

Handleiding bij het Metabolaspel

8-4-2008

opdrachten

koolhydraten

glucose-opbouw (gluconeogenese)
glucose-afbraak (glycolyse)
pentosefosfaatroute

glycogeen
glucose-1-P
glucose-6-P
fructose-1,6-bis-P
gluconaat-6-P

ATP, ADP, Pi, NAD+, NADPH, CO₂, 2x

6

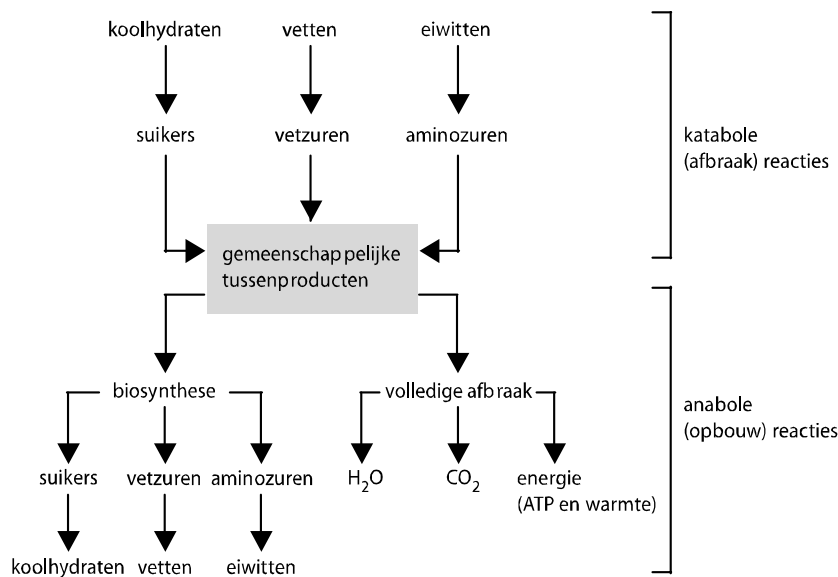
Aminozuren	Vetten	Suikers	Cofactoren en kleine metabolieten		
alanine 1	acetyl-CoA 1		ATP 6	NADH 4	FADH ₂ 0
aspartaat 1	propionaat 1		ADP 4	NAD ⁺ 2	FAD 4
glutamaat 1	lauraat 1		AMP 2		
	stearaat 1				
	oleaat 1				

Navigatie: 49%
 Chat: Thijs: Heb je jouw opdrachten gelezen? Jeroen: Ja Jeroen: Mooi ... dan gaan we beginnen

Goed om te weten

Het metabolaspel geeft spelenderwijs inzicht in de onderlinge en nauwe samenhang tussen de in de cel verlopende opbouw- en afbraakreacties.

De cel verkrijgt de *bouwstenen* die nodig zijn voor de synthese van biomoleculen, door afbraak van voedsel(moleculen). Ook de *energie* die nodig is voor het laten verlopen van de cellulaire processen, wordt verkregen door de afbraak van voedsel(moleculen). De in het voedsel aanwezige *koolhydraten*, *vetten* en *eiwitten* worden tijdens de spijsvertering afgebroken tot kleinere moleculen. Deze moleculen worden opgenomen in de cel en daar worden ze óf omgezet in bouwstenen voor biomoleculen óf ze worden gebruikt als brandstof voor de levering van energie. Zie figuur 1.

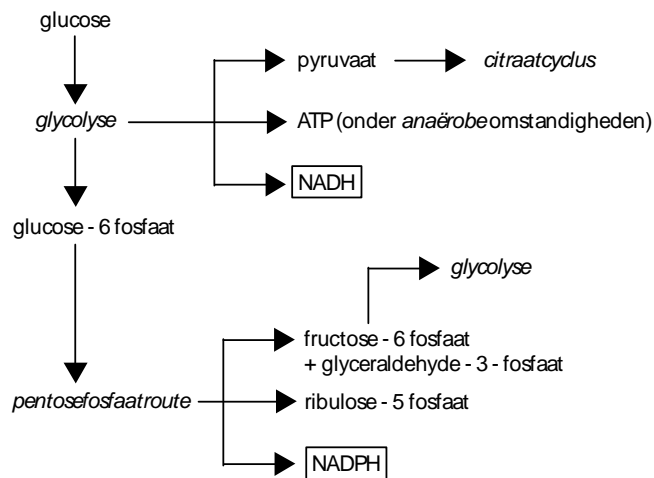


Figuur 1 Schematische weergave van het cellulaire metabolisme

In het organisme als geheel en binnen de cel in het bijzonder is de nauwe relatie tussen afbraak-, opbouw- en energieleverende processen essentieel. De voornaamste energieleveranciers in het voedsel zijn de koolhydraten en de vetten.

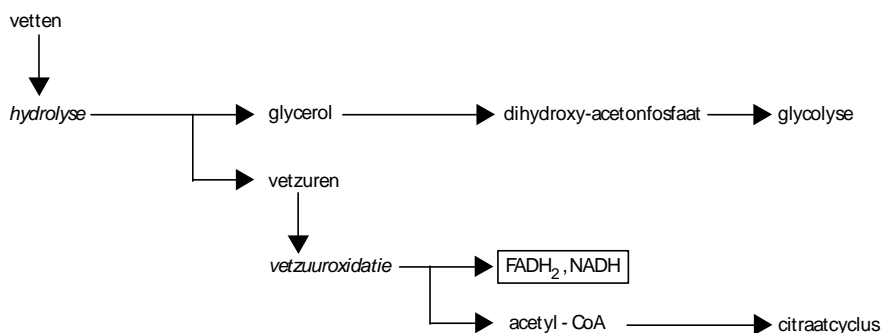
Het metabolaspel beperkt zich tot de afbraak - en opbouwreacties van koolhydraten (linksboven op het speelveld) en vetten (rechtsboven op het speelveld).

Koolhydraten komen de cel binnen als glucose en kunnen dan worden opgeslagen in de vorm van glycogeen (dierlijke cellen) of zetmeel (plantaardige cellen).



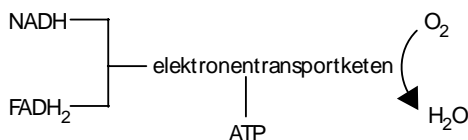
Figuur 2 De koolhydratenafbraak in de cel

Vetten zijn in de cel opgeslagen in de vorm van vetdruppeltjes; ze worden gehydrolyseerd tot glycerol en vetzuren. De verdere afbraak van glycerol en vetzuren is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3 De afbraak van vetten in de cel

De bij de koolhydraat- en vetafbraak gevormde gereduceerde coënzymen (NADPH, NADH en $FADH_2$) kunnen reducerend vermogen leveren voor de biosynthese van nieuwe moleculen (e.g. intracellulaire koolhydraten en vetten) of ze kunnen hun waterstof overdragen op O_2 ; bij dit laatste proces wordt ATP gevormd (zie figuur 4):



Figuur 4 De vorming van ATP tijdens de oxidatieve fosforylering

De intracellulaire opbouwreacties van koolhydraten en vetten zijn in grote lijnen het omgekeerde van de afbraakreacties.

Het metabolaspel wordt gespeeld op een speelveld waarop alleen de 'grote snelwegen' van het koolhydraat- en vetmetabolisme zijn aangegeven.

Slechts een klein aantal van de in de cel optredende enzymatische reacties zijn weergegeven en alleen de voor het spel belangrijke co-factoren/co-enzymen (e.g. NAD⁺, ATP, ADP enzovoorts) worden gebruikt. Omwille van de overzichtelijkheid zijn losse fosfaatgroepen en water niet in het metabolaspel vermeld. Ook met het aanwezig zijn van andere celorganellen dan mitochondria, en de metabole consequenties daarvan, is geen rekening gehouden.

Al spelende zal je geconfronteerd worden met de koppeling tussen de opbouw- en afbraakprocessen in de cel. Voor de opbouw van bijvoorbeeld een vetzuur zijn behalve bouwstenen (= acetylgroepen) ook gereduceerde coënzymen (NADPH) en ATP (voor de vorming van malonyl-CoA) nodig. Omdat coënzymen in de cel slechts in lage concentraties aanwezig zijn kan de vetzuuropbouw alleen plaatsvinden als *gelijktijdig* NADPH wordt geleverd door de afbraakreacties (bijvoorbeeld via de pentosefosfaatroute).

Al spelende zal waarschijnlijk ook een van de consequenties van dit sterk vereenvoudigde stofwisselingsmodel aan het licht komen. Tijdens het metabolaspel zal het namelijk soms moeilijk zijn om 'overtollig' ATP kwijt te raken. In de cel zal dit probleem zich nooit voordoen omdat het gevormde ATP in werkelijkheid niet alleen gebruikt wordt voor de opbouw van vetten en koolhydraten, maar ook voor andere processen zoals de eiwitsynthese, synthese van DNA en RNA, actief transport, celdeling, mechanische arbeid, enzovoorts.

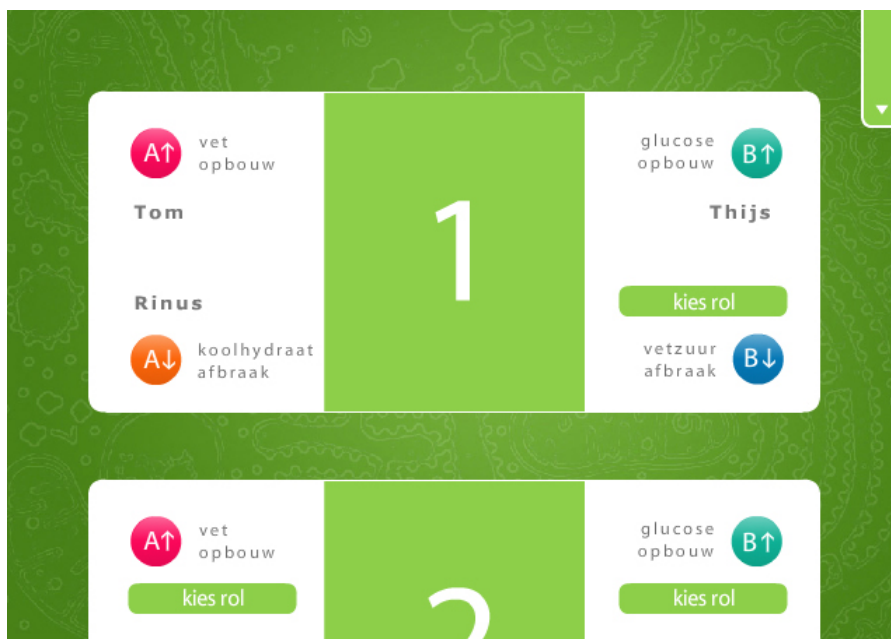
Het spel beginnen

Het metabolaspel wordt het beste gespeeld met twee teams (A en B), maar je kan het ook in je ééntje **oefenen**. Ieder team krijgt zowel een opbouw- als een afbraakopdracht (zie figuur 6).

Het spel kan pas beginnen wanneer een spel(bord) geheel bezet is en alle spelers op de pijl 'start het spel' hebben geklikt. Nodig dus eerst een aantal spelers uit.







Figuur 5 Inloggen met een zelf gekozen naam



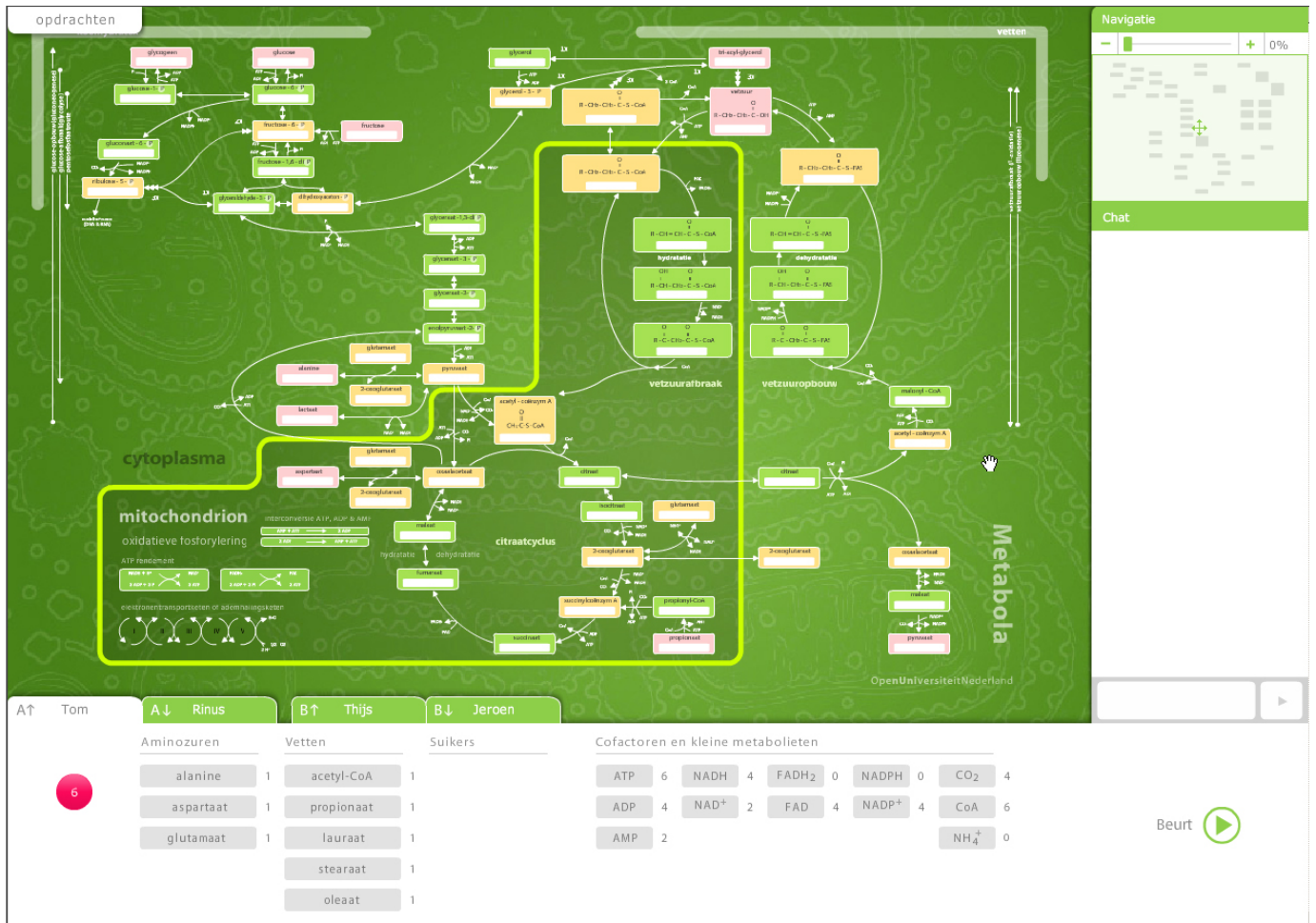
Figuur 6 Het spel kan pas starten als er vier spelers een rol hebben gekozen. Eén speler kan meerdere rollen op zich nemen en je kan zelfs meerdere spellen tegelijkertijd spelen. Pas als een bord geheel bezet is verschijnt er een pijl met de tekst 'start het spel'. Alle spelers moeten daarop klikken! Door met de groene 'slider' rechtsboven te slepen kan je door het spelbordenscherf 'scrollen'.

Bij elke opbouw- en afbraakopdracht wordt een van de volgende twee 'voedings'-toestanden van de cel gesimuleerd:

- 1 Er wordt koolhydraat aangeboden  en vet gemaakt  (een gevoed mens).
- 2 Er wordt vet afgebroken  en koolhydraat gesynthetiseerd  (een vastend mens).

Het Spelbord

Op het beeldscherm zijn zichtbaar het spelbord (midden) de spel**opdrachten** per speler (witte tab linksboven). De spelers zien hun 'voorraad' en hun 'spel pionnen' onder in beeld en chatten is ook mogelijk door in het invoerveldje rechtsonder te typen en met het grijze pijltje ernaast te verzenden (zie figuur 7). Zie ook figuur 8.

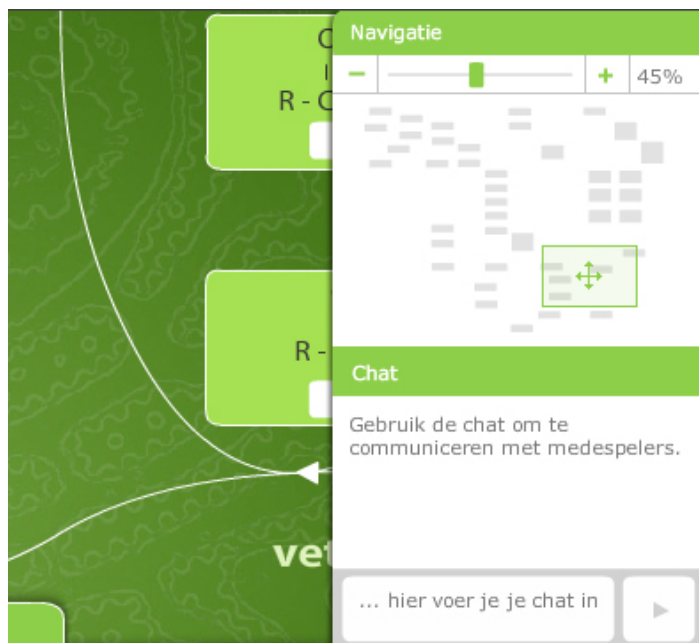


Figuur 7 Overzicht van het spelbord en de tools.

Rondkijken en inzoomen op het totale spelbord kunt u met de navigatie-tools doen (rechtsboven in beeld). Zie ook figuur 8. Het spelbord is onafhankelijk van de browser 'resizable' door de groene 'slider' te verschuiven en 'movable' door het lichtgroene vlakje eronder met het handje te verslepen of in het speelveld zelf met het handje te slepen.

Onder in het scherm zie je naam in een tab staan, de witte tab heeft de beurt, vergeet je beurt als je klaar bent niet door te geven (rechtsonder in beeld). Je mag ook een beurt overslaan (beurt meteen doorgeven). De andere spelers kunnen tijdens jouw beurt wel blijven chatten maar niet navigeren of de opdracht bekijken.

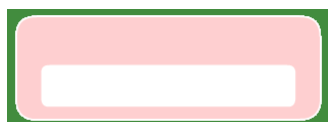
Als je tijdens de wachtbeurten iets wilt uitproberen start dan je eigen spel op een ander spelbord in een tweede browser.



Figuur 8 De navigatie van het spelbord (rechtsboven op het beeldscherm) en de chat-functie voor overleg ('tegenstanders' kunnen meelesen).

Linksboven bevindt zich een tab (pop-up) met opdrachten per speler en de spelers hebben een eigen aantal (6 stuks) kleur spelpionnen (linksonder in beeld). Zie figuur 7.

De gekleurde spelpionnen zijn in het spel te brengen (van linksonder uit je voorraad) en te verplaatsen in het spel (linker muisknop ingedrukt houden) naar productplaatsen (fig.9a), pauzeplaatsen (fig.9b) en vogelvrije plaatsen (fig.9c) via de met witte pijlen aangegeven routes.



a product wordt geleverd



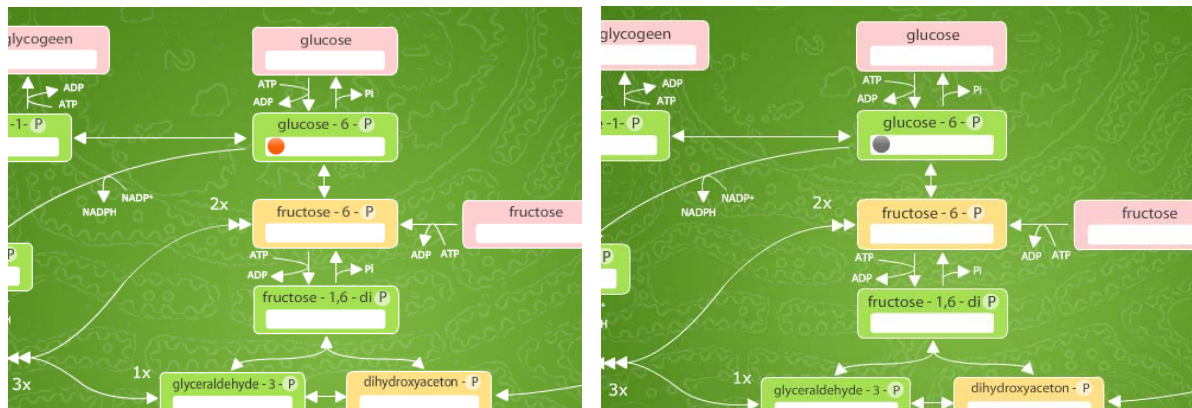
b beschermde pauze



c pionnen worden vogelvrij (grijs)

Figuur 9 Status speelplaatsen.

Op de groene plaatsen zijn de pionnen vogelvrij en verandert hun kleur, nadat jij de beurt hebt doorgegeven, in neutraal grijs (zie figuur 10) en zijn ze voor **alle** spelers speelbaar geworden. Speel je een grijze pion naar een beschermde pauzeplaats dan krijgt hij jouw kleur. Je kan binnen je **team** ook met **elkaars** spelpionnen spelen (elkaar helpen)



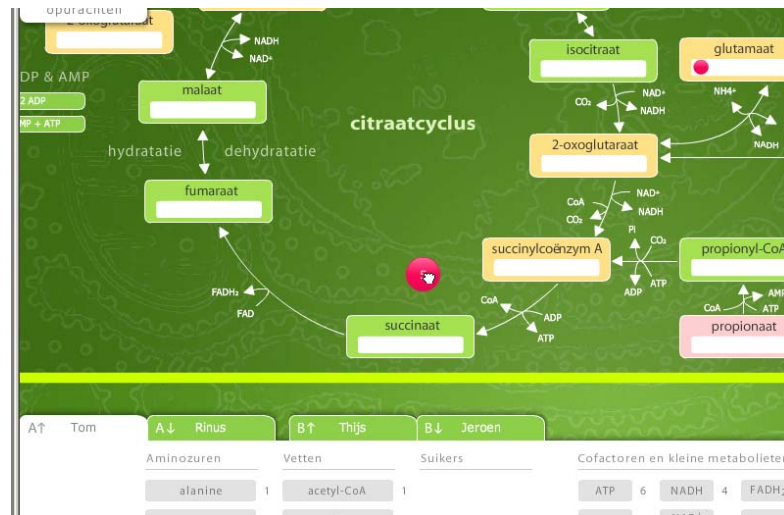
Figuur 10 Vogelvrij? ... kijk naar fructose-6-P daar kan 'gratis' parkeren..

Linksonder in het 'mitochondrion' kan je 'omzetten' en 'ademhalen'. Klik met het handje een keer op het betreffende veld (zie figuur 11).



Figuur 11 Omzettingen en ademhalen.

Alle zetten die worden uitgevoerd door de spelers, daarvan handelt (of schermt) het programma de resultaten automatisch af. Onder in beeld licht de betreffende mutatie tijdelijk groen op en/of veranderen de aantallen. Een speler kan/mag in zijn/haar beurt net zoveel stappen zetten als hij/zij kan/wil maken, bijvoorbeeld alle beschikbare spelpionnen in het spel brengen (zie figuur 12).



Figuur 12 Meerdere stappen in één beurt.

De spelopdracht

Het is de bedoeling dat de teamleden, voor ze met het spel beginnen, overleggen over de aanpak van de opdrachten (zie figuur 13).

The screenshot shows a game interface with a 'sluiten X' button in the top right corner. It lists tasks for two teams:

- team A** (beurten x1):
 - Opbouw van vet** (A↑): Maak een molecuul triacylglycerol. 1-palmitoyl (C_{16:0}), 2-oleyl (C_{18:1}), 3-stearoyl (C_{18:0}). ademhaling x0
 - Afbraak van koolhydraat** (A↓): Breek één glucose af tot lactaat en 7 CO₂. ademhaling x0
- team B** (beurten x0):
 - Opbouw van glucose** (B↑): Maak twee moleculen glucose waarvan één molecuul is geïncorporeerd in glycogeen. ademhaling x0
 - Afbraak van vetzuur** (B↓): Breek een C_{16:0} (palmitaat) af tot C_{12:0} (lauraat) en 7 CO₂. ademhaling x0

Figuur 13 De spelopdrachten voor iedereen zichtbaar.

De teamleden moeten zich van tevoren buigen over vragen als:

- Hoe wordt volgens het metabole schema een molecule vetzuur omgezet in glucose en omgekeerd?
- Hoe wordt volgens het metabole schema fructose uit lactaat gemaakt?
- Hoe wordt glucose onder anaërobe condities afgebroken?

Belangrijk

Sluit nooit je browser als je denkt al klaar te zijn ... immers alleen een team kan winnen.

Als jij je browser sluit kunnen de andere spelers niet meer verder spelen.

Veel leerzaam spelplezier.