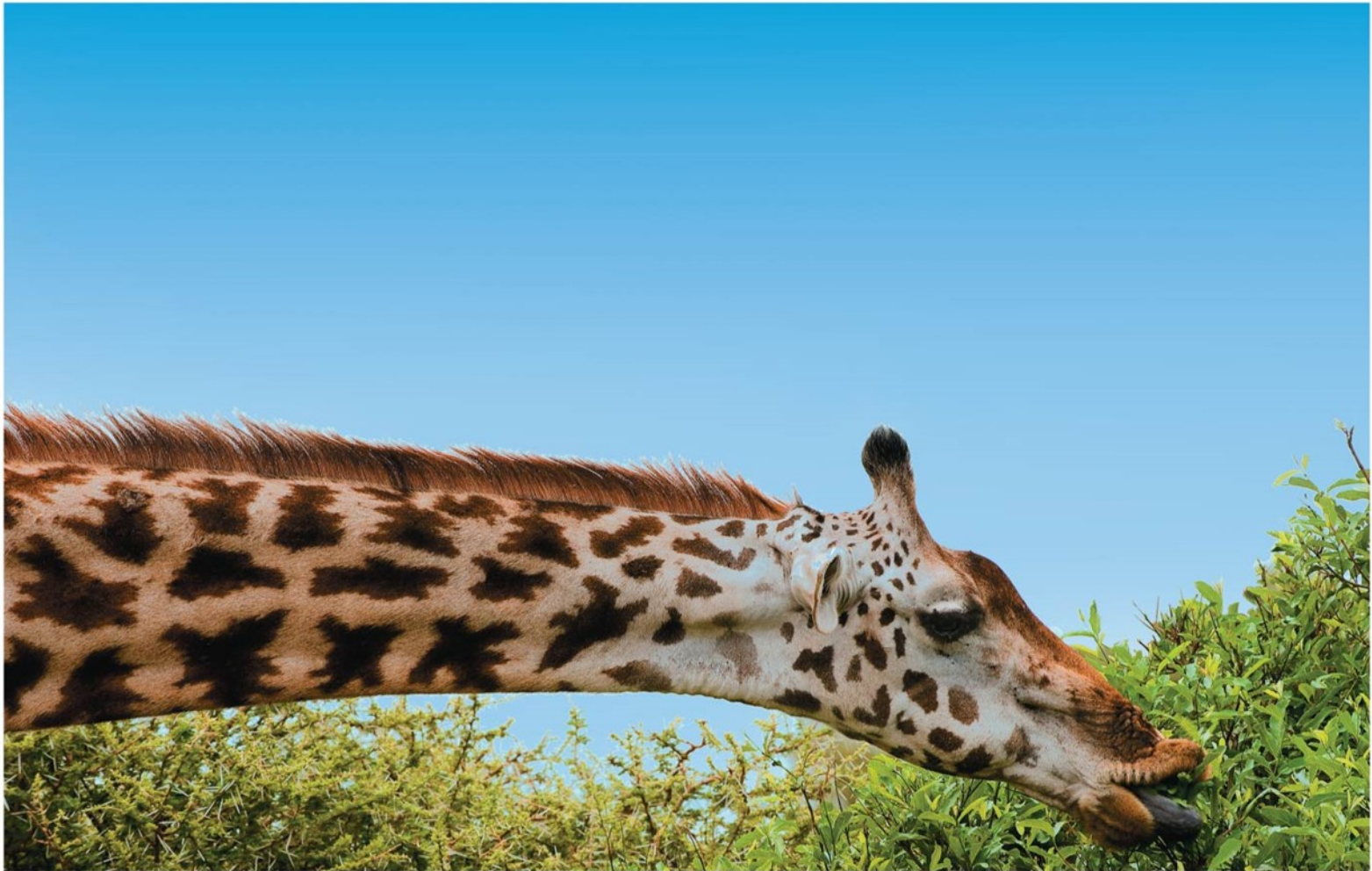


Life Science - Chapter 7: Cell respiration



Jaaroverzicht Life Science

Blok/periode 1

Inleiding tot biologie,
metabolisme

Blok/periode 2

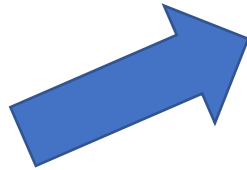
Genetica

Blok/periode 3

Genoomanalyse

Blok/periode 4

Ontwikkelingsbiologie,
zenuwstelsel



Hoofdstuk 1 - Biologie en haar thema's
1.1 en 1.2

Hoofdstuk 6 - Energie en leven
6.1 t/m 6.4

Hoofdstuk 7 - Celrespiratie
10.1 t/m 10.6

Hoofdstuk 3 - Chemie van water
3.1 t/m 3.3

Hoofdstuk 4 - Koolstof: de basis van
moleculaire diversiteit
4.1 t/m 4.3

Hoofdstuk 5 - Biologische
macromoleculen en vetten
5.1 t/m 5.5

Hoofdstuk 7 - Celstructuur en functie
7.1 t/m 7.7

Hoofdstuk 7 – Celrespiratie

Dissimilatie (afbraak)

- aërobe dissimilatie
verbranding met zuurstof
komt veel energie bij vrij
- anaërobe dissimilatie
afbraak zonder zuurstof
minder vrije energie

Katabole routes
Exergone reacties

Komt energie bij vrij
 $\Delta G < 0$

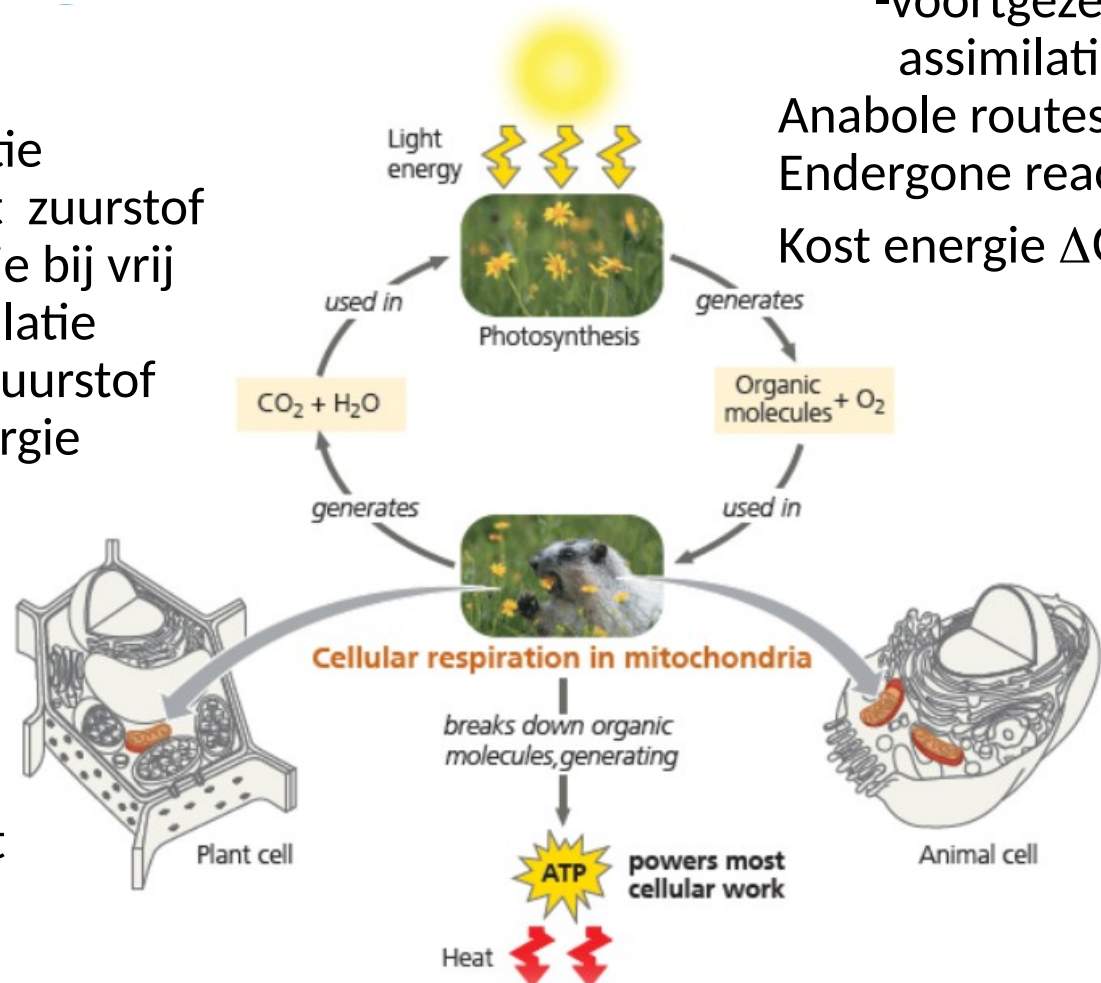
De vrije energie wordt
vastgelegd in ATP

Assimilatie (opbouw)

- fotosynthese
- voortgezette
assimilatie

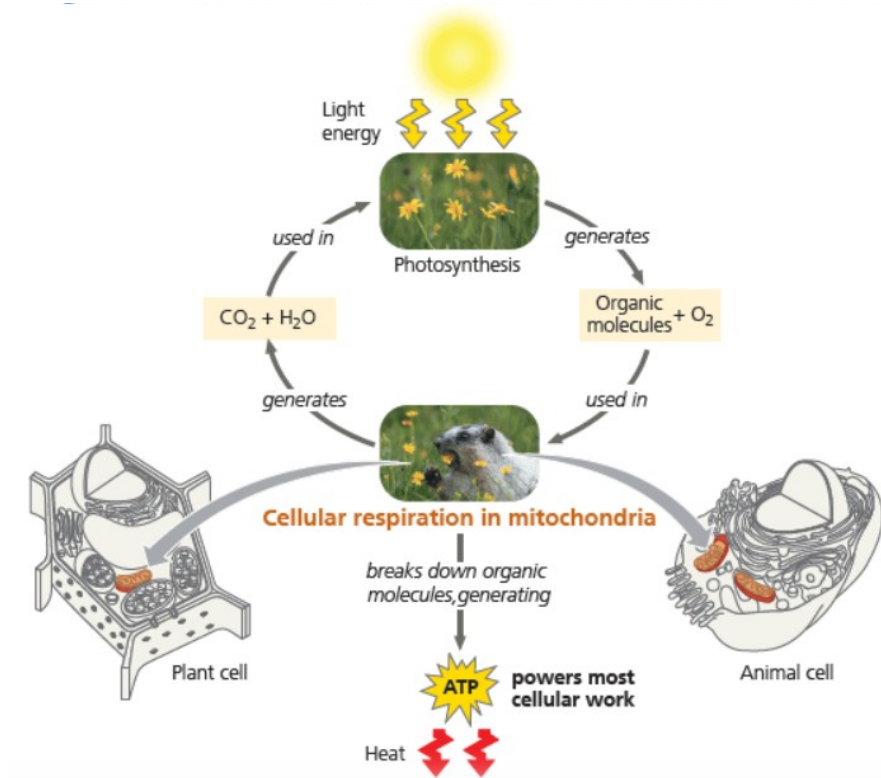
Anabole routes
Endergone reacties

Kost energie $\Delta G > 0$



Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-energy-flow-and-chemical-recycling>

Katabole routes



Bij dissimilatie kunnen verschillende organische stoffen als brandstof dienen:

Suikers	→	koolstofdioxide + water
Vetten	→ glycerol →	koolstofdioxide + water
Eiwitten	→ aminozuren →	koolstofdioxide + water + ureum of ammonia

Katabole routes

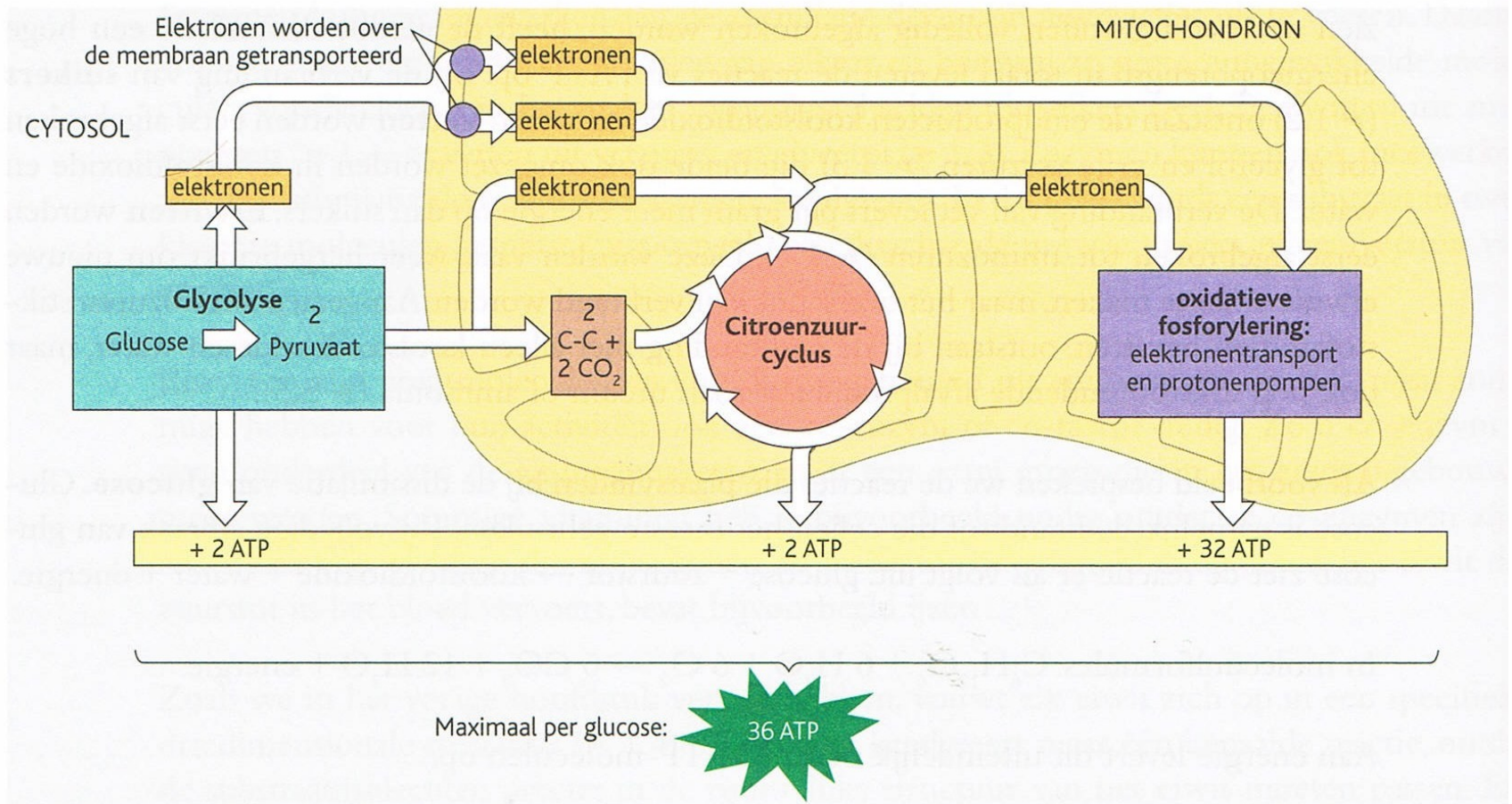
Glucose is de brandstof die cellen het meest gebruiken

Aërobe dissimilatie van glucose:

Glucose + zuurstof $\longrightarrow$ koolstofdioxide + water + energie

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 30 \text{ tot } 36 \text{ ATP (en warmte)}$

Katabole routes



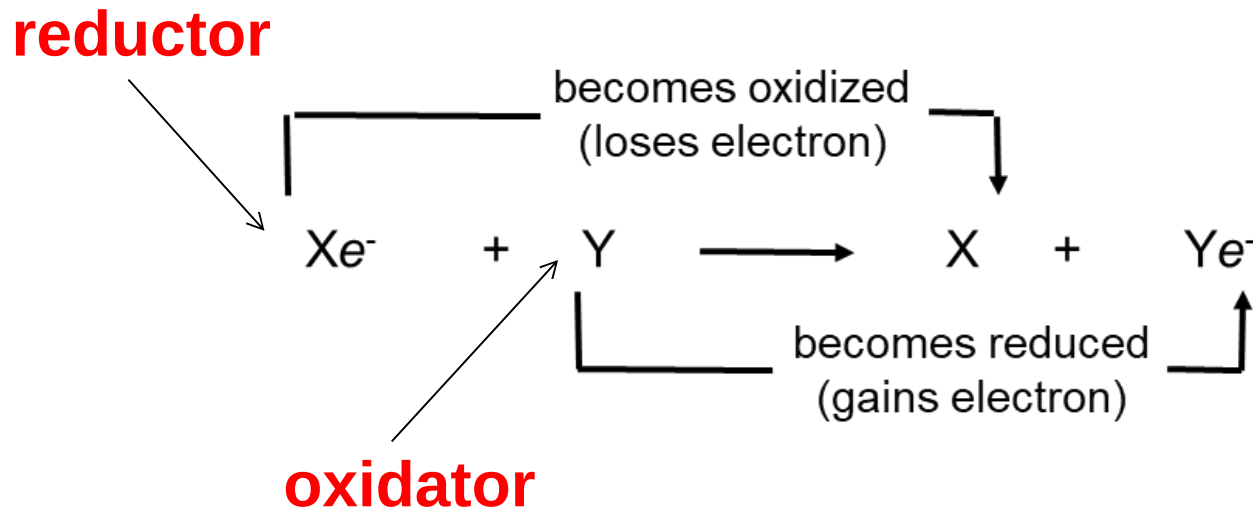
Basisboek Biologie, Anja Ridder & Karin van der Borgh; 2012 Pearson Benelux

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-cellular-respiration-v2>

Redox reactions

De overdracht van elektronen tijdens chemische reacties heeft een sleutelrol in de dissimilatie van glucose

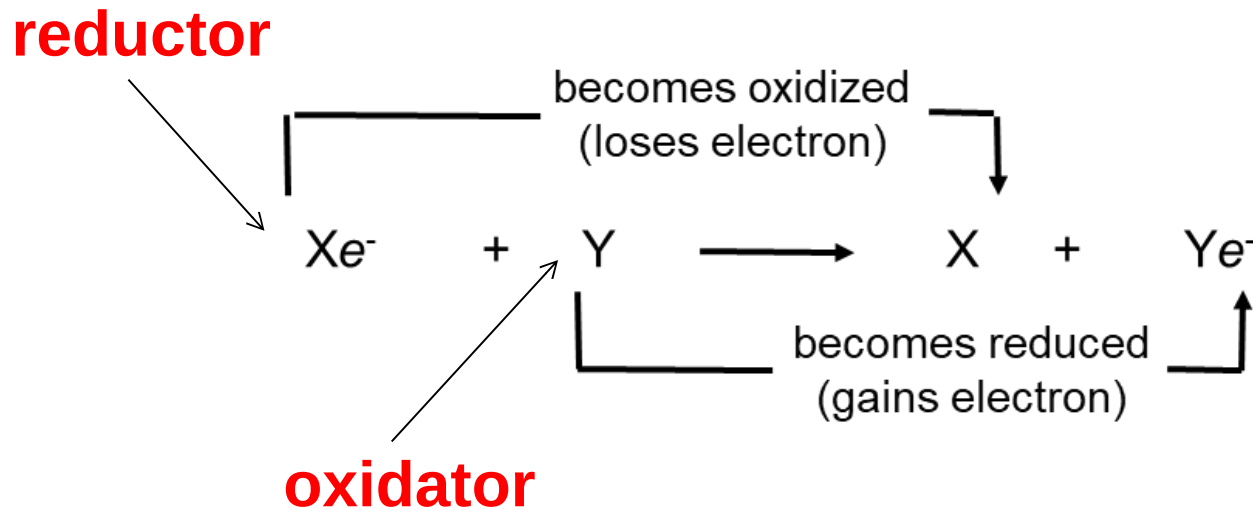
Red(uctie)ox(idatie)-reacties



Redox reacties

De elektronen donor = **reductor** – reducerende stof
(de donor zal een andere stof gaan reduceren)

De elektronen-ontvanger = **oxidator** – oxiderende stof
(de ontvanger heeft de andere stof laten oxideren)



Redox reacties

Hoe zit het bij deze reactie:



reductor

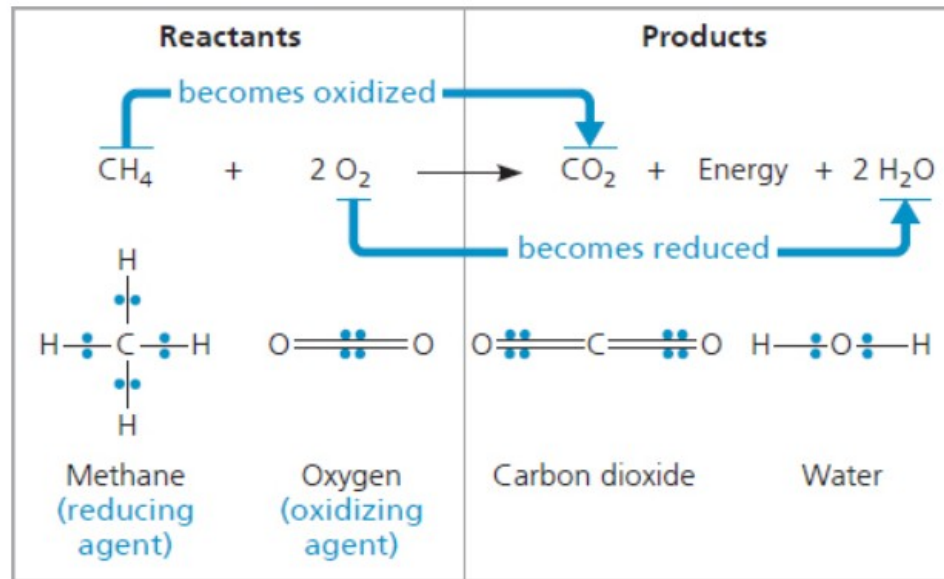
wordt geoxideerd
(er gaat een elektron weg)

oxidator

wordt gereduceerd
(er komt een elektron bij)

Redox reactions

Figure 10.2 Methane combustion as an energy-yielding redox reaction



The reaction releases energy to the surroundings because the electrons lose potential energy when they end up being shared unequally, spending more time near electronegative atoms such as oxygen.

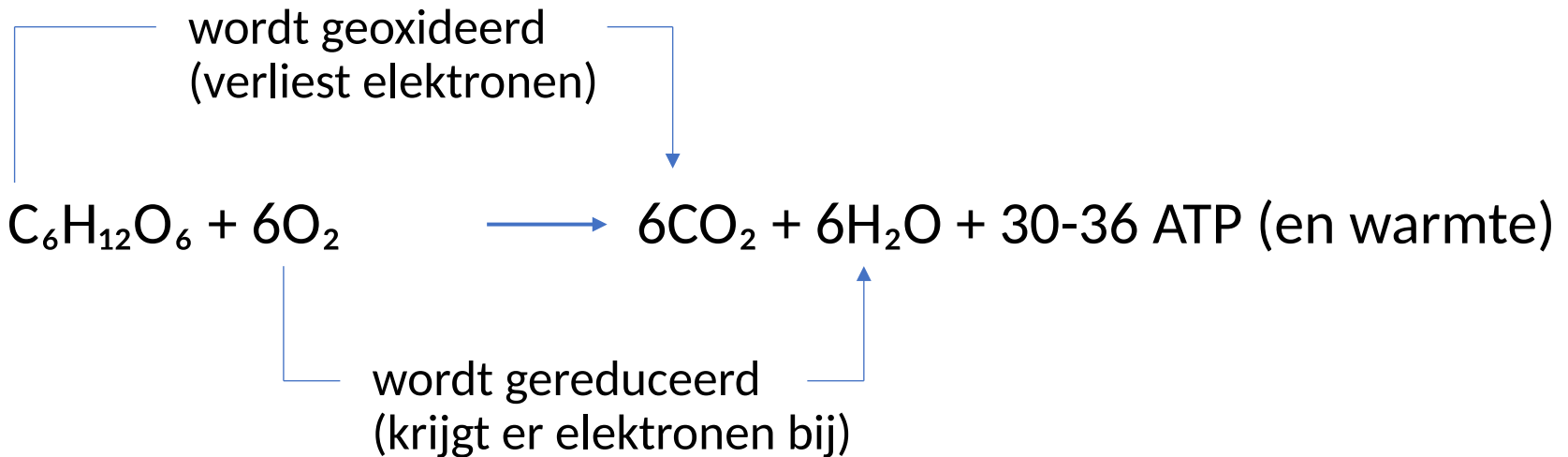
Tijdens een chemische reactie kan de verdeling van elektronen in een binding veranderen, hierdoor kan een atoom oxideren of reduceren
Dit is ook een redox-reactie

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-bio-redox-reaction>
S

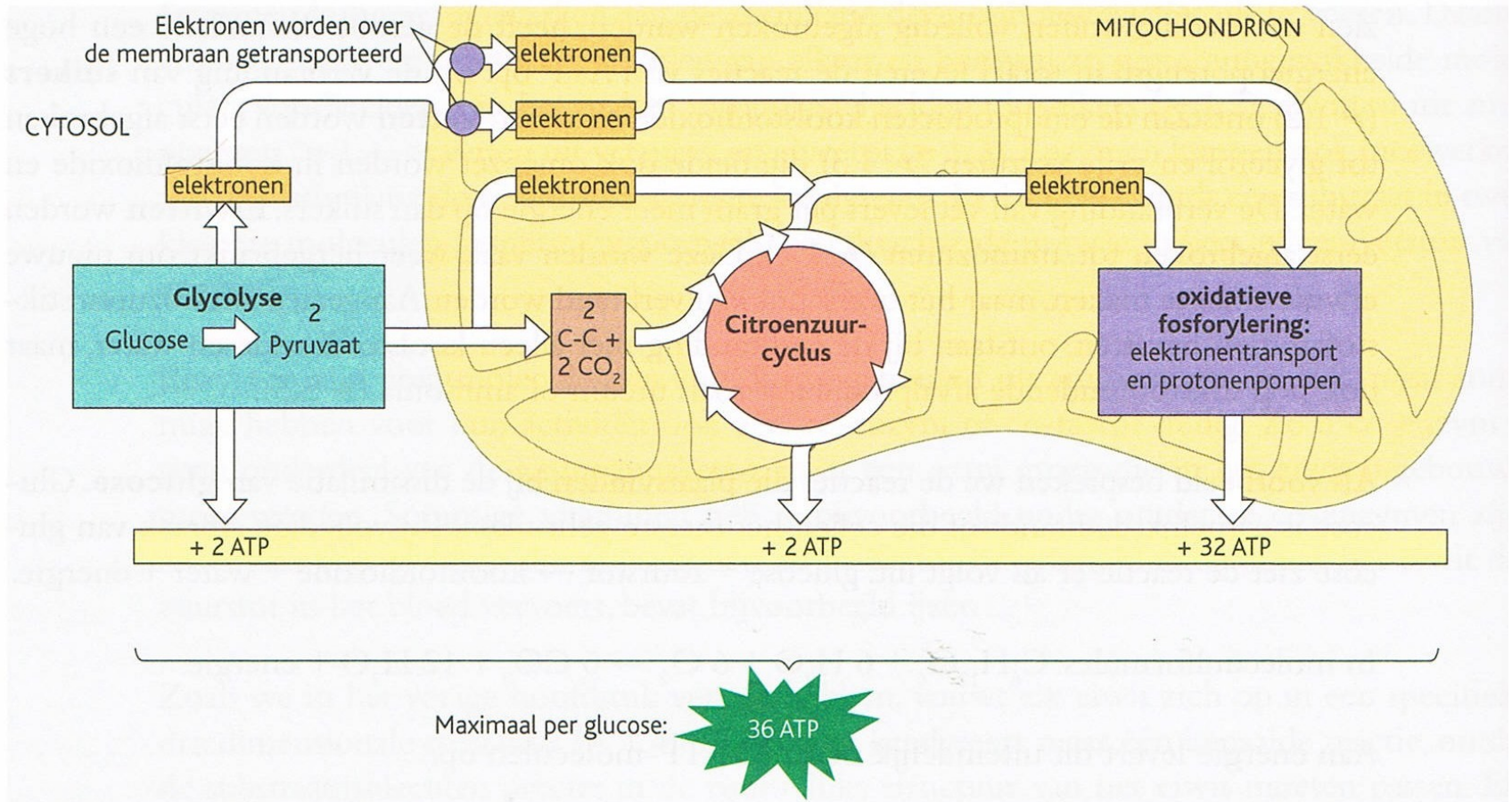
Redox reacties

De aërobe dissimilatie van glucose is ook een redox reactie:

Glucose + zuurstof $\longrightarrow$ koolstofdioxide + water + energie



Katabole routes

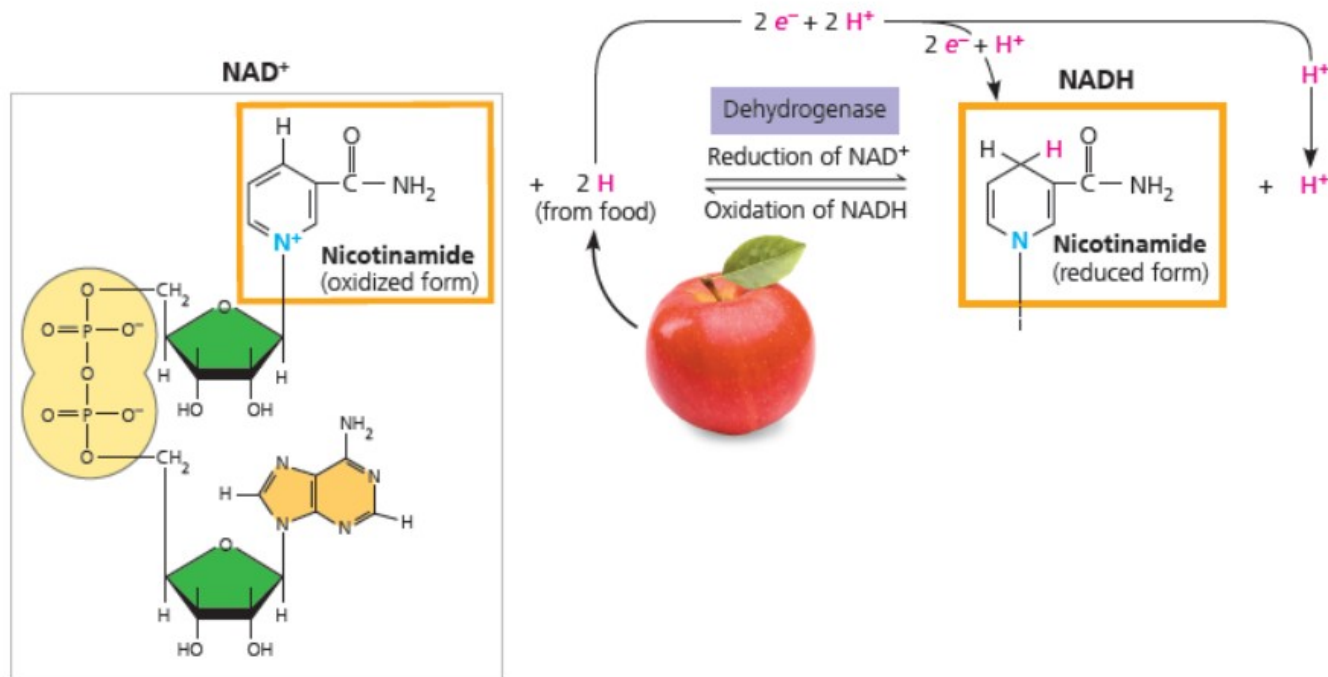


Basisboek Biologie, Anja Ridder & Karin van der Borgh; 2012 Pearson Benelux

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-cellular-respiration-v2>

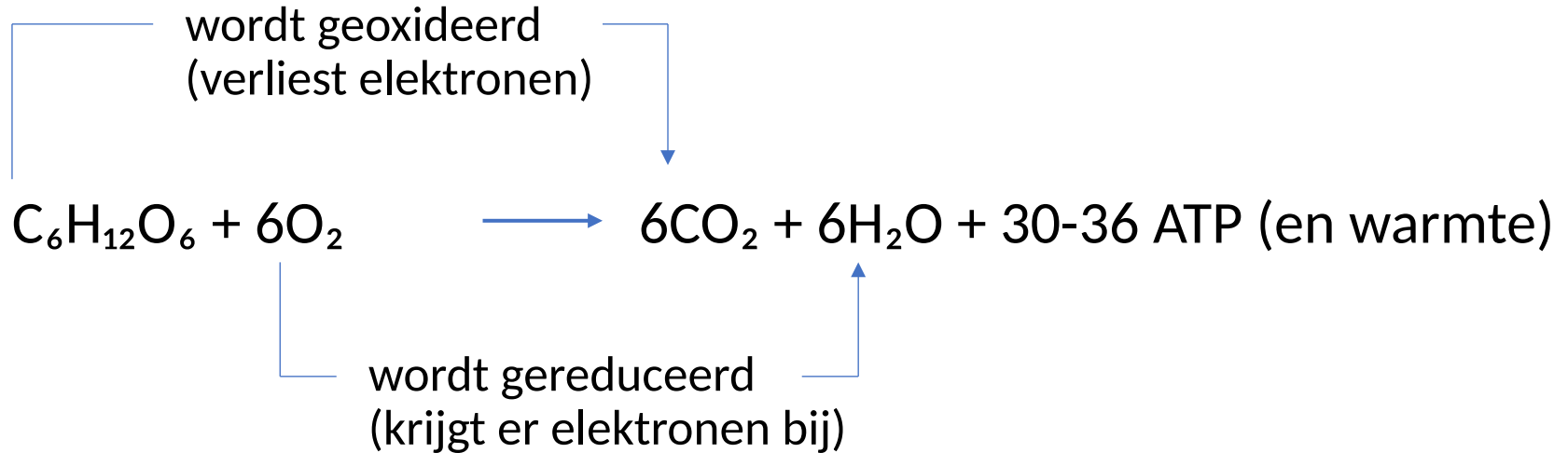
Redox reactions

Figure 10.3 NAD⁺ as an electron shuttle



The full name for NAD⁺, nicotinamide adenine dinucleotide, describes its structure—the molecule consists of two nucleotides joined together at their phosphate groups (shown in yellow). (Nicotinamide is a nitrogenous base, although not one that is present in DNA or RNA; see [Figure 5.23](#).) The enzymatic transfer of 2 electrons and 1 proton (H⁺) from an organic molecule in food to NAD⁺ reduces the NAD⁺ to NADH: Most of the electrons removed from food are transferred initially to NAD⁺, forming NADH.

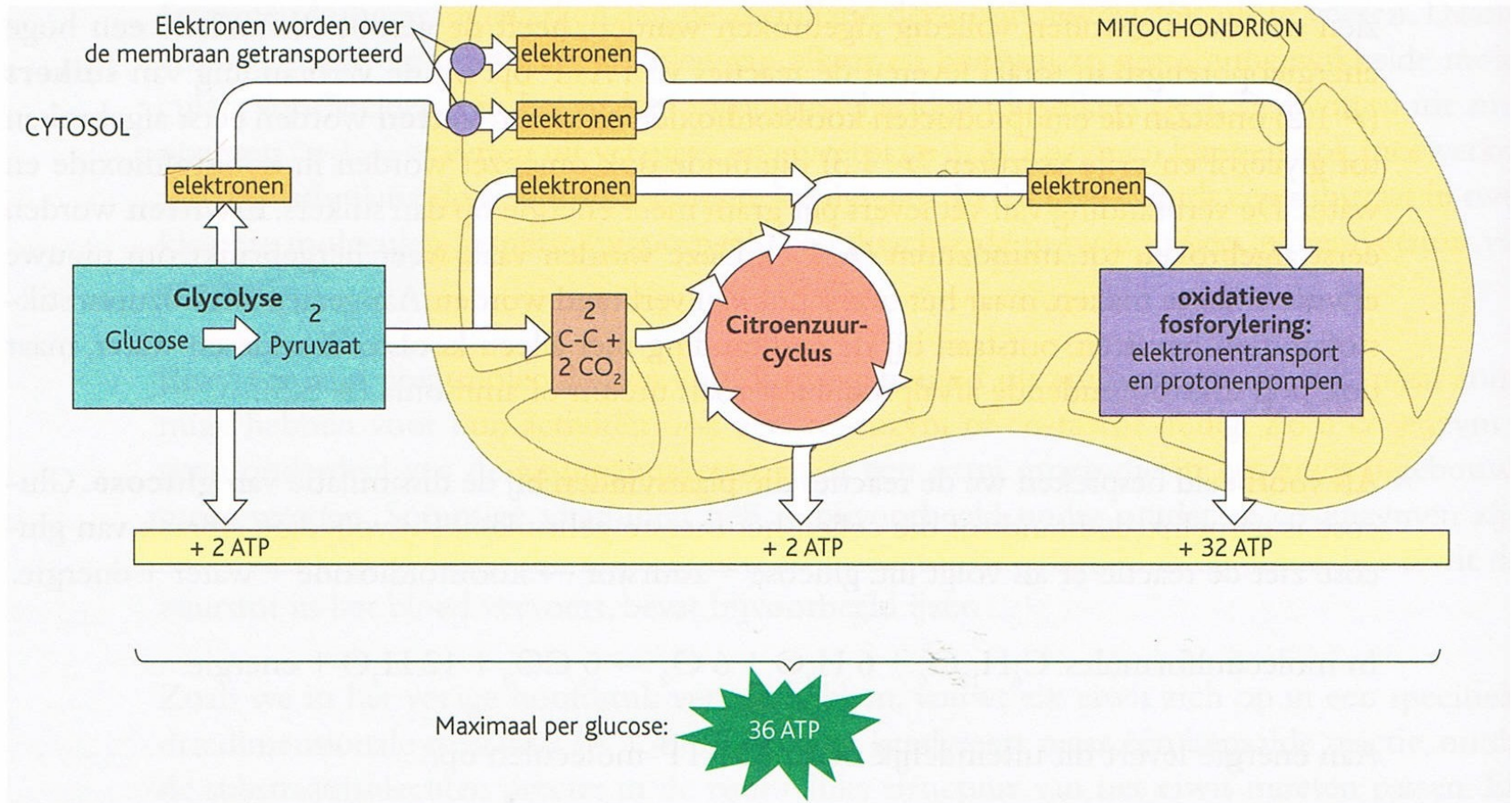
Redox reacties



Het waterstof atoom (mét de twee elektronen) dat door NADH gedragen wordt, wordt nog altijd níet direct aan zuurstof gekoppeld, de overdracht gaat via een *elektronentransportketen*

Bij elk stapje komt energie vrij die wordt vastgelegd in de vorming van ATP

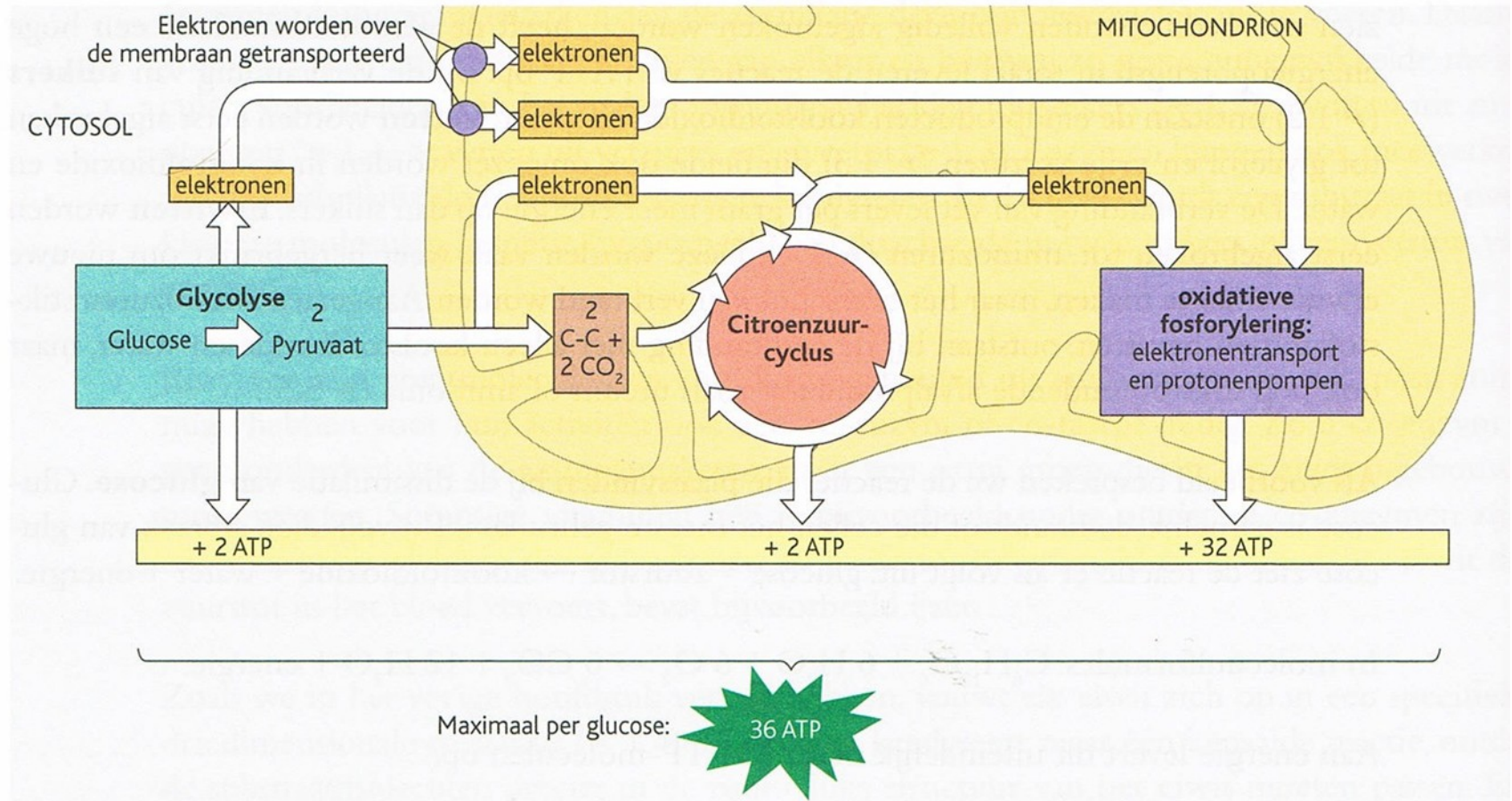
Katabole routes



Basisboek Biologie, Anja Ridder & Karin van der Borgh; 2012 Pearson Benelux

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-cellular-respiration-v2>

De verschillende stappen in celmetabolisme



Basisboek Biologie, Anja Ridder & Karin van der Borgh; 2012 Pearson Benelux

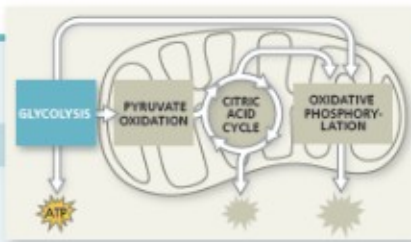
1. Glycolyse 2. Pyruvaat Oxidatie 3. Citroenzuurcyclus 4. Oxidatieve fosforylering

Kijk nog een keer: <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-c-ampbell-cellular-respiration-v2>

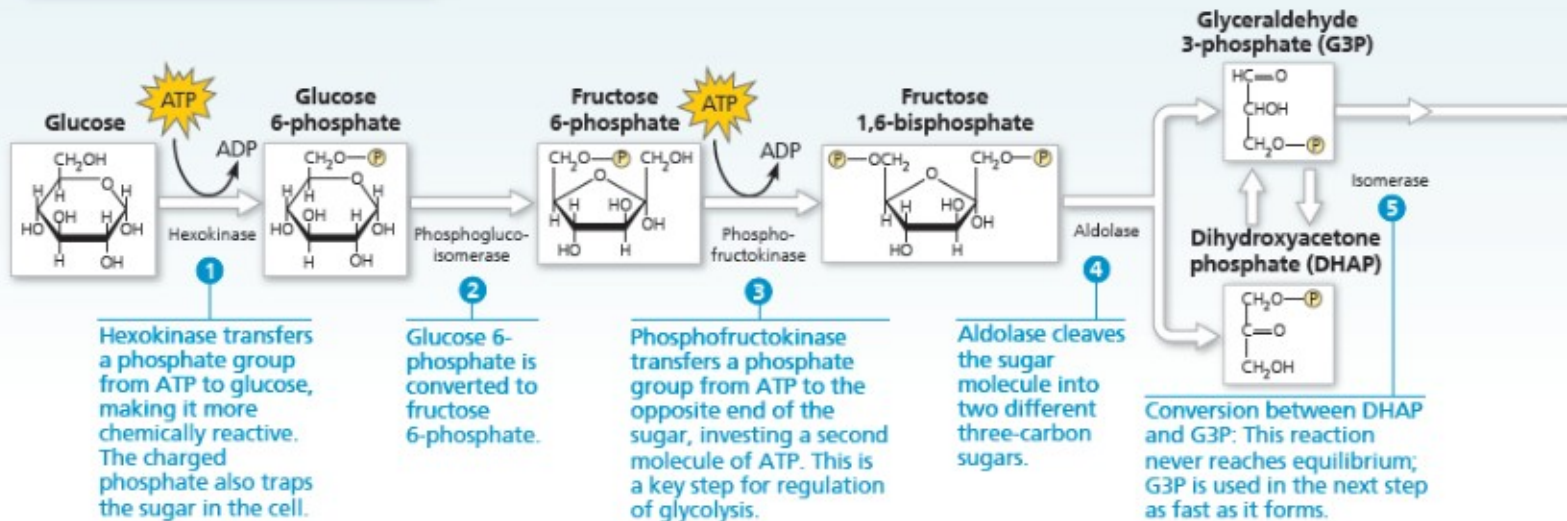
Glycolyse

Eerste stap bij aërobe dissimilatie van glucose:
Glycolyse

Bestaat uit 10 stappen - de eerste 5 stappen hebben 2ATP nodig



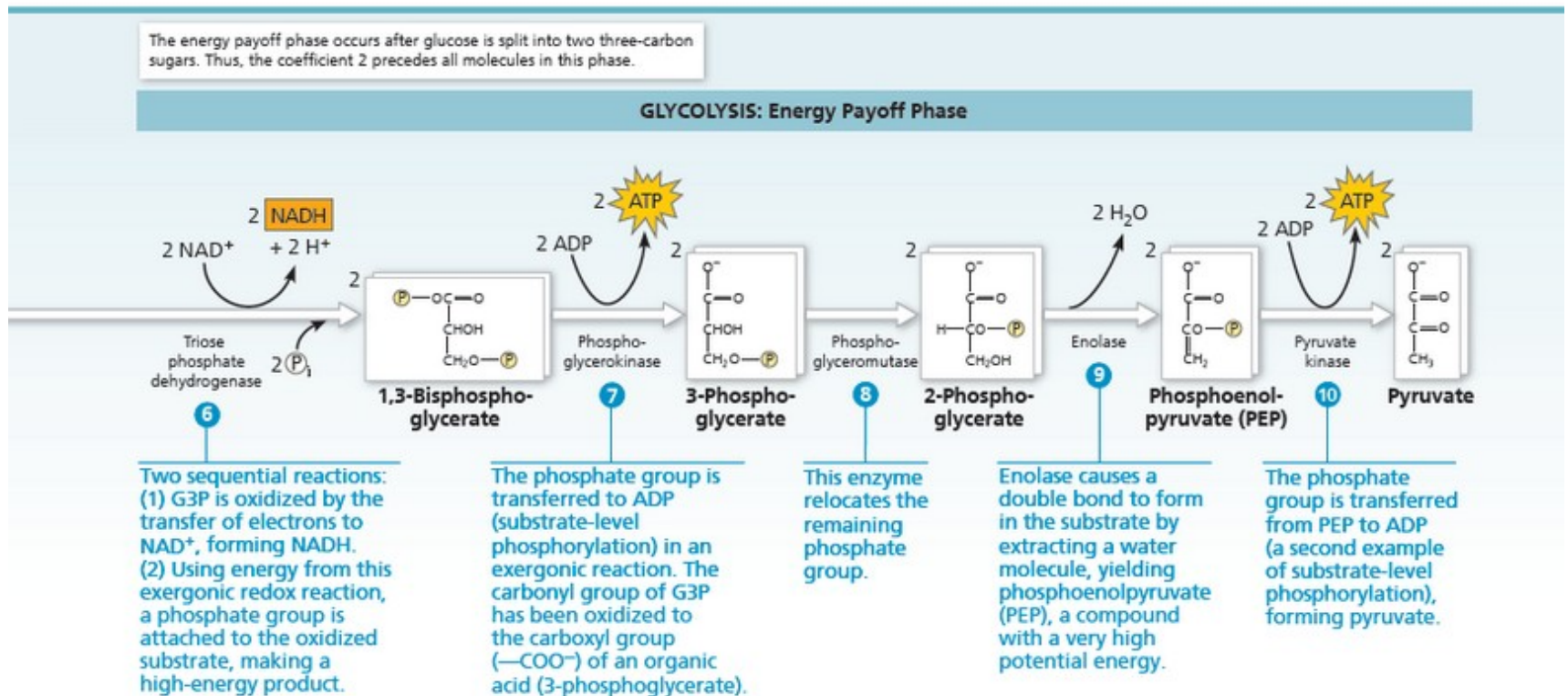
GLYCOLYSIS: Energy Investment Phase



Glycolyse

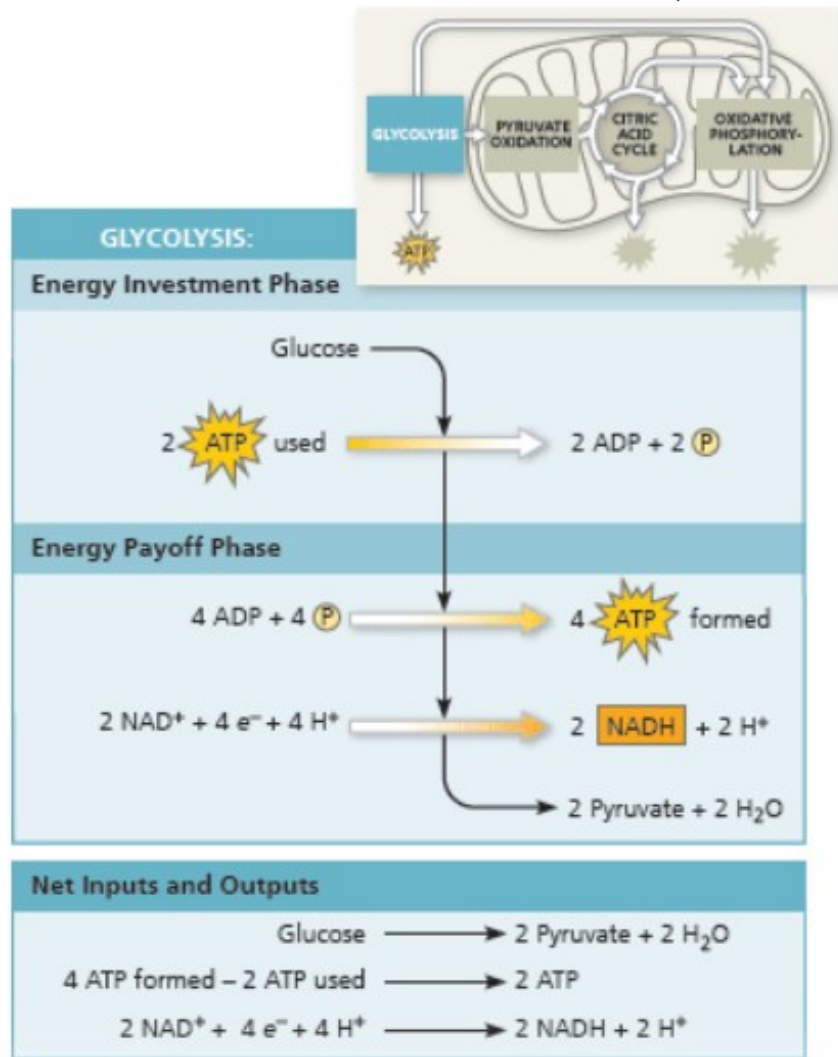
Eerste stap bij aërobe dissimilatie van glucose: Glycolyse

De laatste 5 stappen leveren 4 ATP op en 2 NADH + 2 H⁺



Glycolyse

Samengevat is glycolyse



De glycolyse vindt plaats in het cytoplasma van de cel

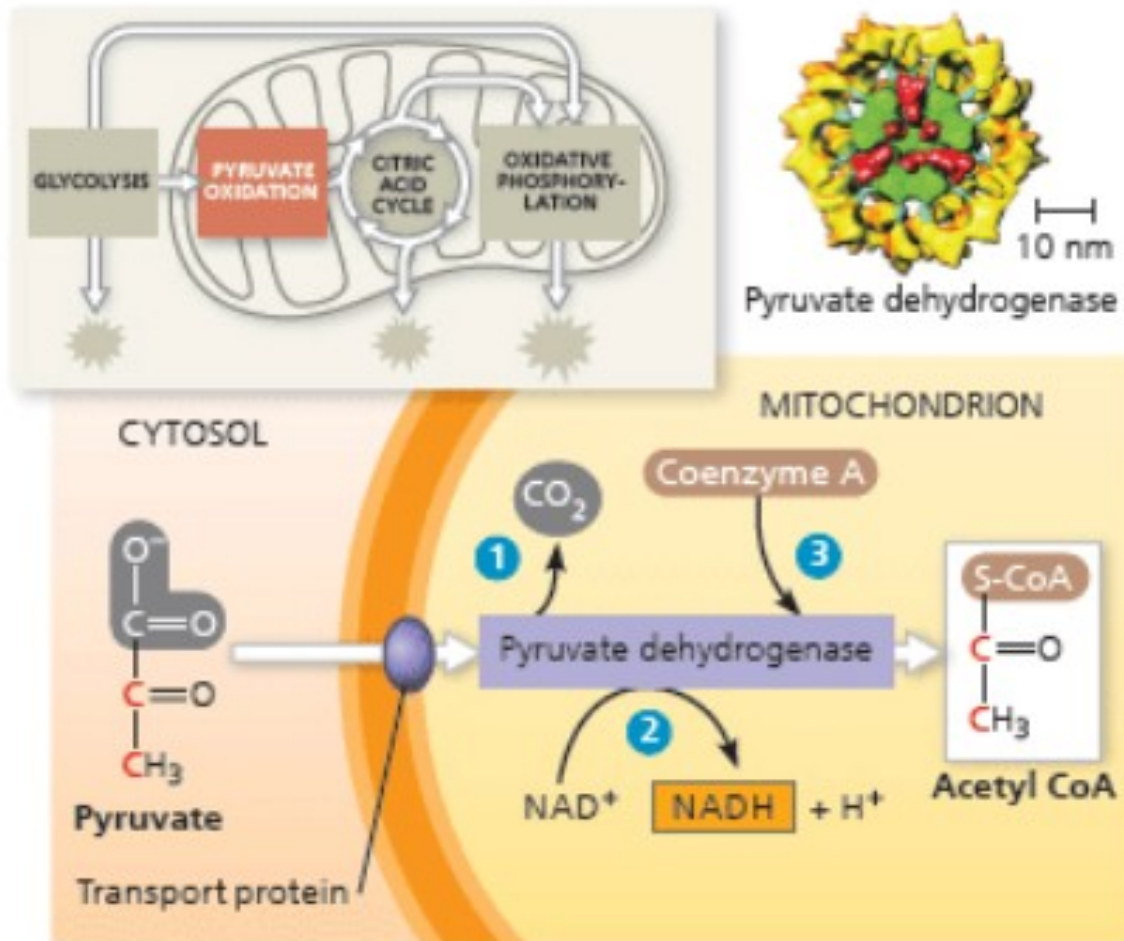
Glycolyse vindt plaats mét en zonder zuurstof

Wanneer er wél zuurstof is wordt pyrodruivenzuur het mitochondrium in getransporteerd voor verdere dissimilatie

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-glycolysis>

Decarboxylering

Mét zuurstof gaat pyrodruivenzuur een mitochondrium in voor stap 2 in aërobe dissimilatie: de decarboxylering



Decarboxylering

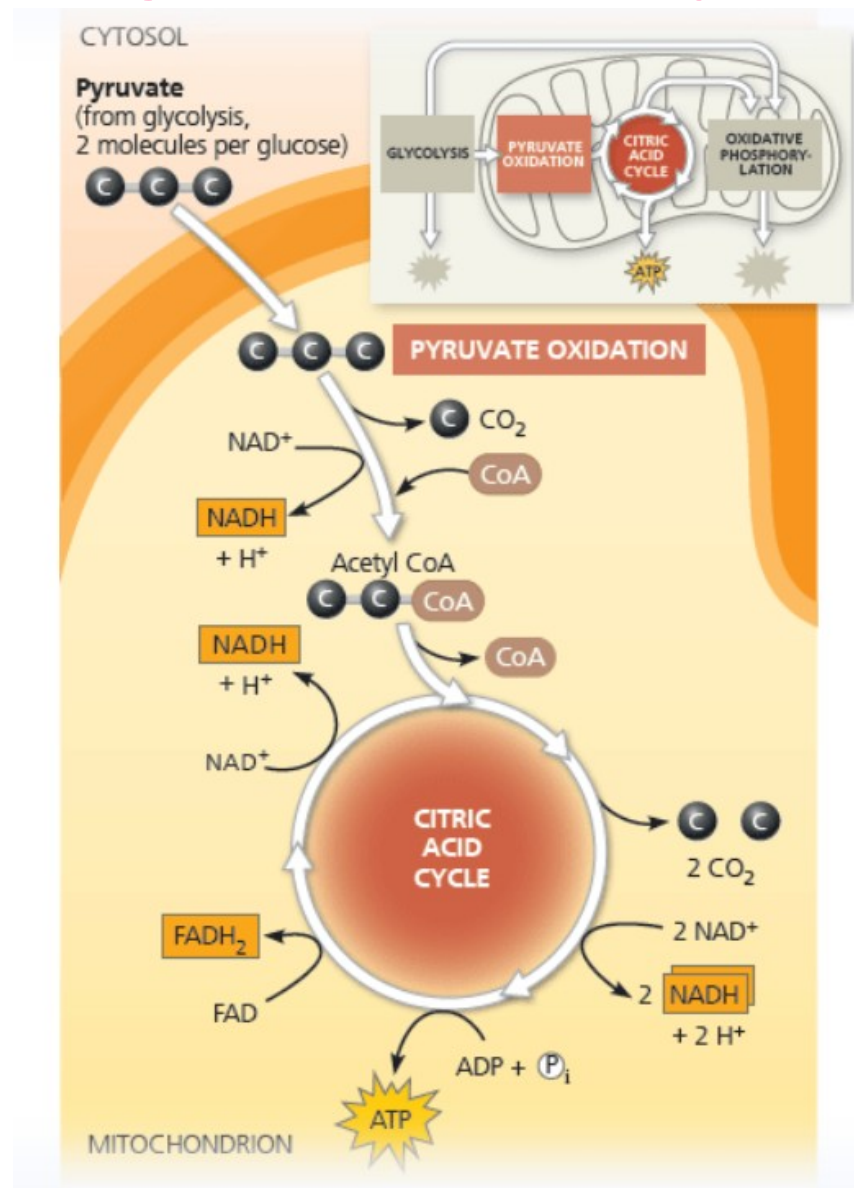
Een groot multi-enzymcomplex katalyseert de volgende drie stappen van decarboxylering:

1. De -COO^- groep van pyrodruivenzuur wordt volledig geoxideerd waarbij er CO_2 gevormd wordt
2. Het overgebleven 2C-molecuul wordt verder geoxideerd waarbij de vrije elektronen NAD^+ reduceren tot $\text{NADH} + \text{H}^+$
3. Het zwavelbevattende Coenzym A wordt aan het 2C-molecuul gekoppeld waardoor Acetyl-CoA gevormd wordt, dit molecuul heeft veel potentiële energie.

Acetyl-CoA gaat naar de volgende stap in aërobe dissimilatie

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-bioflix-cellular-respiration-acetyl-coa-formation>

Decarboxylering en citroenzuurcyclus



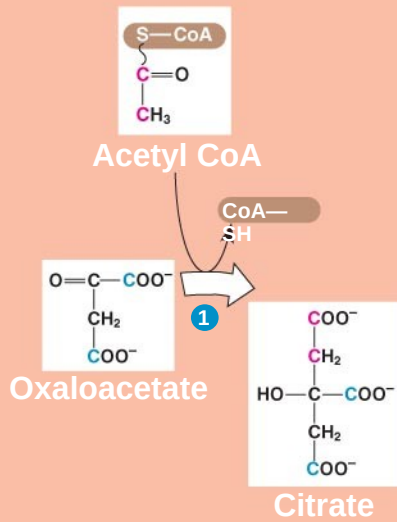
De
citroenzuurcyclus
wordt ook wel de
Krebs-cyclus
genoemd

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-citricacid-cycle>

Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

1. De Acetyl-groep van Acetyl-CoA wordt gekoppeld aan het *oxaalazijnzuur* uit de citroenzuurcyclus waardoor *citroenzuur* wordt gevormd (een exergone reactie)

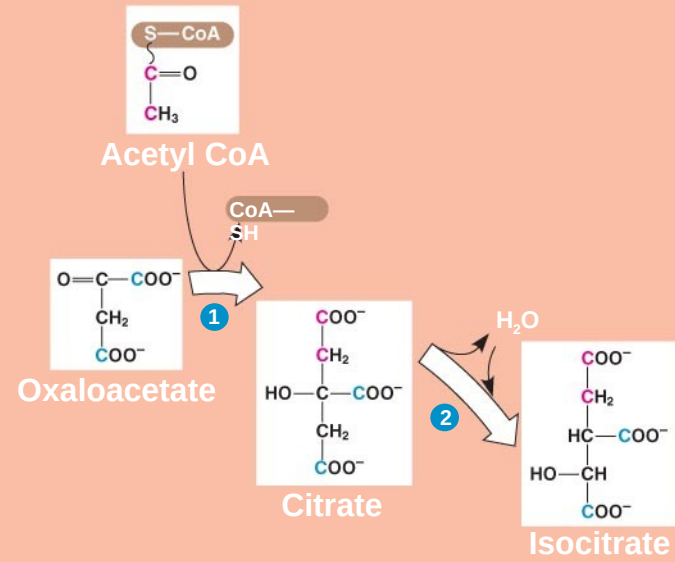


Citric
acid
cycle

Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

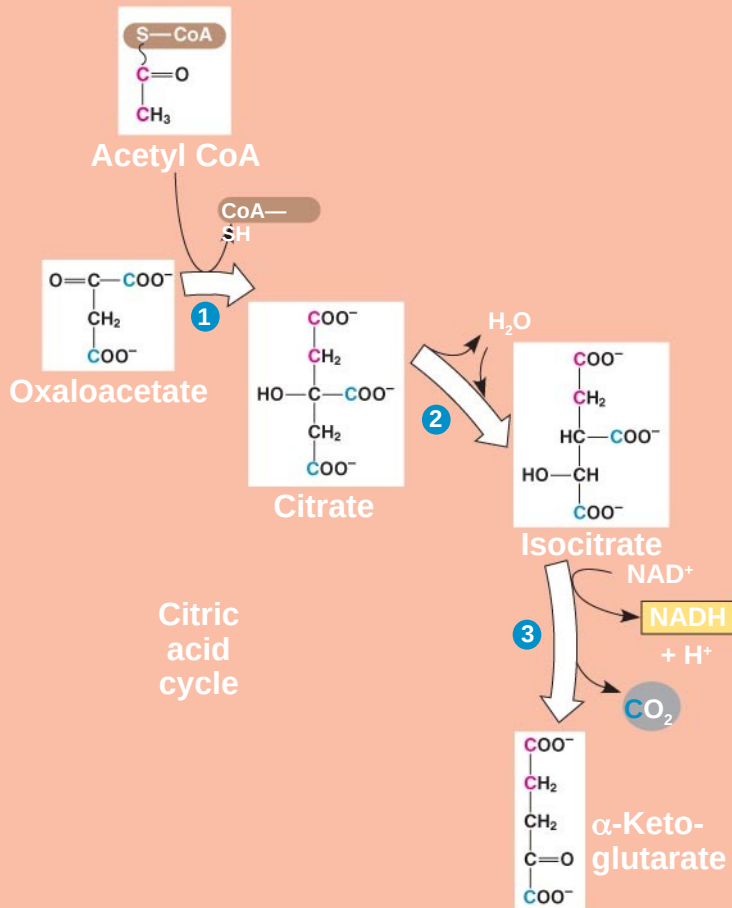
1. De *Acetyl*-groep van Acetyl-CoA wordt gekoppeld aan het *oxaalazijnzuur* uit de citroenzuurcyclus waardoor *citroenzuur* wordt gevormd (een exergone reactie)
2. Door water toe te voegen en weg te halen verandert citroenzuur in de isomeer (zelfde molecuulformule, andere structuurformule) *isocitroenzuur*



Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

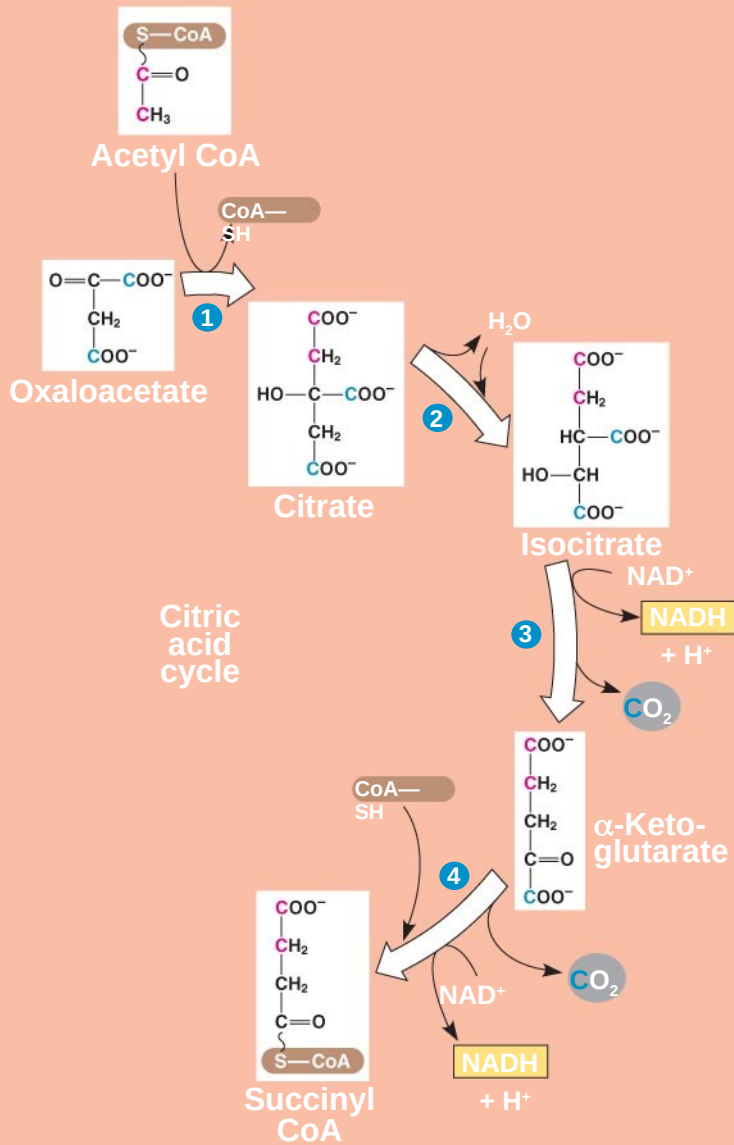
1. De Acetyl-groep van Acetyl-CoA wordt gekoppeld aan het *oxaalazijnzuur* uit de citroenzuurcyclus waardoor *citroenzuur* wordt gevormd (een exergone reactie)
2. Door water toe te voegen en weg te halen veranderd citroenzuur in de isomeer (zelfde molecuulformule, andere structuurformule) *isocitroenzuur*
3. Isocitroenzuur wordt geoxideerd tot 2-oxoglutaarzuur waarbij CO_2 vrijkomt; NAD^+ wordt gereduceerd tot $\text{NADH} + \text{H}^+$



Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

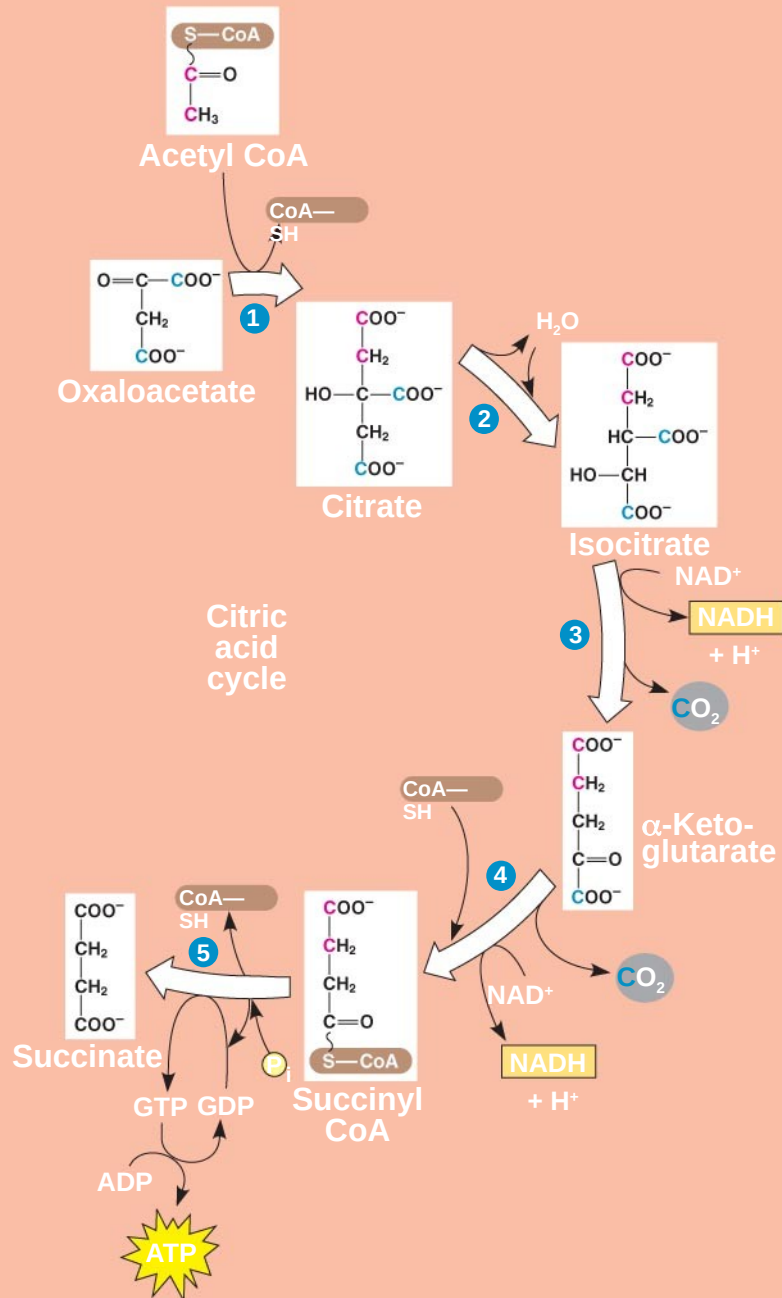
1. De *Acetyl*-groep van Acetyl-CoA wordt gekoppeld aan het *oxaalazijnzuur* uit de citroenzuurcyclus waardoor *citroenzuur* wordt gevormd (een exergone reactie)
2. Door water toe te voegen en weg te halen verandert citroenzuur in de isomeer (zelfde molecuulformule, andere structuurformule) *isocitroenzuur*
3. Isocitroenzuur wordt geoxideerd tot *2-oxoglutaarzuur* waarbij CO_2 vrijkomt; NAD^+ wordt gereduceerd tot $\text{NADH} + \text{H}^+$
4. *2-oxoglutaarzuur* wordt geoxideerd waarbij CO_2 vrijkomt, aan het overgebleven molecuul wordt CoA gekoppeld om zo *barnsteenzuur-CoA* te vormen; NAD^+ wordt gereduceerd tot $\text{NADH} + \text{H}^+$



Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

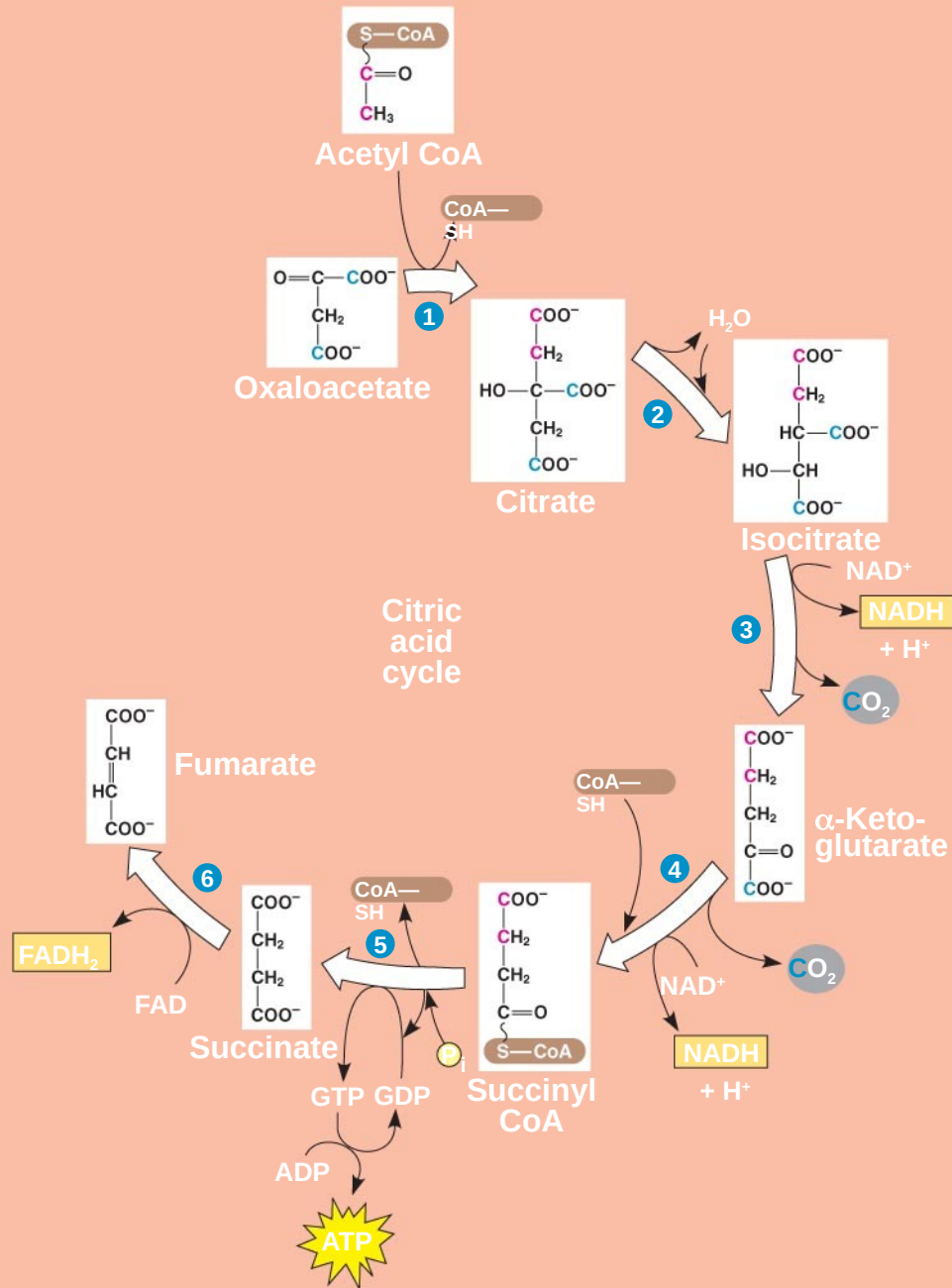
5. Door hydrolyse wordt de CoA vervangen door een fosfaatgroep en blijft er *barnsteen* over, deze fosfaatgroep wordt gebruikt om GDP om te zetten naar GTP (GTP kan ADP omzetten naar ATP of zelf direct ingezet worden voor arbeid)



Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

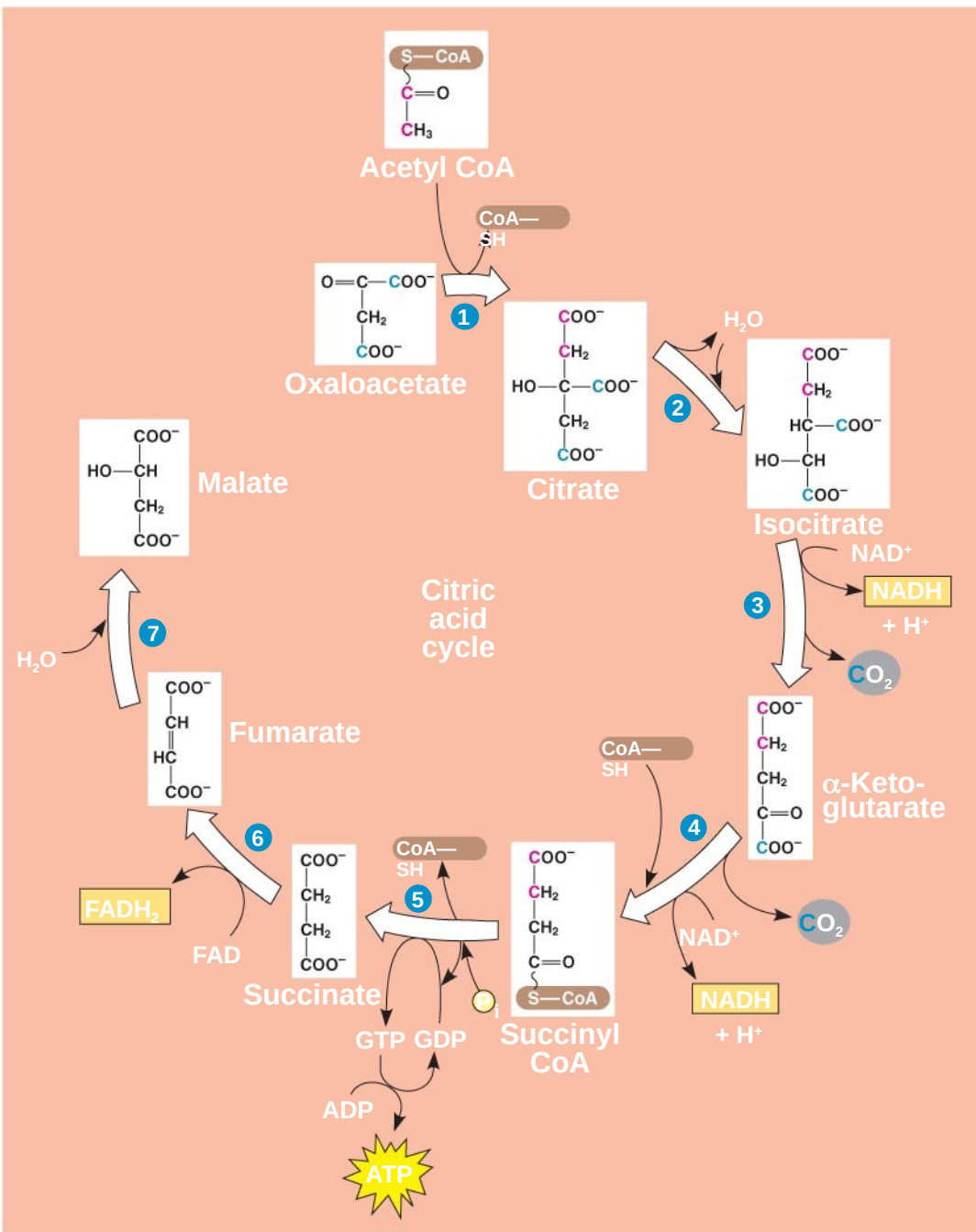
5. Door hydrolyse wordt de CoA vervangen door een fosfaatgroep en blijft er *barnsteenzuur* over, deze fosfaatgroep wordt gebruikt om GDP om te zetten naar GTP (GTP kan ADP omzetten naar ATP of zelf direct ingezet worden voor arbeid)
6. Barnsteenzuur wordt geoxideerd tot *fumaarzuur* en de vrije elektronen reduceren níet NAD^+ maar FAD tot FADH_2 (twee elektronen én twee protonen - H^+)



Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

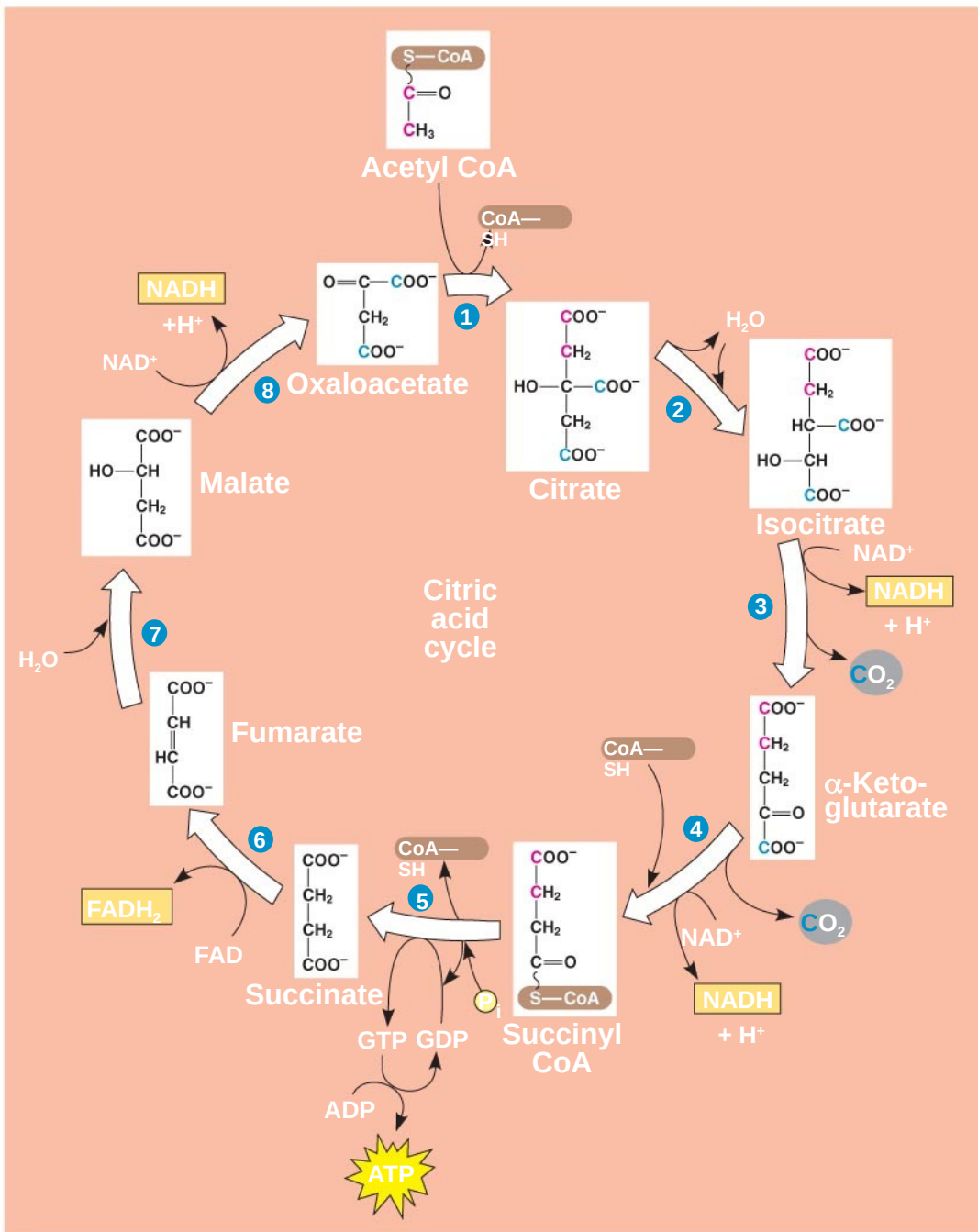
5. Door hydrolyse wordt de CoA vervangen door een fosfaatgroep en blijft er *barnsteen*zuur over, deze fosfaatgroep wordt gebruikt om GDP om te zetten naar GTP (GTP kan ADP omzetten naar ATP of zelf direct ingezet worden voor arbeid)
6. Barnsteenzuur wordt geoxideerd tot fumaarzuur en de vrije elektronen reduceren níet NAD^+ maar FAD tot FADH_2 (twee elektronen én twee protonen - H^+)
7. Door toevoeging van H_2O wordt fumaarzuur omgevormd tot *appel*zuur



Citroenzuurcyclus

De citroenzuurcyclus bestaat uit 8 stappen, elke stap wordt door een specifiek enzym gekatalyseerd:

5. Door hydrolyse wordt de CoA vervangen door een fosfaatgroep en blijft er *barnsteen*zuur over, deze fosfaatgroep wordt gebruikt om GDP om te zetten naar GTP (GTP kan ADP omzetten naar ATP of zelf direct ingezet worden voor arbeid)
6. Barnsteenzuur wordt geoxideerd tot fumaarzuur en de vrije elektronen reduceren níet NAD^+ maar FAD tot FADH_2 (twee elektronen én twee protonen - H^+)
7. Door toevoeging van H_2O wordt fumaarzuur omgevormd tot *appel*zuur
8. Appelzuur wordt geoxideerd tot (weer zoals in het begin) *oxaal*azijnzuur; NAD^+ wordt gereduceerd tot $\text{NADH} + \text{H}^+$



Citroenzuurcyclus

Uit glucose werden door de glycolyse en daarna de decarboxylering 2 moleculen Acetyl-CoA gevormd

Met de producten van één glucose molecuul wordt de citroenzuurcyclus dus twee keer doorlopen!

Totale opbrengst uit de citroenzuurcyclus:

4 CO₂

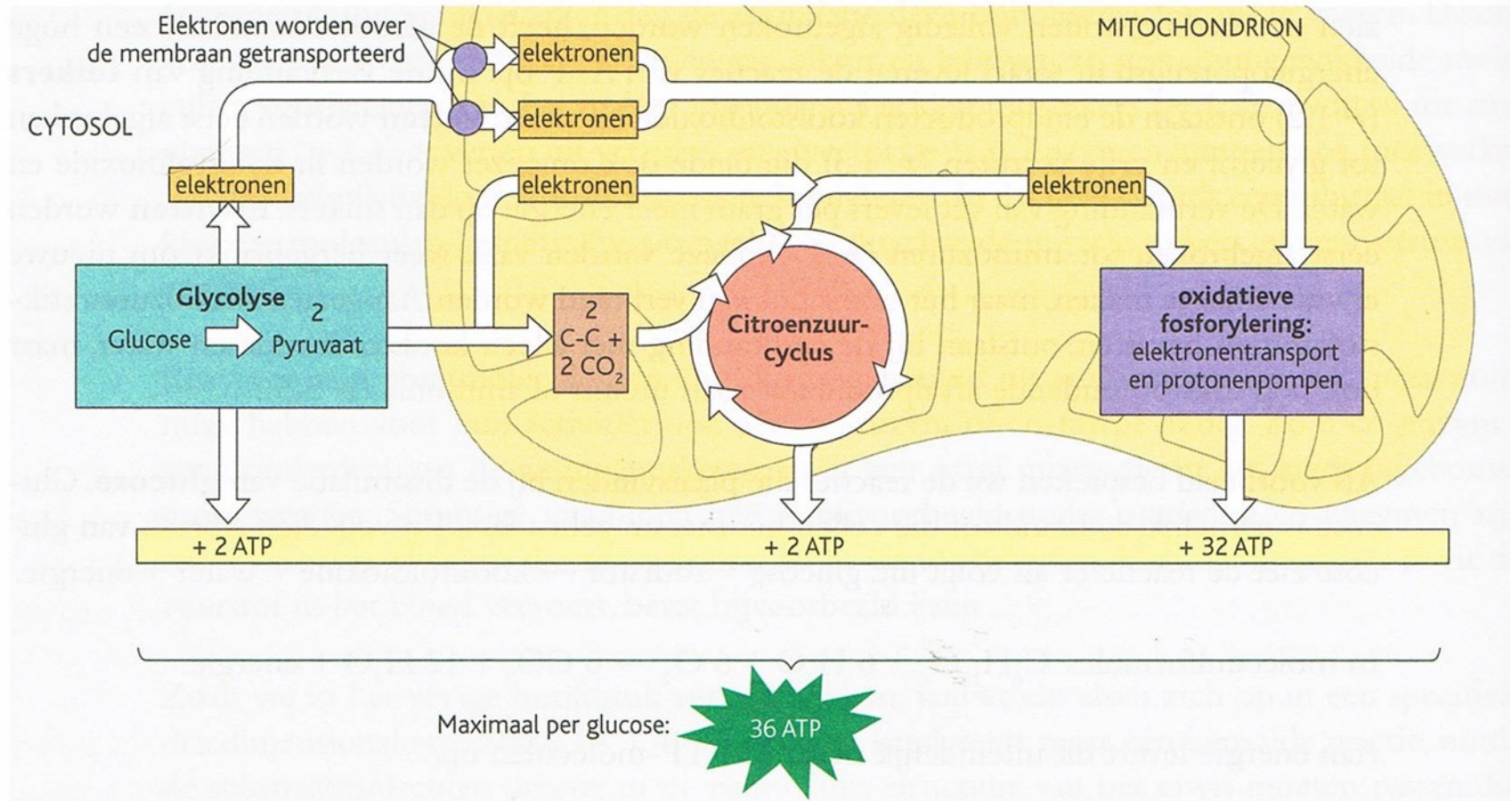
6 NADH + H⁺

2 FADH₂

2 ATP (gevormd door GTP)

Bekijk nu nog eens <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-citricacid-cycle>

De verschillende stappen in celmetabolisme



Basisboek Biologie, Anja Ridder & Karin van der Borgh; 2012 Pearson Benelux

1. Glycolyse 2. Decarboxylering 3. Citroenzuurcyclus 4. Oxidatieve fosforylering

Oxidatieve fosforylering

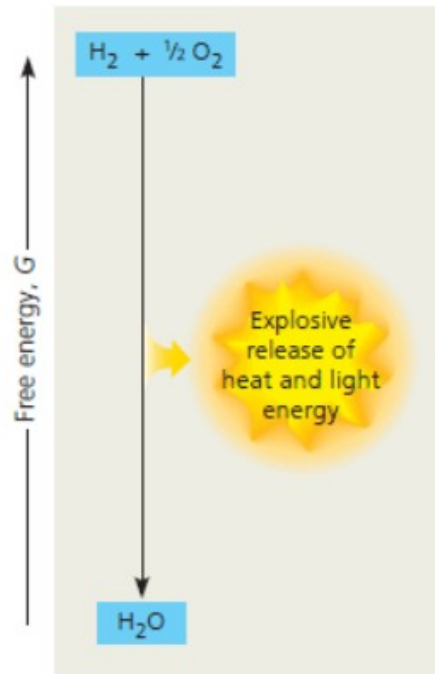
Uit glucose werd door de glycolyse, decarboxylering en citroenzuurcyclus veel energie in de vorm van elektronen overgedragen aan NADH en FADH₂

In de laatste stap van de dissimilatie komt deze energie, in stapjes, vrij bij het doorlopen van een elektronentransportketen die dan gebruikt wordt voor de vorming van ATP

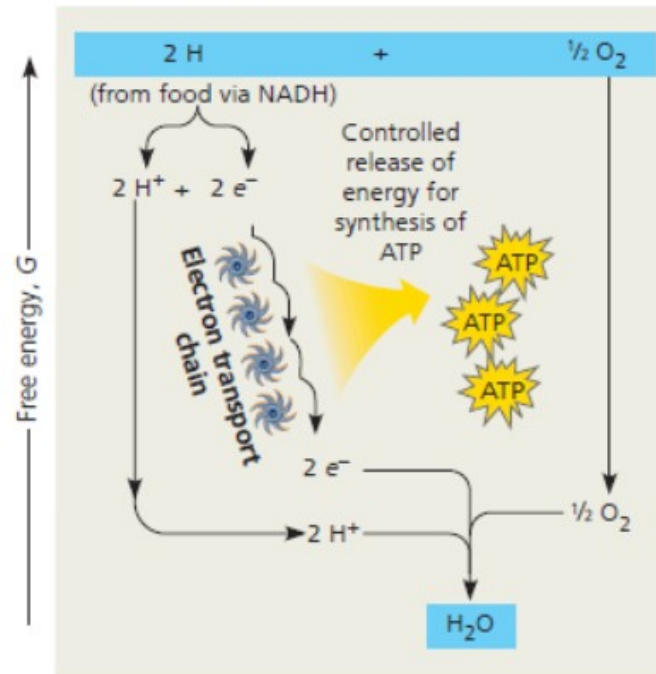
Redox reactions

Figure 10.4 An introduction to electron transport chains

(a) Uncontrolled reaction.
The one-step exergonic reaction of hydrogen with oxygen to form water releases a large amount of energy in the form of heat and light: an explosion.

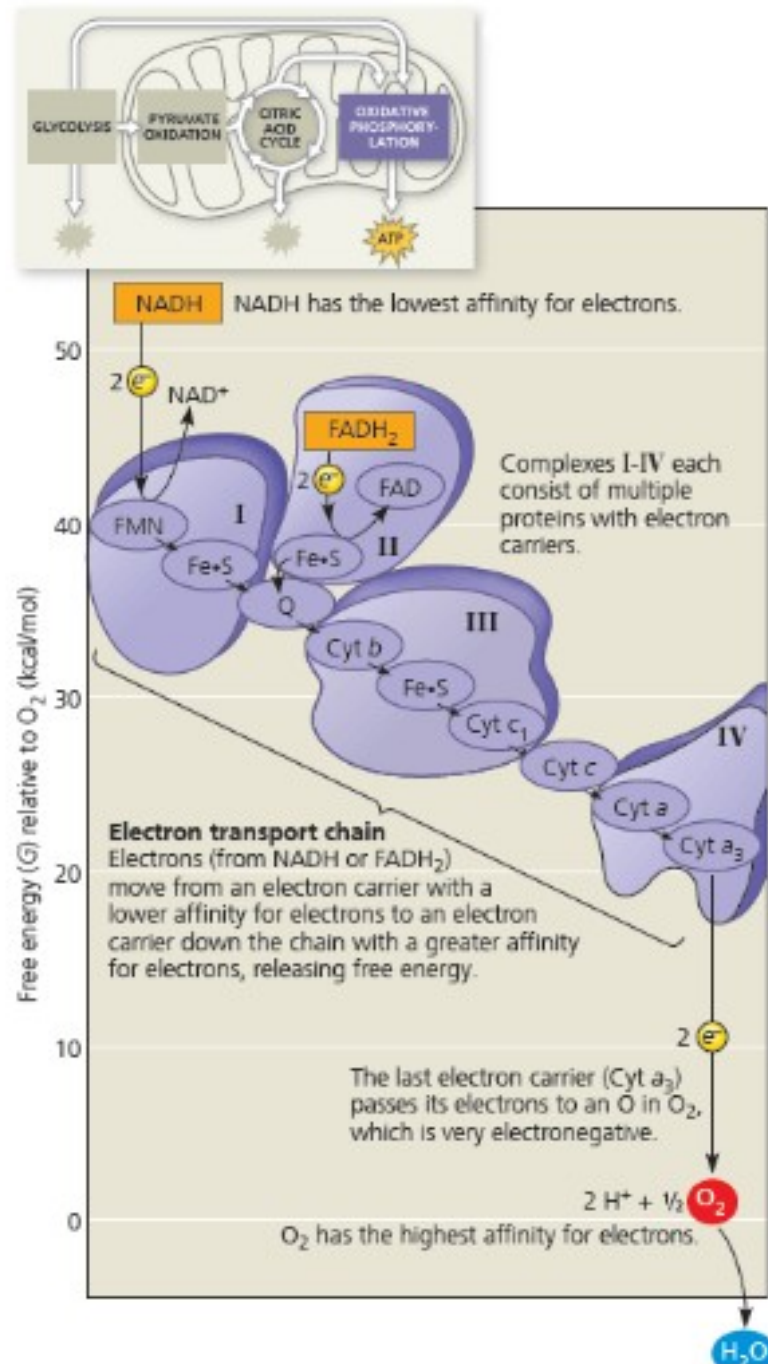


(b) Cellular respiration. In cellular respiration, the same reaction occurs in stages: An electron transport chain breaks the "fall" of electrons in this reaction into a series of smaller steps and stores some of the released energy in a form that can be used to make ATP. (The rest of the energy is released as heat.)



Oxidative phosphorylation

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/sec-bio-figure-walkthroughs-free-energy-change-during-electron-transport>



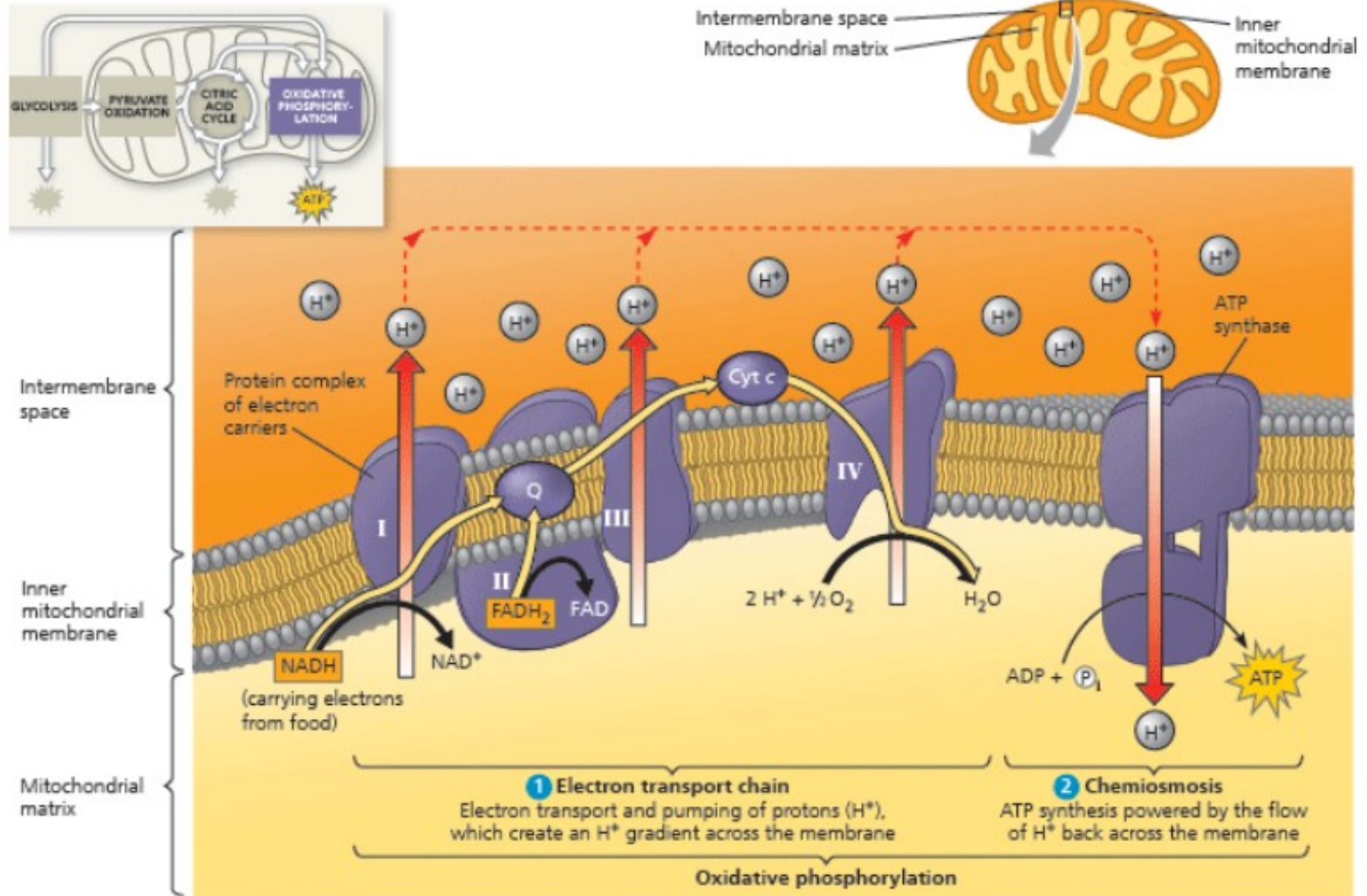
Elektronenpomp (chemiosmose)

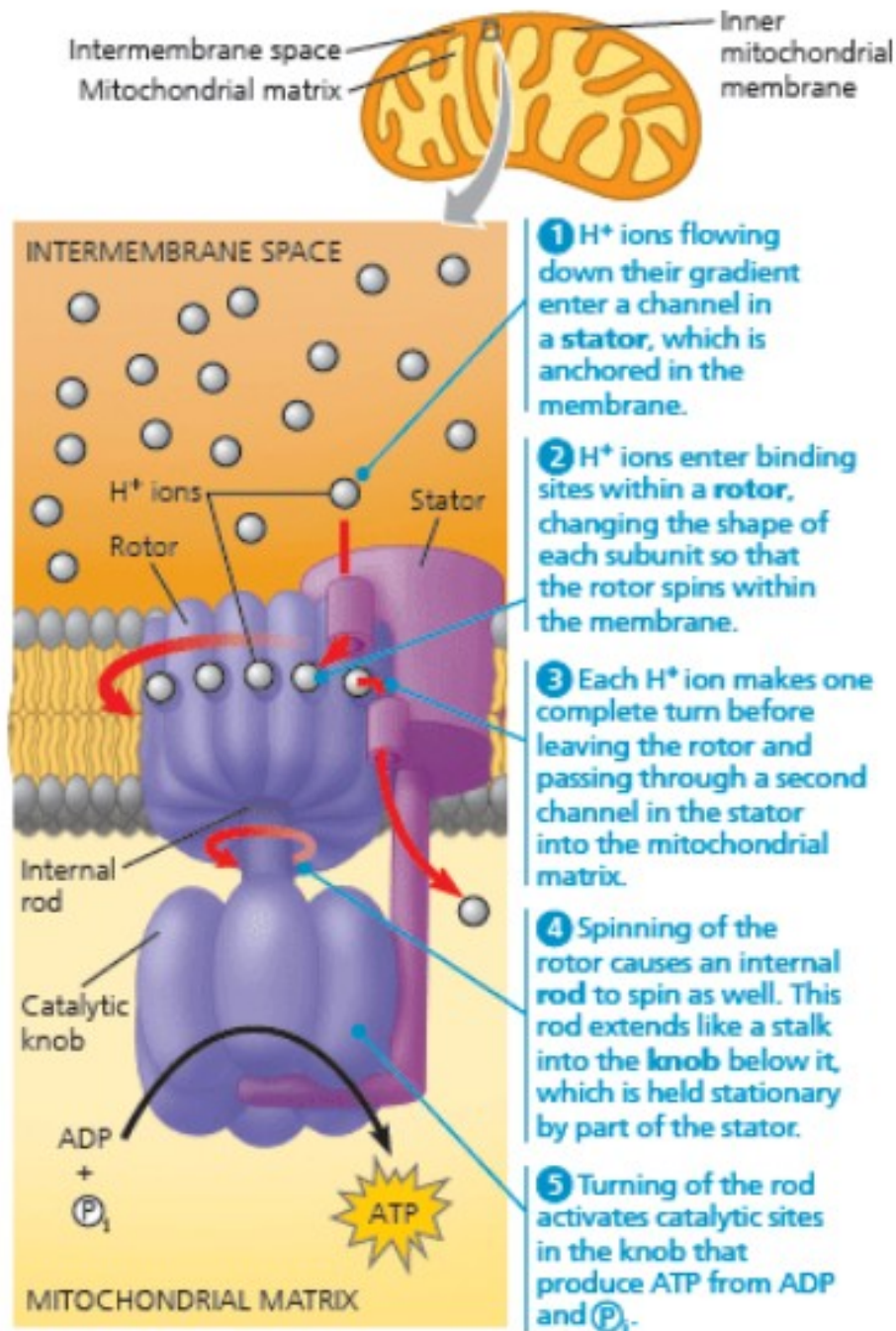
Uit glucose werd door de glycolyse, decarboxylering en citroenzuurcyclus veel energie in de vorm van elektronen overgedragen aan NADH en FADH₂

Bij het doorlopen van de elektronentransportketen komt deze energie, in stapjes, vrij en worden H⁺-ionen verplaatst – deze wordt bij een laatste stap gebruikt voor de vorming van ATP:

De protonenpomp (chemiosmose)

Elektronenpomp (chemiosmose)



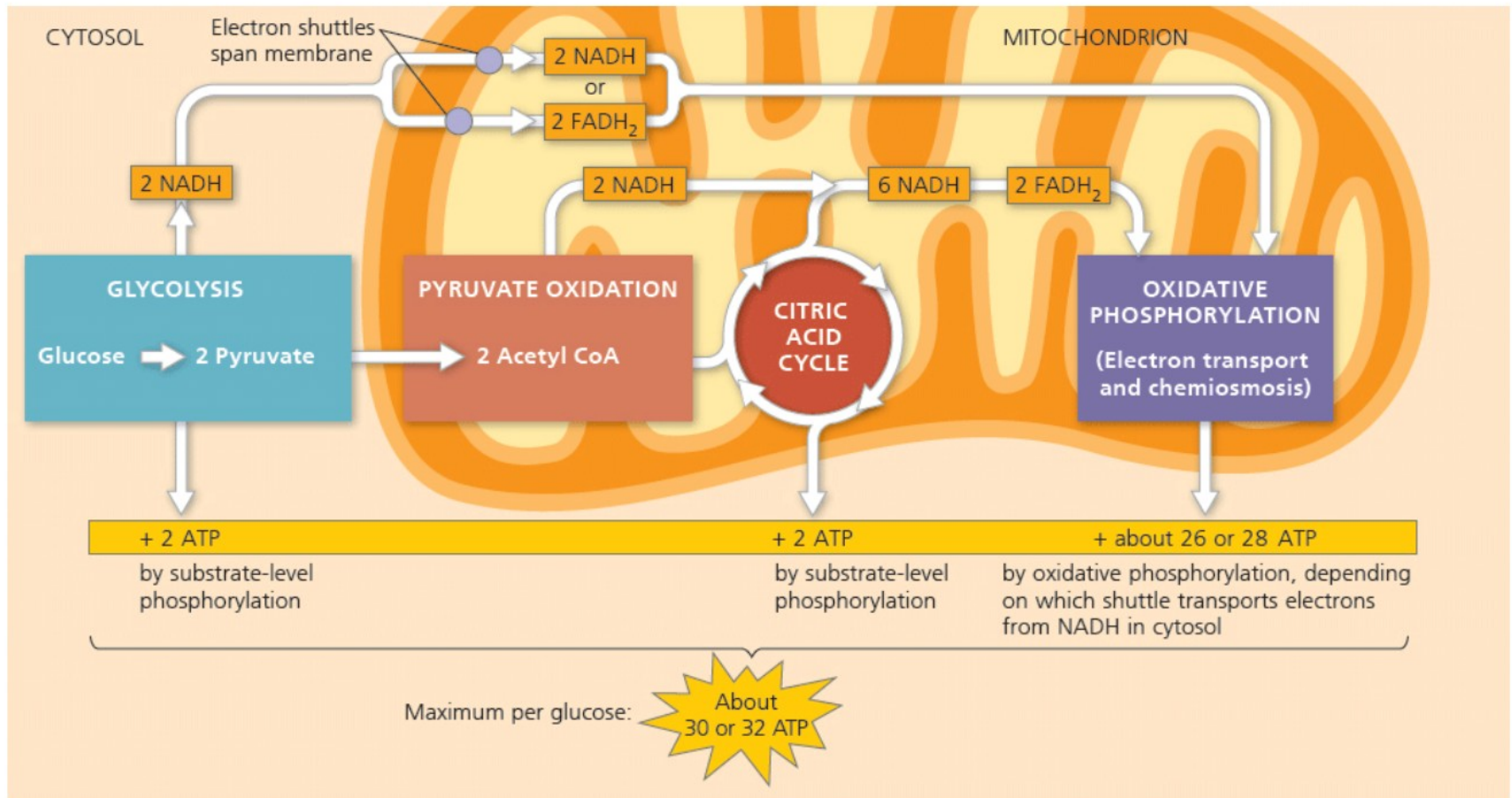


Zie eerst

<https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-electron-transport-v2>

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-bioflix-atp-synthase>

Celrespiratie



Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-atp-yield-from-cellular-respiration>

Celrespiratie

Bij complete oxidatie van glucose $\Delta G = -686 \text{ kcal/mol}$

$\text{ADP} + \text{P} \rightarrow \text{ATP} \quad \Delta G = -7.3 \text{ kcal/mol}$

Bij celrespiratie worden 32 ATP gevormd

$32 \times -7.3 = -233.6 \text{ kcal/mol}$

De efficiëntie van celrespiratie

$-233.6 / -686 = 0.34$

34% van de energie van glucose wordt vastgelegd in ATP

Rest?

Warmte

Anaërobe dissimilatie

Bij dissimilatie van glucose mét zuurstof kan veel ATP gevormd worden doordat zuurstof bij de elektronentransportketen de elektronen 'trekt'

Toch kan dissimilatie van glucose ook zónder zuurstof plaatsvinden:

1. Anaërobe dissimilatie

wel een elektronentransportketen maar met bijvoorbeeld een zwavel-ion als elektronenacceptor waarbij waterstofsulfide in plaats van water wordt gevormd

2. Fermentatie (gisting)

zonder celrespiratie (decarboxylering, citroenzuurcyclus en oxidatieve fosforylering)

Fermentatie

Bij fermentatie vindt de glycolyse plaats mét reacties die NAD^+ vormen door elektronen van NADH naar pyruvaat of afgeleiden van pyruvaat over te dragen

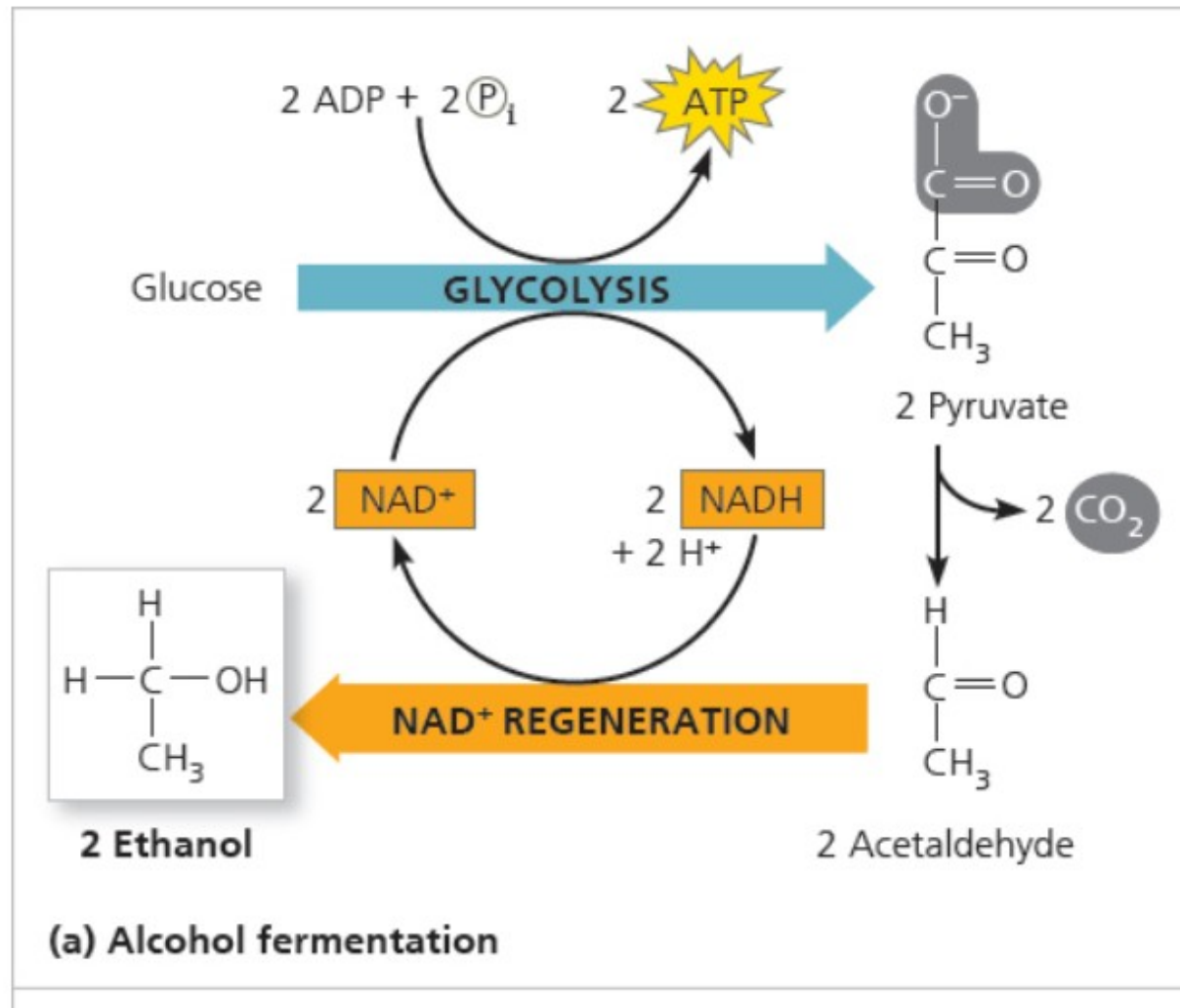


Alcoholische gisting



Melkzuurgisting

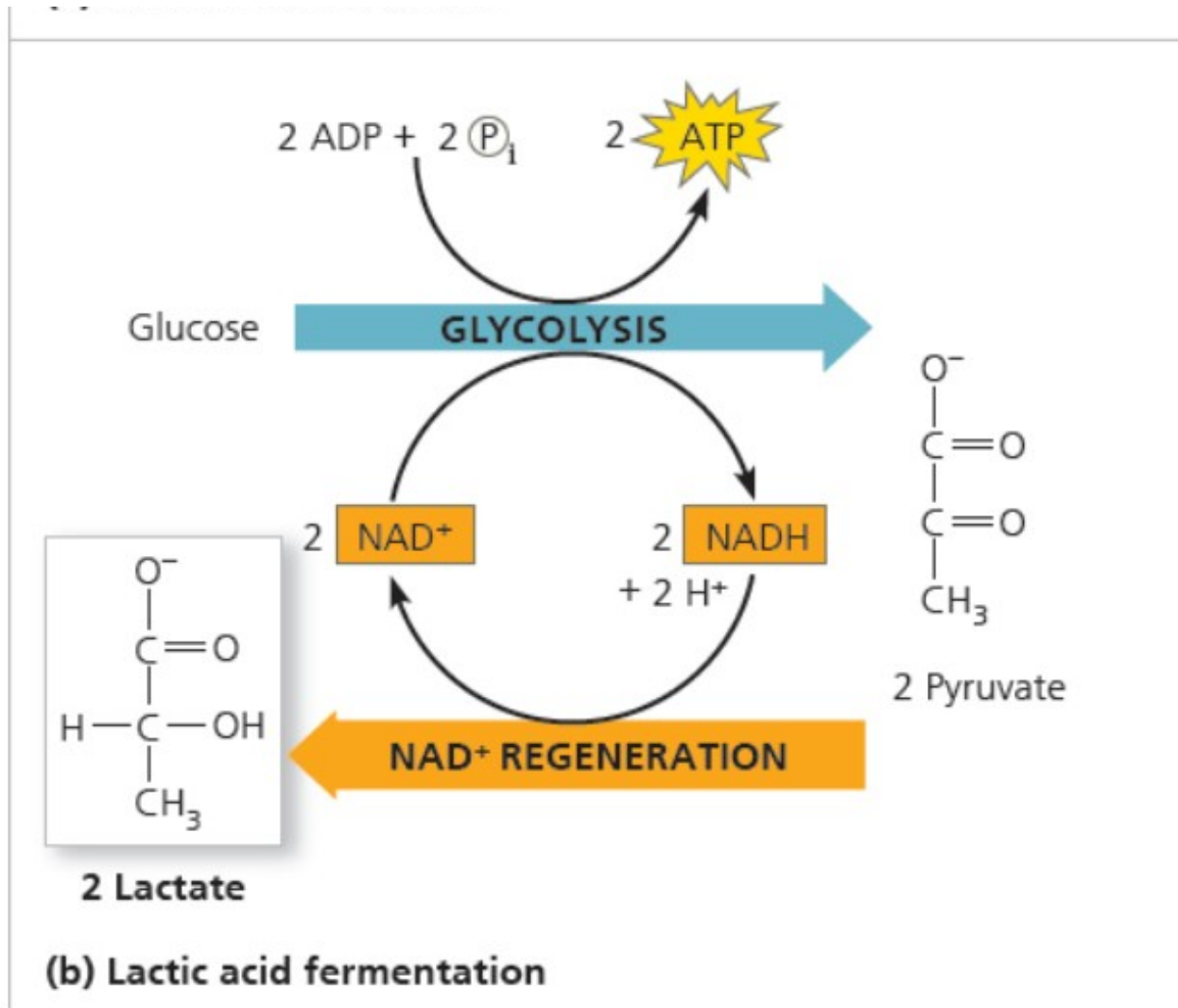
Alcoholische gisting





https://nl.freepik.com/vrije-photo/glas-bier_1075627.htm

Melkzuurgisting





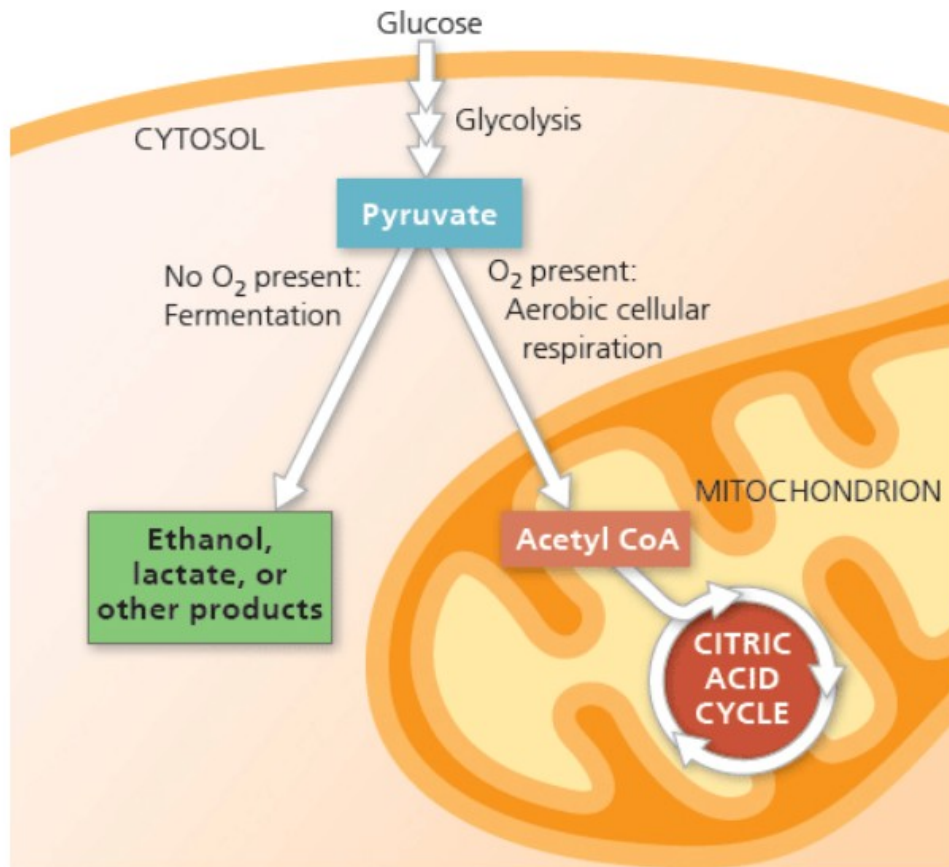
<https://afgezienvan.files.wordpress.com/2015/04/kaas.jpg>

Fermentatie

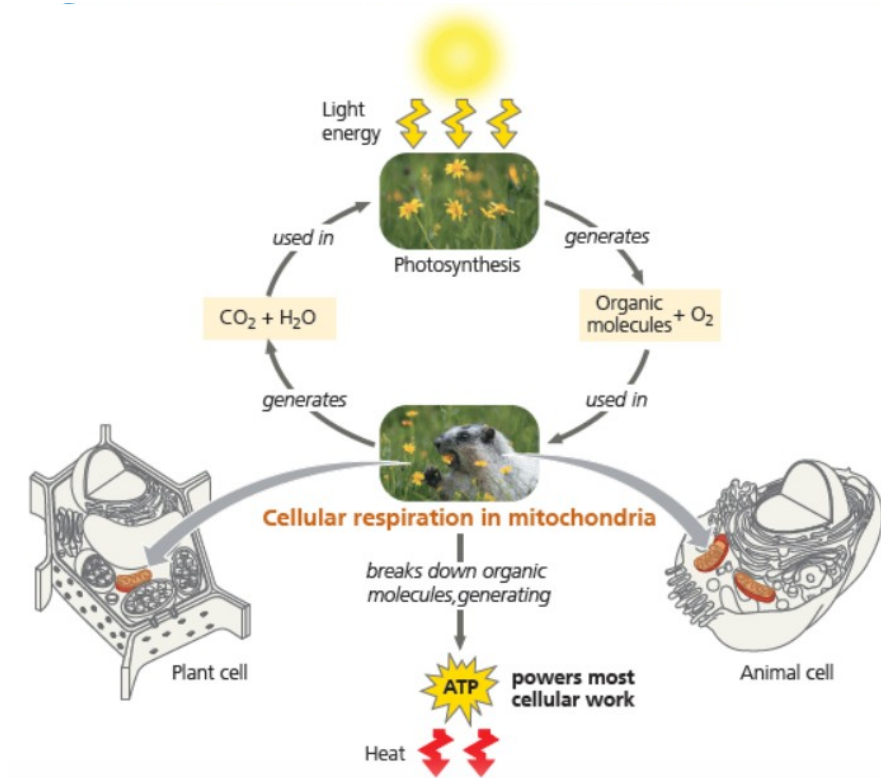
De twee vormen van fermentatie zijn uitgelegd in <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-fermentation>

Fermentatie

In alle vormen van dissimilatie van glucose vindt glycolyse plaats, na de vorming van 2 pyruvaat moleculen kan of mét of zonder zuurstof verder worden gegaan



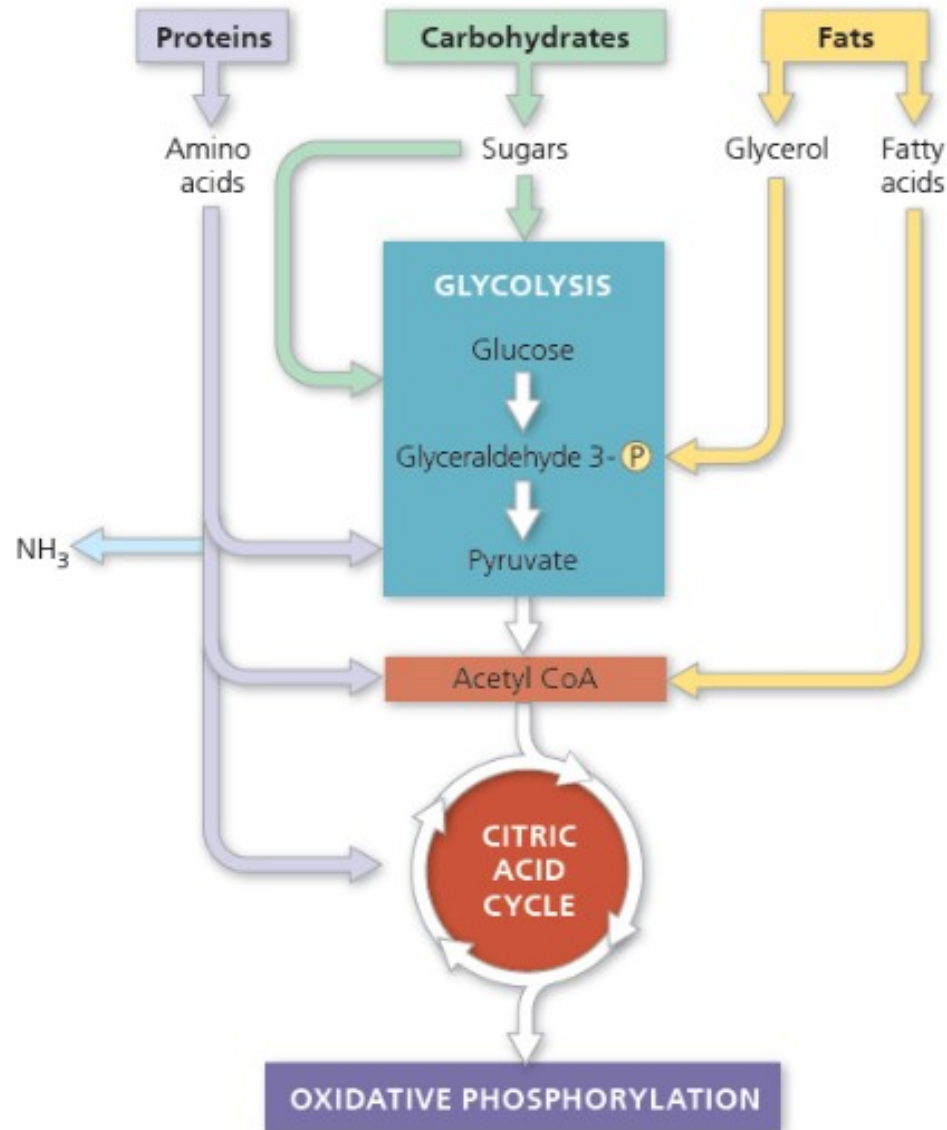
Katabole routes



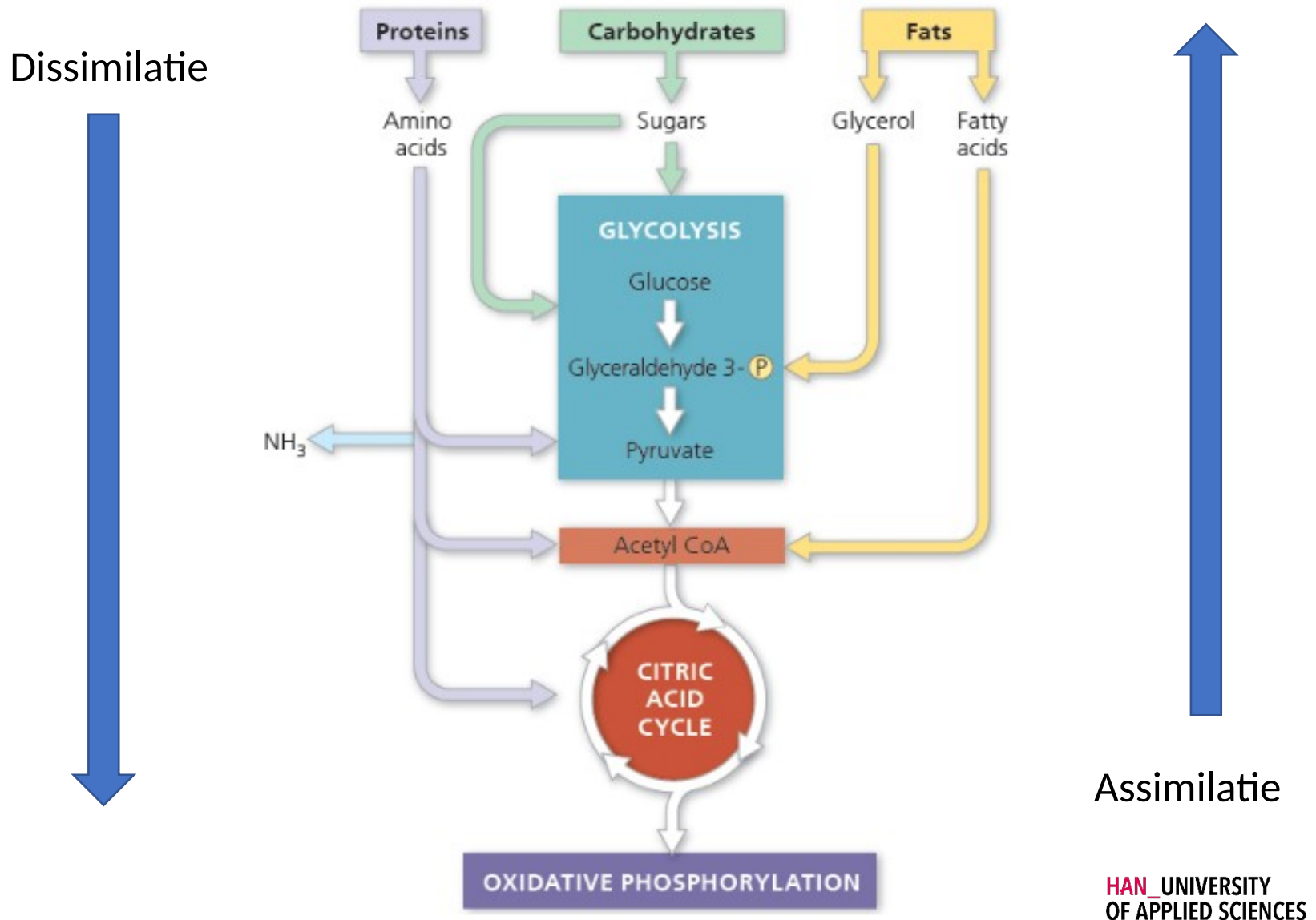
Bij dissimilatie kunnen verschillende organische stoffen als brandstof dienen:

Suikers	→	koolstofdioxide + water
Vetten	→ glycerol →	koolstofdioxide + water
Eiwitten	→ aminozuren →	koolstofdioxide + water + ureum of ammonia

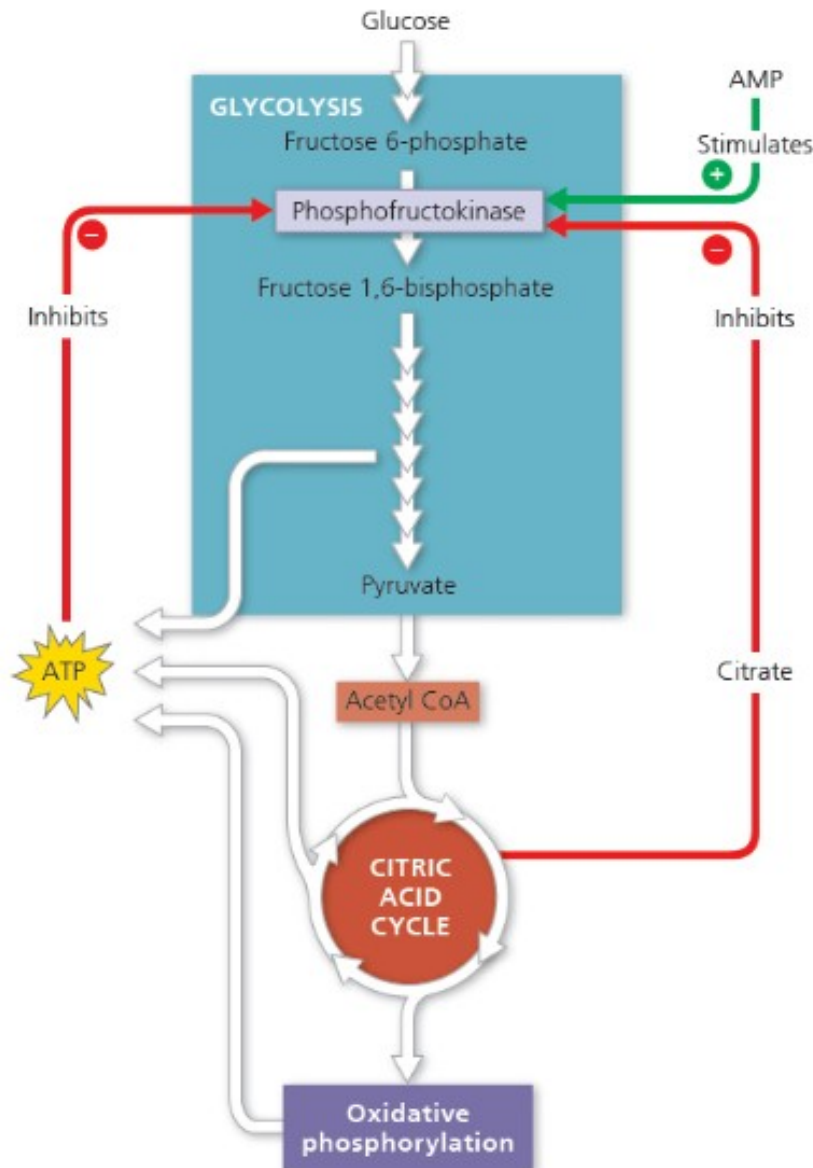
Verbindingen tussen metabole routes



Verbindingen tussen metabole routes



Verbindingen tussen metabole routes



Bij meer ATP productie dan gebruikt wordt, remt ATP de werking van het enzym fosfofructokinase

Wanneer meer ATP gebruikt wordt dan geproduceerd, stimuleert AMP (afgeleide van ADP) de werking van het enzym fosfofructokinase

Andere manier: glycolyse en citroenzuurcyclus

Glycolyse rap

[Glycolysis! \(Mr. W's Music Video\) - YouTube](#)

Citroenzuurcyclus lied

<https://www.youtube.com/watch?v=JPCs5pn7UNI>

Oefenopgaven

Ga naar

<https://www.pearsonmylabandmastering.com/>

Gebruik courseID: **grotenbreg51988**

Gebruik eigen studentnummer

Maak de opdrachten van

- Opdrachten Hoofdstuk 10 deel 1 (15 vragen)
- Opdrachten Hoofdstuk 10 deel 2 (12 vragen)

Referenties:

Biology – *A Global Approach*

12th edition

Campbell – Urry – Cain –

Wasserman – Minorsky – Orr

En de digitale leeromgeving
van Pearson

Andere bronnen zijn direct onder
de afbeeldingen weergegeven

