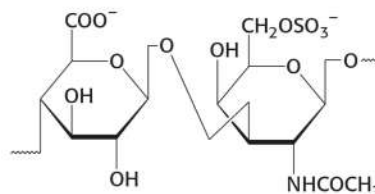


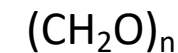
Βιοχημεία I

Κεφάλαιο 11

Υδατάνθρακες



Βασικά συστατικό του χόνδρου του ποδιού (προστατεύει από την κρούση) είναι μόρια που ονομάζονται γλυκοζαμινογλυκάνες.



Σημαντικά καύσιμα και δομικά συστατικά

- Μονοσακχαρίτες (3 ως 9 άτομα C)
- Ολιγοσακχαρίτες (μονοσακχαρίτες που συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μια ποικιλία δομών)
- Γλυκοπρωτεΐνες (υδατάνθρακες που συνδέονται με πρωτεΐνες)
- Λεκτίνες (είναι ειδικές πρωτεΐνες που δεσμεύουν υδατάνθρακες)

11.0 Υδατάνθρακες



SUCROSE

is often called **table sugar**. Made up from glucose and fructose, it is extracted from **sugar cane** or **sugar beet** and is naturally present in most **fruits** and **vegetables**



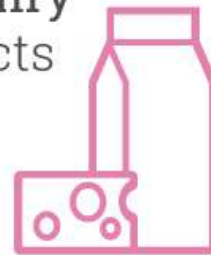
GLUCOSE & FRUCTOSE

are found in **fruits, vegetables** and **honey**



LACTOSE

is commonly called **milk sugar** because it is found in **milk** and **dairy** products



MALTOSE

is also commonly known as **malt sugar**, found in **malted drinks** and **beer**



11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Οι μονοσακχαρίτες είναι αλδεΐδες ή κετόνες με πολλαπλές υδροξυλομάδες

Ονομάζονται αλδόζες και κετόζες

Τριόζες, περιέχουν 3 άτομα άνθρακα (3C),

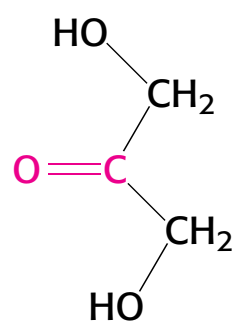
τετρόζες (4C),

πεντόζες (5C),

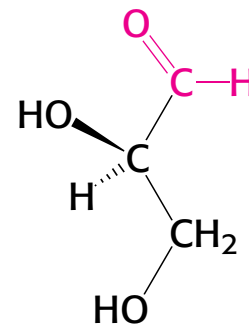
εξόζες (6C),

επτόζες (7C)

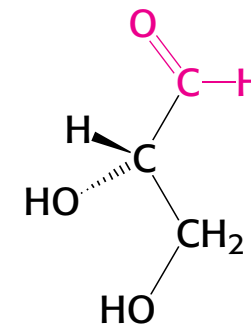
Οι μονοσακχαρίτες που γνωρίζουμε καλύτερα:



Διυδροξυακετόνη
(κετόζη)



D-Γλυκεραλδεΐδη
(αλδόζη)

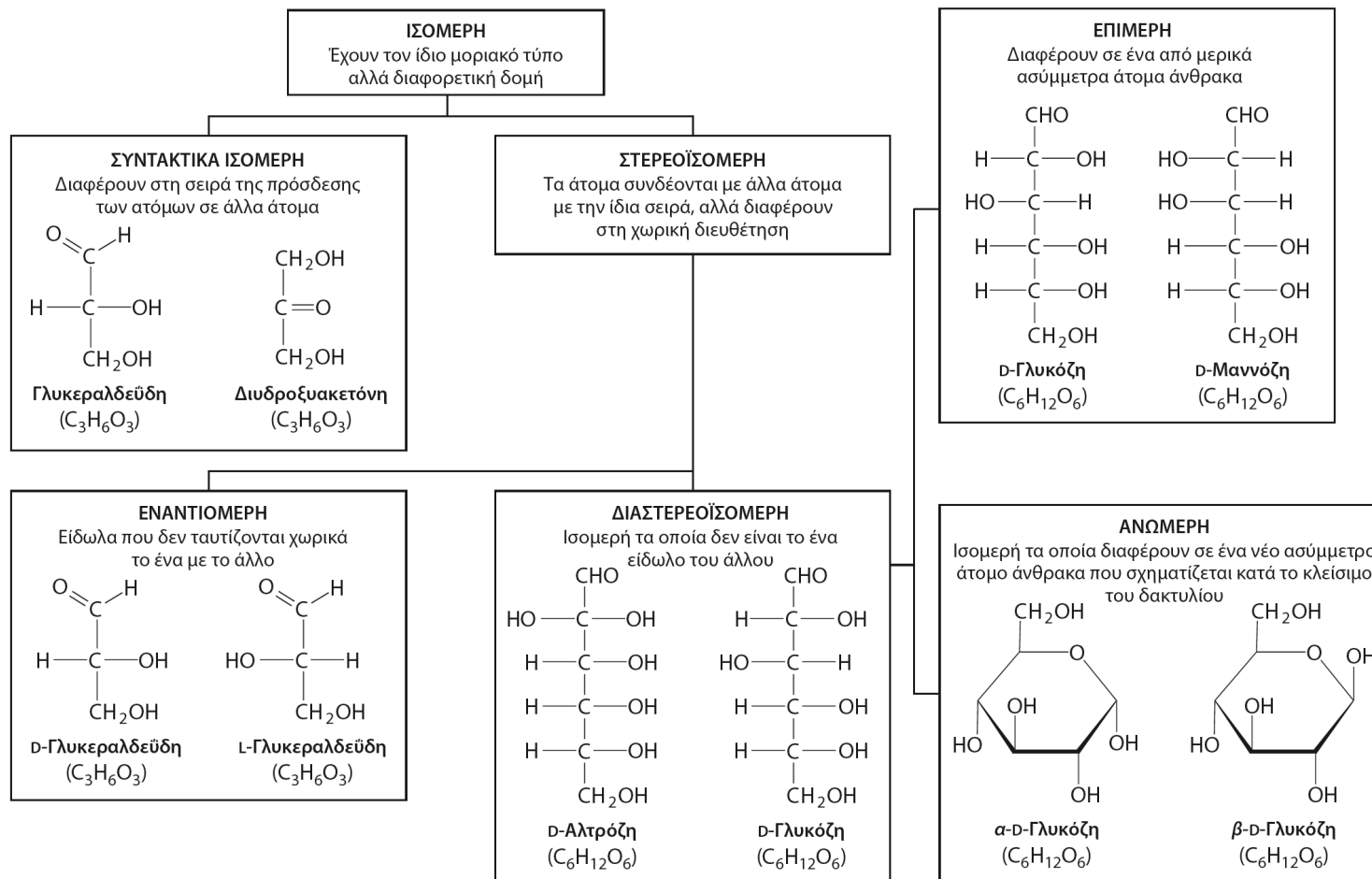


L-Γλυκεραλδεΐδη
(αλδόζη)

- Η ριβόζη και η γλυκόζη είναι αλδόζες
- Η φρουκτόζη είναι μια κετόζη

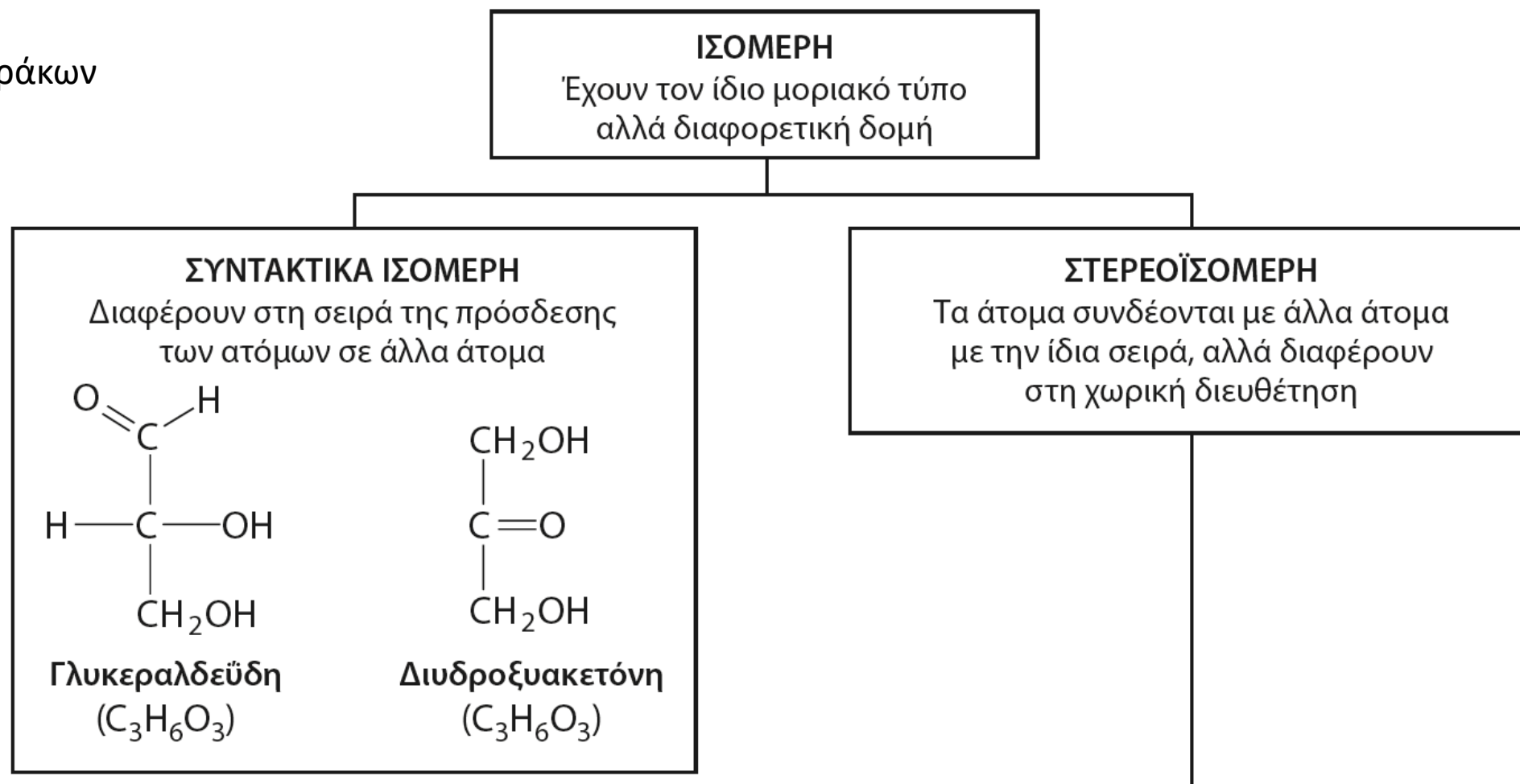
11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Ισομερείς μορφές υδατανθράκων



11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

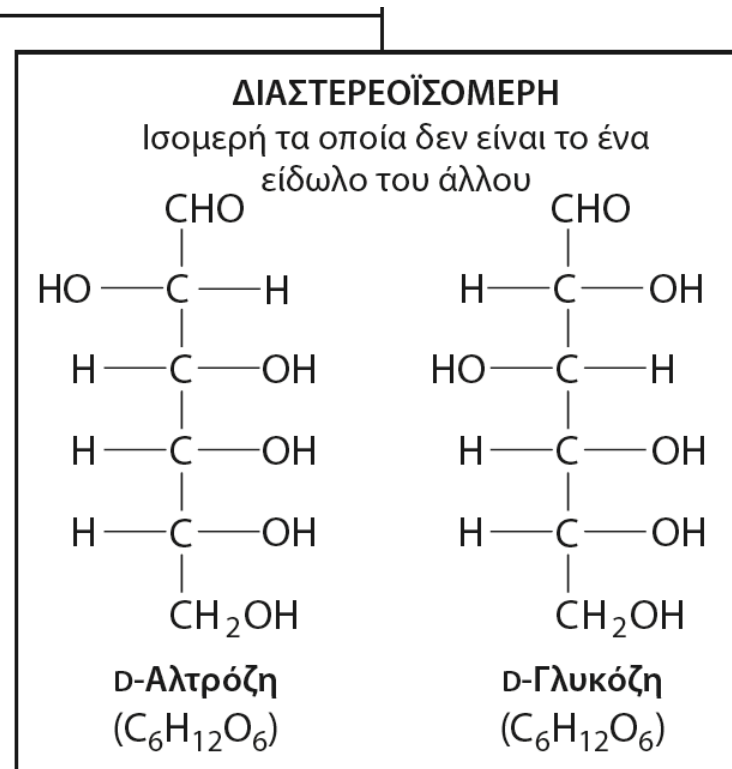
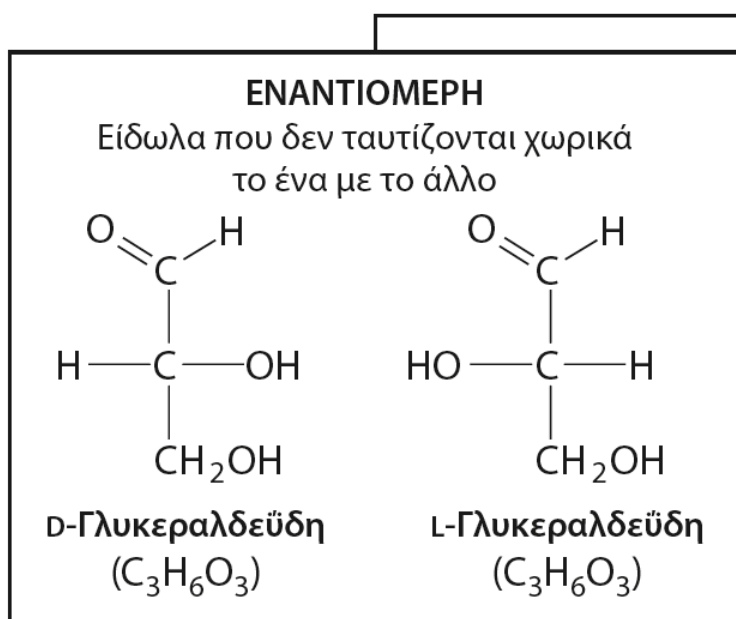
Ισομερείς μορφές υδατανθράκων



11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Ισομερείς μορφές υδατανθράκων

ΣΤΕΡΕΟΪΣΟΜΕΡΗ



Παραπάνω από ένα
ασύμμετρα
(στερεογονικά)
κέντρα

Υπάρχει ένα λάθος!
Που είναι;

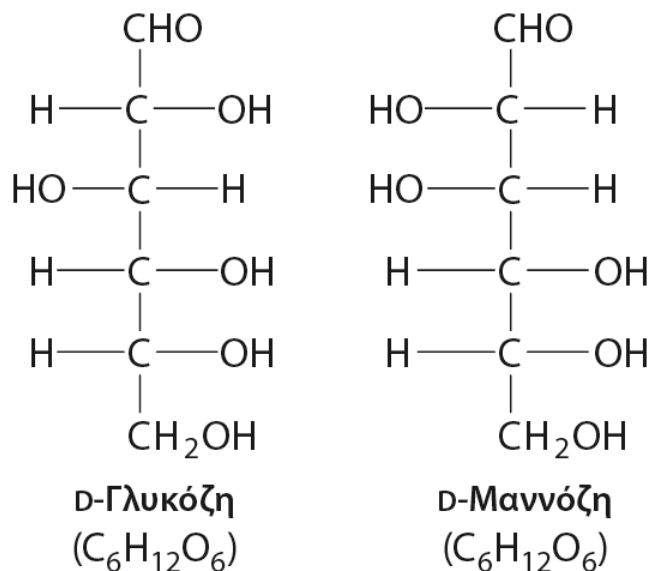
11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Ισομερείς μορφές υδατανθράκων

ΔΙΑΣΤΕΡΕΟΪΣΟΜΕΡΗ

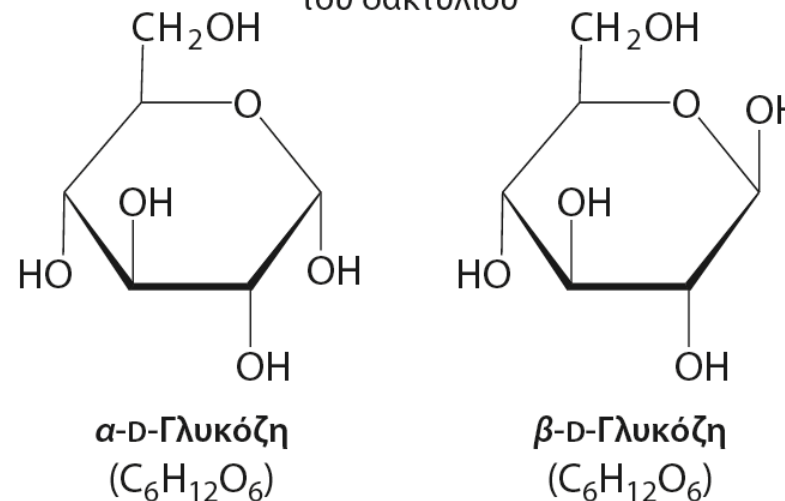
ΕΠΙΜΕΡΗ

Διαφέρουν σε ένα από μερικά ασύμμετρα άτομα άνθρακα



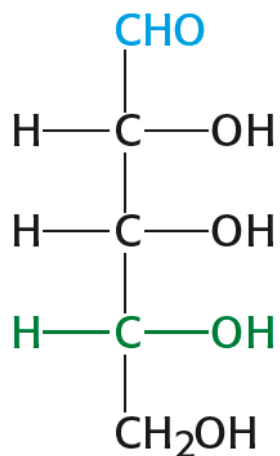
ΑΝΩΜΕΡΗ

Ισομερή τα οποία διαφέρουν σε ένα νέο ασύμμετρο άτομο άνθρακα που σχηματίζεται κατά το κλείσιμο του δακτυλίου

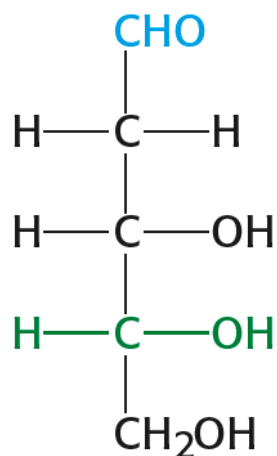


11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

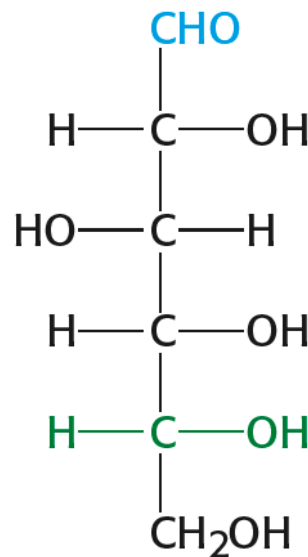
Κοινοί μονοσακχαρίτες



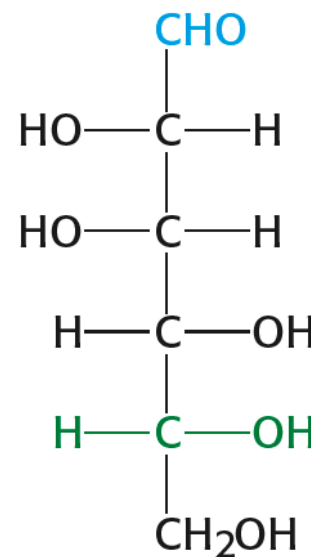
D-Ριβόζη



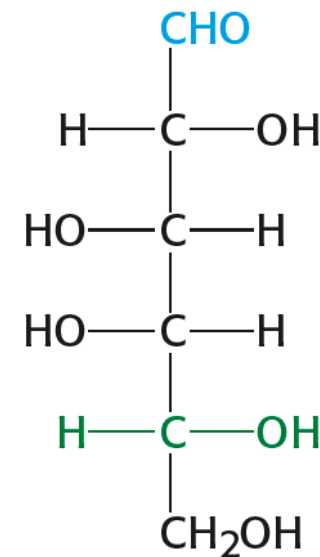
D-Δεοξυριβόζη



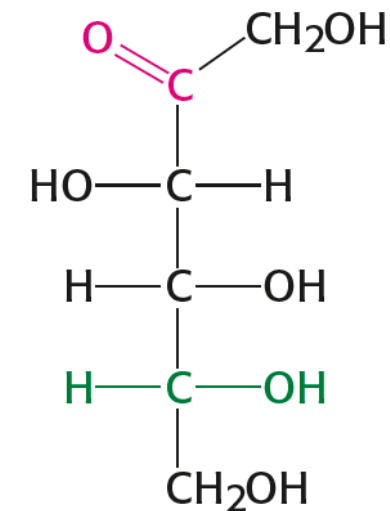
D-Γλυκόζη



D-Μαννόζη



D-Γαλακτόζη



D-Φρουκτόζη

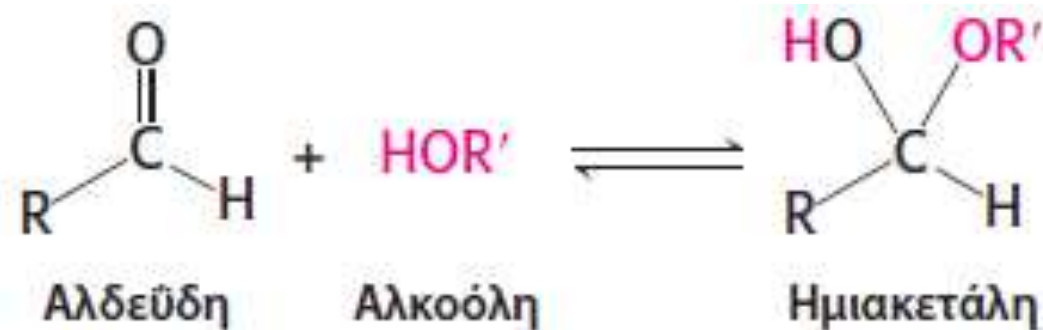
Το πιο απομακρυσμένο ασύμμετρο άτομο C από την αλδεϋδική ή την κετονική ομάδα, χαρακτηρίζει τις δομές στη διαμόρφωση D

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Πολλά κοινά σάκχαρα έχουν κυκλικές μορφές

Οι επικρατέστερες μορφές πολλών σακχάρων (π.χ. ριβόζη, γλυκόζη, φρουκτόζη) σε διάλυμα όπως μέσα στο κύτταρο, δεν είναι ανοιχτές αλυσίδες

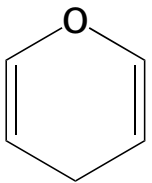
Μια αλδεΐδη ή μια κετόνη αντιδρά με μια αλκοόλη για να σχηματίσει μια ημιακετάλη



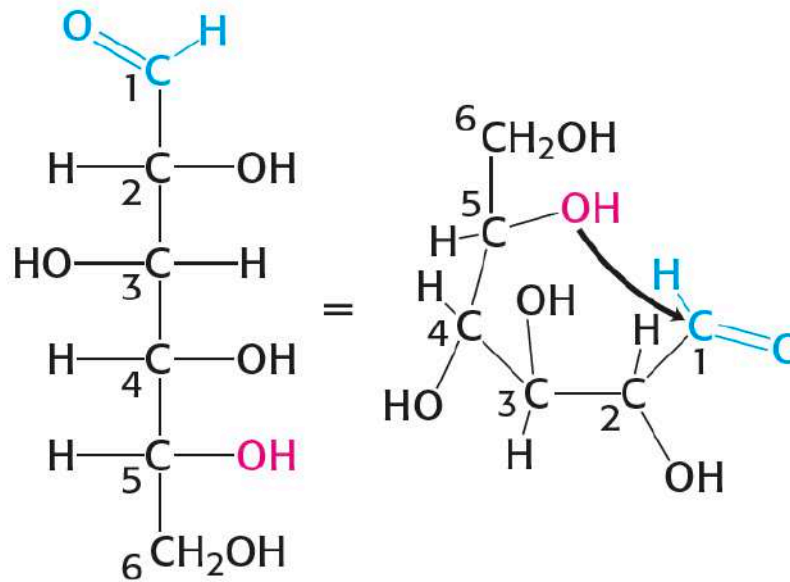
11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Σχηματισμός μια ενδομοριακής ημιακετάλης

Σχηματισμός της πυρανόζης

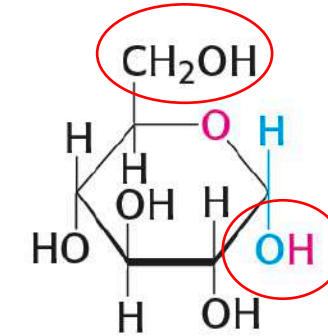


Πυράνιο

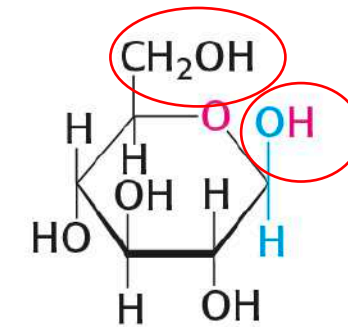


D-Γλυκόζη
(μορφή ανοιχτής αλυσίδας)

Προβολές κατά *Haworth*



α-D-Γλυκοπυρανόζη



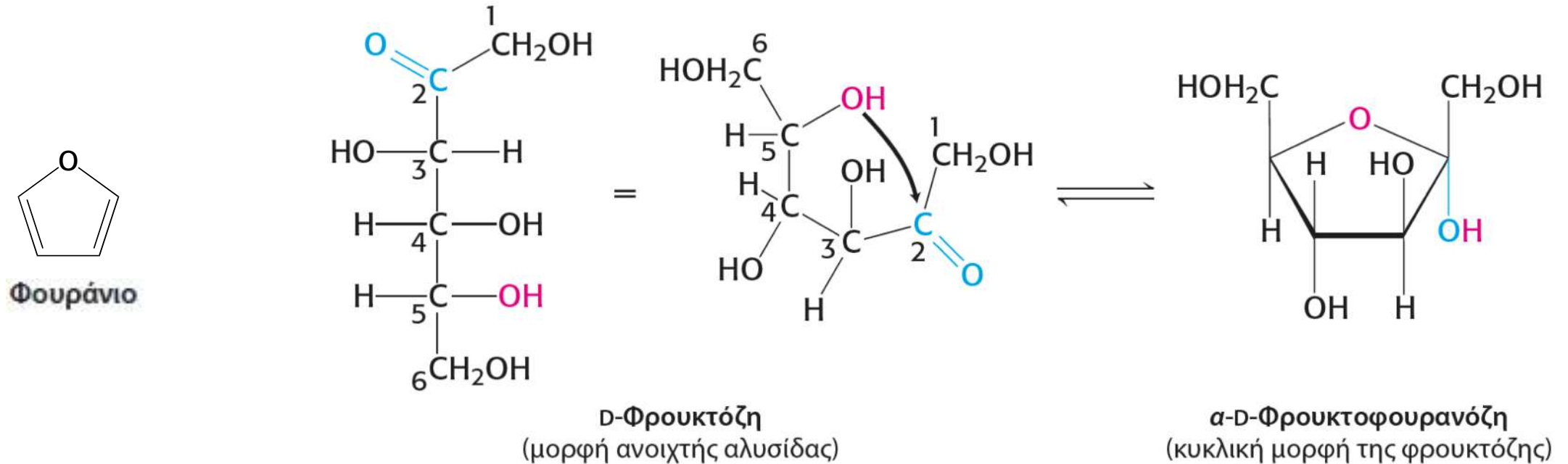
β-D-Γλυκοπυρανόζη

Το C-1 καλείται
ανωμερικό
άτομο C

α: απέναντι
β: μαζί

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Σχηματισμός της φουρανόζης

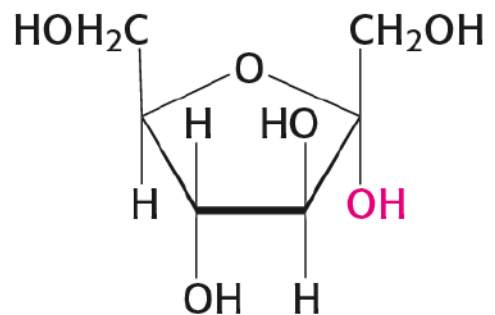


11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

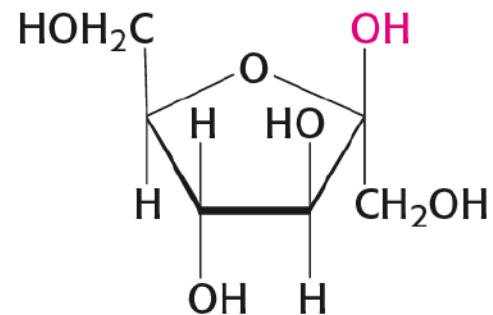
Δομές του δακτυλίου της φρουκτόζης

Σχηματίζει δακτυλίους:

- φουρανόζης (πάνω)
- πυρανόζης (κατω)



α -D-Φρουκτοφουρανόζη

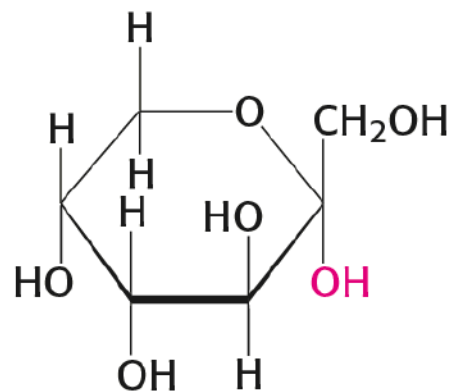


β -D-Φρουκτοφουρανόζη

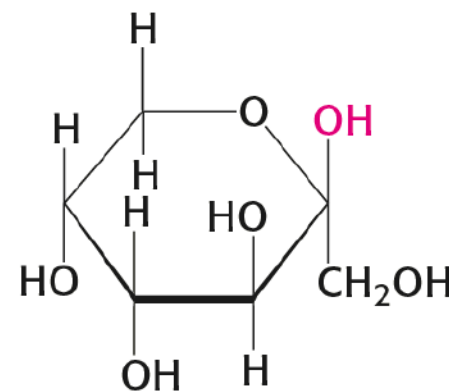
λιγότερο γλυκιά



Με θέρμανση



α -D-Φρουκτοπυρανόζη

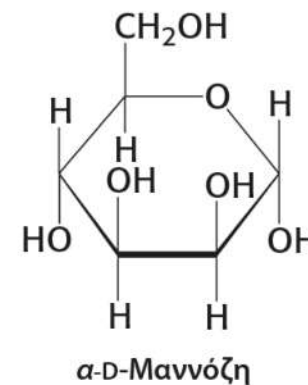
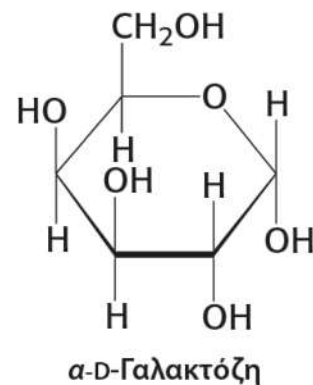
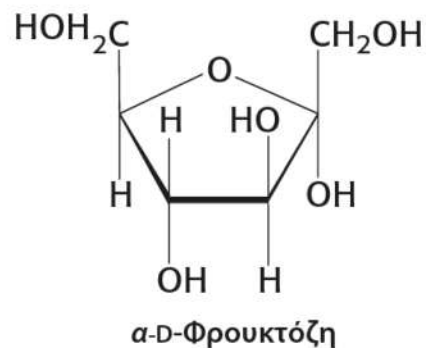
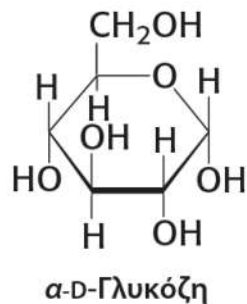
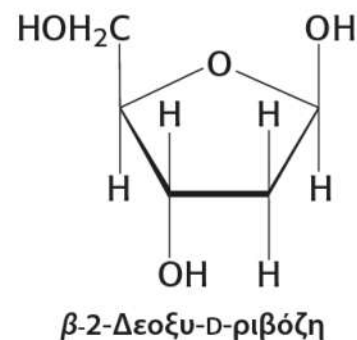
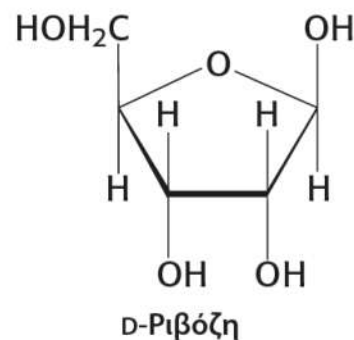


β -D-Φρουκτοπυρανόζη

(βρίσκεται στο μέλι,
σιρόπι από καλαμπόκι)

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Κοινοί μονοσακχαρίτες στη μορφή του δακτυλίου



11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

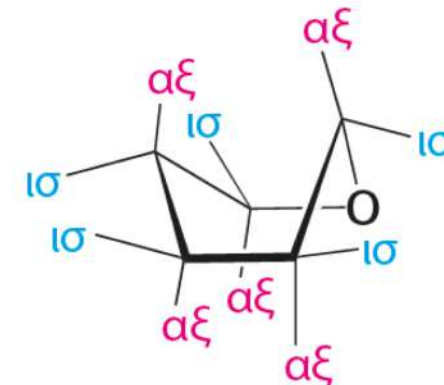
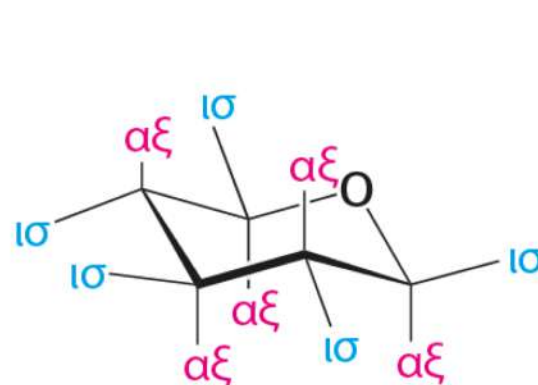
Οι δακτύλιοι πυρανόζης και φουρανόζης μπορεί να βρεθούν σε διαφορετικές στερεοδιατάξεις

Στερεοδιατάξεις:

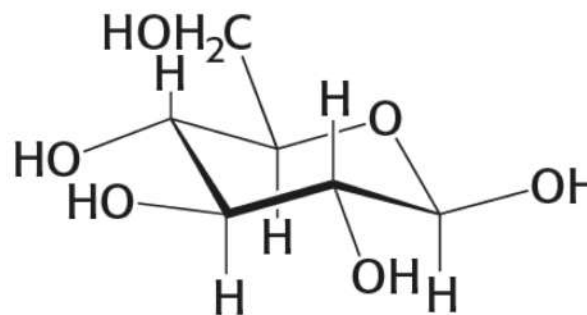
- ανακλίντρου
- λουτήρα

Οι υποκαταστάτες έχουν δύο προσανατολισμούς:

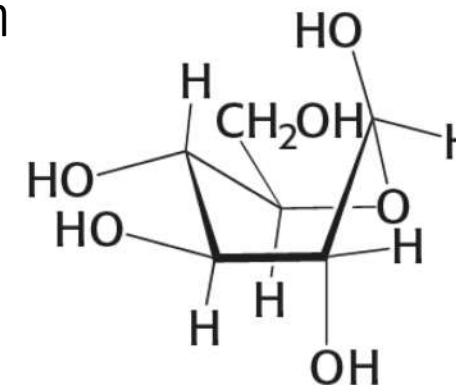
- αξονικό (αξ)
- ισημερινό (ισ)



β-D-γλυκόζη



Μορφή ανακλίντρου



Μορφή λουτήρα

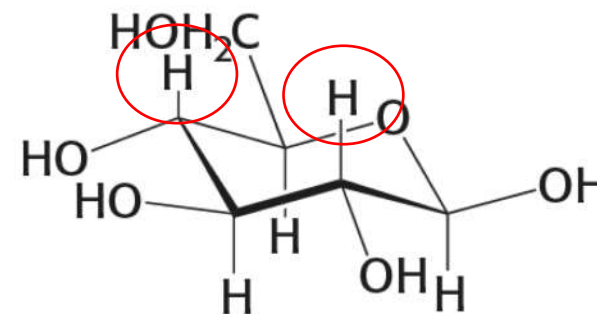
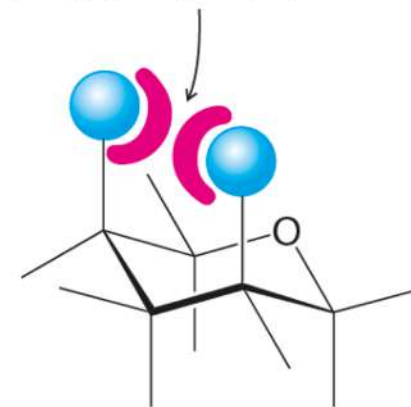
11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Οι αξονικοί υποκαταστάτες παρεμποδίζουν στερεοχημικά ο ένας τον άλλο εάν προβάλλουν από την ίδια πλευρά

Αντιθέτως, υπάρχει πολύ περισσότερος χώρος για τους ισημερινούς υποκαταστάτες

Η μορφή ανακλίντρου της β-D-γλυκοπυρανόζης είναι η επικρατέστερη

Στερεοχημική παρεμπόδιση

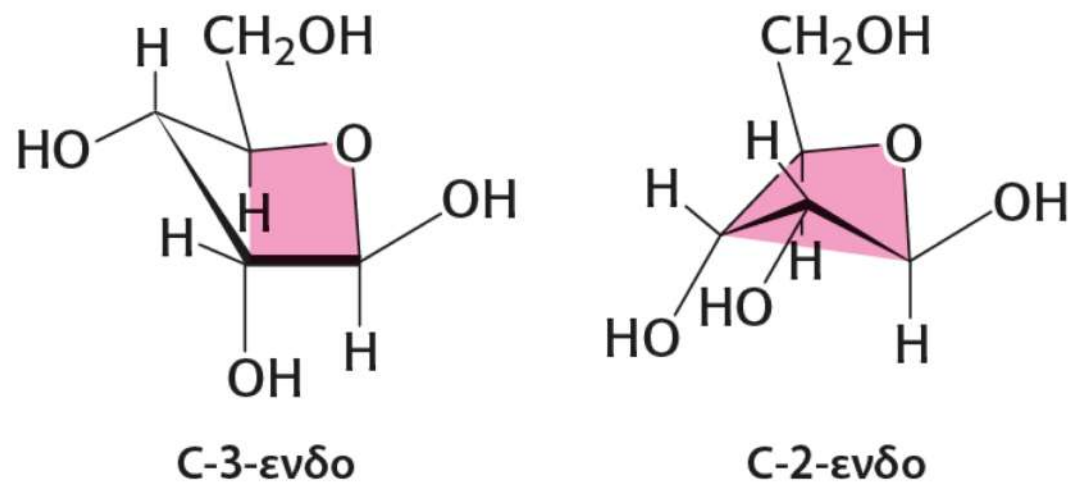


Μορφή ανακλίντρου

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Οι δακτύλιοι της φουρανόζης, όπως και της πυρανόζης, δεν είναι επίπεδοι

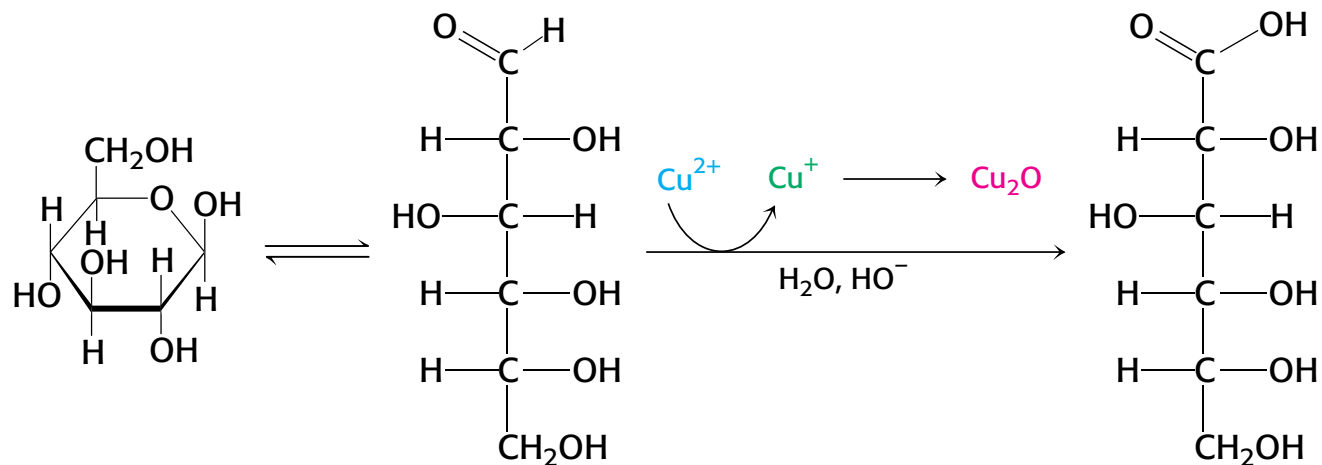
Ενδέχεται να είναι παραμορφωμένοι έτσι ώστε τα τέσσερα άτομα να είναι στο ίδιο επίπεδο και το πέμπτο εκτός



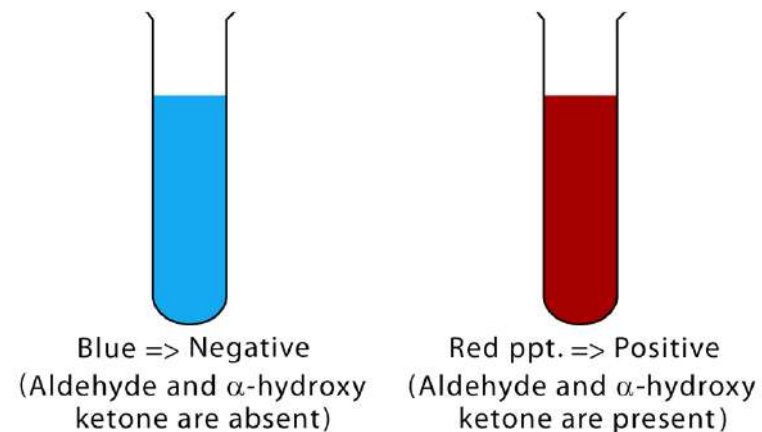
β-D-ριβόζη

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

Η γλυκόζη είναι ένα αναγωγικό σάκχαρο



Fehling's Test



Αναγωγικά και μη αναγωγικά σάκχαρα

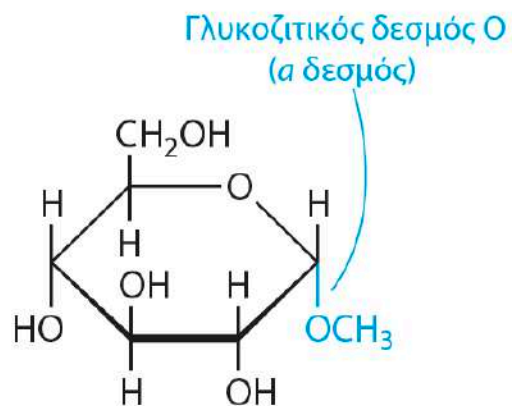
Αναγωγικά σάκχαρα, όπως η γλυκόζη αντιδρά με την αιμοσφαιρίνη και σχηματίζει γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη

Στα μη διαβητικά άτομα, γλυκοζυλιώνεται >6%, ενώ στο μη ελεγχόμενο διαβήτη γλυκοζυλιώνεται σχεδόν το 10%

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

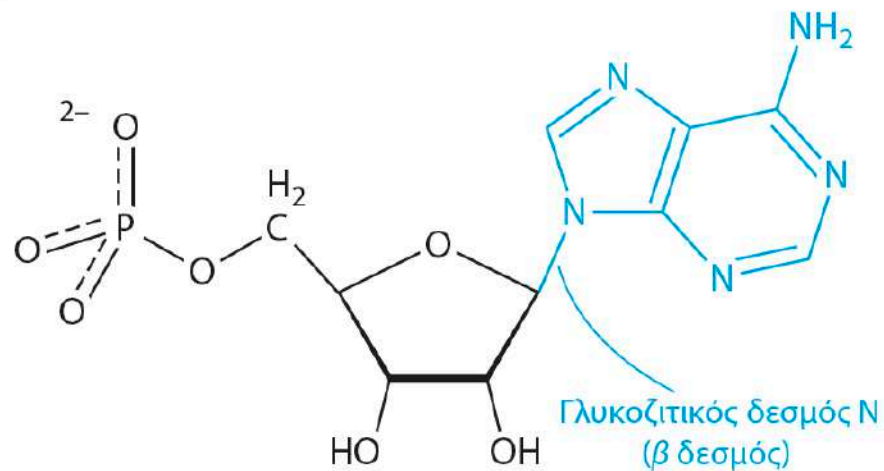
Οι μονοσακχαρίτες ενώνονται με αλκοόλες και αμίνες μέσω γλυκοζιτικών δεσμών

(A)



α-D-Μεθυλογλυκόζη

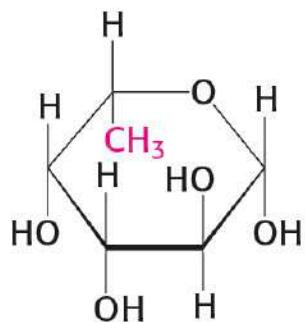
(B)



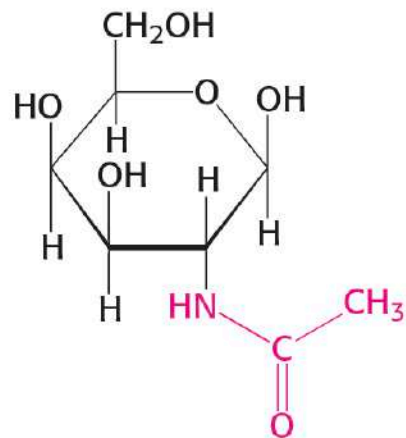
Μονοφωσφορική αδενοσίνη

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

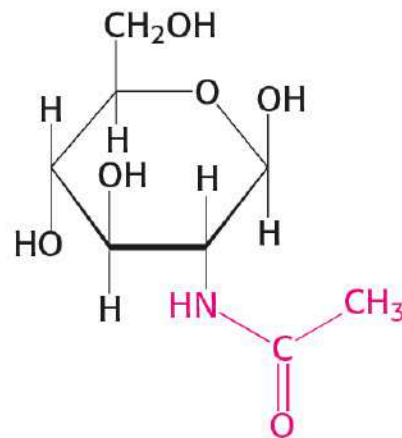
Τροποποιημένοι μονοσακχαρίτες



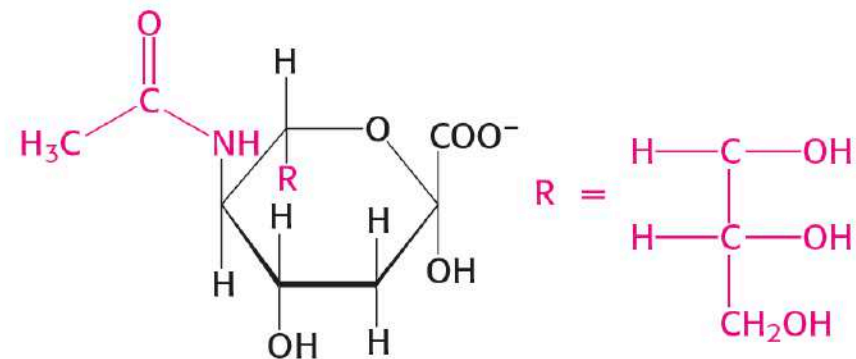
β-L-Φουκόζη
(Fuc)



β-D-Ακετυλογαλακτοζαμίνη
(GalNAc)



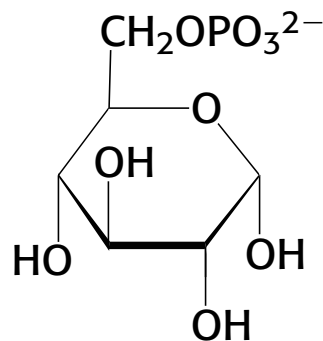
β-D-Ακετυλογλυκοζαμίνη
(GlcNAc)



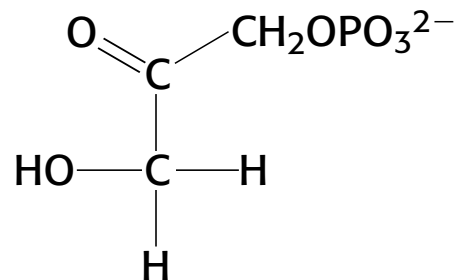
Σιαλικό οξύ (Sia)
(N-Ακετυλνευραμινικό)

11.1 Οι μονοσακχαρίτες είναι η απλούστεροι υδατάνθρακες

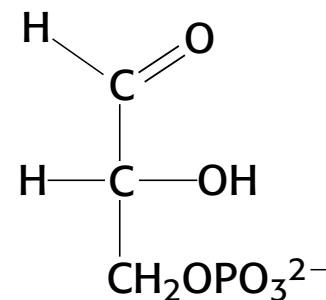
Τροποποιημένοι μονοσακχαρίτες



**6-Φωσφορική γλυκόζη
(G-AP)**



**Φωσφορική
διυδροξυακετόνη
(DHAP)**



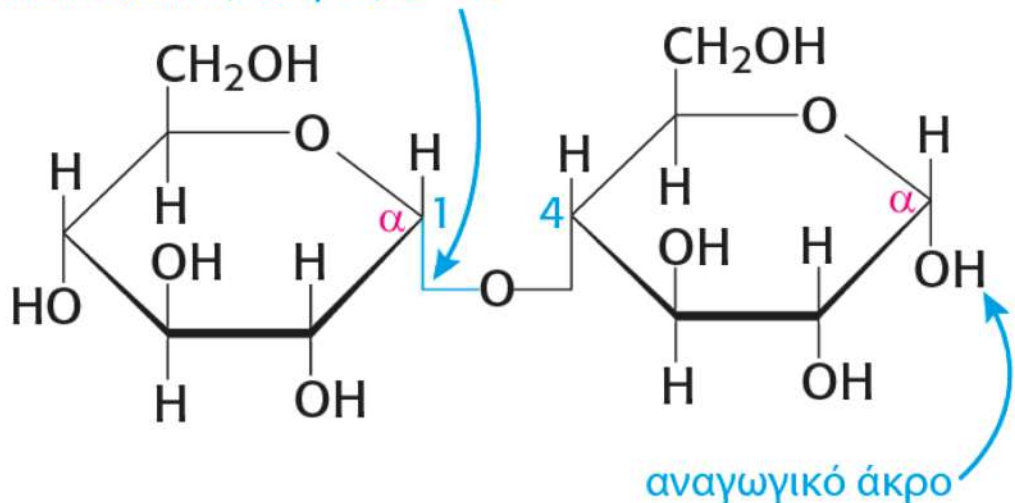
**3-Φωσφορική
γλυκεραλδεΐδη (GAP)**

Η φωσφορυλίωση κάνει τα σάκχαρα ανιοντικά

11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

Οι ολιγοσακχαρίτες σχηματίζονται με την σύνδεση δύο ή περισσότερων μονοσακχαριτών

Γλυκοζιτικός δεσμός α -1,4

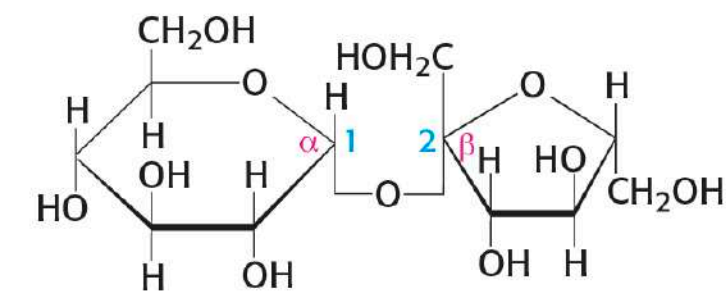


Η μαλτόζη είναι ένας δισακχαρίτης

Δύο μόρια γλυκόζης συνδέονται με έναν γλυκοζιτικό δεσμό α -1,4 για να σχηματίσουν τον δισακχαρίτη μαλτόζη

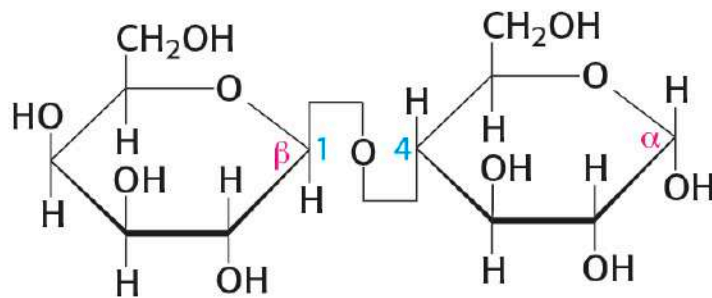
11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

Η σακχαρόζη, η λακτόζη και η μαλτόζη είναι οι κοινοί δισακχαρίτες



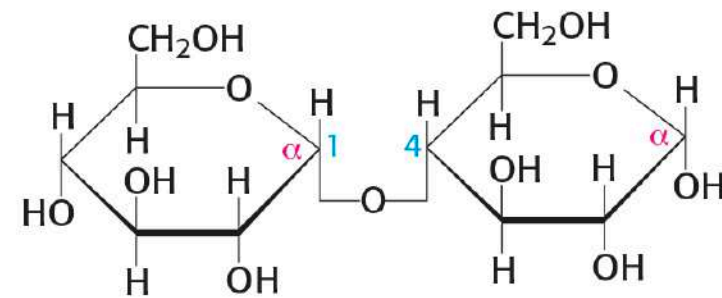
Σακχαρόζη

(α -D-Γλυκοπυρανοζυλο-(1 \rightarrow 2)- β -D-φρουκτοφουρανόζη



Λακτόζη

(β -D-Γαλακτοπυρανοζυλο-(1 \rightarrow 4)- α -D-γλυκοπυρανόζη



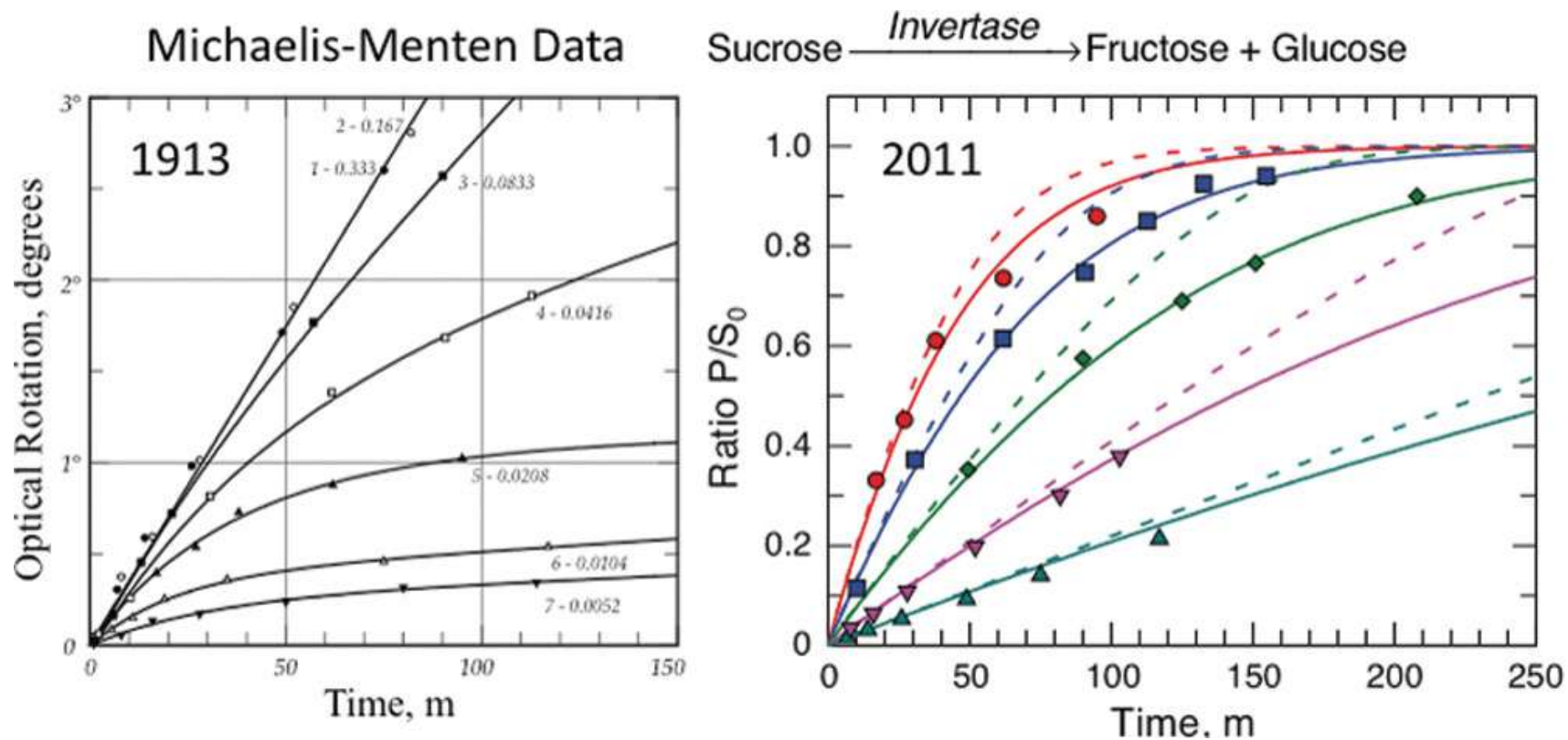
Μαλτόζη

(α -D-Γλυκοπυρανοζυλο-(1 \rightarrow 4)- α -D-γλυκοπυρανόζη

Τα ένζυμα σακχαράση (ιμβερτάση), λακτάση και μαλτάση υδρολύουν τους δισακχαρίτες σε μονοσακχαρίτες

11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

Το ένζυμο σακχαράση (ιμβερτάση)

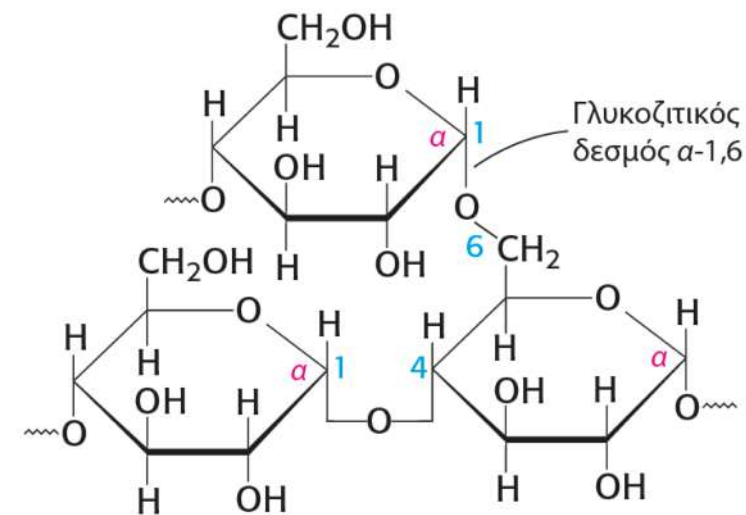


11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

Το γλυκογόνο και το άμυλο είναι αποθηκευτικές μορφές της γλυκόζης

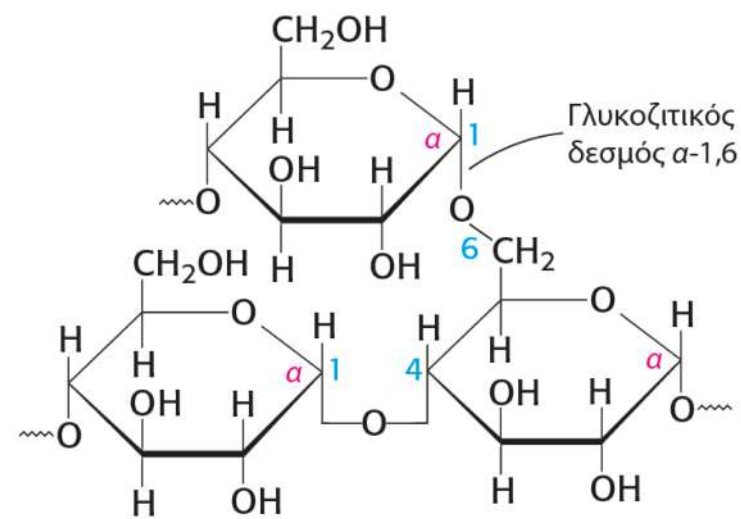
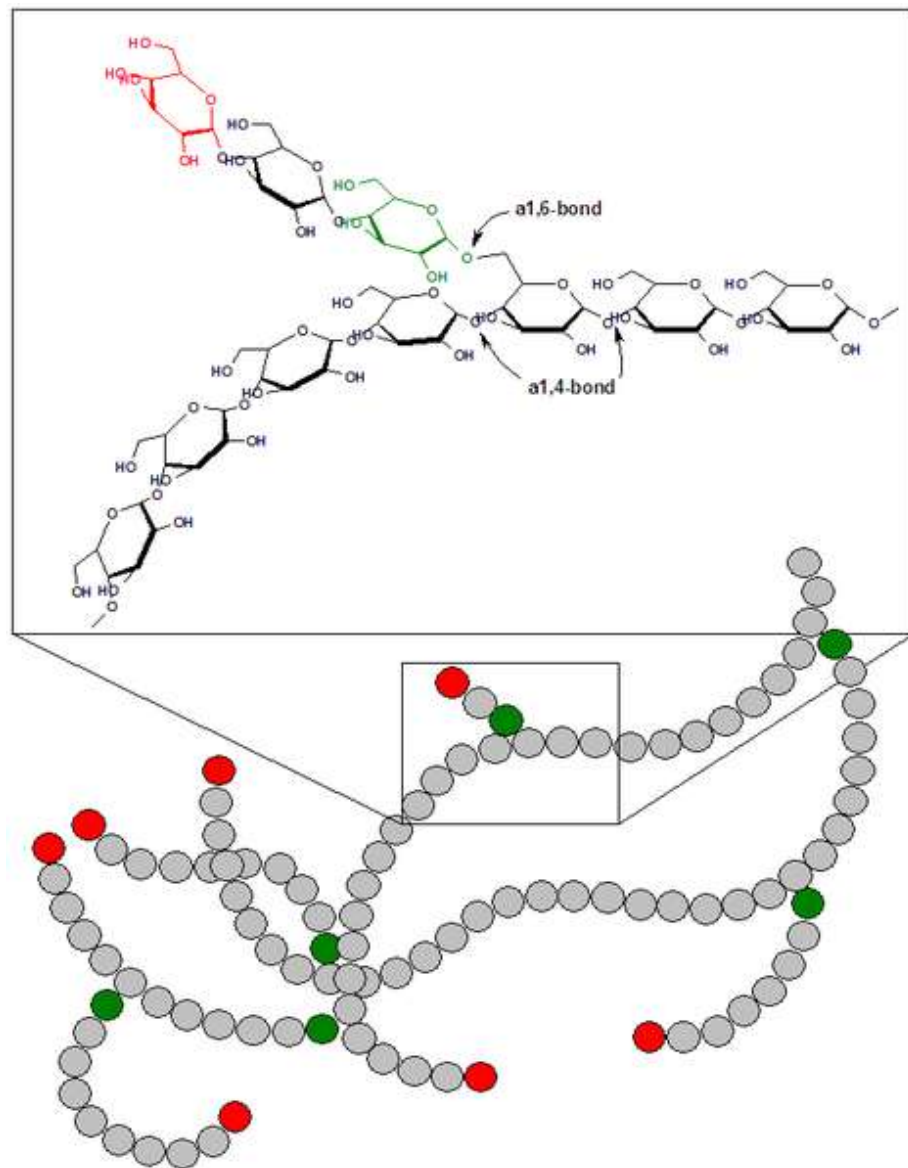
Πολυσακχαρίτες:

- Μεγάλοι πολυμερικοί ολιγοσακχαρίτες που σχηματίζονται από τη σύνδεση πολλαπλών μονοσακχαριτών
- Παίζουν ζωτικό ρόλο στην αποθήκευση ενέργειας και στη διατήρηση της δομικής ακεραιότητας ενός οργανισμού
- Το πιο κοινό ομοπολυμερές στα ζωικά κύτταρα είναι το **γλυκογόνο**, η αποθηκεύσιμη μορφή της γλυκόζης



11.2

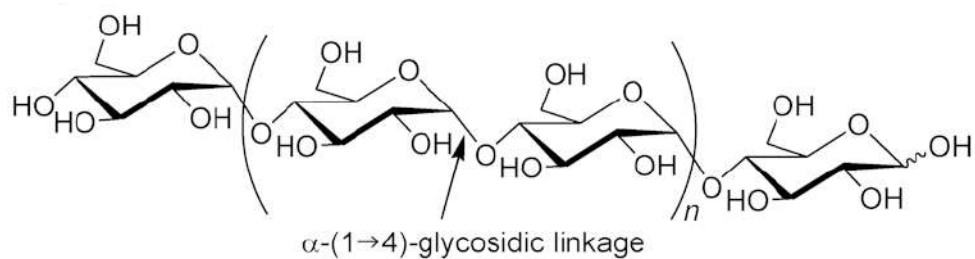
Το γλυκογόνο



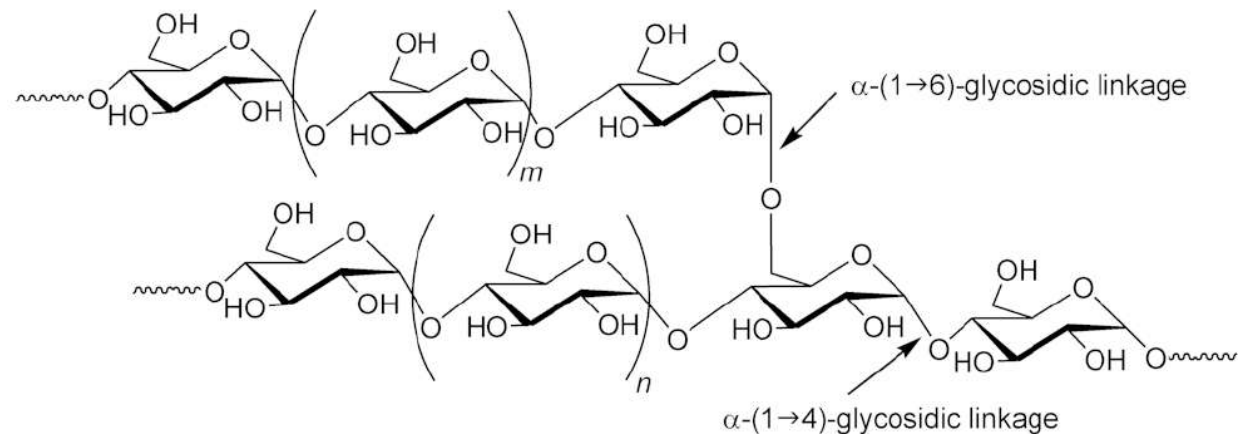
11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

Η θρεπτική δεξαμενή των φυτών είναι το ομοπολυμερές άμυλο, που υπάρχει σε δύο τύπους:

Αμυλόζη



Αμυλοπηκτίνη



>50% των υδατανθράκων που καταναλώνουμε αποτελούνται από άμυλο (π.χ. σιτάρι, πατάτες, ρύζι)

Υδρολύονται από την α -αμυλάση, η οποία εκκρίνεται από τους σιελογόνους αδένες και το πάγκρεας

11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

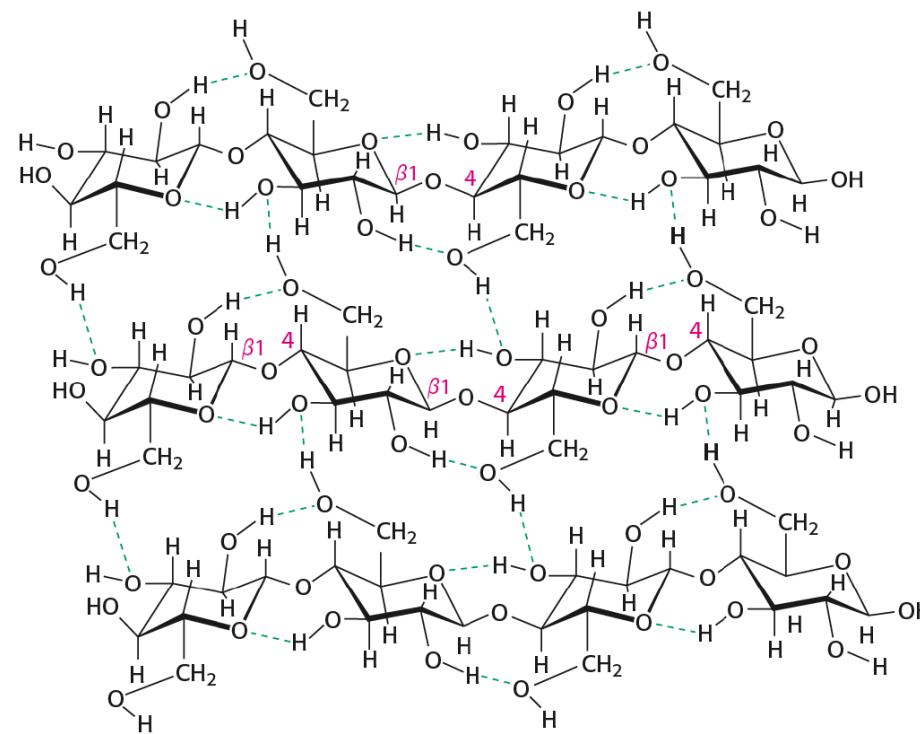
Η κυτταρίνη είναι το κύριο δομικό πολυμερές των φυτών και αποτελείται από γραμμικές αλυσίδες μονάδων γλυκόζης

Από τις πιο άφθονες οργανικές ενώσεις στην βιόσφαιρα

10^{15} kg κυτταρίνης κάθε χρόνο!

Ινίδια κυτταρίνης

- παράλληλες αλυσίδες που αλληλοεπιδρούν με δεσμούς υδρογόνου
- άκαμπτη υποστηρικτική δομή
- Οι αλυσίδες από δεσμούς β είναι οι καταλληλότερες για κατασκευή ινών με μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό

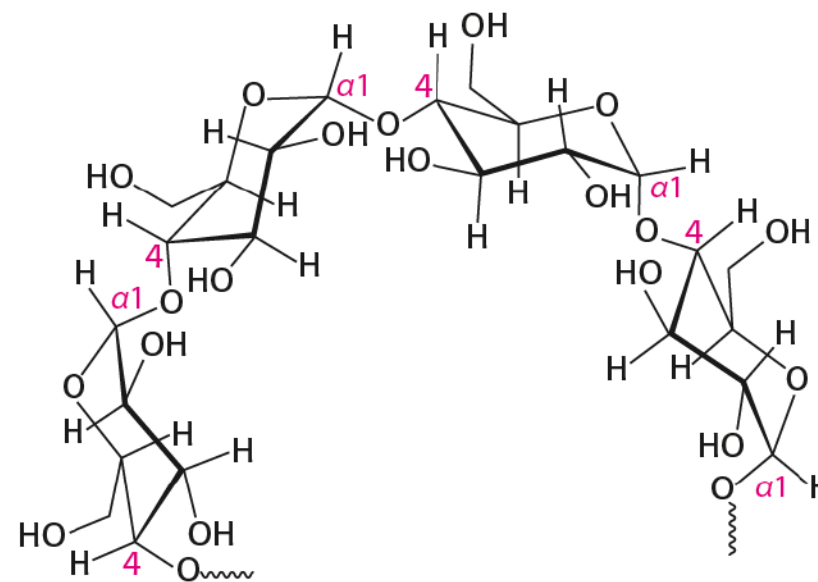


Κυτταρίνη
(δεσμοί β-1,4)

11.2 Οι μονοσακχαρίτες συνδέονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν πολύπλοκους υδατάνθρακες

Οι δεσμοί α -1,4 στο γλυκογόνο και στο άμυλο παράγουν μια διαφορετική αρχιτεκτονική

Η κοίλη έλικα που σχηματίζεται από δεσμούς α είναι πιο κατάλληλη για τον σχηματισμό ενός πιο συμπαγούς και προσιτού αποθέματος σακχάρου



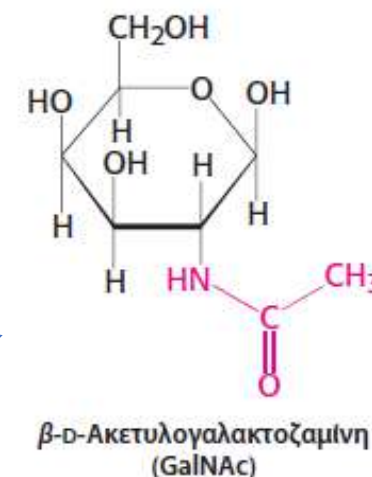
Άμυλο και γλυκογόνο
(δεσμοί α -1,4)

11.3 Οι υδατάνθρακες μπορούν να συνδεθούν με πρωτεΐνες και να σχηματίσουν γλυκοπρωτεΐνες

Μια υδατανθρακική ομάδα μπορεί να συνδεθεί ομοιοπολικά με μια πρωτεΐνη για να σχηματίσει μια γλυκοπρωτεΐνη (50% του πρωτεώματος)

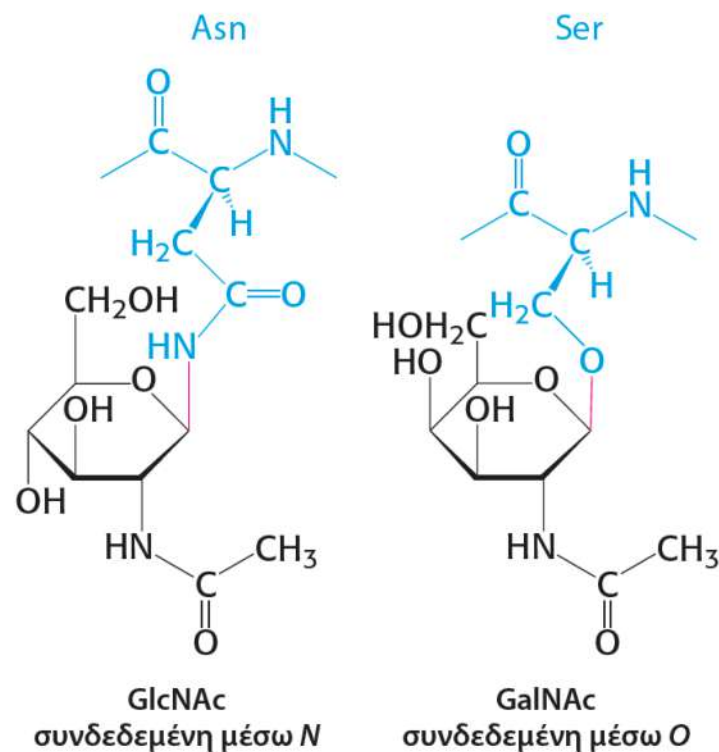
3 τάξεις γλυκοπρωτεϊνών:

- **γλυκοπρωτεΐνες**, που η πρωτεϊνική συνιστώσα είναι το μεγαλύτερο συστατικό κατά βάρος
- **πρωτεογλυκάνες**, το πρωτεϊνικό συστατικό των πρωτεογλυκανών είναι ενωμένο με έναν ιδιαίτερο τύπο πολυσακχαρίτη που ονομάζεται γλυκοζαμινογλυκάνη
- **βλεννίνες (βλεννοπρωτεΐνες)** είναι, όπως και οι πρωτεογλυκάνες, κυρίως υδατάνθρακες



11.3 Οι υδατάνθρακες μπορούν να συνδεθούν με πρωτεΐνες και να σχηματίσουν γλυκοπρωτεΐνες

Οι υδατάνθρακες μπορούν να συνδεθούν με τις πρωτεΐνες μέσω ασπαραγίνης (σύνδεση μέσω N) ή σερίνης ή θρεονίνης (σύνδεση μέσω O)

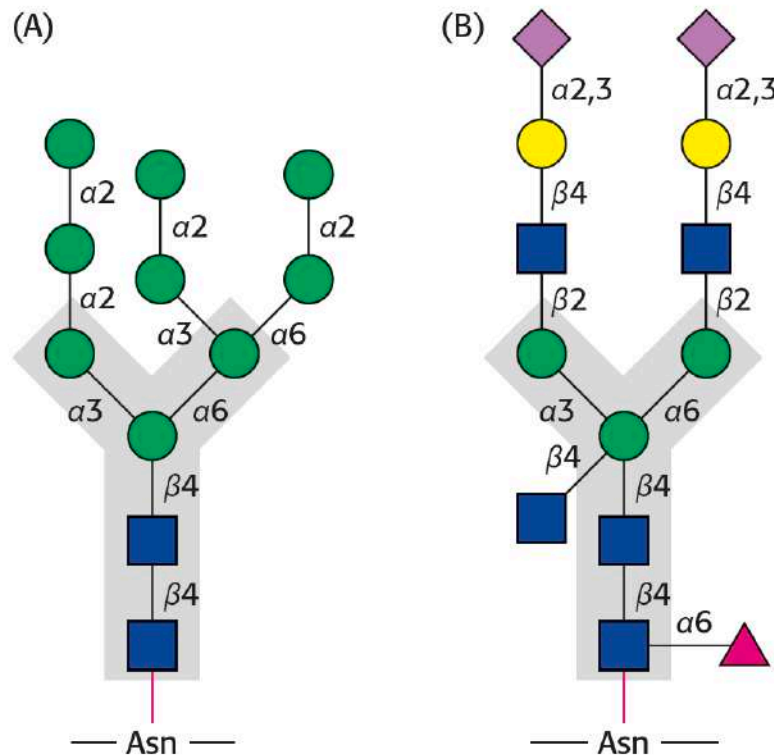


11.3 Οι υδατάνθρακες μπορούν να συνδεθούν με πρωτεΐνες και να σχηματίσουν γλυκοπρωτεΐνες

Ολιγοσακχαρίτες συνδεδεμένοι μέσω N

Συντομογραφίες για σάκχαρα

Fuc		Φουκόζη
Gal		Γαλακτόζη
GaINAc		N-Ακετυλογαλακτοζαμίνη
Glc		Γλυκόζη
GlcNAc		N-Ακετυλογλυκοζαμίνη
Man		Μαννόζη
Sia		Σιαλικό οξύ



Ένας πυρήνας πεντασακχαρίτη

(A) τύπος υψηλής περιεκτικότητας σε μαννόζη

(B) σύμπλοκος τύπος

11.3

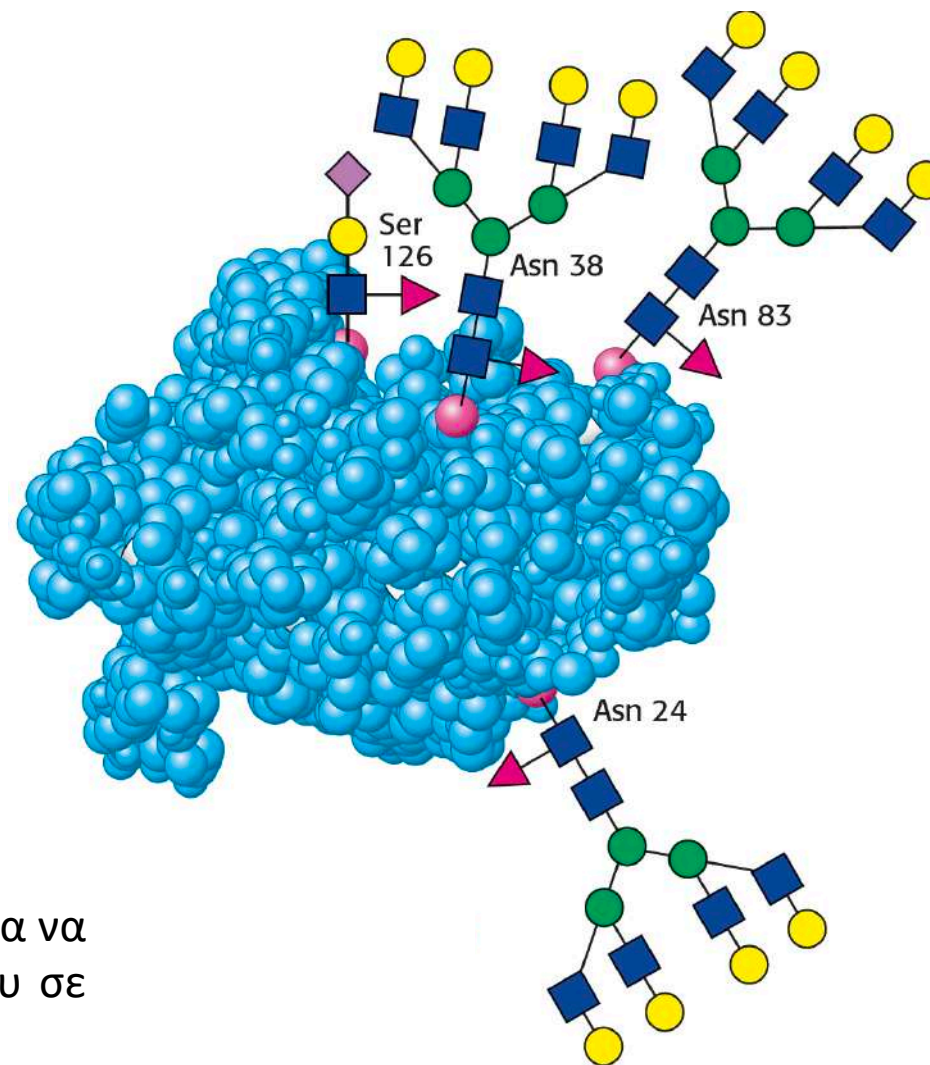
Η γλυκοπρωτεΐνη ερυθροποιητίνη (EPO) είναι μία ζωτική ορμόνη

Παράγεται από τους νεφρούς και διεγείρει την παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων

Δυνατότητα ανασυνδυασμένης EPO

Θεραπεία στην αναιμία

Μερικοί αθλητές αγωνισμάτων αντοχής έχουν χρησιμοποιήσει EPO για να αυξήσουν τον αριθμό των ερυθρών αιμοσφαιρίων και ως εκ τούτου σε αύξηση μεταφοράς O_2 (ντόπινγκ)

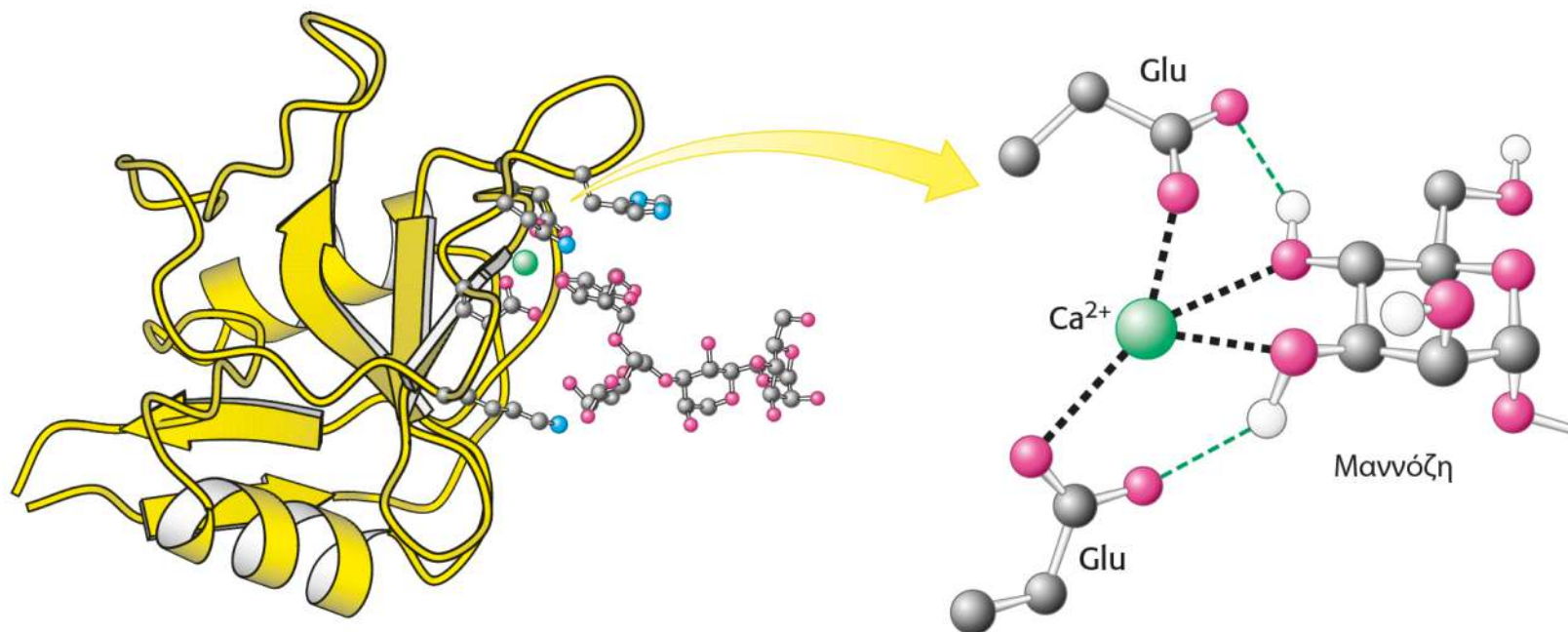


11.4 Οι λεκτίνες είναι ειδικές πρωτεΐνες που δεσμεύουν υδατάνθρακες

Οι λεκτίνες προάγουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ κυττάρων

Μια λεκτίνη περιέχει δύο ή περισσότερες περιοχές πρόσδεσης υδατανθράκων

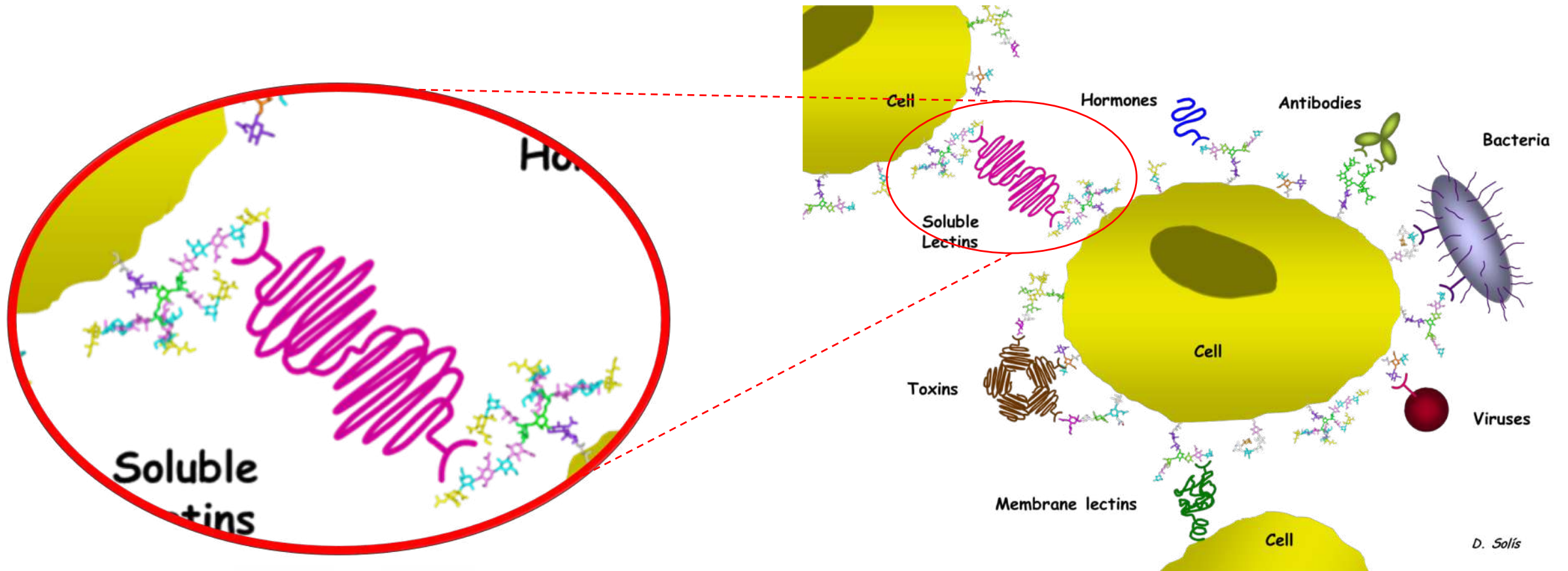
Οι λεκτίνες στην επιφάνεια ενός κυττάρου αλληλεπιδρούν (ασθενών μη ομοιοπολικών δεσμών, εξειδίκευση) με διατάξεις υδατανθράκων που εκτίθενται στην επιφάνεια ενός άλλου κυττάρου



Λεκτίνη τύπου C (διότι χρειάζεται Ca)

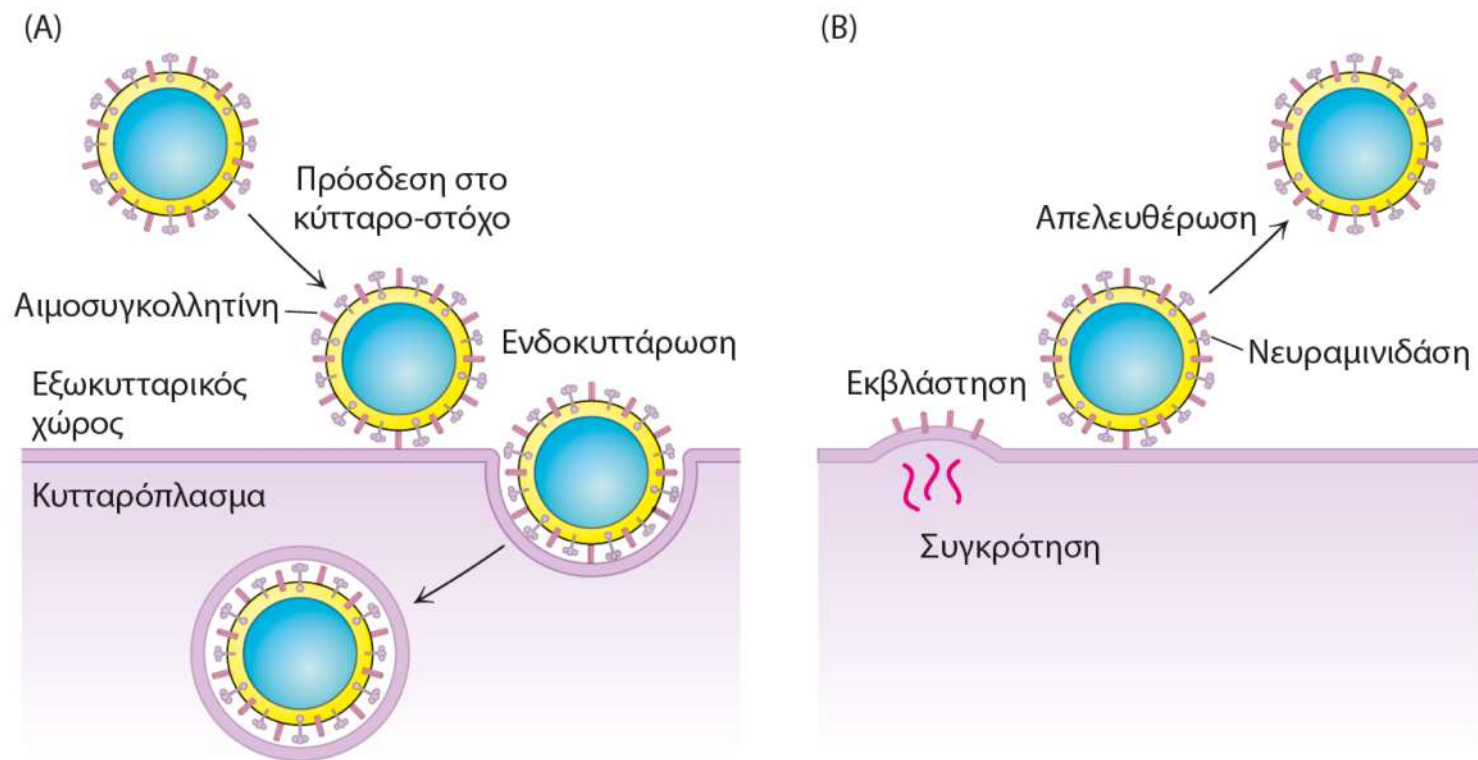
11.4 Οι λεκτίνες είναι ειδικές πρωτεΐνες που δεσμεύουν υδατάνθρακες

Οι λεκτίνες προάγουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ κυττάρων



11.4 Οι λεκτίνες είναι ειδικές πρωτεΐνες που δεσμεύουν υδατάνθρακες

Ο ιός της γρίπης προσδένεται σε κατάλοιπα σιαλικού οξέος





Άσκηση 1

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 10 a) Εναντιομερή | 1. $(\text{CH}_2\text{O})_n$ |
| 6 b) Κυτταρίνη | 2. Μονοσακχαρίτες που διαφέρουν σε ένα μόνο ασύμμετρο C |
| 8 c) Λεκτίνες | 3. Η αποθηκευτική μορφή της γλυκόζης στα ζώα |
| 9 d) Γλυκόζυλομεταφοράσες | 4. Η αποθηκευτική μορφή της γλυκόζης στα φυτά |
| 2 e) Επιμερή | 5. Γλυκοπρωτεΐνη που περιέχει γλυκοζαμινογλυκάνες |
| 4 f) Άμυλο | 6. Το πιο άφθονο μόριο στην βιόσφαιρα |
| 1 g) Υδατάνθρακες | 7. Βασικό συστατικό της η N-ακετυλογλυκοζαμίνη |
| 5 h) Πρωτεογλυκάνη | 8. Πρωτεΐνες που προσδένουν υδατάνθρακες |
| 7 i) Βλεννοπρωτεΐνη | 9. Ένζυμα που συνθέτουν ολιγοσακχαρίτες |
| 3 j) Γλυκογόνο | 10. Στερεοϊσομερή που αποτελούν κατοπτρικά είδωλα |