

ΠΕΨΗ & ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ (ΣΑΚΧΑΡΩΝ)

ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ Ι

Σύνοψη: Πέψη, αποικοδόμηση & μεταβολισμός υδατανθράκων

Δομή & βιολογική σημασία της γλυκόζης

Δομή υδατανθρακών τροφής

Πέψη υδατανθρακών τροφής

Αμυλάση (σίελος, πάγκρεας)

Σακχαριδάσες λεπτού εντέρου

Απορρόφηση

Είσοδος γλυκόζης στα κύτταρα

Τύποι και λειτουργία μεταφορέων GLUT

Μεταβολική τύχη γλυκόζης

Γλυκόλυση

Οδός φωσφορικών πεντοζών

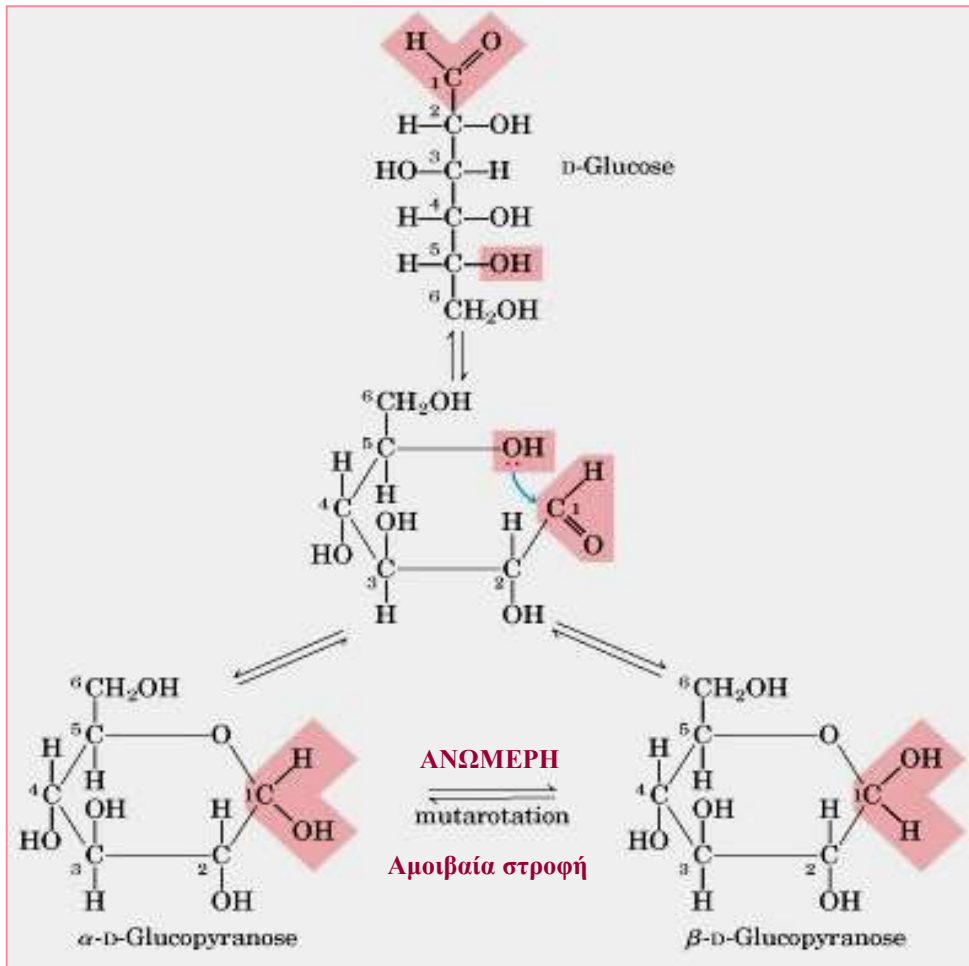
Σύνθεση γλυκογόνου

Σύνοψη μεταβολισμού υδατανθρακών

Η σημασία του μεταβολισμού της γλυκόζης

Ασθένειες του μεταβολισμού των υδατανθρακών

ΓΛΥΚΟΖΗ

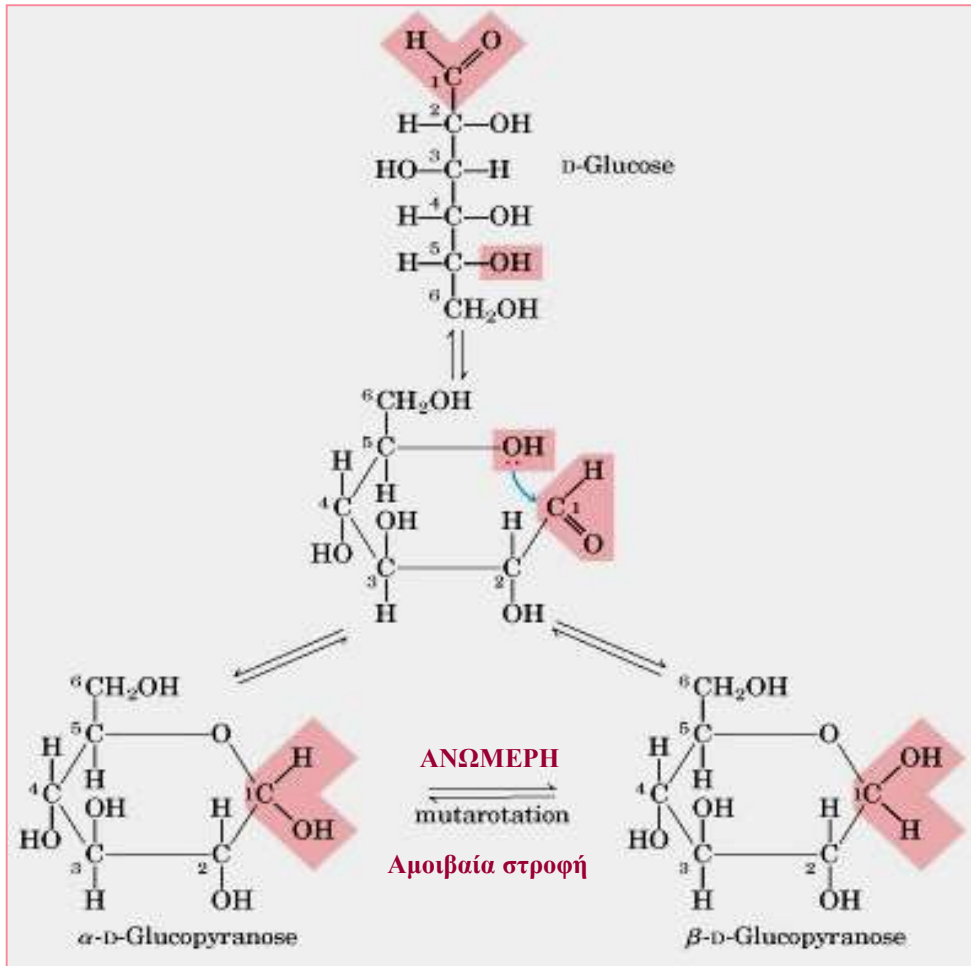


Γλυκόζη: το πιο σημαντικό και κοινό καύσιμο.

Το μοναδικό καύσιμο για τον εγκέφαλο (υπό κ.σ.) και για τα ερυθροκύτταρα (πάντα)

1. Σχηματισμός από φορμαλδεΐδη σε προβιοτικές συνθήκες
2. Χαμηλή τάση γλυκοζυλίωσης πρωτεϊνών λόγω δακτυλίου
3. Σταθερή δομή

ΓΛΥΚΟΖΗ



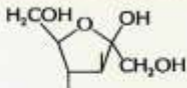
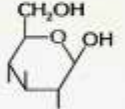
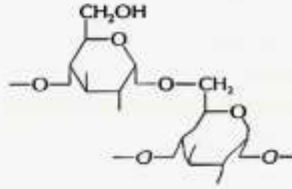
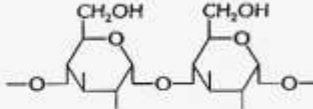
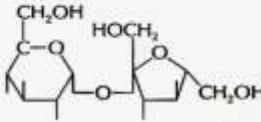
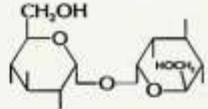
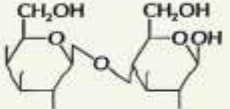
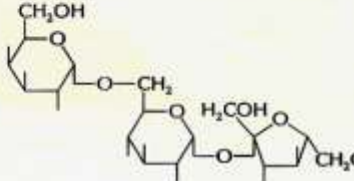
Γλυκόζη: το πιο σημαντικό και κοινό καύσιμο.

Το μοναδικό καύσιμο για τον εγκέφαλο (υπό κ.σ.) και για τα ερυθροκύτταρα (πάντα)

1. Σχηματισμός από φορμαλδεΐδη σε προβιοτικές συνθήκες
2. Χαμηλή τάση γλυκοζυλίωσης πρωτεϊνών λόγω δακτυλίου
3. Σταθερή δομή

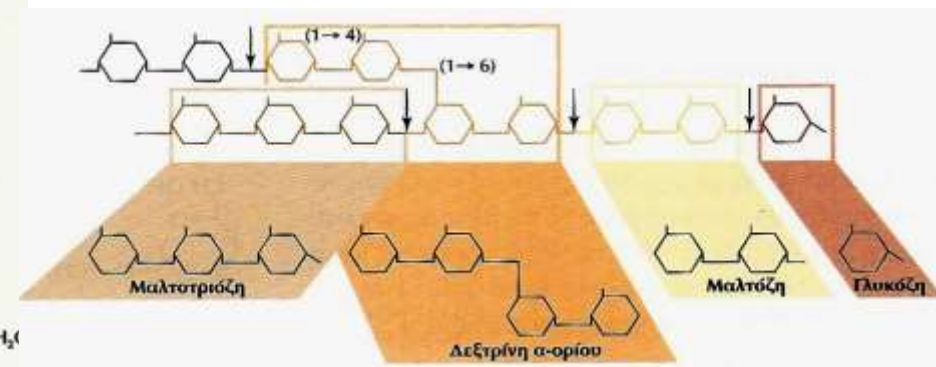
Ο ανθρώπινος οργανισμός είναι ικανός να συνθέσει γλυκόζη (γλυκονεογένεση) από: γαλακτικό, πυροσταφυλικό, γλυκερόλη, αμινοξέα στο: ήπαρ, νεφρά, και να αποθηκεύσει γλυκόζη (σύνθεση γλυκογόνου - γλυκογονογένεση) στο: ήπαρ, μυς, νεφρά, δέρμα, αδένες

Πίνακας 26.8 Διατροφικοί υδατάνθρακες

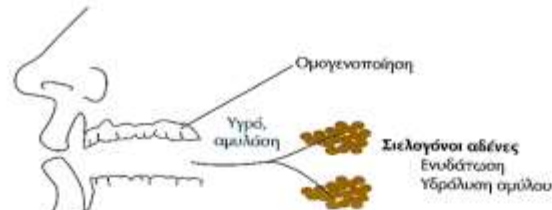
Υδατάνθρακας	Συνήθης πηγή	Δομή
Φρουκτόζη	Φρούτα, μέλι	α -Fru 
Γλυκόζη	Φρούτα, μέλι, σταφύλια	β -Glc 
Άμυλοπεκτίνη	Πατάτες, ρύζι, καλαμπόκι, ψωμί	α -Glc(1 \rightarrow 4) _n Glc με κλάδοι α -Glc(1 \rightarrow 6) 
Άμυλόζη	Πατάτες, ρύζι, καλαμπόκι, ψωμί	α -Glc(1 \rightarrow 4) _n Glc 
Σουκρόζη	Επιτραπέζια ζάχαρη, γλυκά	α -Glc(1 \rightarrow 2) β -Fru 
Τρεαλόζη	Πρώιμα μανιτάρια	α -Glc(1 \rightarrow 1) α -Glc 
Λακτόζη	Γάλα, γαλακτοκομικά προϊόντα	β -Gal(1 \rightarrow 4)Glc 
Ραφινόζη	Σπόροι οσπρίων	α -Gal(1 \rightarrow 6) α -Glc (1 \rightarrow 2) β -Fru 

- Όλοι οι υδατάνθρακες της τροφής μετατρέπονται σε **γλυκόζη** ή μεταβολίζονται μέσα από μονοπάτια μεταβολισμού της γλυκόζης.

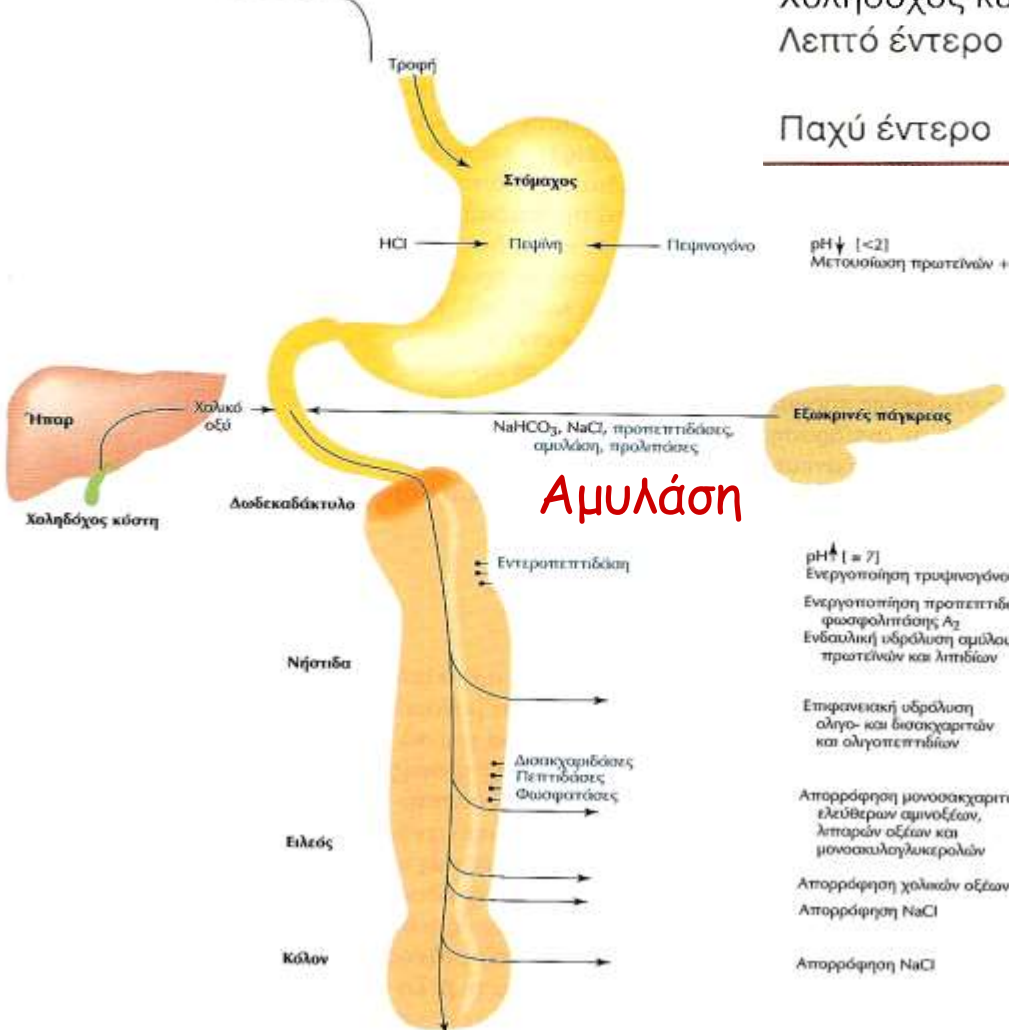
- Φρουκτόζη
- Άμυλο (γλυκόζη + γλυκόζη + γλυκόζη +)
- Γλυκογόνο (γλυκόζη + γλυκόζη + γλυκόζη +)
- Μαλτόζη (γλυκόζη + γλυκόζη)
- Σουκρόζη (γλυκόζη + φρουκτόζη)
- Λακτόζη (γλυκόζη + γαλακτόζη)
- Γαλακτόζη



ΠΕΨΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ



Αμυλάση



Αμυλάση

Όργανο	Βασική λειτουργία στην πέψη και την απορρόφηση
Σιελογόνοι αδένες	Σύνθεση υγρών και πεπτικών ενζύμων
Στομάχι	Σύνθεση HCl και πεπτικών ενζύμων
Πάγκρεας	Σύνθεση NaHCO ₃ και ενζύμων για ενδοεντερική πέψη
Ήπαρ	Σύνθεση χολικών οξέων
Χοληδόχος κύστη	Αποθήκευση και συγκέντρωση χολής
Λεπτό έντερο	Τελική πέψη τροφής, απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και ηλεκτρολυτών
Παχύ έντερο	Απορρόφηση ηλεκτρολυτών

pH ↓ (< 2)
Μετουσίωση πρωτεϊνών + υδρόλυση

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.2 Πεπτικά ένζυμα της επιφάνειας του λεπτού εντέρου

Ένζυμο (κοινή ονομασία)	Υπόστρωμα
Μαλτάση	Μαλτόζη
Σουκράση/ισομαλτάση	Σουκρόζη/α-ορίου δεξτρίνη
Γλυκοαμυλάση	Αμυλόζη
Τρεαλάση	Τρεολόζη
β-Γλυκοσιδάση	Γλυκοσυλοκεραμίδιο
Λακτάση	Λακτόζη
Ενδοπεπτιδάση	Πρωτεΐνη
Αμινοπεπτιδάση A	Ολιγοπεπτιδίο με όξινο NH ₂ άκρο
Αμινοπεπτιδάση N	Ολιγοπεπτιδίο με ουδέτερο NH ₂ άκρο
Διπεπτιδυλική αμινοπεπτιδάση	Ολιγοπεπτιδίο με X-Pro ή X-Ala στο NH ₂ άκρο
Αμινοπεπτιδάση λευκίνης	Πεπτιδίο με ουδέτερο αμινοξύ στο NH ₂ άκρο
γ-Γλουταμυλοτρανσφεράση	Γλουταθειόνη και αμινοξύ
Εντεροπεπτιδάση (εντεροκινάση)	Θρυψινογόνο
Αλκαλική φωσφατάση	Οργανικά φωσφορικά άλατα

pH ↑ (= 7)
Ενεργοποίηση τρυψινογόνου
Ενεργοποίηση προπεπτιδάσας
Ενεργοποίηση προπεπτιδάσας A₂
Ενδοεντερική υδρόλυση αμύλου, πρωτεϊνών και λιπιδίων

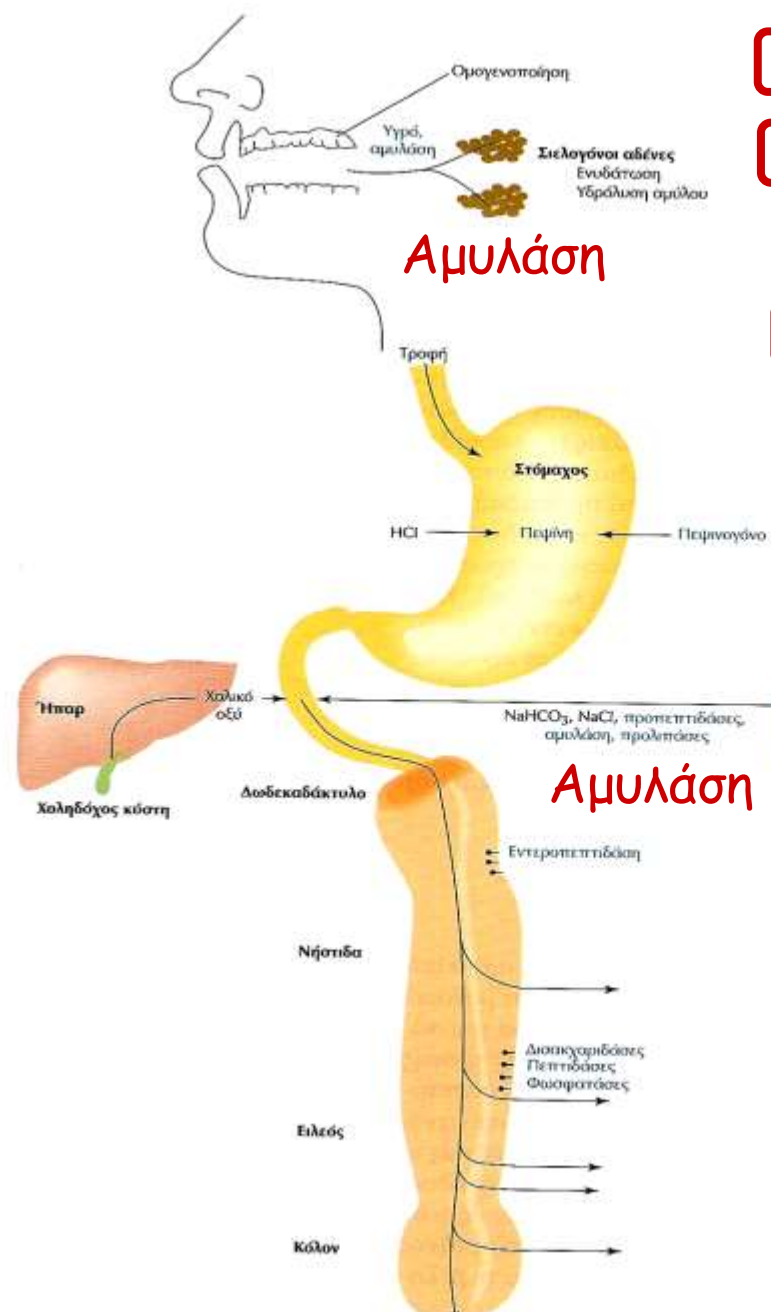
Επιφανειακή υδρόλυση ολιγο- και δισάκχαριτών και ολιγοπεπτιδίων

Απορρόφηση μονοσακχαριτών ελεύθερων αμινοξέων, λιπαρών οξέων και μονοσακχαλγλυκερολών

Απορρόφηση χολικών οξέων
Απορρόφηση NaCl

Απορρόφηση NaCl

ΠΕΨΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ



Όργανο	Βασική λειτουργία στην πέψη και την απορρόφηση
Σιελογόνοι αδένες	Σύνθεση υγρών και πεπτικών ενζύμων
Στομάχι	Σύνθεση HCl και πεπτικών ενζύμων
Πάγκρεας	Σύνθεση NaHCO ₃ και ενζύμων για ενδοεντερική πέψη
Ήπαρ	Σύνθεση χολικών οξέων
Χοληδόχος κύστη	Αποθήκευση και συγκέντρωση χολής
Λεπτό έντερο	Τελική πέψη τροφής, απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και ηλεκτρολυτών
Παχύ έντερο	Απορρόφηση ηλεκτρολυτών

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.2 Πεπτικά ένζυμα της επιφάνειας του λεπτού εντέρου

Ένζυμο (κοινή ονομασία)	Υπόστρωμα
Μαλτάση	Μαλτόζη
Σουκράση/ισομαλτάση	Σουκρόζη/α-ορίου δεξτρίνη
Γλυκοαμύλαση	Αμυλόζη
Τρεαλάση	Τρεολόζη
β-Γλυκοσιδάση	Γλυκοσυλοκεραμίδιο
Λακτάση	Λακτόζη
Ενδοπεπτιδάση	Πρωτεΐνη
Αμινοπεπτιδάση A	Ολιγοπεπτιδίο με όξινο NH ₂ άκρο
Αμινοπεπτιδάση N	Ολιγοπεπτιδίο με ουδέτερο NH ₂ άκρο
Διπεπτιδυλική αμινοπεπτιδάση	Ολιγοπεπτιδίο με X-Pro ή X-Ala στο NH ₂ άκρο
Αμινοπεπτιδάση λευκίνης	Πεπτιδίο με ουδέτερο αμινοξύ στο NH ₂ άκρο
γ-Γλουταμυλοτρανσφεράση	Γλουταθειόνη και αμινοξύ
Εντεροπεπτιδάση (εντεροκινάση)	Θρυψινογόνο
Αλκαλική φωσφατάση	Οργανικά φωσφορικά άλατα

pH ↓ (<2)
Μετουσίωση πρωτεϊνών + υδρόλυση

pH ↑ (= 7)
Ενεργοποίηση τρυψινογόνου
Ενεργοποίηση προπεπτιδάσας
Ενεργοποίηση φωσφολιπάσης A₂
Ενδοεντερική υδρόλυση αμύλου, πρωτεϊνών και λιπιδίων

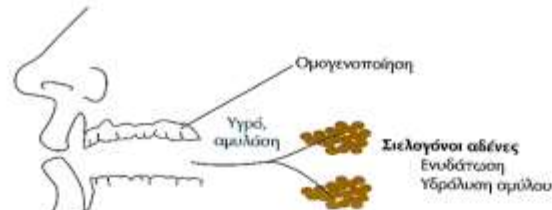
Επιφανειακή υδρόλυση ολιγο- και δισακχαριτών και ολιγοπεπτιδίων

Απορρόφηση μονοσακχαριτών ελεύθερων αμινοξέων, λιπαρών οξέων και μονοσακχαλγλυκερολών

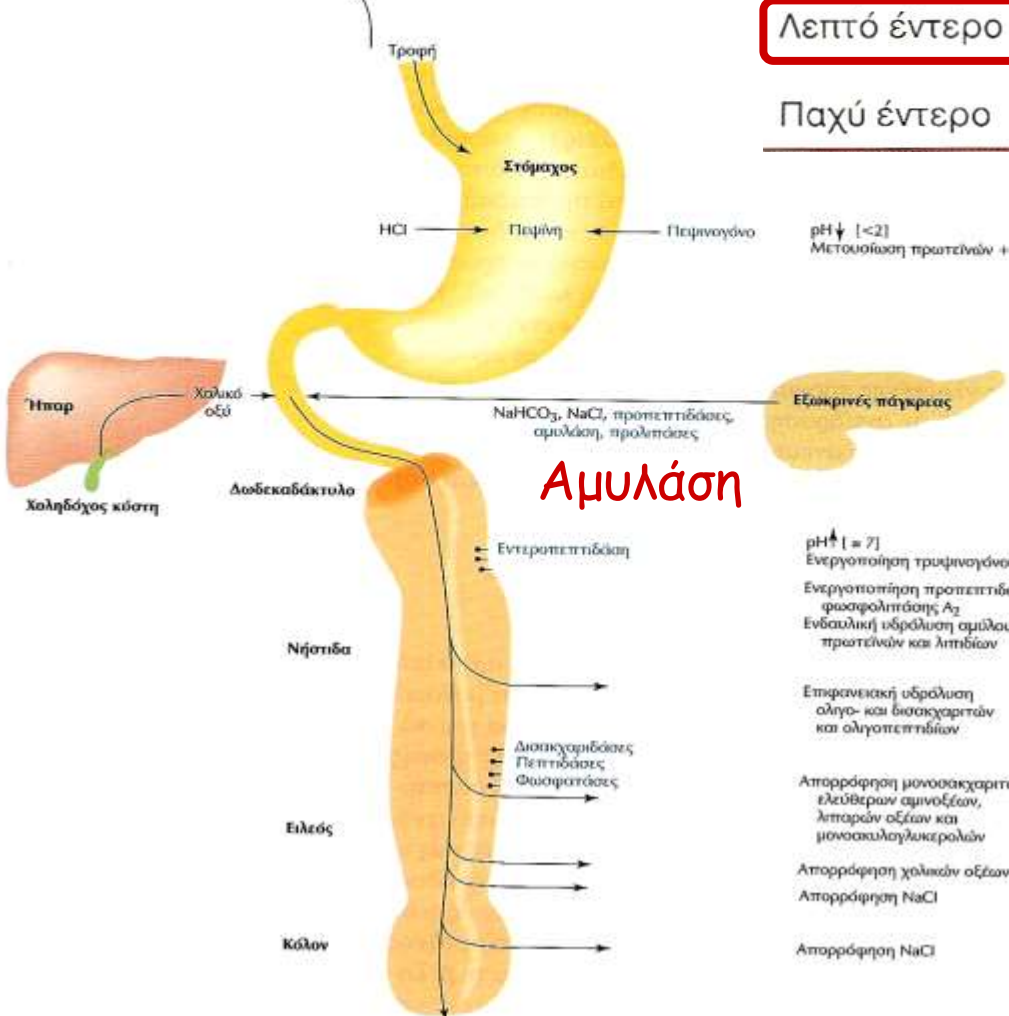
Απορρόφηση χολικών οξέων
Απορρόφηση NaCl

Απορρόφηση NaCl

ΠΕΨΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ



Αμυλάση



Αμυλάση

Όργανο	Βασική λειτουργία στην πέψη και την απορρόφηση
Σιελογόνοι αδένες	Σύνθεση υγρών και πεπτικών ενζύμων
Στομάχι	Σύνθεση HCl και πεπτικών ενζύμων
Πάγκρεας	Σύνθεση NaHCO ₃ και ενζύμων για ενδοεντερική πέψη
Ήπαρ	Σύνθεση χολικών οξέων
Χοληδόχος κύστη	Αποθήκευση και συγκέντρωση χολής
Λεπτό έντερο	Τελική πέψη τροφής, απορρόφηση θρεπτικών συστατικών και ηλεκτρολυτών
Παχύ έντερο	Απορρόφηση ηλεκτρολυτών

pH ↓ (< 2)
Μετουσίωση πρωτεϊνών + υδρόλυση

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.2 Πεπτικά ένζυμα της επιφάνειας του λεπτού εντέρου

Ένζυμο (κοινή ονομασία)	Υπόστρωμα
Μαλτάση	Μαλτόζη
Σουκράση/ισομαλτάση	Σουκρόζη/α-ορίου δεξτρίνη
Γλυκοαμυλάση	Αμυλόζη
Τρεαλάση	Τρεολόζη
β-Γλυκοσιδάση	Γλυκοσυλοκεραμίδιο
Λακτάση	Λακτόζη
Ενσοπεπτιδάση	Γ πρωτεΐνη
Αμινοπεπτιδάση A	Ολιγοπεπτιδίο με όξινο NH ₂ άκρο
Αμινοπεπτιδάση N	Ολιγοπεπτιδίο με ουδέτερο NH ₂ άκρο
Διπεπτιδυλική αμινοπεπτιδάση	Ολιγοπεπτιδίο με X-Pro ή X-Ala στο NH ₂ άκρο
Αμινοπεπτιδάση λευκίνης	Πεπτιδίο με ουδέτερο αμινοξύ στο NH ₂ άκρο
γ-Γλουταμυλοτρανσφεράση	Γλουταθειόνη και αμινοξύ
Εντεροπεπτιδάση (εντεροκινάση)	Θρυψινογόνο
Αλκαλική φωσφατάση	Οργανικά φωσφορικά άλατα

pH ↑ (= 7)
Ενεργοποίηση τρυψινογόνου
Ενεργοποίηση προπεπτιδάσης
Ενεργοποίηση φωσφολιπάσης A₂
Ενδοκυτταρική υδρόλυση αμύλου, πρωτεϊνών και λιπιδίων

Επιφανειακή υδρόλυση ολιγο- και δισάκχαριτών και ολιγοπεπτιδίων

Απορρόφηση μονοσακχαριτών ελεύθερων αμινοξέων, λιπαρών οξέων και μονοσακχαλγλυκερολών

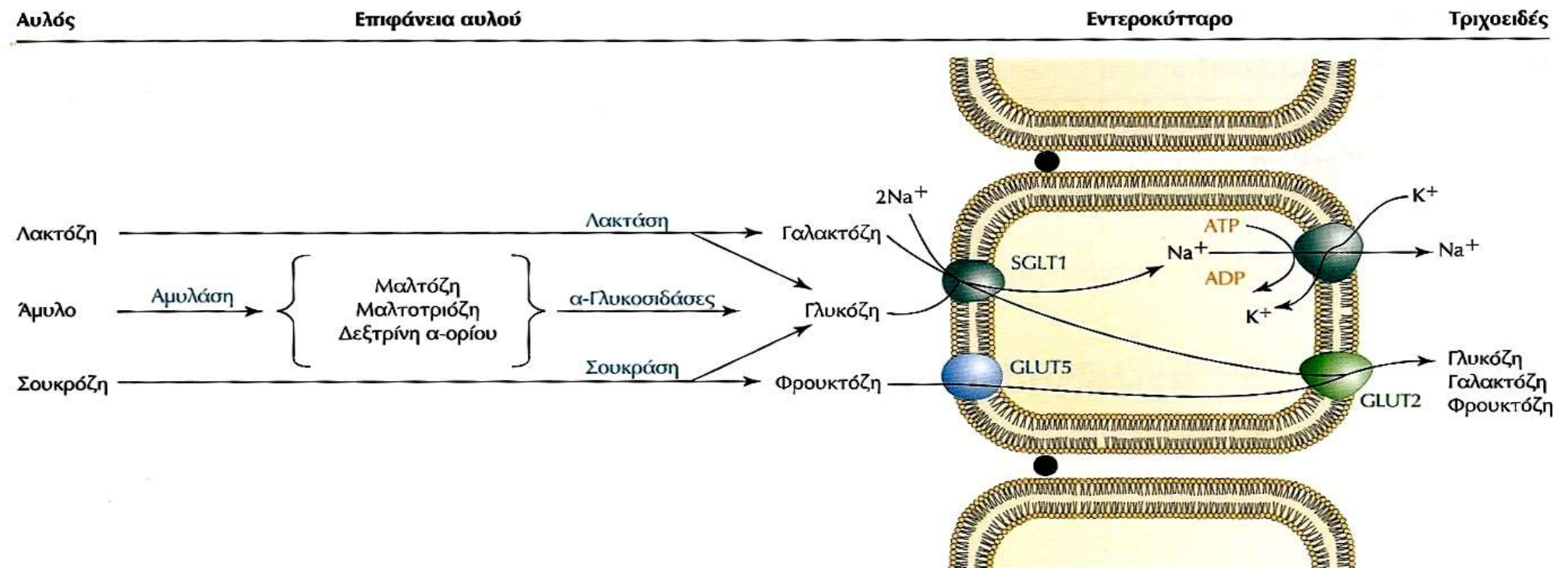
Απορρόφηση χολικών οξέων
Απορρόφηση NaCl

Απορρόφηση NaCl

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΣΑΚΧΑΡΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.9 Σακχαριδάσες της επιφανειακής μεμβράνης του λεπτού εντέρου

Ένζυμο	Ειδικότητα	Φυσικό υπόστρωμα	Προϊόν
εχο-1,4-α-γλυκοσιδάση (γλυκοαμυλάση)	α-(1→4)Γλυκόζη	Αμυλόζη	Γλυκόζη
Ολιγο-1,6-γλυκοσιδάση (ισομαλτάση)	α-(1→6)Γλυκόζη	Ισομαλτόζη, α-δεξτρίνη	Γλυκόζη
α-Γλυκοσιδάση (μαλτάση)	α-(1→4)Γλυκόζη	Μαλτόζη, μαλτοτριόζη	Γλυκόζη
Σουκρόζη-α-γλυκοσιδάση (σουκράση)	α-Γλυκόζη	Σουκρόζη	Γλυκόζη, φρουκτόζη
α, α-Τρεαλάση	α-(1→1)Γλυκόζη	Τρεαλόζη	Γλυκόζη
β-Γλυκοσιδάση	β-Γλυκόζη	Γλυκοσυλκεραμίδιο	Γλυκόζη, κεραμίδιο
β-Γαλακτοσιδάση (λακτάση)	β-Γαλακτόζη	Λακτόζη	Γλυκόζη, γαλακτόζη



ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΗΣ ΓΛΥΚΟΖΗΣ ΣΤΑ ΚΥΤΤΑΡΑ ΤΩΝ ΙΣΤΩΝ

Η γλυκόζη μεταφέρεται στα κύτταρα παθητικά (από μεγαλύτερη σε μικρότερη συγκέντρωση) με την βοήθεια των μεταφορέων GLUT (Glucose Transporters)

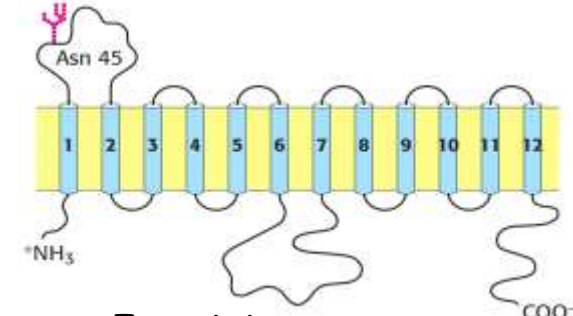
GLUT1, GLUT3: $K_M = 1 \text{ mM}$, σε όλα τα κύτταρα

GLUT2: $K_M = 15\text{-}20 \text{ mM}$, στο ήπαρ και β κύτταρα παγκρέατος

GLUT4: $K_M = 5 \text{ mM}$, στους μύς και τον λιπώδη ιστό

(↑ από ινσουλίνη και άσκηση)

Σε κανονικές συνθήκες ([γλυκόζη] ορού: 4-8 mM) η γλυκόζη τροφοδοτεί όλους τους ιστούς αλλά στο ήπαρ και στο πάγκρεας εισέρχεται κυρίως μετά τα γεύματα.



Πίνακας 16.4 Οικογένειες μεταφορέων γλυκόζης

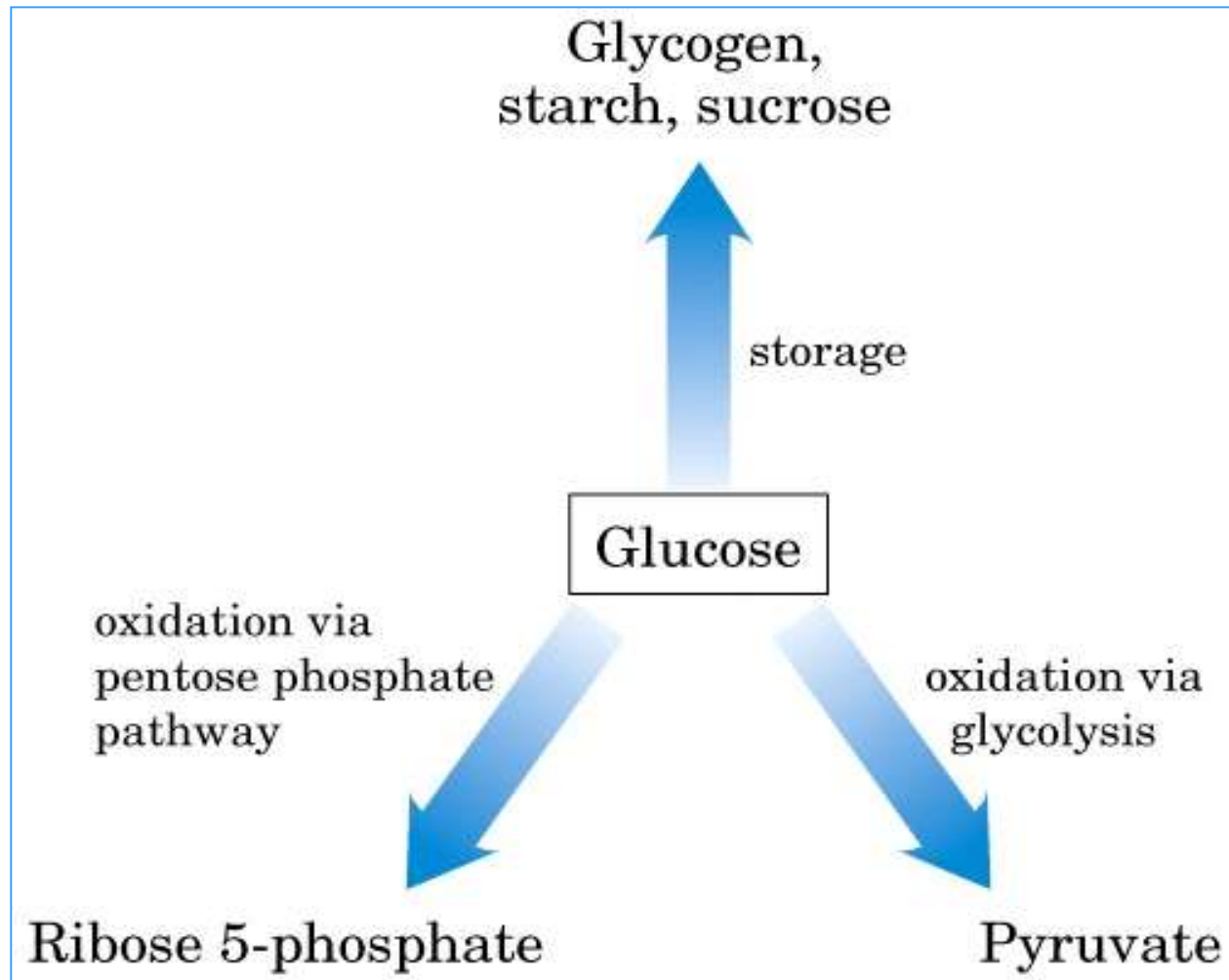
Όνομα	Εντοπισμός ιστού	K_M	Σχόλια
GLUT1	Σε όλους τους ιστούς των θηλαστικών	1	Βασική πρόσληψη γλυκόζης
GLUT2	Ήπαρ και παγκρεατικά κύτταρα β (Σ.τ.Μ.: στα τελευταία, στον άνθρωπο, μόνο μέχρι την ηλικία των 2 ετών. Στη συνέχεια τα ανθρώπινα κύτταρα β εκφράζουν μόνο GLUT1)	15-20	Στο πάγκρεας παίζει ρόλο στη ρύθμιση της ινσουλίνης Στο ήπαρ, απομακρύνει την περίσσεια της γλυκόζης από το αίμα
GLUT3	Σε όλους τους ιστούς των θηλαστικών	1	Βασική πρόσληψη γλυκόζης
GLUT4	Μύες και λιποκύτταρα	5	Η ποσότητά του αυξάνεται στις μυϊκές κυτταρικές μεμβράνες με την άσκηση αντοχής
GLUT5	Λεπτό έντερο	—	Κυρίως ένας μεταφορέας φρουκτόζης

Οι κύριες οδοί χρησιμοποίησης της γλυκόζης

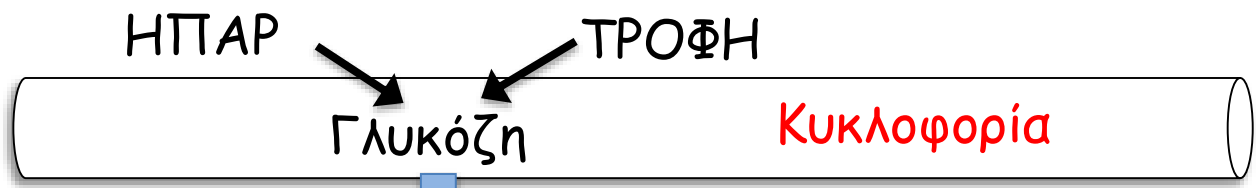
1. Οξείδωση μέσω γλυκόλυσης

2. Οξείδωση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών

3. Αποθήκευση ως γλυκογόνο



Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



Κυτταρόπλασμα

Γλυκόζη

Detailed description: A dashed horizontal line separates the circulatory system from the cytoplasm. Below the line, the word 'Κυτταρόπλασμα' (cytoplasm) is written in orange. A blue arrow points downwards from the 'Γλυκόζη' box in the circulatory system to a 'Γλυκόζη' box in the cytoplasm.

Γλυκό-
λυση

Detailed description: A blue arrow points downwards from the 'Γλυκόζη' box in the cytoplasm to a rounded rectangular box containing the text 'Γλυκό-λυση' (glycolysis).

2ATP+2NADH

Detailed description: A blue arrow points downwards from the 'Γλυκό-λυση' box to a rounded rectangular box containing the text '2ATP+2NADH'.

Αναερόβια

Detailed description: The word 'Αναερόβια' (anaerobic) is written in purple, positioned between the glycolysis and fermentation stages.

(Οξέωση) Γαλακτικό Πυροσταφυλικό

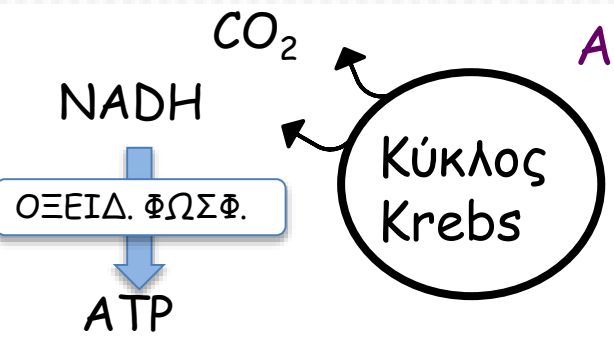
Detailed description: A blue arrow points from a rounded rectangular box containing 'Πυροσταφυλικό' (pyruvate) to another rounded rectangular box containing 'Γαλακτικό' (lactate). To the left of the 'Γαλακτικό' box, the text '(Οξέωση)' (fermentation) is written.

Αερόβια

Detailed description: The word 'Αερόβια' (aerobic) is written in purple, positioned between the anaerobic and aerobic stages.

NADH

Detailed description: A blue arrow points downwards from the 'Πυροσταφυλικό' box to a rounded rectangular box containing the text 'NADH'.



Ακέτυλο-CoA

Detailed description: A blue arrow points from a rounded rectangular box containing 'Ακέτυλο-CoA' (acetyl-CoA) to the 'Κύκλος Krebs'.

NADPH

Detailed description: A blue arrow points from the 'Ακέτυλο-CoA' box to a rounded rectangular box containing 'NADPH'.

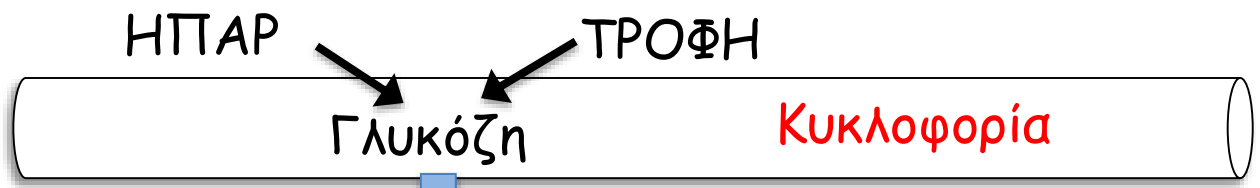
Μιτοχόνδριο

Detailed description: The word 'Μιτοχόνδριο' (mitochondrion) is written in orange, positioned below the aerobic stage.

ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

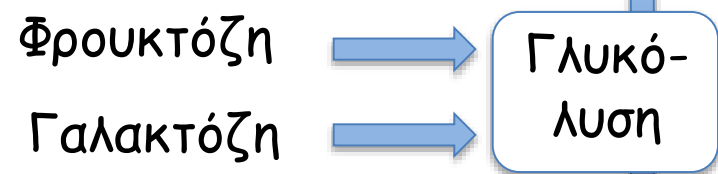
Detailed description: A double-headed arrow connects the 'NADPH' box to the text 'ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ' (fatty acids).

Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



Κυτταρόπλασμα
Γλυκόζη

The word 'Κυτταρόπλασμα' (cytoplasm) is written in orange to the right of a dashed horizontal line. Below this line, a box contains the word 'Γλυκόζη' (glucose).



2ATP+2NADH

A box containing the text '2ATP+2NADH' is positioned below the glycolysis box.

Αναερόβια

The word 'Αναερόβια' (anaerobic) is written in purple above the arrow leading to lactate.

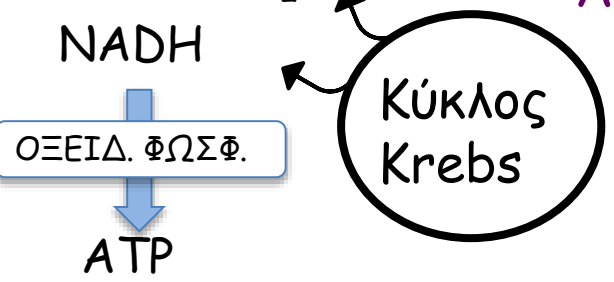


Αερόβια

The word 'Αερόβια' (aerobic) is written in purple above the arrow leading to acetyl-CoA.

NADH

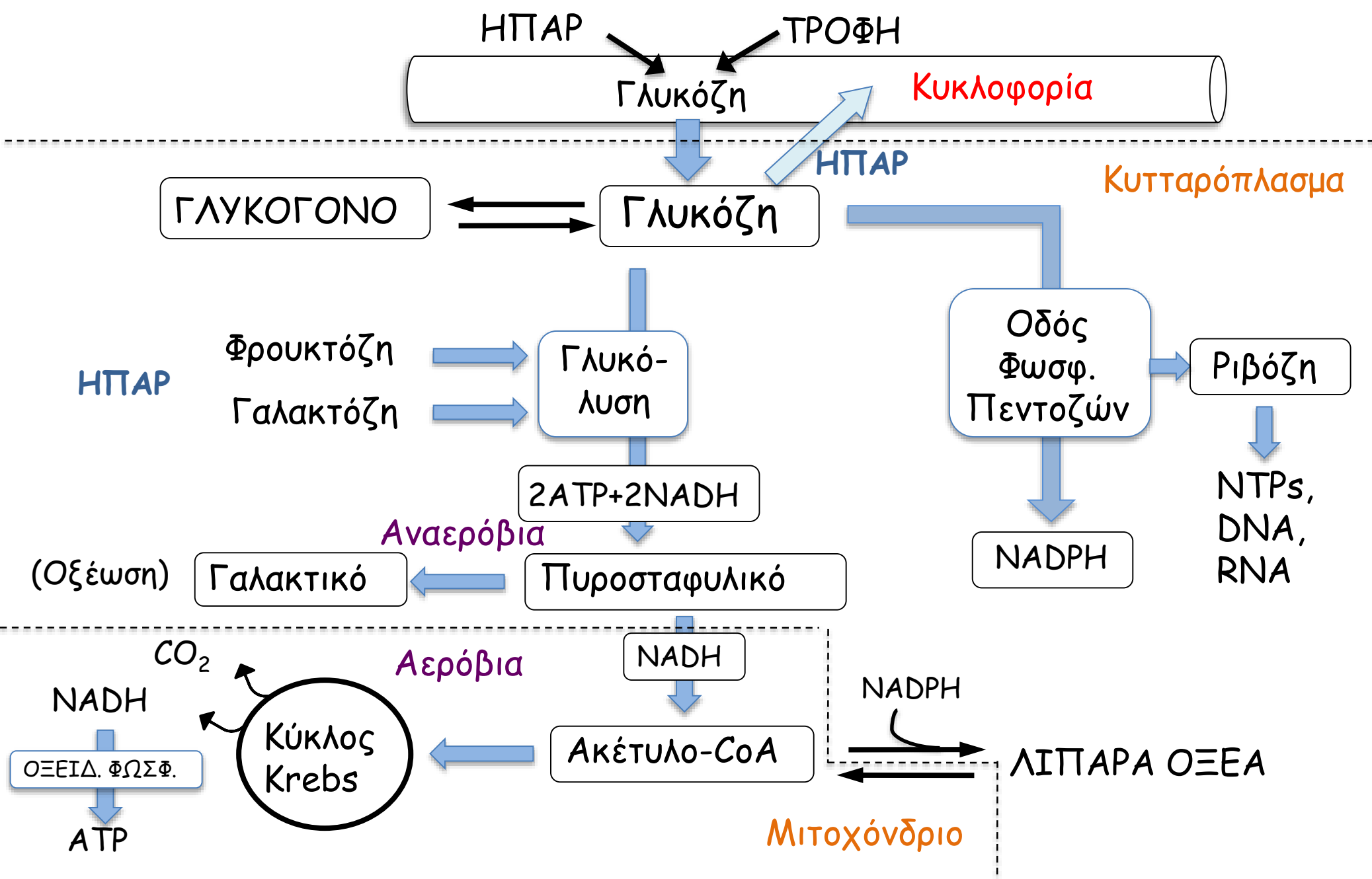
A box containing the text 'NADH' is positioned above the arrow leading to acetyl-CoA.



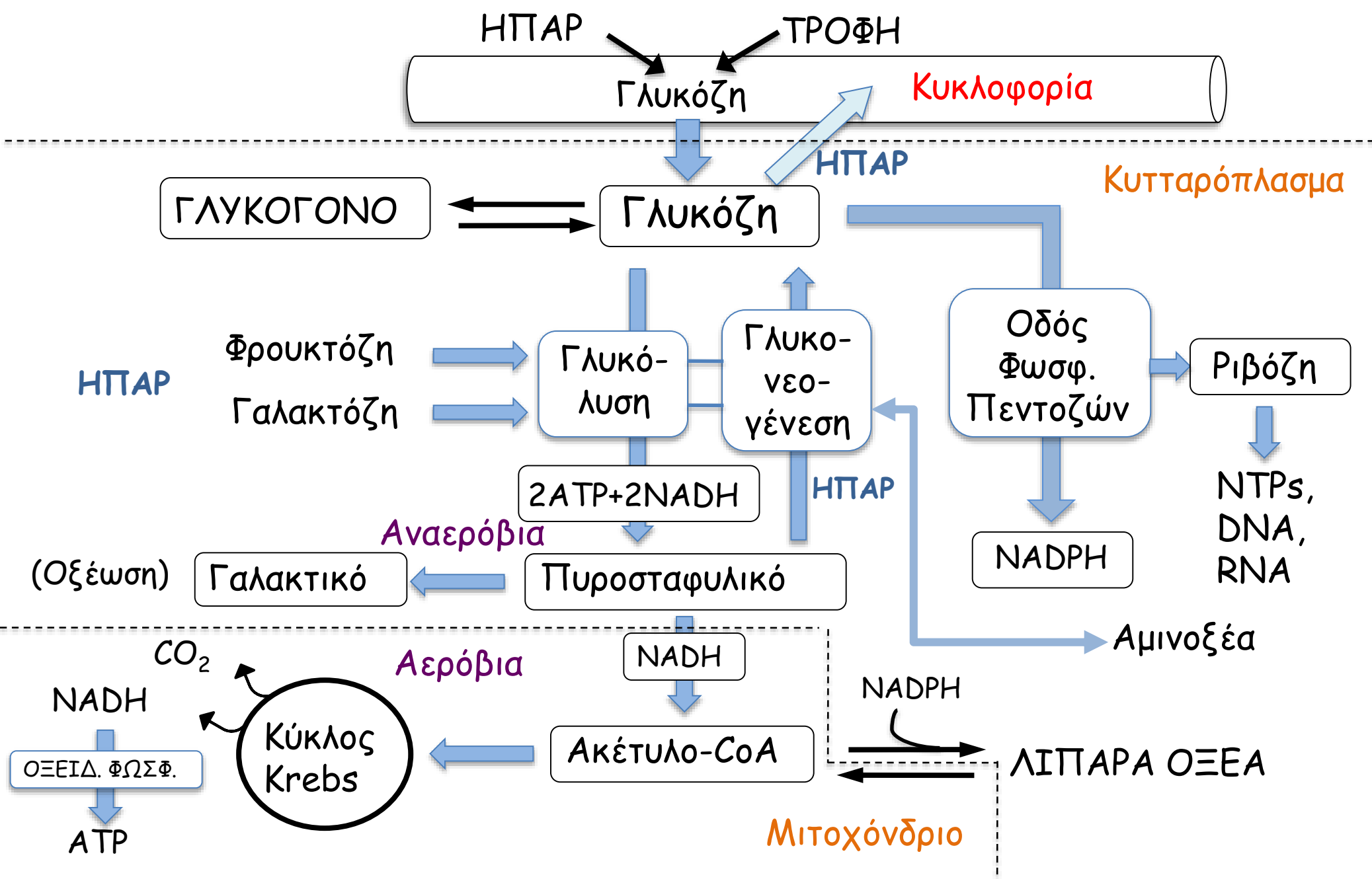
Μιτοχόνδριο

The word 'Μιτοχόνδριο' (mitochondrion) is written in orange below the dashed line.

Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών

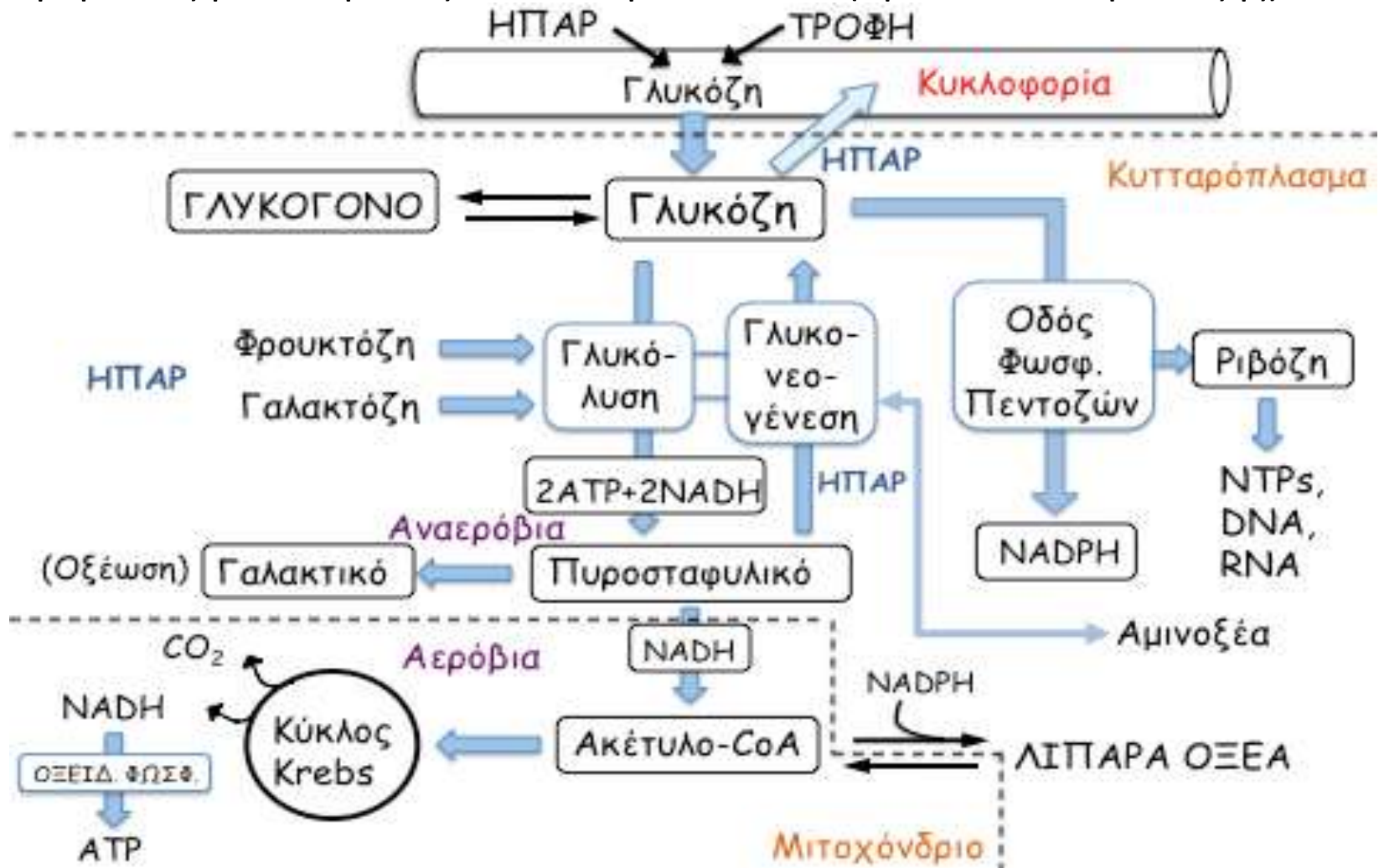


Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



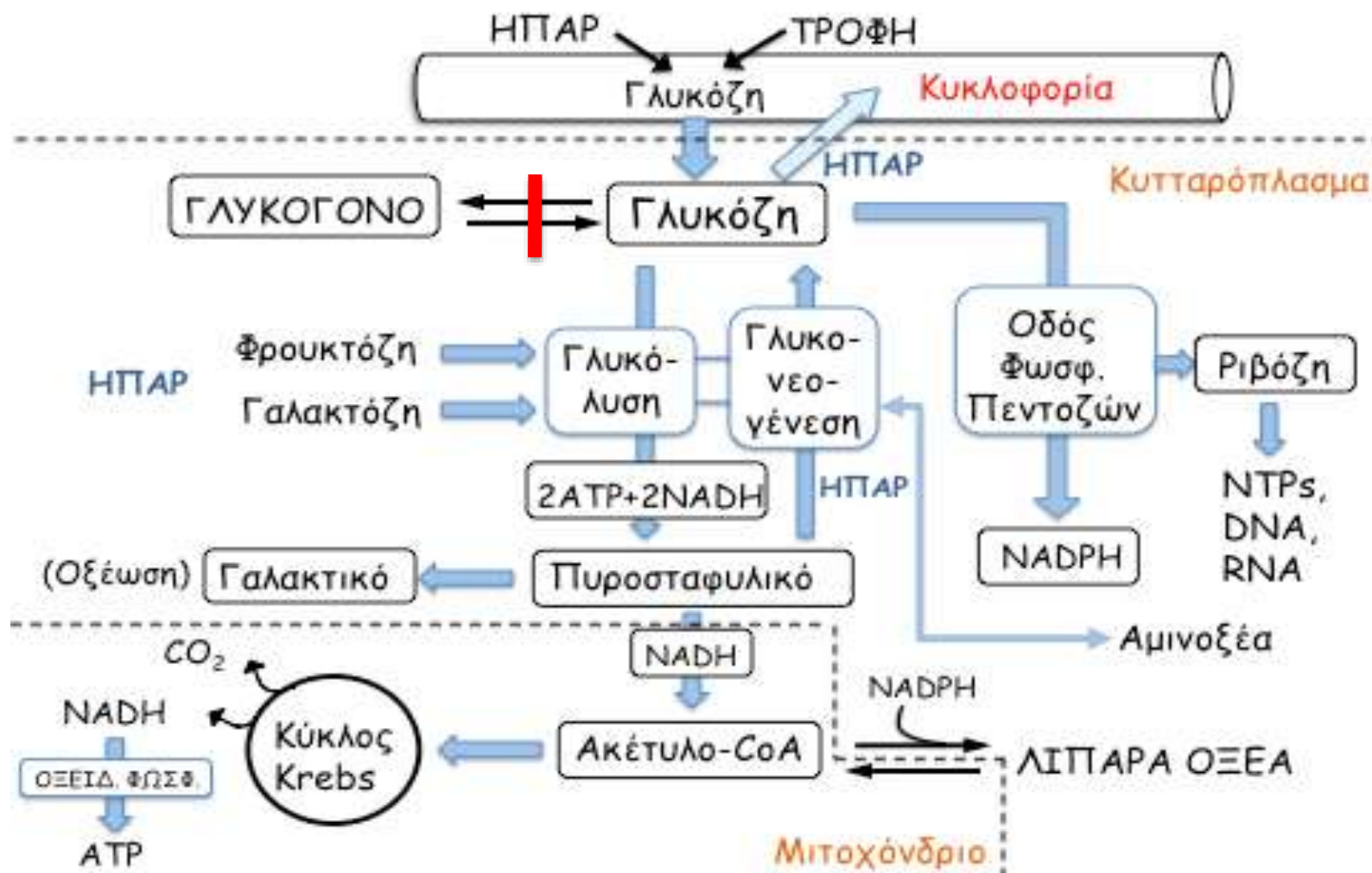
Ο μεταβολισμός των υδατανθρακών

1. εξυπηρετεί την αναερόβια παραγωγή ενέργειας (Σκελετικοί μύς)
2. είναι μοναδική πηγή ενέργειας για ΚΝΣ, Ερυθροκύτταρα
3. επιτρέπει την αποθήκευση άμεσα κινητοποιήσιμης ενέργειας
4. παράγει ενδιάμεσα μεταβολικά προϊόντα
5. διατηρεί την γλυκόζη του αίματος σε σταθερά επίπεδα (ομοιοστασία γλυκόζης)



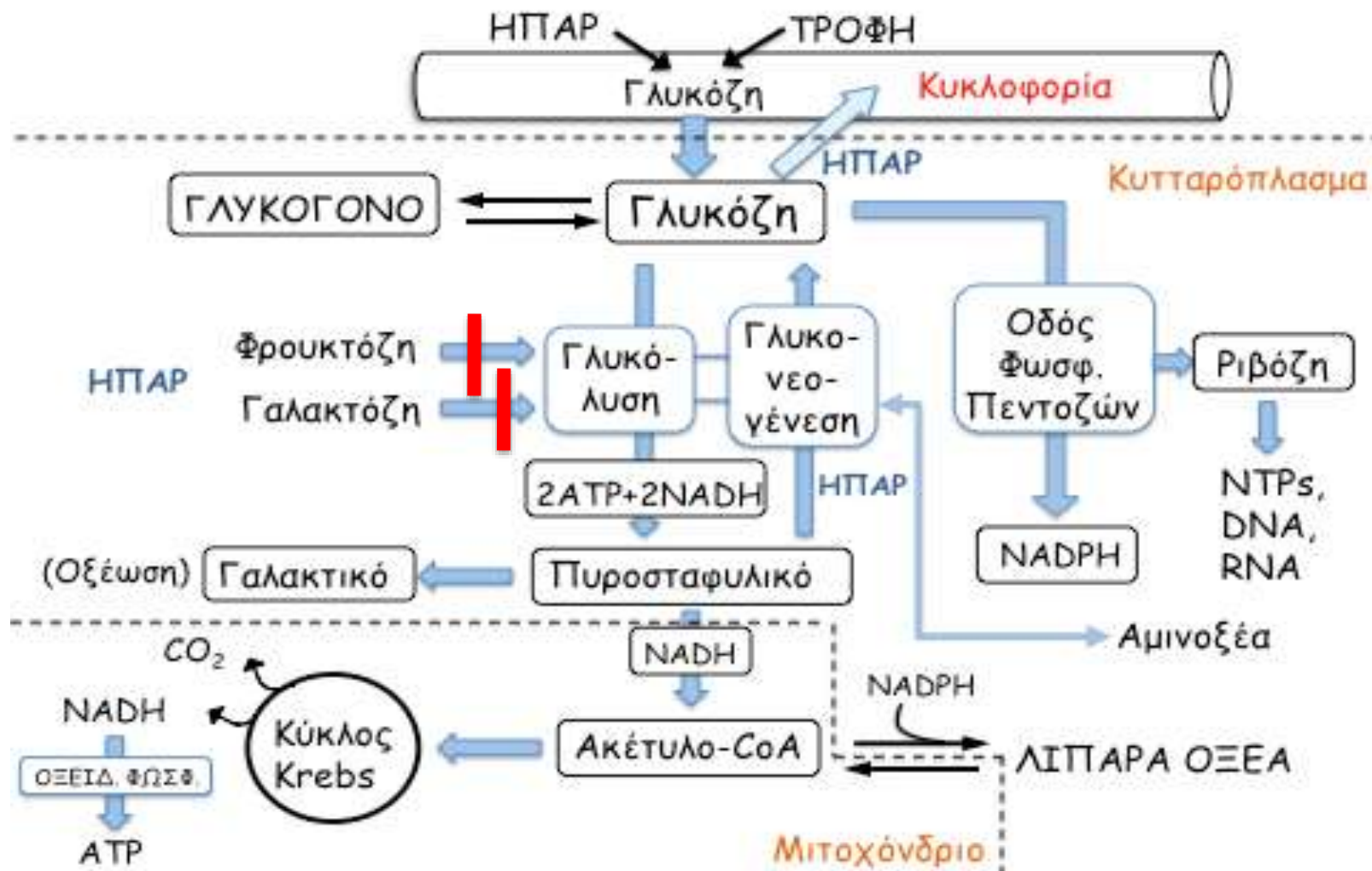
Ασθένειες μεταβολισμού των υδατανθρακών

1. Νόσοι αποθήκευσης γλυκογόνου (αδυναμία μυικής άσκησης, υπογλυκαιμία)
2. Γαλακτοζαιμία, δυσανεξία στη φρουκτόζη (ηπατική βλάβη)
3. Ανεπάρκεια G6PD (φαρμακοεπαγόμενη αιμολυτική αναιμία)
4. Ανεπάρκεια κινάσης πυροσταφυλικού (αιμολυτική αναιμία)
5. Ανεπάρκεια αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού (οξέωση, νευρολογ. βλάβες)



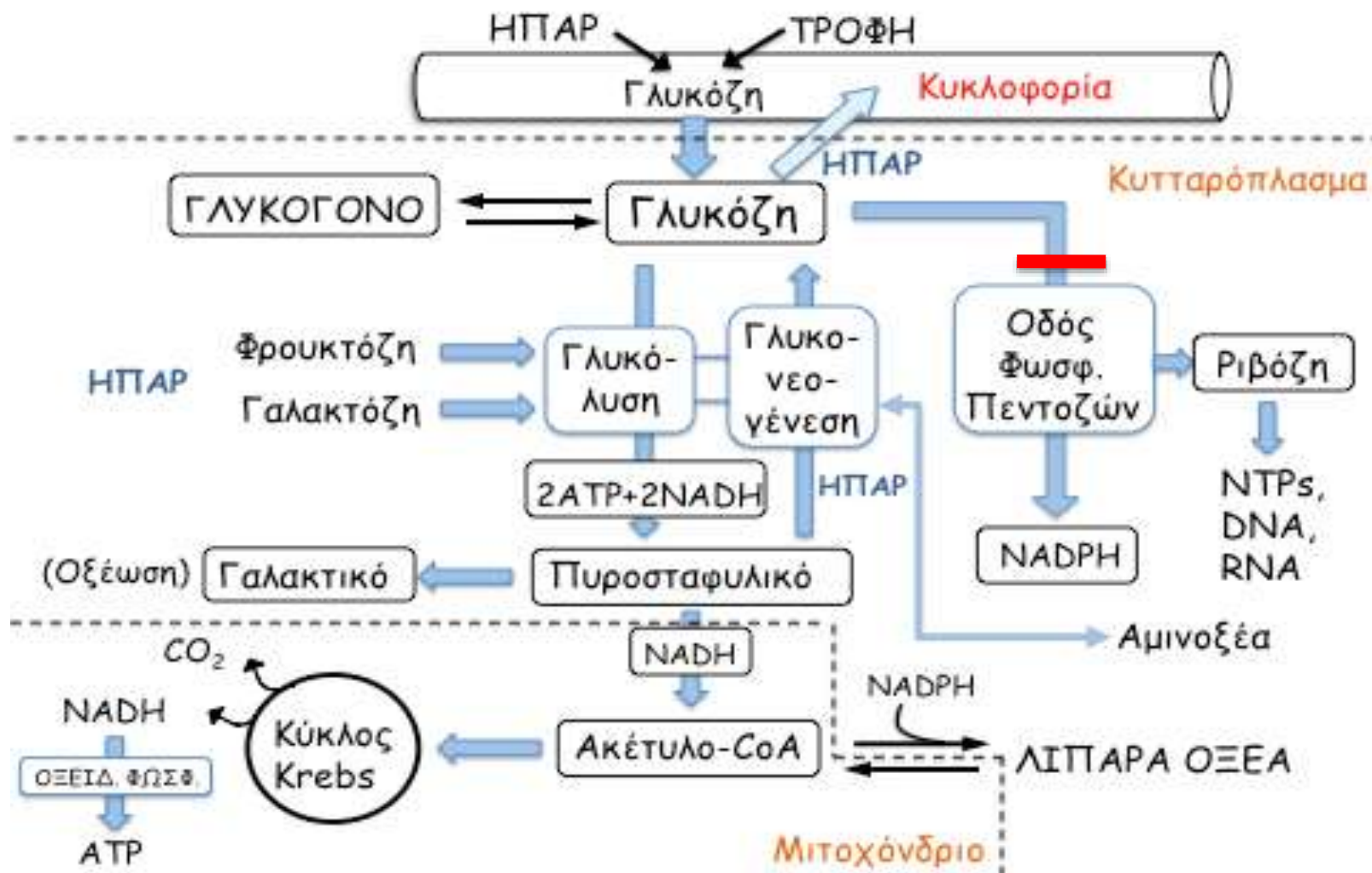
Ασθένειες μεταβολισμού των υδατανθρακών

1. Νόσοι αποθήκευσης γλυκογόνου (αδυναμία μυικής άσκησης, υπογλυκαιμία)
2. Γαλακτοζαιμία, δυσανεξία στη φρουκτόζη (ηπατική βλάβη)
3. Ανεπάρκεια G6PD (φαρμακοεπαγόμενη αιμολυτική αναιμία)
4. Ανεπάρκεια κινάσης πυροσταφυλικού (αιμολυτική αναιμία)
5. Ανεπάρκεια αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού (οξέωση, νευρολογ. βλάβες)



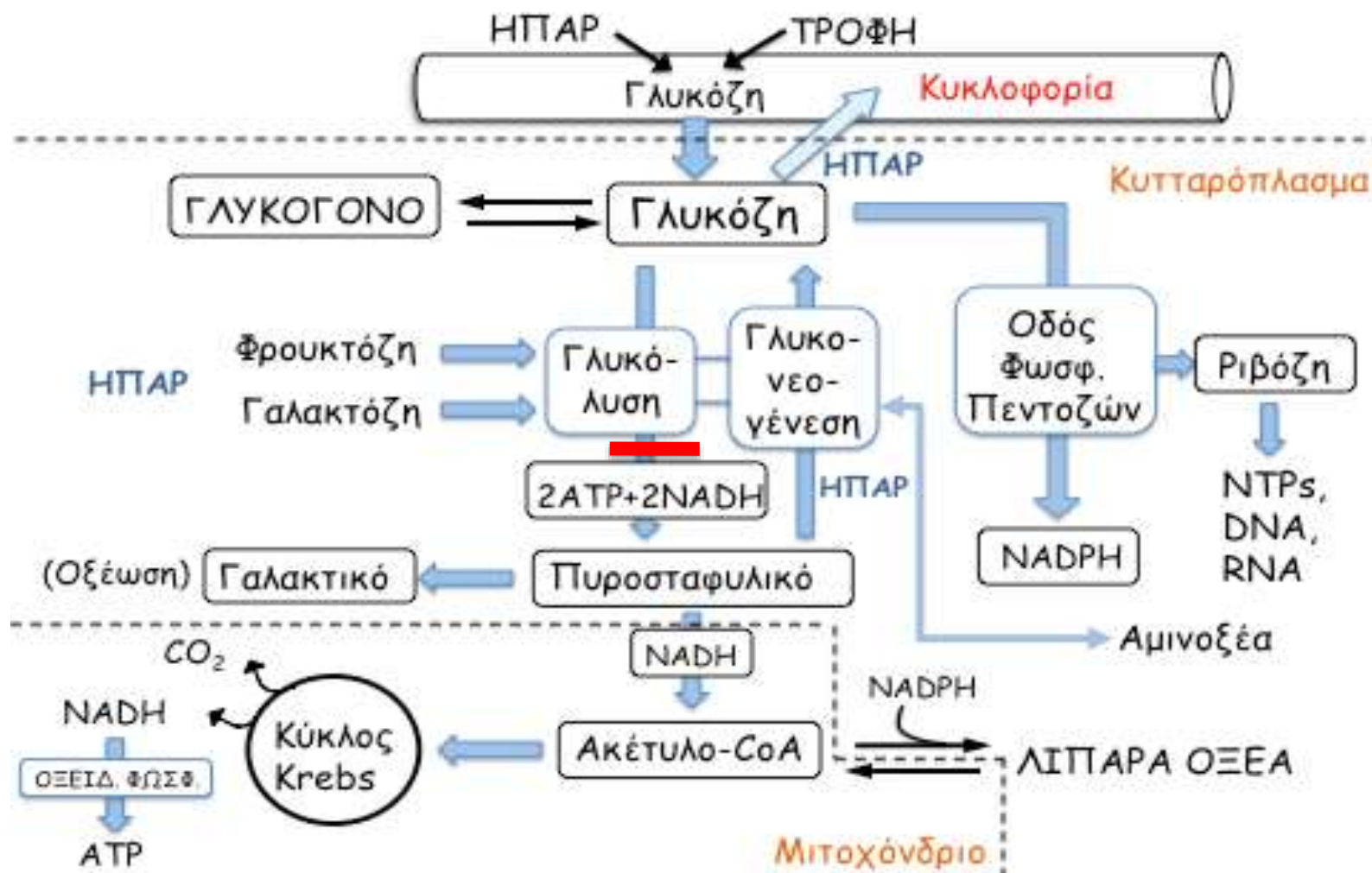
Ασθένειες μεταβολισμού των υδατανθρακών

1. Νόσοι αποθήκευσης γλυκογόνου (αδυναμία μυικής άσκησης, υπογλυκαιμία)
2. Γαλακτοζαιμία, δυσανεξία στη φρουκτόζη (ηπατική βλάβη)
3. **Ανεπάρκεια G6PD (φαρμακοεπαγόμενη αιμολυτική αναιμία)**
4. Ανεπάρκεια κινάσης πυροσταφυλικού (αιμολυτική αναιμία)
5. Ανεπάρκεια αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού (οξέωση, νευρολογ. βλάβες)



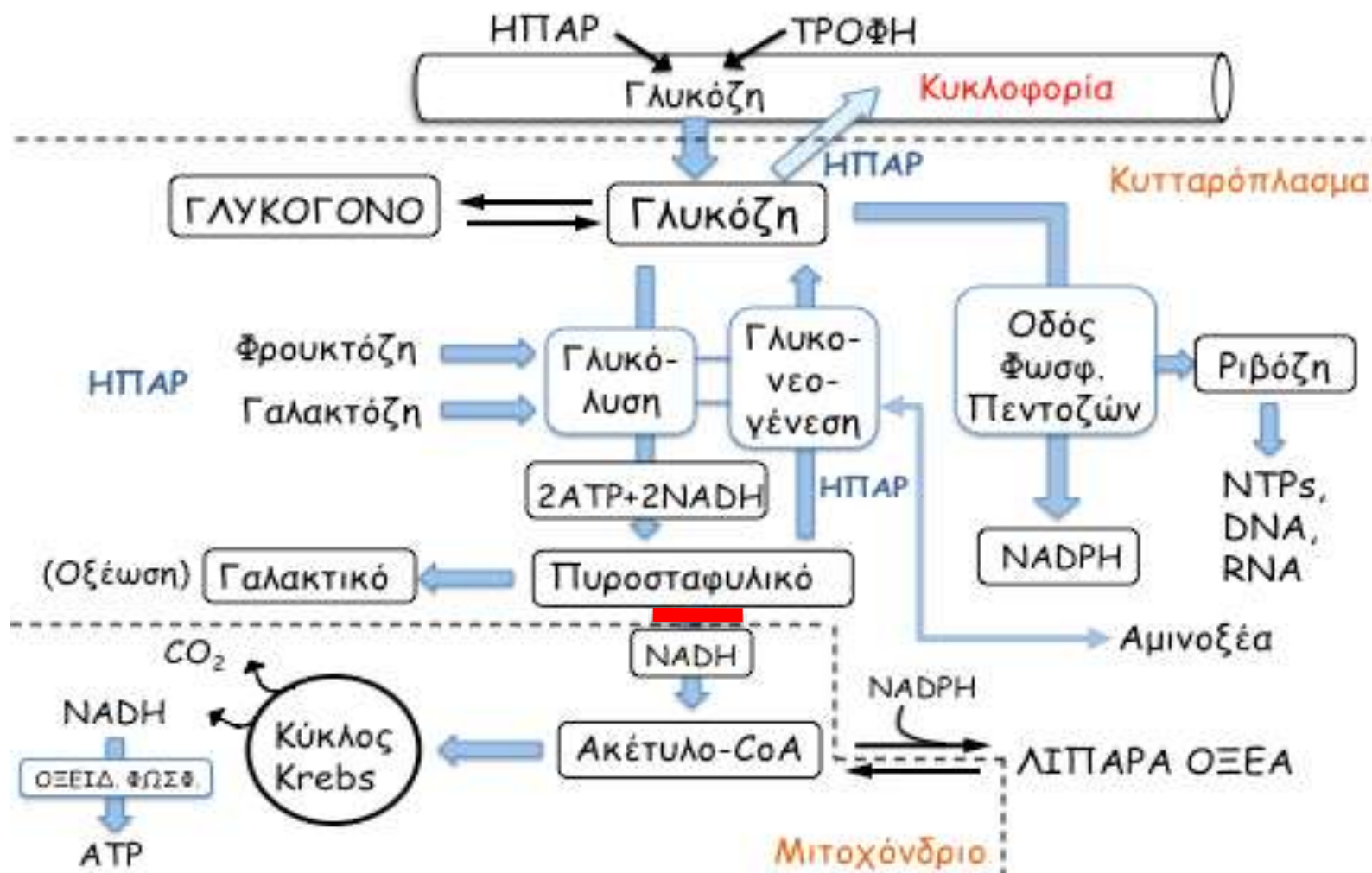
Ασθένειες μεταβολισμού των υδατανθρακών

1. Νόσοι αποθήκευσης γλυκογόνου (αδυναμία μυικής άσκησης, υπογλυκαιμία)
2. Γαλακτοζαιμία, δυσανεξία στη φρουκτόζη (ηπατική βλάβη)
3. Ανεπάρκεια G6PD (φαρμακοεπαγόμενη αιμολυτική αναιμία)
4. **Ανεπάρκεια κινάσης πυροσταφυλικού (αιμολυτική αναιμία)**
5. Ανεπάρκεια αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού (οξέωση, νευρολογ. βλάβες)



Ασθένειες μεταβολισμού των υδατανθρακών

1. Νόσοι αποθήκευσης γλυκογόνου (αδυναμία μυικής άσκησης, υπογλυκαιμία)
2. Γαλακτοζαιμία, δυσανεξία στη φρουκτόζη (ηπατική βλάβη)
3. Ανεπάρκεια G6PD (φαρμακοεπαγόμενη αιμολυτική αναιμία)
4. Ανεπάρκεια κινάσης πυροσταφυλικού (αιμολυτική αναιμία)
5. **Ανεπάρκεια αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού (οξέωση, νευρολογ. βλάβες)**



Στάδια γλυκόλυσης

1^ο Στάδιο: Δέσμευση & ενεργοποίηση γλυκόζης

Εξοκινάση \rightarrow 6-Φωσφορική Γλυκόζη (-ATP),

Ισομεράση \rightarrow 6-Φωσφορική φρουκτόζη

Φωσφοφρουκτοκινάση \rightarrow 1,6-Διφωσφορική φρουκτόζη (-ATP)

2^ο Στάδιο: Διάσπαση

Αλδολάση, Ισομεράση \rightarrow 3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη (2X)

3^ο Στάδιο: Οξείδωση & συλλογή ενέργειας

Αφυδρογονάση (GAPDH) \rightarrow 1,3-Διφωσφογλυκερικό + NADH (2X)

Κινάση \rightarrow 3-Φωσφογλυκερικό + ATP (2X)

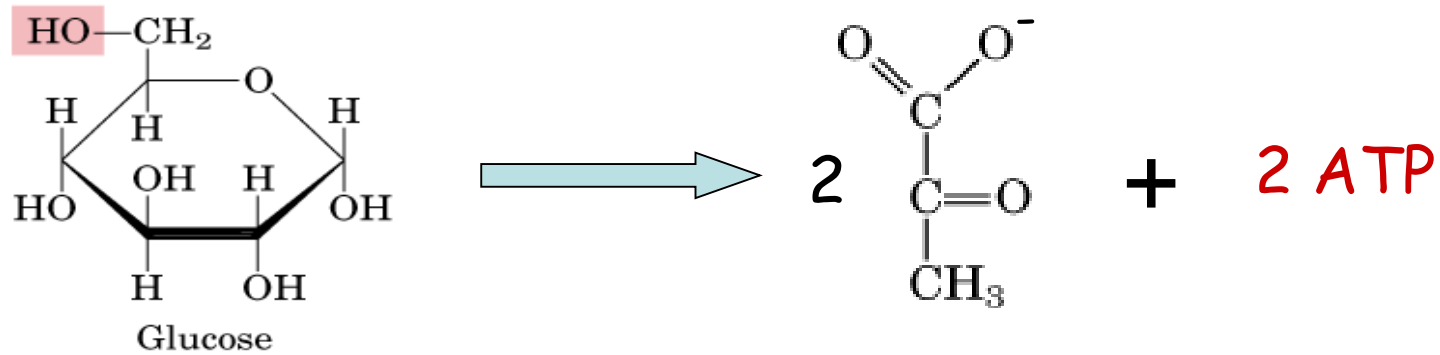
Μουτάση \rightarrow 2-Φωσφογλυκερικό (2X)

Ενολάση \rightarrow Φωσφο-ενολπυροσταφυλικό (2X)

Κινάση \rightarrow Πυροσταφυλικό + ATP (2X)

ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ

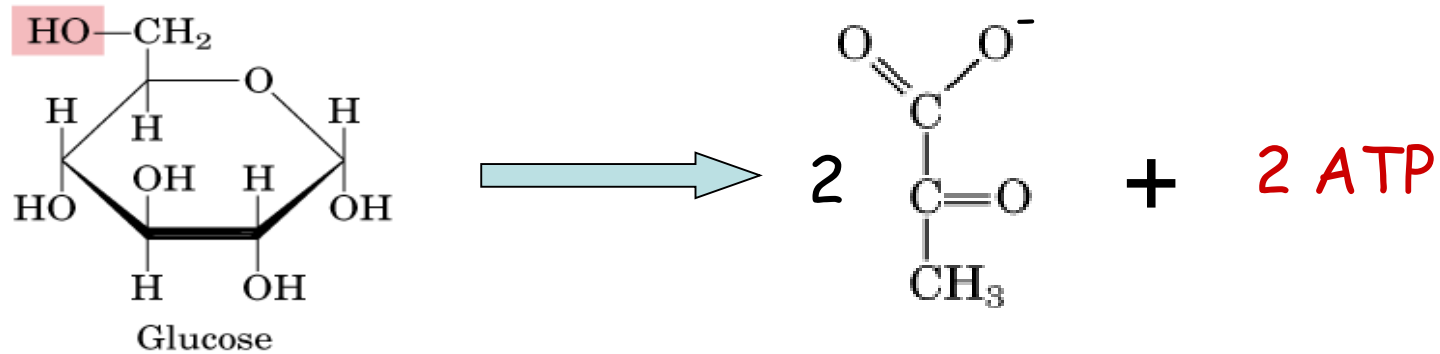
Μερική οξείδωση της γλυκόζης προς πυροσταφυλικό



Η γλυκόλυση συμβαίνει σε **όλους** τους ιστούς ακόμη και **απουσία οξυγόνου** (αναερόβια)

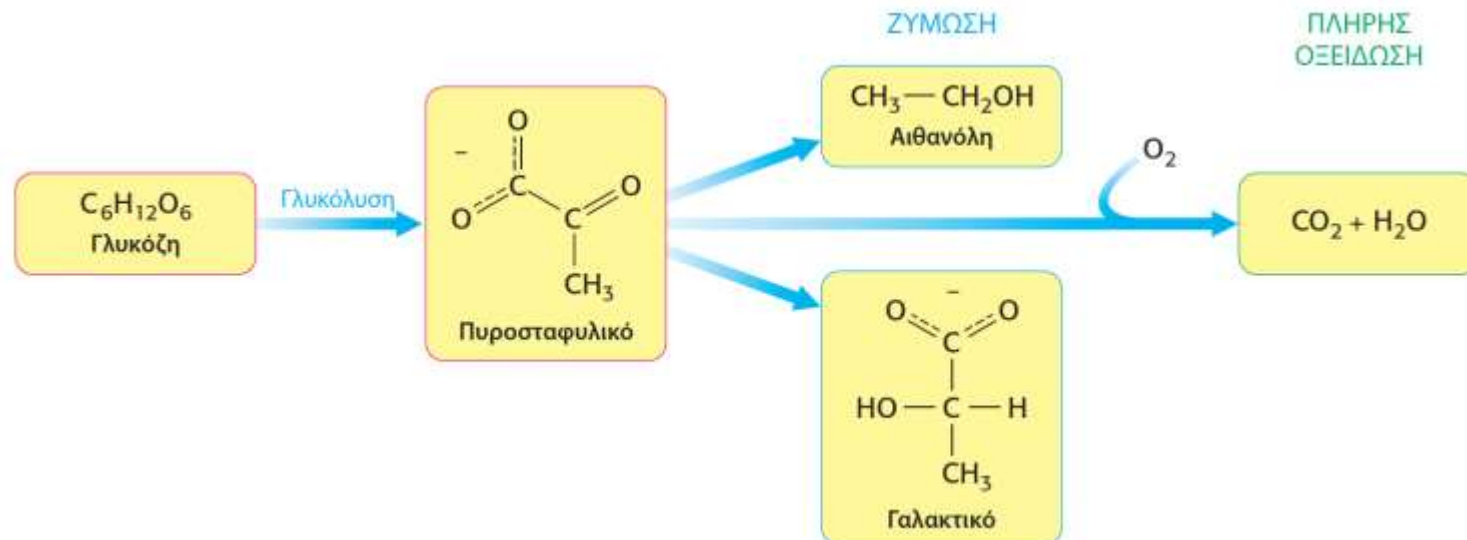
ΓΛΥΚΟΛΥΣΗ

Μερική οξείδωση της γλυκόζης προς πυροσταφυλικό

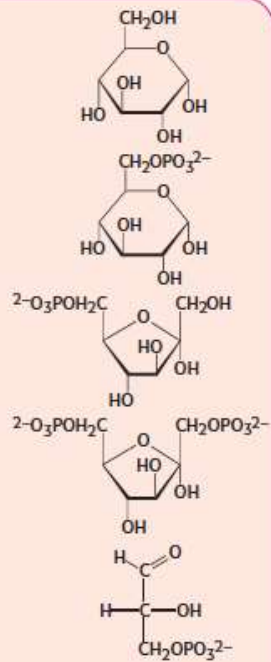
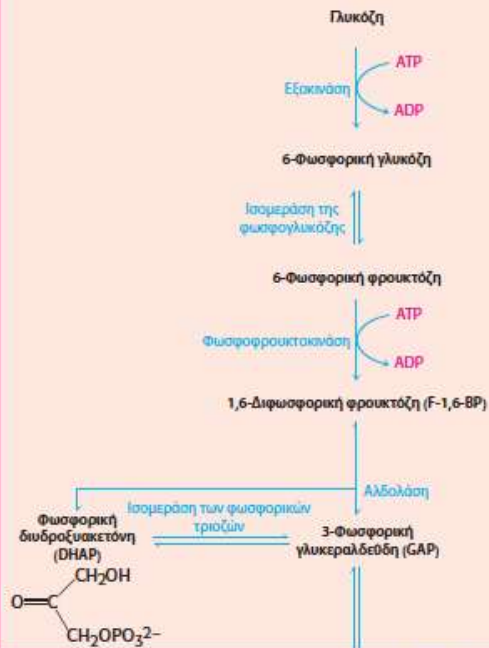


Η γλυκόλυση συμβαίνει σε **όλους** τους ιστούς ακόμη και **απουσία οξυγόνου** (αναερόβια)

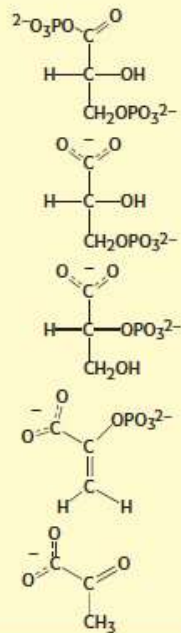
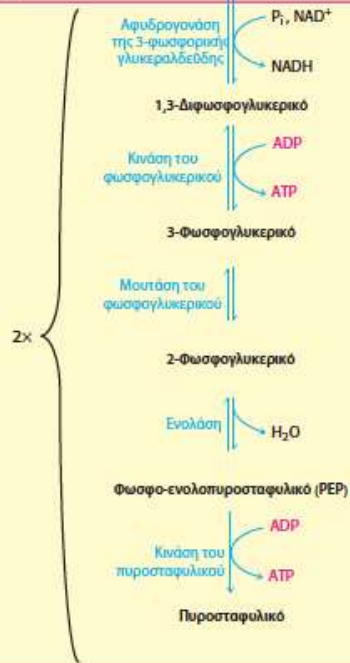
Το πυροσταφυλικό είτε **οξειδώνεται πλήρως** παρουσία οξυγόνου είτε **ζυμώνεται** απουσία οξυγόνου προς γαλακτικό (μυς, ερυθροκύτταρα, μικροοργανισμοί) ή αιθανόλη (μικροοργανισμοί)



Στάδιο 1

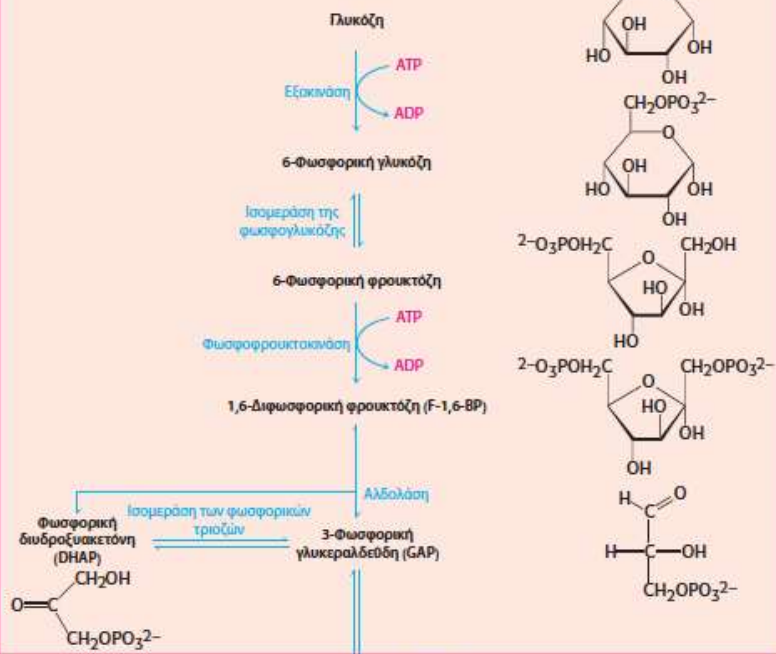


Στάδιο 2

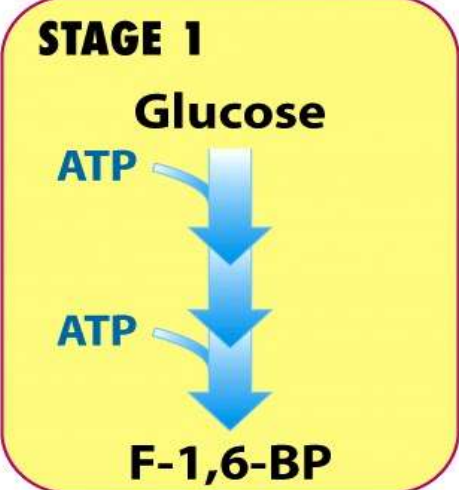
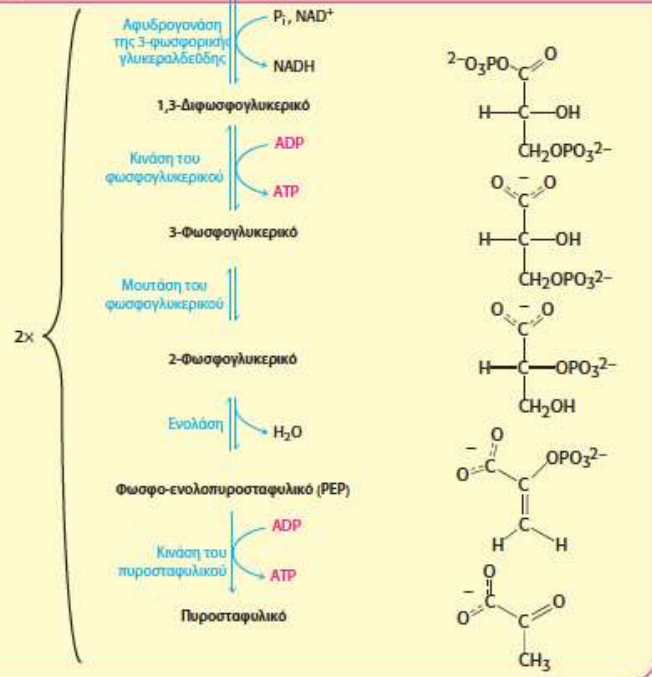


2x

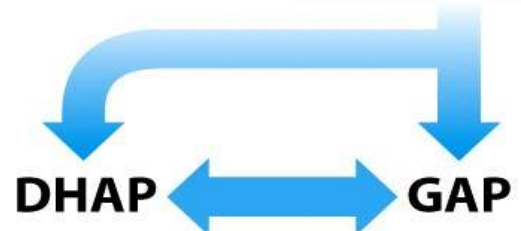
Στάδιο 1



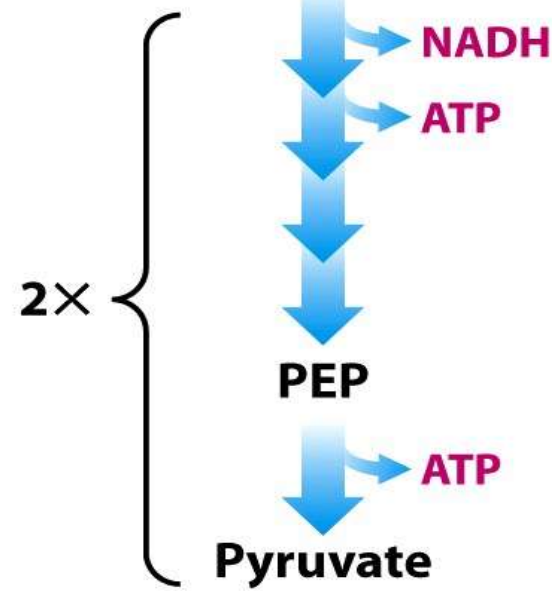
Στάδιο 2



Δέσμευση και αποσταθεροποίηση της γλυκόζης (κατανάλωση ATP)



Διάσπαση σε δύο μόρια τριών ατόμων άνθρακα



Οξείδωση και συλλογή ενέργειας

STAGE 1

Glucose

ATP

ATP

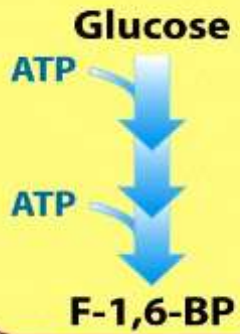
F-1,6-BP

1.

Φωσφορυλίωση της γλυκόζης
(μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -4.0$

$\Delta G: -8.0$

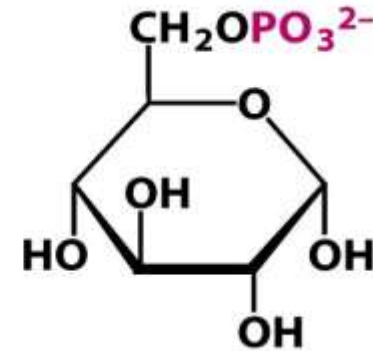
STAGE 1

1.

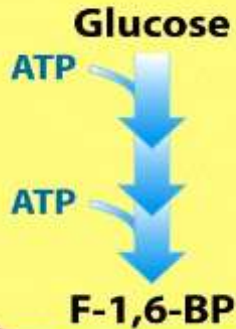
Φωσφορυλίωση της γλυκόζης
(μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -4.0$

$\Delta G: -8.0$



STAGE 1

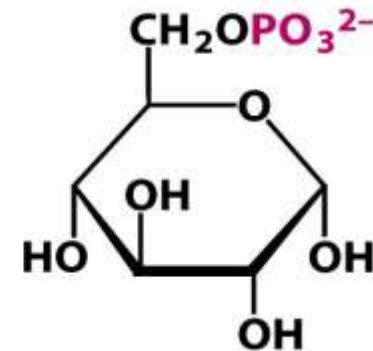
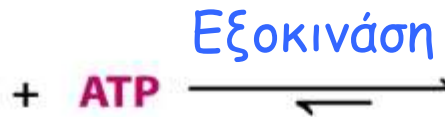
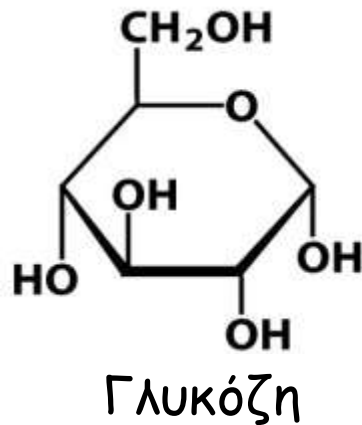


1.

**Φωσφορυλίωση της γλυκόζης
(μεταφορά φωσφορικής ομάδας)**

$\Delta G^\circ: -4.0$

$\Delta G: -8.0$



6-Φωσφορική Γλυκόζη (G6P)

- Μη αντιστρεπτή
- Δεσμεύεται η γλυκόζη ενδοκυττάρια
- Καταναλώνεται ATP

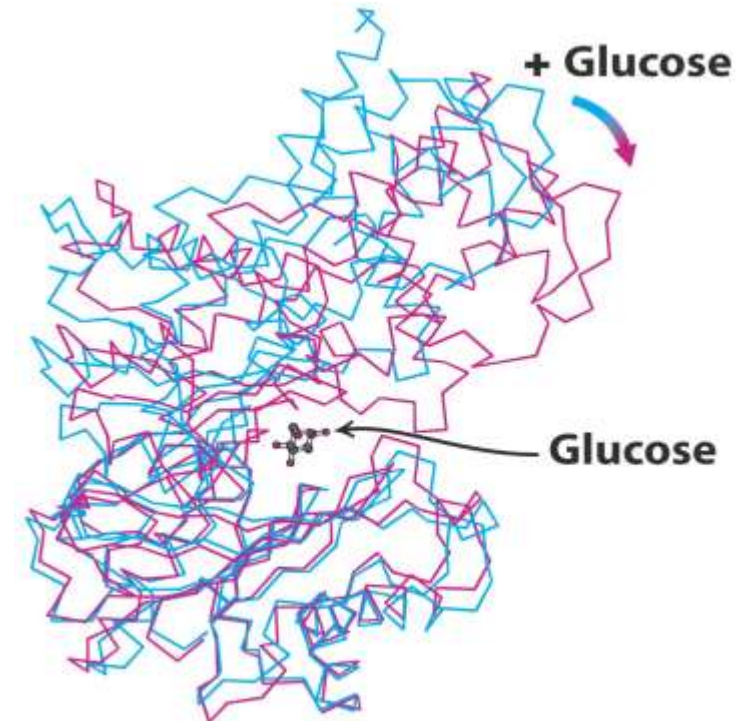


Figure 16-3
Biochemistry, Sixth Edition
© 2007 W. H. Freeman and Company

STAGE 1

Glucose

ATP

ATP

F-1,6-BP

2.

Ισομερείωση της G6P σε
6-φωσφορική φρουκτόζη

$\Delta G^\circ: +0.4$

$\Delta G: -0.6$

STAGE 1

Glucose

ATP

ATP

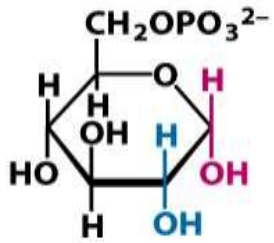
F-1,6-BP

2.

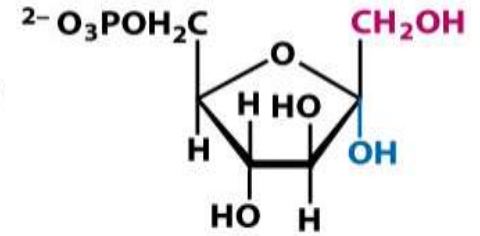
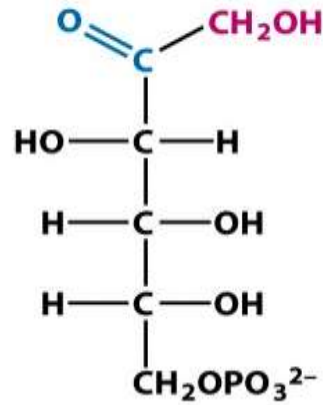
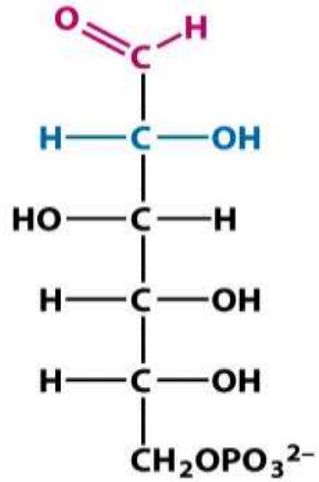
Ισομερείωση της G6P σε
6-φωσφορική φρουκτόζη

$\Delta G^\circ: +0.4$

$\Delta G: -0.6$



6-Φωσφορική γλυκόζη
(G6P)



6-Φωσφορική φρουκτόζη
(F6P)

STAGE 1

Glucose

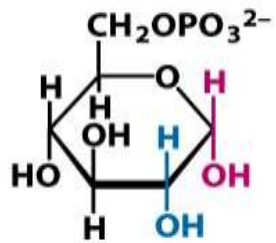
ATP

ATP

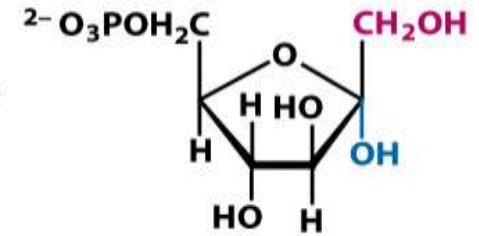
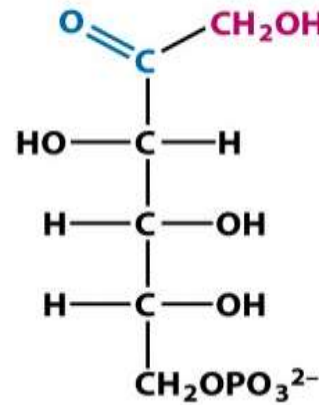
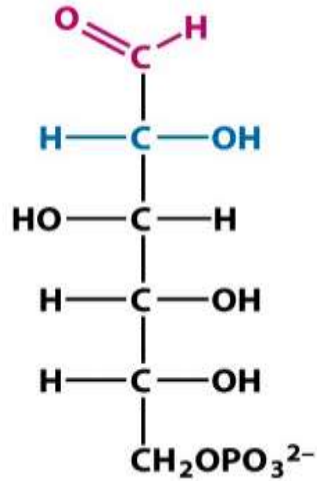
F-1,6-BP

2.

Ισομερείωση της G6P σε
6-φωσφορική φρουκτόζη

 $\Delta G^\circ: +0.4$ $\Delta G: -0.6$ 

6-Φωσφορική γλυκόζη
(G6P)



6-Φωσφορική φρουκτόζη
(F6P)

➤ Ισομεράση της 6-P-γλυκόζης (αλδόζη \longrightarrow κετόζη)

➤ Αντιστρεπτή

STAGE 1

Glucose

ATP

ATP

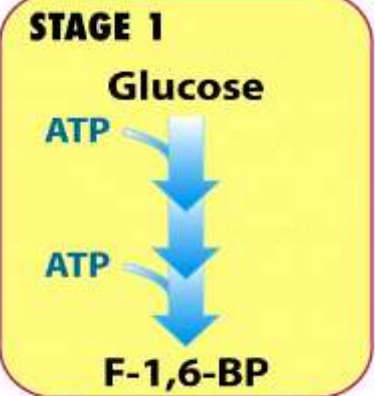
F-1,6-BP

3.

Φωσφορυλίωση της F6P σε
1,6-διφωσφορική φρουκτόζη
(μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -3.4$

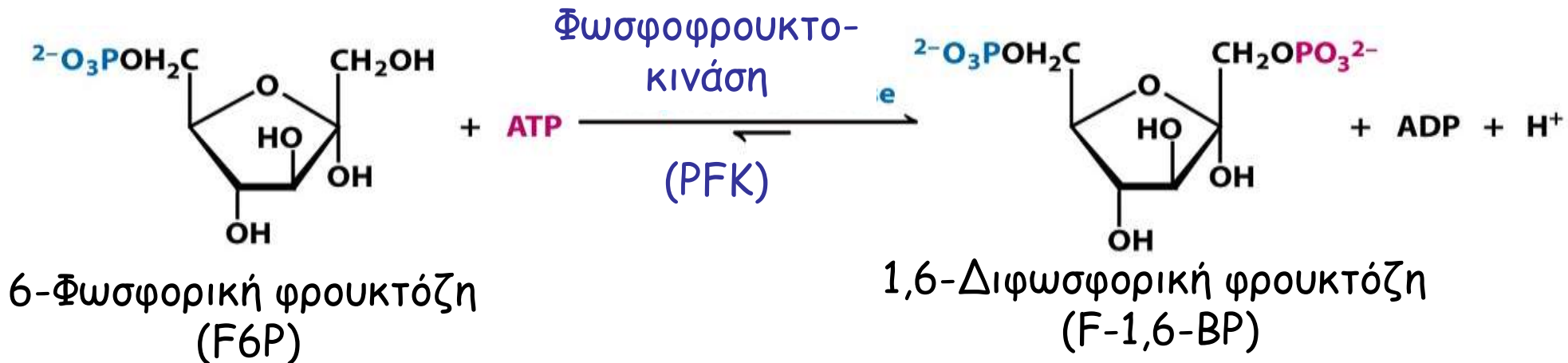
$\Delta G: -5.3$

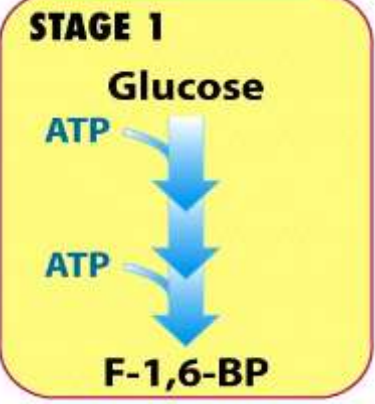


3.

Φωσφορυλίωση της F6P σε 1,6-διφωσφορική φρουκτόζη (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -3.4$
 $\Delta G: -5.3$

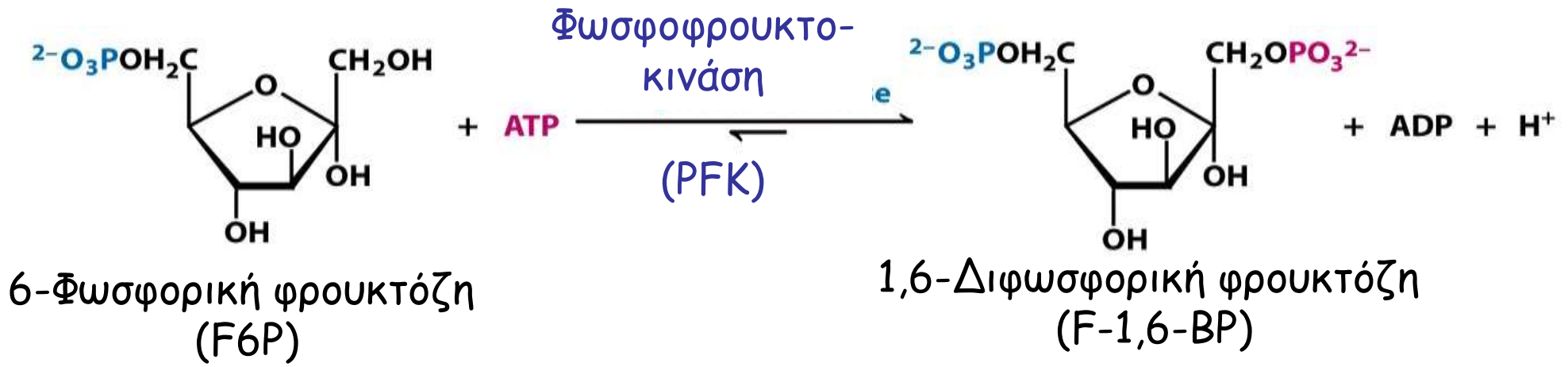




3.

Φωσφορυλίωση της F6P σε 1,6-διφωσφορική φρουκτόζη (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -3.4$
 $\Delta G: -5.3$

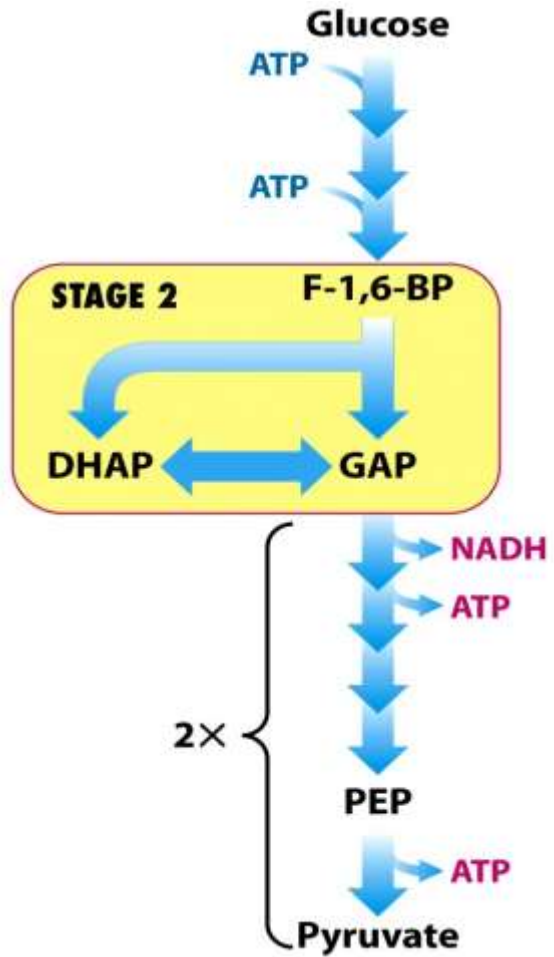


- Μη αντιστρεπτή
- Πρώτο «δεσμευτικό» βήμα της γλυκόλυσης
- Κομβικό σημείο ρύθμισης
- Καταναλώνει ATP

4.

Αλδολική διάσπαση της F-1,6-BP σε GAP και DHAP

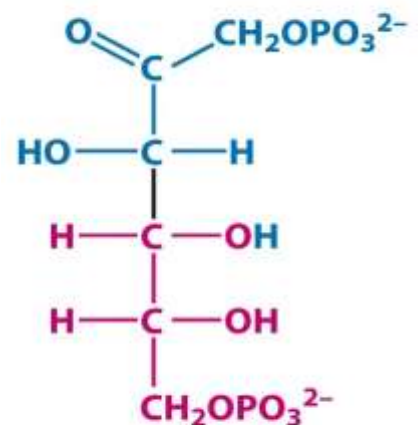
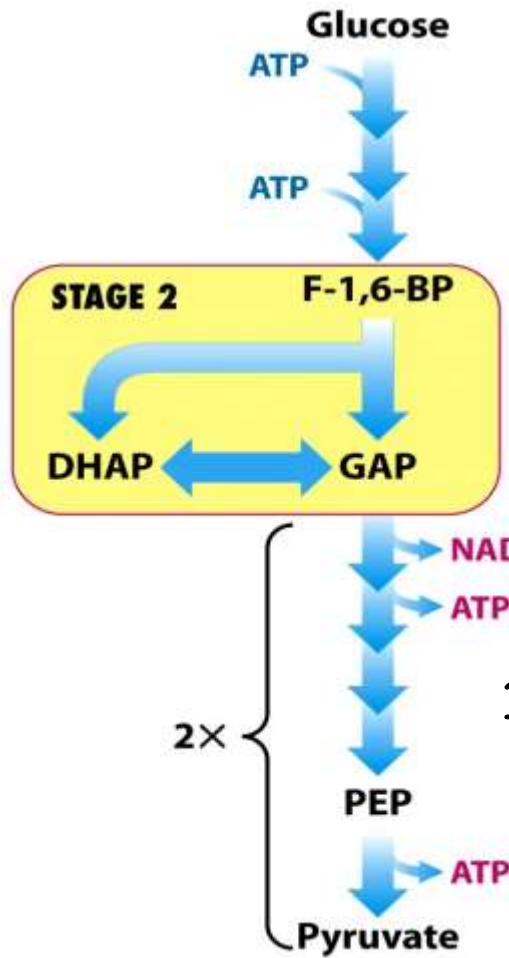
$\Delta G^\circ: +5.7$
 $\Delta G: -0.3$



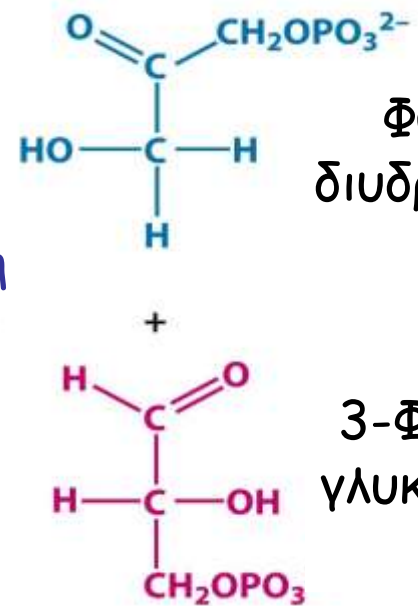
4.

Αλδολική διάσπαση της F-1,6-BP σε GAP και DHAP

$\Delta G^\circ: +5.7$
 $\Delta G: -0.3$



Αλδολάση



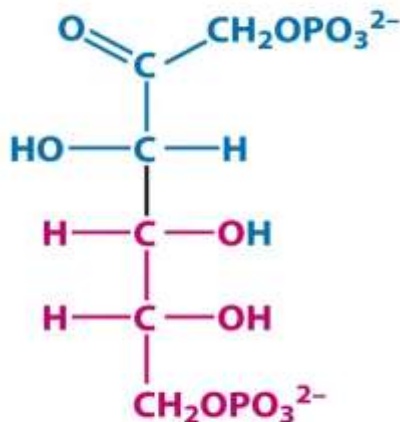
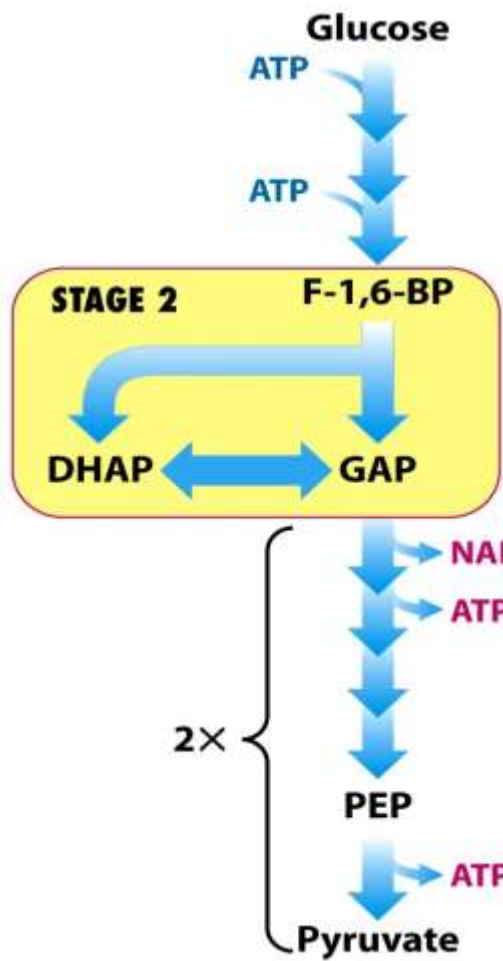
Φωσφορική διυδροξυακετόνη (DHAP)

3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη (GAP)

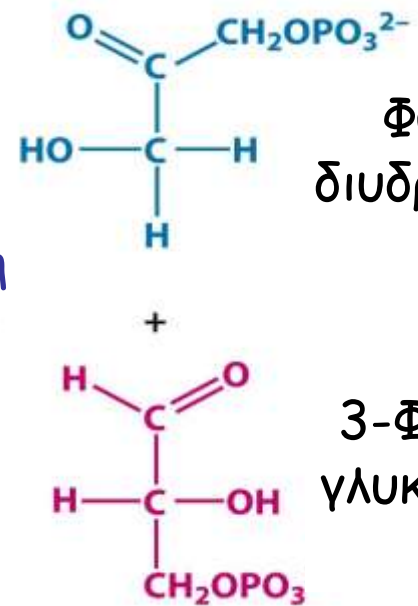
4.

Αλδολική διάσπαση της F-1,6-BP σε GAP και DHAP

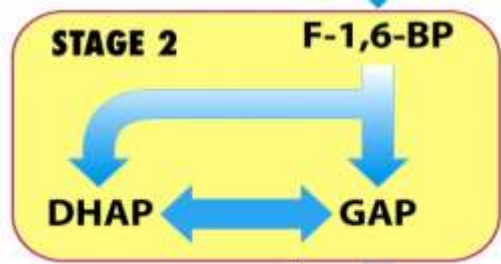
$\Delta G^\circ: +5.7$
 $\Delta G: -0.3$



Αλδολάση



ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΗ



5.

Ισομερείωση της DHAP σε GAP

$$\Delta G^{\circ}: +1.8$$

$$\Delta G: +0.6$$

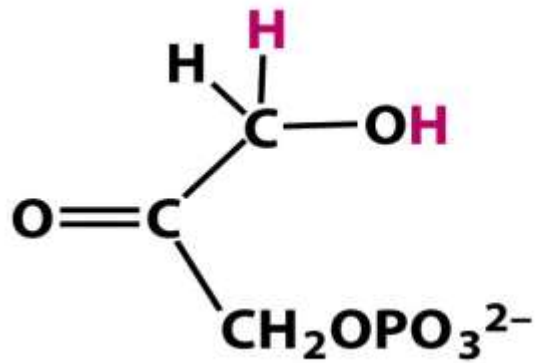
STAGE 2

F-1,6-BP



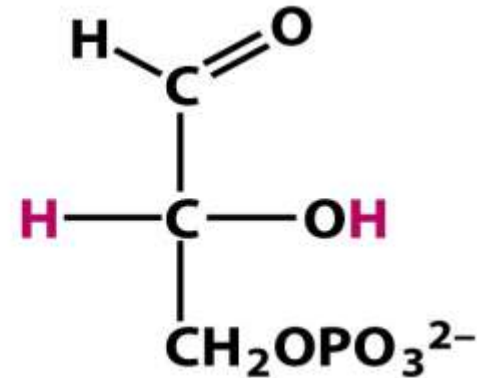
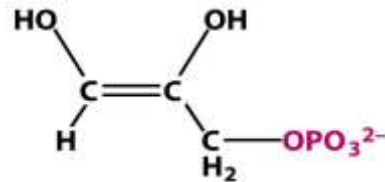
5.

Ισομερείωση της DHAP σε GAP

 $\Delta G^\circ: +1.8$ $\Delta G: +0.6$ 

Φωσφορική
διυδροξυακετόνη
(DHAP)

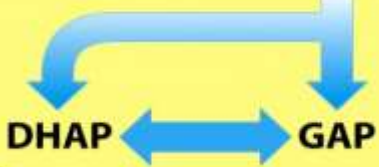
Ισομεράση
των φωσφορικών
τριοζών



3-Φωσφορική
γλυκεραλδεΐδη
(GAP)

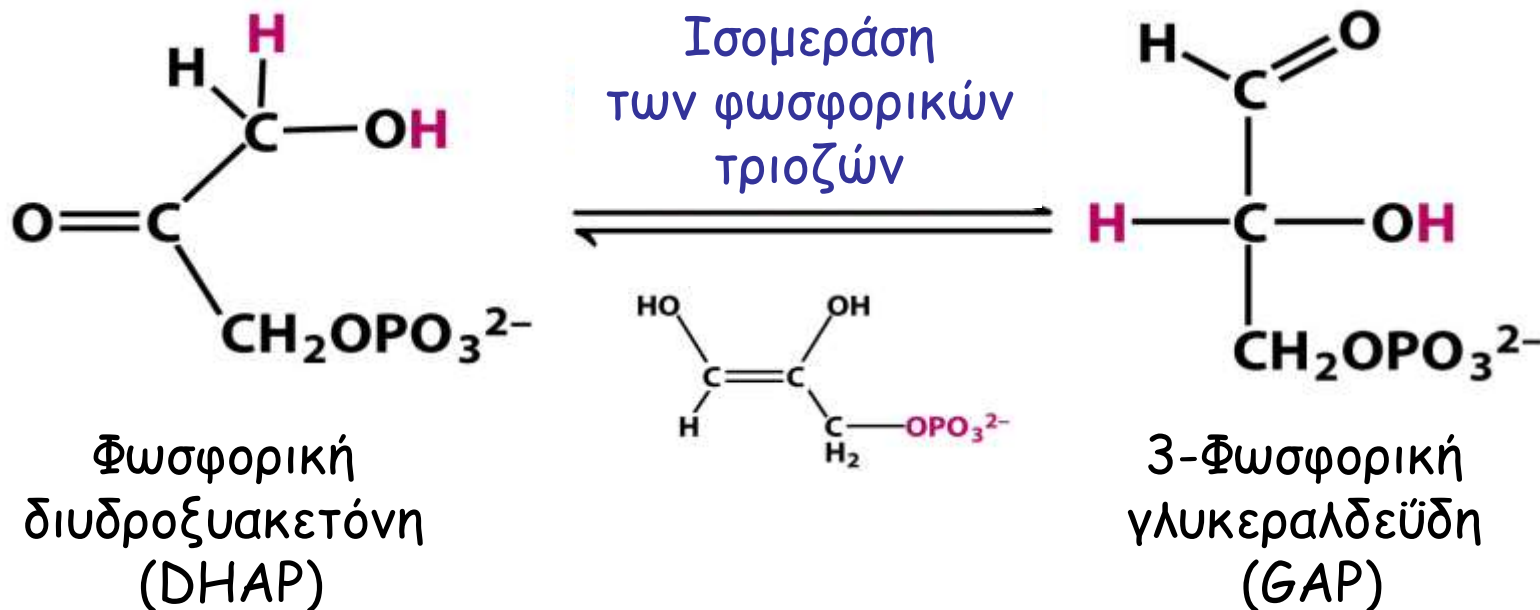
STAGE 2

F-1,6-BP

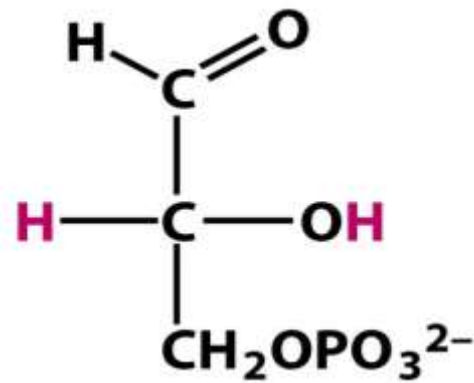
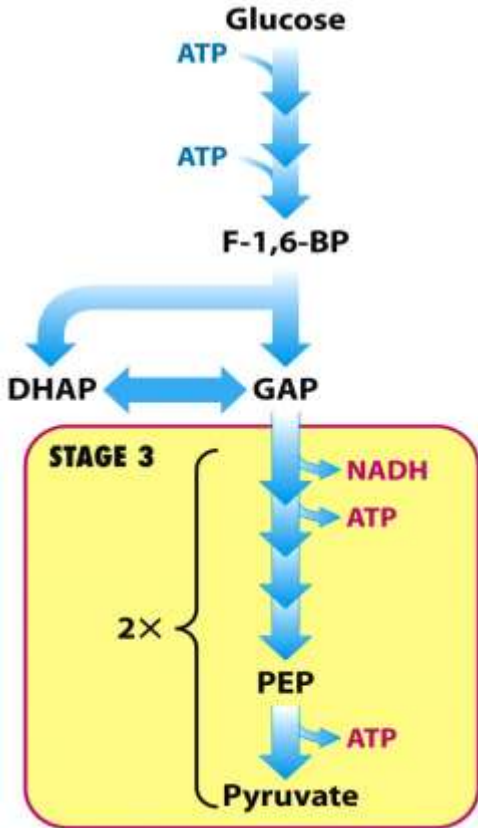


5.

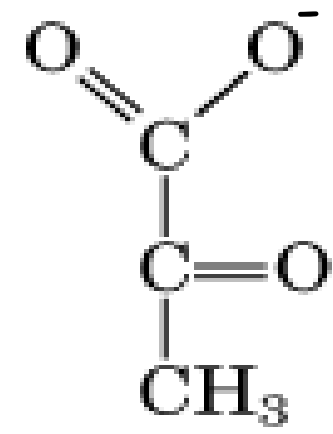
Ισομερείωση της DHAP σε GAP

 $\Delta G^\circ: +1.8$ $\Delta G: +0.6$ 

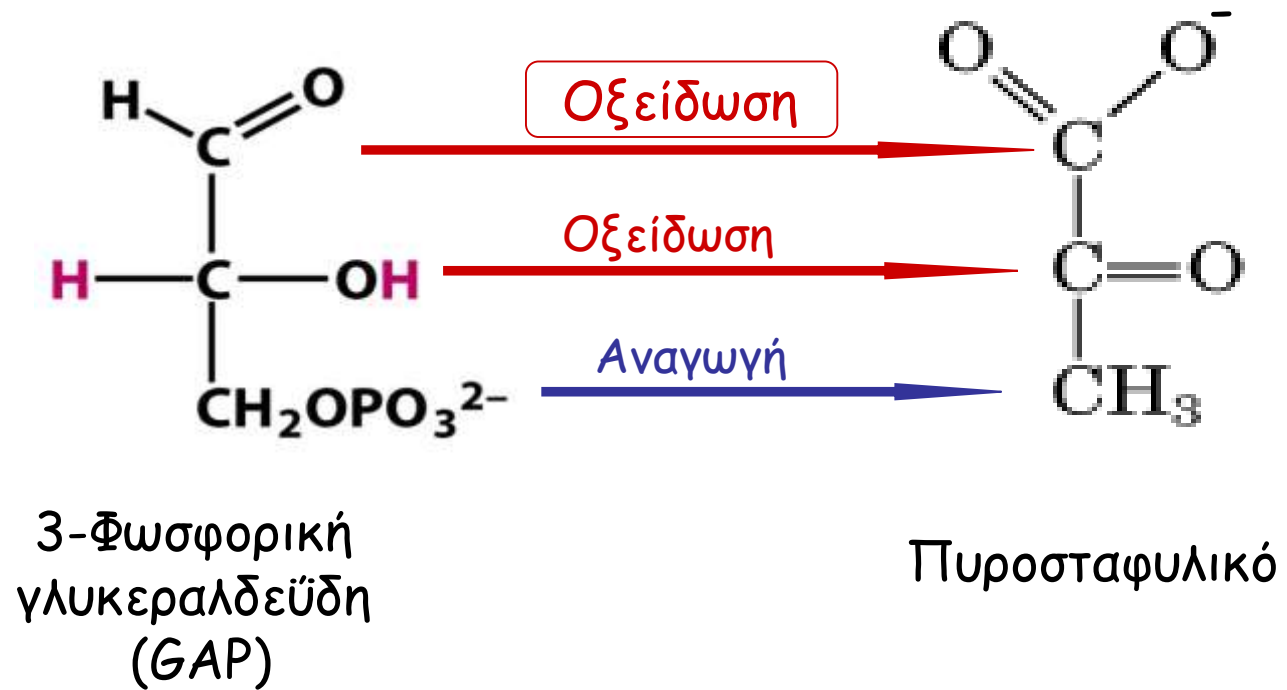
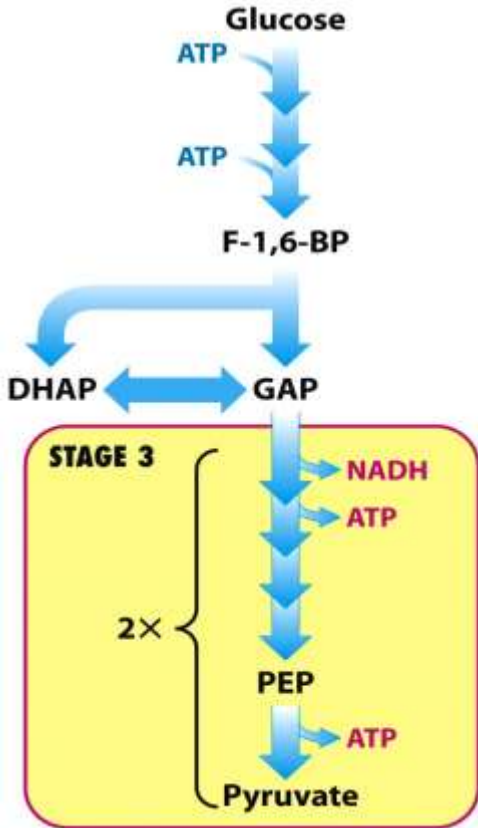
- Αντιστρεπτή, αλλά κινείται δεξιά επειδή το προϊόν απομακρύνεται ταχύτατα
- Ενδομοριακή οξειδοαναγωγή, ισομερείωση κετόζης σε αλδόζη
- Ενδιάμεσο ενιοδιόλης
- Γενική οξεοβασική κατάλυση από ένα κινητικά τέλειο ένζυμο

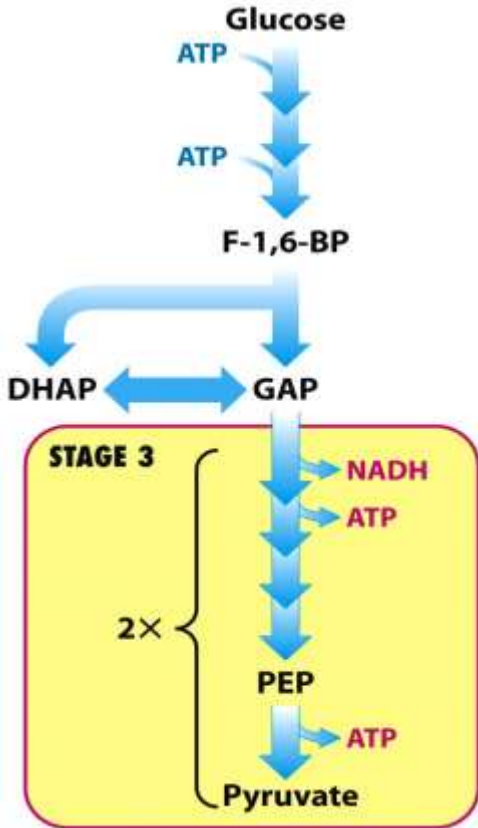


3-Φωσφορική
 γλυκεραλδεΐδη
 (GAP)



Πυροσταφυλικό



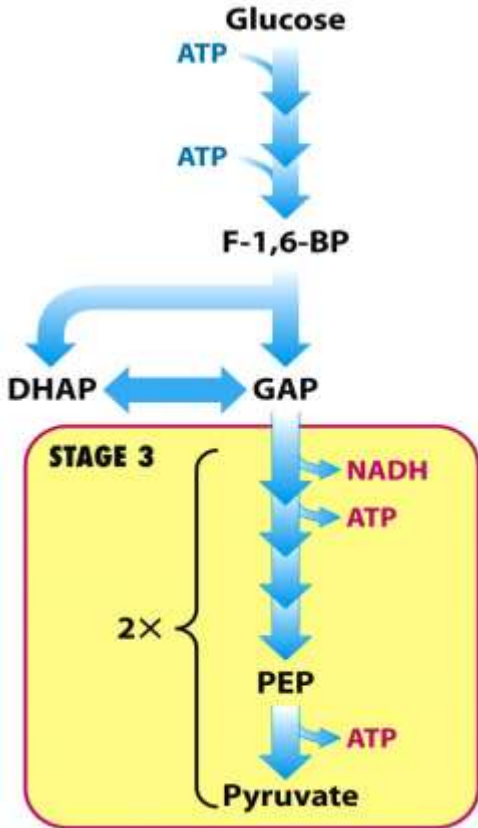


6.

Οξείδωση της GAP σε
1,3-διφωσφογλυκερικό

$\Delta G^\circ: +1.5$

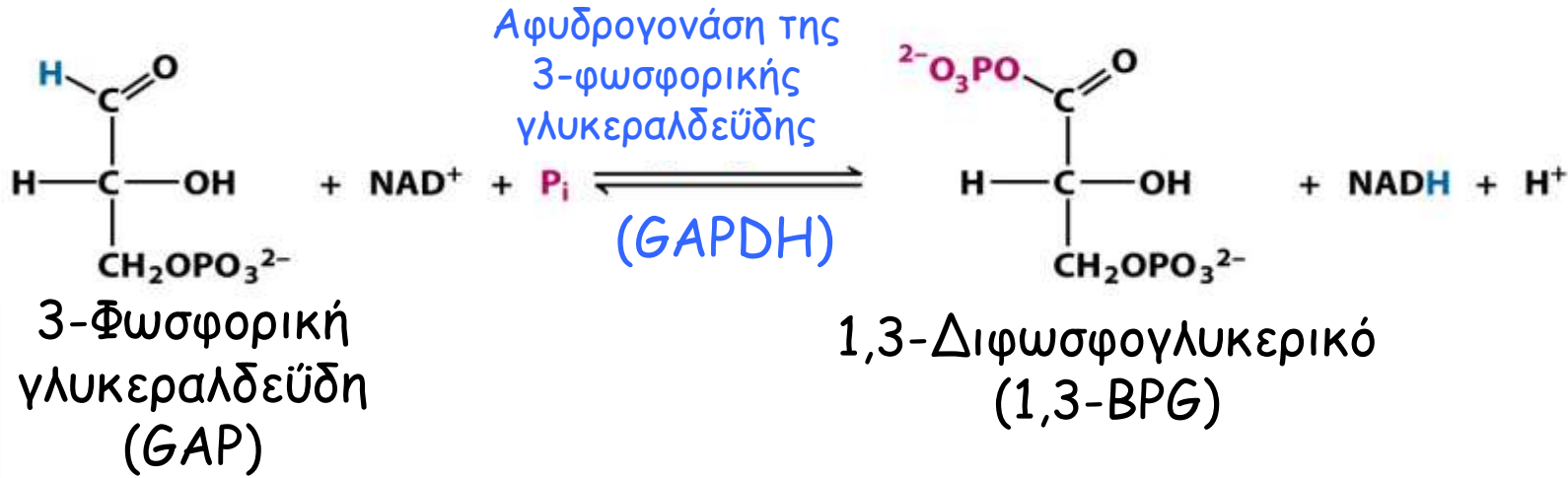
$\Delta G: -0.4$

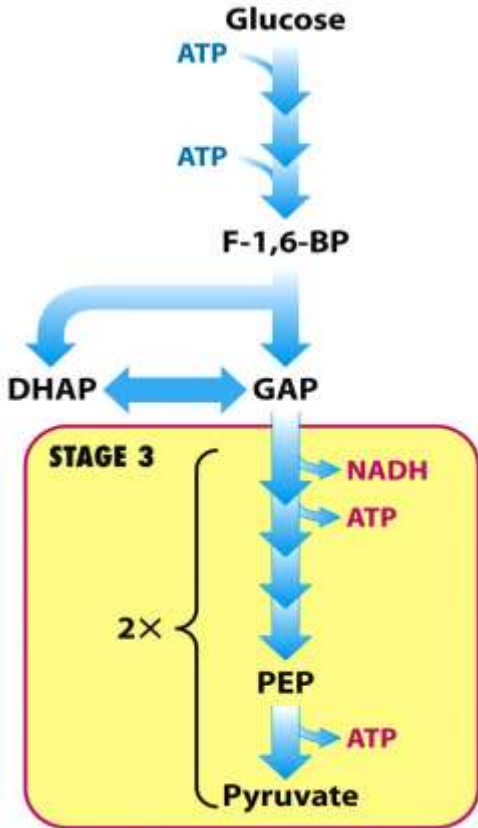


6.

Οξείδωση της GAP σε 1,3-διφωσφογλυκερικό

$\Delta G^\circ: +1.5$
 $\Delta G: -0.4$

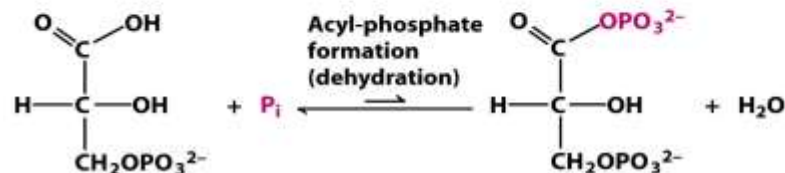
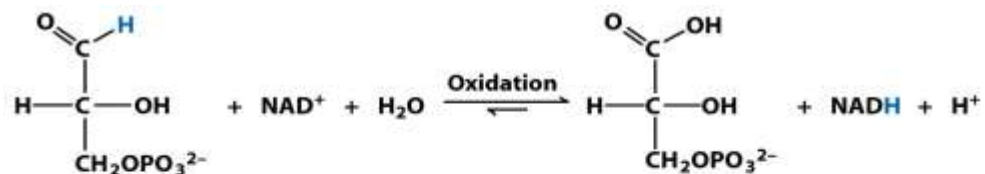
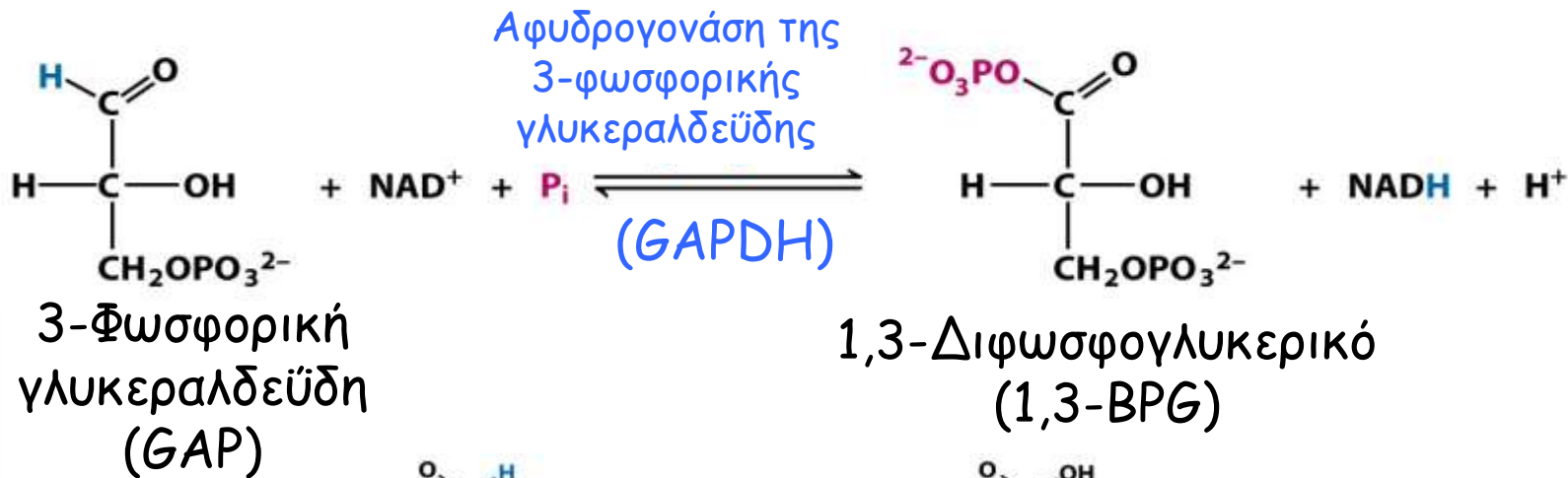




6.

Οξείδωση της GAP σε 1,3-διφωσφογλυκερικό

$\Delta G^\circ: +1.5$
 $\Delta G: -0.4$

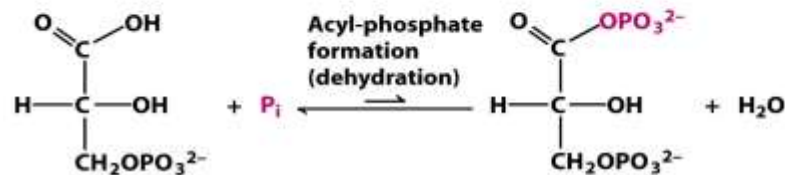
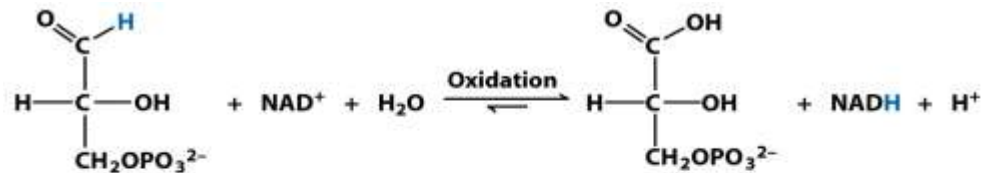
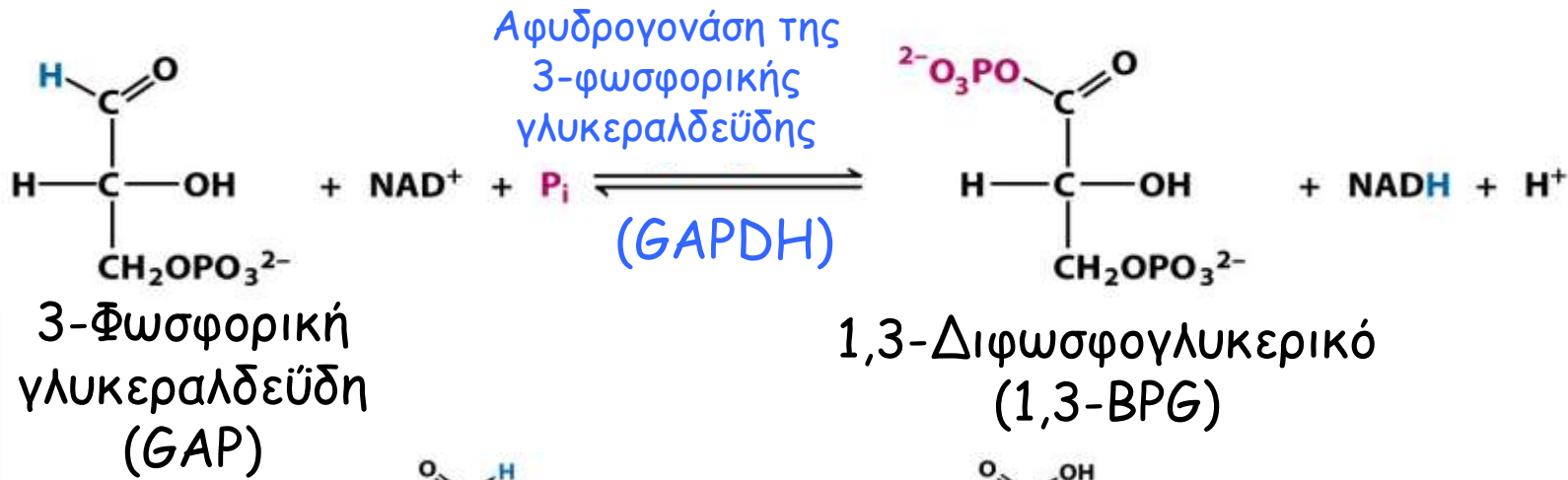
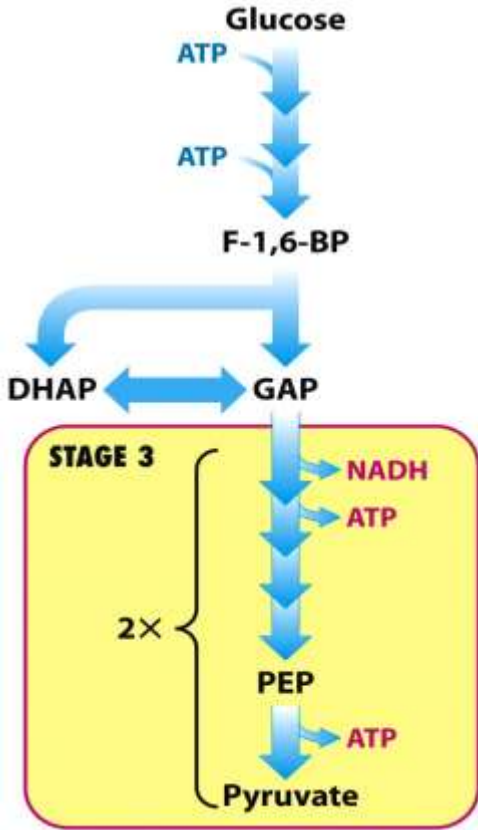


- Αντιστρεπτή
- οξείδωση + φωσφορυλίωση
- κατανάλωση P_i
- κατανάλωση NAD^+
- παραγωγή NADH

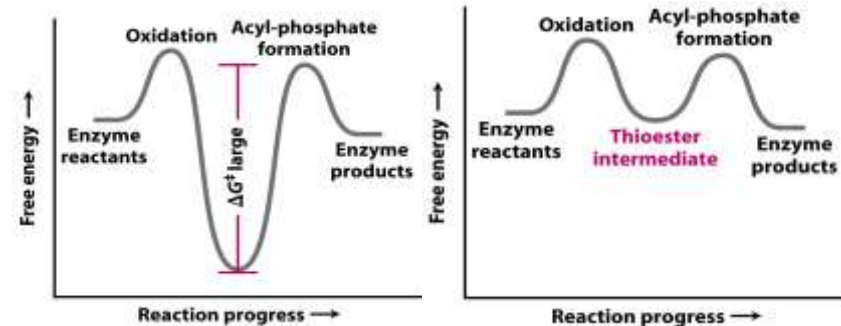
6.

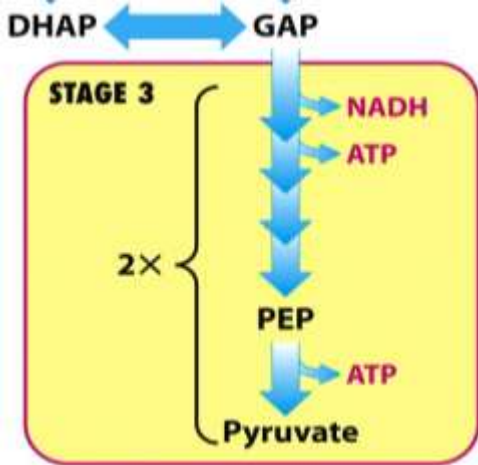
Οξείδωση της GAP σε 1,3-διφωσφογλυκερικό

$\Delta G^\circ: +1.5$
 $\Delta G: -0.4$



- Αντιστρεπτή
- οξείδωση + φωσφορυλίωση
- κατανάλωση P_i
- κατανάλωση NAD^+
- παραγωγή NADH



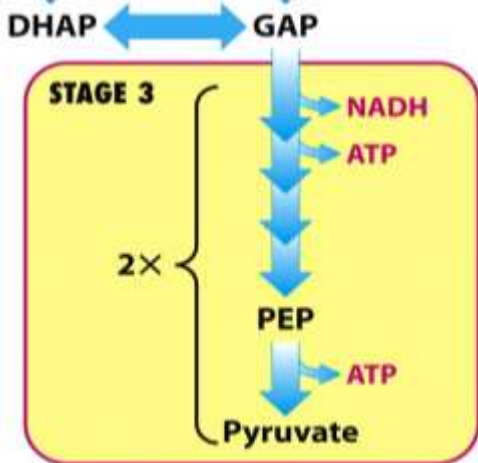


7.

Μετατροπή του 1,3-ΒΡG σε 3-φωσφογλυκερικό και παραγωγή ΑΤΡ (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$$\Delta G^{\circ}: -4.5$$

$$\Delta G: +0.3$$

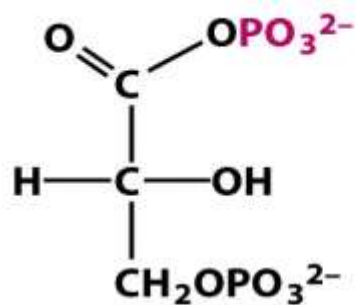


7.

Μετατροπή του 1,3-ΒΡG σε 3-φωσφογλυκερικό και παραγωγή ΑΤΡ (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -4.5$

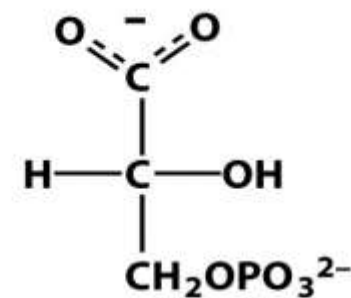
$\Delta G: +0.3$



1,3-Διφωσφογλυκερικό
(1,3-ΒΡG)

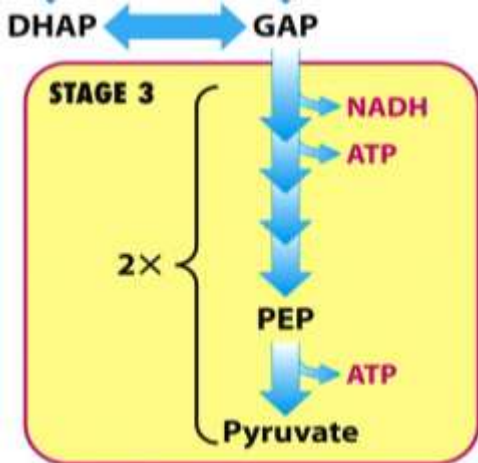
+ ADP + H⁺

Κινάση του
φωσφογλυκερικού



3-Φωσφογλυκερικό
(3-ΡG)

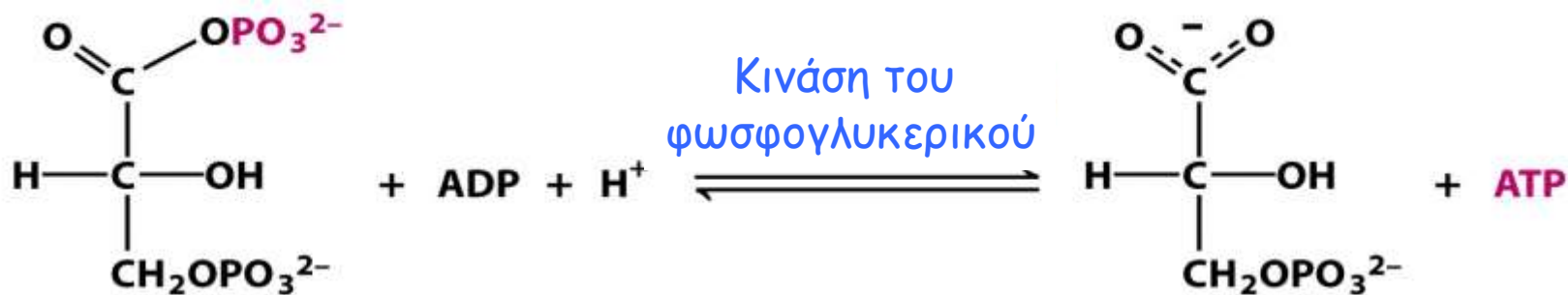
+ ATP



7.

Μετατροπή του 1,3-ΒΡG σε 3-φωσφογλυκερικό και παραγωγή ATP (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

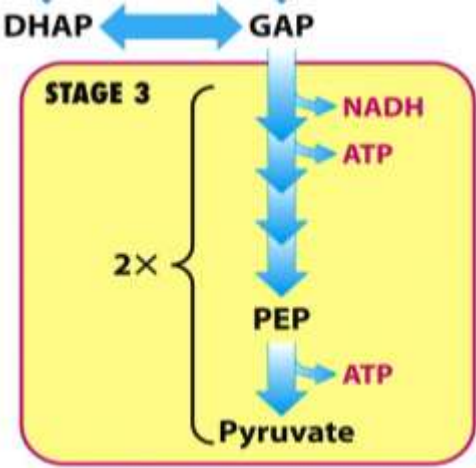
$\Delta G^\circ: -4.5$
 $\Delta G: +0.3$



1,3-Διφωσφογλυκερικό
(1,3-ΒΡG)

3-Φωσφογλυκερικό
(3-ΡG)

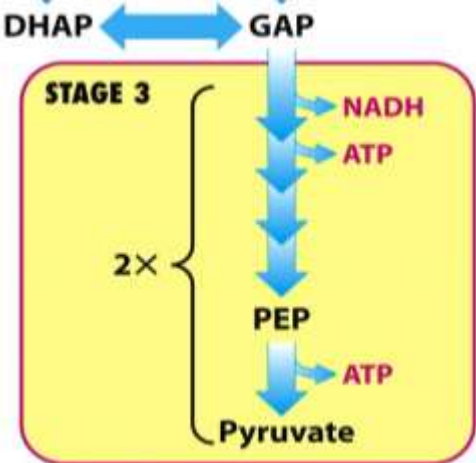
- Αντιστρεπτή
- Παραγωγή **ATP** (φωσφορυλίωση στο επίπεδο του υποστρώματος)
- Αναπλήρωση του ATP που καταναλώθηκε στο πρώτο στάδιο



8.

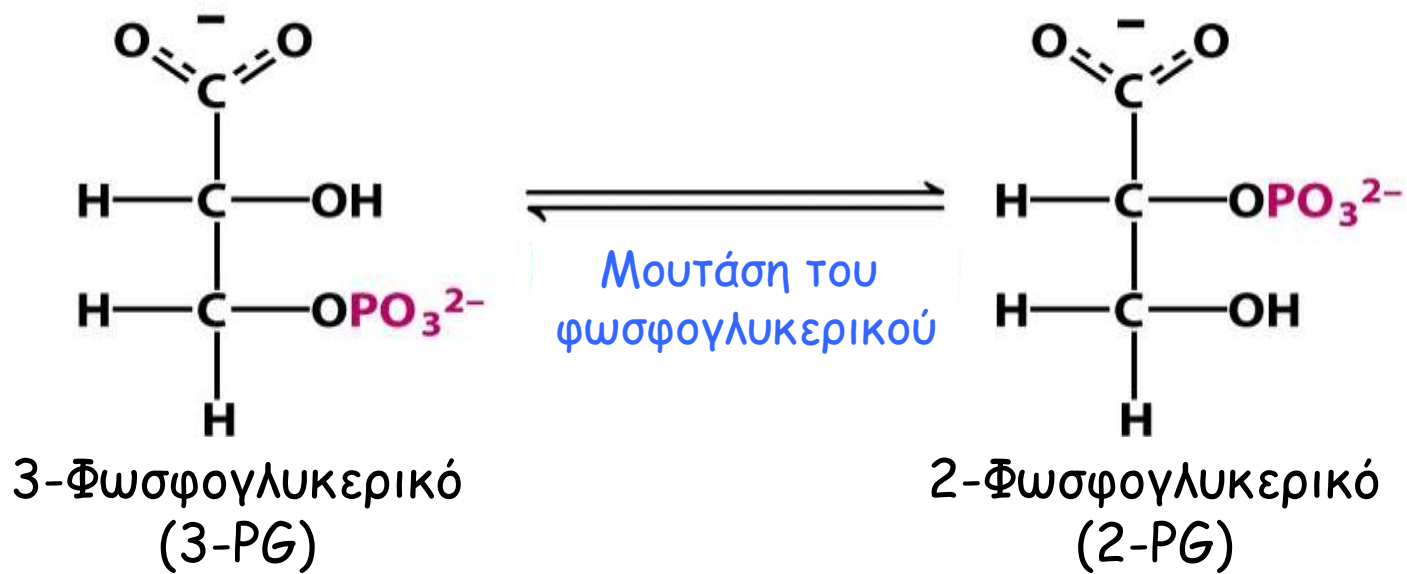
Μετατροπή του 3-φωσφογλυκερικού
σε 2-φωσφογλυκερικό
(ενδομοριακή μετατόπιση φωσφορικής ομάδας)

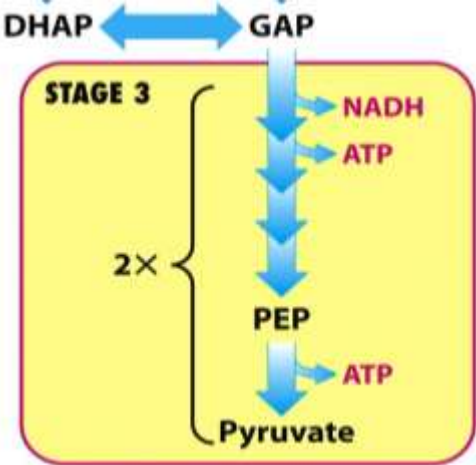
ΔG° : +1.1
 ΔG : +0.2



8. Μετατροπή του 3-φωσφογλυκερικού
σε 2-φωσφογλυκερικό
(ενδομοριακή μετατόπιση φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: +1.1$
 $\Delta G: +0.2$



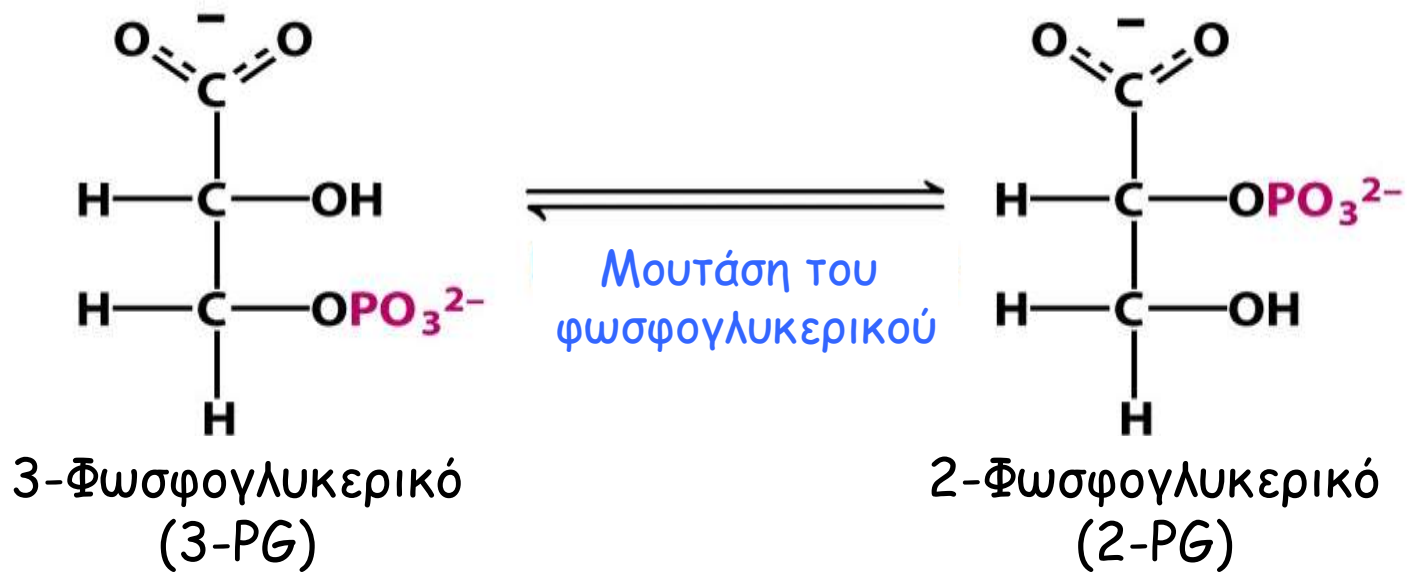


8.

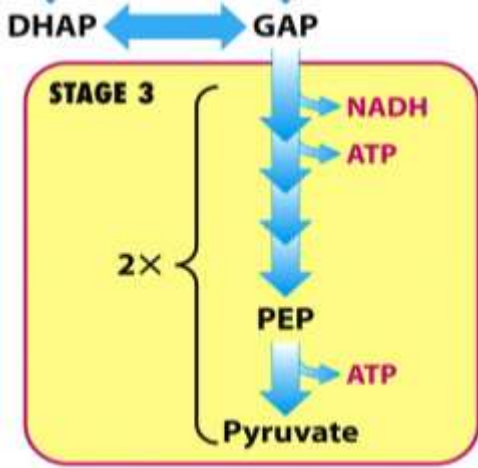
Μετατροπή του 3-φωσφογλυκερικού
σε 2-φωσφογλυκερικό
(ενδομοριακή μετατόπιση φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: +1.1$

$\Delta G: +0.2$



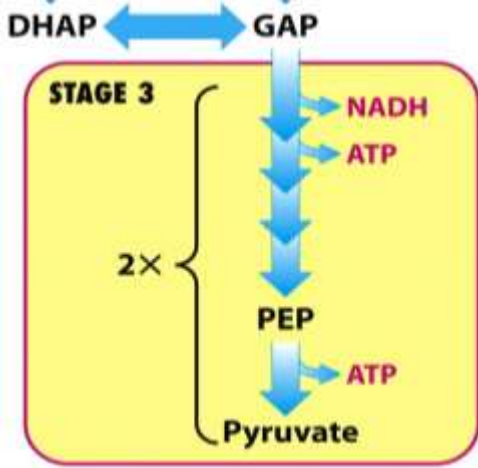
- Αντιστρεπτή
- Κατάλοιπο ιστιδίνης στο ενεργό κέντρο που φωσφορυλιώνεται
- Απαραίτητες καταλυτικές ποσότητες 2,3-διφωσφογλυκερικού



9.

Αφυδάτωση του 2-φωσφογλυκερικού σε
φωσφο-ενολπυροσταφυλικό

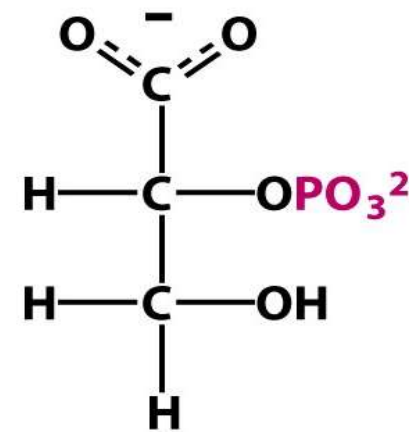
$$\Delta G^{\circ}: +0.4$$
$$\Delta G: -0.8$$



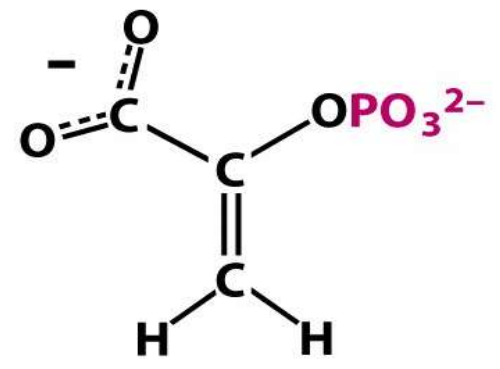
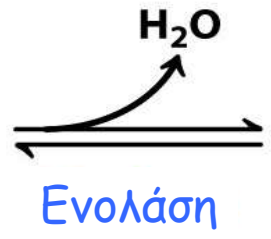
9.

Αφυδάτωση του 2-φωσφογλυκερικού σε φωσφο-ενολπυροσταφυλικό

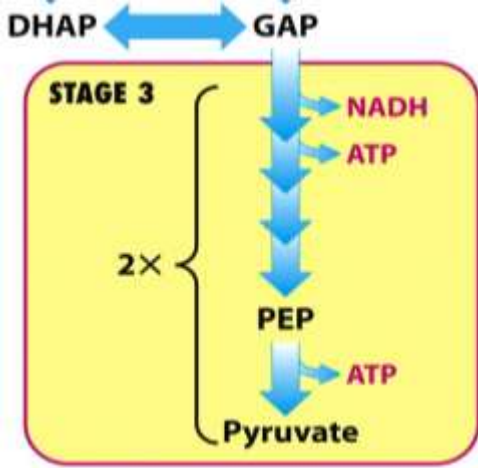
$\Delta G^\circ: +0.4$
 $\Delta G: -0.8$



2-Φωσφογλυκερικό (2-PG)



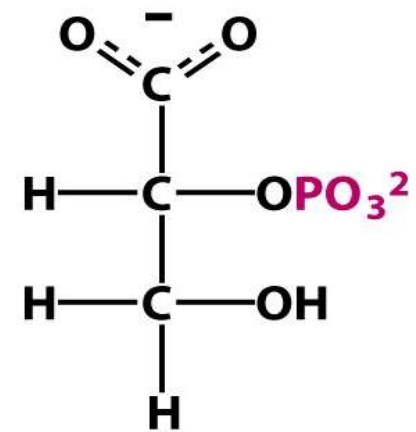
Φωσφο-ενολπυροσταφυλικό (PEP)



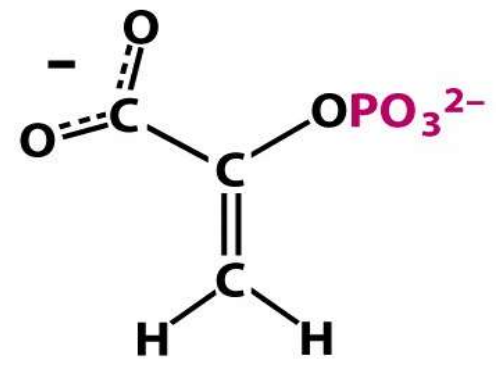
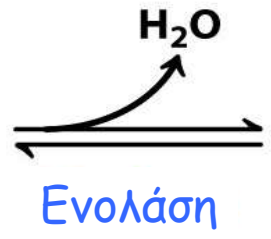
9.

Αφυδάτωση του 2-φωσφογλυκερικού σε φωσφο-ενολπυροσταφυλικό

$\Delta G^\circ: +0.4$
 $\Delta G: -0.8$

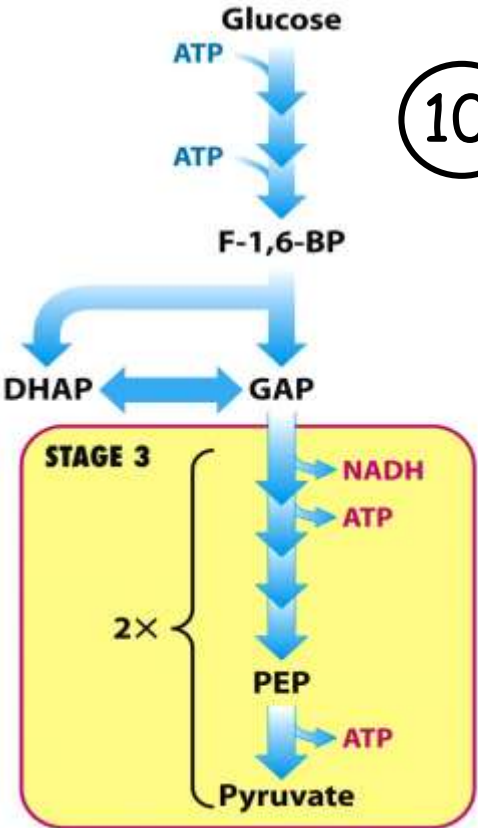


2-Φωσφογλυκερικό (2-PG)



Φωσφο-ενολπυροσταφυλικό (PEP)

- Αντιστρεπτή
- Αφυδάτωση
- Αύξηση του δυναμικού μεταφοράς φωσφορικής ομάδας



10.

Μετατροπή του ΡΕΡ σε πυροσταφυλικό και παραγωγή ΑΤΡ (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

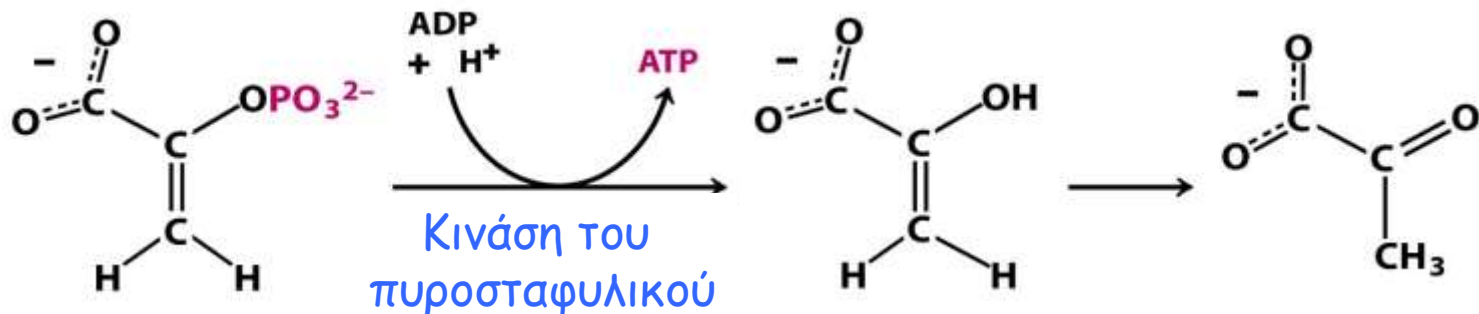
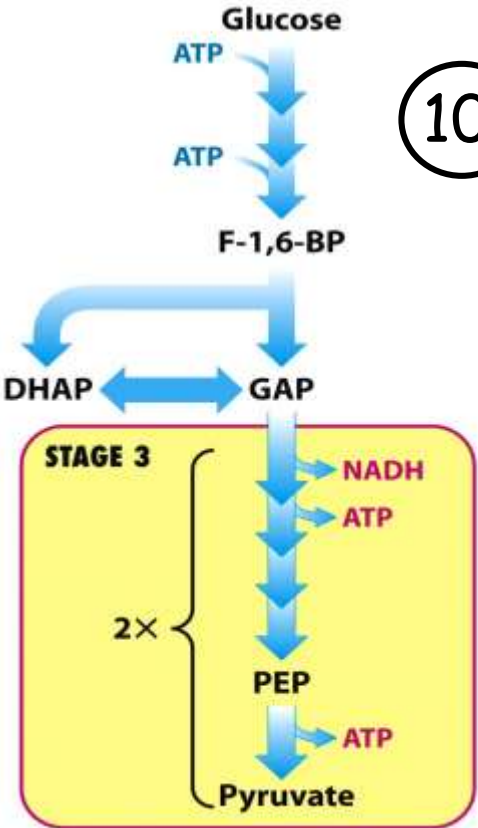
$\Delta G^\circ: -7.5$

$\Delta G: -4.0$

10.

Μετατροπή του PEP σε πυροσταφυλικό και παραγωγή ATP (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -7.5$
 $\Delta G: -4.0$



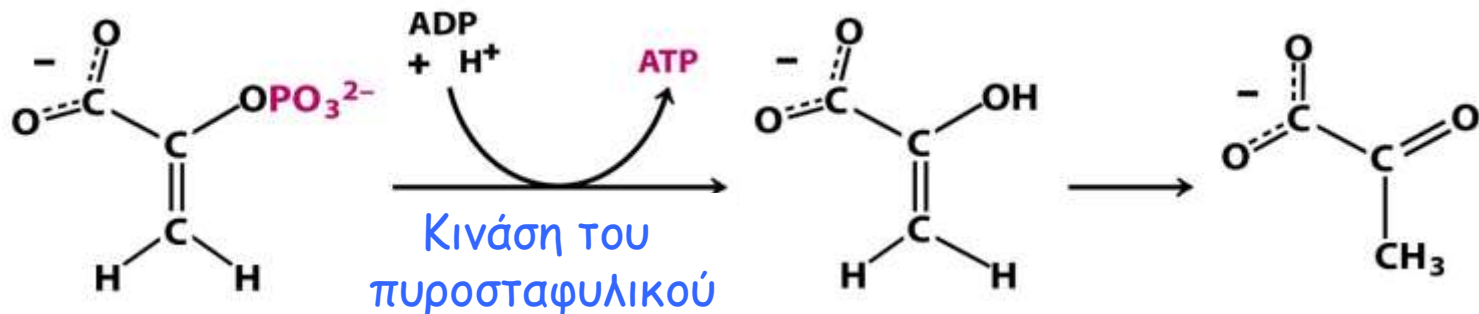
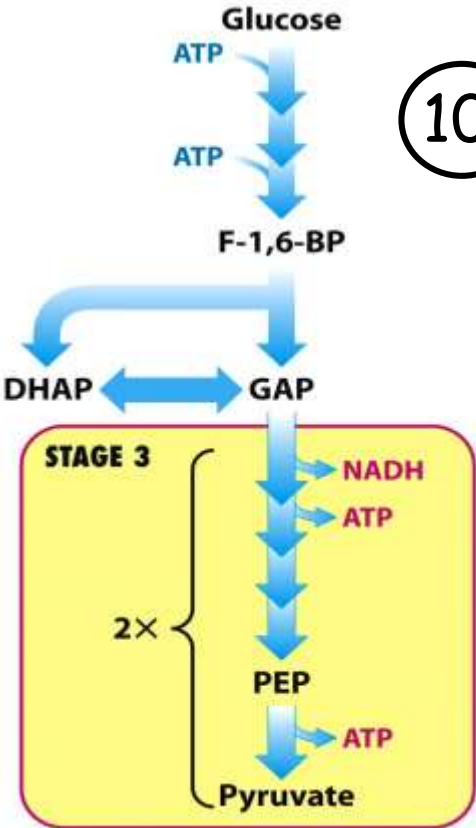
Φωσφο-ενολπυροσταφυλικό (PEP)

Πυροσταφυλικό

10.

Μετατροπή του PEP σε πυροσταφυλικό και παραγωγή ATP (μεταφορά φωσφορικής ομάδας)

$\Delta G^\circ: -7.5$
 $\Delta G: -4.0$

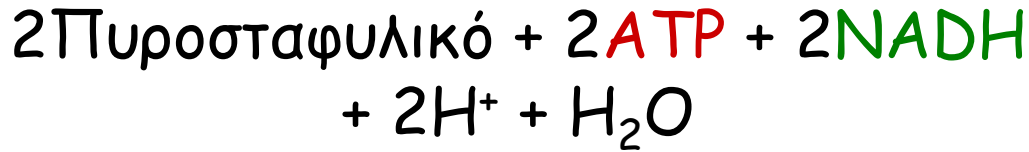
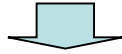
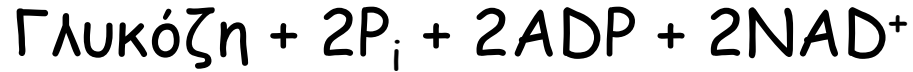


Φωσφο-ενολπυροσταφυλικό (PEP)

Πυροσταφυλικό

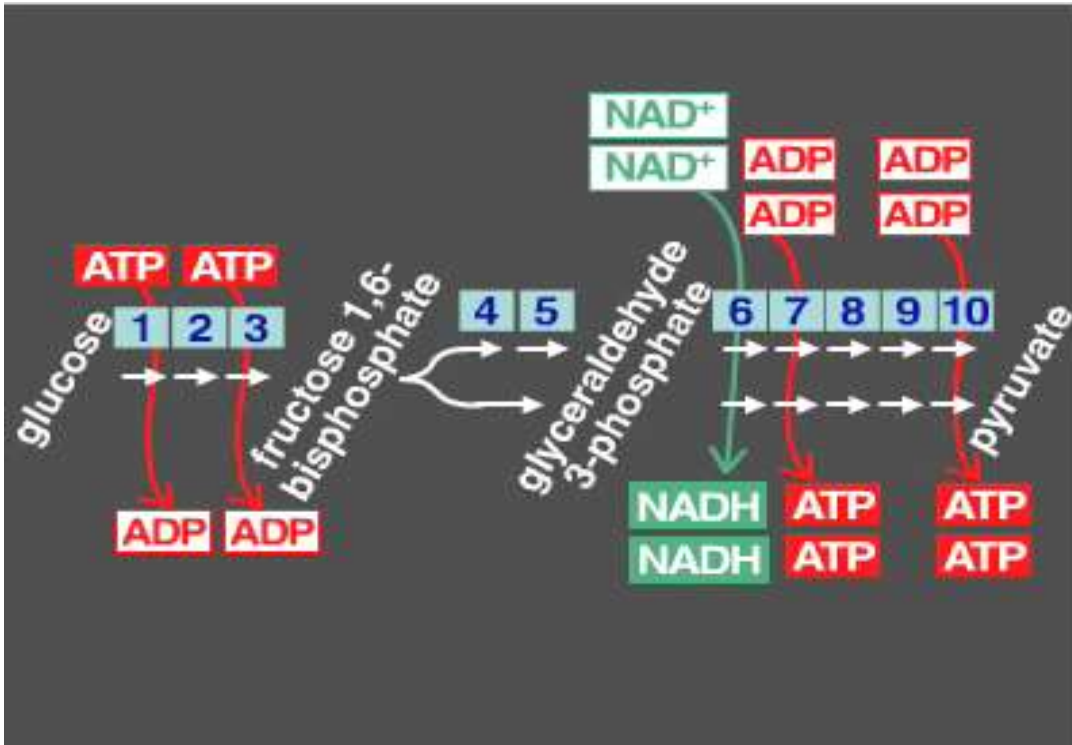
- Μη αντιστρεπτή
- Παραγωγή ATP (φωσφορυλίωση στο επίπεδο του υποστρώματος)
- Καθαρό «κέρδος» 2 ATP
- Η ανεπάρκεια της κινάσης του πυροσταφυλικού προκαλεί αιμολυτική αναιμία

ΣΥΝΟΛΟ



Παραγόμενη ενέργεια: - 21 kcal/mol

Video: Γλυκόλυση



Stage 1

Glucose



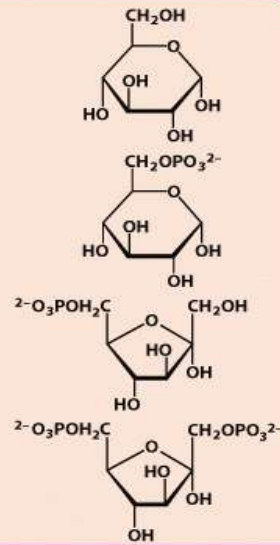
Glucose 6-phosphate



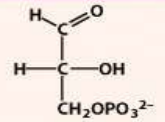
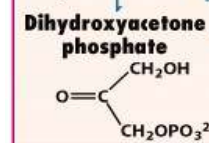
Fructose 6-phosphate



Fructose 1,6-bisphosphate



Stage 2



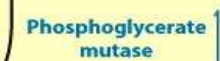
Stage 3



1,3-Bisphosphoglycerate



3-Phosphoglycerate



2-Phosphoglycerate

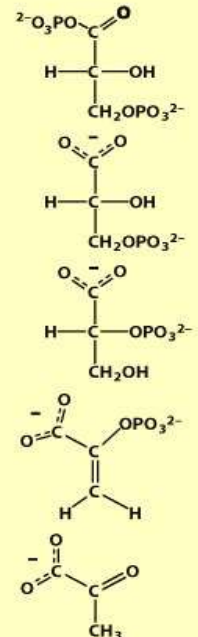


Phosphoenolpyruvate



Pyruvate

2 X



Σύνοψη: Πέψη, αποικοδόμηση & μεταβολισμός υδατανθράκων

Δομή & βιολογική σημασία της γλυκόζης

Δομή υδατανθρακών τροφής

Πέψη υδατανθρακών τροφής

Αμυλάση (σίελος, πάγκρεας)

Σακχαριδάσες λεπτού εντέρου

Απορρόφηση

Είσοδος γλυκόζης στα κύτταρα

Τύποι και λειτουργία μεταφορέων GLUT

Μεταβολική τύχη γλυκόζης

Γλυκόλυση

Οδός φωσφορικών πεντοζών

Σύνθεση γλυκογόνου

Σύνοψη μεταβολισμού υδατανθρακών

Η σημασία του μεταβολισμού της γλυκόζης

Ασθένειες του μεταβολισμού των υδατανθρακών

Στάδια γλυκόλυσης

1^ο Στάδιο: Δέσμευση & ενεργοποίηση γλυκόζης

Εξοκινάση \rightarrow 6-Φωσφορική Γλυκόζη (-ATP),

Ισομεράση \rightarrow 6-Φωσφορική φρουκτόζη

Φωσφοφρουκτοκινάση \rightarrow 1,6-Διφωσφορική φρουκτόζη (-ATP)

2^ο Στάδιο: Διάσπαση

Αλδολάση, Ισομεράση \rightarrow 3-Φωσφορική γλυκεραλδεΐδη (2X)

3^ο Στάδιο: Οξείδωση & συλλογή ενέργειας

Αφυδρογονάση (GAPDH) \rightarrow 1,3-Διφωσφογλυκερικό + NADH (2X)

Κινάση \rightarrow 3-Φωσφογλυκερικό + ATP (2X)

Μουτάση \rightarrow 2-Φωσφογλυκερικό (2X)

Ενολάση \rightarrow Φωσφο-ενολπυροσταφυλικό (2X)

Κινάση \rightarrow Πυροσταφυλικό + ATP (2X)