

# Toelatingsexamen Arts-Tandarts

Elfde Editie – 2021 - 2022

Christine Dirkse, MSc

Arjen Vreugdenhil, MSc

Dr. Frédéric van der Cruyssen

Omslagontwerp: Wilma Tempelman en Christine Dirkse  
Druk: Uitgeverij Palmslag, Groningen, Nederland

© Bio-exact Educatie, Groningen, Nederland.  
11<sup>e</sup> editie, 1<sup>e</sup> druk  
E-mail: [contact@studyboard.be](mailto:contact@studyboard.be)  
[www.studyboard.be](http://www.studyboard.be)

ISBN-NUMMER: 978-94-93245-29-7  
NUR 100

**Alle rechten voorbehouden.** Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt worden, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

De auteurs aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schade, die zou kunnen voortvloeien uit enige fout die in deze publicatie zou kunnen voorkomen.

# Voorwoord

Dit boek is bedoeld als theorie- en oefenboek ter voorbereiding op het toelatingsexamen arts-tandarts in Vlaanderen. Dit boek onderscheidt zich van alle andere cursussen omdat deze is getoetst aan de realiteit. Met deze cursus heeft u alle theorie en oefeningen in de hand om met glans te slagen op het examen. Het boek is geschikt voor zelfstudie. Met behulp van onze e-learning module op [www.studyboard.be](http://www.studyboard.be) kunt u zich verder optimaal voorbereiden.

Over het verloop en praktische vragen over het examen, te kennen leerstof, de CLEAR- en VAARDIG-test, etc. kunt u terecht op de officiële website van het toelatingsexamen: [toelatingsexamenartstandarts.be](http://toelatingsexamenartstandarts.be). Uiteraard kunt u ook terecht op ons forum op [www.studybaord.be](http://www.studybaord.be).

Deze elfde editie is lijkt op de tiende editie en is gebaseerd op de exameneisen van 2021. Op het moment van uitgave zijn de eisen van 2022 nog niet bekend. Deze worden in januari 2022 bekend gemaakt. Eventueel noodzakelijke toevoegingen van theorie zullen via de website ([www.studyboard.be](http://www.studyboard.be)) beschikbaar gemaakt worden. Het boek kwam tot stand vanuit een idee van Frédéric van der Cruyssen en is door Christine Dirkse en Arjen Vreugdenhil verder ontwikkeld tot een naslagwerk dat nauw aansluit bij de KIW-eisen van het ingangsexamen.

## Online Content

Wij willen studenten zo veel mogelijk ondersteunen bij het studeren voor het ingangsexamen. Daarom creëerden wij een online studieplatform. Dit platform is gemaakt ter ondersteuning van onze boeken. Met behulp van onderstaande licentiecodelink kunt u een gratis account te creëren op [www.studyboard.be](http://www.studyboard.be).

Op deze website vindt u extra uitleg, uitlegvideo's, simulaties en honderden oefenopgaven, nieuwsupdates, handige documenten en nog veel meer. Ons platform is ook toegankelijk op mobiele toestellen en tablets!

# Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Online Content.....	3
1 Tips voor het examen.....	6
<b>Deel I: Biologie.....</b>	<b>7</b>
2 Cellen.....	8
3 Stofwisseling en energie.....	17
4 Erfelijke informatie.....	34
5 Celvermeerdering.....	45
6 Erfelijkheid.....	52
7 Evolutie.....	61
8 Voortplanting.....	67
9 Skelet en bewegingsstelsel van de mens.....	81
10 Zenuwstelsel.....	90
11 Hormonaal stelsel.....	96
12 Biologie-opgaven oefenen.....	100
<b>Deel II: Fysica.....</b>	<b>133</b>
13 Optica.....	134
14 Hydrostatica.....	145
15 Thermodynamica.....	155
16 Elektrostatica.....	164
17 Elektrische schakelingen.....	180
18 Magnetisme.....	192
19 Kernfysica.....	205
20 Kinematica.....	213
21 Dynamica.....	230
22 Trillingen en golven.....	254
23 Geluid.....	267
24 Natuurkunde-opgaven oefenen.....	271
<b>Deel III: Chemie.....</b>	<b>313</b>
25 Basiskennis Chemie.....	314

26	Atomen en periodiek systeem.....	332
27	Chemische binding.....	343
28	Chemisch rekenen.....	354
29	Kinetiek en evenwicht.....	369
30	Zuren en basen.....	381
31	Redoxreacties.....	394
32	Koolstofchemie.....	403
33	Scheikunde-opgaven oefenen.....	418
<b>Deel IV Wiskunde.....</b>		<b>441</b>
34	Algebraïsche bewerkingen.....	442
35	Vergelijkingen oplossen.....	453
36	Vlakke meetkunde.....	468
37	Analytische meetkunde.....	474
38	Trigonometrie.....	482
39	Calculus.....	490
40	Analyse van functies.....	503
41	Kansrekening en combinatoriek.....	525
42	Statistiek.....	535
43	Wiskunde-opgaven oefenen.....	544
<b>Deel V Uitwerkingen.....</b>		<b>577</b>
44	Uitwerkingen Biologie.....	578
45	Uitwerkingen Fysica.....	587
46	Uitwerkingen Chemie.....	609
47	Uitwerkingen Wiskunde.....	620
	Verantwoording.....	637

# 1 Tips voor het examen

Dit boek bereid u voor op het kennisdeel van het Toelatingsexamen Arts-Tandarts in Vlaanderen. De leerstof hiervoor vindt u op de website [toelatingsexamenartstandarts.be](http://toelatingsexamenartstandarts.be). Hier vindt u ook meer informatie over de CLEAR- en VAARDIGTEST, daar gaat dit boek verder niet uitgebreid op in.

Omdat ieder vak zijn eigen studie-aanpak vereist, geven we bij het begin van elk deel (elk vak) een aantal studietips.

Hier alvast een paar algemene tips bij de voorbereiding op het examen:

- Laat u niet overdonderen door de massa volk, maar kom tot rust en focus u onmiddellijk op de vragen.
- Begin met snel door uw bundeltje te bladeren per leerstofonderdeel zodat u direct weet welke vragen u zeker kan oplossen en voor welke u meer tijd zal nodig hebben.
- Begin met het leerstofonderdeel dat u het beste ligt.
- Vergeet geen horloge om de tijd in de gaten te houden, GSM's zijn verboden.
- Zorg ervoor dat u de antwoorden correct aanstipt! Gebruik de hokjes als klad en stip dan pas je antwoord aan.
- Vergeet uw identiteitskaart en toelatingsbrief niet!
- Neem de infobrochure nog eens door voor het examen.
- Bekijk goed de formularia op voorhand dat u geen onnodige dingen van buiten leert. Leg het naast u tijdens het maken van de oefeningen
- Bij een multiple choice examen is het statistisch gezien aan te raden 75% van de vragen in te vullen. Indien u twijfelt tussen twee opties is het aangewezen om te gokken. Uiteraard is weten beter dan gissen...

# Deel I: Biologie

Bij Biologie is het belangrijk om feitjes te leren. Een paar tips daarbij:

- Maak een lijst van begrippen die u nog niet kent. Oefen die met behulp van flashcards; die kunt u op papier maken of invoeren op een website als [cram.com](https://cram.com) of [quizlet.com](https://quizlet.com) (handige sites om in een verloren minuutje op de telefoon even te oefenen!).
- Sta uitgebreid stil bij de afbeeldingen. Veel van wat er in de tekst staat, vindt u terug in de afbeeldingen. Een goede manier om te testen of u de stof beheerst, is om zoveel mogelijk stof na te vertellen aan de hand van de afbeeldingen.
- Belangrijke onderdelen die in de regel uitgebreid op het examen aan bod komen zijn:
  - Celorganellen (Hoofdstuk 2)
  - Celdelingen (Hoofdstuk 2)
  - Stofwisseling (Hoofdstuk 3)
  - Voortplanting en ontwikkeling (hoofdstuk 8)
- Neem de stof per hoofdstuk door en leer direct. De verwerkingsopgaven aan het eind van ieder hoofdstuk kunnen helpen overzicht te krijgen over de stof.
- Maak na het bestuderen van de stof de oefenopgaven in hoofdstuk 12.
- Oefen daarna met de examens van vorig jaar op [toelatingsexamenartstandarts.be](https://toelatingsexamenartstandarts.be).

## 2 Cellen

In dit hoofdstuk staan de volgende leerdoelen uit het leerstofoverzicht van KIW centraal:

De eukaryote cel: bouw en de functie van de celorganellen

- lichtmicroscopische bouw van dier- en plantencel
- elektronenmicroscopische bouw van dier- en plantencel:
  - bouw en functie van celorganellen en -structuren: kern, plastiden, mitochondriën, endoplasmatisch reticulum, Golgi-apparaat, lysosomen, ribosomen, celmembraan, cytoskelet (microfilamenten, microtubuli), centriolen, celwand, vacuole
  - eenheidsmembraan: bouw en functie
  - verschil tussen dier- en plantencel
- uitwisseling van stoffen tussen cel en milieu
  - passief transport: diffusie, osmose
  - actief transport: transport van stoffen tegen een concentratiegradiënt
  - endo- en exocytose

### 2.1 Bouw van cellen

Alle organismen bestaan uit één of meerdere cellen. Daarbij onderscheiden we vier typen cellen:

**Prokaryote cellen** zijn zeer eenvoudig gebouwd en hebben geen celkern. Komen voor in bacteriën.

**Eukaryote cellen** zijn cellen met een celkern en andere onderdelen. Daar zijn drie typen van:

- Dierlijke cellen
- Plantaardige cellen
- Schimmelcellen

In dit hoofdstuk behandelen we de bouw van dierlijke en plantencellen. Deze zijn ongeveer 50 µm groot (0,05 mm). De precieze grootte van deze cellen kan wel aanzienlijk verschillen, denk bijvoorbeeld aan een

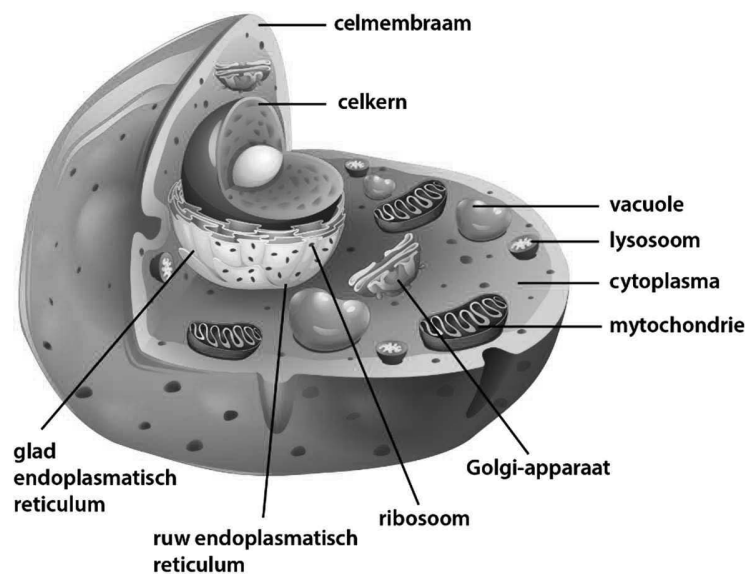


kippenei, zenuwcel of spiervezel. Cellen zijn nog te zien met een lichtmicroscop (100 nm – 1 mm), de meeste celstructuren zijn alleen zichtbaar met een elektronenmicroscop (0,1 nm – 50 µm).

## 2.2 Celorganellen en hun functie

De cel is te vergelijken met een fabriek. Zoals in een fabriek elke machine zijn eigen taak heeft, heeft de cel onderdelen die elk hun eigen taak hebben, de organellen. We zetten de organellen hieronder op een rij.

### Organellen in dierlijke cellen



Figuur 1 Een dierlijke cel met organellen

In dierlijke cellen tref je de volgende organellen aan:

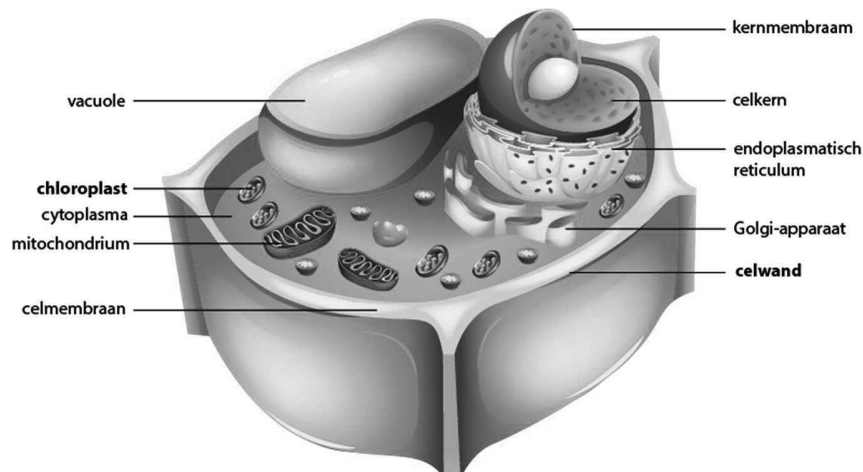
- **De celmembraan**, ook wel eenheidsmembraan genoemd. De celmembraan vormt de buitenzijde van de cel en houdt de onderdelen van de cel bij elkaar. Verderop bespreken we de celmembraan uitgebreider.
- **De celkern**, met daarin de genetische informatie, die als pakketjes DNA verpakt is in chromosomen. De celkern is omgeven door de kernmembraan, die net zo gebouwd is als de celmembraan, met daarin poriën waardoor RNA en eiwitten de celkern in en uit kunnen. In de kern wordt de eiwitsynthese gereguleerd.
- **De ribosomen**, kleine bolletjes die verantwoordelijk zijn voor de eiwitsynthese. Ze bestaan uit ribosomaal RNA en eiwitten. Ze zitten deels gebonden op het endoplasmatisch reticulum en liggen deels los in het cytoplasma.
- **Het endoplasmatisch reticulum (ER)**, een netwerk van membranen dat tegen de celkern aanligt. Binnen die membranen vormen een soort zakken, die met elkaar in verbinding staan. We onderscheiden twee typen:
  - **Het ruw endoplasmatisch reticulum**; dit lijkt ruw doordat er ribosomen op liggen. Dit deel van het ER is belangrijk voor de eiwitsynthese. Daar komen we later op terug.

- **Het glad endoplasmatisch reticulum**, waar geen ribosomen op liggen. Dit is belangrijk bij de vorming van bouwstoffen van membranen.
- **Het Golgi-apparaat**, dat het distributiecentrum van de cel vormt. Hier worden eiwitten verpakt om naar buiten de cel te versturen. Eventueel worden eerder gevormde eiwitten hier nog enigszins gewijzigd.
- **Lysosomen**, een soort blaasjes, omgeven door een membraan, met daarin verterende enzymen. Het lysosoom breekt grote moleculen af (proteïnen, nucleïnezuren en lipiden bijvoorbeeld) en oude celorganellen, maar ook vreemde stoffen zoals bacteriën en viruspartikels. De opname gaat via endocytose (zie paragraaf 2.3). Lysosomen ontstaan door afsnoering van het Golgi-apparaat. Het zijn dus blaasjes die zijn ontstaan uit het Golgi-apparaat.
- **Mitochondriën**, die verantwoordelijk zijn voor de energievoorziening in de cel. Bijzonder is dat mitochondriën hun eigen DNA hebben, dat anders is dan het DNA in de celkern.
- **Het cytoskelet**. Dit netwerk van eiwitvezels houdt de celvorm in stand; het zijn als het ware de steunpilaren van de cel. Het houdt ook de organellen op hun plek en helpt bij het transport van materialen door de cel. We onderscheiden twee typen eiwitvezels in de cel: microfilamenten die belangrijk zijn voor het samentrekken en voortbewegen van de cel, en microtubuli die belangrijk zijn voor organisatie en transport in de cel.
- **Vacuolen**, blaasjes waarin stoffen opgeslagen kunnen worden. In dierlijke cellen komen kleine vacuolen voor, bijvoorbeeld vetvacuolen. In plantaardige cellen komen grote vacuolen voor, waarin water en reservestoffen liggen opgeslagen.

De cel is verder opgevuld met cytoplasma, een vloeistof dat voornamelijk uit water en zouten bestaat. Daarin liggen ook de bouwstoffen die de cel nodig heeft bij processen, zoals eiwitten, aminozuren en suikers.

### Organellen in plantaardige cellen

Plantaardige cellen bevatten vrijwel alle organellen die dierlijke cellen ook bevatten (zie Figuur 2).



Figuur 2 Plantaardige cel

Een aantal verschillen:

- **Plantencellen hebben geen lysosomen.** De vacuole, die in plantencellen heel groot is, neemt de afbreekfunctie van de lysosomen over.
- **Plantencellen hebben grote vacuolen.** Naast de functie voor opslag en afbraak van stoffen, spelen vacuolen ook een rol in de stevigheid van de plantencel.
- **Plantencellen hebben een celwand.** Deze zit om de celmembraan heen. De celwand is poreus; de meeste stoffen kunnen er gewoon doorheen. Maar als de plantencel opzwellt doordat hij veel water opneemt, zorgt de celwand ervoor dat de cel niet knapt.
- Plantencellen bevatten **plastiden**: korrels met daarin kleurstoffen of zetmeel. We onderscheiden verschillende plastiden:
  - **Chloroplasten** of bladgroenkorrels, met groene pigmenten. Hierin vindt de fotosynthese plaats. Net als mitochondriën hebben ze hun eigen DNA.
  - **Chromoplasten** of kleurstofkorrels. Deze bevatten rode of gele kleurstof en zijn verantwoordelijk voor de kleur van sommige bloemen en vruchten. Een tomaat bijvoorbeeld is eerst groen door chloroplasten, die tijdens het rijpen steeds meer vervangen worden door chromoplasten, waardoor hij zijn rode kleur krijgt.
  - **Amyloplasten** of zetmeelkorrels. Deze bevatten zetmeel als reservestof voor de plant. Ze zijn bijvoorbeeld in aardappels aan te treffen. Deze plastiden zijn kleurloos.

### Overzicht verschil plantencel en dierlijke cel

Plantencellen en dierlijke cellen lijken op het eerste gezicht dus op elkaar. Toch verschillen ze in het voorkomen van bepaalde organellen en is de celbegrenzing verschillend. De belangrijkste verschillen zijn in Tabel 1 op een rij gezet.

Tabel 1 Verschillen tussen plantencellen en dierlijke cellen.

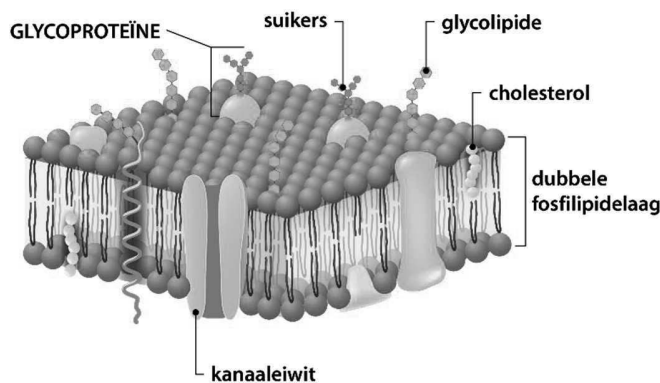
Aanwezigheid van	plantencel	dierlijke cel
celwand	wel	niet
vacuole	grote vacuole	alleen kleine vacuolen
chloroplasten (bladgroenkorrels)	wel	niet

## 2.3 Transport over de celmembraan

De celmembraan (of eenheidsmembraan) is de buitenrand van de dierlijke cel. Ook plantencellen hebben een celmembraan, met daaromheen nog een celwand. De celmembraan kan selectief stoffen doorlaten. In deze paragraaf bespreken we eerst de bouw van die membraan. Daarna bekijken we hoe stoffen de celmembraan kunnen passeren.

### Bouw van de celmembraan

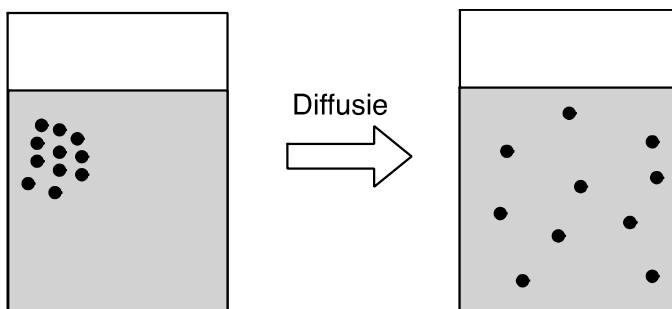
De celmembraan bestaat uit een **dubbele fosfolipidenlaag** (vetrijk) (zie Figuur 3). Fosfolipiden zijn vetachtige stoffen, met een **hydrofiële** (wateraantrekkende) **kop** en een **hydrofobe** (waterafstotende) **staart**. De hydrofobe staarten richten zich naar elkaar toe, waardoor een laag vet ontstaat waar water niet doorheen kan. Dit vormt geen statisch geheel, maar is flexibel, zoals de wand van een zeepbel flexibel is. **Cholesterol** stabiliseert het membraan. Uit de celmembraan steken suikers en vetten die een functie hebben als signaalmolecuul (glycoproteïnen en glycolipiden). Ook bevat de celmembraan **eiwitten**, voor verschillende doeleinden: receptoreiwitten die signalen uit de omgeving opvangen (glycoproteïnen) en kanaaleiwitten, die een rol spelen bij het transport van stoffen door de celmembraan. Tot slot bevat de celmembraan suikers (**polysachariden**) die belangrijk zijn in herkenning van de cel en auto-immuniteit.



Figuur 3 De celmembraan

### Diffusie

Iedere stof heeft de neiging zichzelf evenredig te verspreiden over de beschikbare ruimte (thee verspreidt zich door een glas heet water, geur verspreidt zich over de hele ruimte, etc). Dit heet **diffusie** (zie Figuur 4).



Figuur 4 Diffusie is het verspreiden van een stof over de ruimte; dit gebeurt zowel in de lucht als in een vloeistof.

Als de concentratie van een bepaalde stof, bijvoorbeeld zuurstof, buiten de cel hoger is dan in de cel, zal de zuurstof van de plaats met hoge concentratie zich verplaatsen naar de plaats met de laagste concentratie,

tot de concentratie aan beide zijden gelijk is. Dit gebeurt bijvoorbeeld in de longen bij ademhaling, waarbij zuurstof vanuit de longen naar het zuurstofarme bloed diffundeert.

De celmembraan scheidt stoffen buiten en binnen de cel van elkaar. Kleine moleculen, zoals zuurstof en koolstofdioxide, kunnen echter wel door deze membraan heen diffunderen. Andere stoffen, zoals glucose en geladen ionen zoals natrium-, kalium- en chloride-ionen, kunnen alleen door de celmembraan verplaatsen als er een transporteiwit aanwezig is dat een kanaal door de membraan vormt waar deze stoffen doorheen kunnen. Verplaatsing gaat dan altijd naar de plaats met de laagste concentratie. Deze vorm van transport kost geen energie en heet daarom **passief transport**.

### **Passief transport van water: osmose**

Ook water kan door passief transport verplaatsen naar de plaats met de laagste concentratie waterdeeltjes (dus met de hoogste concentratie opgeloste stoffen). Diffusie van water heet ook wel **osmose**.

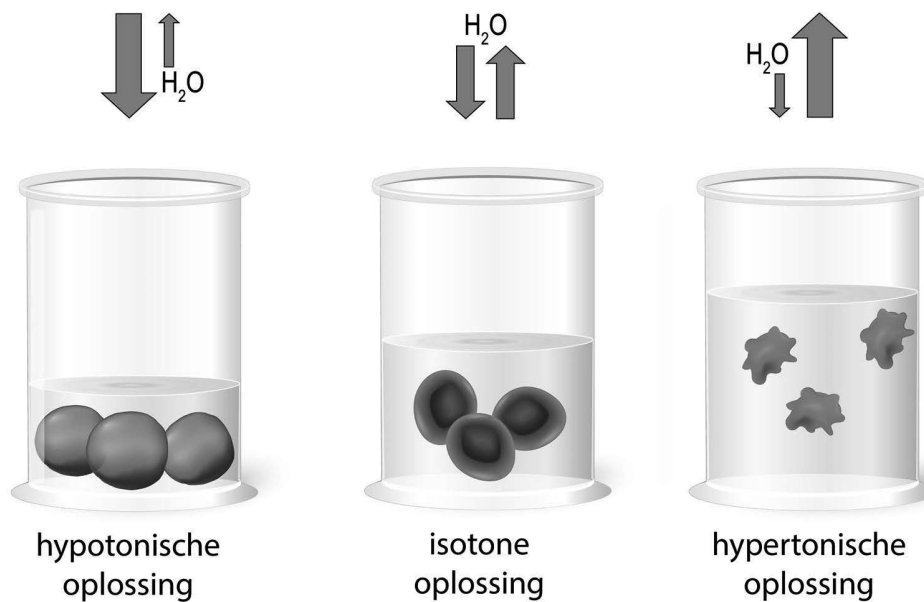
Veel processen in het lichaam worden mogelijk gemaakt door osmose: zo nemen we vocht in het bloed op door osmose en scheiden we vocht uit via urine door osmose. Het is dan ook belangrijk dat de concentratie opgeloste stoffen in het bloed redelijk constant is. Is dat niet het geval, dan kan vochtophoping in de weefsels ontstaan (oedeem).

Osmose is ook in planten een belangrijk proces. De vacuolen in planten bevatten relatief veel opgeloste stoffen. Daardoor nemen plantencellen water op in hun vacuolen. De vacuole zwelt op, en de hele cel wordt groter, totdat de celmembraan tegen de celwand drukt. Hierdoor worden de planten stevig; de steel strekt zich uit. Zo kunnen kruidplanten rechtop staan.

Een zout milieu is voor cellen dan ook een probleem; de hoge concentratie zouten opgelost in de omgeving onttrekt vocht aan de cellen (denk aan zout op slakken). Alleen organismen die daarop zijn aangepast en bijvoorbeeld water actief naar buiten kunnen pompen, kunnen een zout milieu overleven.

Voor osmose zijn de volgende begrippen belangrijk:

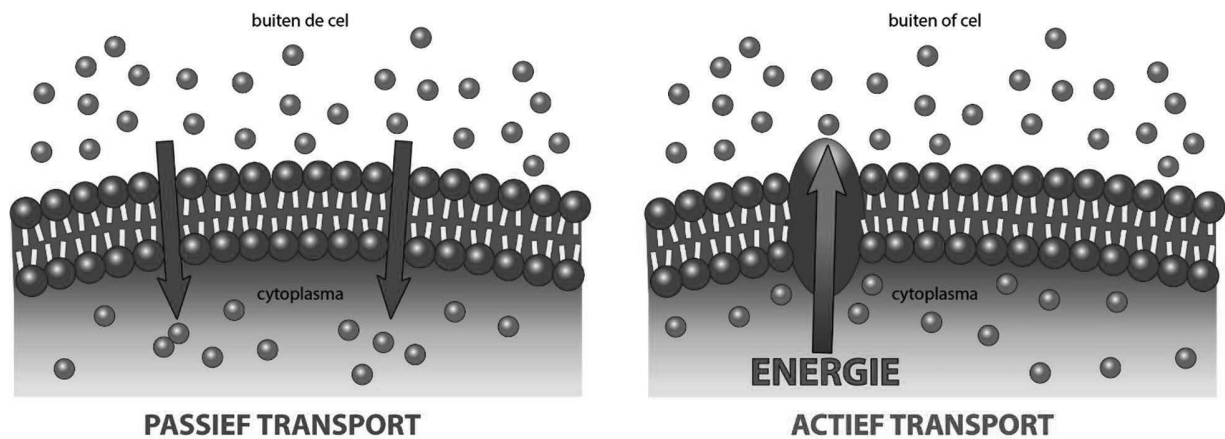
- **Osmotische waarde:** hoe hoger de osmotische waarde, hoe hoger de hoeveelheid opgeloste stoffen ten opzichte van de omgeving, dus hoe meer water naar die plaats toe zal gaan.
- **Isotoon:** dezelfde osmotische waarde als de omgeving. Er vindt dus geen nettoverplaatsing van water plaats.
- **Hypertoon:** een hoge osmotische waarde. Een cel in een hypertone oplossing zal water afgeven aan zijn omgeving. De cel krimpt hierdoor (let op: er kan ook gesproken worden over een hypertone ccel; in dat geval is de osmotische waarde in de cel juist hoog en zal de cel water uit de omgeving opnemen).
- **Hypotoon:** een lage osmotische waarde ten opzichte van de omgeving. Een cel in een hypotone oplossing zal water opnemen. Heeft de cel geen celwand (dierlijke cel), dan zal de cel uiteindelijk "ontploffen". Een hypotone cel zal juist water aan de omgeving afgeven, omdat in dat geval de osmotische waarde van de omgeving juist hoger is dan de osmotische waarde in de cel. Lees de informatie bij een vraag dus nauwkeurig!



Figuur 5 Osmose in een bloedcel, bij hypotone, isotone en hypertone oplossing. Hoe dikker de pijl, hoe meer water er die richting op stroomt (omhoog = uit de cel, omlaag = in de cel).

### Actief transport van stoffen

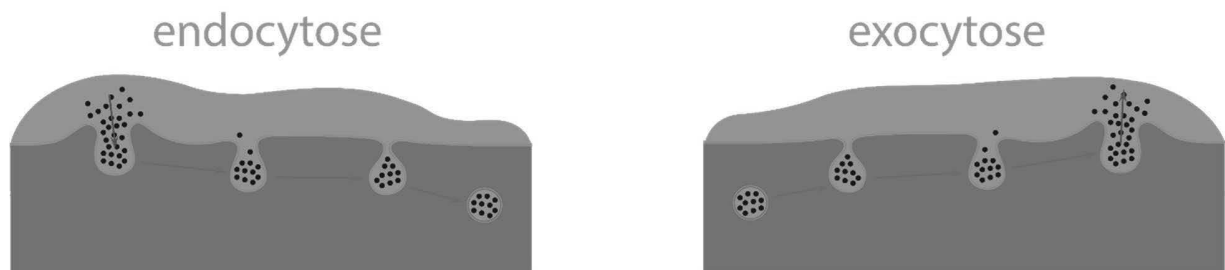
Als er stoffen de cel uit verplaatst moeten worden, maar de concentratie van die stof is buiten de cel al groter dan in de cel, kan verplaatsing niet plaatsvinden door passief transport. Daarom bevat een cel vaak eiwitpoorten die met behulp van energie uit ATP actief stoffen de cel uit kunnen pompen. Dit **actief transport** kost dus energie en gaat van een plaats met een lage concentratie van een stof naar een plaats met een hoge concentratie van die stof.



Figuur 6 Passief transport verloopt van een hoge naar een lage concentratie en kost geen energie. Bij actief transport gaan stoffen naar de plek met de hoogste concentratie. Dit kost wel energie.

### Endocytose en exocytose

Als stoffen niet door eiwitpoorten of via diffusie de celdembraan kunnen passeren, kan ook endocytose en exocytose plaatsvinden. Hierbij worden deeltjes van buiten de membraan door de membraan omsloten. Aan de andere kant van de cel laat de celdembraan de deeltjes weer los (zie Figuur 7). Als stoffen op deze manier de cel binnenkomen, heet dit **endocytose**. Als stoffen op deze manier de cel verlaten is dat **exocytose**. Endocytose en exocytose gebeuren ook binnen de cel, als lysosomen afvalstoffen opnemen of als het golgisyteem eiwitten afgeeft voor buiten de cel.



Figuur 7 Endocytose en exocytose

## 2.4 Verwerkingsopgaven

De antwoorden op deze opgaven zijn te vinden op pagina 578.

1 Noteer de functie van de volgende organellen:

- a. ribosomen
- b. endoplasmatisch reticulum
- c. Golgi-apparaat
- d. mitochondriën
- e. lysosomen

2. Noteer vier verschillen tussen plantaardige en dierlijke cellen.

3. Noteer van de volgende stoffen op welke wijze ze de celmembraan kunnen passeren:

- a. vetten
- b. ionen
- c. zouten
- d. water
- e. eiwitten

4. In een cel is de zoutconcentratie lager dan in de omgeving. Wat gebeurt er met het volume van deze cel?

5. Een cel is hypertoon ten opzichte van zijn omgeving. Gaat er netto dan vooral veel water de cel in of uit, of geen van beiden?



## 3 Stofwisseling en energie

In dit hoofdstuk staan de volgende leerdoelen uit het leerstofoverzicht van KIW centraal:

Stofwisseling en energetische omzettingen in de eukaryote cellen en organismen

- Chemische stoffen
  - belang van water, mineralen en ionen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  en  $\text{Cl}^-$ )
  - moleculaire bouw en functie van sachariden, lipiden, proteïnen, nucleïnezuren
- Energetische omzettingen in de cel
  - celmetabolisme: cellulaire vertering, fotosynthese en aerobe en anaerobe celademhaling
  - rol van enzymen
  - rol van ATP

### 3.1 Chemische samenstelling van organismen

#### Belang van water en mineralen voor de cel

Water is het hoofdbestanddeel van het menselijk lichaam. Bij mannen is dat ongeveer 60% van het gewicht, bij vrouwen 55%. Dat percentage hangt af van de spiermassa, omdat spieren driemaal zo veel vocht bevatten als vet. Dit water zit in diverse organen en in het bloed en is eigenlijk ons belangrijkste voedingsmiddel. Bij onze lichaamsfuncties speelt water een vitale rol.

Vocht is in het lichaam voor allerlei processen nodig:

- warmteregeling
- transport van stoffen (bloed en lymfe)
- oplossen van voedingsstoffen in het verteringsstelsel
- bescherming tegen schokken (hersenen, ogen en ruggenmerg)
- glijmiddel (in gewrichten en spieren)
- geleiding van geluid in de oren

Daarnaast bevat water mineralen die essentieel zijn voor de zouthuishouding (elektrolytenbalans) in het lichaam. Bovendien zijn ze belangrijk voor het opwekken van een membraanpotentiaal (verschil in lading

binnen en buiten de cel) in spiercellen en zenuwcellen. In Tabel 2 zijn de meest voorkomende mineralen opgenomen. Een mineraal opgelost in water vormt een ion. Deze ionen zijn ook in Tabel 2 aangegeven.

Tabel 2 De meest voorkomende mineralen in het lichaam en de ionen zoals ze opgelost zijn in water.

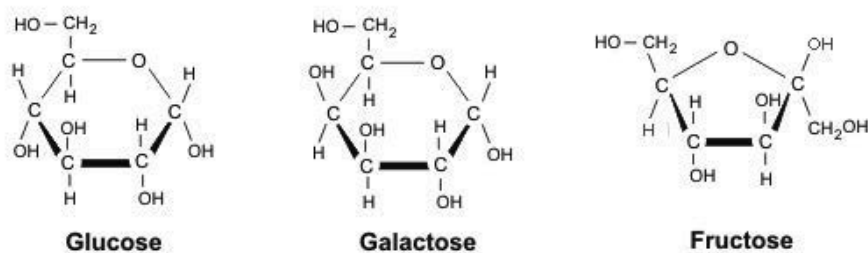
Mineraal	Als ion opgelost in water
Natrium	Na <sup>+</sup>
Kalium	K <sup>+</sup>
Calcium	Ca <sup>2+</sup>
Magnesium	Mg <sup>2+</sup>
Fosfor	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Ijzer	Fe <sup>2+</sup>
Chloor	Cl <sup>-</sup>

Cellen bestaan behalve uit water en mineralen voor een belangrijk deel uit organische stoffen. **Organische stoffen** zijn alle stoffen waar koolstof- en waterstofatomen inzitten (uitgezonderd NaHCO<sub>3</sub> (baksoda) en andere zouten met HCO<sub>3</sub>). Daarnaast bevatten ze vaak zuurstof en elementen zoals fosfor, zwavel en stikstof. Organische stoffen komen alleen voor in organismen (niet in niet-levende natuur zoals stenen en water) en worden door organismen gebruikt als energiebron. Voorbeelden zijn sachariden (koolhydraten), lipiden (vetten), proteïnen (eiwitten) en nucleïnezuuren (DNA en RNA). Deze stoffen zullen we hierna in meer detail bespreken. Koolhydraten, eiwitten, vetten, DNA en RNA zijn polymeren; stoffen die bestaan uit een keten van andere, kleinere moleculen, de monomeren.

### Chemische structuur en belang van sachariden

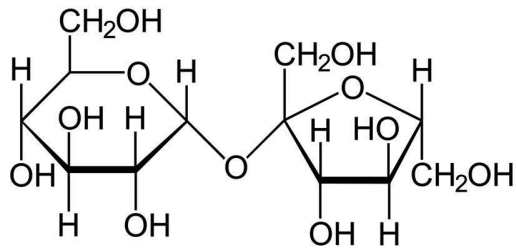
Een andere naam voor **sachariden** is suikers of **koolhydraten**. Bekende koolhydraten zijn glucose, dextrose, cellulose en amylose (zetmeel). Er zijn drie typen sachariden: monosachariden, disachariden en polysachariden.

- **Monosachariden** zijn de kleinste sachariden; ze bestaan uit één koolstofring (zie Figuur 8). De meest voorkomende monosacharide is glucose. De monosachariden, met name glucose, zijn de belangrijkste brandstof voor cellen. De energie uit glucose kan tijdens de cellulaire ademhaling (verbranding) omgezet worden in energierijke verbindingen, zodat het lichaam de energie beschikbaar heeft voor processen.



Figuur 8 Enkele belangrijke monosachariden

- **Disachariden** bestaan uit twee monosachariden die aan elkaar zijn gekoppeld door een glycosidische verbinding. Dat is een covalente verbinding die gevormd wordt in een condensatiereactie (ook wel dehydratie; een reactie waarbij water afsplitst. Dit wordt in het chemiedeel verder behandeld). De meest voorkomende disacharide is sucrose (de gewone tafelsuiker, zie Figuur 9). Deze bestaat uit de monosachariden glucose en fructose. Een ander bekende disacharide is lactose, de suiker die aanwezig is in melk en bestaat uit een verbinding van glucose en galactose.



Figuur 9 Sucrose

- **Polysachariden** zijn zeer grote (lange) verbindingen van honderden tot duizenden monosachariden, verbonden door glycosidische verbindingen. Polysachariden kunnen twee functies hebben: ze dienen ofwel als reserve en worden later afgebroken in kleinere deeltjes of zoals zetmeel en glycogeen voor energie in de cel, ofwel ze dienen als structurelement.

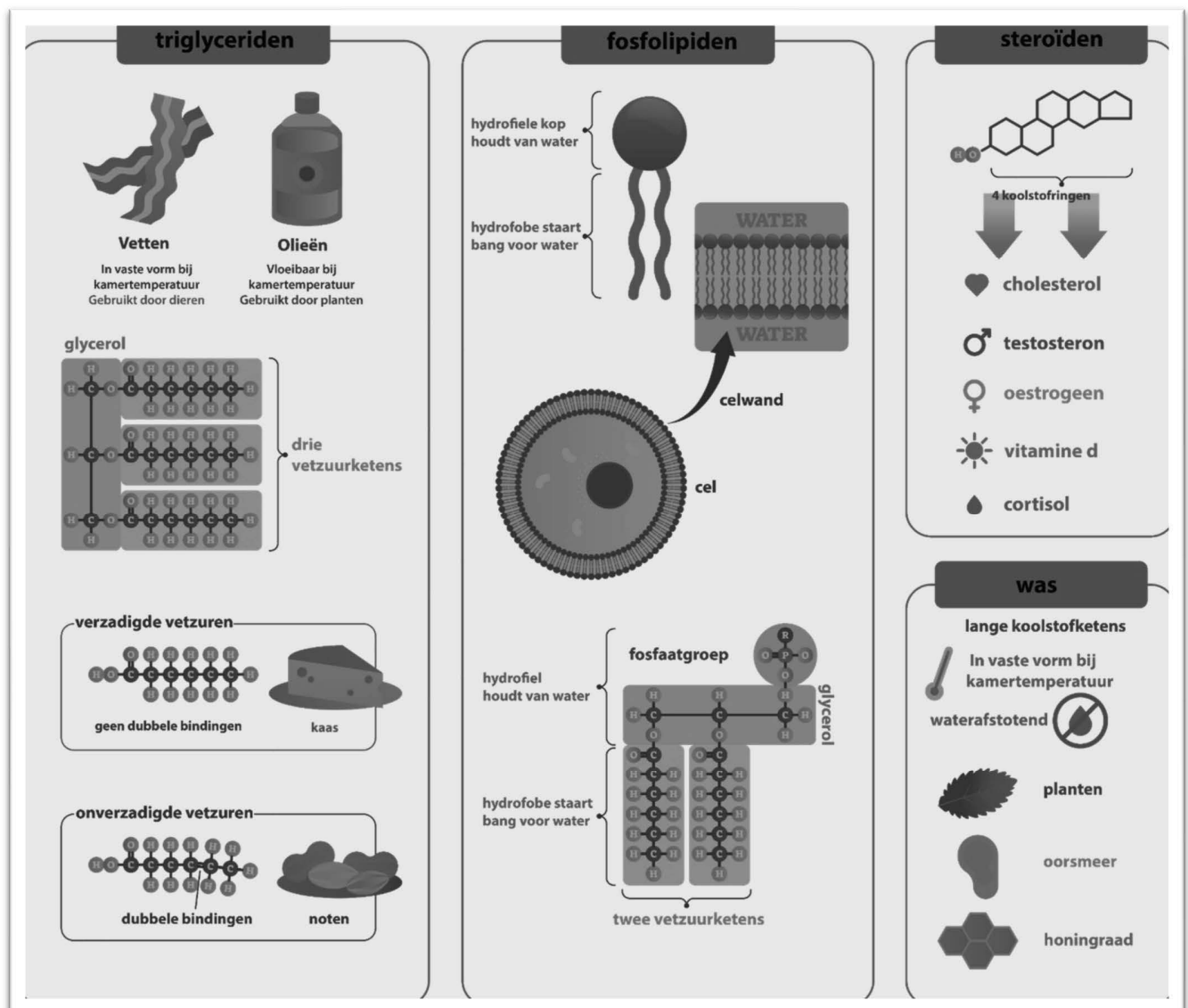
Een aantal voorbeelden van polysachariden:

- **Zetmeel** is een opslagvorm van glucose in planten. Al deze glucose monosachariden zijn dus door middel van glycosidische verbindingen met elkaar verbonden. Zetmeel wordt bijvoorbeeld opgeslagen in vacuolen.
- **Glycogeen** is de opslagvorm van glucose bij dieren. Bij de mens wordt de grootste hoeveelheid van het glycogeen opgeslagen in de lever.
- **Cellulose** wordt in planten als structureel element gebruikt voor bijvoorbeeld de celwand. Cellulose bestaat ook enkel uit glucose, maar de verbindingen tussen de monosachariden zijn anders gevormd.

### Chemische structuur en belang van lipiden

**Lipiden** (vetten) zijn grote moleculen die door hun chemische samenstelling en structuur (deels) waterafstotend zijn (zie Figuur 10). De biologisch meest belangrijke lipiden zijn:

- **Fosfolipiden** (bouwstof van celmembranen)
- **Cholesterol** (belangrijk voor stabiliteit van de celmembraan)
- **Triglyceriden** (vetvoorraad van het lichaam)
- **Steroïden** (hormonen, bijvoorbeeld cortisol, testosteron en progesteron)



Figuur 10 Overzicht van de belangrijkste typen vet

Lipiden kunnen ook gebruikt worden als energievoorraad. Ze vormen de grootste energievoorraad in het menselijk lichaam. Deze energievoorraad wordt echter pas als laatste aangesproken: bij fysieke inspanning wordt eerst het beschikbare creatinefosfaat gebruikt, dan glucose en glycogeen en dan pas de lipiden. Bij langdurig vasten zijn lipiden een belangrijke energiebron.

Voordat het lichaam de triglyceriden als energiebron kan gebruiken, worden deze omgezet in glycerol en vrije vetzuren die dan kunnen worden gebruikt voor ATP-productie. Een **triglyceride** bestaat dus uit een glycerol, dat een driewaardig alcohol is (3 OH-groepen) en vetzuren, dit zijn koolstofketens met een eindstandig COOH. De vetzuren zijn verbonden door esterverbindingen met het glycerol.