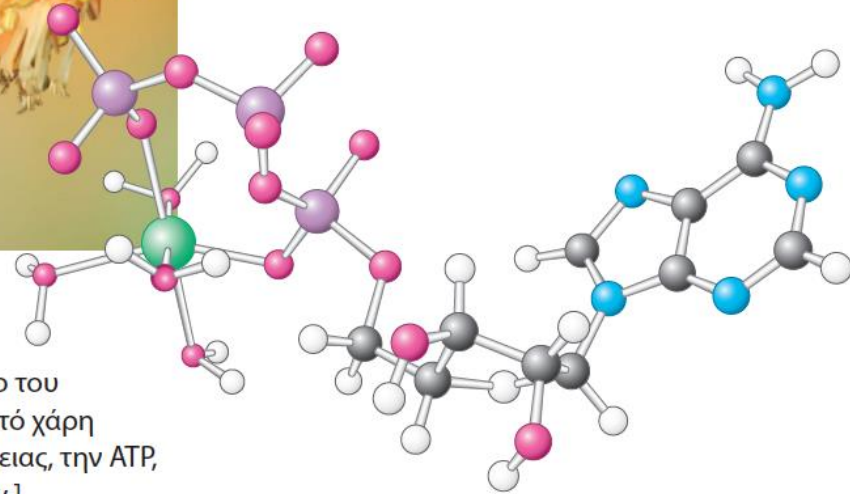


Μεταβολισμός: Βασικές έννοιες και σχεδιασμός



Τα κολύβρια είναι ικανά για θαυμαστά κατορθώματα αντοχής. Παραδείγματος χάριν, το μικροσκοπικό κοκκινόλαιμο κολύβριο *Archilochus columbris* 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 αναπαριστάται από το μοντέλο στα δεξιά. [(Αριστερά) Willim Leaman/Alamy.]

Μεταβολισμός Βασικές Έννοιες

Αντικείμενο

1) το κύτταρο αντλεί ενέργεια (αναγωγική ισχύ) από το περιβάλλον του;

2) το κύτταρο συνθέτει τις δομικές μονάδες και τα μακρομόρια

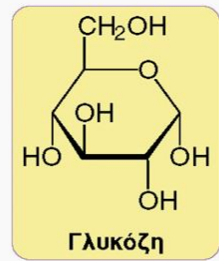
Περισσότερες από χίλιες αντιδράσεις και στον πιο απλό οργανισμό:
Escherichia coli.

100 περίπου μόρια παίζουν κεντρικό ρόλο

Πολλές αντιδράσεις

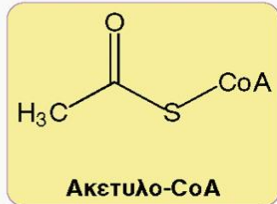
αλλά

μικρός αριθμός του είδους των αντιδράσεων και πολλά κοινά μοτίβα



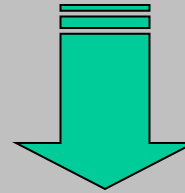
Αναερόβιες

Αερόβιες



Προσεκτικά σχεδιασμένα βήματα

Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας



χημική (χημειότροφοι οργανισμοί)

Μηχανική
(κίνηση)

Ηλεκτρική
(νευρώνες)

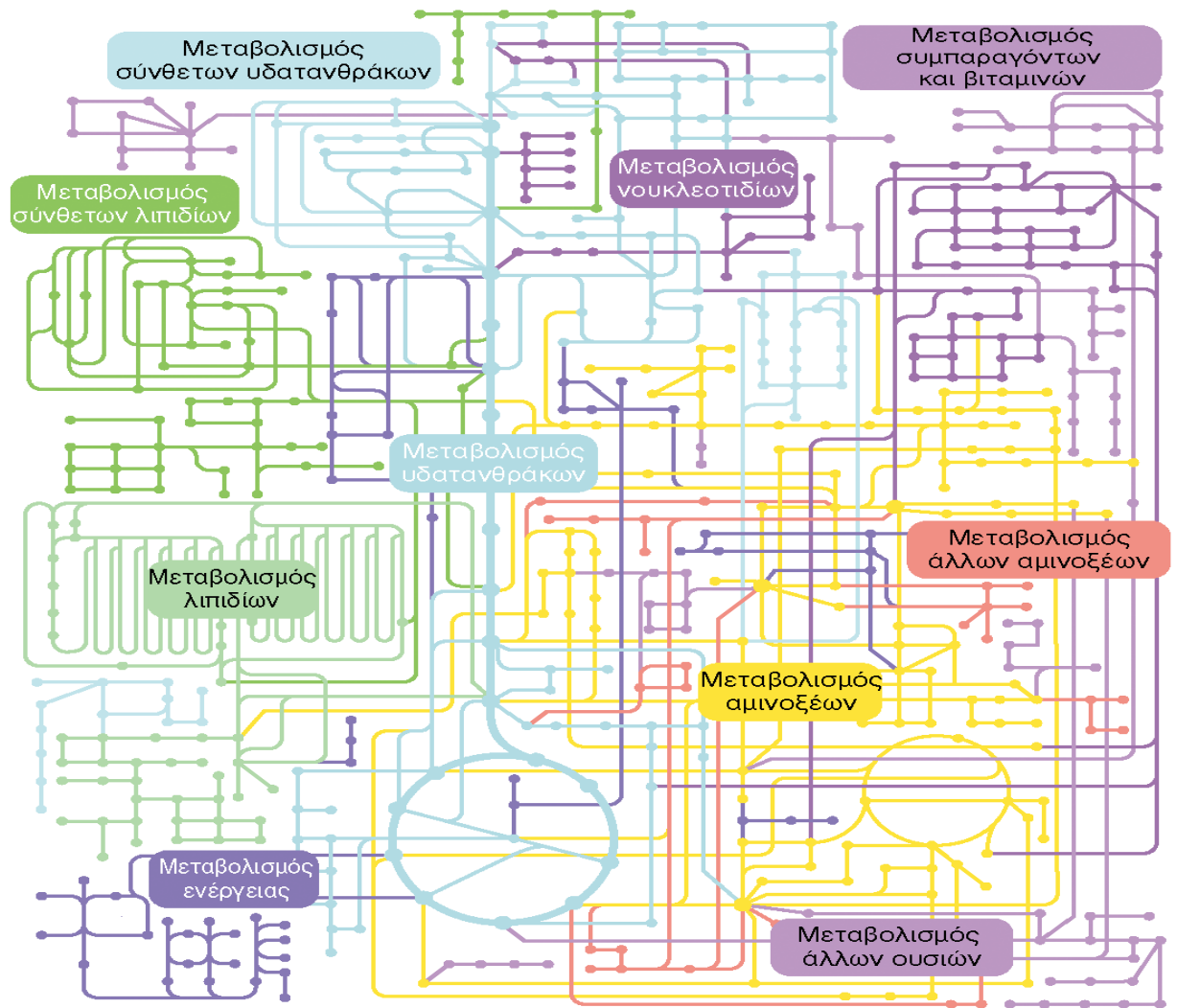
Πόλωση
Μεμβρανών

Φωτεινή

ΕΙΚΟΝΑ 14.1 Ο μεταβολισμός της γλυκόζης. Η γλυκόζη μεταβολίζεται σε πυροσταφυλικό σε 10 διασυνδεδεμένες αντιδράσεις. Κάτω από αναερόβιες συνθήκες, το πυροσταφυλικό μεταβολίζεται σε γαλακτικό και κάτω από αερόβιες συνθήκες σε ακετυλο-CoA. Τα άτομα του άνθρακα που προέρχονται από τη γλυκόζη οξειδώνονται στη συνέχεια σε CO₂.

Ο μεταβολισμός είναι μια σειρά συνδεδεμένων χημικών αντιδράσεων οι οποίες αρχίζουν με ένα ιδιαίτερο μόριο και το μετατρέπουν σε ένα άλλο μόριο ή μόρια με ένα προσεκτικά καθορισμένο τρόπο

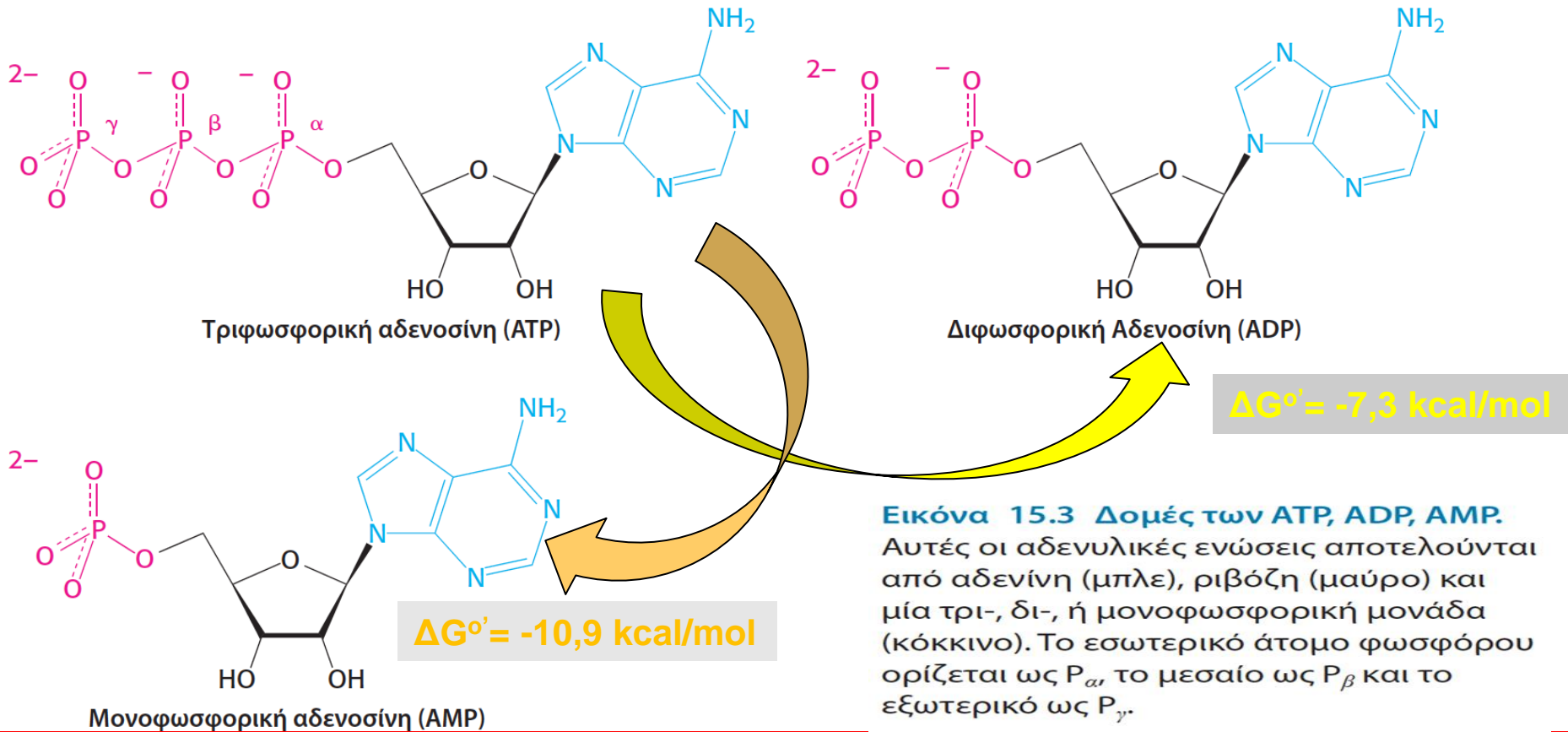
Εάν κάθε στάδιο ή κάθε ένωση μπορούσε να μετατραπεί σε κάθε άλλη όλα τα σημεία θα ενώνονταν απευθείας μεταξύ τους



Καύσιμα (υδατάνθρακες, λίπη) $\xrightarrow{\text{καταβολισμός}}$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{χρήσιμη ενέργεια}$

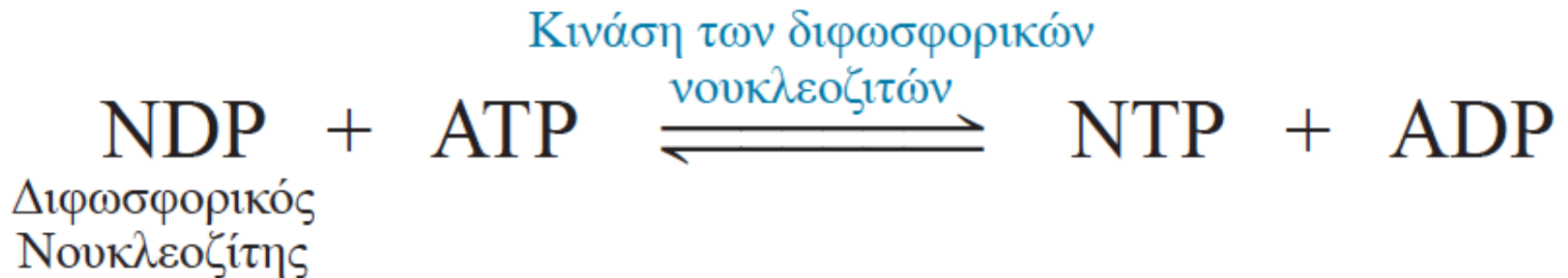
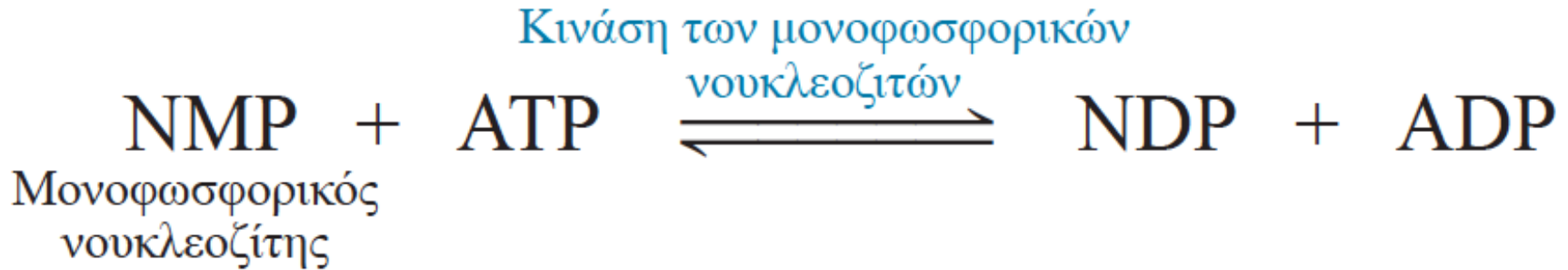
$\text{χρήσιμη ενέργεια} + \text{μικρά μόρια} \xrightarrow{\text{αναβολισμός}}$ πολύπλοκα μόρια

Το ενεργειακό νόμισμα του κυττάρου

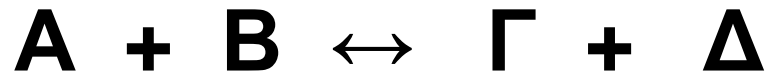


αλλά δεν είναι αυθόρμητη αντίδραση σε θερμοκρασία 37°C και δεν γίνεται πολύ γρήγορα (ρόλος κατάλυσης) απουσία καταλύτη υδρολύεται αργά σε ώρες ή μέρες

τριφωσφορικοί νουκλεοζίτες (N) ενεργειακά ισοδύναμοι με το ATP



Μερικές βιοσυνθετικές αντιδράσεις ωθούνται αντίστοιχα από τριφωσφορικούς νουκλεοζίτες όπως GTP, UTP, CTP



$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln[\Gamma][\Delta]/[A][B]$$

(μετατροπή σε \log $RT \ln[\Gamma][\Delta]/[A][B]=664 \log[\Gamma][\Delta]/[A][B]$)

Το ΔG° είναι ένας τρόπος να καταλάβουμε που θα πήγαινε η αντίδραση (δεξιά ή αριστερά-προϊόντα ή αντιδρώντα) **εάν ξεκινούσαμε με $[A]=[B]=[C]=[D]=1M$**
Με αυτή την σχέση διαπιστώνουμε όχι μόνο σε ποια κατεύθυνση πάει η αντίδραση άλλα και πόσο αλλάζουν οι συγκεντρώσεις από τις αρχικές **1M**

Η αντίδραση σταματάει όταν $\Delta G=0$ άρα με $\Delta G^\circ=-6kcal=-6000cal$ θα πρέπει

$$RT \ln[\Gamma][\Delta]/[A][B]=664 \log[\Gamma][\Delta]/[A][B]$$

(ώστε το άθροισμα να είναι 0) $664 \log[\Gamma][\Delta]/[A][B]=6000$ άρα
 $\log[\Gamma][\Delta]/[A][B]=9$ ή $[\Gamma][\Delta]/[A][B]=10^9/1 = \text{προϊόντα/αντιδρώντα}$

Όταν $\Delta G^\circ \sim 0$ (αντιδρώντα ίση αναλογία με προϊόντα) τότε η κατεύθυνση της αντίδρασης μπορεί να ελεγχθεί με αλλαγή των συγκεντρώσεων



Στους 25°C $K = [B]/[A] = 10^{-\Delta G^{\circ}/1,36} = 10^{-4/1,36} = 1,15 \times 10^{-3} =$ προϊόντα/αντιδρώντα

Εάν αλλάξει η αντίδραση $A \leftrightarrow B$ και συζευχθεί με ATP

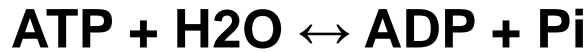
Τα ένζυμα βοηθούν να συζευχθούν οι χημικές αντιδράσεις



$$K = [B][P_i][ADP]/[A][ATP] = 10^{-\Delta G^{\circ''}/1,36} = 2,67 \times 10^2$$

Οπότε η αναλογία $[B]/[A] = 1,34 \times 10^5$ από $1,15 \times 10^{-3}$ πριν αλλαγή της τάξης $\sim 10^8$

Συγκέντρωση **ATP** στα κύτταρα και επίδραση στον μεταβολισμό



$$\Delta G^{\circ} = -7,3 \text{ kcal/mol}$$

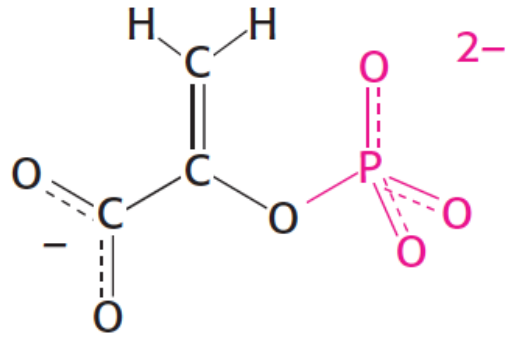
Ξεκινώντας με $\Delta G^{\circ} = -7,3 \text{ kcal/mol}$ αποδεχόμαστε $[\text{ATP}] = [\text{ADP}] = [\text{P}_i] = 1\text{M}$

Οι τελικές συγκεντρώσεις στην ισορροπία είναι
 $[\text{ATP}] = 0,00000129 \text{ M}$ $[\text{ADP}] = [\text{P}_i] = 0,99999871 \text{ M}$
η μεγάλη διαφορά από 1M σε 0,00000129M
αποδεικνύει την μεγάλη διαφορά ενέργειας

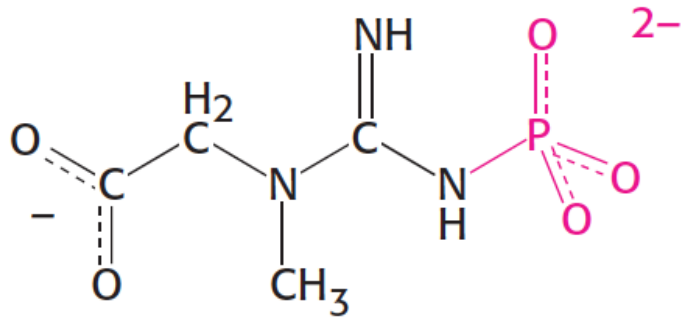
εάν ο λόγος μεγαλώσει υπέρ του $[\text{ATP}]$ δηλαδή
 $[\text{ATP}] = 2\text{M}$ $[\text{ADP}] = [\text{P}_i] = 0,5 \text{ M}$ (λόγος $[\text{ATP}]/[\text{P}_i][\text{ADP}] = 8$
τότε η νέα διαφορά ενέργειας ΔG θα είναι ακόμα μεγαλύτερη

Σε πραγματικές κυτταρικές συγκεντρώσεις η αναλογία $[\text{ATP}]/[\text{P}_i][\text{ADP}]$ στο κύτταρο δεν είναι 1 αλλά διατηρείται στα 500 M^{-1} οπότε το ΔG πλησιάζει τα -12 kcal/mol

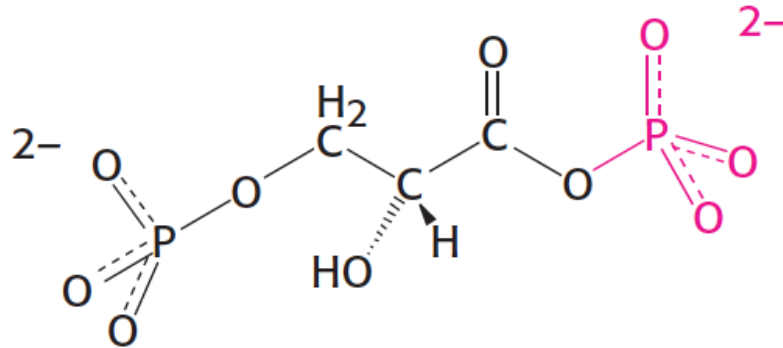
Το δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας είναι υψηλής ενέργειας



Φωσφο-ενολοπυροσταφυλικό (PEP)



Φωσφορική κρεατίνη



1,3-Διφωσφογυκερικό (1,3-BPG)

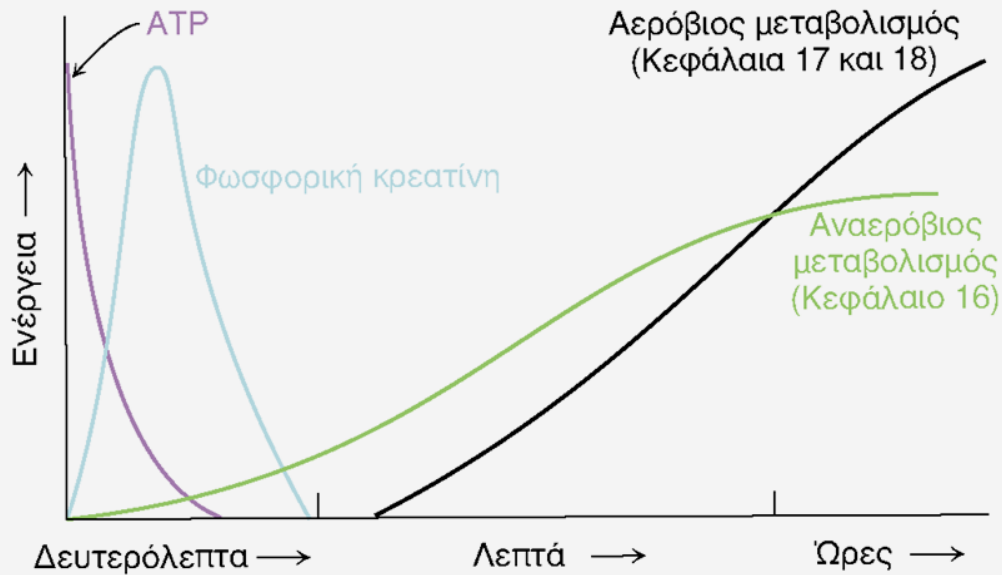
Υπάρχει μια σειρά από ενώσεις (με φωσφορική ομάδα) υψηλής ενέργειας

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.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.1 Πρότυπες ελεύθερες ενέργειες υδρόλυσης μερικών φωσφορυλιωμένων ενώσεων.

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

Υπάρχουν και άλλες ενώσεις με εύρος ενεργειών
Το ATP είναι στην μέση



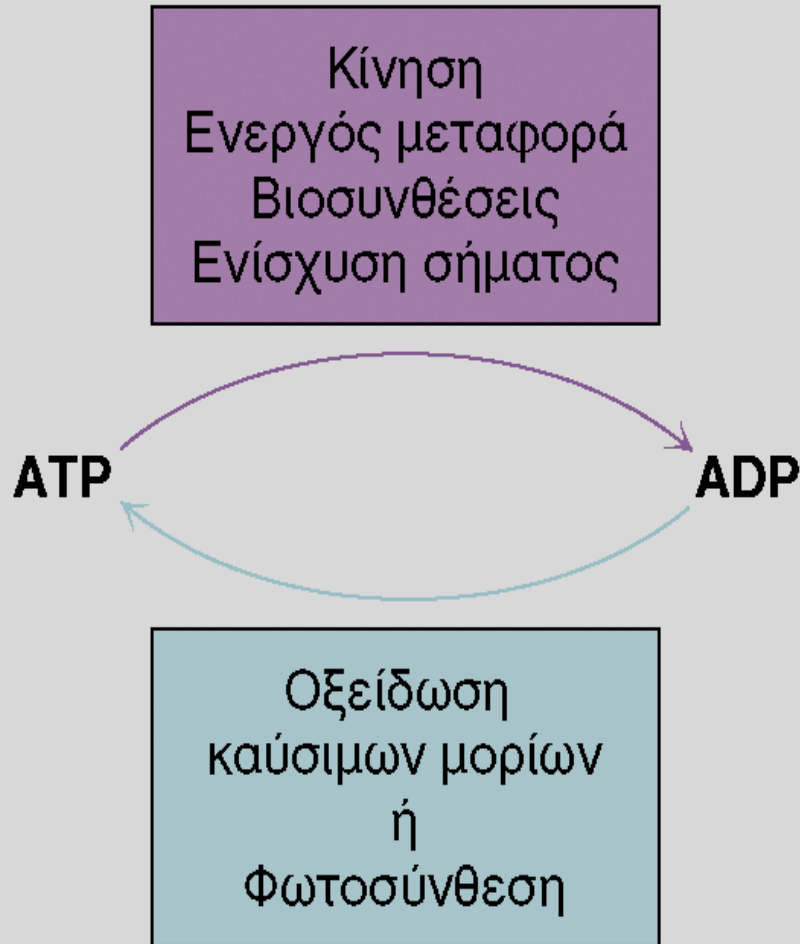
ΕΙΚΟΝΑ 14.7 Πηγές ATP κατά τη διάρκεια άσκησης. Η κινητήρια δύναμη για τα πρώτα δευτερόλεπτα της άσκησης παρέχεται από τις υπάρχουσες ενώσεις με υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας (ATP, φωσφορική κρεατίνη). Ακολούθως, η ATP πρέπει να αναπαραχθεί από τις μεταβολικές πορείες.

1. Το ATP επαρκεί στους μύες για λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο
2. Η κρεατινίνη είναι η κύρια πηγή ενέργειας για αγώνα 100 μέτρων
3. αναερόβιος μεταβολισμός για παράγωγή ενέργειας

Γιατί ο αναερόβιος μεταβολισμός είναι ποιο γρήγορη πηγή ενέργειας ;

δεν απαιτεί άλλο μόριο όπως O_2
 ακόμα και η μεταφορά O_2 επιβραδύνει την όλη διαδικασία

Η οξείδωση των οργανικών μορίων είναι σπουδαία πηγή κυτταρικής ενέργειας



Το ATP είναι άμεσος δότης ενέργειας
όχι μακροχρόνια αποθήκη ενέργειας

Ένας άνθρωπος σε ανάπαυση
καταναλώνει 40 kg ATP ημερήσιος

Για τρέξιμο 2 ωρών 60 kg ATP

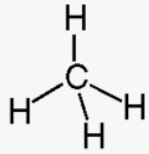
Υπάρχει ανάγκη για συνεχή
παραγωγή

Ένα μόριο ATP καταναλώνεται σε 1
λεπτό από τον σχηματισμό του

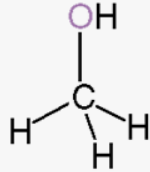
ΕΙΚΟΝΑ 14.8 Κύκλος ATP-ADP. Αυτός ο κύκλος είναι ο βασικός τρόπος ανταλλαγής ενέργειας στα βιολογικά συστήματα.

μέγιστη ενέργεια

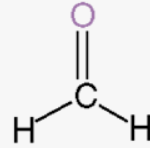
→ελάχιστη ενέργεια



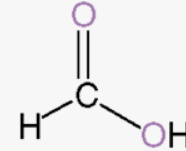
Μεθάνιο



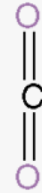
Μεθανόλη



Φορμαλδεΐδη



Μηρμυκικό οξύ



Διοξείδιο του άνθρακα

$\Delta G^\circ_{\text{οξειδωσης}}$
(kcal mol⁻¹)

-196

-168

-125

-68

0

$\Delta G^\circ_{\text{οξειδωσης}}$
(kJ mol⁻¹)

-820

-703

-523

-285

0

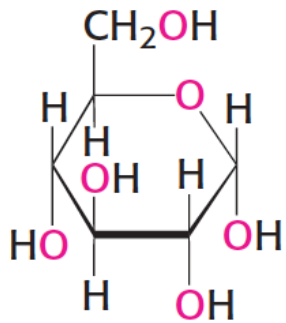
ΕΙΚΟΝΑ 14.9 Ελεύθερη ενέργεια οξείδωσης μονοανθρακικών ενώσεων.

Συμπεράσματα (χημικά): Ο μεταβολισμός (καταβολισμός) του μεθανίου θα επέφερε -196 Kcal σε 4 βήματα και θα χρειαζόταν ένα μόριο O₂

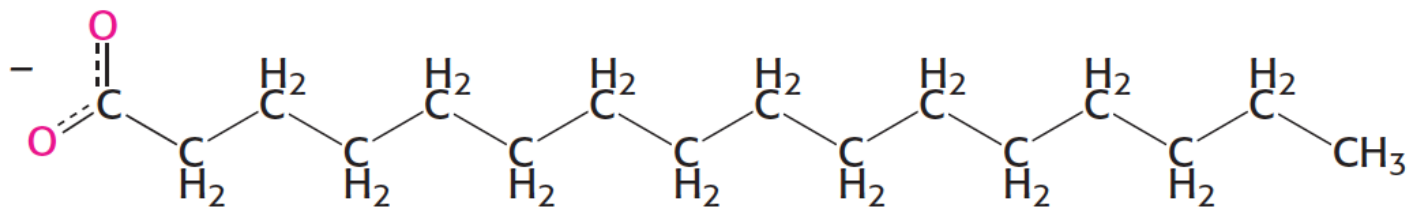
Βιολογικοί (περιορισμοί):

20Kcal ανά βήμα είναι απαγορευτικό- επιπλέον βήματα απαιτούνται (συζευγμένες-αντιδράσεις) το οξυγόνο (και το μεθάνιο) πρέπει να έρχεται συνδεδεμένο σε κάτι άλλο (φορέας) όλα τα βήματα πρέπει να ελέγχονται -χρειάζονται ενζυμα και φορείς (συνένζυμα)

Χωρίς προσθήκη οξυγόνου η μεθανόλη μπορεί να δώσει ενέργεια μετατρέπόμενη σε φορμαλδεΐδη;



Γλυκόζη



Λιπαρό οξύ

Πώς μπορεί να οξειδωθεί η γλυκόζη και πως το λιπαρό οξύ;

Εικόνα 15.10 Καύσιμα πρώτης γραμμής.

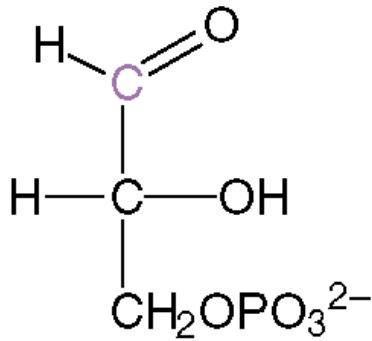
Τα λίπη είναι πιο αποδοτική πηγή καυσίμων από τους υδατάνθρακες, όπως π.χ. από τη γλυκόζη, διότι ο άνθρακας στα λίπη είναι πιο ανηγμένος.

η γλυκόζη διαθέτει
ήδη οξυγόνα
(περισσότερα οξυγόνα στην
ένωση λιγότερη ενέργεια)

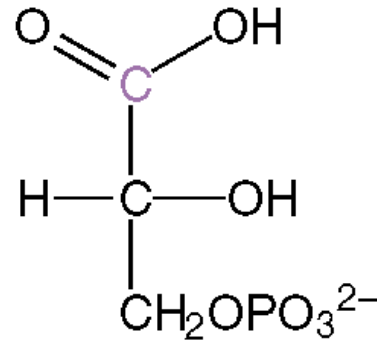
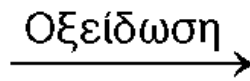
Γιατί η γλυκόζη είναι ποιο άμεση πηγή ενέργειας σε σχέση με τα λίπη;

Γιατί η γλυκόζη είναι κύρια πηγή ενέργειας για κάποια απομακρυσμένα όργανα ;
(σε σχέση με τα λίπη)

Παράδειγμα (τρόπου) οξείδωσης και σύνθεσης ATP



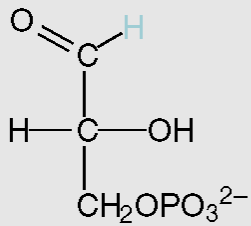
3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη



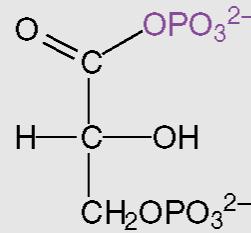
3-Φωσφογλυκερικό οξύ

γίνεται στον οργανισμό σε δυο στάδια

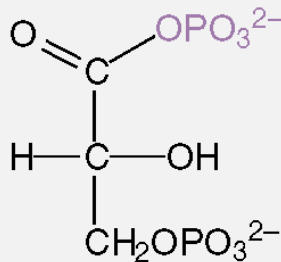
ενώσεις με υψηλό δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας (κατάλληλες ενώσεις) συνδέουν την οξείδωση του άνθρακα με την σύνθεση ATP



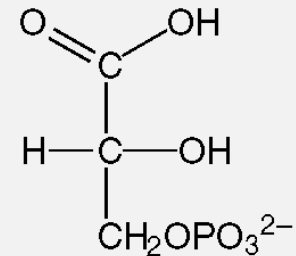
3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη (GAP)



1,3-Διφωσφογλυκερικό (1,3-BPG)



1,3-Διφωσφογλυκερικό

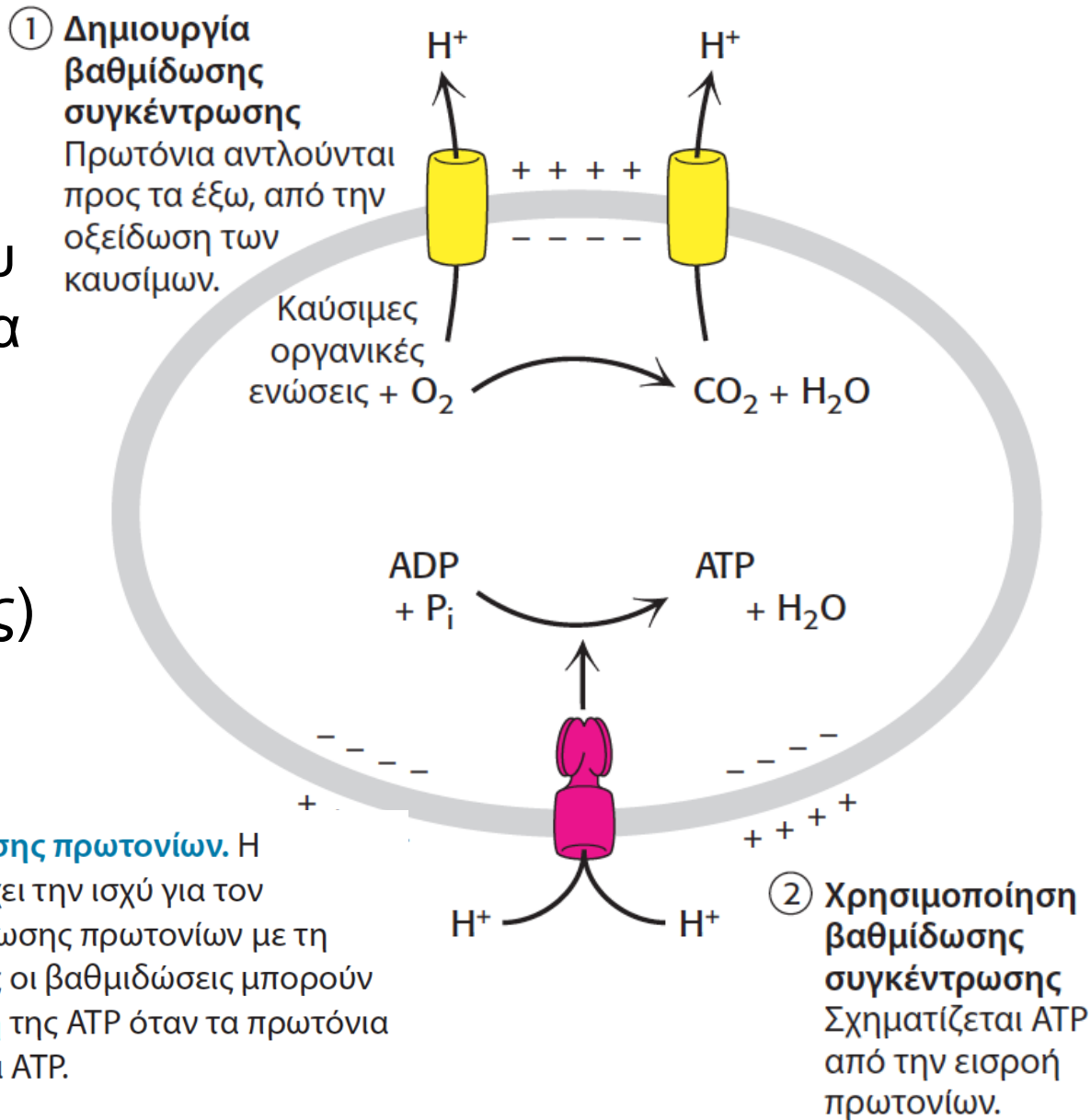


3-Φωσφογλυκερικό οξύ



Η αποθήκευση ενέργειας συνδέεται και με βαθμιδώσεις ενέργειας
(το ανάλογο του πυκνωτή- μπαταρίας ή δυναμικής ενέργειας-νερό σε μεγαλύτερο υψόμετρο)

Για την παραγωγή του 90% του ATP στα ζώα είναι υπεύθυνες η βαθμιδώσεις συγκέντρωσης (όπως διαφορά πίεσης)



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.

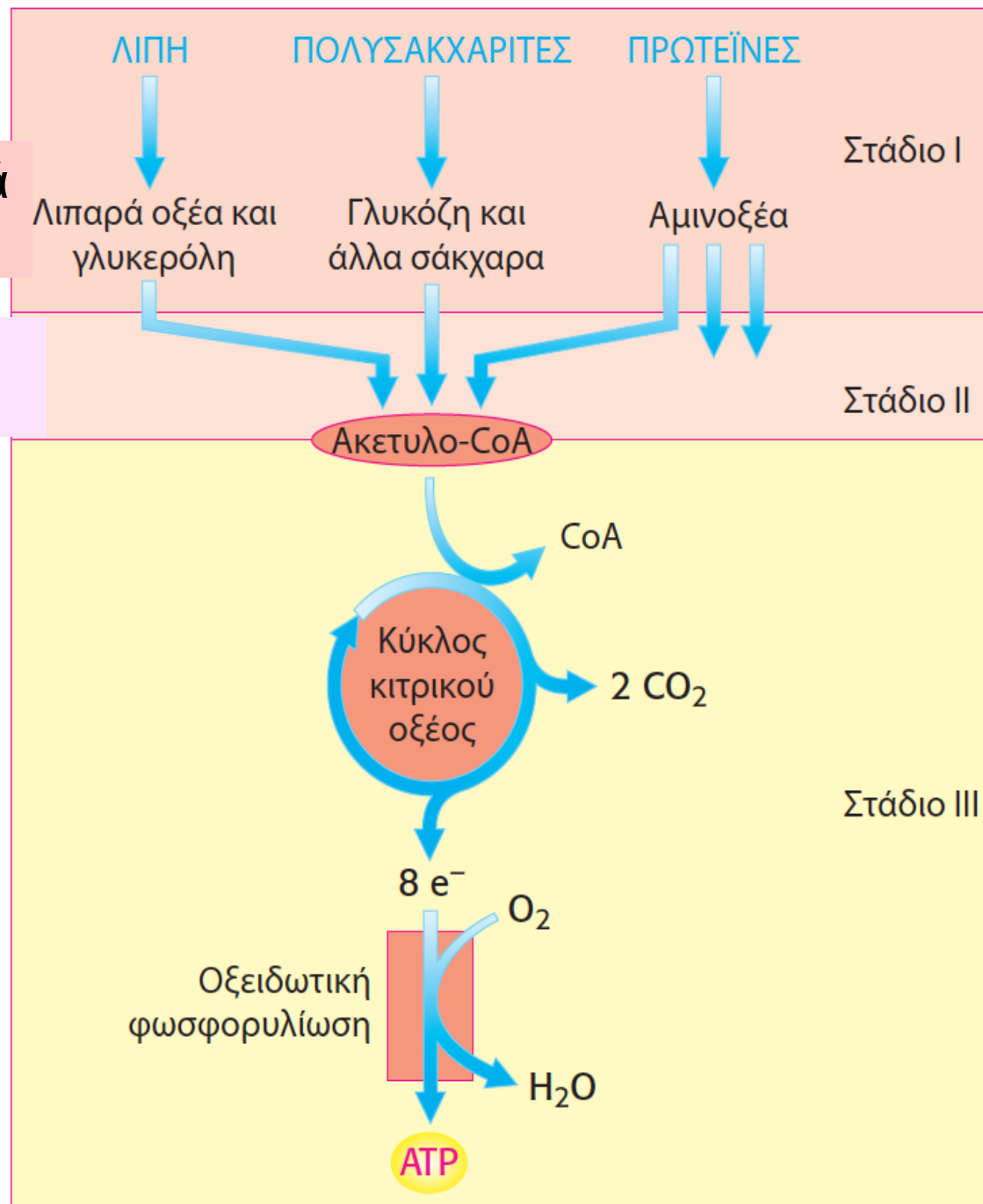
Τρία στάδια εξαγωγής ενέργειας από τρόφιμα

Μεγάλα μόρια διασπώνται σε μικρά (δεν δεσμεύεται χρήσιμη ενέργεια)

Αποικοδόμηση σε απλές μονάδες (κάποια ποσότητα ATP παράγεται)

Πλήρης οξείδωση σε CO_2 (μεγάλες ποσότητες χρήσιμης ενέργειας)

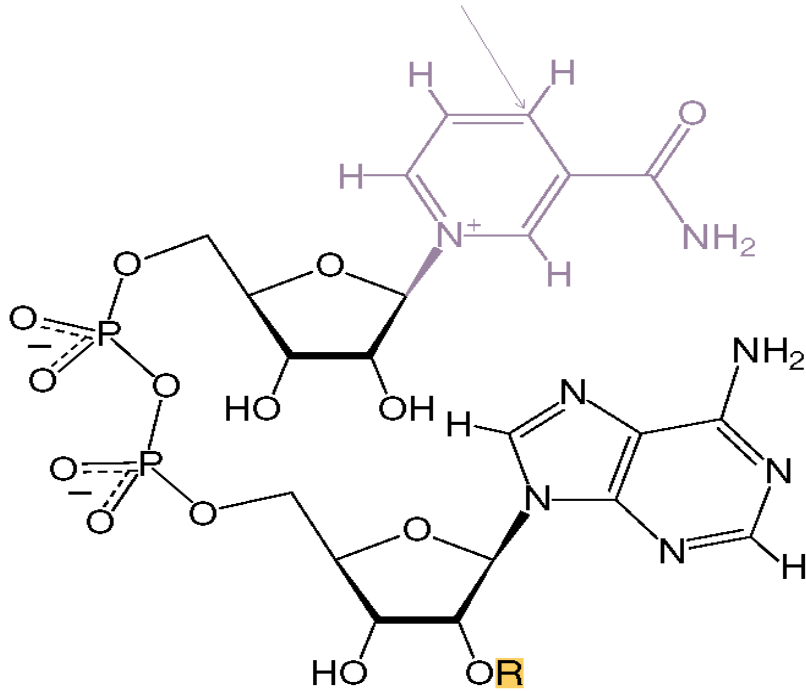
Με την παραπάνω κατανομή πολλές διαφορετικές αρχικές ουσίες καταλήγουν σε μια κοινή



Τμηματικός σχεδιασμός του μεταβολισμού

ενεργοποιημένοι φορείς

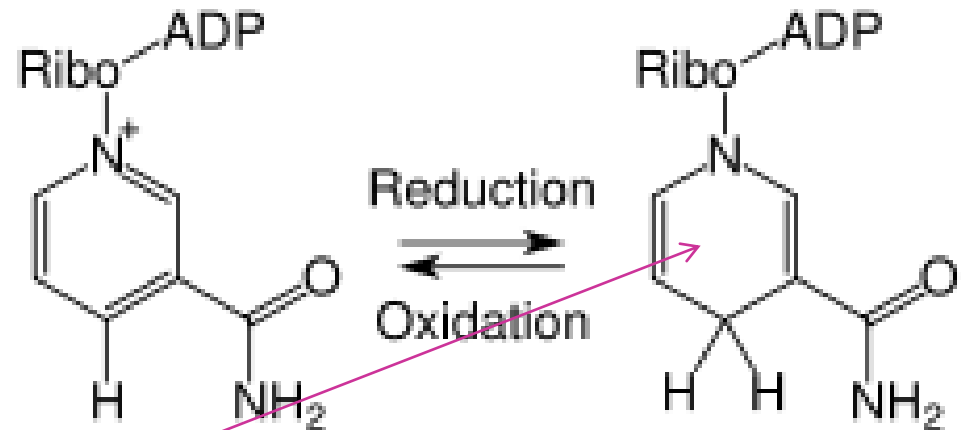
Δραστική θέση



Όπως το ATP είναι ένας ενεργοποιημένος φορέας φωσφορικών ομάδων γιατί η μεταφορά φωσφορικών ομάδων είναι εξώερνη ($\Delta G < 0$) πορεία (όχι το ίδιο με την $\Delta H < 0$ εξώθερμη αντίδραση)

Έτσι έχουμε ενεργοποιημένους φορείς ηλεκτρονίων NAD^+

ΦΕΙΚΟΝΑ 14.13 Δομές των οξειδωμένων μορφών φορέων ηλεκτρονίων που προέρχονται από νικοτιναμίδιο. Το νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NAD^+) και το φωσφορικό νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο ($NADP^+$) είναι σημαντικοί φορείς ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας. Στο NAD^+ , $R = H$, στο $NADP^+$, $R = PO_3^{2-}$.

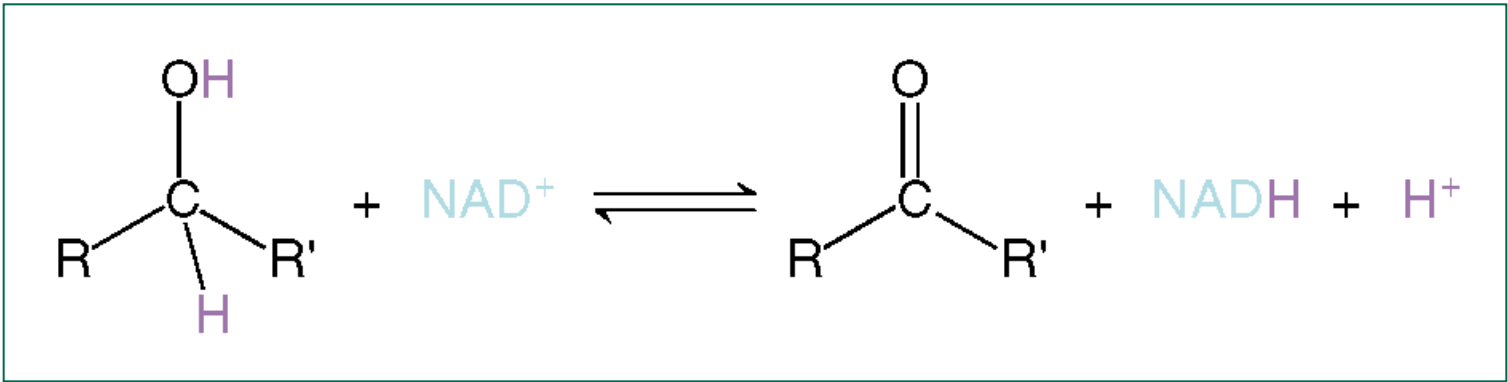


Πολύ ενεργή αλλά ταυτόχρονα σταθερή ένωση

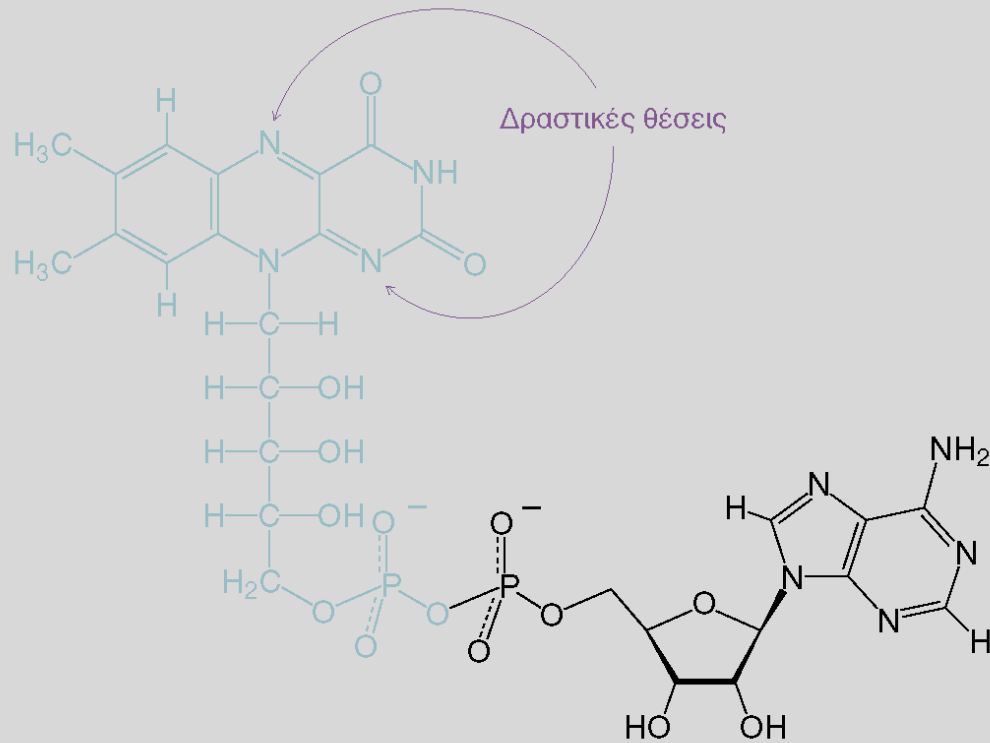
Παράδειγμα οξείδωσης χωρίς την **απαίτηση οξυγόνου** (O₂)
(μεταφορά ατόμου H)

Αντίστοιχο της μεταφοράς e⁻ από H σε Cl και μετά σε F
 $H + Cl \leftrightarrow HCl$ $HCl + F \leftrightarrow Cl + HF$

με αφυδρογόνωση

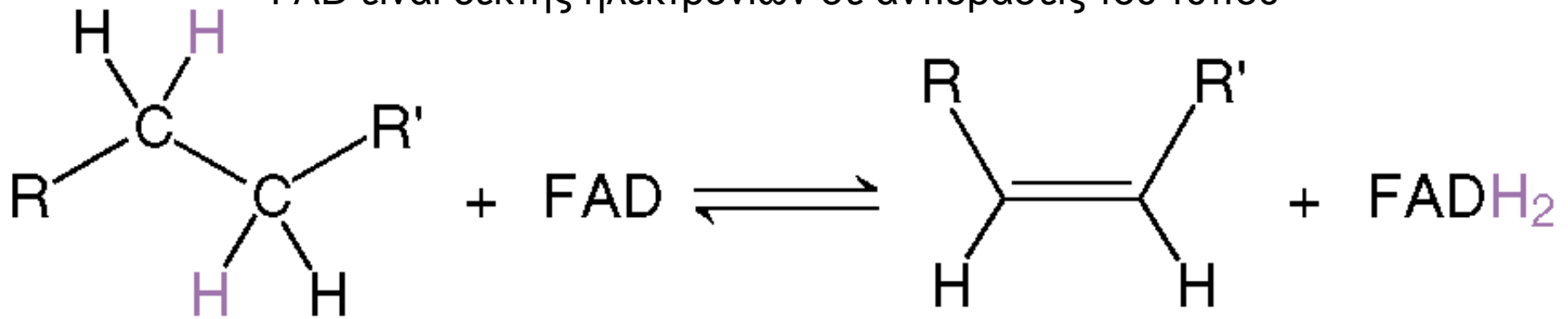


Αφυδρογόνωση: μεταφορά ενός ατόμου H και ενός e⁻ στο NAD⁺ και ενός H⁺ στο διάλυμα

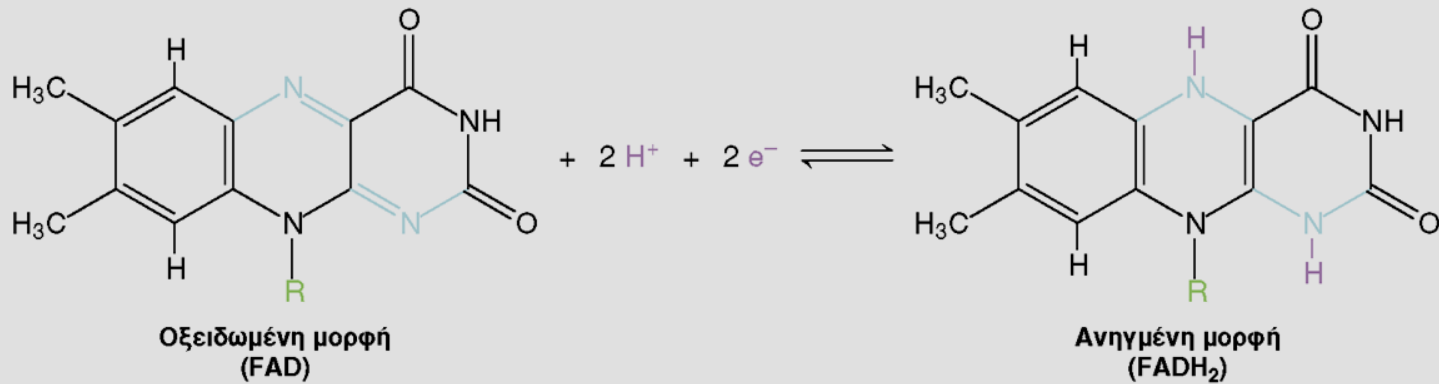


ΕΙΚΟΝΑ 14.14 Δομή της οξειδωμένης μορφής του φλαβινο-αδενο-δινουκλεοτιδίου (FAD). Αυτός ο φορέας ηλεκτρονίων αποτελείται από μια μονάδα φλαβινο-μονονουκλεοτιδίου (FMN) (δείχνεται με μπλε) και μια μονάδα AMP (δείχνεται με μαύρο).

FAD είναι δέκτης ηλεκτρονίων σε αντιδράσεις του τύπου

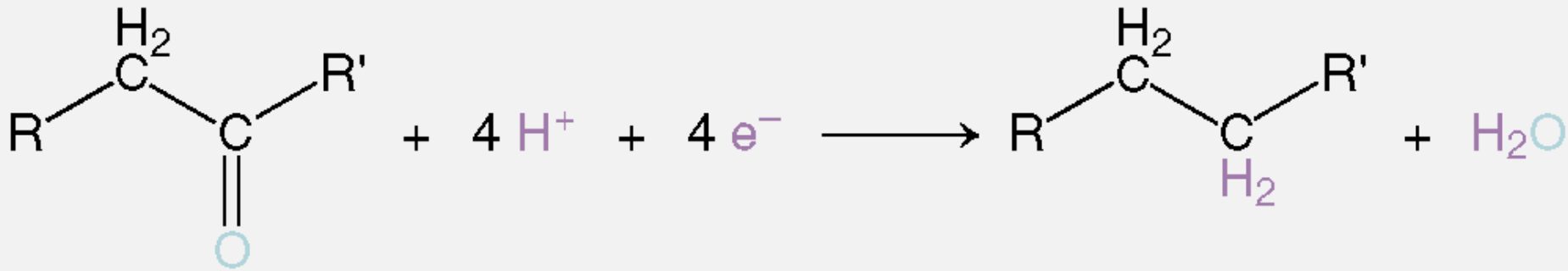


Το FAD δέχεται δυο άτομα H αντίθετα με το NAD⁺ που δέχεται ένα άτομο H. Και οι δυο φορείς δέχονται δυο e⁻. Η προσθήκη e⁻ ισοδυναμεί με αναγωγή και ένωση με υψηλή ενέργεια



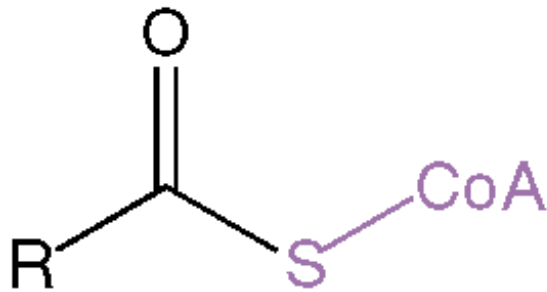
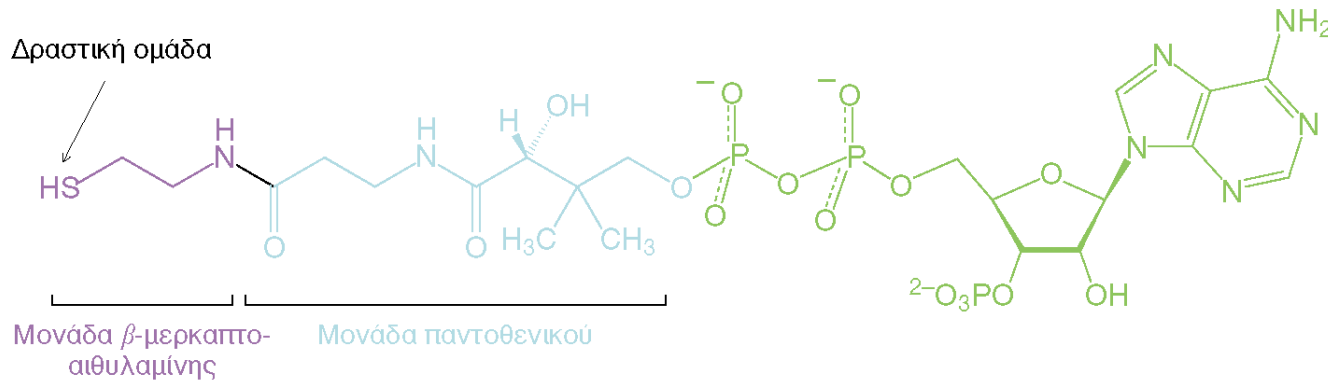
ΕΙΚΟΝΑ 14.15 Δομές των δραστικών μερών των FAD και FADH₂. Τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια μεταφέρονται από τον δακτύλιο ισοαλλοξαζίνης των FAD και FADH₂.

Στις **βιοσυνθέσεις** χρειάζονται ηλεκτρόνια υψηλού δυναμικού αφού οι πρόδρομες ενώσεις είναι περισσότερο οξειδωμένες από τα προϊόντα π.χ.

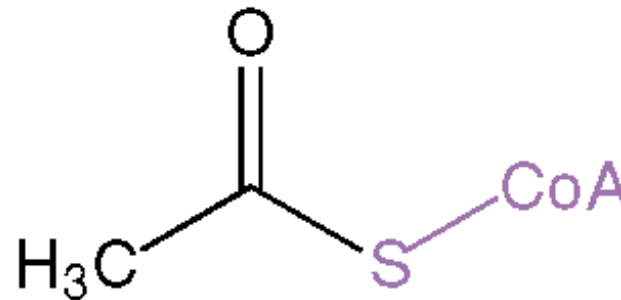


Για να διακρίνουν τα ένζυμα εάν τα ηλεκτρόνια θα χρησιμοποιηθούν για καταβολισμό ή αναβολισμό χρησιμοποιείται αποκλειστικά NADPH στον δεύτερο

Ενεργοποιημένος φορέας δυο ανθράκων

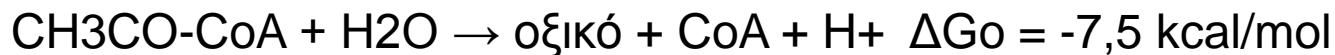


Ακυλο-CoA



Ακετυλο-CoA

Όπως το ATP μεταφέρει φωσφορικές ομάδες
το ακέτυλο συνένζυμο A (CH₃CO-CoA) ακέτυλο ομάδες



περιέχει ενέργεια (υπό την μορφή χημικού δεσμού) και έτσι μπορεί να μεταφέρει
την ακέτυλο ομάδα σε άλλα μόρια,
απουσία καταλύτη αντιδρά αργά με το νερό

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.2 Μερικοί ενεργοποιημένοι φορείς στον μεταβολισμό.

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

Οι ενεργοποιημένοι φορείς καταδεικνύουν δυο βασικές όψεις του μεταβολισμού

- 1. Σταθερότητα:** Τα NADH, NADPH και FADH₂ απουσία καταλύτη αντιδρούν αργά με το οξυγόνο (μεγάλη κινητική σταθερότητα παρόλο την μεγάλη θερμοδυναμική ώθηση για αντίδραση με το O₂)
- 2. Οικονομία:** Οι περισσότερες εσωτερικές αλλαγές (ανάγωγες-οξειδώσεις) πραγματοποιούνται από μια μάλλον μικρή ομάδα φορέων (σε όλους τους

Οι διαφορετικές ομάδες βοηθούν ώστε η καύση-οξείδωση με το οξυγόνο να γίνει σε

βήματα ώστε να μην παραχθεί μεγάλο πόσο ενέργειας σε ένα μόνο βήμα

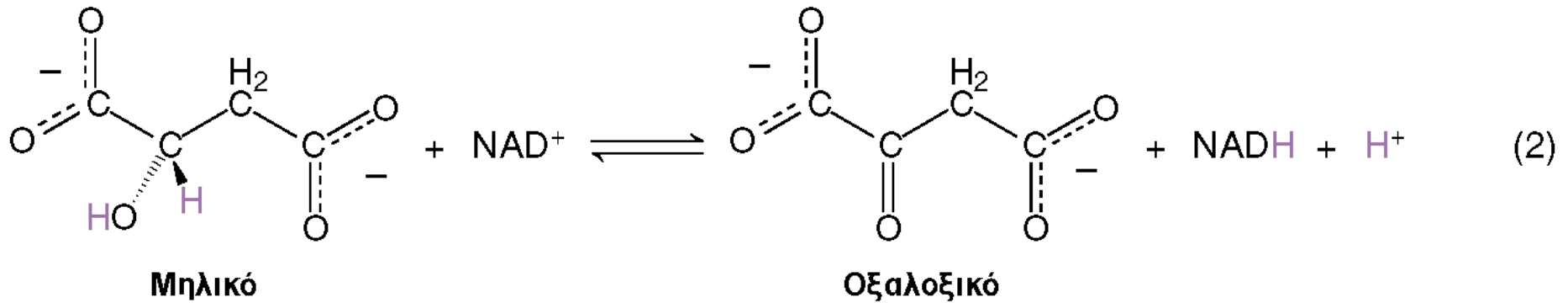
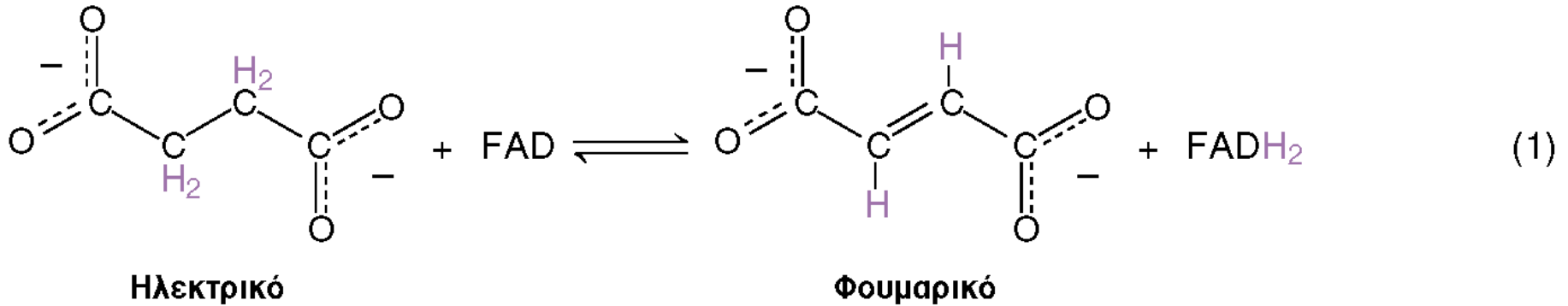
Με τον μικρό αριθμό φορέων μορίων (συνένζυμα) που χρησιμοποιεί ο μεταβολισμός μπορούν να γίνουν οι χιλιάδες αντιδράσεις

Με μικρό αριθμό φορέων έχουμε και μικρό αριθμό τύπων χημικών αντιδράσεων

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.3 Τύποι χημικών αντιδράσεων στον μεταβολισμό.

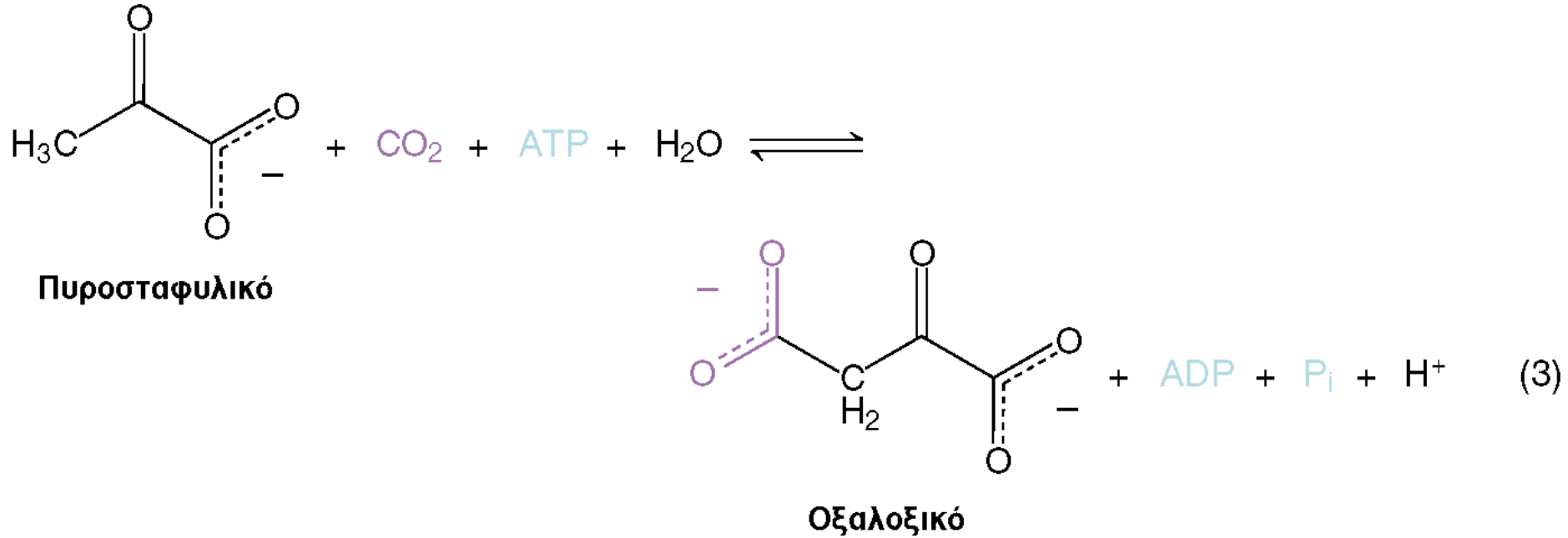
<i>Τύπος αντίδρασης</i>	<i>Περιγραφή</i>
Οξειδοαναγωγή	Μεταφορά ηλεκτρονίων
Σύνδεση που χρειάζεται διάσπαση της ATP	Σχηματισμός ομοιοπολικών δεσμών (π.χ., δεσμοί άνθρακα-άνθρακα)
Ισομερείωση	Ανακατατάξεις ατόμων για να σχηματίσουν ισομερή
Μεταφορά ομάδας	Μεταφορά μιας λειτουργικής ομάδας από το ένα μόριο 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
↑ Ομάδες ενζύμων	

Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής



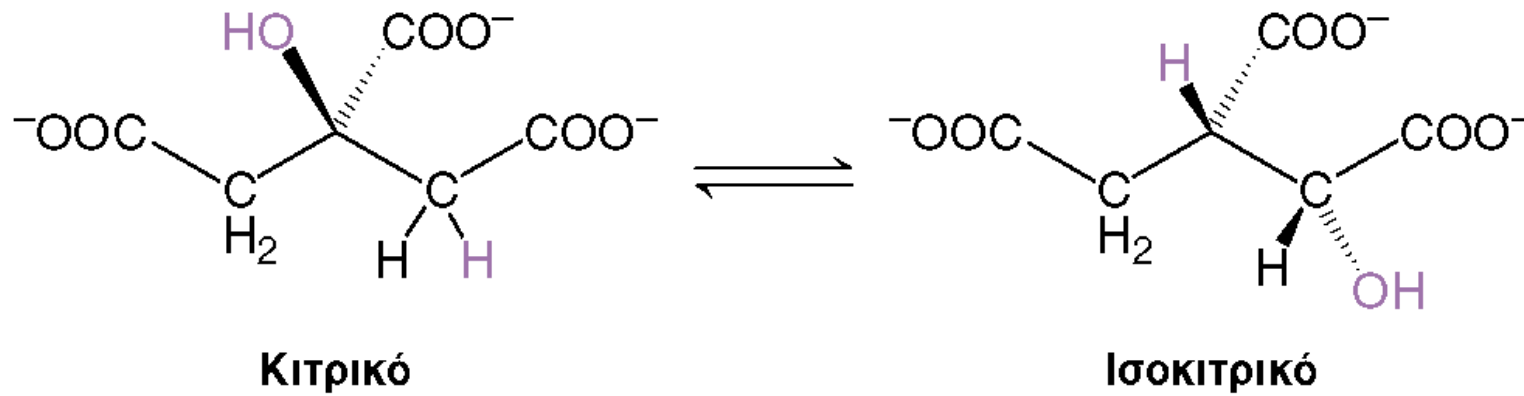
Αντιδράσεις σύνθεσης

Χρησιμοποιούν ενέργεια από το ATP



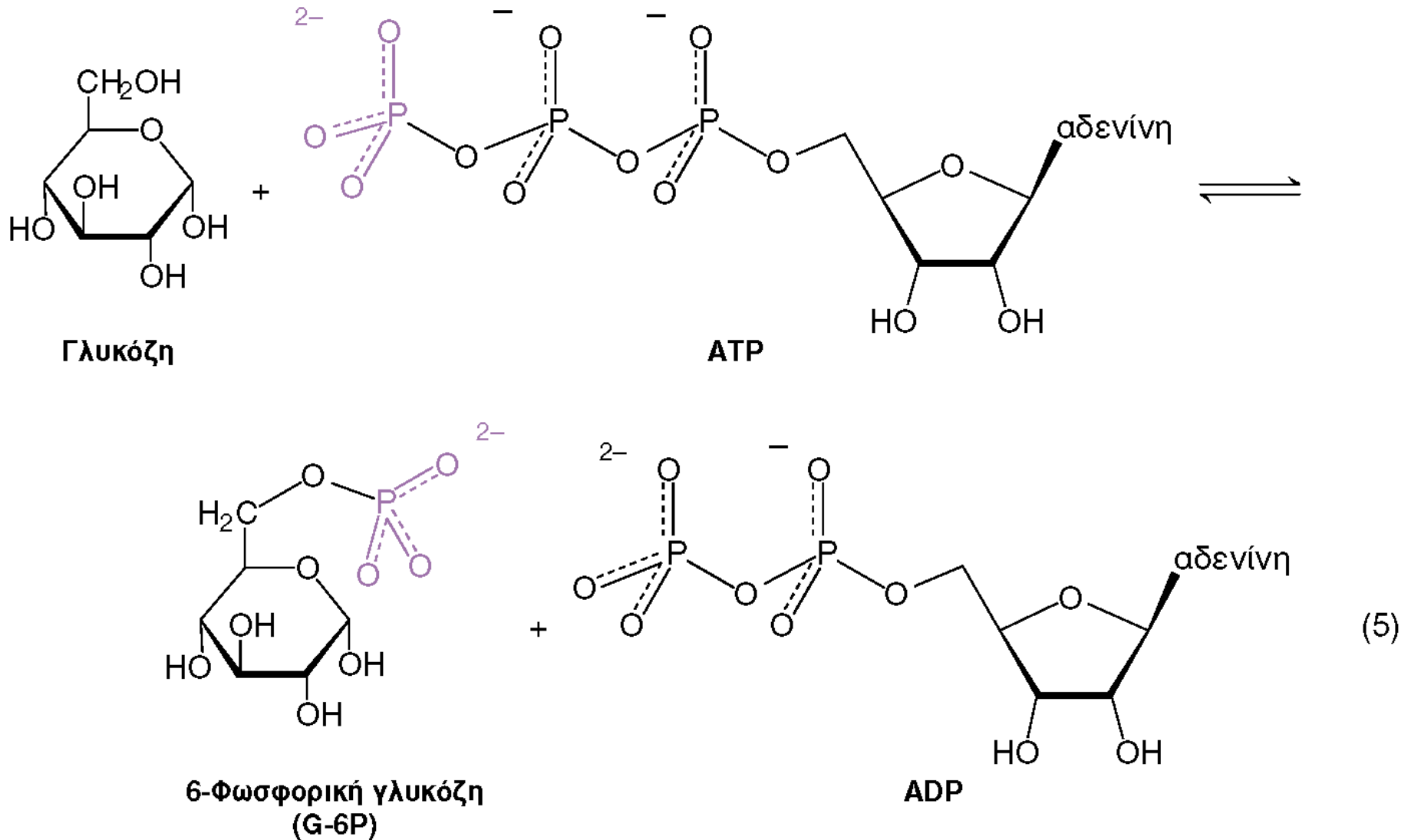
Αντιδράσεις ισομερείωσης

Προετοιμάζουν το μόριο για το επόμενο στάδιο



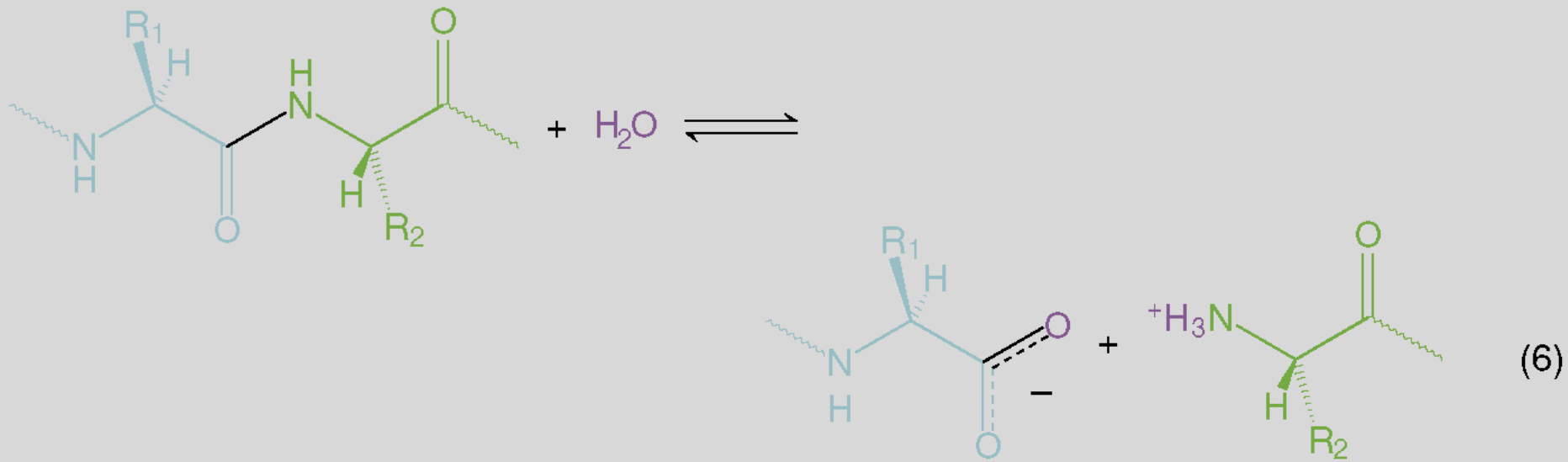
(4)

Αντιδράσεις μεταφοράς ομάδας



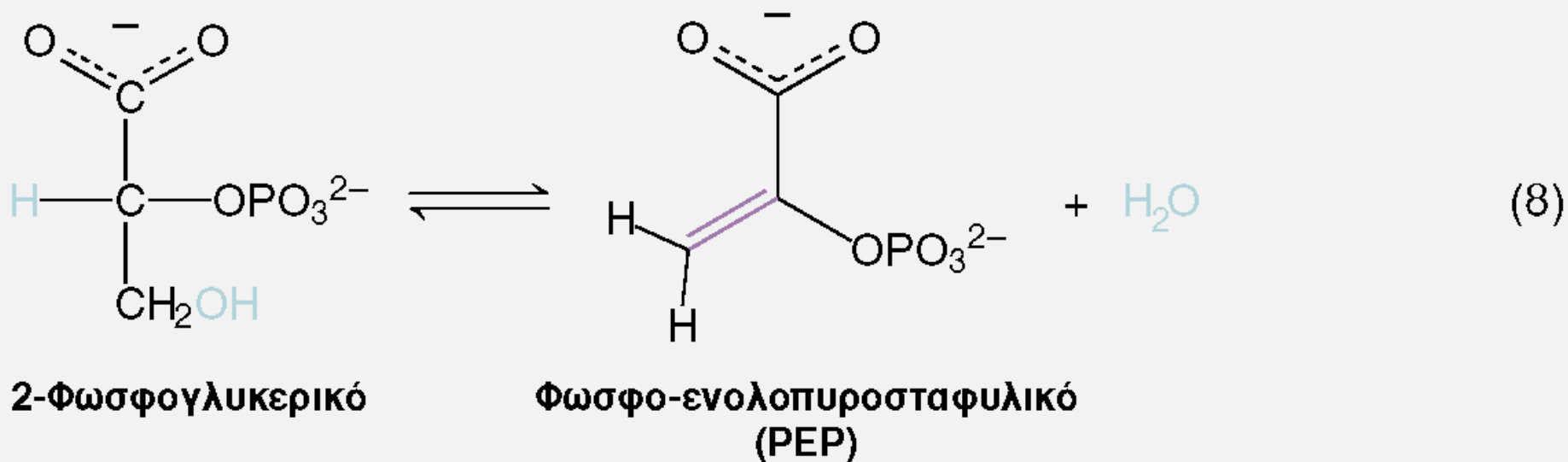
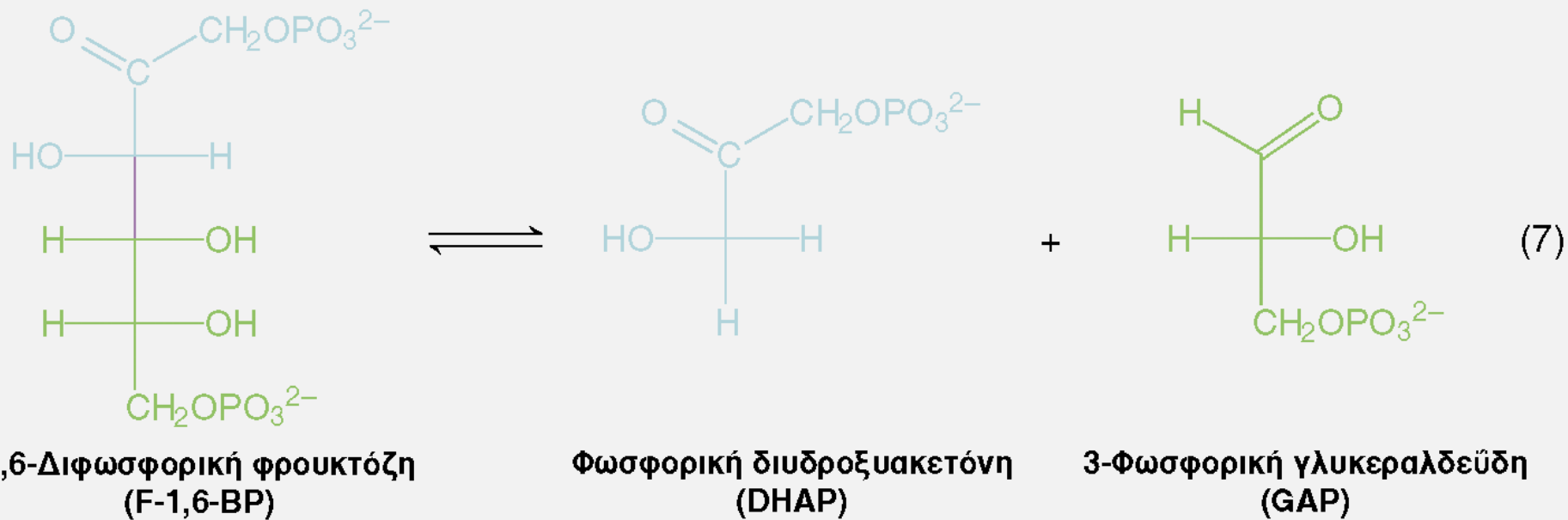
Η συγκεκριμένη αντίδραση δεσμεύει την γλυκόζη μέσα στο κύτταρο ώστε να λάβει χώρα ο καταβολισμός

Αντιδράσεις υδρόλυσης



Τα απλά συστατικά που παράγονται θα χρησιμοποιηθούν για παράγωγη ενέργειας ή για βιοσυνθετικούς σκοπούς

Αντιδράσεις διάσπασης δεσμών ή αφαίρεσης ομάδων (λυάσες)



Όλες οι παραπάνω αντιδράσεις

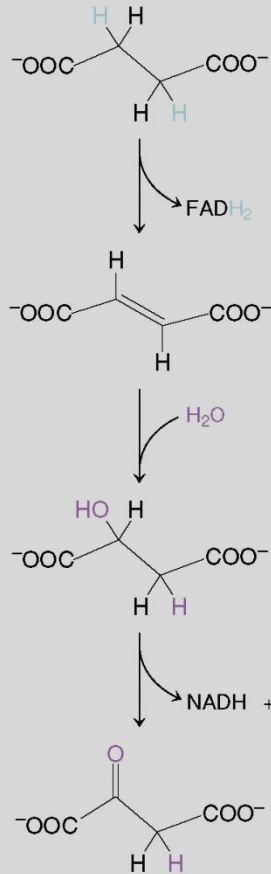
μπορούν να προχωρήσουν και προς τις **δύο**
κατευθύνσεις

εξαρτάται από την πρότυπη ελεύθερη ενέργεια

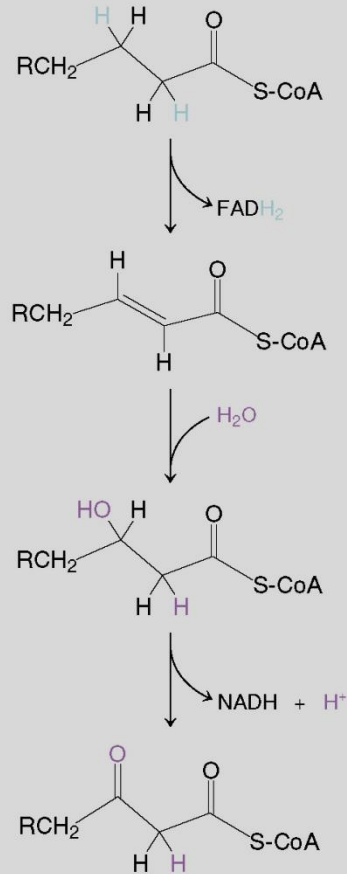
και

από τις **συγκεντρώσεις αντιδρώντων και**
προϊόντων

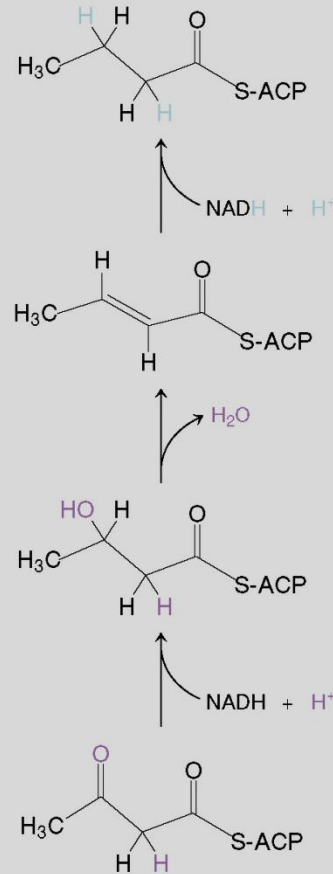
Κύκλος του κιτρικού οξέος



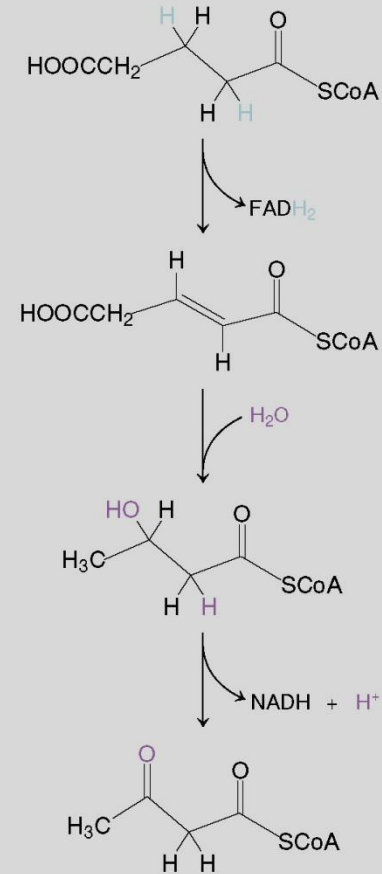
Αποικοδόμηση λιπαρών οξέων



Σύνθεση λιπαρών οξέων



Αποικοδόμηση λυσίνης



ΕΙΚΟΝΑ 14.17 Μεταβολικά μοτίβα. Μερικές μεταβολικές πορείες έχουν κοινές παρόμοιες αλληλουχίες αντιδράσεων — στην περίπτωση αυτή, μια οξείδωση, η προσθήκη μιας λειτουργικής ομάδας (από ένα μόριο ύδατος) σε έναν διπλό δεσμό και μια άλλη οξείδωση. Η ACP είναι η συντομογραφία της ακυλοφόρου πρωτεΐνης.

Υπάρχει μια χημική λογική η οποία όταν εκτίθεται καθιστά την πολυπλοκότητα της χημείας των ζώντων οργανισμών πιο εύχρηστη και αποκαλύπτει την κομψότητα και την απλότητα της

Ρύθμιση των μεταβολικών διεργασιών

- Ποσότητα ενζύμων
- Καταλυτική δραστικότητα
- Ευκολία προσέγγισης υποστρωμάτων

Ποσότητα ενζύμων (επίπεδο έκφρασης DNA)

Καταλυτική δραστικότητα

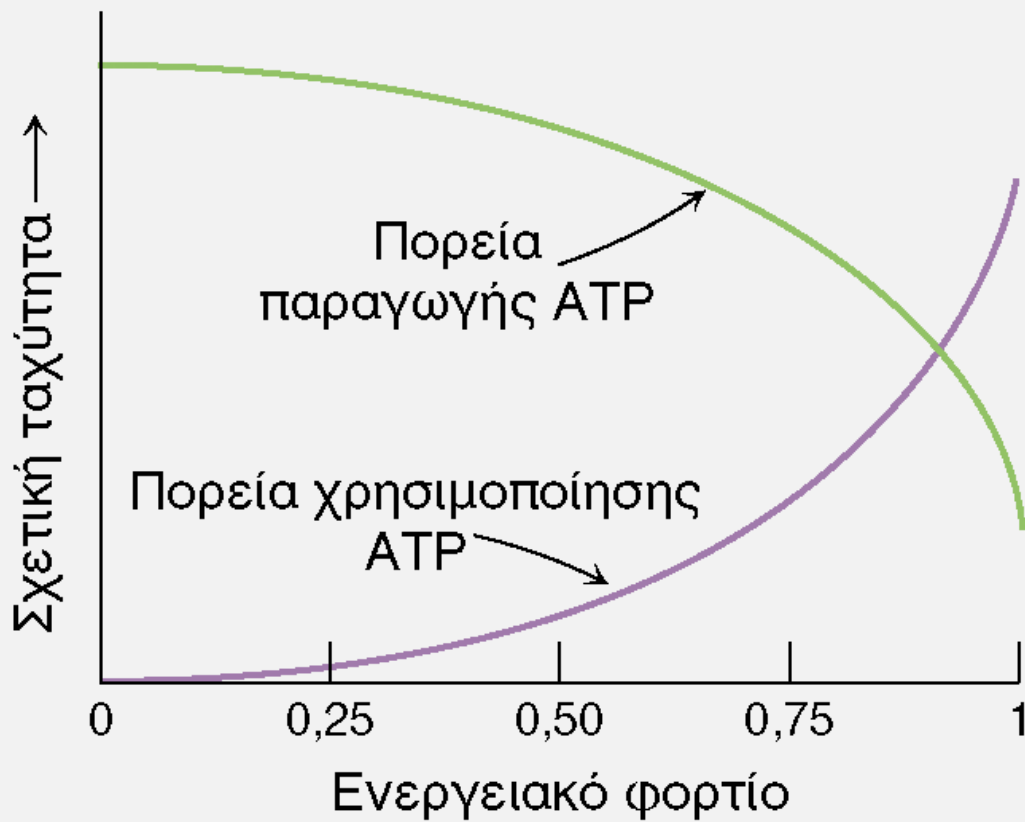
(αλλοστερικής έλεγχος, ομοιοπολική τροποποίηση)

Ορμόνες συντονίζουν μεταβολικές σχέσεις μεταξύ διαφόρων
ιστών

(αντιστρεπτή τροποποίηση ενζύμων)

Ευκολία προσέγγισης υποστρωμάτων

οι βιοσυνθετικές και οι αποικοδομητικές είναι πάντοτε ξεχωριστές
(οξειδωση λιπαρών οξέων μιτοχόνδρια - σύνθεση λιπαρών οξέων
κυτταρόπλασμα)



ΕΙΚΟΝΑ 14.18 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).

Πολλές αντιδράσεις **ελέγχονται** από την συγκέντρωση ATP
 Η συγκέντρωση ATP ελέγχεται όπως και το pH του κυττάρου

Ενεργειακό φορτίο =

$$\frac{[ATP]+1/2[ADP]}{[ATP]+[ADP]+[AMP]}$$

$$[ATP]+[ADP]+[AMP]$$

Και κυμαίνεται στα περισσότερα κύτταρα μεταξύ 0,8-0,95

Είναι το σημείο τομής όπου οι δυο πορείες είναι ίσες και επικρατεί ισορροπία

Πολλές πορείες αναστέλλονται ή διεγείρονται από το ενεργειακό φορτίο (ποσότητα ATP)

Εξέλιξη των μεταβολικών πορειών

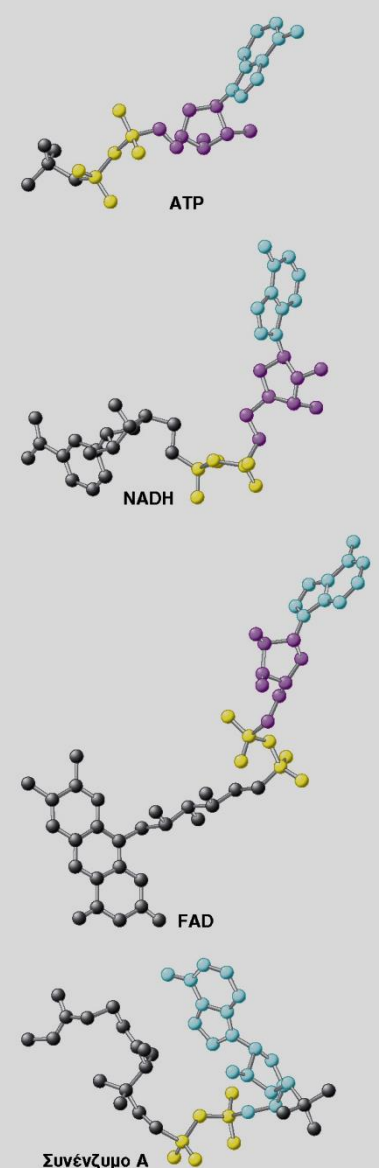
Οι ενεργοποιημένοι φορείς
ATP, NADH, FADH₂ και συνένζυμο A
Περιέχουν μονάδες φωσφορικής αδενοσίνης

Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι τα παραπάνω μόρια εξελίχθηκαν από τους πρώτους καταλύτες RNA.

Μονάδες που δεν είναι RNA μπορεί να είχαν στρατολογηθεί για να υπηρετήσουν ως αποτελεσματική φορείς ενεργοποιημένων ηλεκτρονίων.

Όταν οι πρωτεΐνες αντικατέστησαν το RNA οι φορείς ενεργοποιημένων ηλεκτρονίων είχαν ήδη προσαρμοστεί καλά στους μεταβολικούς τους ρόλους.

Η μονάδα νικοτιναμιδίου του NADH μπορεί να μεταφέρει ηλεκτρόνια ανεξάρτητα εάν η μονάδα αδενικής αλληλεπιδρά με ένα μόριο RNA ή με ένα πρωτεϊνικό ένζυμο



ΕΙΚΟΝΑ 14.19 Η διφωσφορική αδενοσίνη (ADP) είναι ένα αρχαίο τμήμα του μεταβολισμού. Αυτή η βασική δομική μονάδα είναι παρούσα σε καθοριστικά μόρια, όπως είναι η ATP, το NADH, το FAD και το συνένζυμο A. Η μονάδα αδενικής δείχνεται με μπλε, η μονάδα ριβόζης με κόκκινο και η διφωσφορική μονάδα με κίτρινο.