Carbohydrates of biological importance 1

Ahmed Salem, MBBCH, PhD, FRCR
asalem@hu.edu.jo

Majority of sides: Dr. Walaa Bayoumie El Gazzar

Molecularbiology

What does biochemistry deal with?

1. **Metabolism:** عمليات الأيض
   - ① – Anabolism بناء
   - ② – Catabolism هدم

2. **Foods:** بتحطم الغذاء أصغر حتى يقدر الجسم يستفيد منه
   - Oxidizable: carbohydrates, lipids, proteins — قابل للأكسدة
   - Non-oxidizable: minerals, vitamins, water — غير قابل للأكسدة

مواد يقدر الجسم ياخذها زي ما هي

Syllabus

- 6.1 Define carbohydrates and list their classification.

- 6.2 Recognize the structure and functions of monosaccharides.

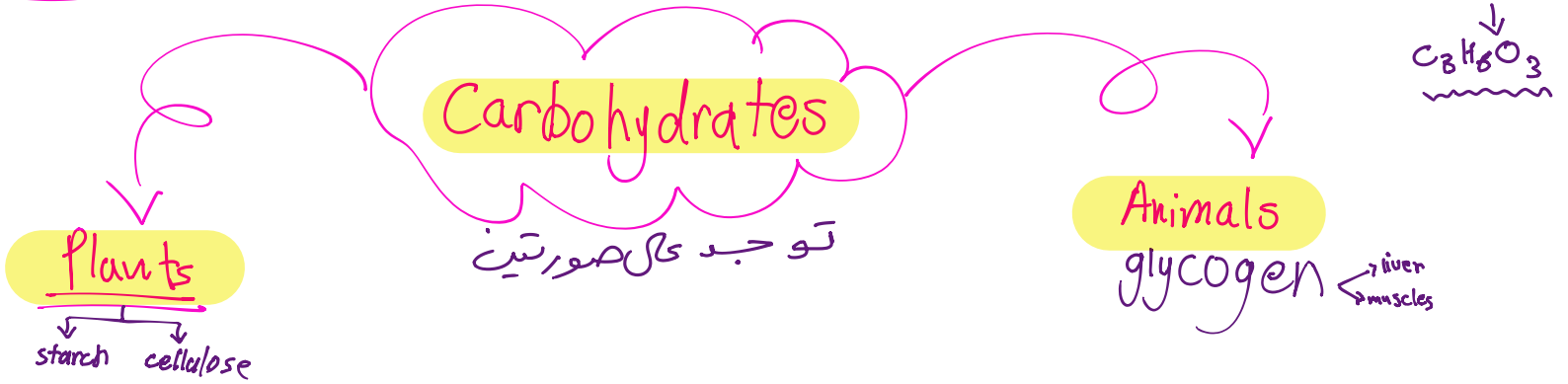
* أكثر المواد العضوية تواجداً على سطح الأرض
* The most abundant form of organic matters on the earth

Carbon + OH

- **Carbohydrates** : are organic compounds composed of carbon, hydrogen, and oxygen. CHO
  - simple sugers or its derivatives .
  - Produced by photosynthesis ($CO_2 + H_2O$) .
- Carbo=carbon, hydrates=hydrogen and oxygen in their proportion in water H_2O .

- They generally have the common formula **$(CH_2O)_n$** where the least number of n=3 → أبسط كربوهيدرات غير ثلاثية → $C_3H_6O_3$

$C_nH_{2n}O_n$



Definition of carbohydrates

- Simple sugars or its derivatives

- Simple sugars are considered as **polyhdroxyketones** or **polyhydroxyaldehydes**

Classification of Carbohydrates (according to hydrolysis):

* هي انه أضيف مي للمركب حتى hydrolysis اكسره او احلله

Hydration بضيف مي للمركب بس ما بيحدث أي تغيير له

1. **Monosaccharides**: contain one sugar unit
   - E.g. glucose.

2. **Disaccharides**: contain two sugar units
   - Maltose.

3. **Oligosaccharides**: contain 3-10 sugar units
   - E.g. Raffinose

4. **Polysaccharides**: contain more than 10 sugar units
   - Starch or glycogen.

I. Monosaccharides

- **Definition:** They are simple sugars that cannot be hydrolyzed into smaller one.
- **Classification of monosaccharides:**

I. According to the number of carbon atoms: e.g.

1) Trioses: contain three carbon atoms. 3C

2) Tetroses: contain four carbon atoms. 4C

3) Pentoses:contain five carbon atoms. 5C

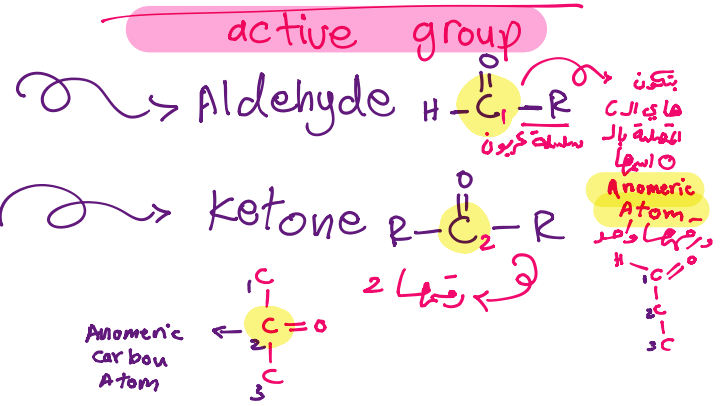
4) Hexoses: contain six carbon atoms. 6C

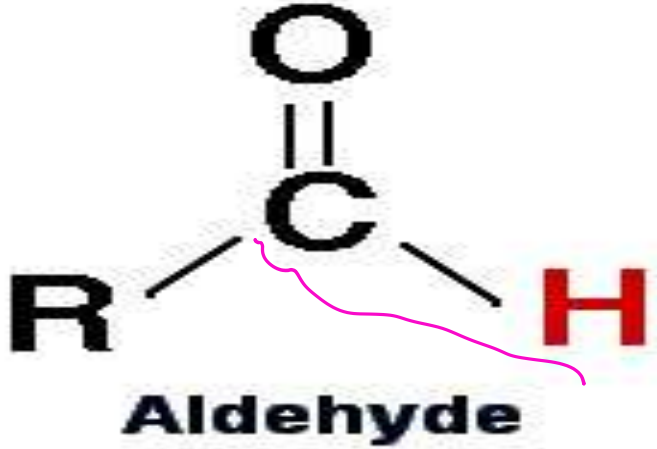
Classification of monosaccharides:

Classification of monosaccharides:

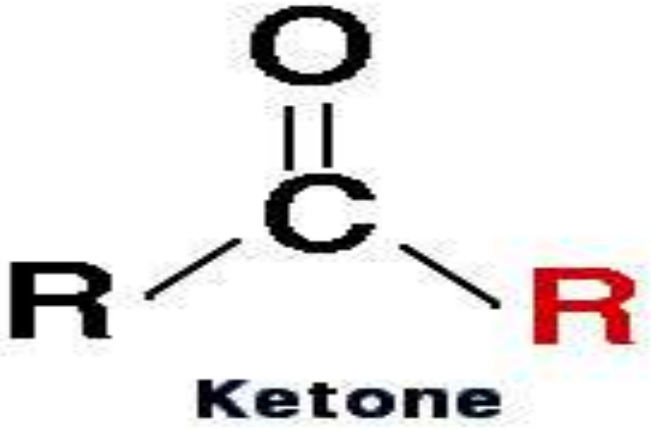
II. According to function group:

- **Aldose**
- **Ketose**





Makes Aldose (aldo sugar)



Makes Ketose (keto sugar)

- **Ketones and aldehydes are simple compounds that contain a carbonyl group (a carbon-oxygen double bond).**

- ***where R can be a carbon-containing substituent.***

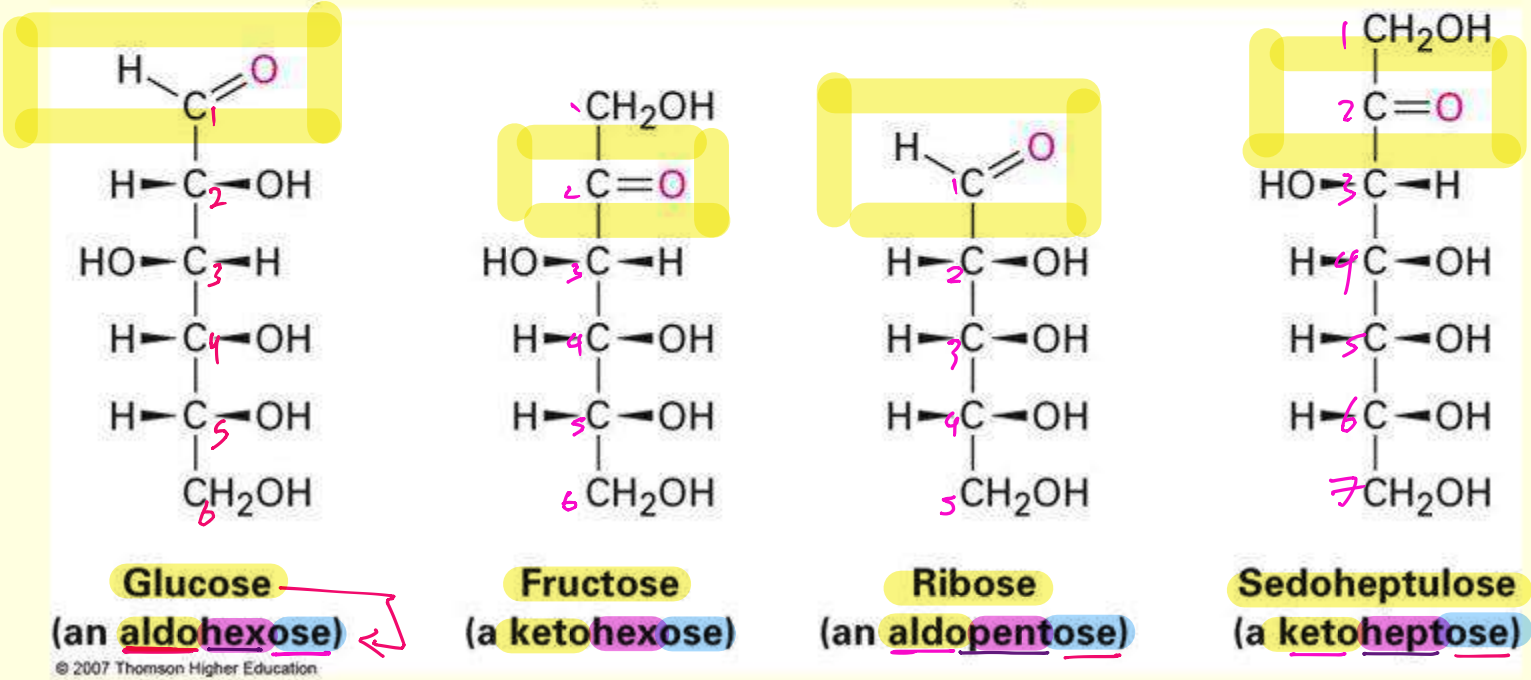
3-According to active group and number of carbon atoms

Number of carbons	Aldo-sugars (e.g.)	Keto-sugars (e.g.)
3C (triose)	Glyceraldehyde	Dihydroxy acetone DHA
4C (tetrose)	Erythrose	Erythrulose
5C (pentose)	Ribose Aldopentose	Ribulose
6C (hexose)	Glucose	Fructose

Aldoses and Ketoses

تسمية أخرى للسكريات

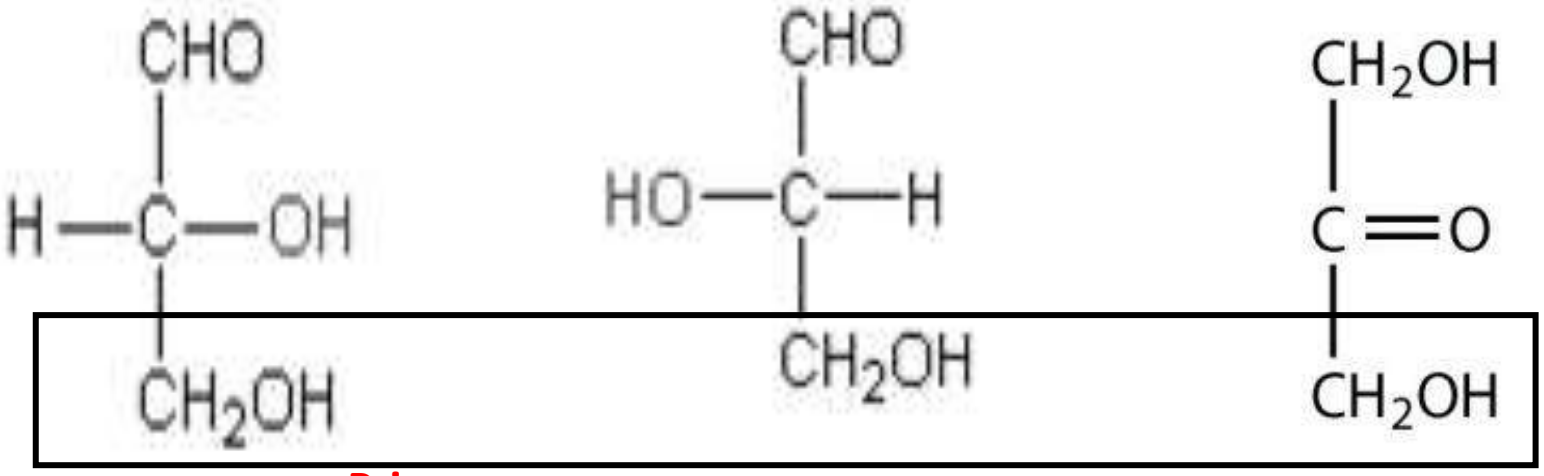
- بداية *aldo-* and *keto-* prefixes identify the nature of the carbonyl group
  - اذا المجموعة الوظيفية كانت الديهايد بداية اسم السكر بتكون Aldo- اذا كانت كيتون بداية
  - * اذا المجموعة الوظيفية كيتون اسم السكر بتكون keto-
- نهاية *-ose* suffix designates a carbohydrate
- بالوسط Number of C's in the monosaccharide indicated by root (-tri-, tetra-, penta-, hexa-)



© 2007 Thomson Higher Education

3C → ketone / Aldehyde

Glyceraldehyde and dihydroxyacetone.(They are intermediates in the break down of glucose).



Primary group

D- Glyceraldehyde

Dihydroxyaldose

L- Glyceraldehyde

Dihydroxyacetone

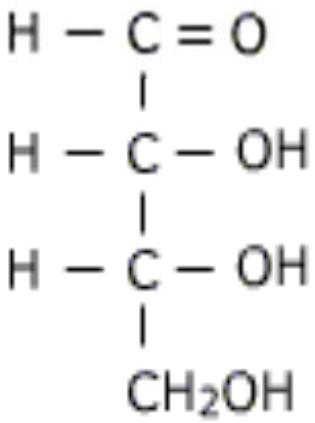
Dihydroxyketose

D & L denote the absolute configuration. i.e. D means that OH group on the subterminal carbon atom is at the right but L means OH group on the subterminal carbon atom is at the left.

- **Examples of Tetroses are:** 4C
- **Aldotetrose:** Erythrose
- **Ketotetrose:** Erythulose

صنع دائرة

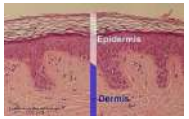
Erythrose was first isolated in 1849 from rhubarb



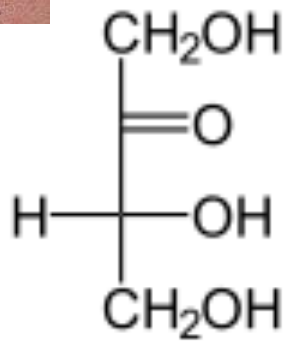
D-Erythrose

صنع دائرة

Erythrulose/DHA reacts with the amino acids in the proteins of the first layers of skin (the stratum corneum and epidermis)



الطبقة التي فوق الجلد

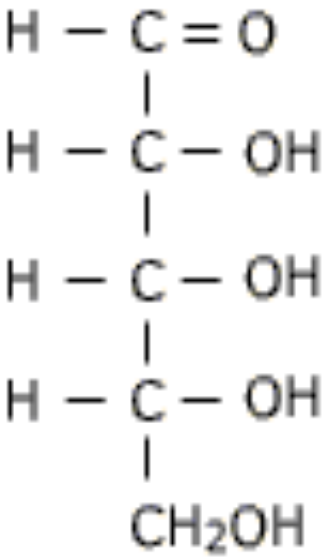


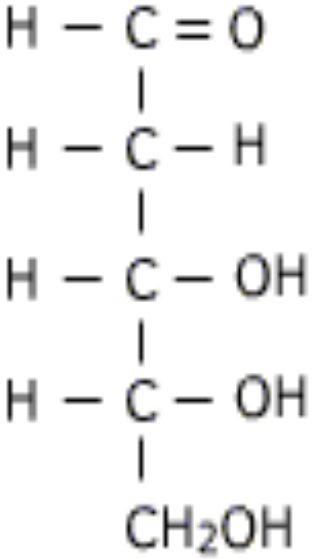
D-Erythrulose

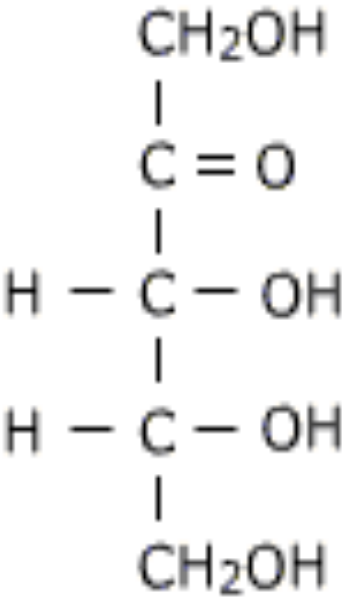
D-Erythrulose

- **Examples of pentoses are:** 5C

1. aldopentoses: ribose and deoxyribose,
2. ketopentose: ribulose





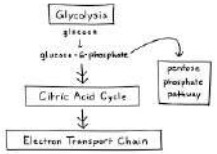


Functions of pentoses:

- Ribose and deoxyribose enter in the structure of nucleic acids RNA and DNA.

- Ribose enters in the structure of ATP, GTP and other high energy phosphate compounds.

- Ribose enters in the structure of coenzymes NAD,NADP and flavoproteins. → بروتينات تحتوي على حمض نووي مشتق من الريبوفلافين FAD, FMN



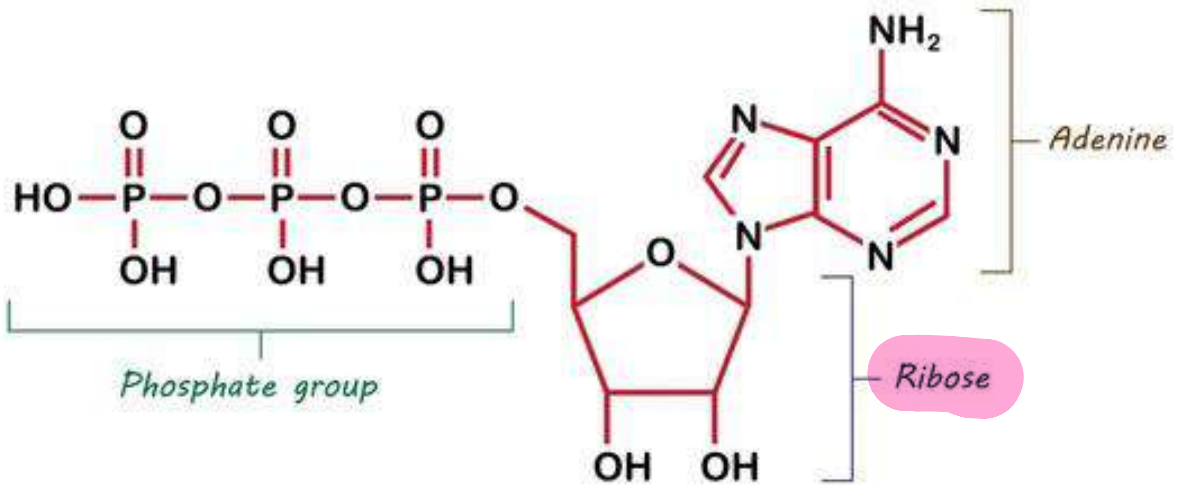
- Ribose phosphate and ribulose phosphate are intermediates in pentose phosphate pathway (a minor pathway for glucose oxidation). ← هو جزء من التمثيل الغذائي الذي يتم في الكائنات الحية. فعن طريقه يتم استهلاك الكربوهيدرات في الجسم، ويتم تحول الجلوكوز إلى المادة المختزلة NADPH.

- They are components of some vitamins (ribitol in vitamin **B2**)

ATP

Biology

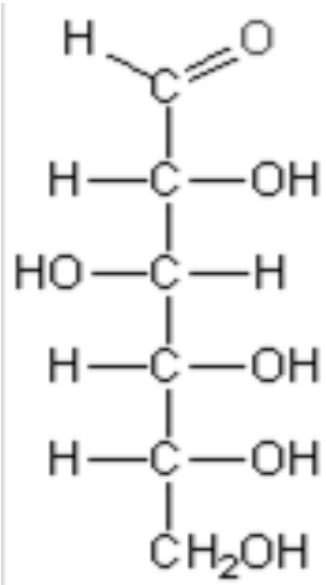
Adenosine Triphosphate (ATP)



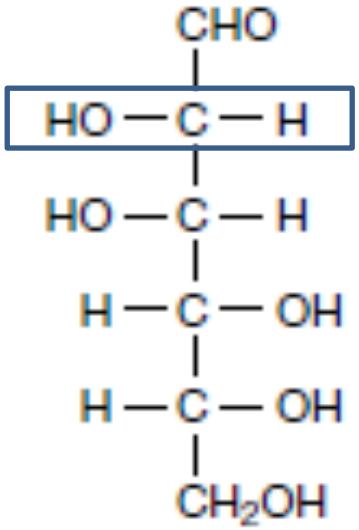
- Energy-carrier in all of living things
- Consist of nitrogenous base (adenine), sugar (ribose) and phosphate group

Examples of hexoses are: 6C

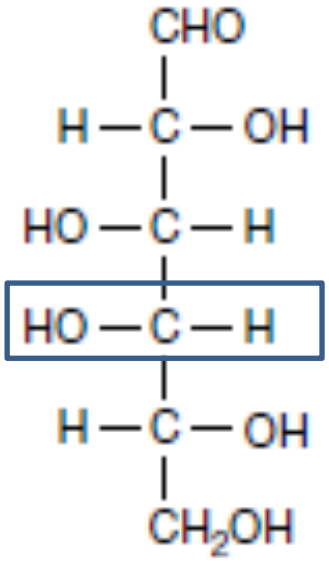
- aldohexoses: glucose, mannose and galactose,
- ketohexoses: fructose



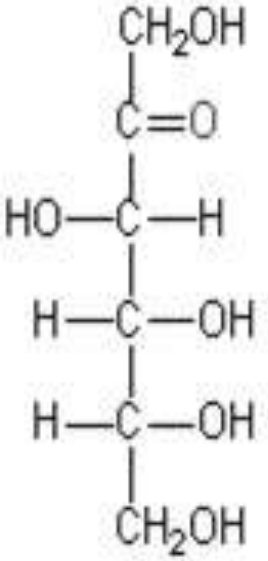
D-Glucose



D-Mannose



D-Galactose



D-Fructose

Galactose and mannose are not epimers but diastereo-isomers.

- **Importance of hexoses:**

* **D-glucose "grape sugar":**

1. It is called dextrose (dextro-rotatory).
2. It is the most important sugar of carbohydrates.
3. It is one of major sources of energy in the body.
4. It is the principle sugar used by the tissues.
5. It is widely present in fruits & vegetables associated with fructose.
6. It enters in the formation of disaccharides & polysaccharides.
7. In the liver & other tissues, it is converted to all carbohydrates in the body e.g. glycogen, galactose, ribose &fructose.

glucose من بروح live يحول كيانات يحتاجها

* **D-fructose "fruit sugar":**

1. It is called Levulose (levo-rotatory).
2. It is the main sugar of semen (Source of energy for the sperms). هو مصدر الطاقة لحركة الحيوانات المنوية
3. It is sweeter than glucose.
4. It is present in honey & fruits.
5. It enters in the formation of sucrose.
6. In the liver, it is converted into glucose.

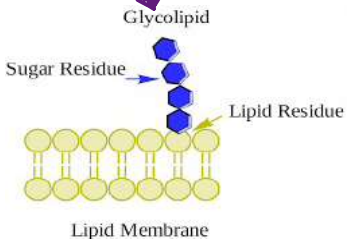
fructose → liver → glucose

D-galactose"milk sugar":

- It is synthesized in mammary gland to make the lactose of milk.
- In the liver, it can be converted into glucose.
- It enters in the structure of **glycolipids** which are found in many tissues especially in C.N.S.

السيبلات السكرية

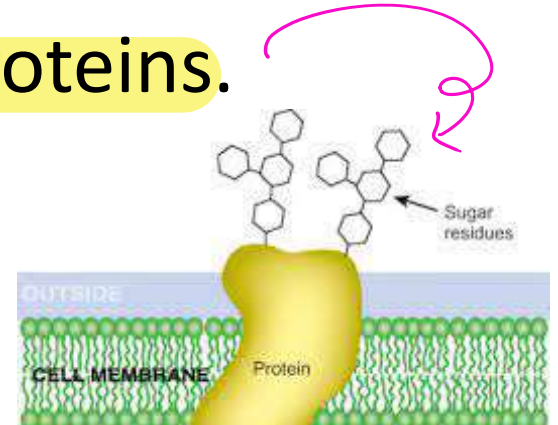
central nervous system
الجهاز العصبي المركزي



D- mannose:

سكر

- It is a constituent of many glycoproteins.



* Physical Properties خصائص فيزيائية للسكريات الأحادية *

(A) Assymetrical carbon Atom

every monosaccharides has Assymetrical carbon atom except Di-hydroxy acetone

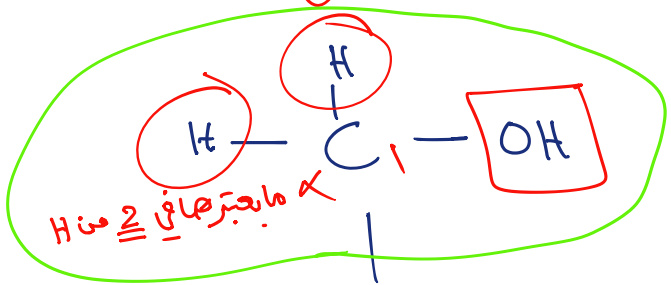
(B) Isomers

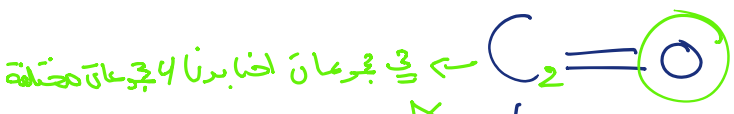
① Functional group (Aldehyde / Ketone)

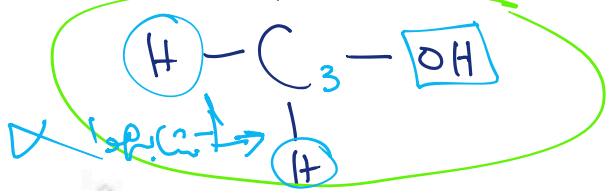
② D and L Subterminal

③ Epimers epimeric carbon

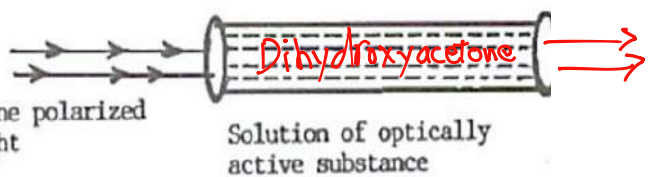
why ?







* انتبه بال D و L بتكونوا optical activity حتى تفرق d, l small

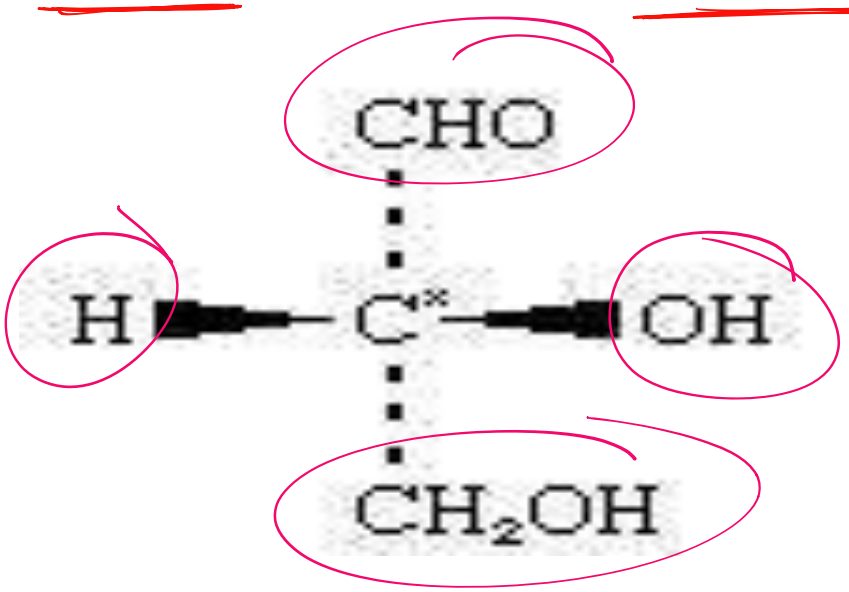


لو طلناه شو راح يصير بالصورة الاخيرة راح يضل مستقيم

optical activity حالة

Asymmetric carbon atom:

- It is the carbon atom to which four different groups or atoms are attached. Any substance containing asymmetric carbon atom has optical activity & optical isomerism



1 Optical activity

- It is the ability of substance to rotate plane polarized light (P.P.L) either to the right or to the left.

- If the substance rotates plane polarized light (light vibrate in one direction) to the right it is called: **dextrorotatory** or d or **(+)**.

- If it rotates plane polarized light to the left it is called **levorotatory** or **l** or **(-)**.

- Glucose contains 4 asymmetric carbon atoms. It is dextrorotatory so it is named **dextrose**

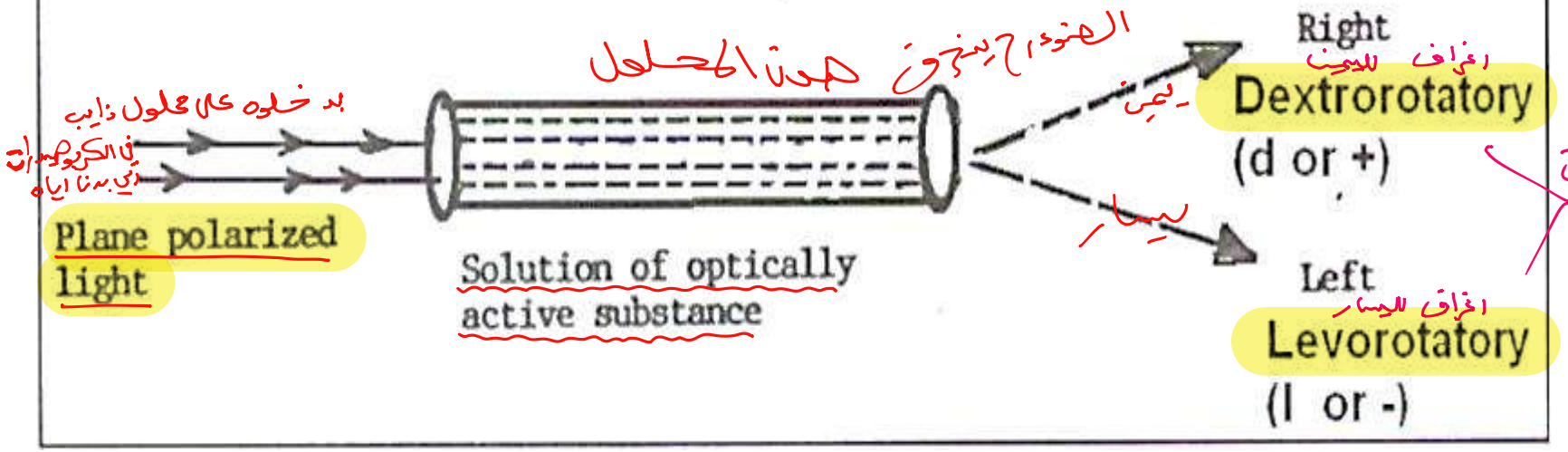
- Fructose contains 3 asymmetric carbon atoms. It is levorotatory so it is called **levulose**

ضوء عادي يروح بجميع الاتجاهات

Ordinary light
(i.e. light vibrates in all directions)

بروح باتجاه واحد

Plane polarized light
(i.e. light vibrates in one direction)

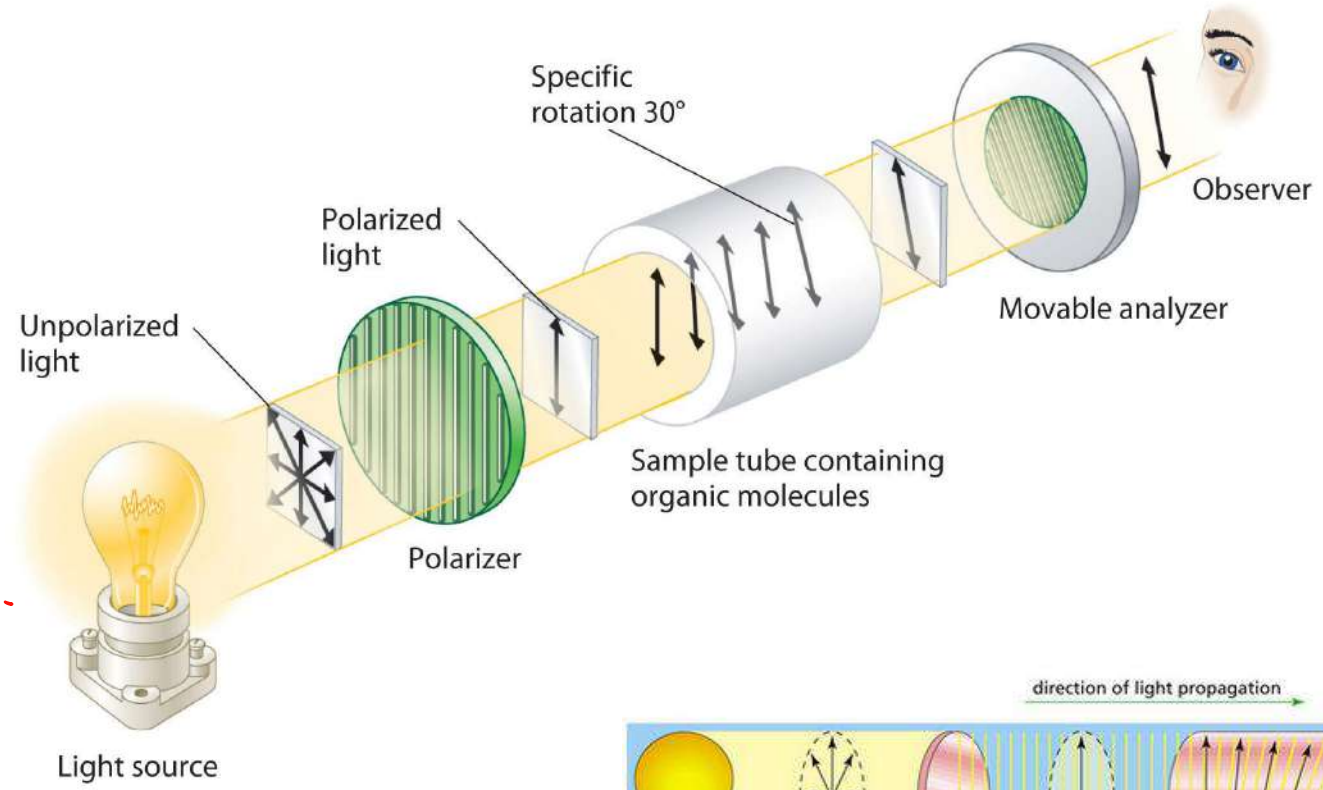


- The optical rotation is proportional to the concentration of the optically active substances in solution

- Polarimetry may therefore be applied for concentration measurements

- Concentration and purity measurements are especially important to determine product or ingredient quality in the food & beverage and pharmaceutical industries

- A **polarimeter** is a scientific instrument used to measure the angle of rotation caused by passing polarized light through an optically active substance.

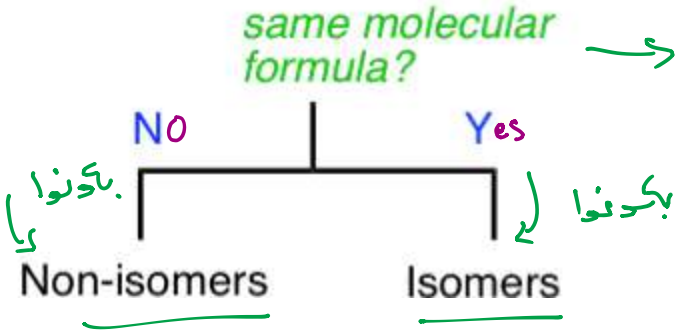


Isomers

- It is the ability of substance to present in more than one form (isomer).

- A substance containing one asymmetric carbon atom has 2 isomers.

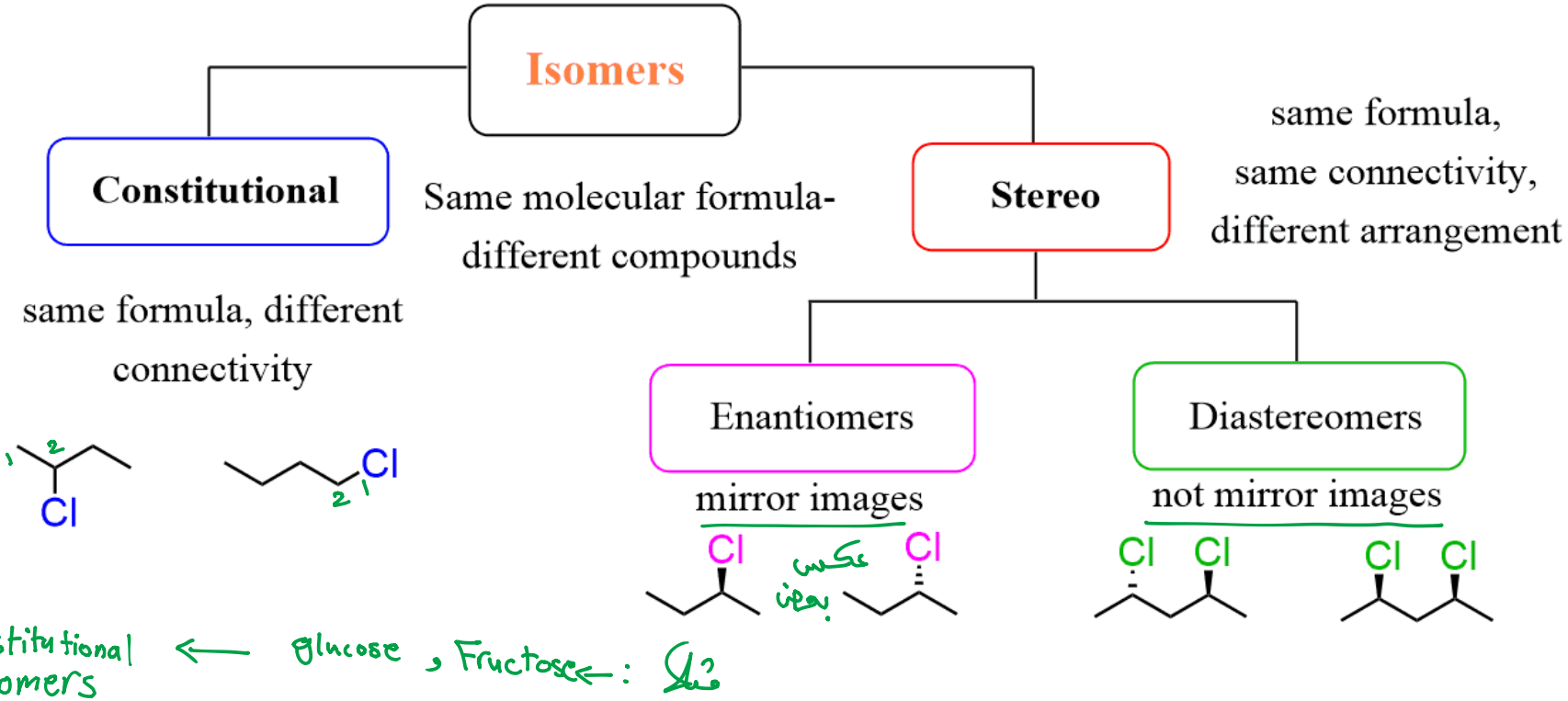
- A substance containing 2 or more asymmetric carbon atoms can exist in a number of isomers = 2^n where n is the number of asymmetric carbon atoms. e.g. glucose has 4 asymmetric carbon atoms so the number of its isomers equal $2^4 = 16$ isomers.



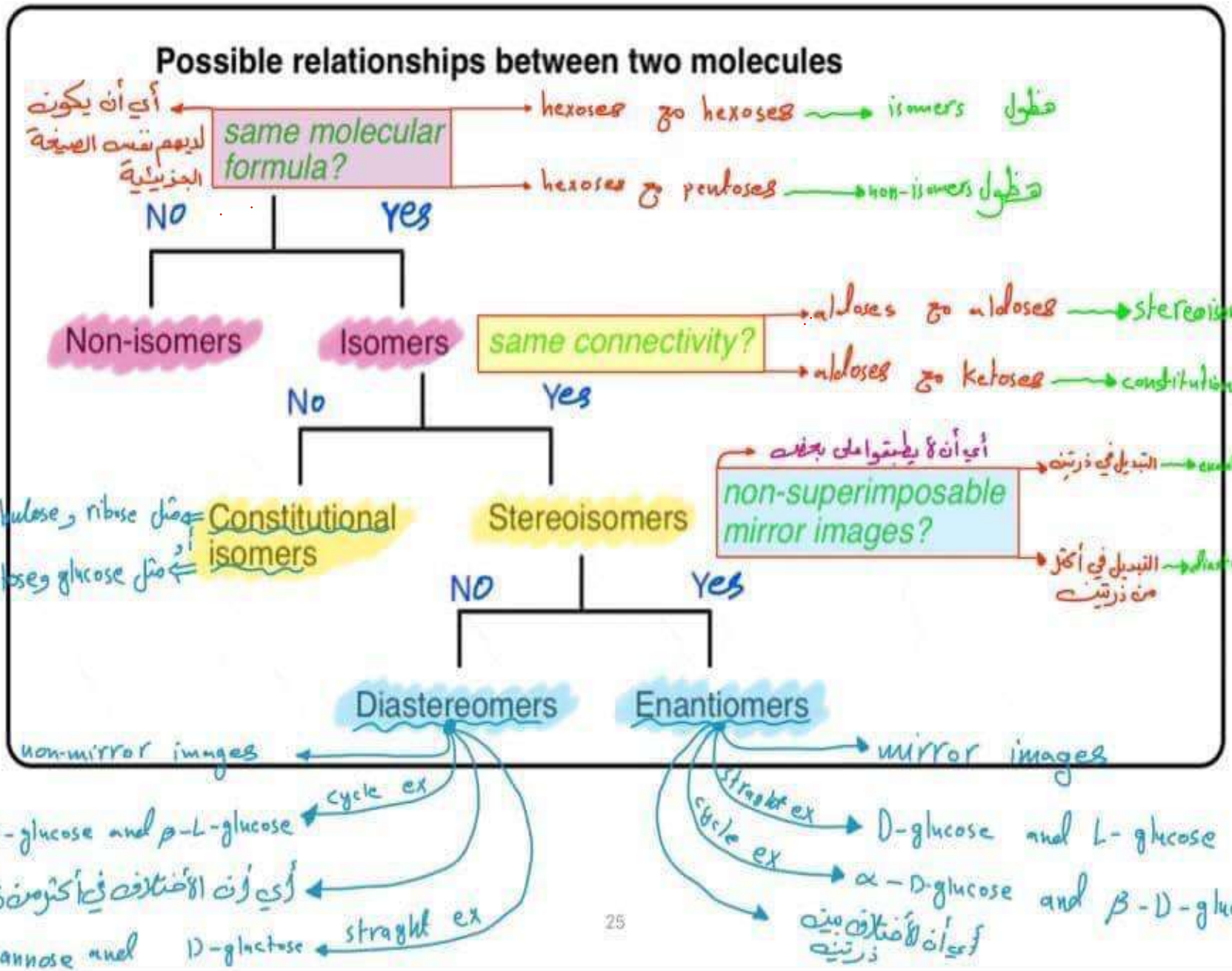
عشان أعرف اذا المركبين متشابهين بحكي هل الهم نفس الصيغة الجزيئية !؟

يكونوا

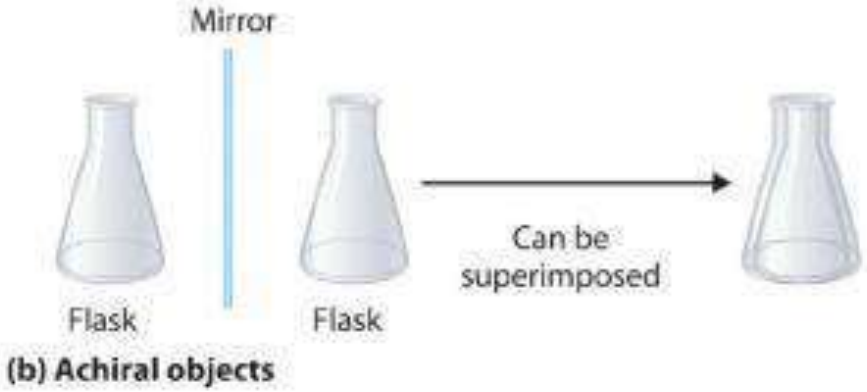
يكونوا



Constitutional isomers ← Glucose و Fructose ← : مثل


Possible relationships between two molecules
same molecular formula?
hexoses vs hexoses → isomers
hexoses vs pentoses → non-isomers
NO
Yes
Non-isomers
Isomers
same connectivity?
aldoses vs aldoses → stereoisomers
aldoses vs ketoses → constitutional
No
Yes
Constitutional isomers
Stereoisomers
non-superimposable mirror images?
NO
Yes
Diastereomers
Enantiomers
non-mirror images
mirror images
cycle ex
straight ex
straight ex
cycle ex
α-D-glucose and β-L-glucose
D-mannose and D-glactose
D-glucose and L-glucose
α-D-glucose and β-D-glucose

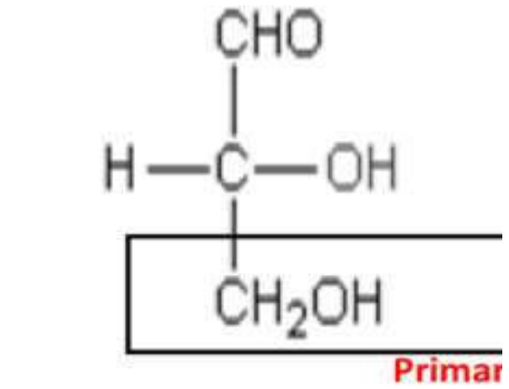
يعني لو انته حطيتهم قدام المرآه بصفوا عكس بعض ؟
يعني بالنهاية بنقدر نطبقهم عبعض ولا نو



Ahmad Al-rousan

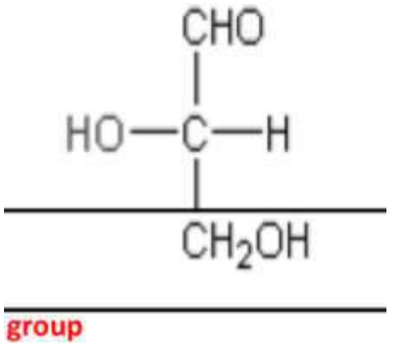
اذا انعكس كل ال aysemtric carbon بكون enantiomers
اذا انعكس بس asymmetric carbon وحدة بكون epimer
اذا انعكس اي عدد اقل من كل ال asymmetric carbon بكون diastromers
عشان هيك ال epimer حالة خاصة، كيف يعني؟
اذا كان المركب بس اله asymmetric carbon 1 وانعكست بكون epimer and enantiomers زي ال glyceraldehyde
اما اذا كان له اكثر من aysemtric carbon مثلا 4 بكون اذا انعكس 3 او 2 من ال aysemtric carbon بكون diastromers واذا انعكس 1 بكون diastromers and epimer

شفت كم فيد ع اليوتيوب بشرحوا هاي الطريقة
وهي لينك الفيد تحت 😂🧡 مش مهم اللغة الهندية المهم تعرفوا طريقة
Image mirror
ولاازم تعملوا زي ما هو عمل وهي المثال اللي ذكره الدكتور طبقوا زي ما طبق الهندي وبعدها شوفوا لو همّي بنطبقوا ع بعض ولا لأ ، اعملوا كوبي للينك وعلى اليوتيوب ☑



D- Glyceraldehyde

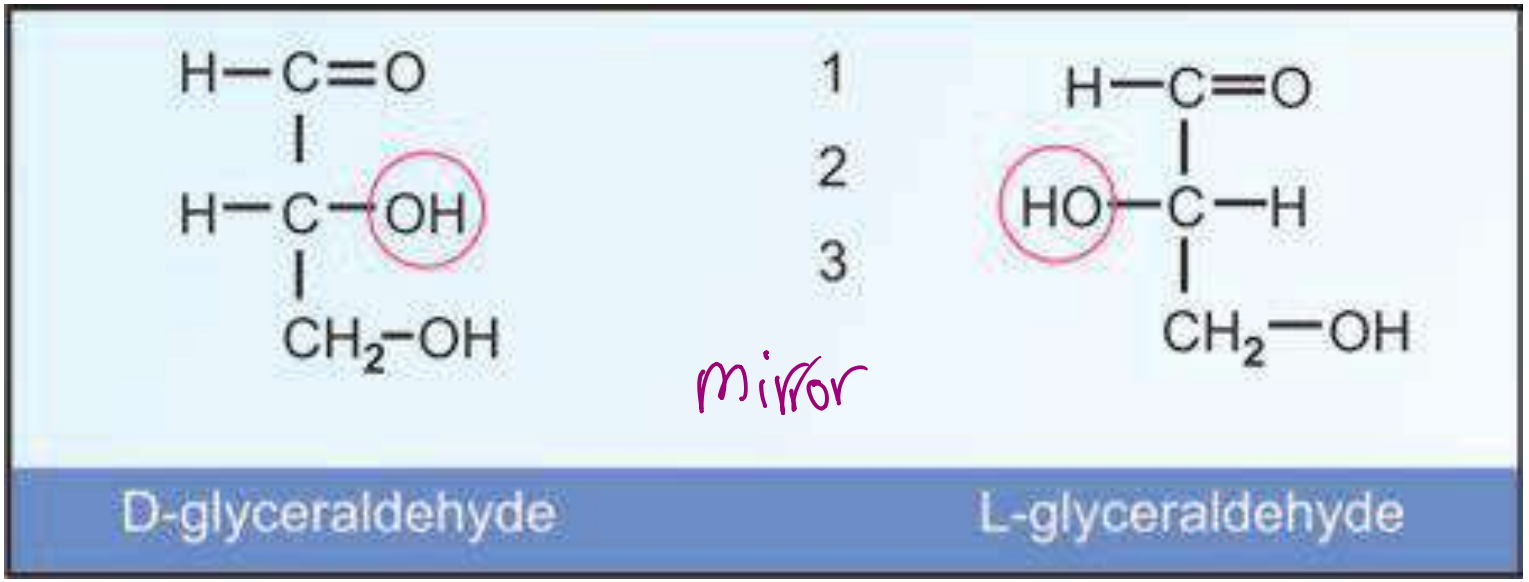
https://youtu.be/ySFUbyrapDE



L- Glyceraldehyde

Compounds having same structural formula, but differing in spatial configuration are known as stereoisomers → Enatiomers

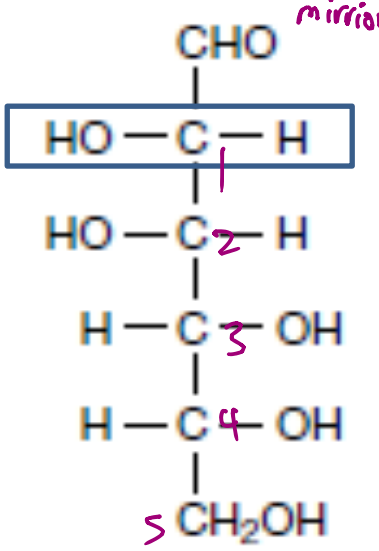
What is this?

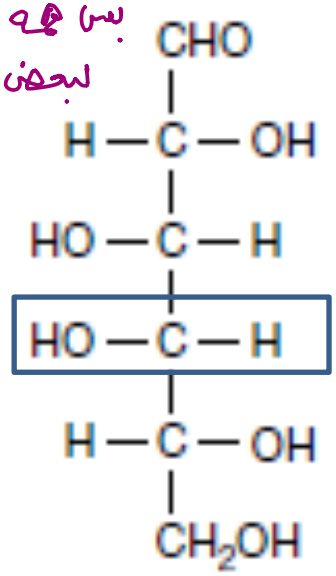


connectivity نفس

بس هيه mirror و

لبعض



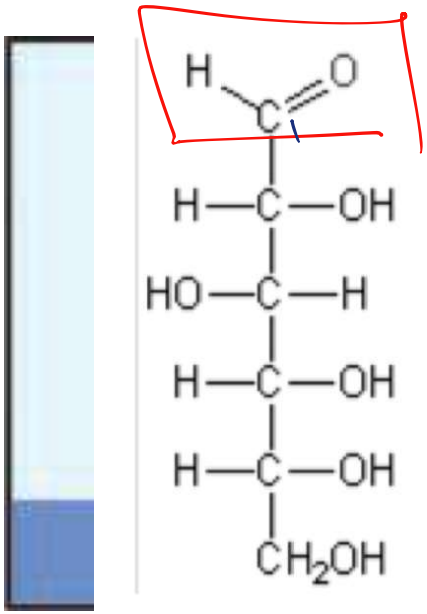


D-Mannose **D-Galactose**

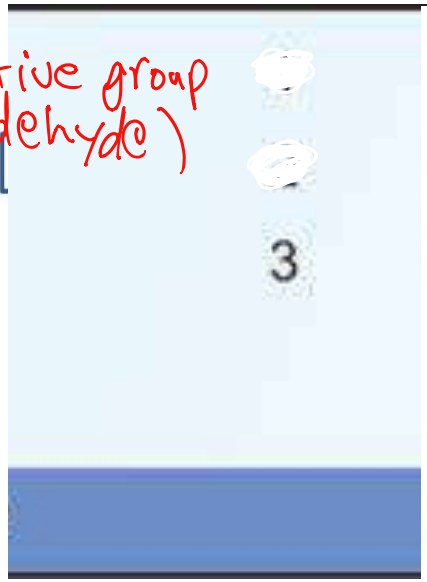
Galactose and mannose are not epimers but diastereo-isomers.

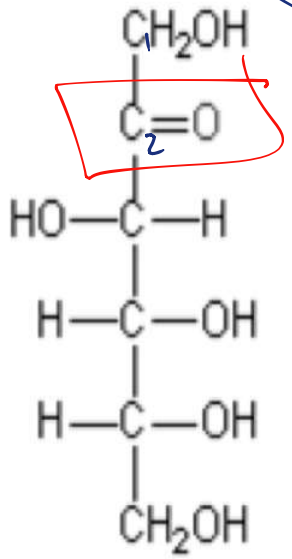
What is this?

1 Functional group isomers



Active group (Aldehyde)





Active group (Ketone)

D-Glucose

$C_6H_{12}O_6$

isomers

D-Fructose

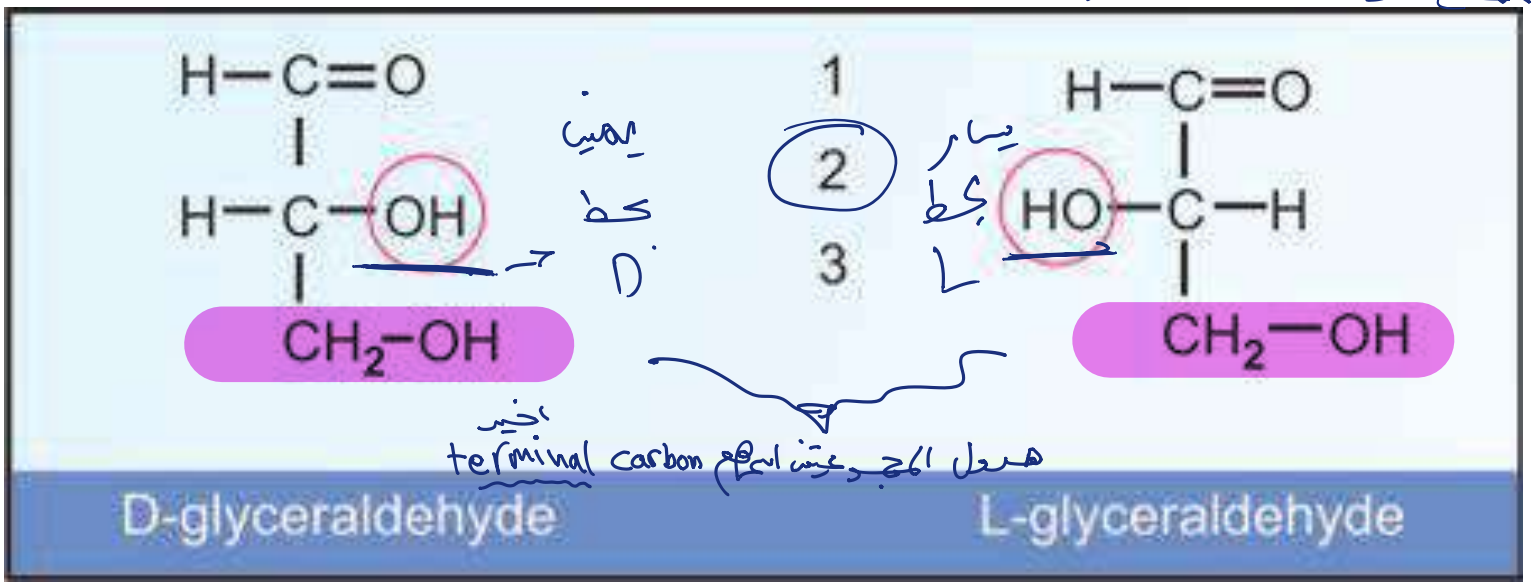
$C_6H_{12}O_6$

Active group المجموعة الوظيفية نفس الصيغة الجزيئية لكن يختلفوا

Compounds having same structural formula, but differing in spatial configuration are known as stereoisomers

(2) D and L isomers

What is this?



- **Most physiologically important isomers that can be utilized in the body are the D form**

الأكثر أهمية

- Some sugars occur naturally in their L-forms:

- L-arabinose and L-fucose ($C_6H_{12}O_5$) which are components of glycoprotein

- L-xylulose (pentose) is an intermediate in metabolism and can be utilized by isomerization into D-form

رح يستفيد منه الجسم — بعدها بستخلص

- L- arabinose is an aldopentose present in some fruits such as cherries, grapes, plums, and prunes

Subterminal ع آخر الكربون — Aldehyde — 5C

أكلت من هاي الفواكة الجسم رح يهضمها بعدين رح يدخل في البول وبغير لونه إلى الأحمر

alimentary Pentosuria — هاي الحالة اسمها

Case

ليش مهم نعرف إنه يحتوي الـ Fruits فيها aldosugers كتير ؟ مثالها في الحالة

- Sarah, 28-year-old female, complains of intermittent abdominal discomfort and sweet-smelling urine

- Clinical Examination: Healthy with mل epigastric tenderness.

- Urinalysis shows elevated sugars, blood: normal glucose

كل شي تمام/طبيعي

Diagnosis:

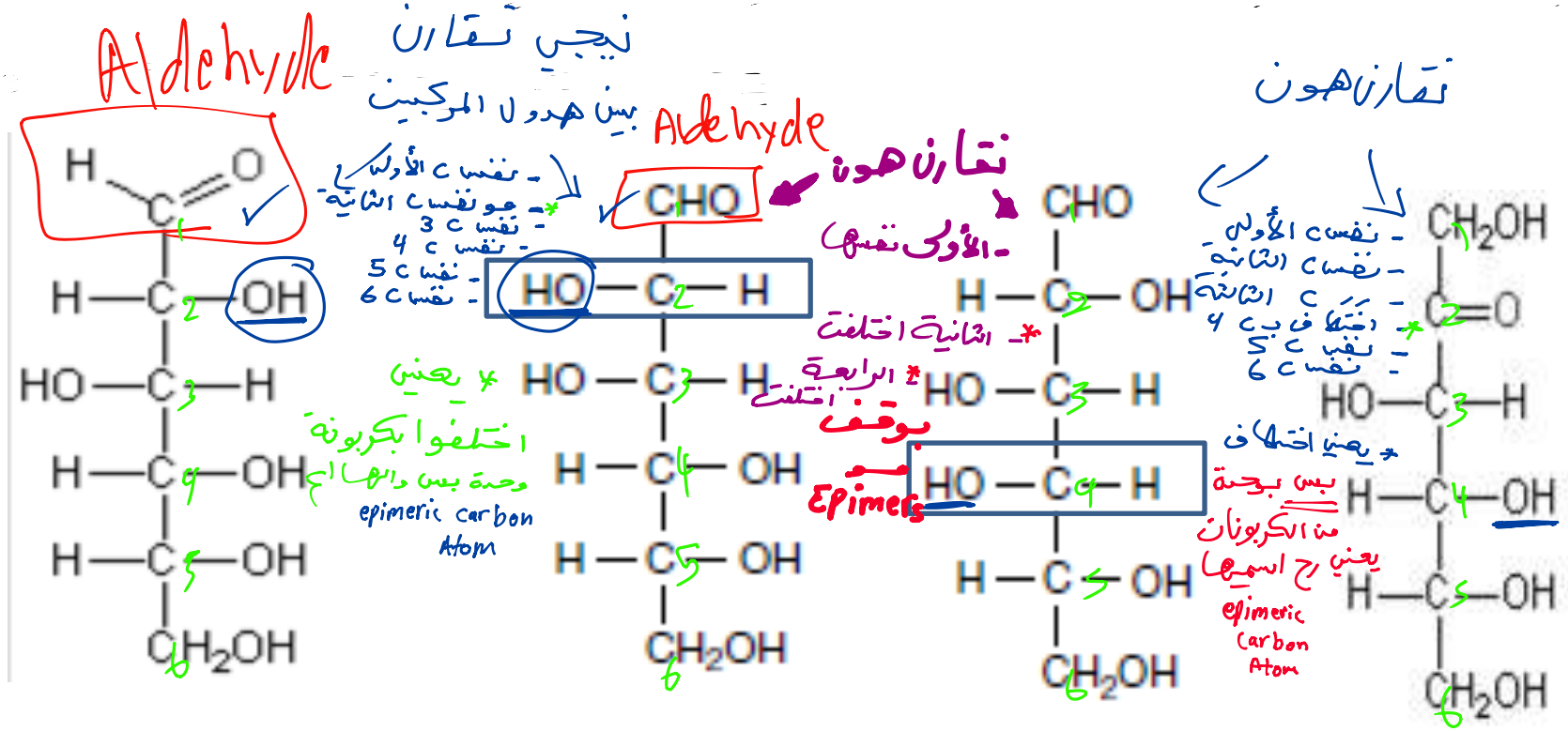
تناول

السبب الأول — Alimentary pentosuria (ingestion of large amounts of fruits)

السبب الثاني — Inborn deficiency of enzymes L-xylulose reductase

نقص فطري

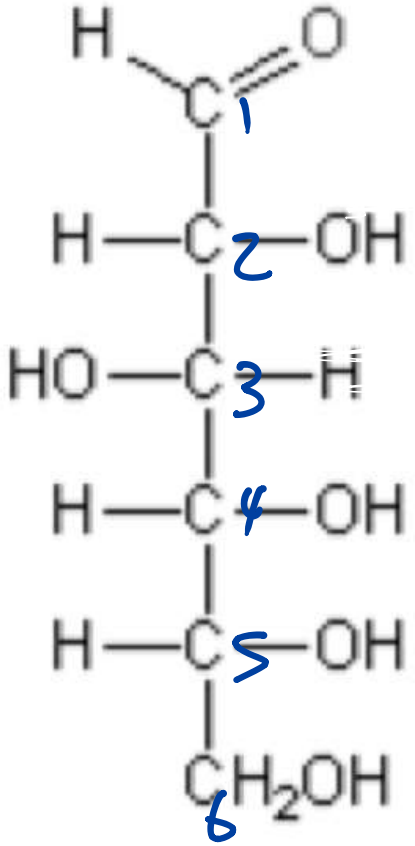
Epimeric carbon &epimers



D-Glucose **D-Mannose** **D-Galactose** **D-Fructose**

Galactose and mannose are not epimers but diastereo-isomers.

نقارن بين هذين



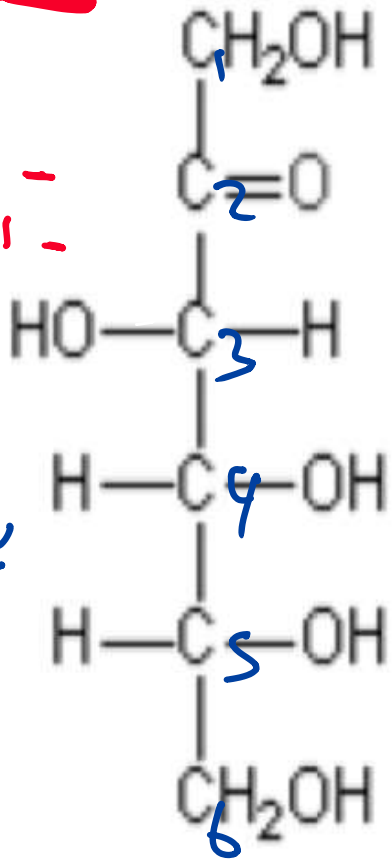
- اختلاف بالأولى
- اختلاف بالثانية

وبموقف صار اختلافين

Epimers معناها بخطوا

بس بكونوا Isomers

[Functional group]



D-Glucose

D-Fructose

Epimeric carbon &epimers:

*مركبين بتشابهوا بكل شيء ماعدا بيختلفوا بـ وحدة

- **Epimers**: These are sugars which differ only in the configuration (التكوين أو الترتيب) around a single carbon atom. e.g. Glucose & mannose with respect to C_2. Also, glucose & galactose with respect to C_4
    - The contain more than one asymmetric carbon atom, all of which identical but only one is different

- **Epimeric carbon**: e.g. carbon number 2 in glucose & mannose & carbon number 4 in glucose and galactose.

سؤال All monosaccharides are optically active except?

A. Glucose
B. Galactose
C. Fructose
D. Dihydroxyacetone DHA
E. Glyceraldehyde

سؤال

Which of the following monosaccharides has 4 carbon atoms, the penultimate OH group is to the right and results in rotation of polarized light towards the left?

tetro

D-

ما قبل الأخير

l أو (-)

A. D-tetrose l(-)

B. L-tetrose l(-) X لازم D

C. D-tetrose d(+) X

D. D-trirose l(-) X 3C

E. D-trirose d(+) X 3C

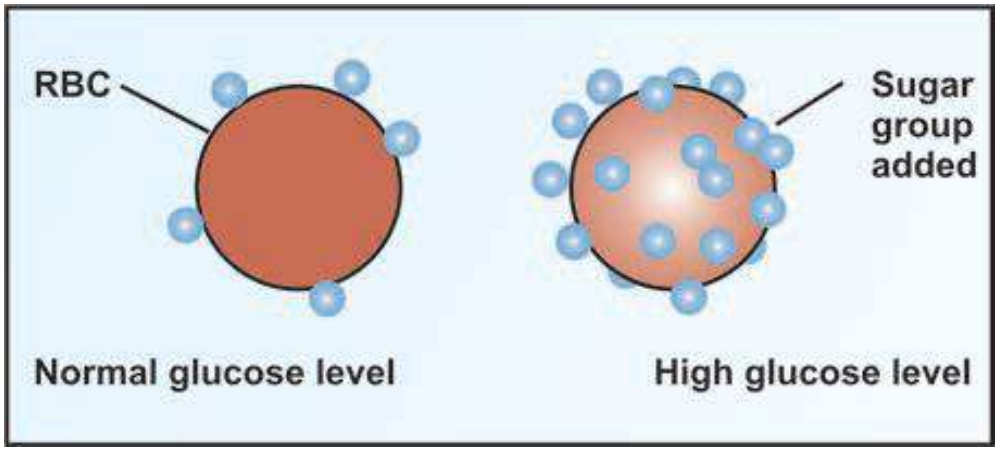
اختبار تحمل الجلوكوز هو اختبار طبي يُعطى فيه المريض الجلوكوز ثم تُؤخذ منه عينات الدم بعد ذلك لتحديد مدى سرعة ذهابه من الدم.
يستخدم الاختبار عادة لتحري الداء السكري، ومقاومة الإنسولين،

Table 24.1. The plasma glucose levels in OGTT in normal persons and in diabetic patients

	Normal persons	Criteria for diagnosing diabetes	Criteria for diagnosing IGT
Fasting	**< 110 mg/dl** <(6.1mmol/L)	**> 126 mg/dl** >(7.0 mmol/L)	**110 to** 126 mg/dl
1 hr (peak) after glucose	**< 160 mg/dl** < (9 mmol/L)	Not prescribed	Not prescribed
2 hr after glucose	**< 140 mg/dl** < (7.8 mmol/L)	**> 200 mg/dl** >(11.1 mmol/L)	**140 to** 199 mg/dl

Box 24.3. Diagnostic Criteria for Diabetes Mellitus

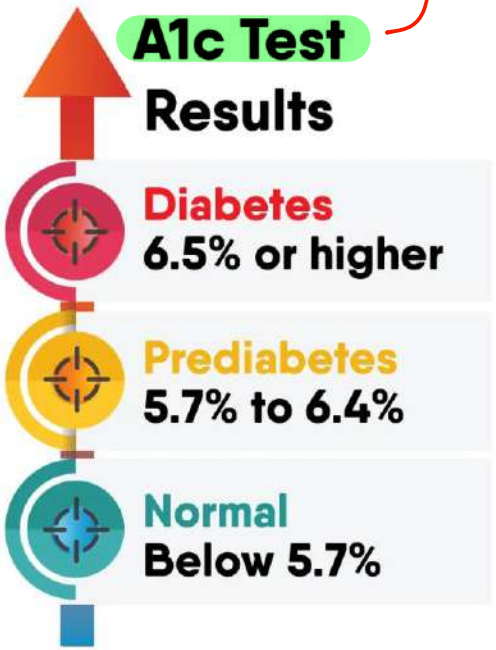
1. **If the fasting plasma glucose is more than 126 mg/dl, on more than one occasion.**
2. Or, if 2 hr post-glucose load value of OGTT is more than 200 mg/dl (even at one occasion).
3. Or, if both fasting and 2 hr values are above these levels, on the same occasion.
4. If the random plasma glucose level is more than 200 mg/dl, on more than one occasion. Diagnosis should not be based on a single random test alone; it should be repeated.



الهيموغلوبين ممكن يرتبط بالجلوكوز عن طريق non enzymatic process اسمها glycation بتعطينا انطباع كيف الcontrol of glucose over the past ليه طيب لأنه this is the life span of three months rbc ف أنا بستخدم هاي العملية ك the disease monitoring process for diabetes

red blood cell

أختبار الهيموغلوبين السكري هذا الاختبار يُستخدم كذلك لمتابعة مستوى قدرتك على التحكم في مستويات السكر في دمك و يقوم بتشخيص النوع الأول و الثاني من مرض السكري

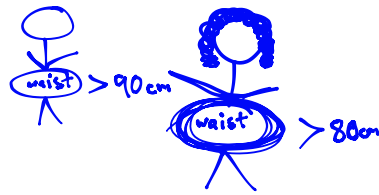


مجموعة من المشاكل التي تحدث معًا وتزيد من خطر الإصابة بأمراض القلب والسكتة الدماغية ومرض السكري من النوع الثاني. تشمل تلك المشاكل ارتفاع ضغط الدم وارتفاع السكر في الدم وزيادة دهون الجسم حول الوسط ومستويات غير طبيعية من الكوليستيرول أو الدهون الثلاثية.

Box 24.6. Criteria for Diagnosis of Metabolic Syndrome

i. Elevated waist circumference: (For men >90 cm and for women, >80 cm).
ii. Elevated triglycerides: >150 mg/dL
iii. Reduced HDL ("good") cholesterol: For men, <40 mg/dL; for women, < 50 mg/dL
iv. Elevated blood pressure: >130/85 mm Hg
v. Elevated fasting glucose: >100 mg/dL
vi. Insulin resistance (hyperinsulinemia)
vii. Additional parameters include: coagulation abnormalities, hyperuricemia, microalbuminuria non-alcoholic steato-hepatitis (NASH) and increased CRP.
viii. Diagnosis is made, if any 3 out of the 5 criteria given above.

(1) تقييم محيط الخصر



(2) الدهون الثلاثية لما تزيد عن >150mg/dL

* يرتبط زيادة الدهون الثلاثية بالإصابة بمرض السكري من النوع الثاني أكثر مقدار السكري متلازمة الأيض

(3) HDL ← خفض البروتين الدهني عالي الكثافة

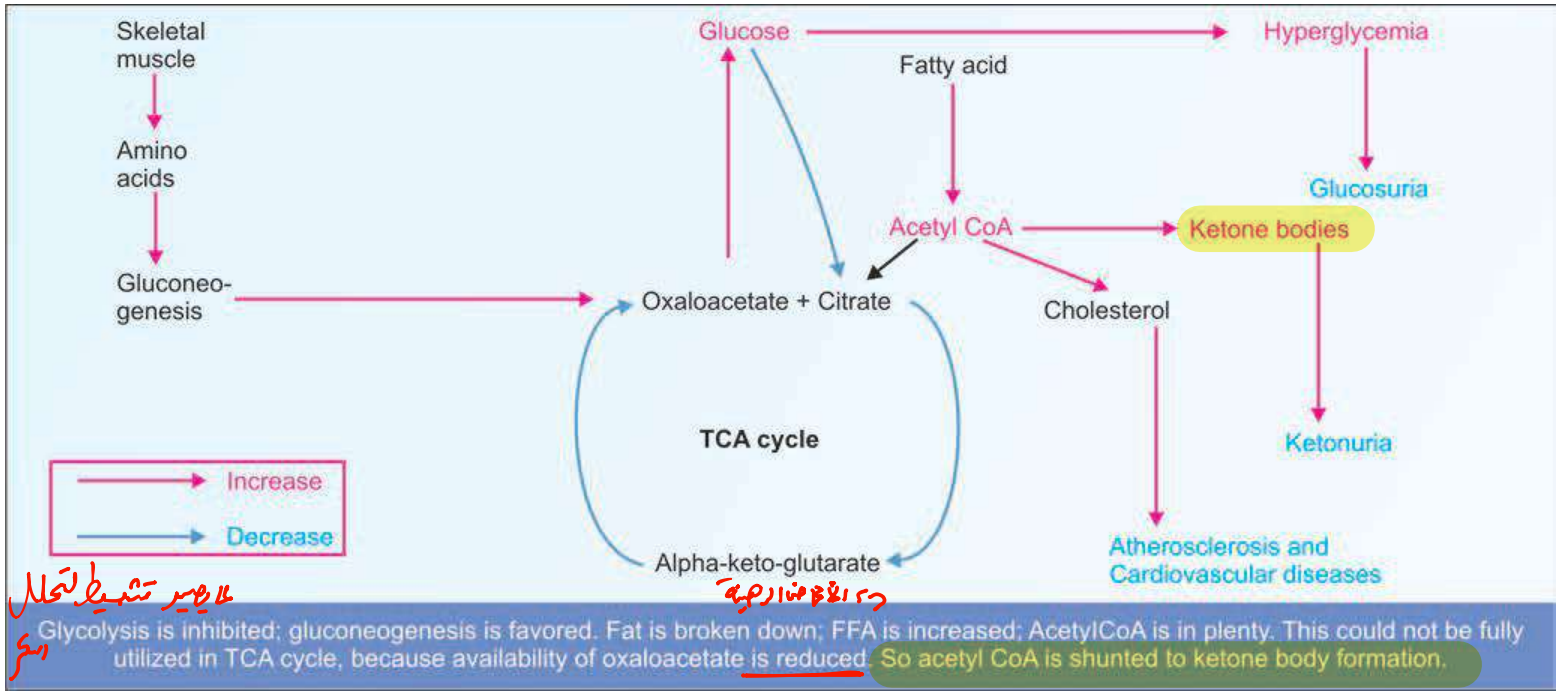
وهو أحد أنواع الكولسترول التي تلعب دوراً في الحماية من أمراض القلب، إذ يساعد على التخلص من أنواع الكولسترول الأخرى الضارة في الدم ومنعها من التراكم داخل الشرايين، لذلك يعرف بالكولسترول الجيد أو النافع

يعني لما يقل نسبة رح يسبب مشكلة

(6) مقاومة الإنسولين هي حالة مرضية لا تستجيب فيها خلايا الجسم بشكل صحيح للأنسولين، وهو هرمون يفرزه البنكرياس لمساعدة الجسم على استخدام الجلوكوز للحصول على الطاقة، وعندما لا تستجيب الخلايا للأنسولين، يتراكم الجلوكوز في الدم، مما يؤدي إلى ارتفاع مستويات السكر في الدم.

مرض السكري من النوع الثاني هو حالة مرضية مزمنة تتميز بارتفاع مستويات السكر في الدم، وتحدث الإصابة بمرض السكري من النوع الثاني عندما لا ينتج البنكرياس ما يكفي من الأنسولين، أو عندما لا تستجيب خلايا الجسم للأنسولين بشكل صحيح، والفرق الرئيسي بين مقاومة الإنسولين ومرض السكري من النوع الثاني هو أن مقاومة الإنسولين هي حالة مبكرة من عدم استجابة الخلايا للأنسولين، بينما مرض السكري من النوع الثاني هو حالة متقدمة ومزمنة من عدم استجابة الخلايا للأنسولين.

Diabetes biochemistry (FYI)



مرض السكري هو باختصار عندك كمية جلوكوز زايدة بالجسم زيادة عن الحد بسبب أكل زائد عن حده و الجسم مو قادر يستغله منيح مو قادر يدخل جوه الخلايا ف بزيد السكر في الدم و بنزل في البول ف انته بتوكل كتير بس أكل مو مفيد لأنه ما بتستغله الخلايا
ف عم تحرق بروتين و دهون حتى تنتج طاقة لأنه الجسم ما بستغل السكر منيح ف بصير استهلاك كبير للاستيل coA pathway و بتكون ketone body formation الحرق كتير للmuscles يؤدي إلى muscle wasting

Analyzing Carbohydrate Consumption in Jordan: Health and Economic Impact

- Q1: Identify prevalent carbohydrate sources in the Jordanian diet and their nutritional significance
  A. Identify commonly farmed “nutritional” fruits and vegetables in Jordan and state why they are healthy

  B. Identify commonly used “non-healthy” carbs in Jordan and state why they are unhealthy

  C. Identify the most affordable “healthy” carbs in Jordan

- Q2: How do economic considerations influence carbohydrate consumption patterns in Jordan?

- Q3: Propose medical, economic and farming strategies to promote healthier carbohydrate choices in Jordan, considering affordability.