

20 Biofysica

vwo

20.1 Vloeistof

Druk in een vloeistof of gas

- 1** a Hoe groot is de druk in deze slagader. Verwaarloos drukverandering vanwege het stromen van bloed.
- $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow \Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$
 - $\Delta p = 1060 \cdot 9,81 \cdot 0,45 = 4,67937 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
 - $\Delta p = p_{\text{hart}} - p_{\text{hersenen}} \rightarrow 4,67937 \cdot 10^3 = 1,6 \cdot 10^4 - p_{\text{hersenen}}$
 - $p_{\text{hersenen}} = 1,6 \cdot 10^4 - 4,67937 \cdot 10^3 = 1,132063 \cdot 10^4 = 1,1 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- 2** a Hoe groot is de waterdruk op een diepte van 4,0 km?
- $\rho = 1024 \text{ kg m}^{-3} \mid h = 4000 \text{ m} \mid p = \dots \text{ Nm}^{-2}$
 - $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow p = 1024 \cdot 9,81 \cdot 4,0 \cdot 10^3 = 4,018 \cdot 10^7 = 4,0 \cdot 10^7 \text{ Pa}$
- b Hoe groot is de totale druk op een diepte van 4,0 km in bar?
- waterdruk is $4,018 \cdot 10^7 \text{ Pa} = 401,8 \text{ bar}$
 - totale druk is $401,8 + 1 = 402,8 = 4,0 \cdot 10^2 \text{ bar}$
- 3** a Bereken de vloeistofdruk van hyperion bij de grond.
- $h = 115,6 \text{ m} \mid \rho = 1,024 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \mid p = \dots \text{ Pa}$
 - $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow \Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$
 - $p = 1,024 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 115,6 = 1,16125 \cdot 10^6 = 1,16 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
- b Hoeveel bar is dit?
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
 - $1,16 \cdot 10^6 \text{ Pa} = \frac{1,16 \cdot 10^6}{10^5} = 11,6 \text{ bar}$

4^{***} a Hoe groot is de bovendruk bij de kop van een giraf als hij eet en als hij drinkt?

- $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow \Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$
- $\Delta p = 1060 \cdot 9,81 \cdot 2,5 = 2,59965 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- $1 \text{ mm Hg} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
- $2,59965 \cdot 10^4 \text{ Pa} = \frac{2,59965 \cdot 10^4}{1,33322 \cdot 10^2} = 1,9499 \cdot 10^2 = 195 \text{ mm Hg}$
- eten $\rightarrow p_{\text{kop}} = p_{\text{hart}} - \Delta p \rightarrow p_{\text{kop}} = 300 - 195 = 105 \text{ mm Hg}$
- drinken $\rightarrow p_{\text{kop}} = p_{\text{hart}} + \Delta p \rightarrow p_{\text{kop}} = 300 + 195 = 495 \text{ mm Hg}$

b Leg uit waarom deze kleppen noodzakelijk zijn bij het eten.

- bij het eten is de bloeddruk in de kop 195 mm Hg lager dan in het hart
- het hart heeft een onderdruk van 180 mm Hg
- zonder kleppen zou het bloed terugstromen tijdens een hartslag

De wet van Archimedes

De wet van Pascal

5^{***} a Hoeveel kracht oefent de vloeistof bij de opening van de naald uit?

- $A_{\text{zuiger}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad | \quad A_{\text{naald}} = 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \quad | \quad F_{\text{zuiger}} = 5,0 \text{ N}$
- zuiger: $p = \frac{F}{A} \rightarrow p_{\text{zuiger}} = \frac{5}{1,0 \cdot 10^{-4}} = 5,0 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- Pascal: $p_{\text{zuiger}} = p_{\text{naald}}$
- naald: $p_{\text{naald}} = \frac{F_{\text{naald}}}{A_{\text{naald}}} \rightarrow 5,0 \cdot 10^4 = \frac{F_{\text{naald}}}{1,0 \cdot 10^{-8}} \rightarrow F_{\text{naald}} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

Oppervlaktespanning

6^{****} a Toon dit aan.

- oppervlakte cirkel: $A = \pi \cdot r^2$
- oppervlakte bol: $A = 4\pi \cdot r^2 \rightarrow$ halve bol: $A = 2\pi \cdot r^2$
- verschil: $\Delta A = 2\pi \cdot r^2 - \pi \cdot r^2 = \pi \cdot r^2$
- zes poten: $\Delta A = 6\pi \cdot r^2$

b Toon dit aan.

- afname van zwaarte-energie: $E_z = m \cdot g \cdot h$ met $h = r$

- toename van oppervlakte-energie: $E_{\text{opp}} = \gamma \cdot \Delta A \rightarrow E_{\text{opp}} = \gamma \cdot 6\pi \cdot r^2$
- behoud van energie: $E_z = E_{\text{opp}} \rightarrow m \cdot g \cdot r = \gamma \cdot 6\pi \cdot r^2 \rightarrow r = \frac{m \cdot g}{6\pi \cdot \gamma}$

c Bereken de minimale diameter van een poot van een schaatsenrijder in mm.

- $m = 30 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \mid \gamma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-1} \mid r = \dots \text{ m}$
- $r = \frac{m \cdot g}{6\pi \cdot \gamma}$
- $r = \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{6\pi \cdot 73 \cdot 10^{-3}} = 2,13878 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
- $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2 \cdot 2,13878 \cdot 10^{-4} = 4,27756 \cdot 10^{-4} = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,43 \text{ mm}$

Capillaire werking

7***

a Bereken hoe hoog water op deze manier omhoog kan worden gebracht.

- $p_{\text{lucht}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \mid \rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \mid h = \dots \text{ m}$
- $p = \rho \cdot g \cdot h$
- $1,0 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot \Delta h \rightarrow \Delta h = 10,19 \text{ m}$
- luchtdruk kan water maximaal 10 m omhoog brengen

b Hoe groot mag de diameter van xyleemvaten in het blad maximaal zijn als water met capillaire druk 30 meter omhoog moet worden gebracht.

- $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \mid h = 30 \text{ m} \mid p = \dots \text{ Pa}$
- $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow p = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 30 = 2,943 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $p = p_{\text{lucht}} + p_{\text{cap}} \rightarrow 2,943 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 + p_{\text{cap}} \rightarrow p_{\text{cap}} = 1,943 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $p_{\text{cap}} = \frac{2\gamma}{r}$
- $1,943 \cdot 10^5 = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{r} \rightarrow r = 7,51415 \cdot 10^{-7} = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
- $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 7,51415 \cdot 10^{-7} = 1,50283 \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m} \text{ (1,5 } \mu\text{m)}$

20.2 Vloeistof in beweging

Behoud van massa en van energie

- 1** a Hoeveel liter bloed stroomt er per minuut door deze ader?
- $A = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ | $v = 0,30 \text{ m/s}$ | $Q = \dots \text{ m}^3/\text{s}$
 - $Q = A \cdot v \rightarrow Q = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,3 = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
 - $V = Q \cdot t \rightarrow V = 4,5 \cdot 10^{-5} \cdot 60 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 - $V = 2,7$ liter per minuut
- 2** a Bereken het massadebiet in kg/s.
- 0,90 liter = $9,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ vloeistof in 6,0 uur $\rightarrow 9,0 \cdot 10^{-4} \cdot 1030 = 0,927 \text{ kg}$ in 6,0 uur
 - per seconde: $\frac{0,927}{6 \cdot 60 \cdot 60} = 4,29167 \cdot 10^{-5} = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ kg s}^{-1}$
- 3*** a Wat is de verhouding tussen de effectieve diameters van de halsslagader op deze twee plaatsen?
- continuïteitsvergelijking: $m_1 = m_2 \rightarrow \rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$
 - $\rho_1 = \rho_2 \rightarrow A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$
 - $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$
 - $\frac{A_1}{A_2} = \frac{2,5 \cdot v_1}{v_1} = 2,5$
 - $\frac{\pi \cdot r_1^2}{\pi \cdot r_2^2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = 2,5 \rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{2,5} = 1,58 = 1,6$
- 4**** a Geef de eenheid van R voor vloeistof uitgedrukt in basiseenheden.
- $\Delta p = Q \cdot R$
 - eenheden invullen: $\text{Pa} = \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot [\text{R}]$
 - $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \rightarrow \text{N} \cdot \text{m}^{-2} = \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot [\text{R}] \rightarrow [\text{R}] = \text{N} \cdot \text{m}^{-5} \cdot \text{s}$
 - $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \rightarrow [\text{R}] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-5} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$

b Controleer of $\Delta p \cdot Q \cdot t$ de eenheid van energie heeft. Vul daartoe de eenheden in.

- $[\Delta p] \cdot [Q] \cdot [t] = \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{s} = \text{Pa} \cdot \text{m}^3$
- $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^3 = \text{N} \cdot \text{m}$
- energie heft als eenheid Joule met $1 \text{J} = 1 \text{N} \cdot \text{m}$
- dus $\Delta p \cdot Q \cdot t$ heeft als eenheid joule (N·m) en heeft dus de eenheid van energie

Viscositeit

5*** a Hoe groot is het drukverschil over dit bloedvat?

HINT gebruik de vergelijking van Poisseuille

- $Q = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \mid \ell = 0,20 \text{ m} \mid r = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \mid \eta = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s}$
- $Q = \frac{\pi r^4 \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot \ell}$
- $2,0 \cdot 10^{-6} = \frac{\pi \cdot (2,0 \cdot 10^{-3})^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2} \rightarrow \Delta p = 2,22817 \cdot 10^2 = 2,2 \cdot 10^2 \text{ Pa}$

6**** a Bereken de diameter van de aorta.

- 5,4 liter per minuut \rightarrow debiet $Q = \frac{5,4 \cdot 10^{-3}}{60} = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$
- $Q = A \cdot v$ met $v = 0,20 \text{ m/s}$
- $9,0 \cdot 10^{-5} = A \cdot 0,2 \rightarrow A = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- $A = \pi \cdot r^2 \rightarrow 4,5 \cdot 10^{-4} = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = 1,19683 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- $d = 2 \cdot r \rightarrow d = 2,39365 \cdot 10^{-2} = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

b Leid deze formule af.

- $Q = \frac{\pi r^4 \cdot \Delta p}{8 \eta \cdot \ell} \rightarrow \Delta p = \frac{8 \eta \cdot \ell}{\pi r^4} \cdot Q$
- $Q = \frac{\text{volume}}{\text{seconde}} = \frac{A \cdot \Delta x}{t}$ met Δx de afstand die in één seconde wordt afgelegd
- $Q = A \cdot v$ met $A = \pi \cdot R^2$ geeft $Q = \pi \cdot R^2 \cdot v$
- $\Delta p = \frac{8 \eta \cdot \ell}{\pi r^4} \cdot Q \rightarrow \Delta p = \frac{8 \eta \cdot \ell}{\pi r^4} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v \rightarrow \Delta p = \frac{8 \eta \cdot \ell}{r^2} \cdot v$

c Bereken het drukverschil per mm in het haarvat in pascal en in mm Hg.

- $\eta = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa s} \mid L = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} \mid R = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ m} \mid v = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- $\Delta p = \frac{8 \eta \cdot L \cdot v}{R^2}$

- $\Delta p = \frac{8 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{(3,75 \cdot 10^{-8})^2} = 2,98667 \cdot 10^3 = 3,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
- $1 \text{ mm Hg} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
- $2,98667 \cdot 10^3 \text{ Pa} = \frac{2,98667 \cdot 10^3}{1,33322 \cdot 10^2} = 22,4019 = 22 \text{ mm Hg}$

d Leg uit waarom het hart meer wordt belast bij een verhoogde viscositeit

- $\Delta p = \frac{8\eta \cdot \ell \cdot v}{r^2}$
- om dezelfde snelheid van het bloed te behouden moet de bloeddruk toenemen
- de hartspier moet hiervoor meer kracht op het bloed uitoefenen

20.3 Gas in rust

Het meten van gasdruk

Ideaal en reëel gas

1** a Toon dit aan.

$$\bullet \frac{p \cdot V}{n \cdot T} = k_B \rightarrow p \cdot V = n \cdot k_B \cdot T \rightarrow \frac{n}{V} = C = \frac{p}{k_B \cdot T}$$

2*** a Hoeveel mol zuurstofmoleculen bevat de longen van een blauwe vinvis als hij net heeft ingeademd?

$$\bullet p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad | \quad T = 37 \text{ }^\circ\text{C} = 310 \text{ K} \quad | \quad V = 5,0 \text{ m}^3 \quad | \quad N = \dots$$

$$\bullet \frac{p \cdot V}{N \cdot T} = R \rightarrow N = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

$$\bullet N = \frac{1,0 \cdot 10^5 \cdot 5}{8,31446 \cdot 310} = 1,93988 \cdot 10^2 \text{ mol}$$

$$\bullet 21\% \text{ zuurstofmoleculen: } N = 0,21 \cdot 1,93988 \cdot 10^2 = 40,7374 = 41 \text{ mol}$$

3*** a Hoeveel mol zuurstof bevat 1,0 m³ lucht op deze hoogte?

$$\bullet p = 4,0 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad | \quad T = 10 \text{ }^\circ\text{C} = 283 \text{ K} \quad | \quad V = 1,0 \text{ m}^3 \quad | \quad N = \dots$$

$$\bullet \frac{p \cdot V}{N \cdot T} = R \rightarrow N = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

$$\bullet N = \frac{4,0 \cdot 10^4 \cdot 1}{8,31446 \cdot 283} = 16,9996 \text{ mol}$$

$$\bullet 21\% \text{ zuurstofmoleculen: } N = 0,21 \cdot 16,9996 = 3,56992 = 3,6 \text{ mol m}^{-3}$$

4*** a Bereken de gemiddelde molaire massa in kilogram per mol (kg/mol).

$$\bullet \text{ molmassa's: } N_2 \text{ 14 g/mol} \quad | \quad O_2 \text{ 16 g/mol} \quad | \quad Ar \text{ 40 g/mol}$$

$$\bullet \text{ gemiddeld: } 0,78 \cdot 28 + 0,21 \cdot 32 + 0,01 \cdot 40 = 28,96 = 29 \text{ g/mol} = 0,029 \text{ kg/mol}$$

b Bereken de luchtdruk op de top van de Mount Everest.

- $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ | $M = 0,02896 \text{ kg/mol}$ | $h = 8848 \text{ m}$ | $T = 263,15 \text{ K}$
- $p = p_0 \cdot e^{-Mgh/RT}$
- $p = 1,0 \cdot 10^5 \cdot e^{-0,02896 \cdot 9,818848 / (8,31446 \cdot 263)} = 1,0 \cdot 10^5 \cdot 0,317 = 3,17 \cdot 10^4 \text{ Pa}$

c Wie heeft er gelijk, Reinhold of Peter?

- als de temperatuur afneemt wordt mgh / RT groter
- $e^{-Mgh/RT} = \frac{1}{e^{Mgh/RT}}$ wordt hierdoor kleiner
- de gasdruk wordt kleiner als de temperatuur afneemt \rightarrow Peter heeft gelijk

5****

a Bereken de verhouding tussen de luchtdruk op de ijsbaan van Salt Lake City en de luchtdruk op zeeniveau ($h = 0,0 \text{ m}$) bij een temperatuur van $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$.
 $M = 0,029 \text{ kg/mol}$.

- $p = p_0 \cdot e^{-Mgh/RT} \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{e^{-Mgh_1/RT}}{e^{-Mgh_2/RT}}$
- $h_2 = 0 \rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{e^{-Mgh_1/RT}}{1} = e^{-Mgh_1/RT}$
- $\frac{p_1}{p_2} = e^{-0,029 \cdot 9,811425 / (8,31446 \cdot 273,15)} = 0,83652 = 0,84$

b Toon dit aan.

- $\frac{p \cdot V}{N \cdot T} = R \rightarrow p \cdot V = N \cdot R \cdot T \rightarrow \frac{N}{V} = \frac{p}{R \cdot T}$
- massa = $M \cdot N$
- $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \rho = M \cdot \frac{N}{V} = \frac{M \cdot p}{R \cdot T}$

c Bereken de dichtheid van lucht bij $T = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ en $p = 1,0 \text{ Bar}$.

- $T = 273,15 \text{ K}$ | $p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ | $\rho = \dots \text{ kg m}^{-3}$
- $\rho = \frac{M \cdot p}{R \cdot T}$
- $\rho = \frac{0,029 \cdot 1,0 \cdot 10^5}{8,31446 \cdot 273,15} = 1,27692 = 1,28 \text{ kg m}^{-3}$

d Geef hiervoor een verklaring.

- lucht gedraagt zich alleen bij benadering als een ideaal gas

e Hoeveel procent is de snelheid in Salt Lake City groter dan in Heerenveen als op beide plaatsen de temperatuur $0 \text{ }^\circ\text{C}$ is en ook verder alles hetzelfde is?

- constante snelheid $\Sigma \vec{F} = \vec{0} \rightarrow F_{\text{spier}} = F_{\text{W lucht}}$

- F_{spier} hetzelfde $\rightarrow \frac{1}{2} c_w \cdot \rho_1 \cdot A \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} c_w \cdot \rho_2 \cdot A \cdot v_2^2 \rightarrow \rho_1 \cdot v_1^2 = \rho_2 \cdot v_2^2$
- $\rho_1 \cdot v_1^2 = \rho_2 \cdot v_2^2 \rightarrow \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$
- $\frac{p_1}{p_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = 0,83652 \rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{0,83652} = 1,19543 \rightarrow \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = 1,09336$
- $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} = 1,09336$
- in Salt Lake City is de snelheid 9,3% groter dan in Heerenveen
(In werkelijkheid is het verschil een stuk kleiner)

6***

- a** Hoeveel liter zuurstof gebruikt een mens in rust per minuut?
- ingeademde zuurstof per minuut: $0,2 \cdot 8 = 1,6$ liter
 - uitgeademde zuurstof per minuut: $0,15 \cdot 8 = 1,2$ liter
 - per minuut wordt $1,6 - 1,2 = 0,40$ liter zuurstof verbruikt
- b** Hoeveel zuurstof moleculen gebruikt een mens in rust per seconde?
- per seconde gebruikt een mens in rust $\frac{0,4}{60} = 6,66667 \cdot 10^{-3} = 6,7 \cdot 10^{-3}$ liter
 - $p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \mid T = 37 \text{ }^\circ\text{C} = 310 \text{ K} \mid V = 6,66667 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \mid n = \dots$
 - $\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = k_B \rightarrow n = \frac{p \cdot V}{k_B \cdot T}$
 - $n = \frac{1,0 \cdot 10^5 \cdot 6,66667 \cdot 10^{-6}}{1,38065 \cdot 10^{-23} \cdot 310} = 1,55687 \cdot 10^{20} = 1,6 \cdot 10^{20}$ O₂ moleculen per seconde

7****

Bloeddruk meten

- a** Leg dit uit.
- van buitenaf wordt druk op de bovenarm uitgeoefend
 - in het zachte spierweefsel plant deze druk zich in alle richtingen voort
 - aan de buitenkant van de slagader is de druk hetzelfde als in het afgesloten deel van de bovenarm
- b** Wat is het volume van de manchet?
- 10 keer 35 ml toegevoegd $\rightarrow V_1 = 10 \cdot 35 = 350 \text{ ml}$
 - $1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en $1 \text{ mmHg} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa} \rightarrow 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$
 - $p_1 = 760 \text{ mmHg} \mid V_1 = 350 \text{ ml} \mid p_2 = 760 + 200 = 960 \text{ mmHg} \mid V_2 = \dots \text{ ml}$
 - $\frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} \rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ want $n_1 = n_2$ en $T_1 = T_2$
 - $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 760 \cdot 350 = 960 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = 277 \text{ ml} = 2,8 \cdot 10^2 \text{ ml}$

c Hoeveel mol lucht heeft de arts laten ontsnappen?

- $p_1 - p_2 = \Delta p = 200 - 140 = 60 \text{ mm Hg}$
- $\Delta p = 60 \cdot 1,33322 \cdot 10^2 = 7,99932 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
- $V = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \quad | \quad T = 273 + 20 = 293 \text{ K}$
- $\frac{p \cdot V}{N \cdot T} = R \rightarrow N = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \rightarrow \Delta N = \frac{\Delta p \cdot V}{R \cdot T}$
- $\Delta N = \frac{7,99932 \cdot 10^3 \cdot 2,77 \cdot 10^{-4}}{8,31446 \cdot 293} = 9,095596 \cdot 10^{-4} = 9,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

OOK GOED

- twee keer N uitrekenen en van elkaar aftrekken

d Berekeneer hoeveel mol lucht de arts nu heeft laten wegstromen.

- $p_1 - p_2 = \Delta p = 140 - 80 = 60 \text{ mm Hg}$
- de druk is evenveel afgenomen en er is dus evenveel mol lucht weggestroomd
- $\Delta N = 9,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

e Leg uit waarom dit belangrijk is.

- de bloeddruk verandert met de hoogte volgens $p = \rho \cdot g \cdot h$
- op een plaats lager dan het hart wordt een te hoge bloeddruk gemeten

f Hoeveel hoger of lager dan het hart mag de manchet maximaal worden aangebracht?

- $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow \Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$
- $\Delta p = 5,0 \text{ mm Hg} = 5 \cdot 1,33322 \cdot 10^2 = 6,6661 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
- $6,6661 \cdot 10^2 = 1060 \cdot 9,81 \cdot \Delta h \rightarrow \Delta h = 6,41057 \cdot 10^{-2} = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad (6,4 \text{ cm})$

8**** Scuba duiker

a Hoe lang kan hij op deze diepte onder water blijven?

- $\rho = 1024 \text{ kg m}^{-3} \quad | \quad h = 10 \text{ m} \quad | \quad p = \dots \text{ Nm}^{-2}$
- $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow p_{\text{water}} = 1024 \cdot 9,81 \cdot 10 = 1,004544 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $p_{\text{lucht}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \rightarrow p_{\text{lucht}} + p_{\text{water}} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- bereken het volume van een fles met evenveel moleculen en een druk van 2,0 bar
- $\frac{p_1 \cdot V_1}{n_1 \cdot T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{n_2 \cdot T_2} \rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad \text{want } n_1 = n_2 \text{ en } T_1 = T_2$
- $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 230 \cdot 15 = 2 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = 1725 \text{ liter}$
- 15 liter blijft achter in de fles $\rightarrow 1725 - 15 = 1710 \text{ liter}$ is beschikbaar
- gebruik 30 liter per minuut $\rightarrow t = \frac{1710}{30} = 57 \text{ minuten}$

b Hoe lang kan hij op deze diepte onder water blijven?

- $\rho = 1024 \text{ kg m}^{-3}$ | $h = 30 \text{ m}$ | $p = \dots \text{ N m}^{-2}$
- $p = \rho \cdot g \cdot h \rightarrow p_{\text{water}} = 1024 \cdot 9,81 \cdot 30 = 3,01363 \cdot 10^5 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $p_{\text{lucht}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \rightarrow p_{\text{lucht}} + p_{\text{water}} = 4,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- bereken het volume van een fles met evenveel moleculen en een druk van 4,0 bar
- $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow 230 \cdot 15 = 4 \cdot V_2 \rightarrow V_2 = 862,5 \text{ liter}$
- 15 liter blijft achter in de fles $\rightarrow 862,5 - 15 = 847,5 \text{ liter}$ is beschikbaar
- gebruik 30 liter per minuut $\rightarrow t = \frac{847,5}{30} = 28,25 \text{ minuten}$ (28 min.+15 sec)

20.4 Gas in beweging

De vergelijking van Bernoulli voor gassen



20.5 Diffusie

- 1** a Leg uit wat kun je doen om de medicijnafgifte te vertragen?
- de patch dunner maken NEE $\rightarrow \Delta c / \Delta x$ wordt groter \rightarrow de deeltjesflux neemt toe
 - de concentratie verlagen JA $\rightarrow \Delta c / \Delta x$ wordt kleiner \rightarrow de deeltjesflux neemt af
 - de temperatuur verhogen NEE $\rightarrow D$ wordt groter \rightarrow de deeltjesflux neemt toe
 - grotere moleculen gebruiken JA $\rightarrow D$ wordt kleiner \rightarrow de deeltjesflux neemt af

- 2*** a Hoe groot is de oppervlakte van de longen?
- oppervlakte van één longblaasje: $A = 4\pi \cdot r^2$ met $r = 0,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
 - $A = 4\pi \cdot (0,10 \cdot 10^{-3})^2 = 1,25664 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$
 - oppervlakte longen: $A = 600 \cdot 10^6 \cdot 1,25664 \cdot 10^{-7} = 75,39822 = 75 \text{ m}^2$
- b Toon dit aan.
- 1,9 liter zuurstof is $0,21 \cdot 1,9 = 0,399$ liter O_2 per minuut
 - dit is $\frac{0,399}{60} = 6,65 \cdot 10^{-3}$ liter O_2 per seconde, dit is $6,65 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
 - $\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = k_B \rightarrow n = \frac{p \cdot V}{k_B \cdot T}$
 - $n = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-6}}{1,38065 \cdot 10^{-23} \cdot 298} = 1,63772 \cdot 10^{20} = 1,6 \cdot 10^{20} \text{ s}^{-1}$
- c Hoe groot is de deeltjesstroom J in de longen?
- J is het aantal deeltjes per seconde per vierkante meter
 - $n = 1,63772 \cdot 10^{20} \mid A = 75,398 \text{ m}^2 \mid J = \dots \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - $J = \frac{1,63772 \cdot 10^{20}}{75,398} = 2,1721 \cdot 10^{18} = 2,2 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- d Toon dit aan.
- $C = \frac{p}{k_B \cdot T} \rightarrow \Delta C = \frac{\Delta p}{k_B \cdot T} \rightarrow \Delta C = \frac{1}{k_B \cdot T} \cdot \Delta p$
 - $J = -D \cdot \frac{1}{k_B \cdot T} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x} \rightarrow J = -\frac{D}{k_B \cdot T} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x}$
- e Bereken de partiële zuurstofdruk in een ader uitgedrukt in pascal.
- $1 \text{ mm Hg} = 1,33322 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
 - $40 \text{ mm Hg} = 40 \cdot 1,33322 \cdot 10^2 = 5,33288 \cdot 10^3 = 5,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

f Bereken de gemiddelde diffusiecoëfficiënt van zuurstof van de celwanden.

- $\Delta p = 104 - 40 = 64 \text{ mmHg} \rightarrow \Delta p = 64 \cdot 1,33322 \cdot 10^2 = 8,53261 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
- $J = 2,1721 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1} \mid \Delta x = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m} \mid T = 273 + 37 = 310 \text{ K}$
- $J = -\frac{D}{k_B \cdot T} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x}$
- $2,172 \cdot 10^{18} = \frac{D}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 310} \cdot \frac{8,5326 \cdot 10^3}{2,0 \cdot 10^{-4}} \rightarrow D = 2,179 \cdot 10^{-10} = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$

3***

a Hoe lang heeft een zuurstofmolecuul ongeveer nodig om in een biologische cel van $120 \mu\text{m}$ diameter naar de overkant te diffunderen?

- $\Delta x = 120 \cdot 10^{-6} \text{ m} \mid n = 3 \text{ (3 dimensies)} \mid D = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \mid t = \dots \text{ s}$
- $\Delta x = \sqrt{2n \cdot D \cdot t}$
- $120 \cdot 10^{-6} = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-9} \cdot t} \rightarrow t = 2,4 \text{ s}$

b Hoe lang heeft een zuurstofmolecuul in deze cel ongeveer nodig om naar de overkant te diffunderen?

- Δx is 4 keer zo groot
- t wordt $4^2 = 16$ keer zo groot
- $t = 16 \cdot 2,4 = 38,4 = 38 \text{ s}$

c Hoe ver diffundeert dit molecuul in 1,0 seconde?

- $n = 3 \text{ (3 dimensies)} \mid D = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \mid t = 1,0 \text{ s} \mid \Delta x = \dots \text{ m}$
- $\Delta x = \sqrt{2n \cdot D \cdot t}$
- $\Delta x = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-9} \cdot 1} = 7,74597 \cdot 10^{-5} = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} \text{ (77 } \mu\text{m)}$

d Hoe lang duurt het voordat een zuurstofmolecuul over een afstand van 10 cm is gediffundeerd?

- $\Delta x = 0,10 \text{ m} \mid n = 3 \text{ (3 dimensies)} \mid D = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \mid t = \dots \text{ s}$
- $\Delta x = \sqrt{2n \cdot D \cdot t}$
- $0,10 = \sqrt{2 \cdot 3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-9} \cdot t} \rightarrow t = 1,66667 \cdot 10^8 = 1,7 \cdot 10^8 \text{ s} \text{ (19 dagen)}$

4***

Osmose

a Leg dit uit.

- de concentratie is rechts groter dan links
- water beweegt door het membraan van links naar rechts
- links daalt het vloeistofniveau en rechts stijgt het vloeistofniveau

b Leg dit uit.

- diffusie van watermoleculen stopt als de suikerconcentratie links en rechts hetzelfde is

c Leg dit uit.

- als er 50 ml water door het membraan gaat is de suikerconcentratie links groter geworden dan rechts
- dit kan niet want diffusie stopt als de suikerconcentratie links en rechts hetzelfde is

d Toon dit aan.

- aan het eind is de concentratie links en rechts gelijk: $\frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2} = \frac{n_{\text{totaal}}}{V_{\text{totaal}}}$

- $\frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2} = \frac{3}{200}$

OOK GOED

- $n_1 + n_2 = 3 \rightarrow n_2 = 3 - n_1$
- $V_1 + V_2 = 200 \rightarrow V_2 = 200 - V_1$
- $\frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2} \rightarrow \frac{n_1}{V_1} = \frac{3 - n_1}{200 - V_1} \rightarrow 200 \cdot n_1 - n_1 \cdot V_1 = 3 \cdot V_1 - n_1 \cdot V_1$
- $200 \cdot n_1 = 3 \cdot V_1 \rightarrow \frac{n_1}{V_1} = \frac{3}{200}$ (links en rechts $n_1 \cdot V_1$ wegstrepen)

e Toon dit aan.

- $\frac{n_1}{V_1} = \frac{3}{200}$ met $n_1 = 1 \rightarrow \frac{1}{V_1} = \frac{3}{200} \rightarrow V_1 = \frac{200}{3} = 66,667 \text{ ml}$
- er is $100 - 66,667 = 33,333 = 33 \text{ ml}$ door het membraan gegaan.

5**** Insecten

a Toon dit aan.

- $p_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot 1,0 \cdot 10^5 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- $\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = k_B \rightarrow p \cdot V = n \cdot k_B \cdot T \rightarrow \frac{n}{V} = \frac{p}{k_B \cdot T}$
- $n = \frac{2,1 \cdot 10^4}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293} = 5,19365 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$
- molmassa O_2 is 32 u
- $m = 32 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 5,19365 \cdot 10^{24} = 0,275887 = 0,28 \text{ kg m}^{-3}$

b Bereken de zuurstofconcentratie in kg m^{-3} in het lichaam van een insect.

- $A = \pi \cdot r^2$ met $r = 25 \cdot 10^{-8} \rightarrow A = \pi \cdot (25 \cdot 10^{-8})^2 = 1,9635 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$
- $J = \frac{1,7 \cdot 10^{-12}}{1,9635 \cdot 10^{-9}} = 8,658 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- $J = 8,658 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1} \mid D = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \mid \Delta x = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- $J = -D \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x}$

- $8,658 \cdot 10^{-4} = -2,0 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{\Delta C}{2,0 \cdot 10^{-3}} \rightarrow \Delta C = -8,658 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-3}$
- $\Delta C = C_{\text{binnen}} - C_{\text{buiten}} \rightarrow -8,658 \cdot 10^{-2} = C_{\text{binnen}} - 0,275887$
- $C_{\text{binnen}} = 0,18931 = 0,19 \text{ kg m}^{-3}$

6**** Hemodialyse

- a** Leg uit waarom een tegengestelde stroomrichting beter werkt.
- hierdoor is het concentratieverschil tussen schadelijke stoffen in het bloed en in het dialysaat groter
 - bij een groter concentratieverschil is de deeltjesflux groter
 - bij een grotere deeltjesflux is het bloed sneller gereinigd
- b** Leg uit waarom er heel veel parallelle buisjes worden gebruikt in plaats van één dikke buis.
- het oppervlak van de parallelle buisjes samen is groter dan het oppervlak van één dikke buis
 - bij een groter oppervlak diffunderen er per seconde meer deeltjes
 - hierdoor wordt het bloed sneller gereinigd
- c** Hoeveel parallelle buisjes bevat een kunstnier?
- oppervlakte van een cilinder: $A = 2\pi \cdot \ell$ met $r = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
 - $A = 2\pi \cdot 5,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,3 = 9,42478 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$
 - aantal buisjes: $\frac{2,0}{9,42478 \cdot 10^{-5}} = 2,12207 \cdot 10^4 = 2,1 \cdot 10^4$ buisjes
- d** Hoeveel gaatjes bevat een kunstnier?
- oppervlakte van een gaatje: $A = \pi \cdot r^2$ met $r = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ m}$
 - $A = \pi \cdot (2,0 \cdot 10^{-9})^2 = 1,25664 \cdot 10^{-17} \text{ m}^2$
 - aantal buisjes: $\frac{2,0}{1,25664 \cdot 10^{-17}} = 1,59155 \cdot 10^{17} = 1,6 \cdot 10^{17}$ gaatjes
- e** Hoe lang moet de patiënt aan het dialyse apparaat worden aangesloten?
- $\Delta C = 0,04 \text{ mol/l} = 40 \text{ mol m}^{-3}$ | $\Delta x = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ | $D = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
 - $J = -D \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x}$
 - $J = -1,2 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{-40}{50 \cdot 10^{-6}} = 9,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - oppervlakte is 30% van 2,0 m $\rightarrow A = 0,3 \cdot 2 = 0,60 \text{ m}^2$
 - aantal mol deeltjes: aantal mol = $J \cdot A \cdot t$
 - $2 = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 0,6 \cdot t \rightarrow t = 3,47222 \cdot 10^3 \text{ s} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ s}$