



فسيولوجى نبات



المحاضرة العاشرة

التمهولات الغذائية (الأبيض) فى النباتات

الهدم (التنفس)

إعداد

أ.د/ أحمد لطفى ونس

أستاذ النبات وعميد الكلية

الهدم Catabolism

الهدم هو القسم الثاني من أيض النبات وهو من أهم العمليات الحيوية التي تحدث في الخلايا النباتية وهي عملية معقدة تحدث في الخلايا الحية ليلاً ونهاراً حيث يتم البناء والتنفس في خلايا النبات في وقت واحد. ويشمل الهدم جميع العمليات التي تتكسر أو تتحطم خلالها المواد العضوية المعقدة خاصة المواد الكربوهيدراتية إلى مواد بسيطة مع إطلاق الطاقة الكامنة فيها واللازمة للعمليات الحيوية المختلفة التي تتم في الخلية النباتية، وتعتبر عملية التنفس هي أهم عمليات الهدم.

التنفس Respiration

التنفس عبارة عن سلسلة من عمليات الأكسدة والإختزال المتتابعة تتم في جميع الخلايا الحية وعن طريقها تحصل خلايا الكائن الحي على الطاقة اللازمة للإستفادة منها في جميع العمليات الحيوية المختلفة وكذلك في بناء مركبات جديدة لتستفيد منها الخلايا والنبات، بمعنى آخر هو عملية أكسدة أو هدم للمواد العضوية المعقدة "الكربوهيدرات" إلى مواد بسيطة مع إطلاق الطاقة المخزنة بها للإستفادة منها في جميع العمليات البنائية في الخلايا والنبات، ويرمز له بالمعادلة الإجمالية التالية:



وينقسم التنفس إلى نوعين هما:

1. التنفس الهوائي Aerobic respiration: يحدث في وجود أكسجين الهواء الجوي

(O₂) وفيه يتم أكسدة جزئ السكر السداسي أو الهكسوزات مثل الجلوكوز أكسدة كاملة إلى CO₂ وماء H₂O مع إطلاق جميع الطاقة المخزنة فيه والمعادلة السابقة توضح ذلك.

2. التنفس اللاهوائي Anaerobic respiration أو التخمر Fermentation: وفيه

يتم هدم السكريات السداسية (الهكسوزات مثل الجلوكوز) في غياب أكسجين الهواء الجوي، وهو نادر الحدوث في النباتات الراقية وإن حدث يكون لفترة وجيزة (غير طبيعي) ولكنه يحدث في كثير من الكائنات الدقيقة وفي خلايا بعض عضلات الحيوان وتكون نواتجه هي CO₂ + كحول أو حمض لاكتيك + كمية ضئيلة من الطاقة.



في حالة التخمر لا تتكون المادة العضوية المستعملة في التخمر في خلايا الكائنات الدقيقة نفسها، ولذا فإن هذه العملية تتم خارج الخلايا وهذا عكس التنفس الذي يحدث في خلايا النباتات الراقية، ورغم ذلك توجد علاقة مشتركة بين هذين النوعين من التنفس كما في المخطط التالي.

مادة التنفس (سكر سداسي)

اتحلال جليكولي

حامض بيروفيك

في غياب O_2 (تنفس لا هوائي)

(تنفس هوائي) في وجود O_2

١- تخمر لاكتيكي

حمض لاكتيك + CO_2 + طاقة صغيرة (يحدث في بكتريا حمض اللاكتيك وعضلات الحيوان)

دورة كريس

$H_2O + CO_2$ + طاقة كبيرة

أو

٢- تخمر كحولي

كحول ايثانول + CO_2 + طاقة صغيرة (يحدث في الكائنات الدقيقة طبيعي ويكون غير طبيعي في النباتات المراقية)

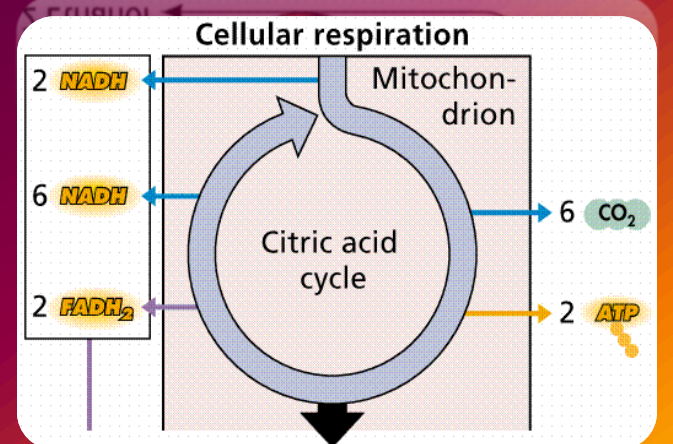
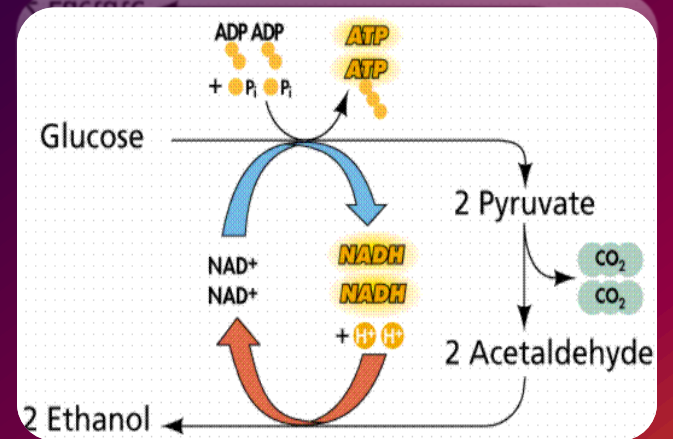
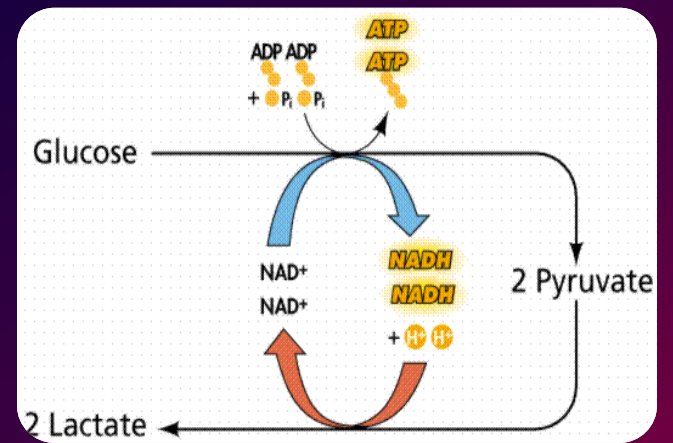
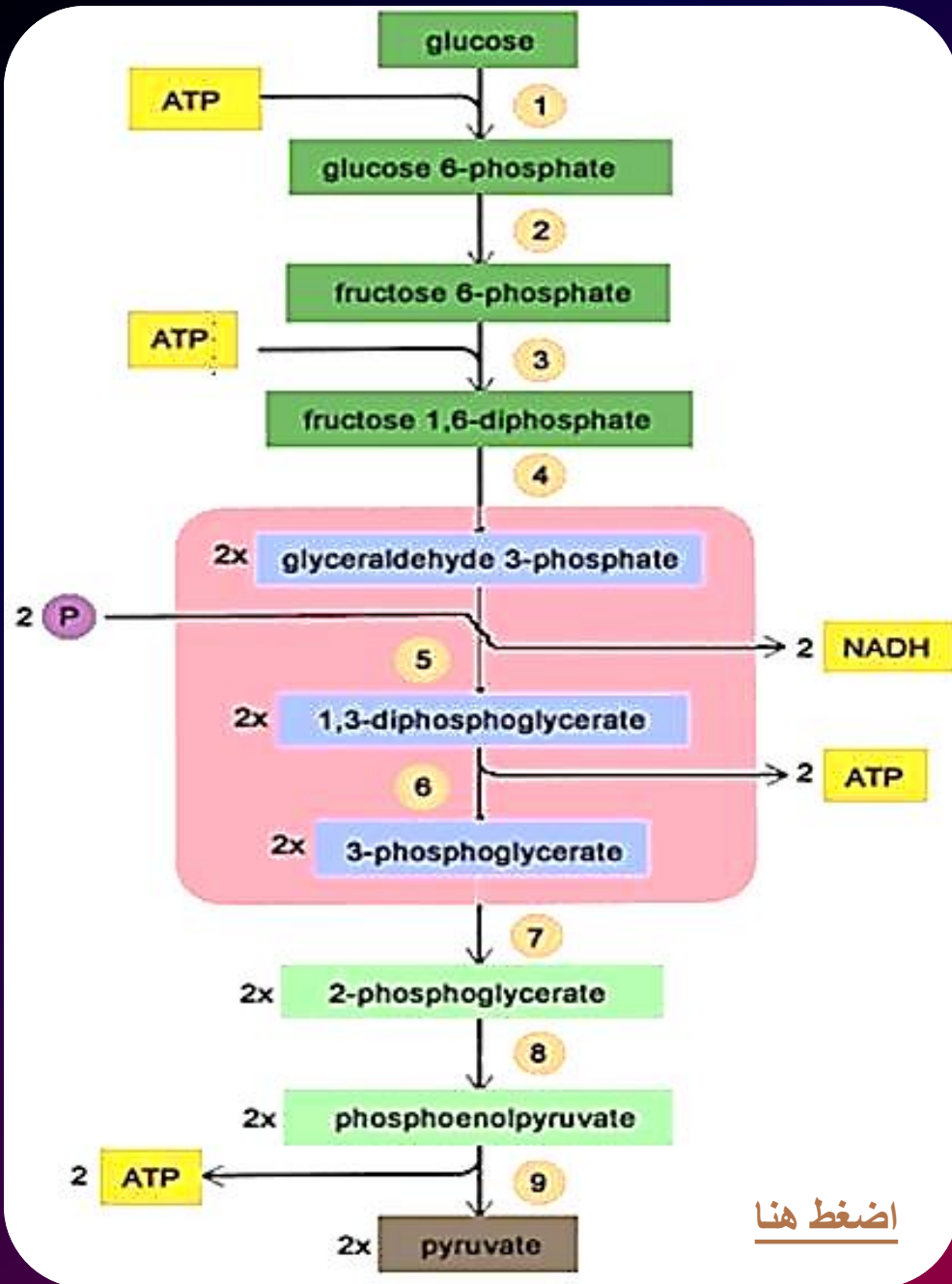
ميكانيكية التنفس

Mechanism of respiration

تتم عملية هدم أو أكسدة المركبات العضوية المعقدة (الكربوهيدرات – الدهون – البروتينات) في النباتات الراقية داخل الخلايا الحية وتعرف بالأكسدة البيولوجية. وتتضمن عملية التنفس سلسلة من التفاعلات المتتابة يتم خلالها أكسدة جزئ الجلوكوز وإطلاق الطاقة على دفعات صغيرة حتى يمكن إستغلالها أول بأول في الخلية. عملية أكسدة جزئ الجلوكوز أكسدة تامة إلى ماء و ك₂ أ (CO₂) وكمية كبيرة من الطاقة تحدث خلال مسالك الإنحلال الجليكولي ودورة كربس ونظام نقل الإلكترون.

1. المرحلة الأولى: (الإنحلال الجليكولي Glycolysis)

تتضمن سلسلة تفاعلات متتابة يتم خلالها تحويل جزئ الجلوكوز إلى 2 جزئ حمض البيروفيك وهو الناتج النهائي للإنحلال الجليكولي، وتتم هذه التفاعلات في سيتوبلازم الخلايا ولا تحتاج إلى توفر أكسجين الهواء الجوى أى تحدث في وجود أو عدم وجود (O₂)، لذا تحدث تفاعلات الإنحلال الجليكولي في كلا حالتى التنفس (الهوائى واللاهوائى)، وتسمى (بمسلك أمبدن – مايرهوف – بارنس) Embden – Meyerhof – Parnas Pathway (EMP) وهى تفاعلات غير دائرية.

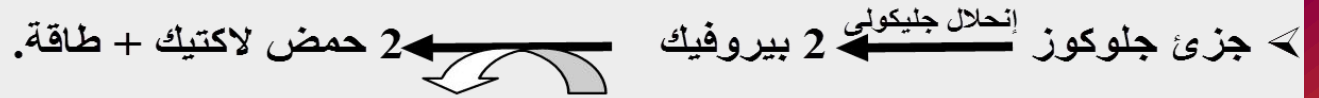
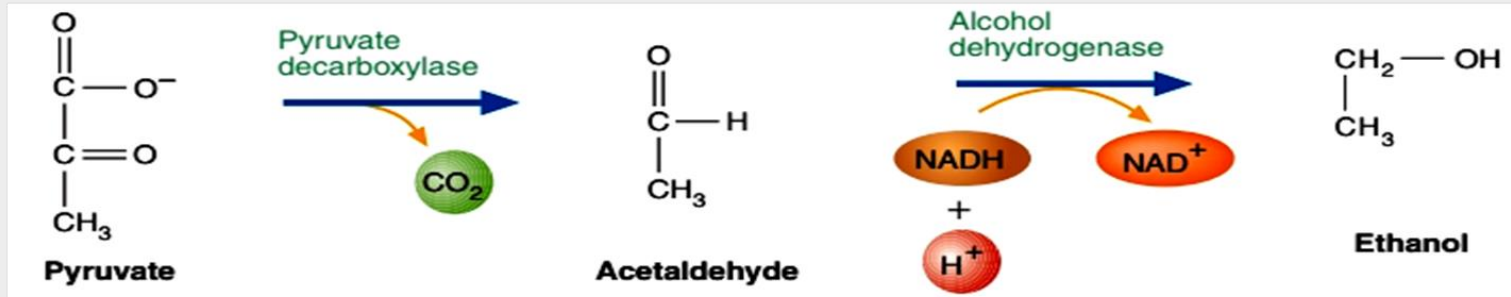


أانيا: أكسدة حامض البيروفيك

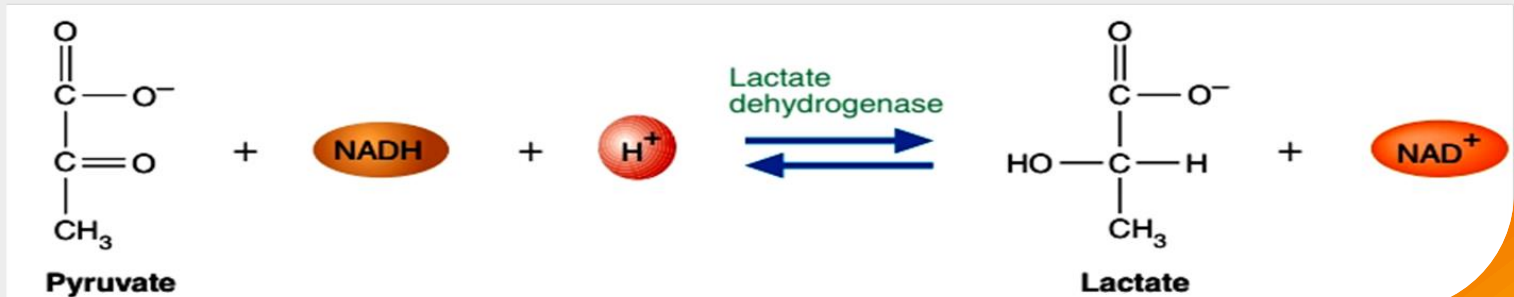
أ- أكسدة حمض البيروفيك في غياب O_2 "التنفس اللاهوائي أو التخمر"



وهذا ما يعرف بالتخمر الكحولي وتكون كمية الطاقة الناتجة تكون 2 جزئ ATP فقط.



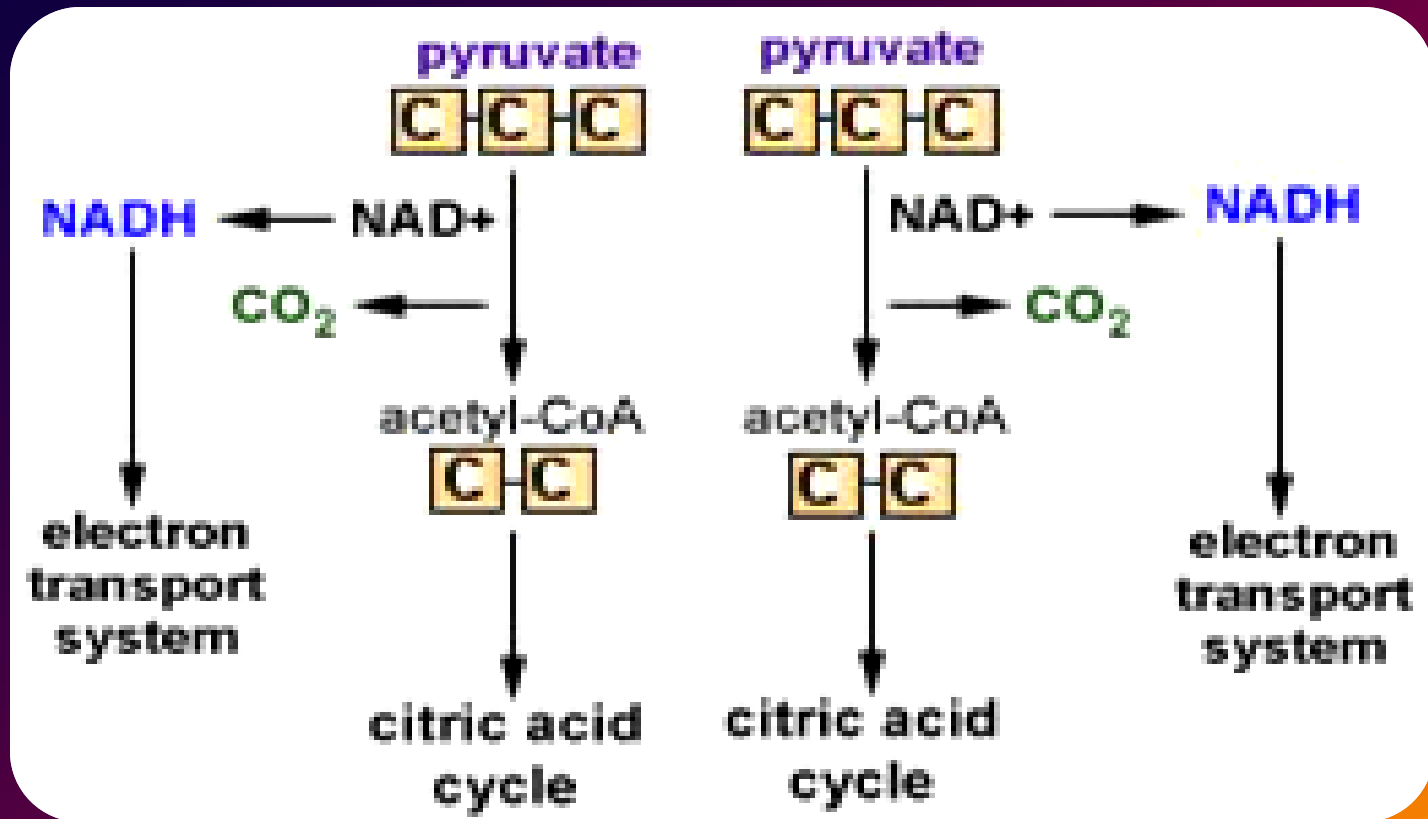
وهذا ما يعرف بالتخمر الكحولي وتكون كمية الطاقة الناتجة تكون 2 جزئ ATP فقط.



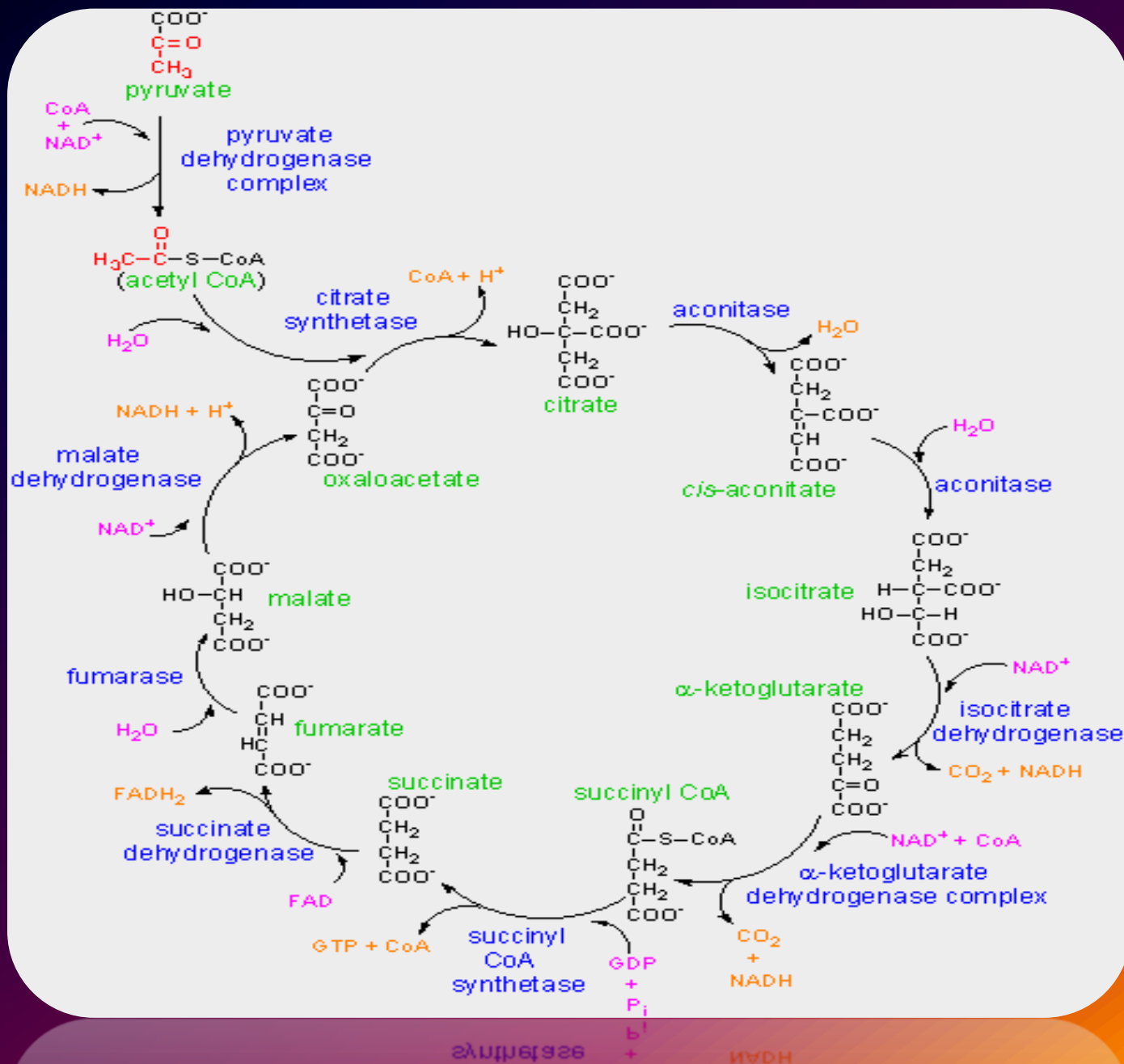
ب- أكسدة حمض البيروفيك هوائياً:

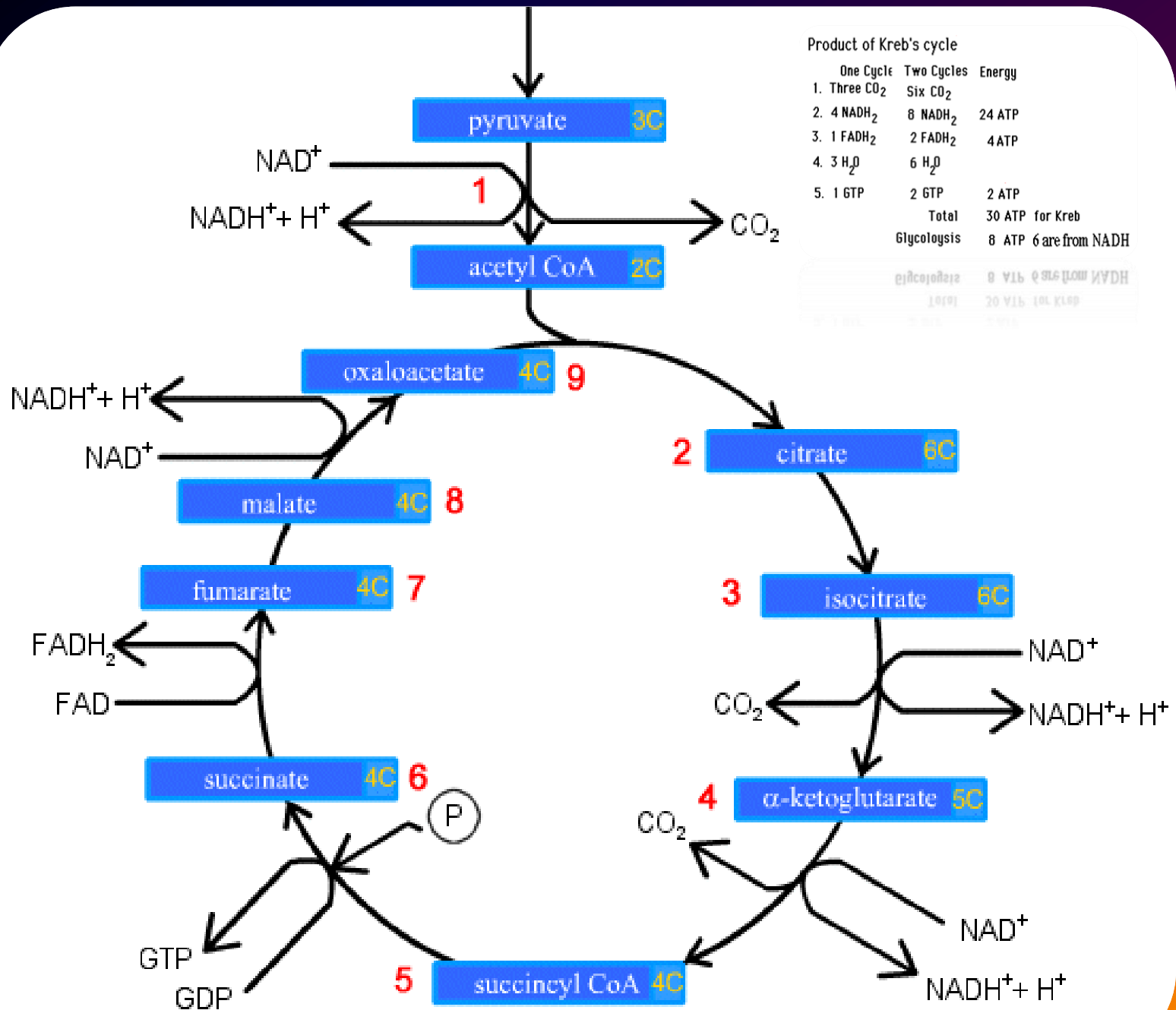
بعد تكوين حمض البيروفيك من أكسدة جزئ الجلوكوز يتم أكسدة جزئ حمض البيروفيك خلال عدة خطوات متتالية عن طريق دورة كربس التي تتم في الميتوكوندريا وتوجد خطوة وسطية أو تنشيطية لحمض البيروفيك قبل دخوله دورة كربس وهي تكوين الخلات النشطة.

1- تكوين الخلات النشطة Acetyl CoA



2- دورة كربس أو دورة حمض الستريك أو دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل:

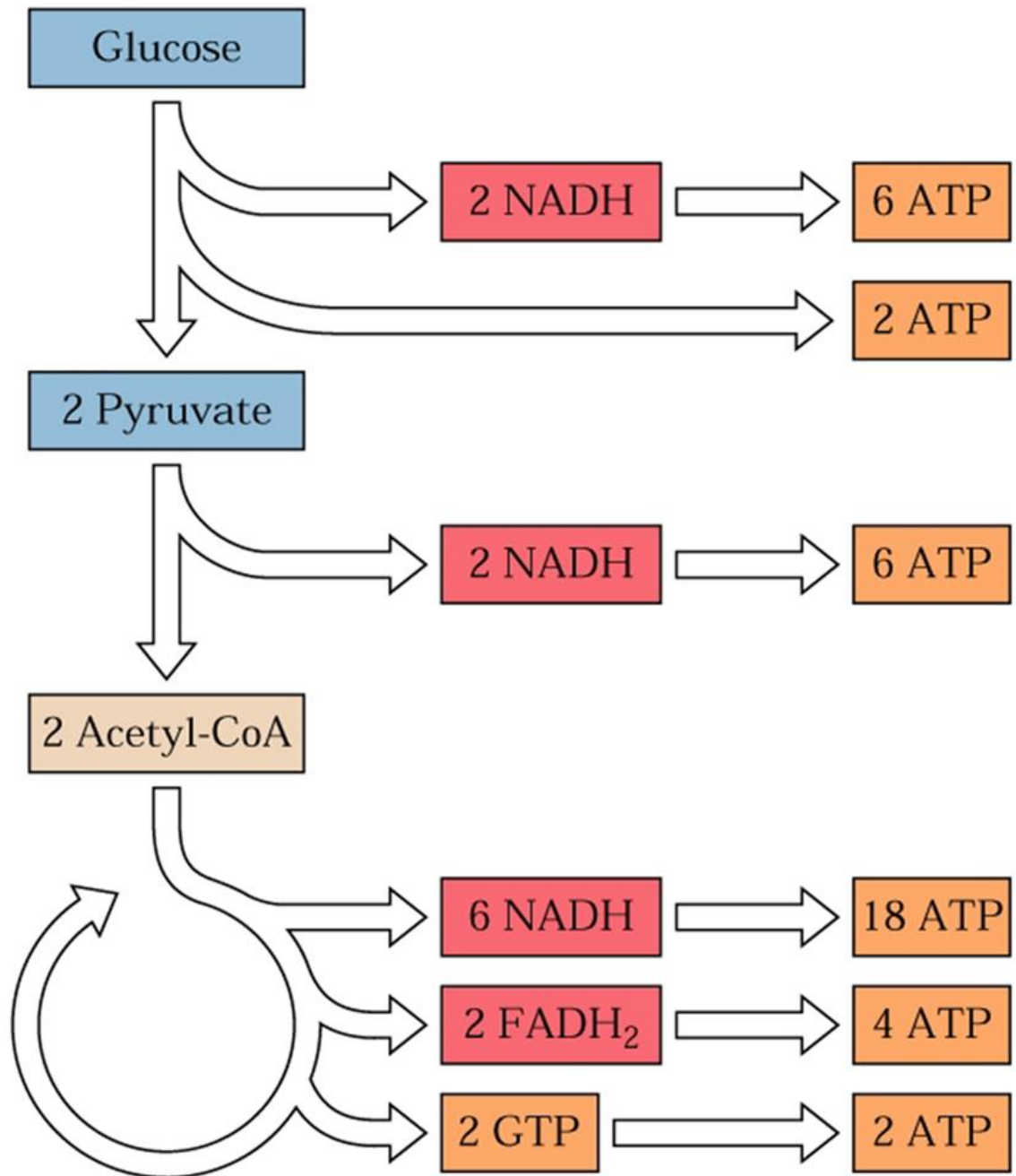


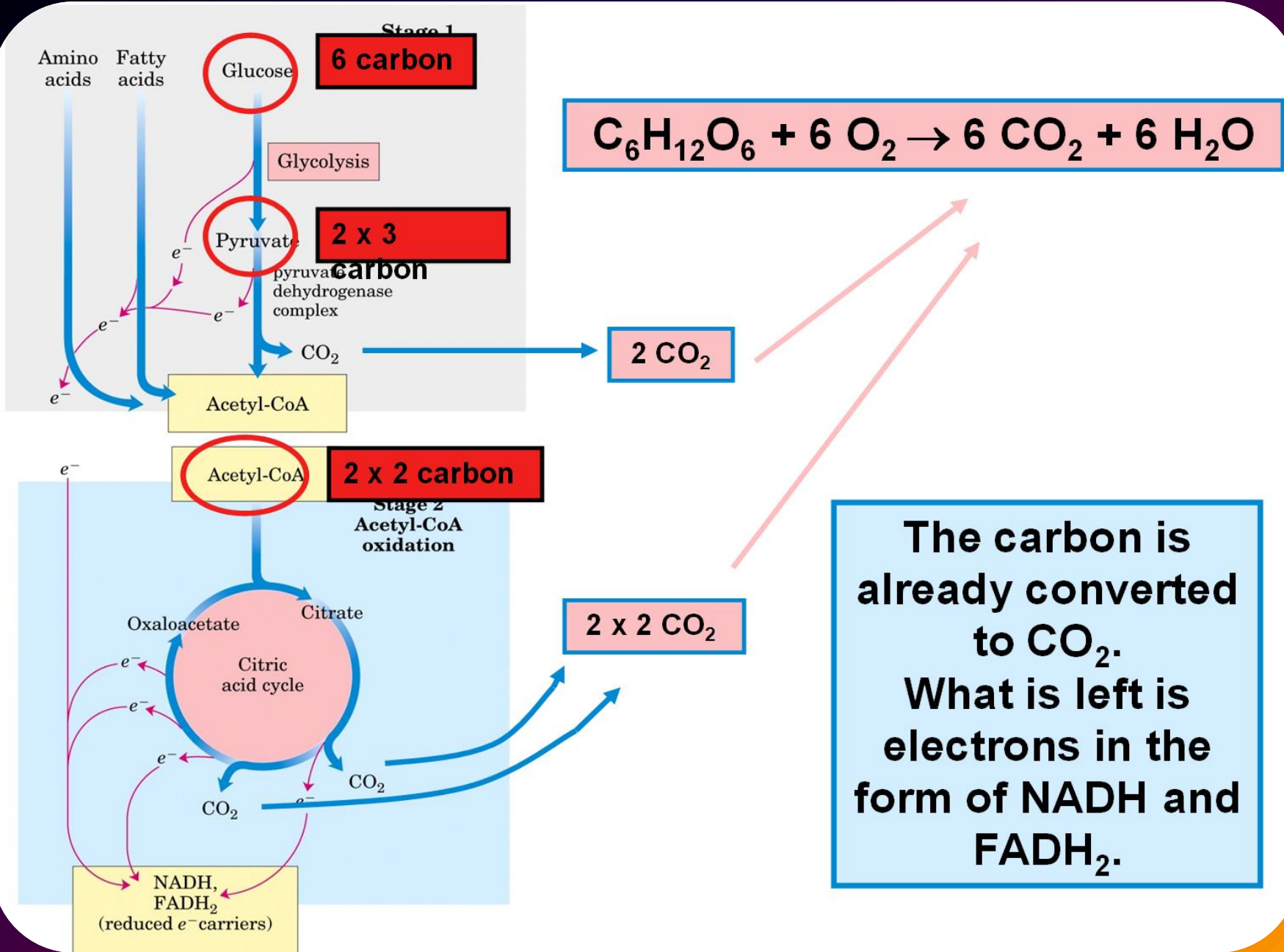


Product of Kreb's cycle

One Cycle	Two Cycles	Energy
1. Three CO_2	Six CO_2	
2. 4 NADH_2	8 NADH_2	24 ATP
3. 1 FADH_2	2 FADH_2	4 ATP
4. 3 H_2O	6 H_2O	
5. 1 GTP	2 GTP	2 ATP
Total		30 ATP for Kreb
Glycolysis		8 ATP 6 are from NADH

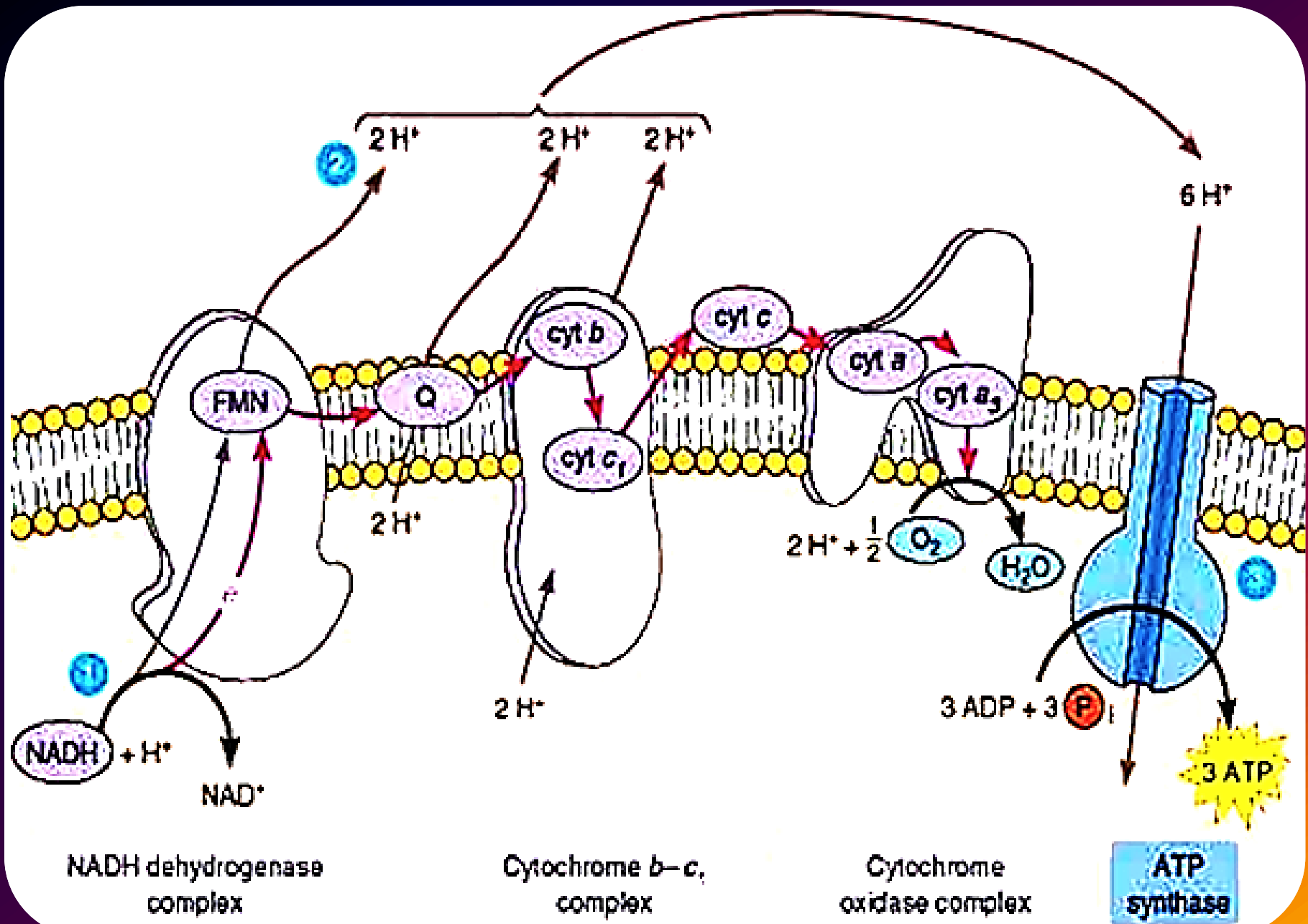
اضغط هنا





الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation:

وهذا النوع يتم في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا حيث يتم سريان الإلكترونات خلال مجموعة من الحوامل أو المستقبلات وتستغل الطاقة المتحررة من الإلكترونات أثناء سريانها في إنتاج الـ ATP من $ADP + pi$ وهذه الفسفرة تحتاج لوجود أكسجين الهواء الجوي حيث أنه المستقبل النهائي للإلكترونات. ففي دورة كربس كل المرافقات الإنزيمية المختزلة $NADH_2$, $FADH_2$ تدخل نظام نقل الإلكترون داخل الميتوكوندريا كمانحة للإلكترونات حيث يحدث سريان لهذه الإلكترونات ذات الطاقة العالية من مستقبل لأخر وتنتقل طاقة الإلكترونات العالية على دفعات تدريجياً وليس دفعة واحدة لتستخدم في ربط جزئ $ADP + pi$ وتكوين ATP، وكل زوج من الإلكترونات الناتجة من المرافق الإنزيمي $NADH_2$ ينتج 3 جزيئات ATP عند سريانها في نظام نقل الإلكترون، أما في حالة $FADH_2$ فإنها تعطي 2 جزيء ATP.



NADH dehydrogenase complex

Cytochrome b-c complex

Cytochrome oxidase complex

ATP synthase

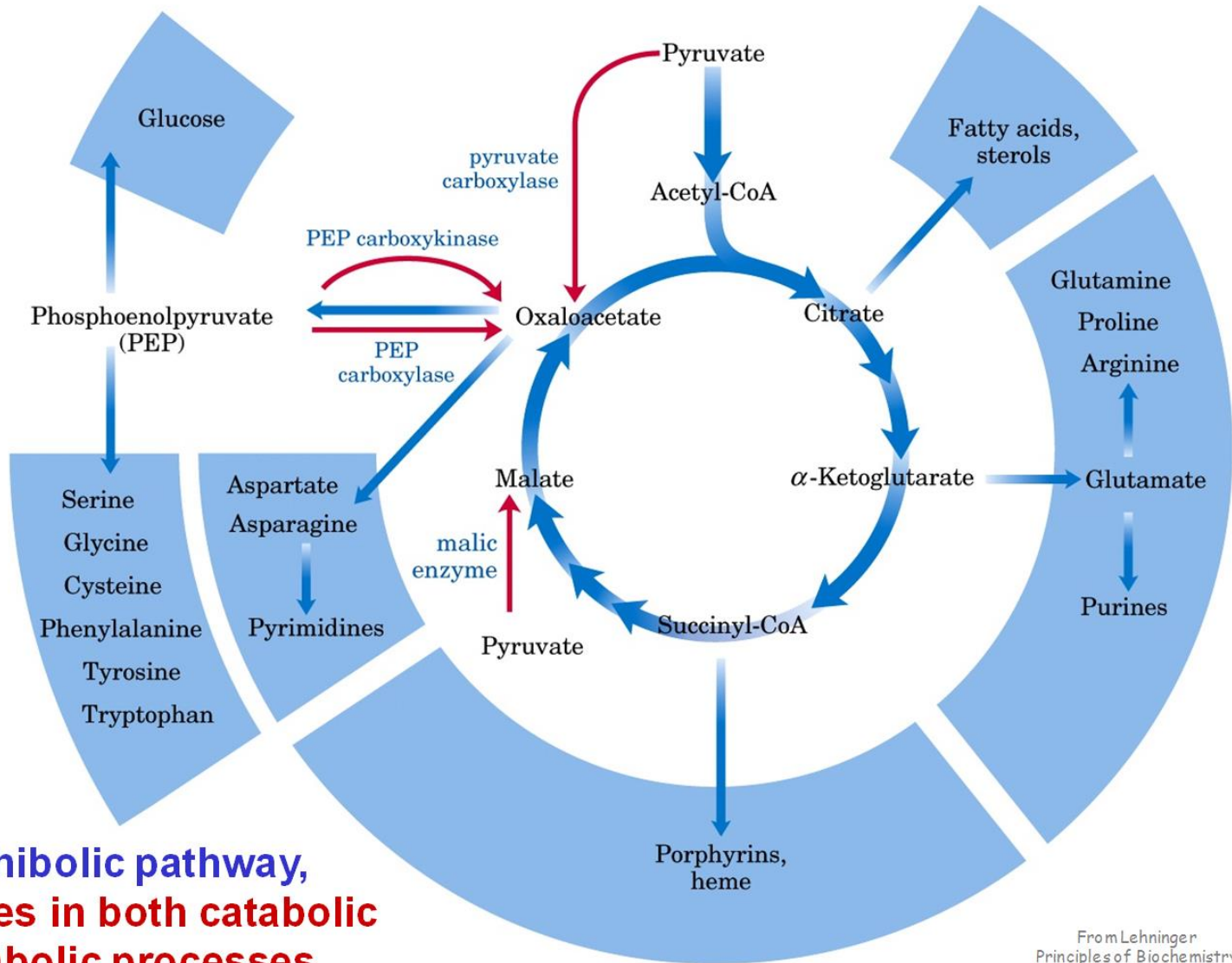
κομπλεξ

κομπλεξ

οξειδάση κομπλεξ

ελευθέρως

Citric acid cycle components are important biosynthetic intermediates



**Amphibolic pathway,
i.e., serves in both catabolic
& anabolic processes**

From Lehninger
Principles of Biochemistry

مخطط يوضح علاقة المركبات الوسيطة الناتجة من الهدم ببناء مركبات عضوية أخرى

مسارات أخرى لبناء السكريات

Pentose Phosphate Pathway دورة البنتوز فوسفات

🏗️ Function

- ❖ **NADPH production**
 - Reducing power carrier
 - Synthetic pathways
 - Role as cellular antioxidants

❖ Ribose synthesis

—Nucleic acids and nucleotides

Characteristics

Oxidative and Non-oxidative Phases

Oxidative phases:

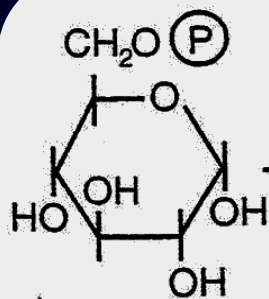
Reactions producing NADPH)

(Irreversible

Non-oxidative phases:

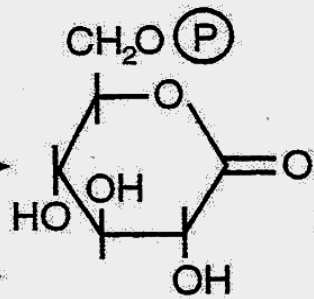
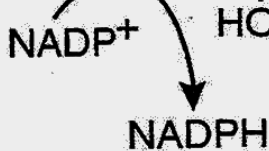
Produces ribose-5-P)

(Reversible reactions feed to glycolysis



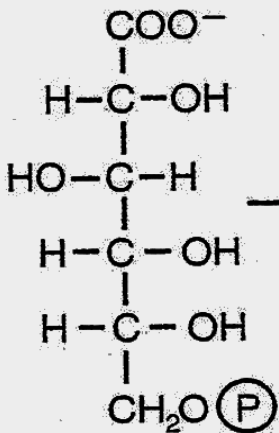
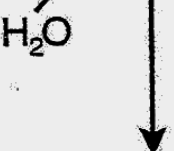
Glucose-6-phosphate

①



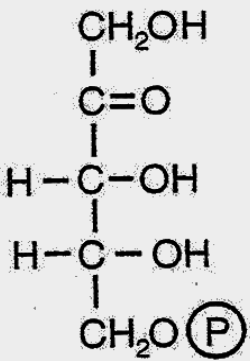
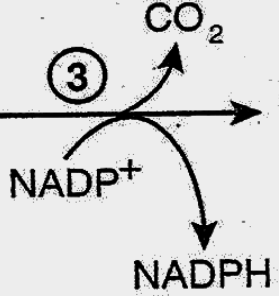
6-Phospho-gluconolactone

②

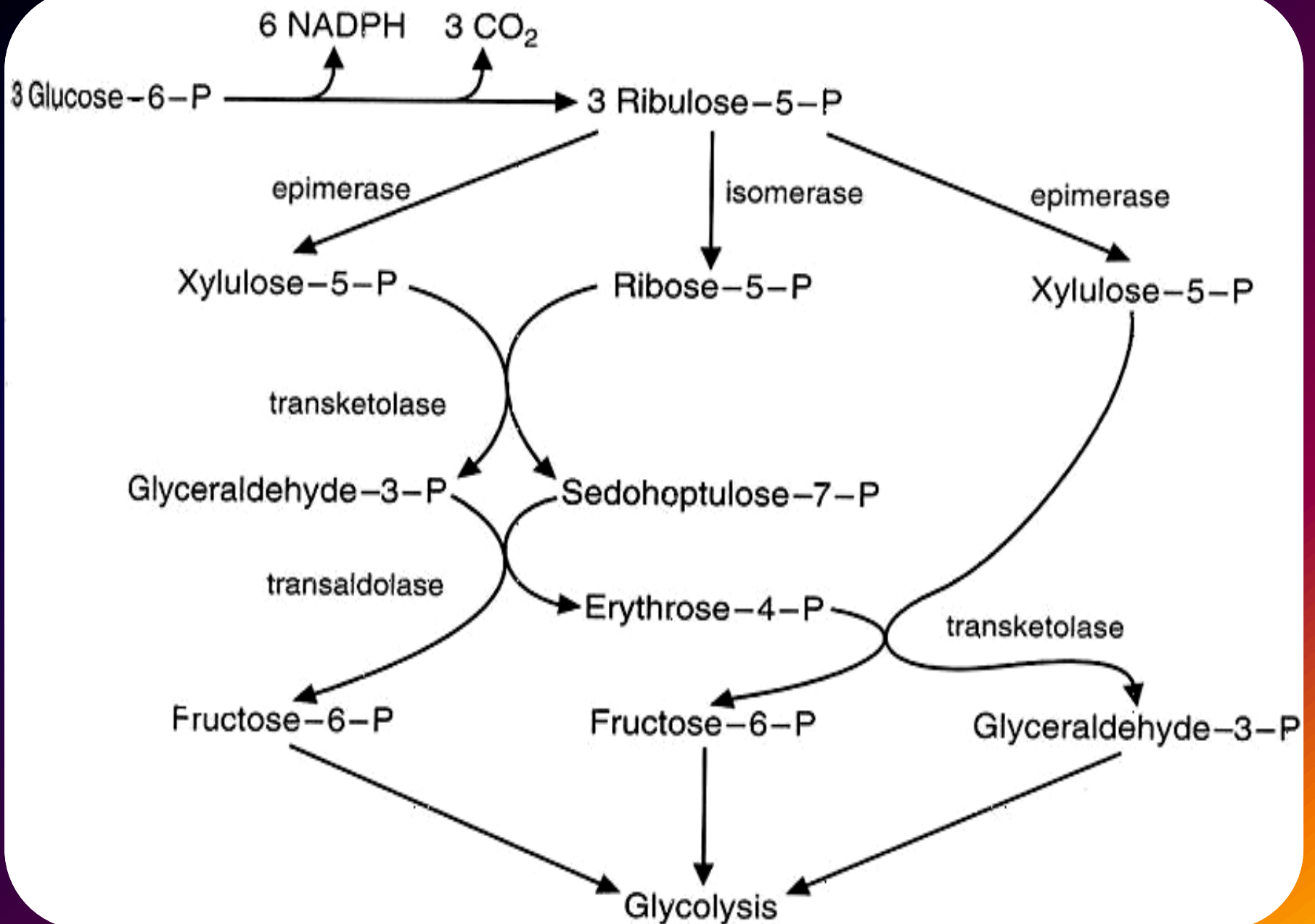


6-Phosphogluconate

③



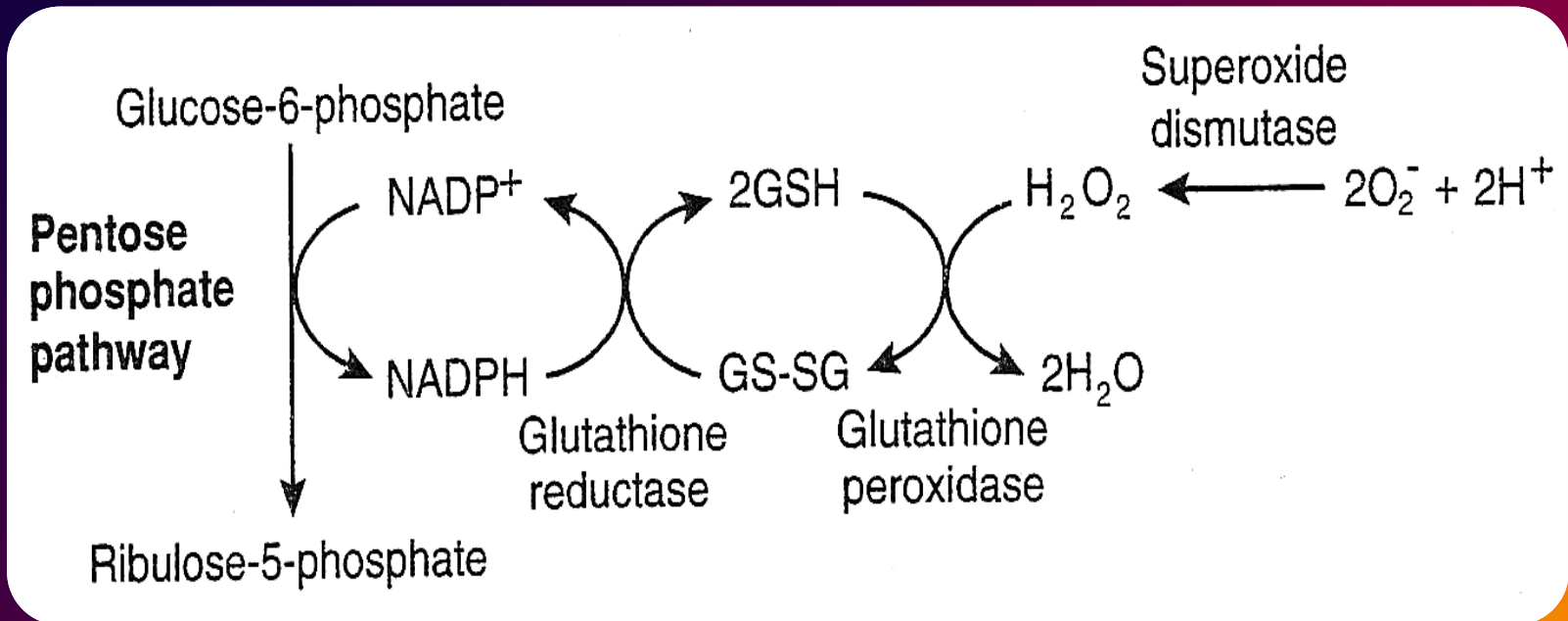
Ribulose-5-phosphate



Glycolysis

Detoxification of Superoxide Anion and Hydrogen Peroxide

- Antioxidant enzymes
 - Superoxide dismutase
 - Glutathione peroxidase
 - Glutathione reductase



The Glyoxylate Cycle

A variant of TCA for plants and bacteria

- **Acetate-based growth.**
- **Net synthesis of carbohydrates and other intermediates from acetate is not possible with TCA.**
- **Glyoxylate cycle offers a solution for plants and some bacteria and algae.**
- **The CO₂-evolving steps are bypassed and an extra acetate is utilized.**
- **Isocitrate lyase and malate synthase are the short-circuiting enzymes.**

