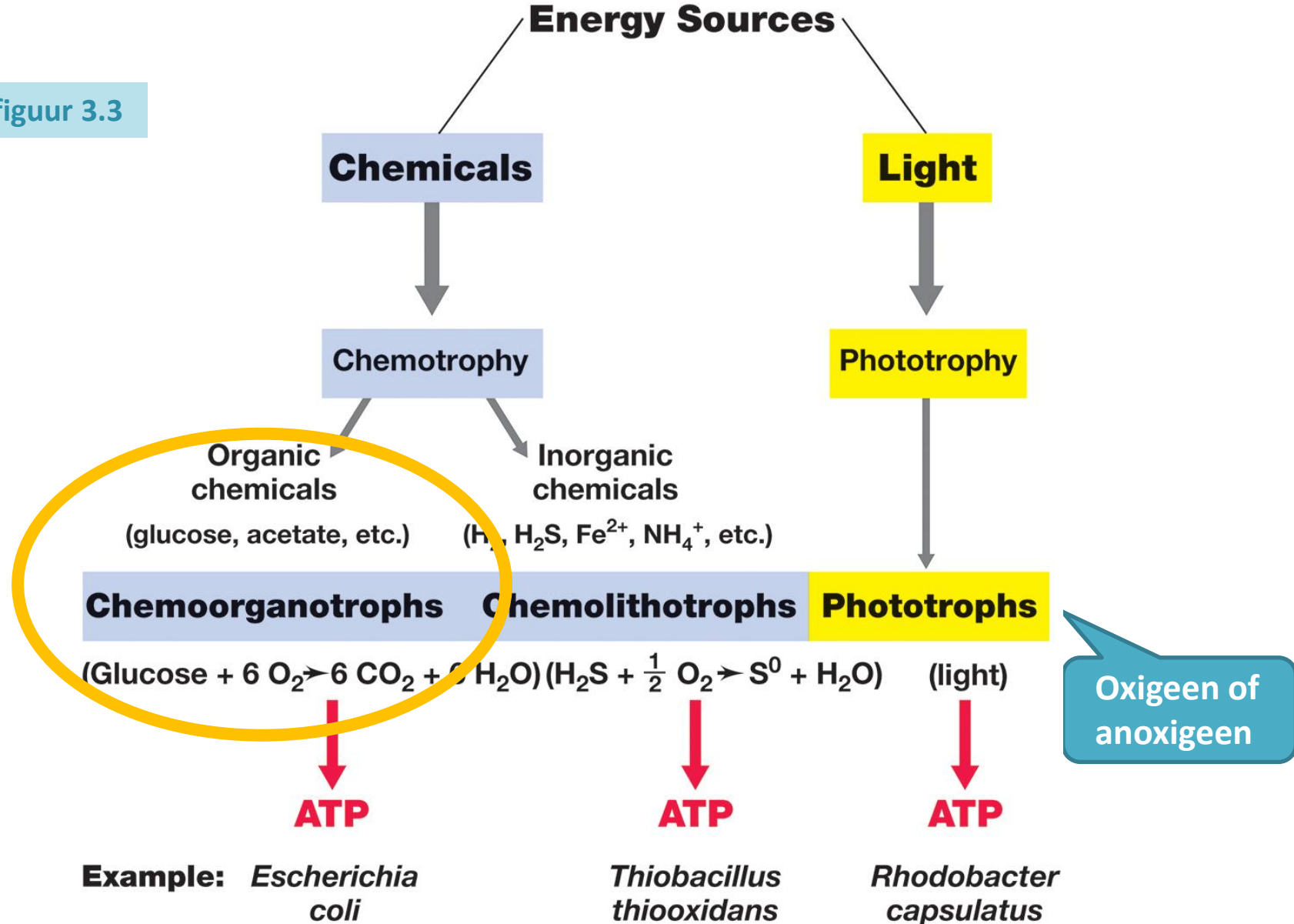
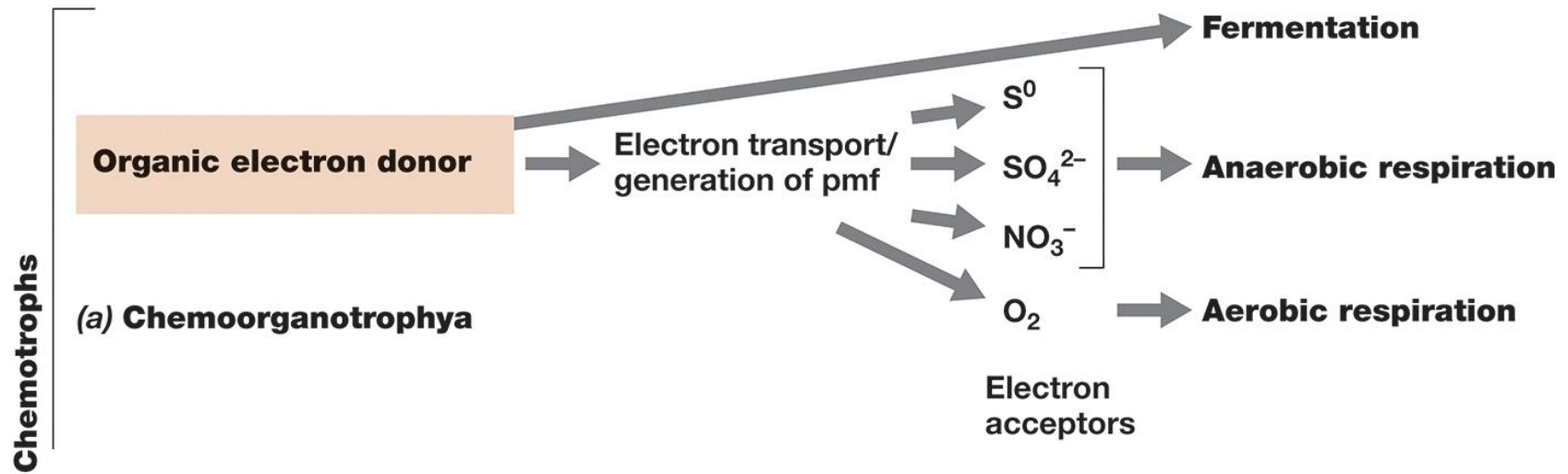


# Vorige lessen: chemoorganotrofen

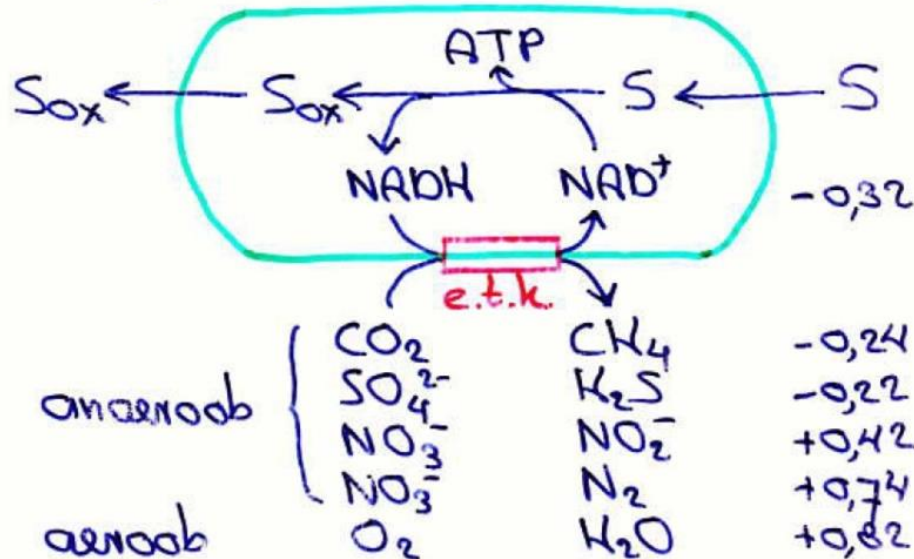
16e: figuur 3.3



# Vorige lessen: chemoorganotrofen

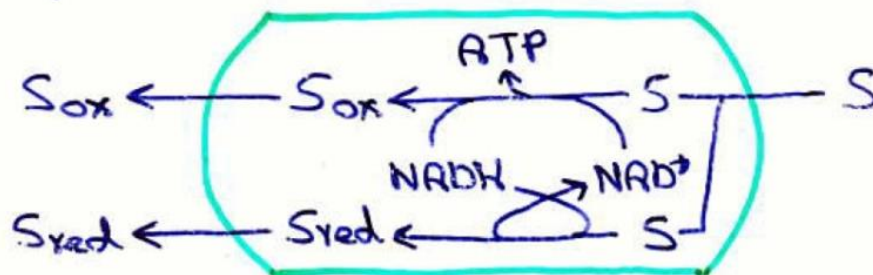


ademhaling:



Exogene elektronen acceptor (zuurstof of een ander molecuul)

gisting:



Endogene elektronen acceptor (meestal een organisch molecuul)  
geen ETK

Netto geen oxidatie of reductie van substraat  
⇒ gistingbalans

Hoeveel ATP wordt er (netto) gevormd tijdens de fermentatie van glucose naar lactaat of ethanol?

**=> 2 ATP**

# Fermentatie

Micro-organismen die fermenteren hebben wel een ATPase/ATP-synthase complex.

Waarom?

Ze hebben geen terminale elektronenacceptor voor ademhaling.

Dan is dat toch zinloos?

# ATP synthase

Kan ook omgekeerd:

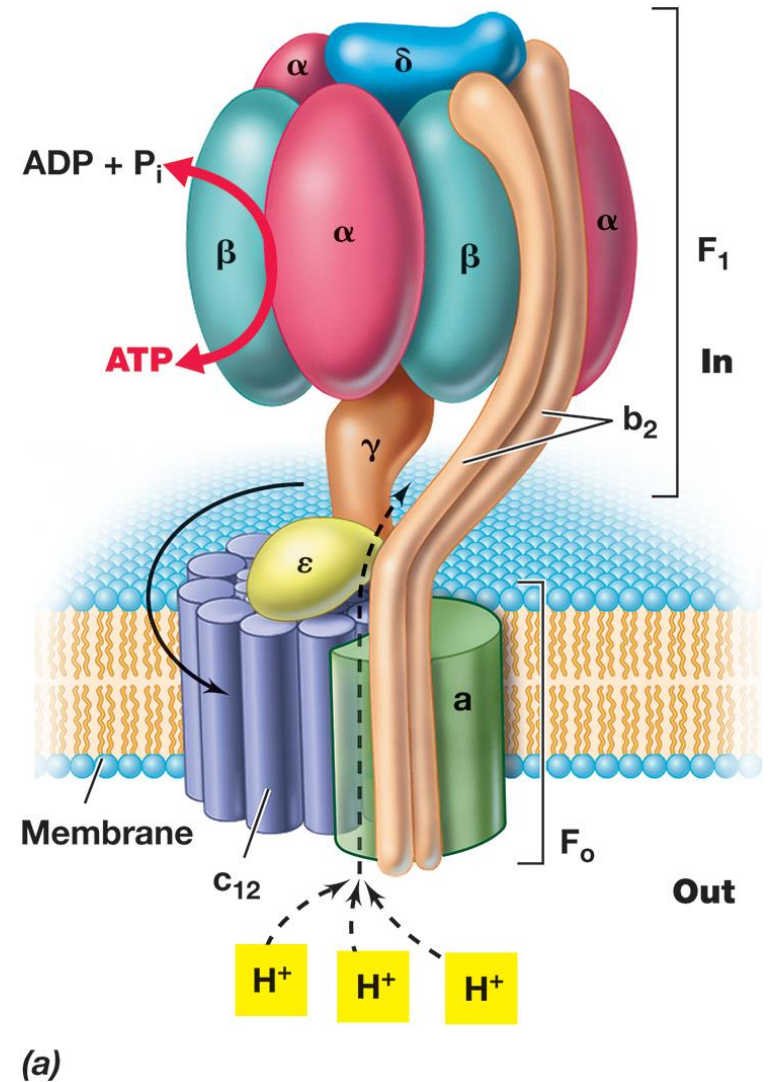
$H^+$  naar buiten (hydrolyse van ATP naar ADP)



Opbouw pmf



Kan gebruikt worden voor andere processen



Dus...

fermentatie

kan dienen als  $e^-$   
acceptor

moet weer geoxideerd  
worden tot  $\text{NAD}^+$



citroenzuurcyclus  
(verdere oxidatie)

moet weer geoxideerd  
worden tot  $\text{NAD}^+$

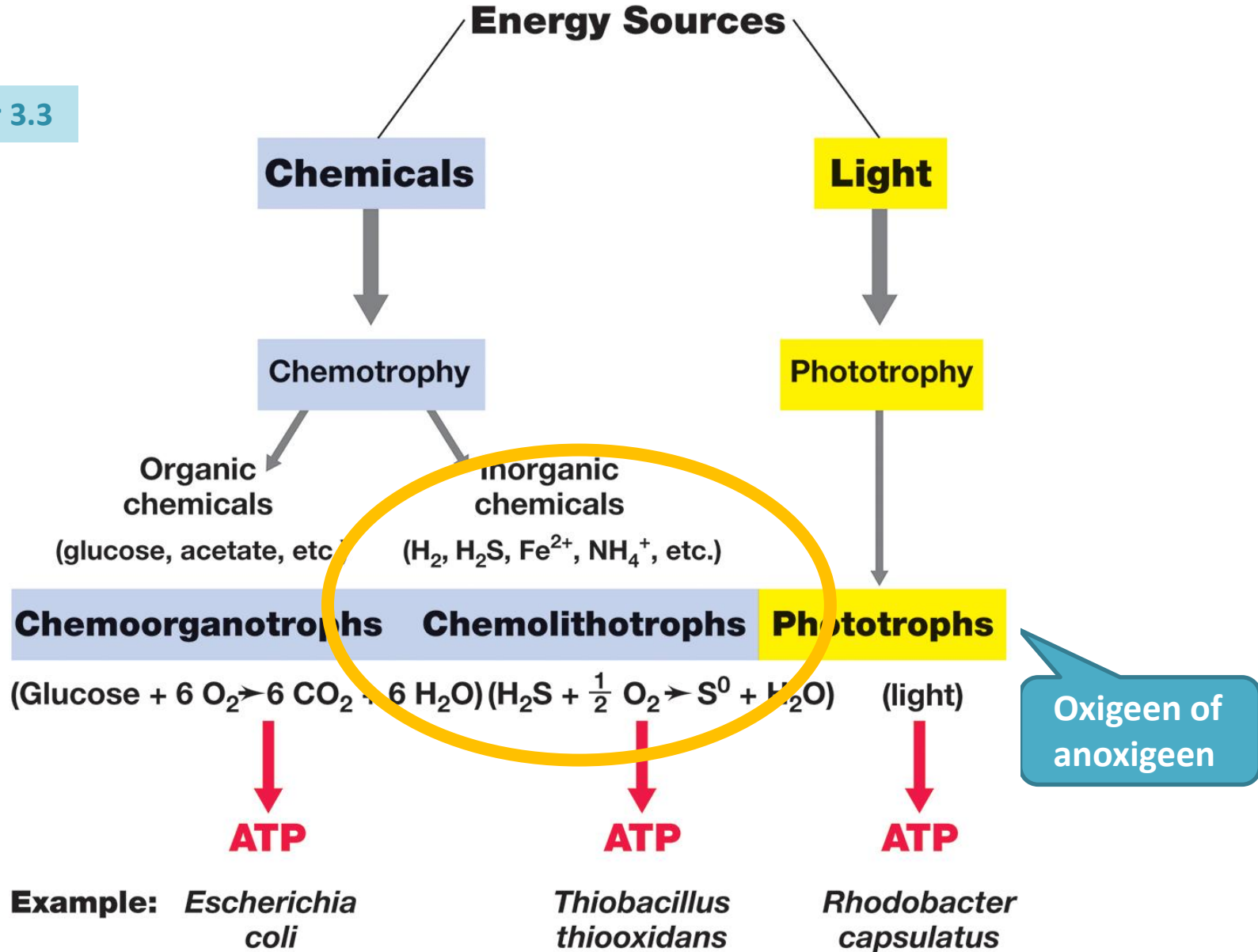
ATP,  $\text{CO}_2$ , NADH en  $\text{FADH}_2$

moeten weer geoxideerd  
worden tot  $\text{NAD}^+$  en FAD

Respiratie (aeroob of anaeroob)

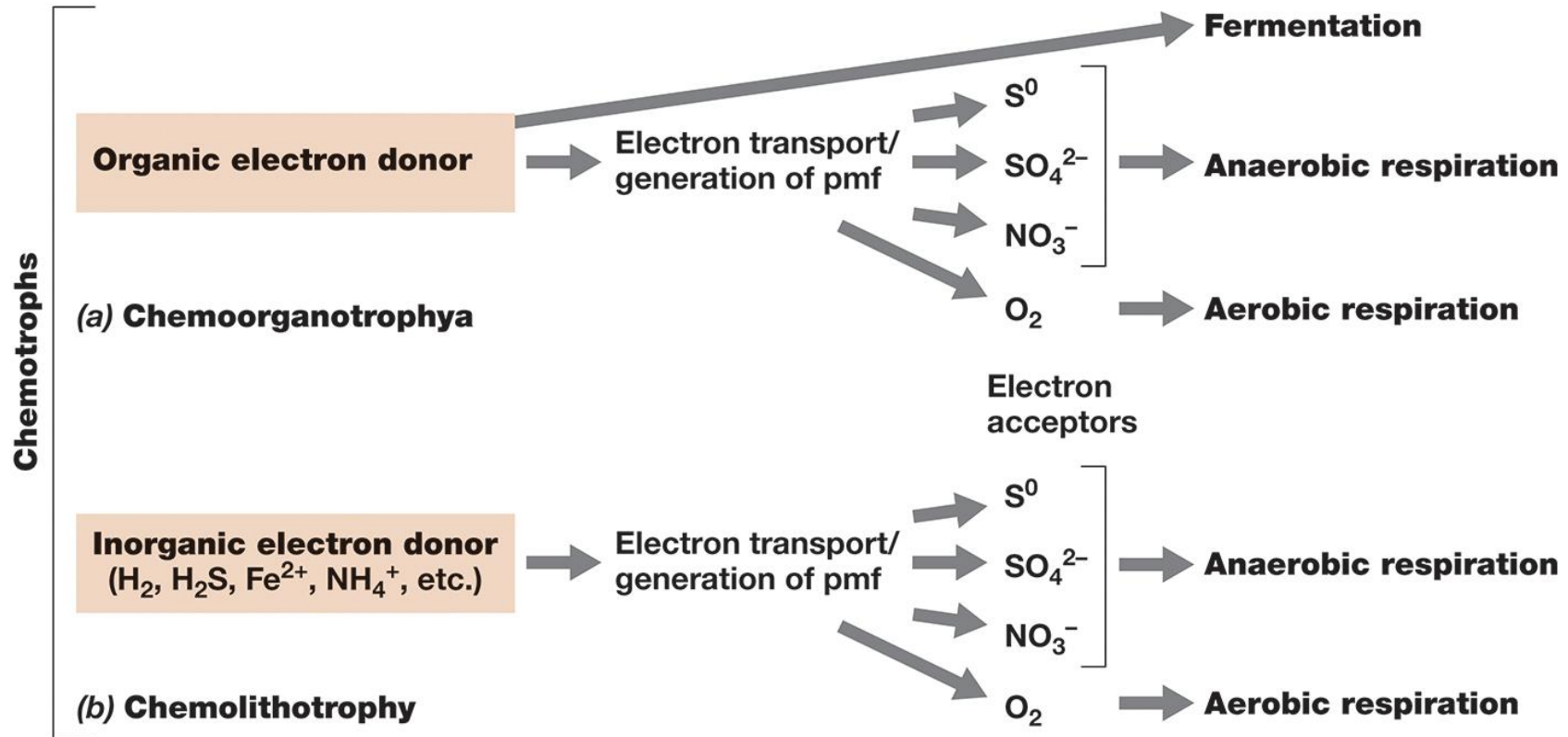
# Chemolithotrofen

16e: figuur 3.3





# Chemolithotrofen



Net als chemoorganotrofen aerobe en anaerobe ademhaling (maar geen fermentatie).

Een chemolitotroof oxideert  $\text{H}_2\text{S}$  tot  $\text{S}^0$ .

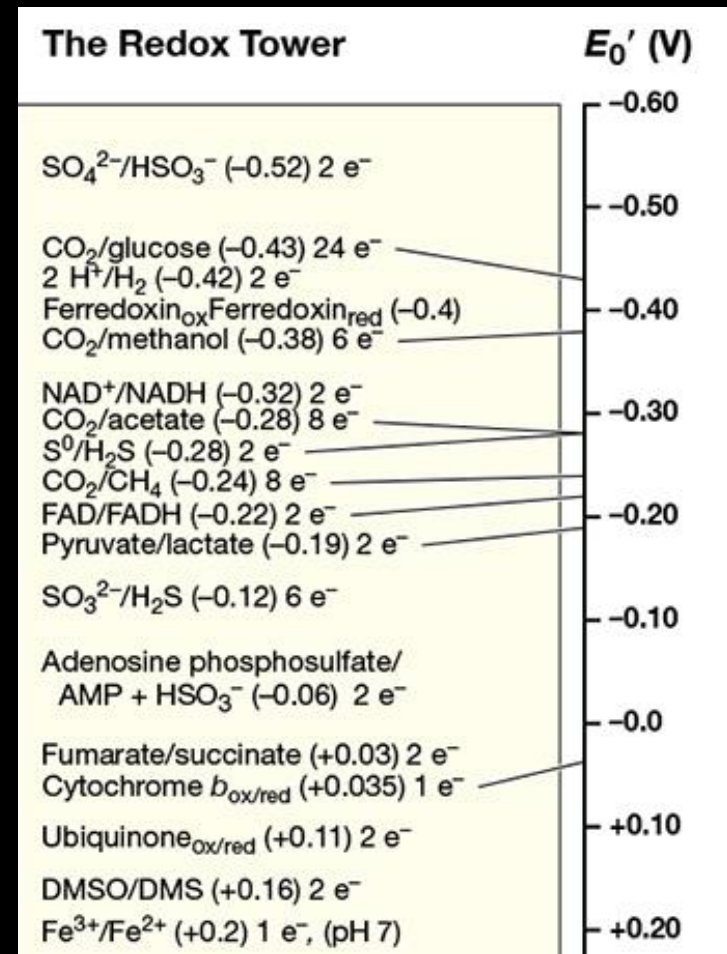
Wat zou onder standaardcondities een goede elektronacceptor zijn?

A.  $\text{SO}_4^{2-}$

B.  $\text{H}_2$

C.  $\text{Fe}^{2+}$

D.  $\text{SO}_3^{2-}$



Een chemolitotroof oxideert  $\text{H}_2\text{S}$  tot  $\text{S}^0$ .

Wat zou onder standaardcondities een goede elektronacceptor zijn?

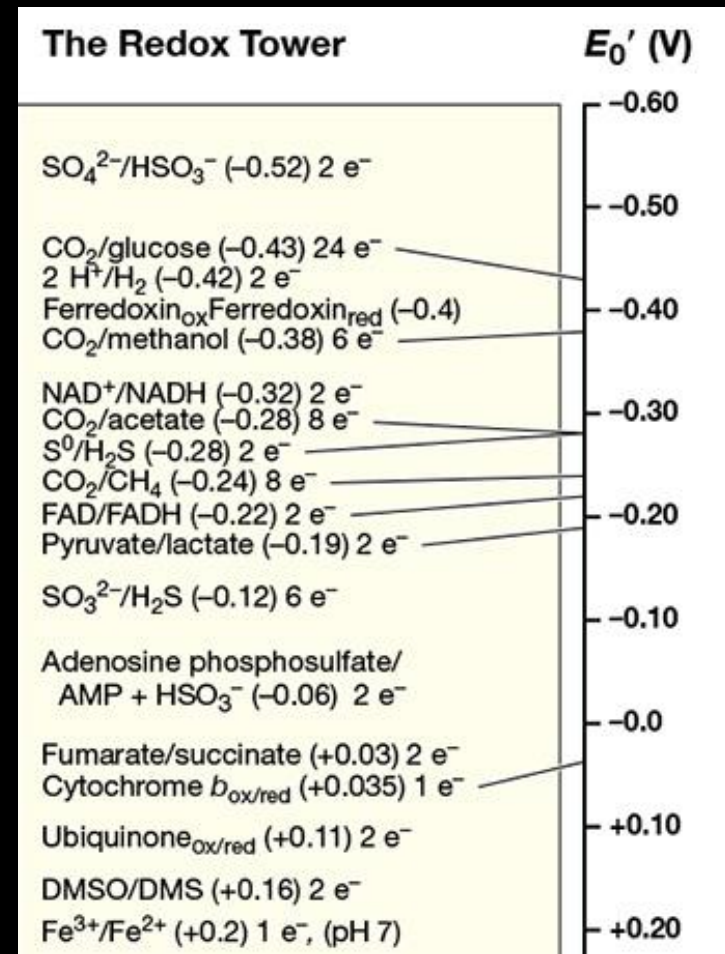
A.  $\text{SO}_4^{2-}$

B.  $\text{H}_2$

C.  $\text{Fe}^{2+}$

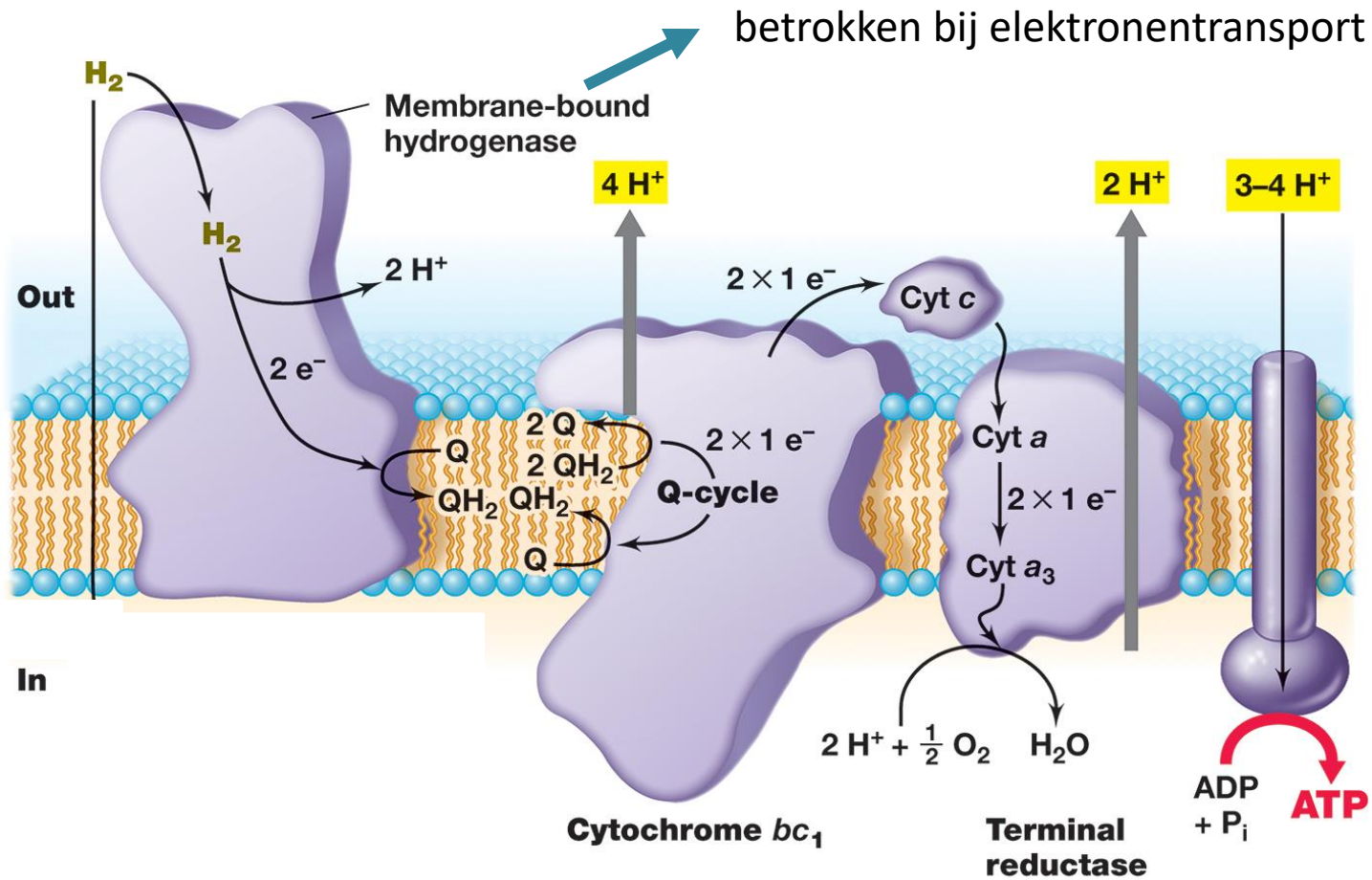
D.  $\text{SO}_3^{2-}$

→ Elektronen gaan 'van rechts naar links'  
→ Wanneer de elektronen van boven naar beneden gaan is de  $\Delta G_0' < 0$



# Voorbeeld chemolithotroof

*Ralstonia eutropha*



Figuur begrijpen

16e: figuur 3.24

# Chemolithotrofen zijn vaak autotroof

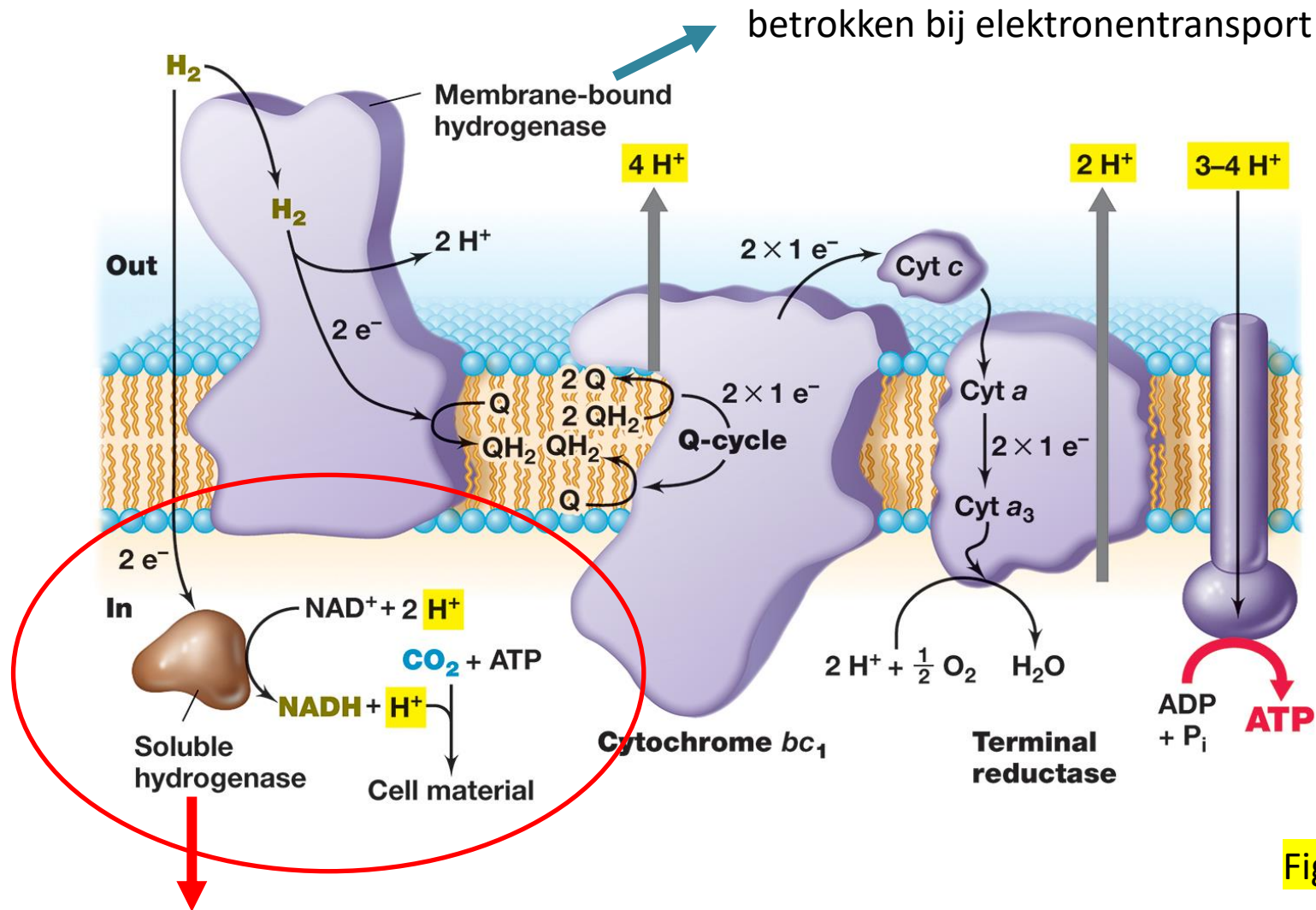
$\text{CO}_2 \rightarrow$  organische moleculen (b.v. glucose)

$\text{CO}_2$  wordt hierbij gereduceerd (neemt elektronen op)

Nodig: '*reducing power*'

# Voorbeeld chemolithotroof

*Ralstonia eutropha*



Reduceert  $NAD^+$  tot  $NADH$  (nodig voor autotrofe groei)

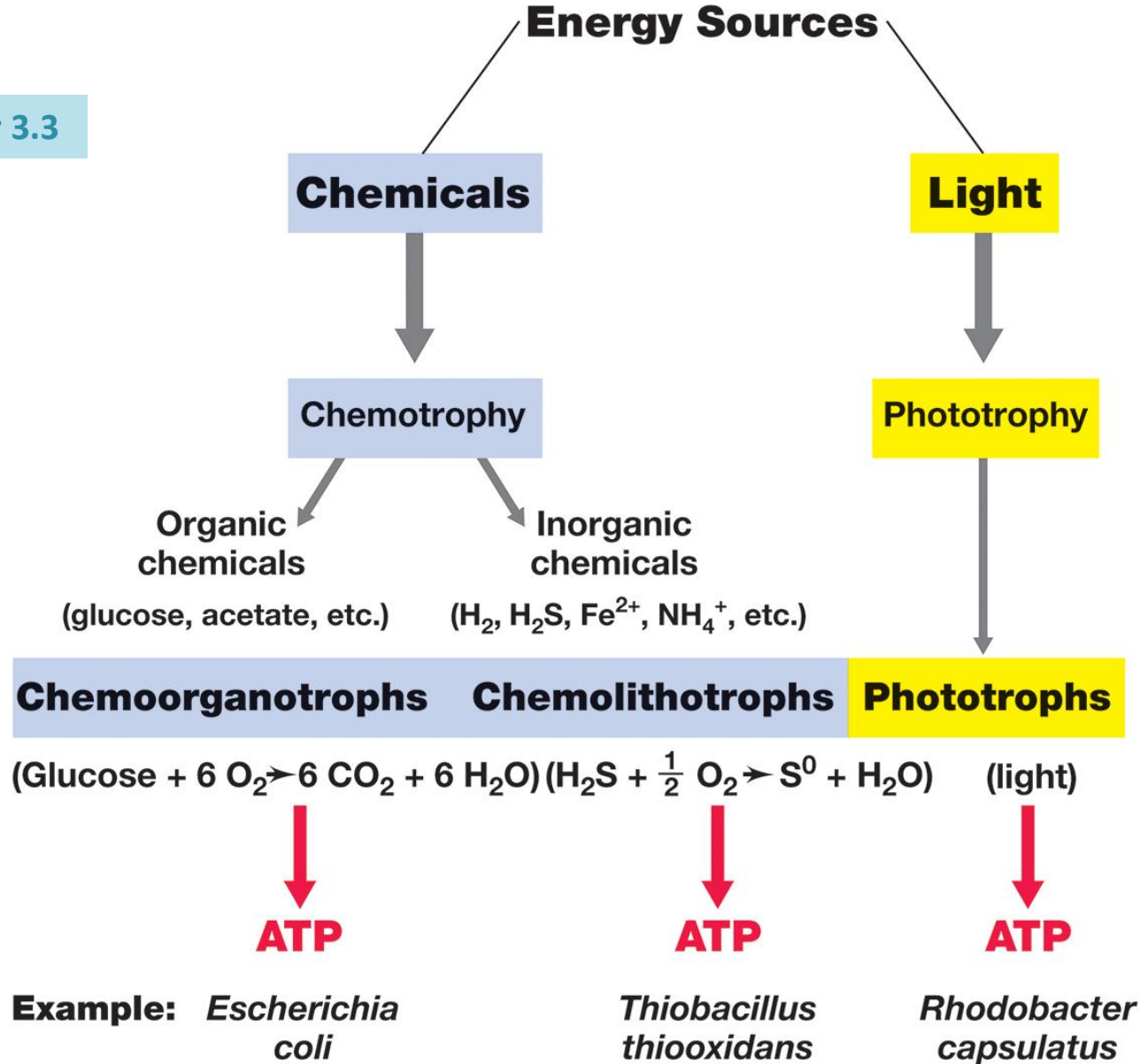
Figuur begrijpen

16e: figuur 3.24



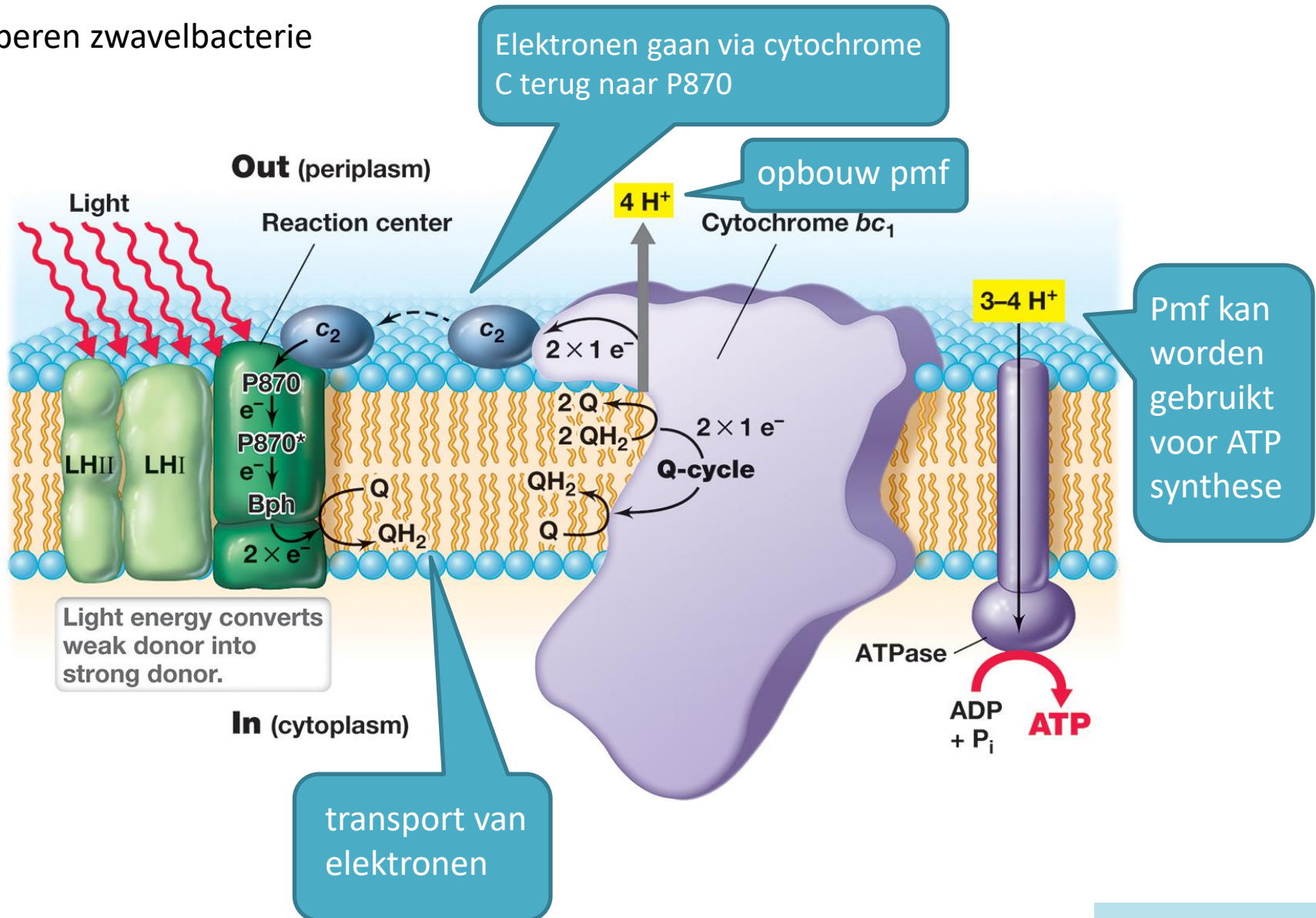
# Fototrofen

16e: figuur 3.3



# Voorbeeld fototroof

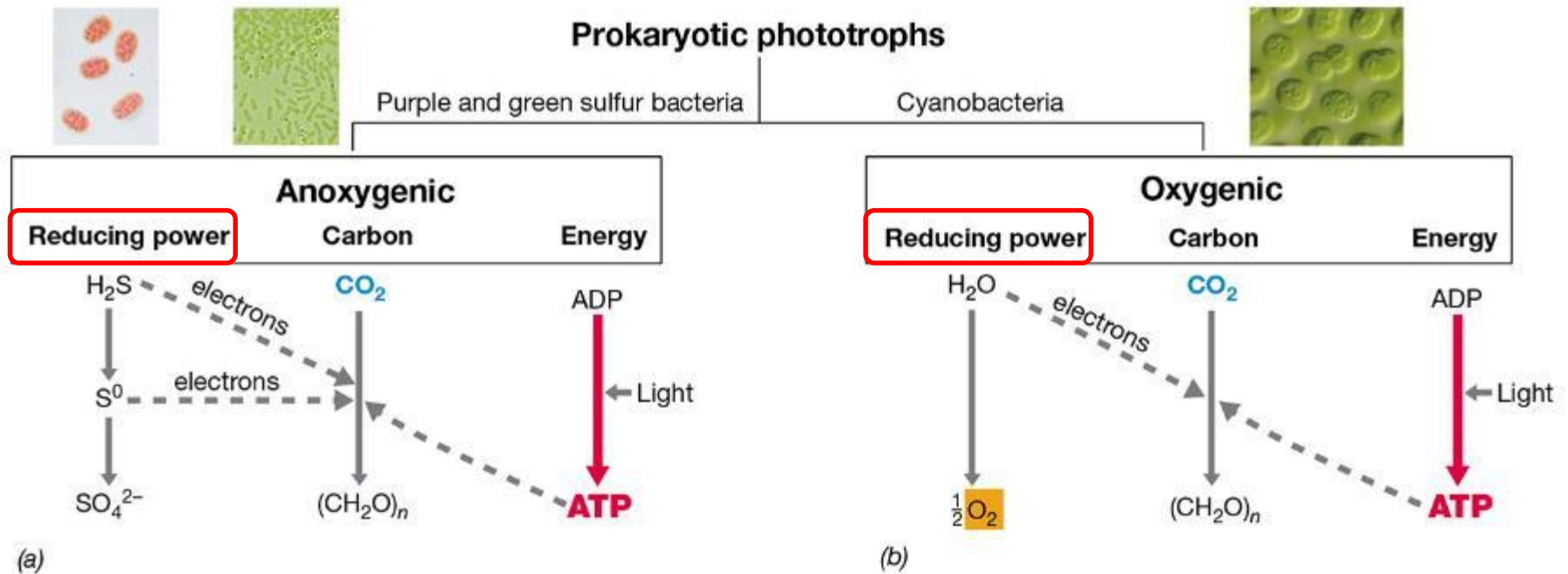
Purperen zwavelbacterie



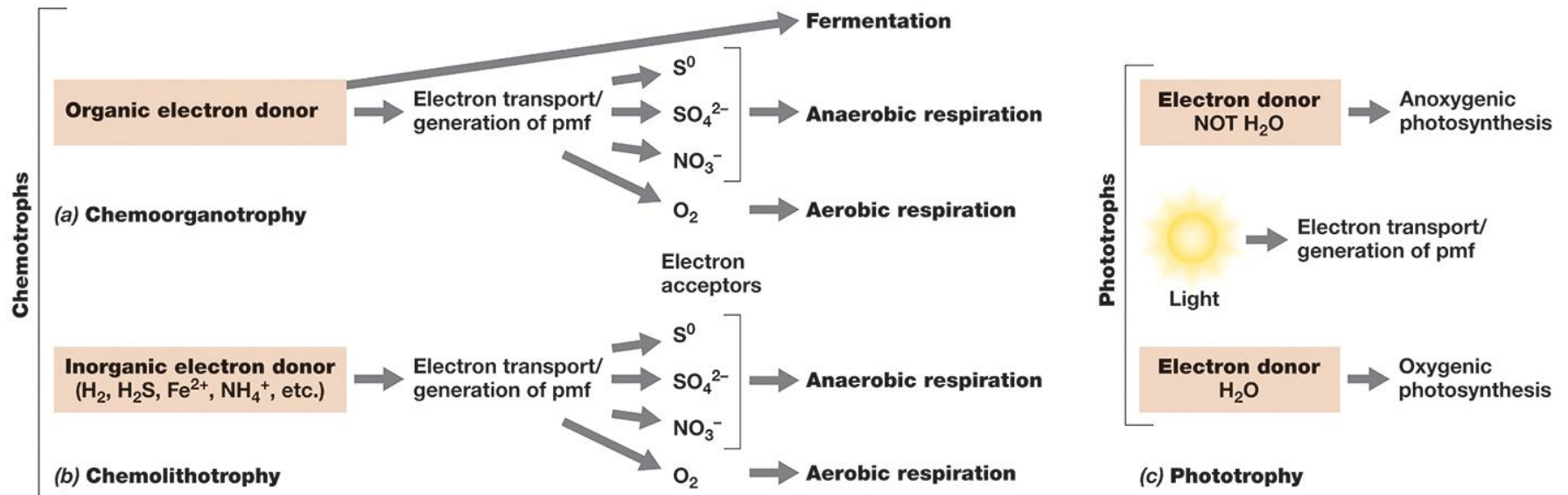


# Fotosynthese

‘reducing power’ nodig voor het produceren van celmateriaal.



# Katabole diversiteit



# Opdracht – katabole diversiteit

Leg, in je eigen woorden, het verschil uit tussen:

- a. chemotrofen en fototrofen
- b. chemoorganotrofen en chemolithotrofen
- c. autotrofen en heterotrofen
- d. aerobe en anaerobe ademhaling
- e. anaerobe ademhaling en fermentatie
- f. substraatniveau fosforylatie en oxidatieve fosforylatie

# Energy conservation

In de voorafgaande slides werd er op drie manieren ATP gevormd:

Substraat-niveau fosforylatie

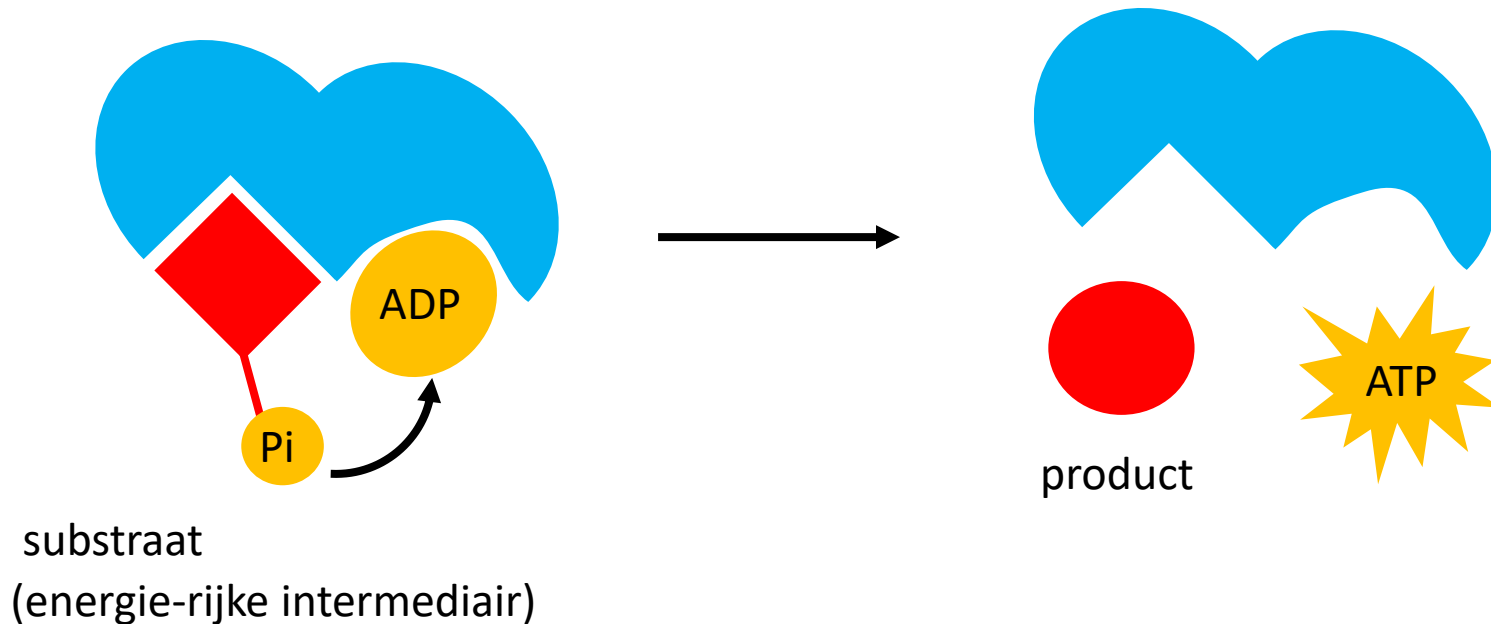
Oxidatieve fosforylatie

Fotofosforylatie

## **Wat is het verschil?**

# Substraatniveau fosforylatie

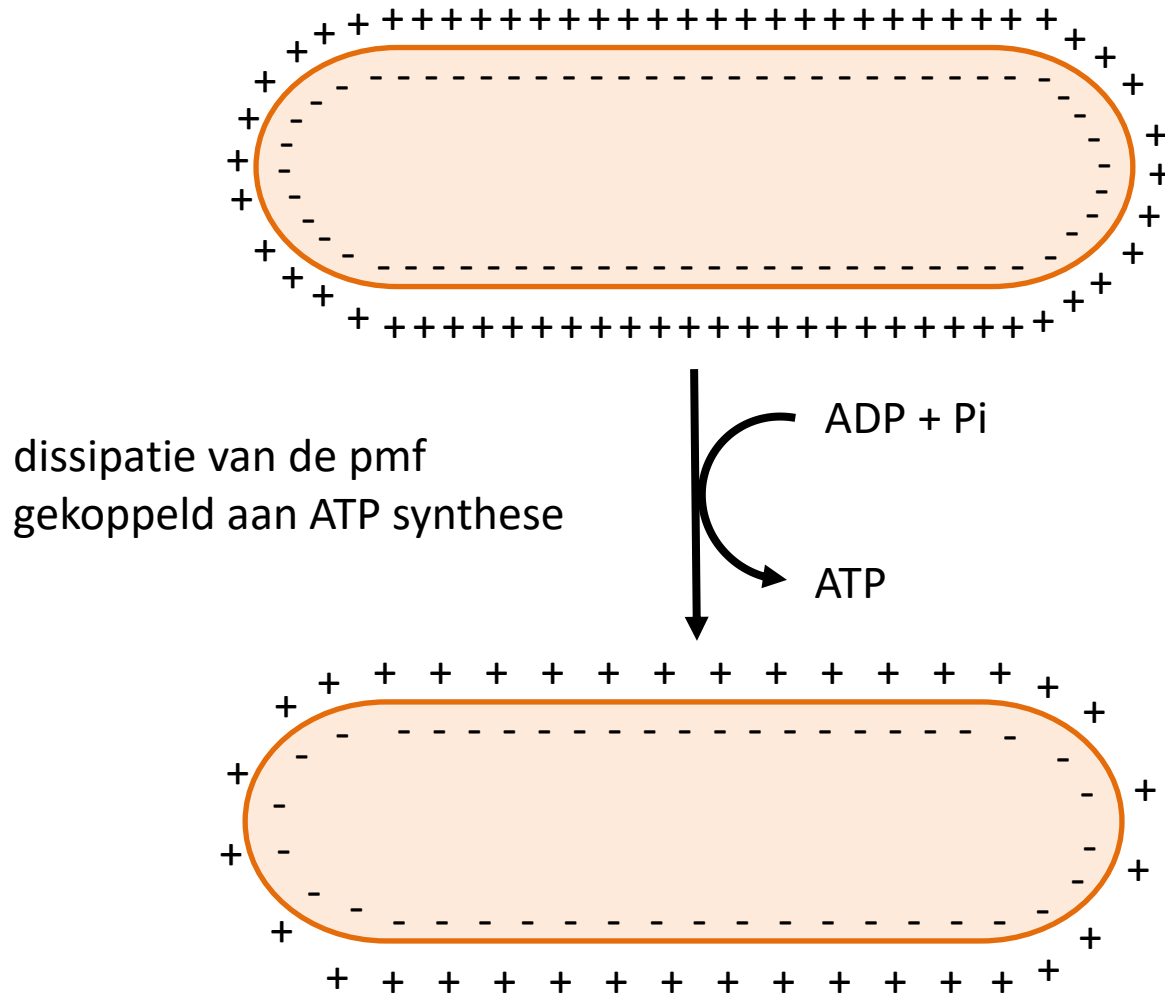
$P_i$ -groep wordt direct van een substraat molecuul gekoppeld aan ADP (m.b.v enzymen)



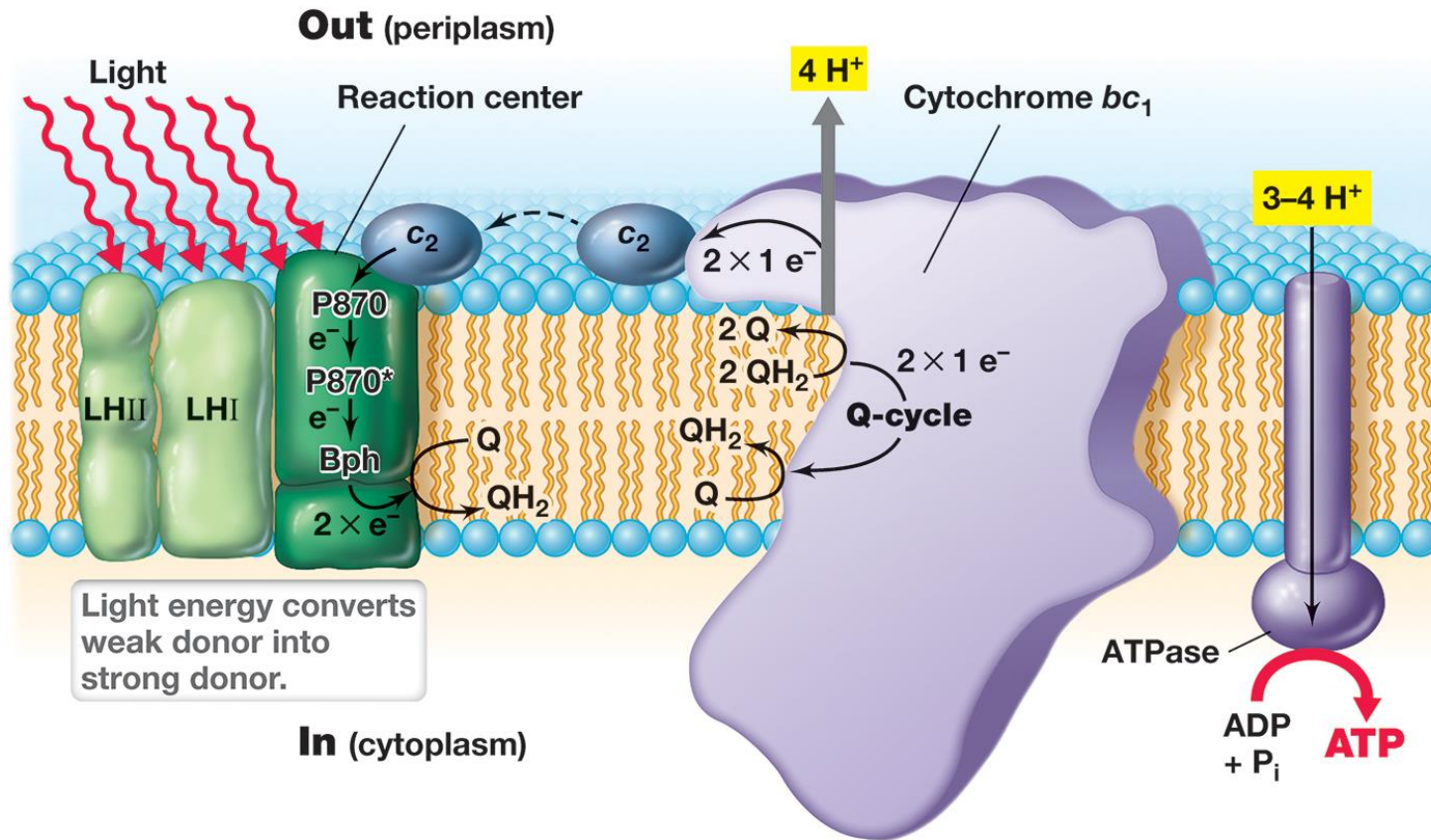
Vindt plaats tijdens de **glycolyse** en de **citroenzuurcyclus**

# Oxidatieve fosforylatie

Elektronentransportketen  $\rightarrow$  proton motive force  $\rightarrow$  ATP synthase



# Fotofosforylatie



# ATP synthese

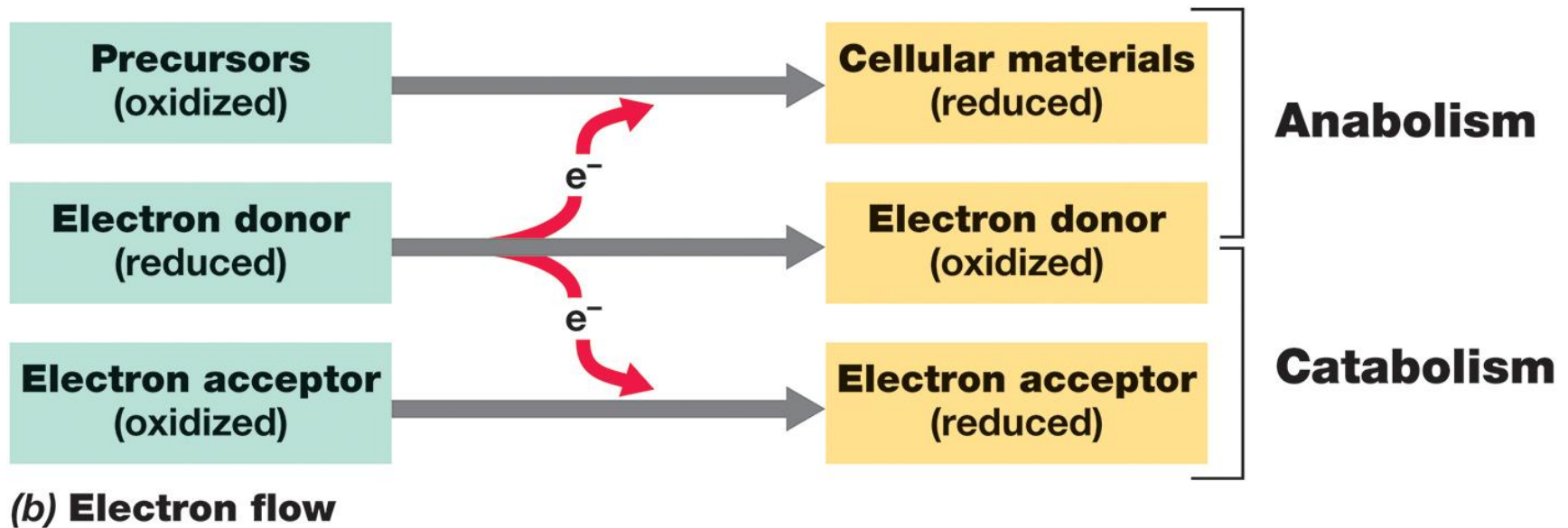
Bij fermentatie alleen substraatniveau fosforylatie.

Bij alle andere mechanismen van energie conservering wordt (ook) gebruik gemaakt van een proton (of sodium) motive force.



# Nota bene

Fototrofen en chemolitotrofen zijn vaak autotroof. Alleen ATP productie is dan niet voldoende. Ook 'reducing power' nodig voor het produceren van celmateriaal.



# Stelling

“een reactie met  $\Delta G^{\circ} > 0$  kan niet spontaan verlopen”

Is dit waar of niet waar?

# Voorbeeld: syntropie

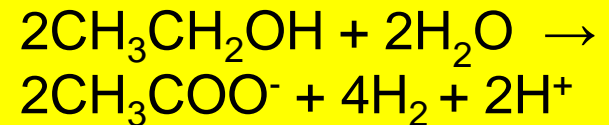
In de modder van sloten, meren, moerassen en zuiveringsinstallaties komen twee bacteriën voor:

Bacterie 2 zet  $\text{H}_2$  en  $\text{CO}_2$  om in  $\text{CH}_4$  en  $\text{H}_2\text{O}$ :



$$\Delta G^{0'} = -131 \text{ kJ/mol}$$

Bacterie 1 zet ethanol om in acetaat (azijnzuur) en  $\text{H}_2$ :



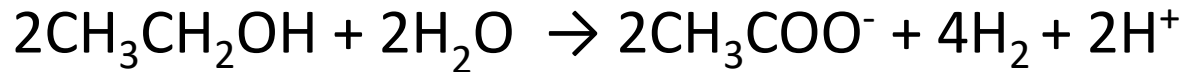
$$\Delta G^{0'} = +19 \text{ kJ/mol}$$



**$\Delta G^{0'} > 0$  waarom kan bacterie 1 overleven?**

# Syntropie

Bacterie 1 oxideert ethanol tot acetaat (azijnzuur) en H<sub>2</sub>:



$$\Delta G^{\circ'} = +19 \text{ kJ/mol}$$

**Wat is  $\Delta G$ ?** (neem voor eenvoud de machten niet mee)

Als  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} : \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$  is **1 : 1**

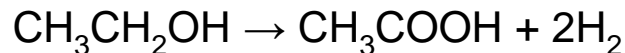
En als  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} : \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$  is **100000 : 1**

$$\Delta G = \Delta G^{\circ'} + RT \ln \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

R = gasconstante: 8,31 J/mol/K  
T = temperatuur in K (298 K) ~ 25°C

# Syntropie

Bacterie 1 oxideert ethanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) tot acetaat (azijnzuur,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) en  $\text{H}_2$ :



$$\Delta G^{0'} = +19 \text{ kJ/mol}$$

**Wat is  $\Delta G$ ? (neem voor eenvoud de machten niet mee)**

$$\Delta G = \Delta G^{0'} + RT \ln \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

R = gasconstante: 8,31 J/mol/K

T = temperatuur in K (298 K) ~ 25°C

Als  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} : \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$

1 : 1



$$\Delta G = 19000 + 8.29 * 298 \ln 1$$

$$\Delta G = 19000 + 0 = 19000 \text{ J} = +19 \text{ kJ}$$

En als  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} : \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$

100000 : 1

**Conclusie?**



$$\Delta G = 19000 + 8.29 * 298 \ln 0.00001$$

$$\Delta G = 19000 - 28442 = -9442 \text{ J} = -9.4 \text{ kJ}$$

# Conclusie?

Voor bacterie 1 wordt de  $\Delta G < 0$ , terwijl de  $\Delta G^{\circ'} > 0$  is!

Bacterie 1 kan alleen leven als de  $H_2$  concentratie erg laag is; de geproduceerde  $H_2$  moet onmiddellijk worden weggevangen (door bacterie 2).

Bacterie 2 kan prima zonder bacterie 1 leven, zolang er maar  $H_2$  aanwezig is. Bacterie 2 zorgt voor het ontstaan van een heel lage  $H_2$  concentratie.

Dit wordt  
**syntropie**  
genoemd

# Dus...

de  $\Delta G$  bepaalt of een reactie kan verlopen,  
niet de  $\Delta G^{\circ'}$ !!!

$$\Delta G = \Delta G^{0'} + RT \ln \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

$\Delta G^{0'}$  is een constante!

$\Delta G$  is afhankelijk van de concentraties van de reactanten en producten!

R = gasconstante: 8,29 J/mol/°K

T = temperatuur in °K (298 °K) ~ 25°C

maar wanneer je de concentraties niet weet, geeft  $\Delta G^{\circ'}$  vaak wel een goede schatting van de situatie