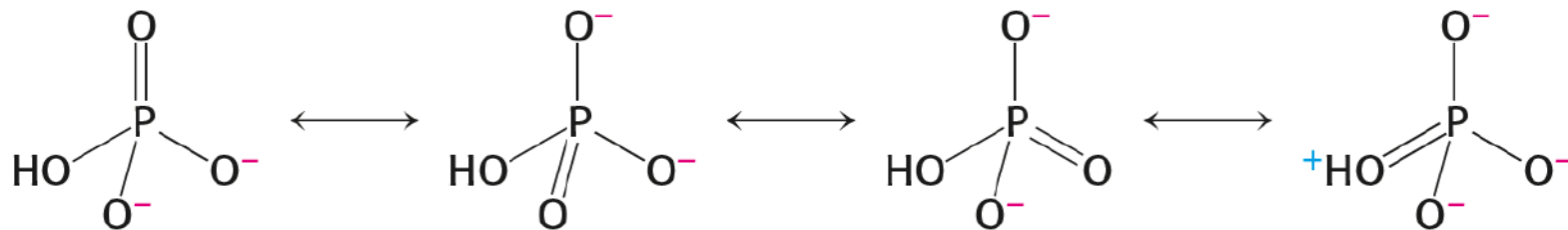
Γιατί;

15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Το υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας της ATP μπορεί να εξηγηθεί από χαρακτηριστικά της δομής της ATP

- Σταθεροποίηση συντονισμού

Το P_i σε σχέση με την φωσφορική ομάδα γ της ATP, έχει περισσότερες δομές συντονισμού παρόμοιας ενέργειας



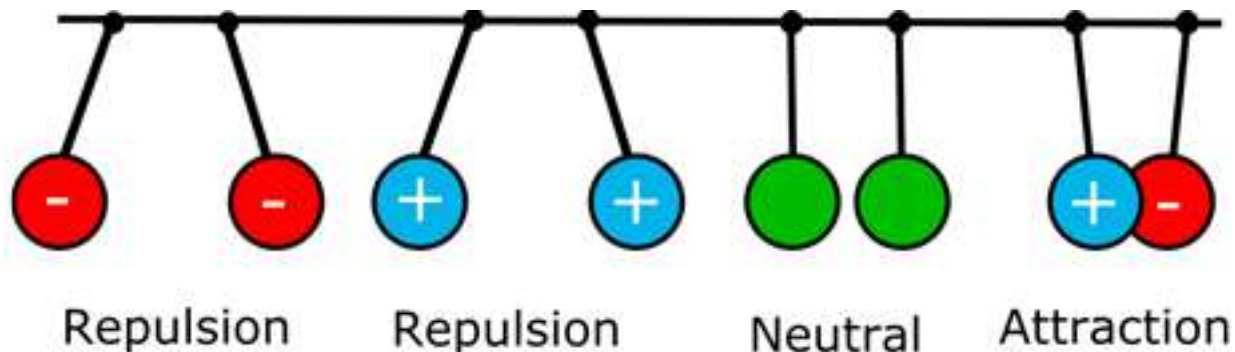
15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Το υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας της ATP μπορεί να εξηγηθεί από χαρακτηριστικά της δομής της ATP

- Ηλεκτροστατική άπωση

Σε pH 7 η τριφωσφορική ομάδα της ATP έχει περίπου τέσσερα αρνητικά φορτία.

Απωθούν το ένα το άλλο ενώ η άπωση ελαττώνεται με την υδρόλυση της ATP

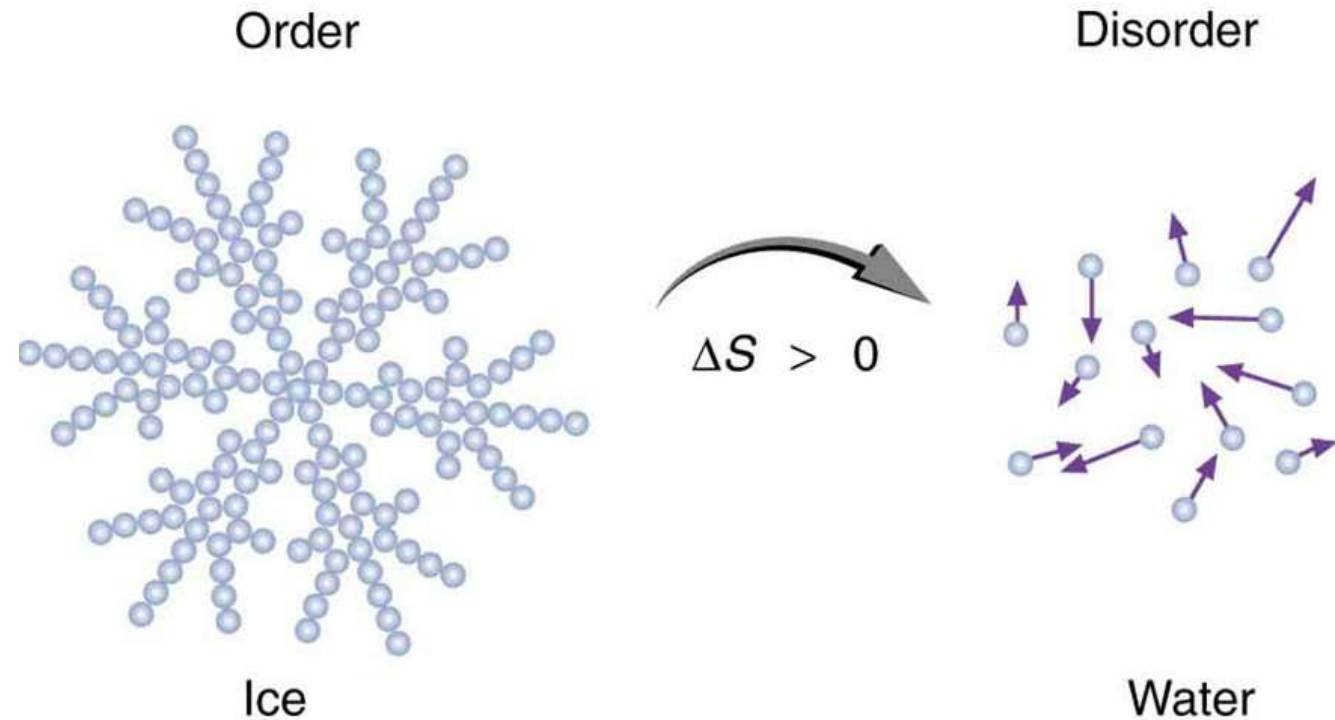


15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Το υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας της ATP μπορεί να εξηγηθεί από χαρακτηριστικά της δομής της ATP

- Αύξηση της εντροπίας

Από ένα (ATP) σε δύο μόρια (ADP + Pi)

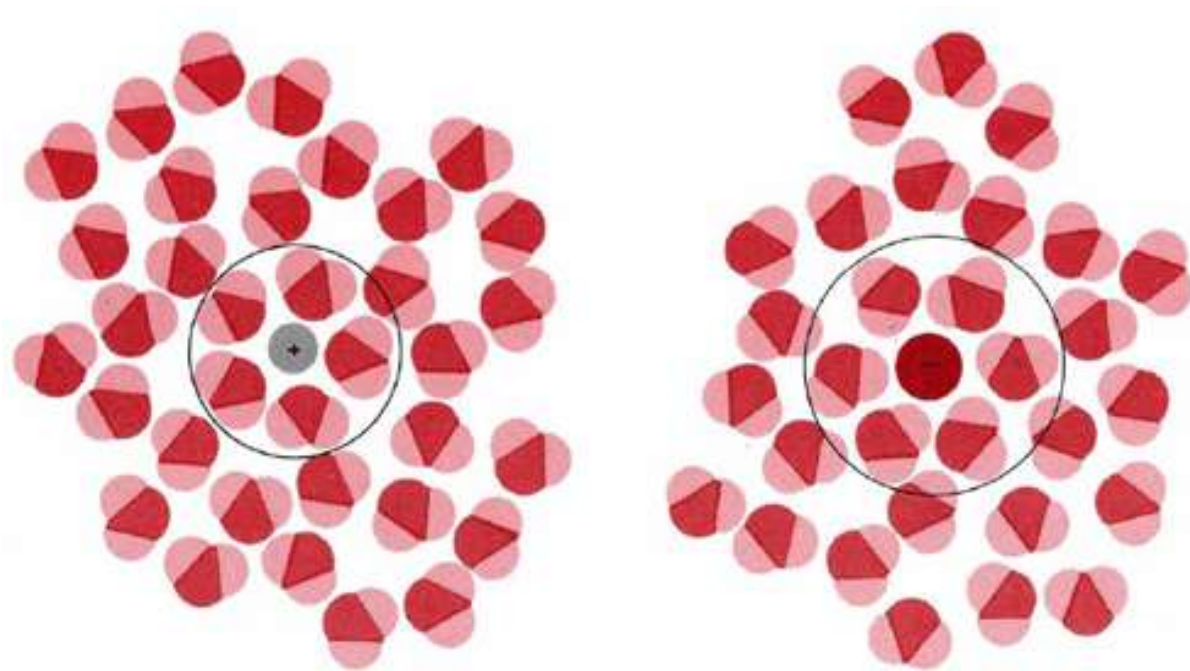


15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Το υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας της ATP μπορεί να εξηγηθεί από χαρακτηριστικά της δομής της ATP

- Σταθεροποίηση που οφείλεται στην ενυδάτωση

Ενυδάτωση των $ADP + P_i$, σταθεροποιώντας τα μόρια και καθιστώντας την αντίστροφη αντίδραση μη ευνοϊκή

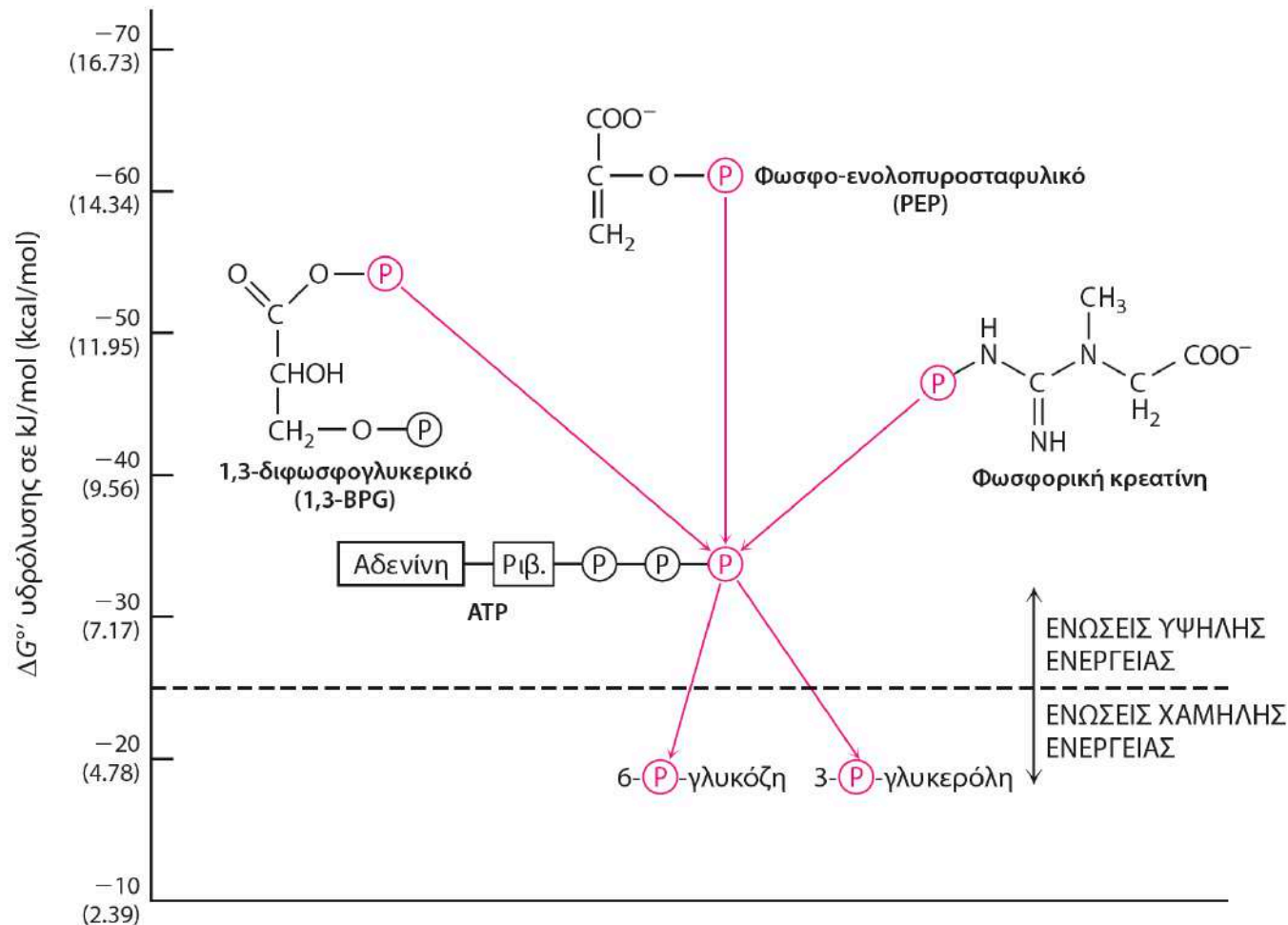


15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Το δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας είναι μια σπουδαία μορφή μετασχηματισμού της κυτταρικής ενέργειας

Μερικές ενώσεις στα βιολογικά συστήματα έχουν υψηλότερο δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας από ότι η ATP

Η ενδιάμεση θέση δίνει την δυνατότητα στην ATP να λειτουργεί αποτελεσματικά ως φορέας φωσφορικών ομάδων

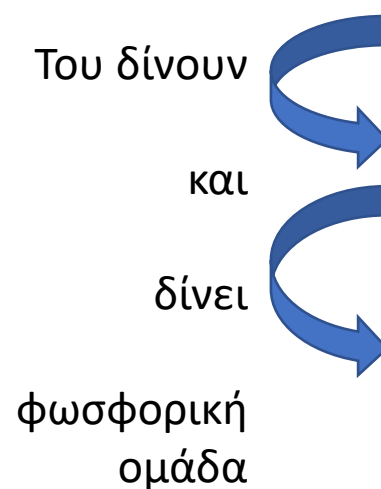


15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Το δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας είναι μια σπουδαία μορφή μετασχηματισμού της κυτταρικής ενέργειας

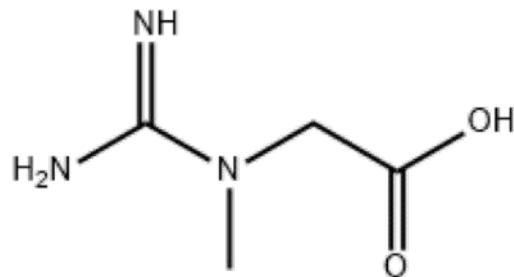
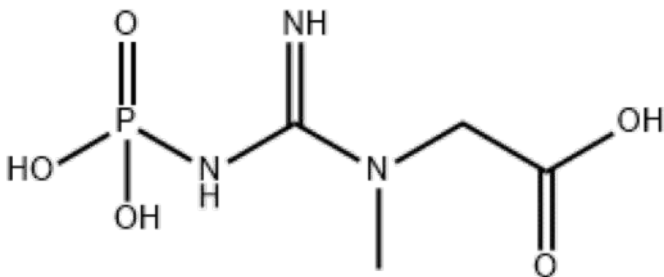
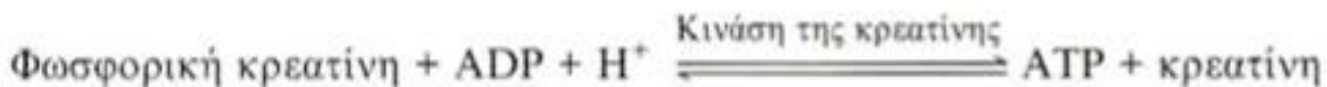
Ένωση	$kcal\ mol^{-1}$	$kJ\ mol^{-1}$
Φωσφο-ενολοπυροσταφυλικό	-14,8	-61,9
1,3-Διφωσφογλυκερικό	-11,8	-49,4
Φωσφορική κρεατίνη	-10,3	-43,1
ATP (σε ADP)	- 7,3	-30,5
1-Φωσφορική γλυκόζη	- 5,0	-20,9
Πυροφωσφορικό	- 4,6	-19,3
6-Φωσφορική γλυκόζη	- 3,3	-13,8
3-Φωσφορική γλυκερόλη	- 2,2	- 9,2

Του δίνουν
και
δίνει
φωσφορική ομάδα

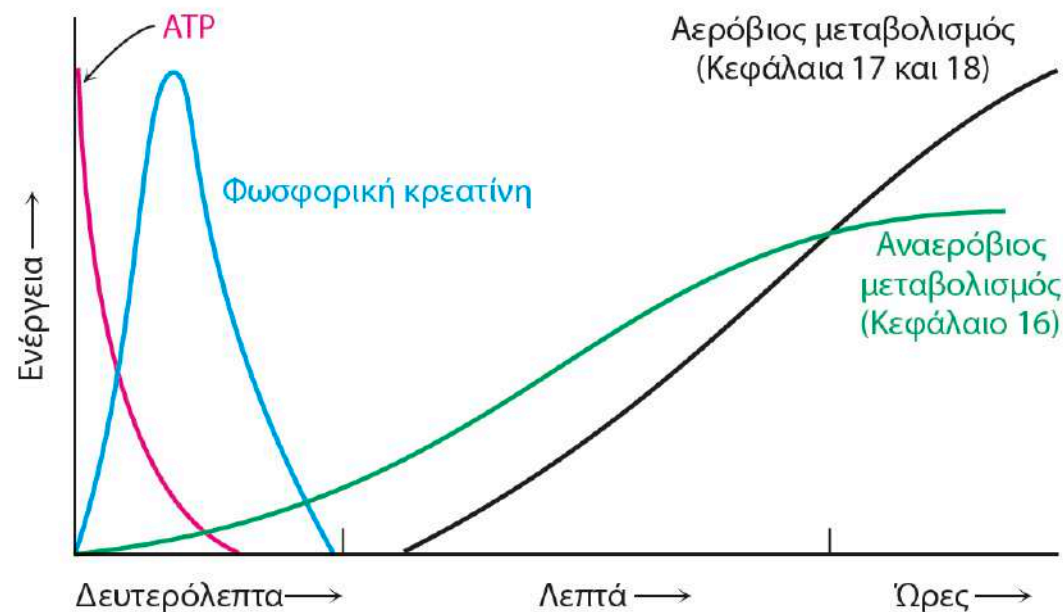


15.2 Η ATP είναι το παγκόσμιο νόμισμα ελεύθερης ενέργειας στα βιολογικά συστήματα

Η ποσότητα της ATP στους μυς επαρκεί για να διατηρήσει την συνολική δραστηριότητα για λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο



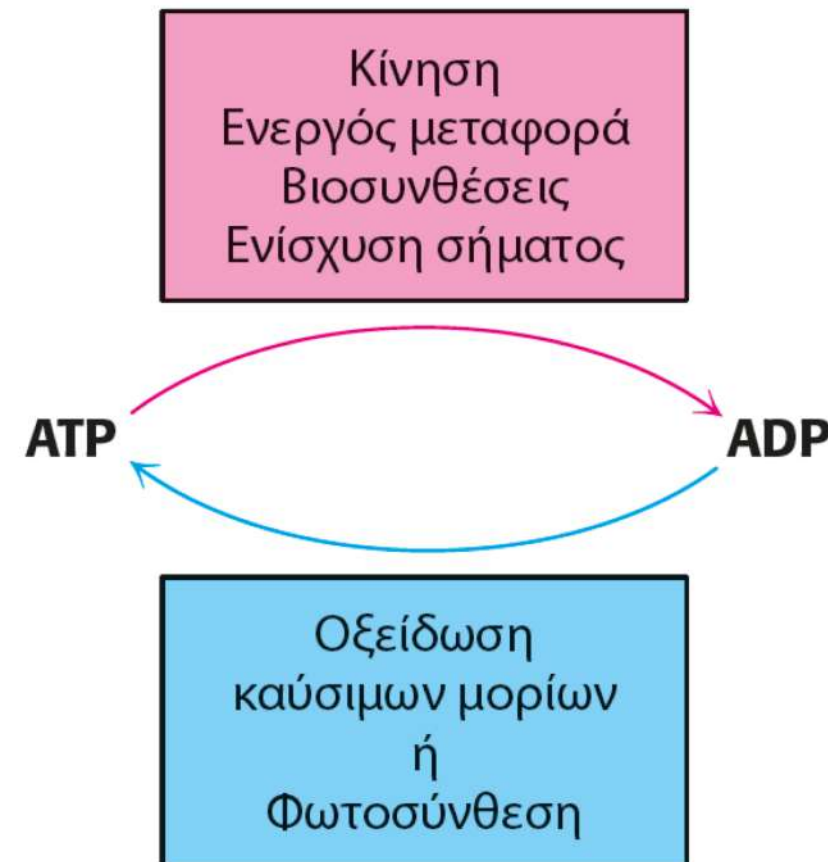
πηγές ATP κατά την διάρκεια άσκησης



15.3 Η οξείδωση των καύσιμων οργανικών μορίων είναι μια σπουδαία πηγή κυτταρικής ενέργειας

Ο κύκλος της ATP-ADP (θεμελιώδης τρόπος ανταλλαγής ενέργειας στα βιολογικά συστήματα)

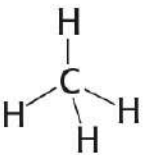
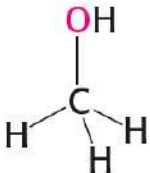
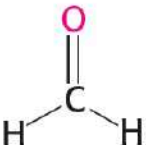
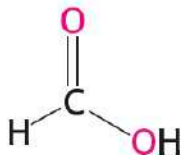

- Αν και η ποσότητα της ATP στο σώμα είναι 100 g
- Ο ρυθμός ανακύκλωσης αυτής της ποσότητας είναι πολύ υψηλός
- Ένας άνθρωπος σε ανάπαυση καταναλώνει 40 kg ATP σε 24 ώρες
- Και 0,5 kg σε 1 λεπτό σε καταπόνηση (Τρέξιμο 2 ωρών, 60 kg ATP)



15.3 Η οξείδωση των καύσιμων οργανικών μορίων είναι μια σπουδαία πηγή κυτταρικής ενέργειας

Η παραγωγή της ATP είναι ένας από τους πρωταρχικούς ρόλους του καταβολισμού

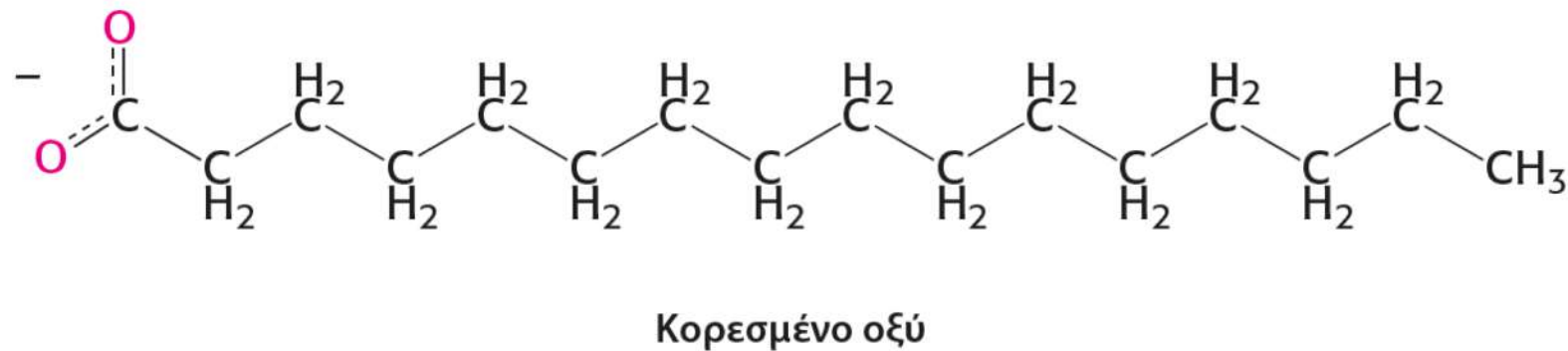
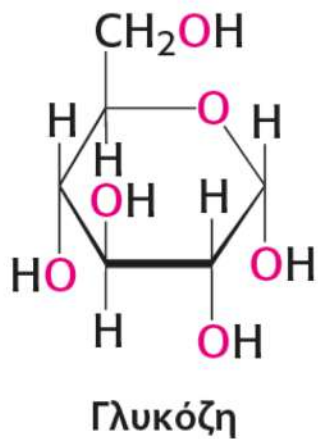
Μέγιστη ενέργεια \longrightarrow Ελάχιστη ενέργεια

Ελεύθερη ενέργεια οξείδωσης μονοανθρακικών ενώσεων	Μέγιστη ενέργεια \longrightarrow Ελάχιστη ενέργεια				
	 Μεθάνιο	 Μεθανόλη	 Φορμαλδεΐδη	 Μυρμηκικό οξύ	 Διοξείδιο του άνθρακα
$\Delta G^{\circ\prime}$ οξείδωσης (kJ mol ⁻¹)	-820	-703	-523	-285	0
$\Delta G^{\circ\prime}$ οξείδωσης (kcal mol ⁻¹)	-196	-168	-125	-68	0

Όσο πιο ανηγμένος ο άνθρακας, τόσο περισσότερη ελεύθερη ενέργεια προκύπτει από την οξείδωση του

15.3 Η οξείδωση των καύσιμων οργανικών μορίων είναι μια σπουδαία πηγή κυτταρικής ενέργειας

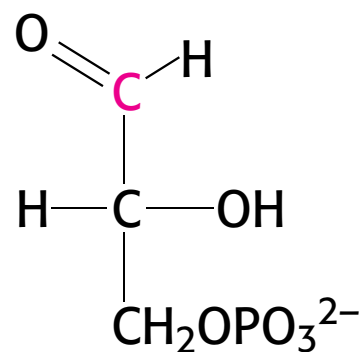
Καύσιμα πρώτης γραμμής



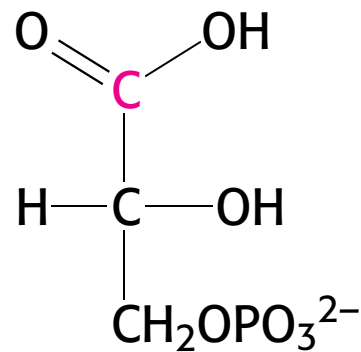
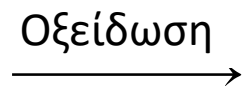
Πιο πολύπλοκες ενώσεις από τις μονοανθρακικές ενώσεις, αλλά η οξείδωση λαμβάνει χώρα σε ένα άτομα άνθρακα κάθε φορά

15.3 Η οξείδωση των καύσιμων οργανικών μορίων είναι μια σπουδαία πηγή κυτταρικής ενέργειας

Πως μετατρέπεται σε ATP η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά την οξείδωση μιας ένωσης άνθρακα;



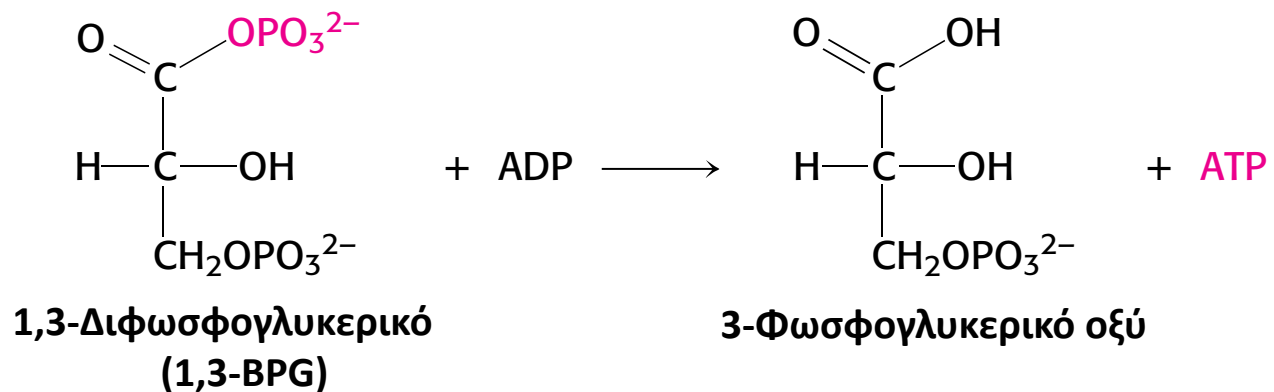
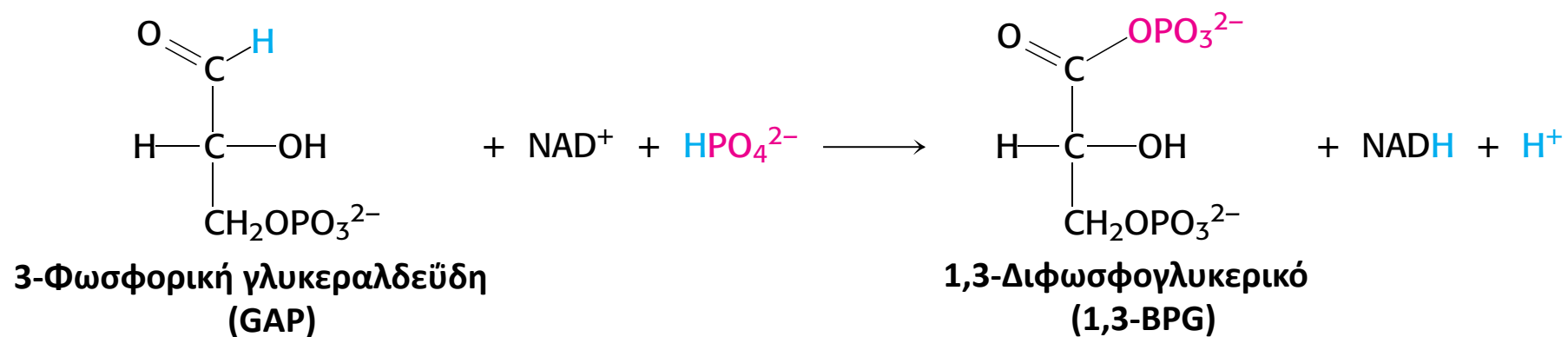
3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη
(GAP)



3-Φωσφογλυκερικό οξύ

Η οξείδωση δεν λαμβάνει χώρα απευθείας...

15.3



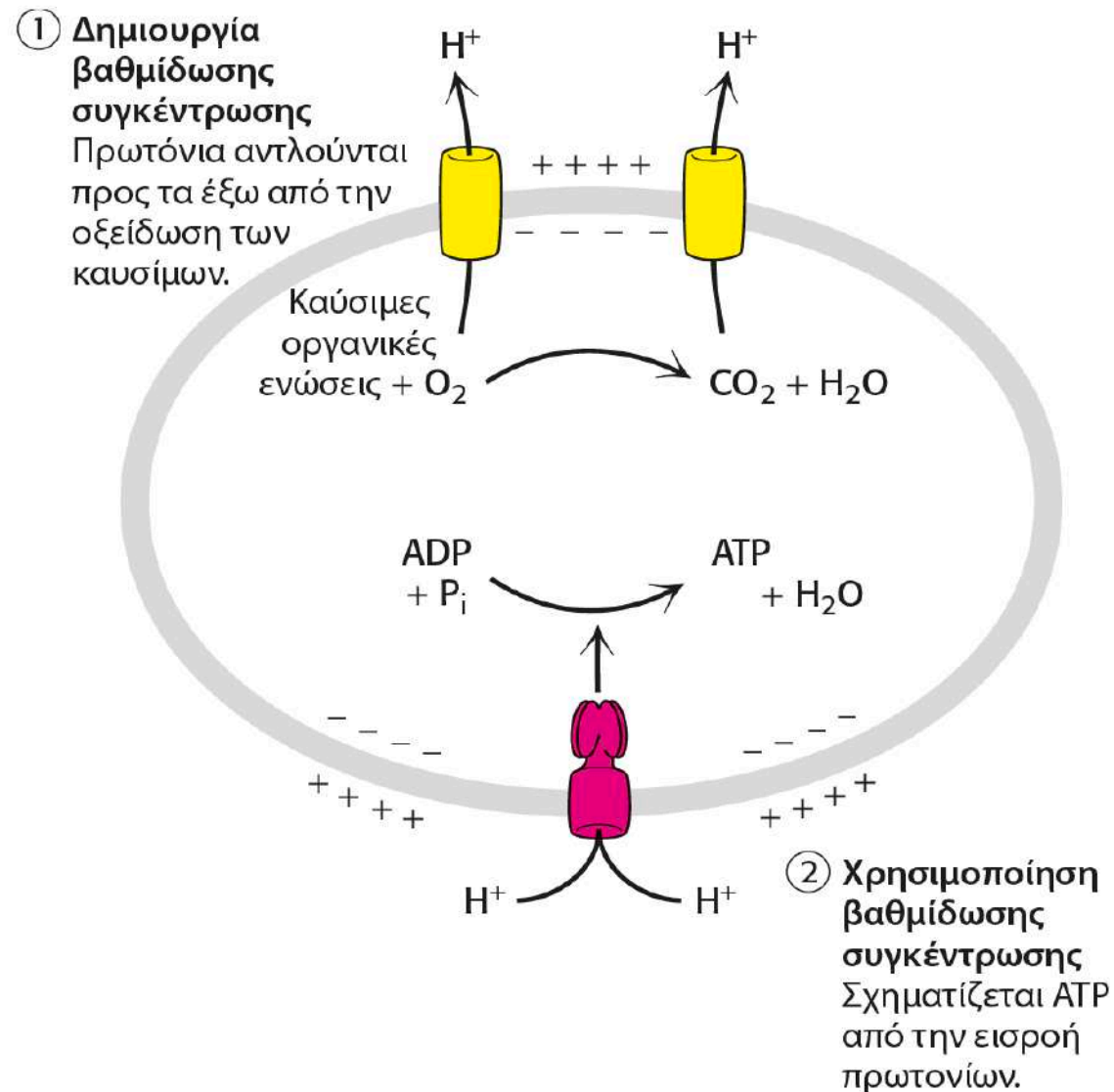
Η ενέργεια οξείδωσης αρχικά παγιδεύεται ως μια ένωση υψηλού δυναμικού μεταφοράς φωσφορικής ομάδας και στην συνέχεια χρησιμοποιείται για να σχηματιστεί ATP

15.3

Οι βαθμιδώσεις συγκέντρωσης ιόντων στις δυο πλευρές των μεμβρανών παρέχουν μια σπουδαία μορφή κυτταρικής ενέργειας, η οποία μπορεί να συζευχθεί με την σύνθεση της ATP

Οξειδωτική φωσφορυλίωση

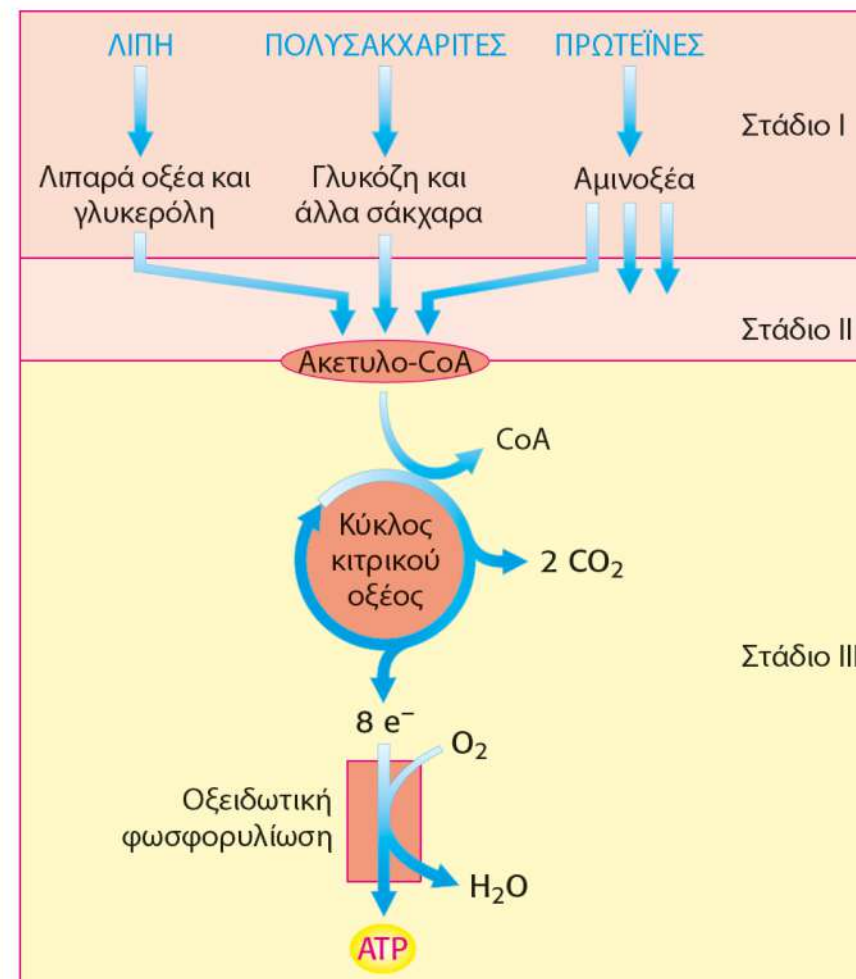
Στα ζώα, η παραγωγή του >90% ATP αποδίδεται στις βαθμιδώσεις συγκέντρωσης πρωτονίων που παράγονται από την οξείδωση των καύσιμων οργανικών μορίων



15.3 Η οξείδωση των καύσιμων οργανικών μορίων είναι μια σπουδαία πηγή κυτταρικής ενέργειας

Η ενέργεια από τις τροφές εξάγεται σε τρία στάδια

- i. Μεγάλα μόρια των τροφών διασπώνται σε μικρότερες μονάδες (πέψη).
- ii. Τα πολυάριθμα μικρά μόρια ανοικοδομούνται σε μερικές απλές μονάδες οι οποίες παίζουν κεντρικό ρόλο στο μεταβολισμό (κυρίως σε ακετυλο-CoA)
- iii. Η ATP παράγεται από την πλήρη οξείδωση της ακετυλικής μονάδας του ακετυλο-CoA

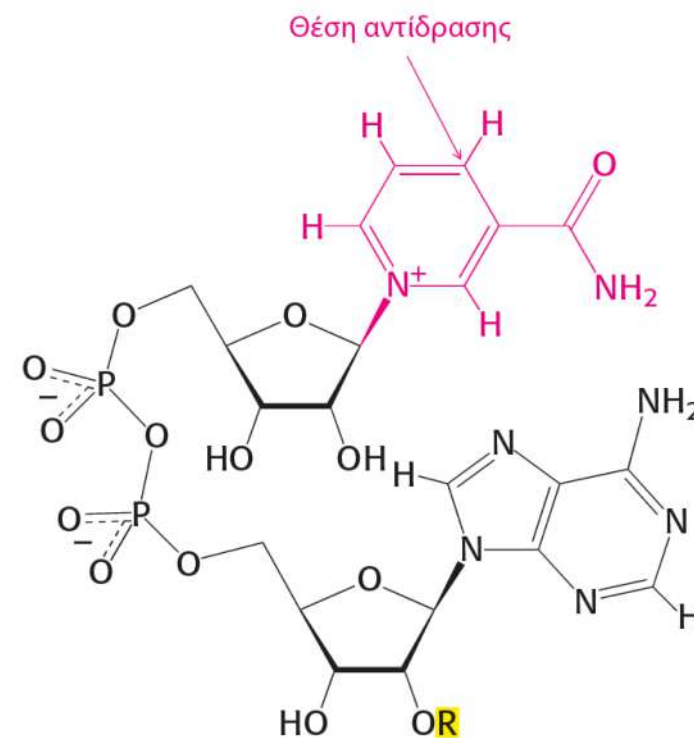
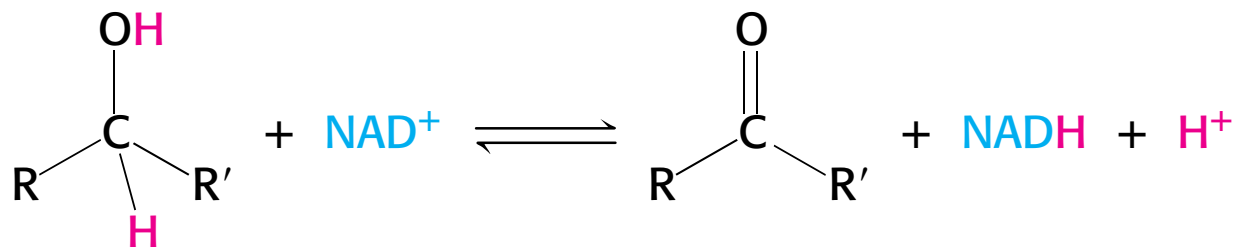


15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

Οι ενεργοποιημένοι φορείς αποτελούν παράδειγμα του τμηματικού σχεδιασμού και της οικονομίας του μεταβολισμού

1. Ενεργοποιημένοι φορείς ηλεκτρονίων για την οξείδωση των καυσίμων

Στους αερόβιους οργανισμούς, ο βασικός δέκτης ηλεκτρονίων κατά την οξείδωση των καυσίμων είναι το O_2 . Τα ηλεκτρόνια δεν μεταφέρονται απευθείας στο O_2 . Τα καύσιμα μόρια μεταφέρουν τα ηλεκτρόνια σε ειδικούς φορείς τα οποία είναι είτε νουκλεοτίδια πυριδίνης είτε φλαβίνες

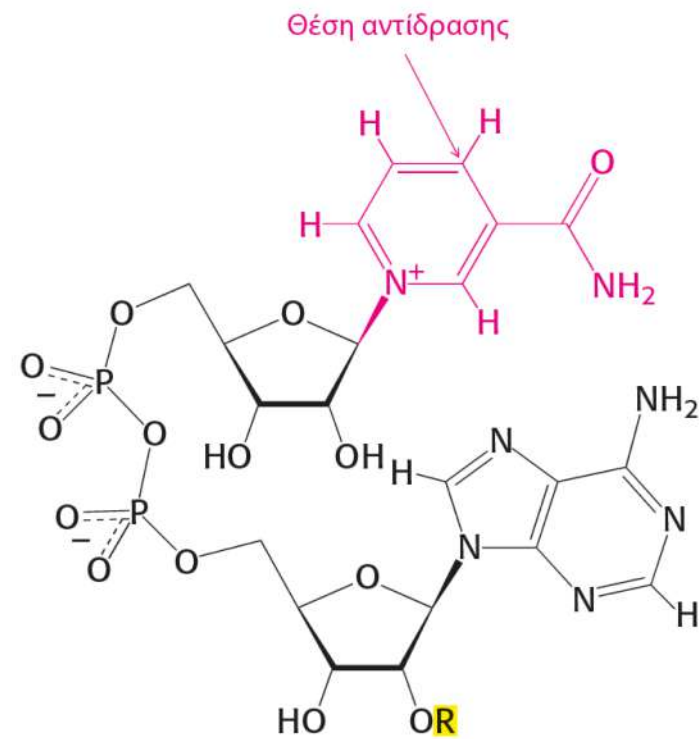
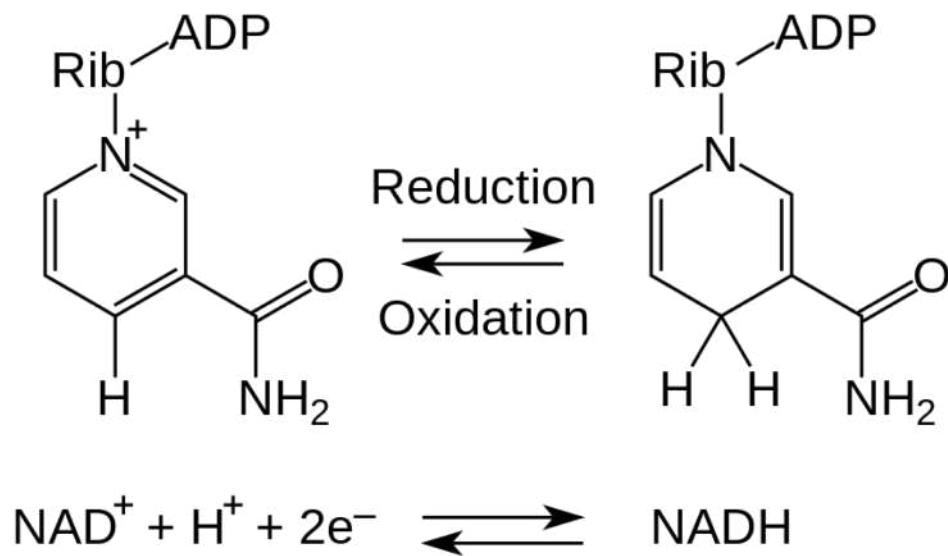


Νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NAD⁺)

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

Οι ενεργοποιημένοι φορείς αποτελούν παράδειγμα του τμηματικού σχεδιασμού και της οικονομίας του μεταβολισμού

1. Ενεργοποιημένοι φορείς ηλεκτρονίων για την οξείδωση των καυσίμων



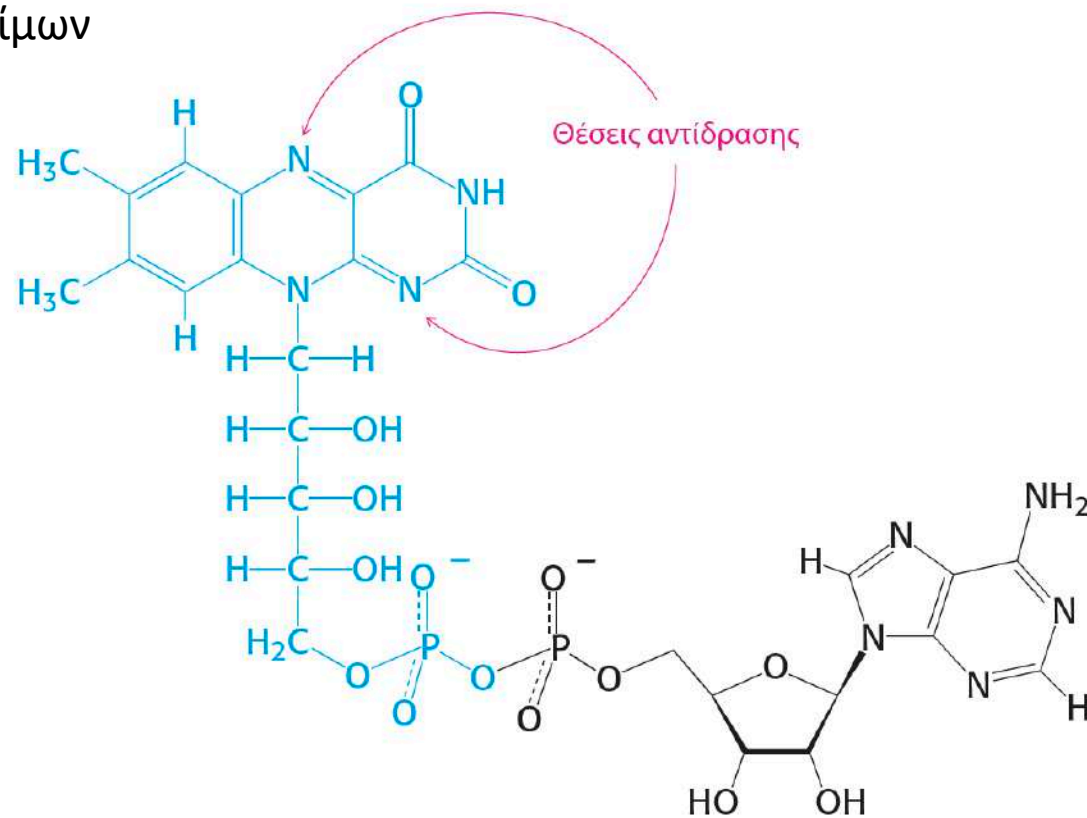
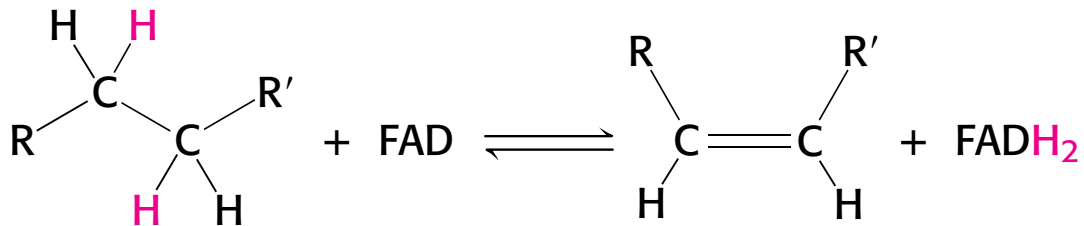
Νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοσίδιο (NAD⁺)

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

1. Ενεργοποιημένοι φορείς ηλεκτρονίων για την οξείδωση των καυσίμων

Φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (FAD)

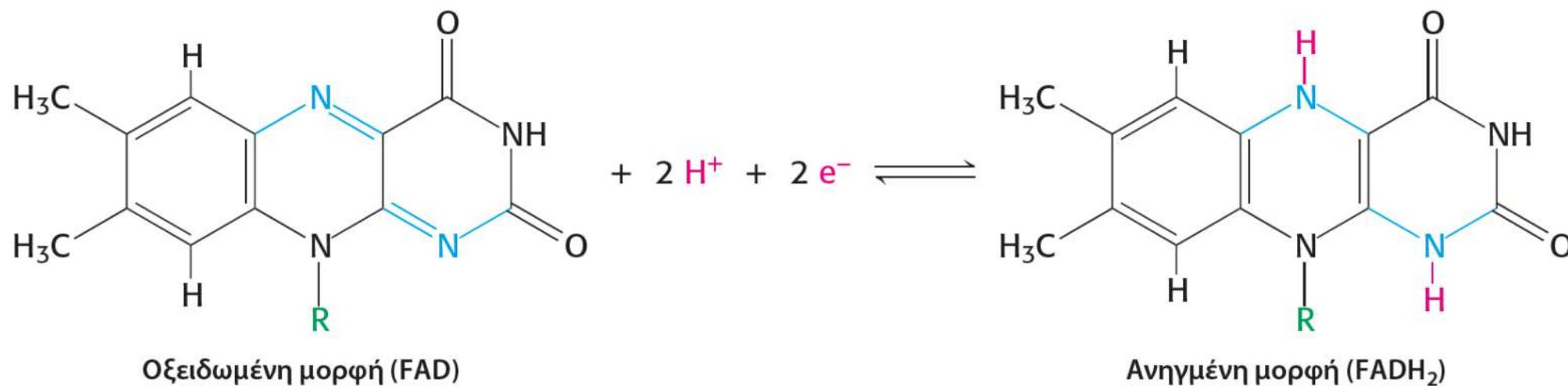
- Μια μονάδα **φλαβινο-μονονουκλεοτίδιο (FMN)**
- Μια μονάδα AMP



Φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (FAD)

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

1. Ενεργοποιημένοι φορείς ηλεκτρονίων για την οξείδωση των καυσίμων

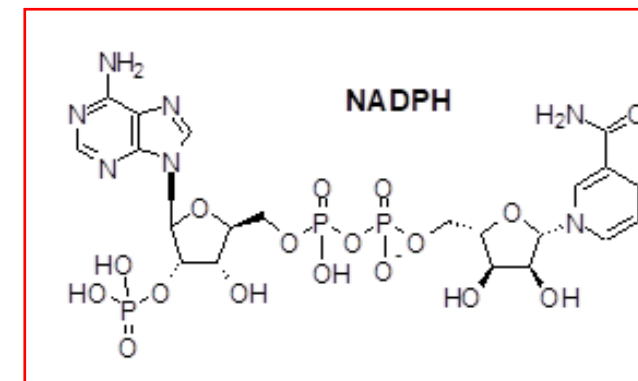
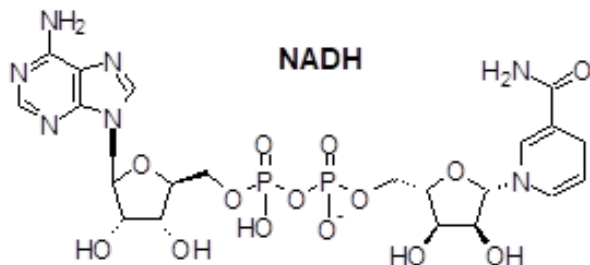
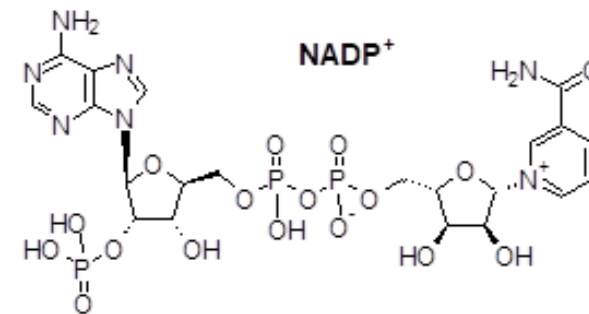
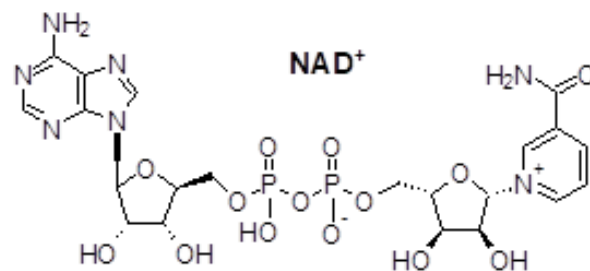
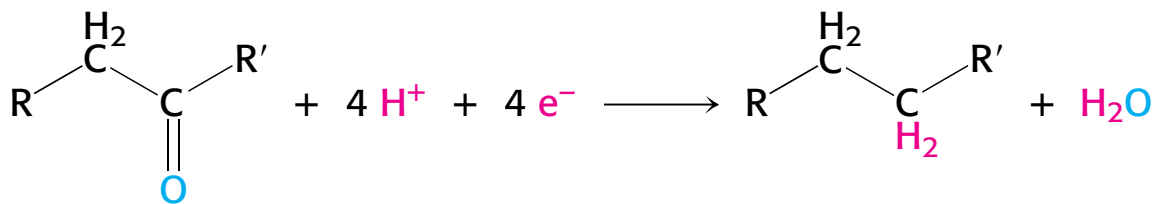


15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

2. Ένας ενεργοποιημένος φορέας ηλεκτρονίων για την αναγωγική βιοσύνθεση

Για παράδειγμα στην βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων

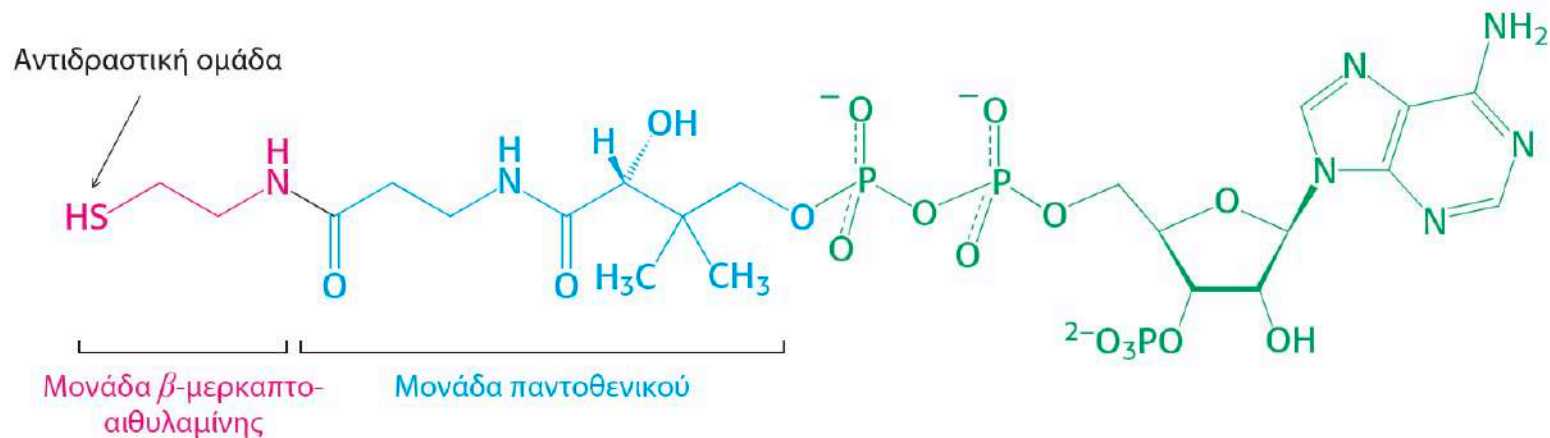
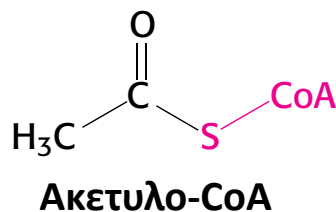
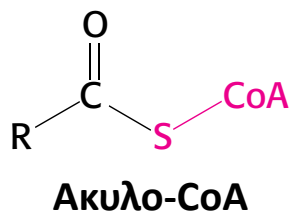
Αυτή η αλληλουχία των αντιδράσεων χρειάζεται την είσοδο τεσσάρων ηλεκτρονίων



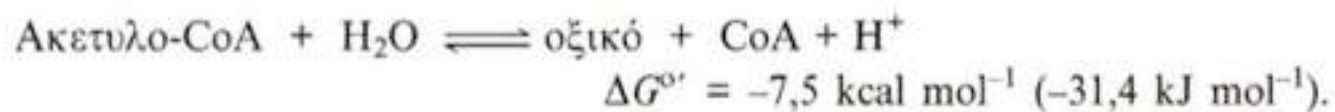
15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

3. Ένας ενεργοποιημένος φορέας μορίων δύο ανθράκων

Ένας φορέας ακυλομάδων



Συνένζυμο Α (CoA-SH)



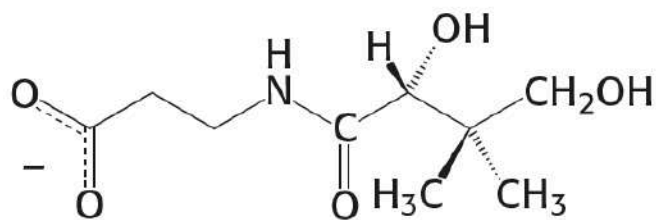
15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

Πολλοί ενεργοποιημένοι φορείς παράγονται από βιταμίνες

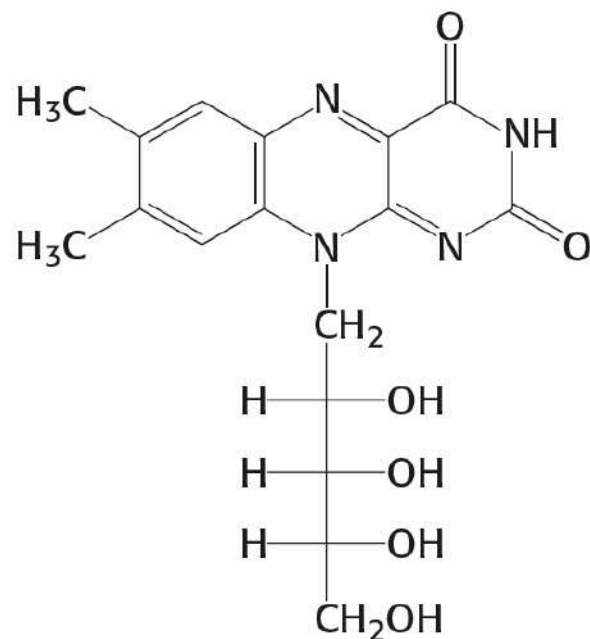
<i>Μόριο-φορέας στην ενεργοποιημένη μορφή</i>	<i>Μεταφερόμενη ομάδα</i>	<i>Πρόδρομη βιταμίνη</i>
ΑΤΡ	Φωσφορική	
NADH and NADPH	Ηλεκτρόνια	Νικοτινικό (νιασίνη) (βιταμίνη B ₃)
FADH ₂	Ηλεκτρόνια	Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B ₂)
FMN	Ηλεκτρόνια	Ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B ₂)
Συνένζυμο Α	Ακυλική	Παντοθενικό
Λιποαμίδιο	Ακυλική	
Πυροφωσφορική θειαμίνη	Αλδεϋδική	Θειαμίνη (βιταμίνη B ₁)
Βιοτίνη	CO ₂	Βιοτίνη (βιταμίνη B ₇)
Τετραϋδροφυλλικό	Μονοανθρακικές μονάδες	Φυλλικό (βιταμίνη B ₉)
S-Αδενοσυλομεθειονίνη	Μεθυλική	
Ουριδινοδιφωσφορική γλυκόζη	Γλυκόζη	
Κυτιδινοδιφωσφορική διακυλογλυκερόλη	Φωσφατιδική	
Τριφωσφορικοί νουκλεοζίτες	Νουκλεοτίδια	

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

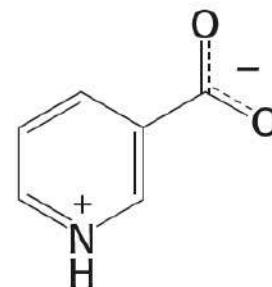
Πολλοί ενεργοποιημένοι φορείς παράγονται από βιταμίνες



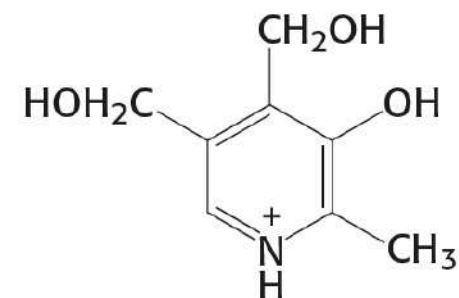
Βιταμίνη B₅
(Παντοθενικό)



Βιταμίνη B₂ (Ριβοφλαβίνη)



Βιταμίνη B₃
(Νιασίνη)



Βιταμίνη B₆
(Πυριδοξίνη)

15.4

Οι βιταμίνες Β (δρουν ως συνένζυμα)

Vitamin	Coenzyme	Typical reaction type	Consequences of deficiency
Thiamine (B ₁)	Thiamine pyrophosphate	Aldehyde transfer	Beriberi (weight loss, heart problems, neurological dysfunction)
Riboflavin (B ₂)	Flavin adenine dinucleotide (FAD)	Oxidation–reduction	Cheliosis and angular stomatitis (lesions of the mouth), dermatitis
Pyridoxine (B ₆)	Pyridoxal phosphate	Group transfer to or from amino acids	Depression, confusion, convulsions
Nicotinic acid (niacin) (B ₃)	Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD ⁺)	Oxidation–reduction	Pellagra (dermatitis, depression, diarrhea)
Pantothenic acid (B ₅)	Coenzyme A	Acyl-group transfer	Hypertension
Biotin (B ₇)	Biotin–lysine adducts (biocytin)	ATP-dependent carboxylation and carboxyl-group transfer	Rash about the eyebrows, muscle pain, fatigue (rare)
Folic acid (B ₉)	Tetrahydrofolate	Transfer of one-carbon components; thymine synthesis	Anemia, neural-tube defects in development
B ₁₂	5'-Deoxyadenosyl cobalamin	Transfer of methyl groups; intramolecular rearrangements	Anemia, pernicious anemia, methylmalonic acidosis

15.4

Βιταμίνες
(δεν δρουν ως
συνένζυμα)

Vitamin	Function	Deficiency
A	Roles in vision, growth, reproduction	Night blindness, cornea damage, damage to respiratory and gastrointestinal tract
C (ascorbic acid)	Antioxidant	Scurvy (swollen and bleeding gums, subdermal hemorrhaging)
D	Regulation of calcium and phosphate metabolism	Rickets (children): skeletal deformities, impaired growth Osteomalacia (adults): soft, bending bones
E	Antioxidant	Lesions in muscles and nerves (rare)
K	Blood coagulation	Subdermal hemorrhaging

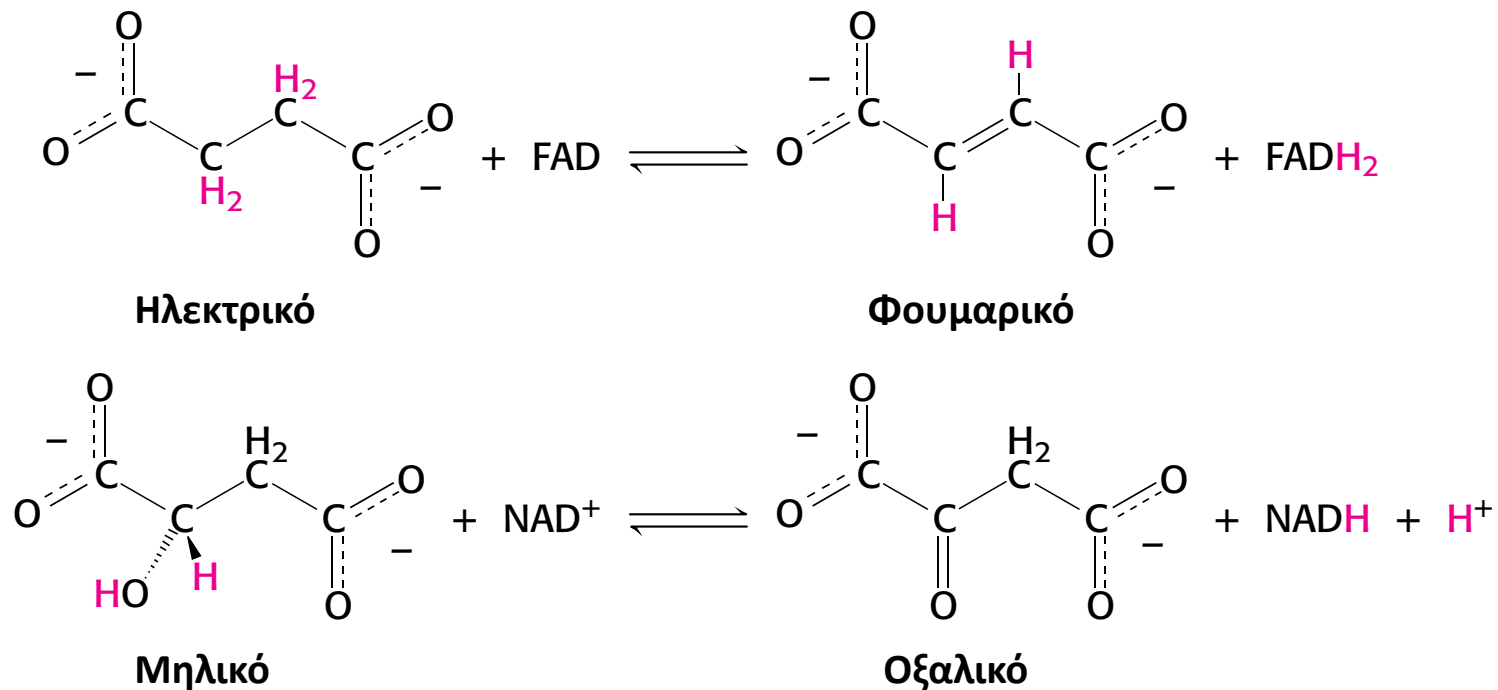
15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

Σε όλο τον μεταβολισμό επαναλαμβάνονται βασικές αντιδράσεις

<i>Τύπος αντίδρασης</i>	<i>Περιγραφή</i>
Οξειδοαναγωγή	Μεταφορά ηλεκτρονίων
Σύνδεση που χρειάζεται διάσπαση της ATP	Σχηματισμός ομοιοπολικών δεσμών (π.χ., δεσμοί άνθρακα-άνθρακα)
Ισομερείωση	Ανακατατάξεις ατόμων για να σχηματίσουν ισομερή
Μεταφορά ομάδας	Μεταφορά μιας λειτουργικής ομάδας από το ένα μόριο στο άλλο
Υδρόλυση	Διάσπαση δεσμών με προσθήκη ύδατος
Προσθήκη ή αφαίρεση λειτουργικών ομάδων	Προσθήκη λειτουργικών ομάδων σε διπλούς δεσμούς ή αφαίρεσή τους για να σχηματιστούν διπλοί δεσμοί

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

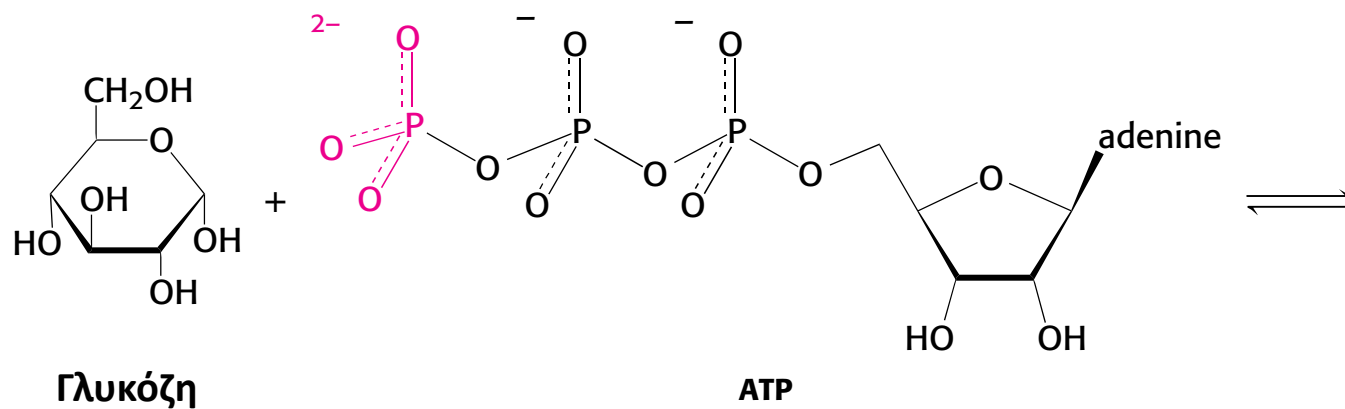
1. Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής



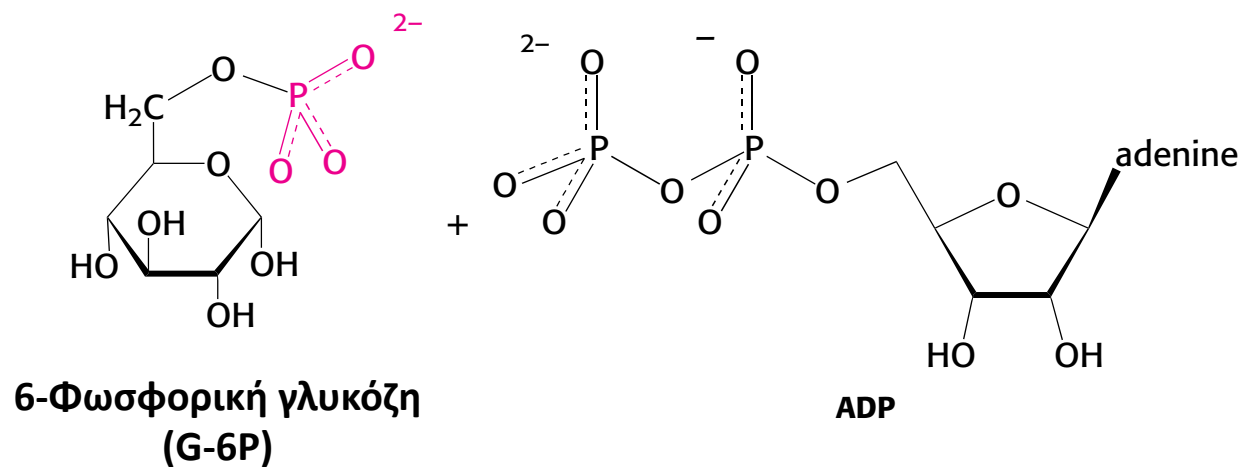
Οι αντιδράσεις αυτές είναι συνιστώσες του κύκλου του κιτρικού οξέος

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

2. Αντιδράσεις μεταφοράς ομάδας

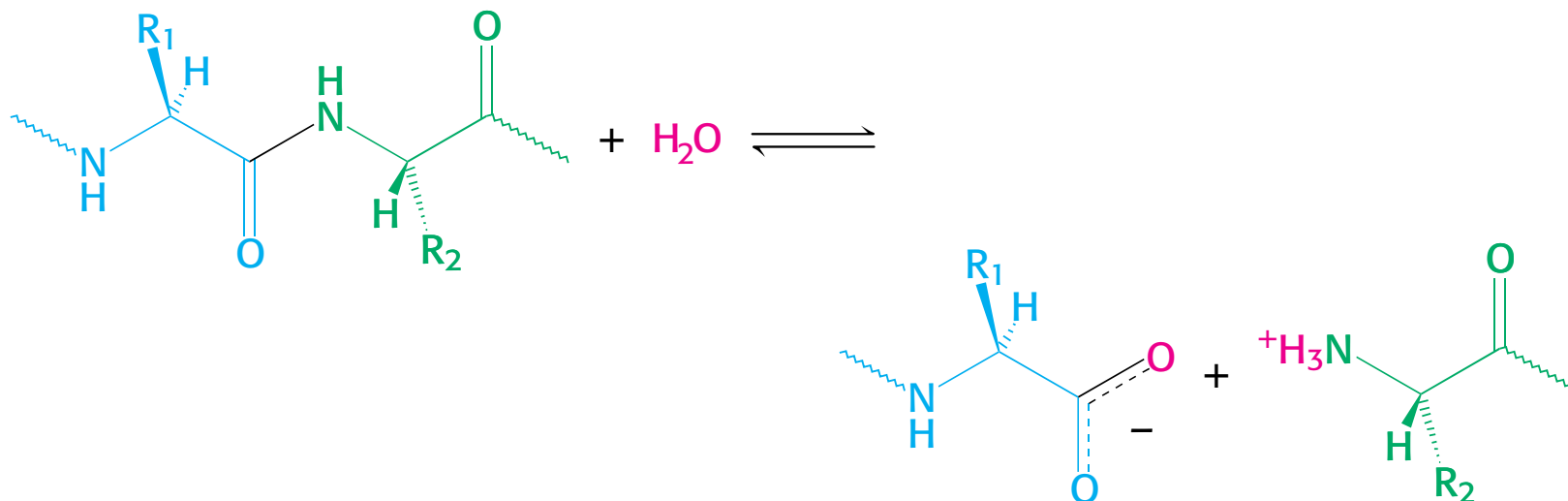


Στο πρώτο βήμα της γλυκόλυσης..



15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

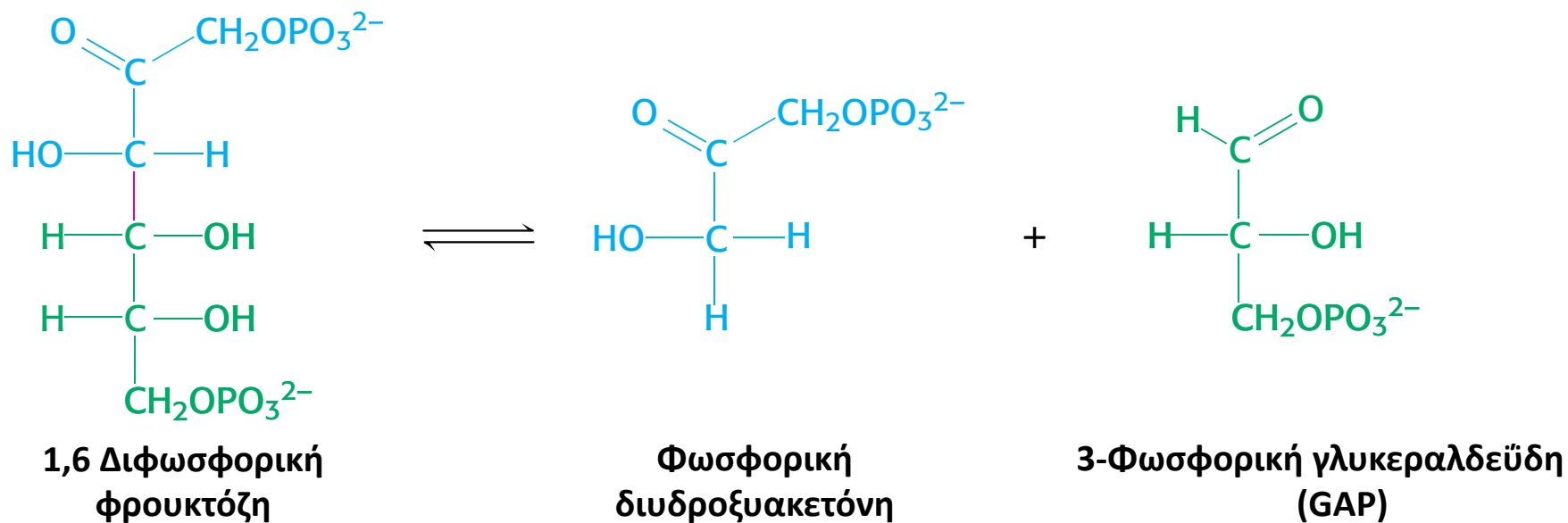
3. Αντιδράσεις υδρόλυσης



Κοινός τρόπος αποικοδόμησης μεγάλων μορίων (π.χ. πρωτεΐνες)

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

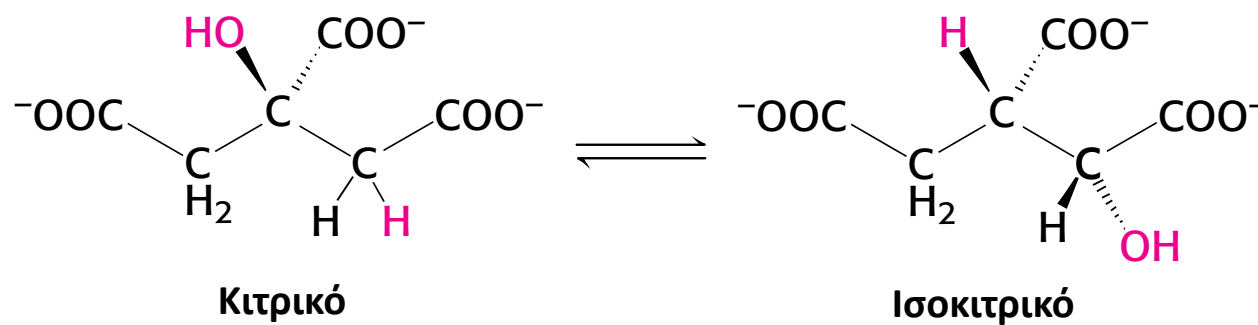
4. Αντιδράσεις διάσπασης δεσμών C-C, εκτός υδρόλυσης ή οξείδωσης, με δύο υποστρώματα να δίνουν ένα προϊόν ή αντιστρόφως



Καθοριστικό βήμα στην γλυκόλυση..

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

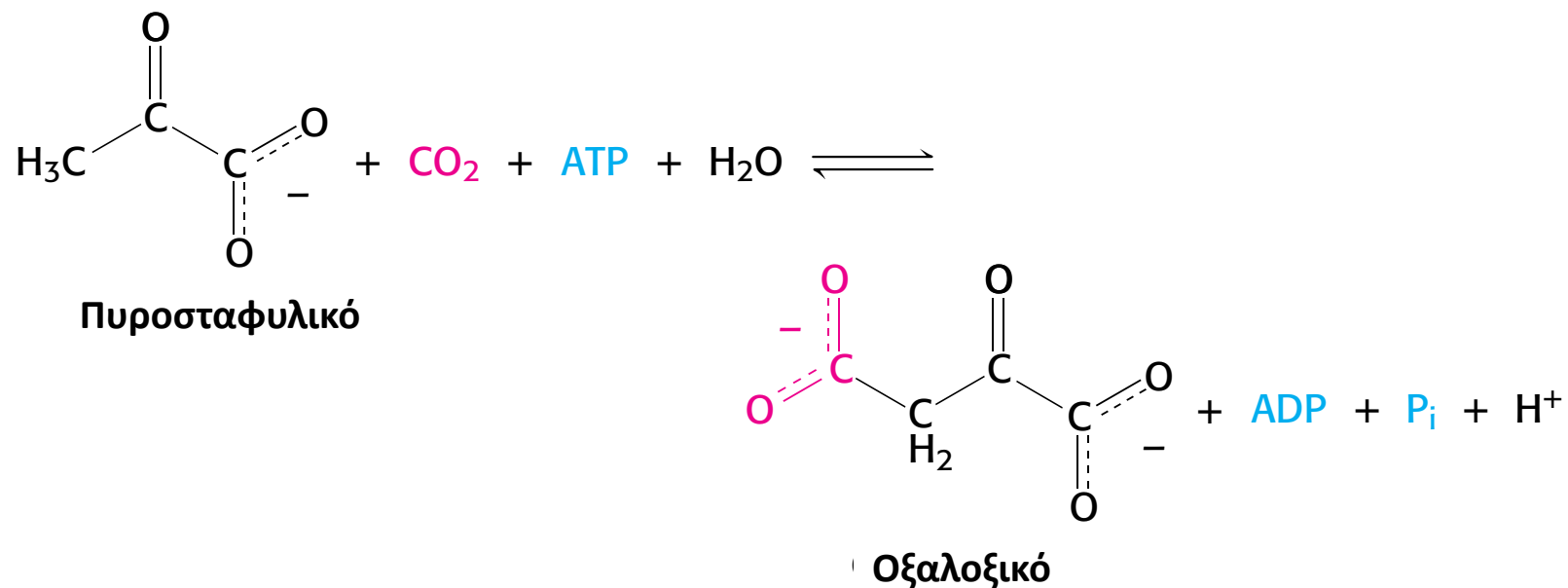
5. Αντιδράσεις ισομερείωσης



Οι αντίδραση αυτή είναι συνιστώσα του κύκλου του κιτρικού οξέος

15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

6. Αντιδράσεις σύνδεσης



Το οξαλοξικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο κύκλο του κιτρικού οξέος ή να μετατραπεί σε αμινοξέα, όπως είναι το Asp

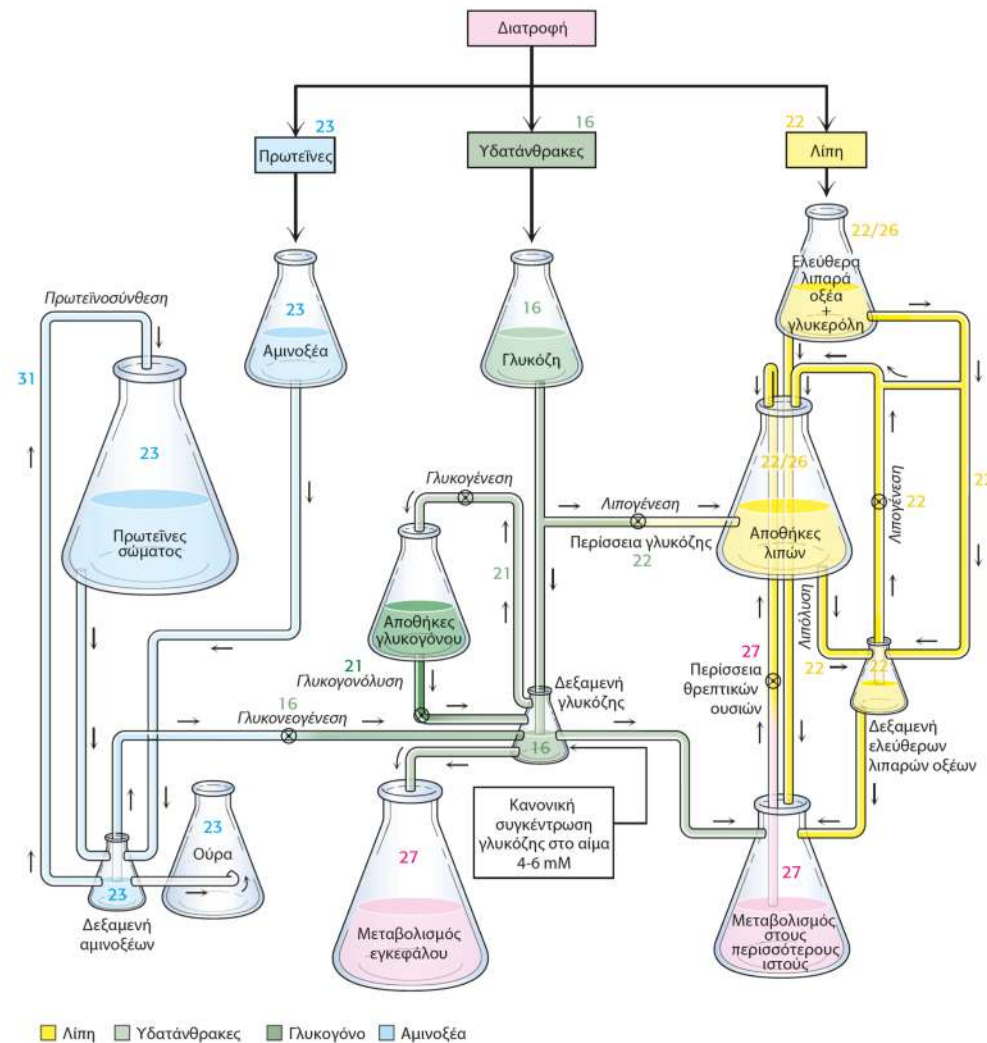
15.4 Οι μεταβολικές πορείες περιέχουν πολλά επαναλαμβανόμενα μοτίβα

Ομοιότητα

Η διατήρηση ενός σταθερού κυτταρικού περιβάλλοντος απαιτεί πολύπλοκη μεταβολική ρύθμιση η οποία συντονίζει τη χρήση των αποθεμάτων των θρεπτικών ουσιών

Ο μεταβολισμός ρυθμίζεται με τον έλεγχο:

- στην ποσότητα των ενζύμων
- της καταλυτικής δραστηρότητας τους
- της ευκολίας πρόσβασης στα υποστρώματα





Άσκηση 1

- | | | | |
|----------|--|-----------|--|
| f | 1. Νόμισμα κυτταρικής ενέργειας | a. | NAD ⁺ |
| h | 2. Αναβολικός φορέας e ⁻ | b. | Συνενζυμο Α |
| i | 3. Φυτότροφος οργανισμός | c. | Πρόδρομη ένωση των συνενζύμων |
| a | 4. Καταβολικός φορέας e ⁻ | d. | Παράγει ενέργεια |
| g | 5. Αντίδραση οξειδωσης-αναγωγής | e. | Απαιτεί ενέργεια |
| b | 6. Ενεργοποιημένος φορέας μορίων δύο C | f. | ATP |
| c | 7. Βιταμίνη | g. | Μεταφέρει e ⁻ |
| e | 8. Αναβολισμός | h. | NADP ⁺ |
| j | 9. Αμφιβολική αντίδραση | i. | Μετατρέπει την ενέργεια του φωτός σε χημική ενέργεια |
| d | 10. Καταβολισμός | j. | Χρησιμοποιείται στον αναβολισμό και στον καταβολισμό |

Άσκηση 2

Η κρεατίνη είναι ένα δημοφιλές συμπλήρωμα διατροφής

- Ποια είναι η βιολογική λογική για την χρησιμοποίηση της κρεατίνης;
- Ποιος τύπος άσκησης θα ωφεληθεί περισσότερο από το συμπλήρωμα κρεατίνης;

